

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AÇIK OCAK PATLATMALARINDA YIĞIN
BOYUT DAĞILIMININ OPTİMİZASYONU**

Abdurrahman TOSUN

Kasım, 2013

İZMİR

AÇIK OCAK PATLATMALARINDA YIĞIN BOYUT DAĞILIMININ OPTİMİZASYONU

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Doktora Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Maden İşletme Programı

Abdurrahman TOSUN

Kasım, 2013

İZMİR

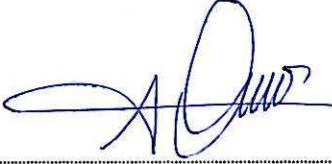
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ABDURRAHMAN TOSUN, tarafından PROF. DR. GÜRCAN KONAK yönetiminde hazırlanan “AÇIK OCAK PATLATMALARINDA YİĞİN BOYUT DAĞILIMININ OPTİMİZASYONU” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Gürcan KONAK

Yönetici



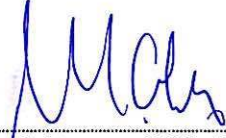
Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR

Tez İzleme Komitesi Üyesi



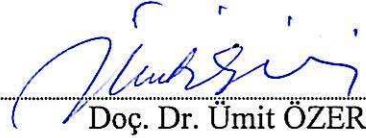
Prof. Dr. Ercüment YALÇIN

Jüri Üyesi



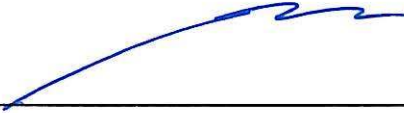
Prof. Dr. Mümtaz ÇOLAK

Tez İzleme Komitesi Üyesi



Doç. Dr. Ümit ÖZER

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmam boyunca bana her zaman yardımcı olan mesleki gelişimime bilgi ve tecrübesiyle destek olan ve daima sabır ve olumlu yaklaşımlarıyla beni yönlendiren danışmanım sayın Prof. Dr. Gürcan KONAK’a teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım sırasında bilgileriyle bana katkıda bulunan doktora tez izleme komitesi üyeleri hocalarım sayın Prof. Dr. Ahmet Hakan ONUR ve Prof. Dr. Mümtaz ÇOLAK’a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bana bilgisi ve tecrübeleriyle destek olan Prof. Dr. Mehmet TANRIVERDİ’ye ve Doç. Dr. Doğan KARAKUŞ’a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan Araş. Gör. Tuğçe ÖNGEN’e teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarına mali yönden destek olan TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu)’a teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarımı gerçekleştirme aşamasında benden hiçbir desteğini esirgemeyen BATIÇİM (Batı Anadolu Çimento Fabrikası) ve ERKOÇ Kırmataş çalışanlarına teşekkür ederim.

Bu tez kapsamındaki çalışmalar, 110M282 numaralı TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) projesi ile desteklenmiştir.

Abdurrahman TOSUN

AÇIK OCAK PATLATMALARINDA YIĞIN BOYUT DAĞILIMININ OPTİMİZASYONU

ÖZ

Günümüze kadar yapılan araştırmalarda, araştırmacılar genellikle delme-patlatma ve oluşan parça boyut dağılımını kendi içerisinde patlatma verimi olarak değerlendirmişlerdir. Ancak, patlatma sonrası devam eden yükleme – nakliye ve kırma prosesleri etkilerini ortaya koyan bilimsel çalışmalar yeterli düzeyde yapılmamıştır. Literatürde kısıtlı olmakla birlikte daha çok patlatma ile kırma veya öğütme gibi operasyonlar arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Ancak bu araştırmalar patlatma operasyonu ve istenilen parça boyut dağılımı ile sınırlı kalmıştır.

Tez ile özgün olarak üretilmek istenilen, teknik ve ekonomik olarak birbirinden bağımsız araştırmaların yapıldığı delme-patlatma parça boyut denetimi devamında bu boyut dağılımının yükleme-nakliye işlerine etkisi ve nakledilen malzemenin kırıcı performansı üzerindeki etkisinin ortaya konulmasıdır. Örneğin yapılan bir patlatma sonucunda ortalama parça boyutu $D_{50} = 20$ cm olan bir yığının, yükleme sırasında yükleyici makinelerin performansı üzerindeki etkisi, kamyonlara yüklenmesi esnasında kabarma faktörü, nakliye performansı ve aynı şekilde nakledilen malzemenin kırıcılarda kırılması sırasında kırıcı performansı, enerji kullanımı ve bunların birbirleri ile olan ilişkileri bu güne kadar ortaya konulmamıştır. Bu konuda yapılacak detaylı bir araştırma sonucunda işletmeler kendilerine uygun optimizasyonları sağlayabilecek enerji kullanımlarını denetleyebilecek delme-patlatmadan kırma aşamasına kadar kendilerine uygun öngörülerde bulunabilecektir. Bu araştırmanın bir başka sonucu da konuyla ilgili bundan sonra yapılacak araştırmalara çok değerli kaynak literatür olacaktır. Bu çalışmada materyal olarak açık maden işletmeleri kullanılmıştır. Buna göre İzmir’de bulunan BATIÇİM AŞ.’ye ait kalker ocaklarında yapılan patlatmaların teknik parametreleri incelenmiş spesifik şarj miktarları belirlenmiştir. Yığınların parça boyut dağılımının tespit edilmesinde görüntü analiz yöntemlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca aynı işletmelerde delik delme, yükleme, nakliye, kırma ve patar kırma işlemleri teknik ve ekonomik açıdan

incelenmiştir. Yöntem olarak, toplanan bilgiler değerlendirilerek değişik spesifik şarj miktarları denenmiş ve delik delme, yükleme, nakliyat, kırma ve patar kırma işlemleri modellenerek özgül şarj değerine göre patlatma sonrası oluşan parça boyut dağılımının optimizasyonu yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Patlatma tasarımı, yığın boyut dağılımı, yükleme, nakliye, kırma, optimizasyon

MUCK PILE FRAGMENTATION OPTIMIZATION AT OPEN PIT BENCH BLASTING

ABSTRACT

So far, scientists who are dealing with the improved blasting techniques agreed that the pile particle size distribution is the main consideration for blasting efficiency. But, terms of blasting efficiency has always been neglected to consider processes after blasting pile forms such as loading, haulage and crushing the fragmented material. In literature, limited researches have been reported to expose the relations between blasting and crushing operations. However, in this study, the effects of pile fragmentation on loading and haulage process had not been studied by the authors.

The intended original outcome of this tezct is to develop analytical relations between some separately built up bench blasting under strict size distribution control and their effects on loading and haulage equipment performance and finally to answer the question of what would be the final benefit gained in the size reduction operation in mineral processing units. Any scientific study so far has not been considered to put forward the effects of loading machinery performance, unconstructive effects of swelling factor, haulage machinery performance and primary crusher performance related to a pile particles size of $D_{50}=20$ cm. The main purpose of this tezct proposal is to provide energy usage optimization between the open pit mining processes and mineral processing stage. Another important value that this tezct brings about is to provide very important reference material in the related mining discipline. This tezct will be realized in different open pit mines around Izmir. First step in the tezct is to develop powder factors of limestone quarries around Izmir by investigating the old technical blasting records. Image Processing techniques were used to analyze the particle size distribution of fragmented pile. At the same time, hole drilling, loading, haulage, crushing and boulder crushing processes were investigated in detail to provide technical and economical data from pre-agreed limestone quarry companies. The working model of the tezct is to try different blasting patterns, obtain size distribution of muck pile and

measure the hole drilling, the loading, haulage, the crushing and the boulder crushing efficiency performance occurred by this specific blast pattern and provide information for the next blasting pattern.

Keywords: Blasting planning, muck pile fragmentation, loading, transportation, crushing, optimization

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xxiii
TABLolar LİSTESİ.....	xxxiv
BÖLÜM BİR-GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ-LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	9
2.1 Genel	9
2.2 Süreksizlikler ile Patlatma Verimi Arasındaki İlişki.....	9
2.2.1 Süreksizliklerin Fiziksel Parametreleri.....	10
2.2.2 Süreksizlikler ile Patlatma Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Yaklaşımlar	12
2.3 Basamak Patlatması Özgöl Şarjın Belirlenmesi	20
2.4 Boyut Dağılım Tahmin Modelleri	25
2.4.1 Kuz-Ram Model	26
2.4.2 JKMRC Model.....	30
2.4.3 Ezilme Bölgesi Modeli (CZM)	31
2.4.4 İki Elemanlı Model (TCM).....	33
2.4.5 KCO Dağılım Modeli	34
2.5 Boyut Dağılımın Belirlenmesi Metotları.....	35
2.6 Yığın Parça Boyut Dağılımı ile Yükleyici Performansı Arasındaki İlişki	37

2.7 Yığın Parça Boyut Dağılımı ile Kırıcı Performansı Arasındaki İlişki	44
---	----

BÖLÜM ÜÇ-ARAZİDE KULLANILAN ÖLÇME VE İZLEME SİSTEMLERİ..... 50

3.1 Genel	50
3.2 Patlatma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	50
3.3 Patlatma Sonucu Oluşan Yığın Boyut Dağılımının Belirlenmesi	54
3.4 Yükleyicinin Hidrolik Basınç Değerlerinin Belirlenmesi	57
3.5 Yükleyici Döngü Süresi ve Kepçe Sayısının Belirlenmesi	58
3.6 Yükleyicinin Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi	59
3.7 Patlatmadan Sonra Oluşan Yığın Nakliye Ölçümleri.....	59
3.8 Kırma Tesisinin Enerji Tüketim Ölçümleri.....	60
3.9 Patlatma Sonucu Oluşan Yığındaki Patar Miktarının Belirlenmesi	66

BÖLÜM DÖRT-ARAZİ ÇALIŞMALARI 67

4.1 Genel	67
4.2 Arkavadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneyleri.....	69
4.2.1 Arazi Çalışması Deney 1	70
4.2.1.1 Deney 1'in Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	70
4.2.1.2 Deney 1'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	72
4.2.1.3 Deney 1'in Yığın Boyut Dağılımı Analizi	73
4.2.1.4 Deney 1'in Nakliye Performansına Etkisi ve Özgül Şarjın Hesabı	77
4.2.1.5 Deney 1'in Yükleyici Performansına Etkisi	78
4.2.2 Arazi Çalışması Deney 2	79

4.2.2.1 Deney 2'nin Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	79
4.2.2.2 Deney 2'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	80
4.2.2.3 Deney 2'nin Yığın Boyut Dağılımı Analizi	82
4.2.2.4 Deney 2'nin Nakliye Performansına Etkisi ve Özgül Şarjın Hesabı ..	84
4.2.2.5 Deney 2'nin Yükleyici Performansına Etkisi	85
4.2.3 Arazi Çalışması Deney 3	87
4.2.3.1 Deney 3'ün Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	87
4.2.3.2 Deney 3'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	88
4.2.3.3 Deney 3'ün Yığın Boyut Dağılımı Analizi	90
4.2.3.4 Deney 3'ün Nakliye Performansına Etkisi ve Özgül Şarjın Hesabı ...	93
4.2.3.5 Deney 3'ün Yükleyici Performansına Etkisi.....	94
4.2.4 Arazi Çalışması Deney 4	95
4.2.4.1 Deney 4'ün Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	95
4.2.4.2 Deney 4'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	96
4.2.4.3 Deney 4'ün Yığın Boyut Dağılımı Analizi	97
4.2.4.4 Deney 4'ün Nakliye Performansına Etkisi ve Özgül Şarjın Hesabı .	100
4.2.4.5 Deney 4'ün Yükleyici Performansına Etkisi.....	101
4.2.5 Arazi Çalışması Deney 5	102
4.2.5.1 Deney 5'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	102
4.2.5.2 Deney 5'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	105
4.2.5.3 Deney 5'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	107
4.2.5.4 Deney 5 Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı	110
4.2.5.5 Deney 5'inYükleyici Performansına Etkisi	111
4.2.5.6 Deney 5 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	112

4.2.6 Arazi Çalışması Deney 6	112
4.2.6.1 Deney 6'ya ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	112
4.2.6.2 Deney 6'ya ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	115
4.2.6.3 Deney 6'ya ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	117
4.2.6.4 Deney 6'nın Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	119
4.2.6.5 Deney 6'nın Yükleyici Performansına Etkisi	120
4.2.6.6 Deney 6 için Kırma Tesis Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	121
4.2.7 Arazi Çalışması Deney 7	122
4.2.7.1 Deney 7'ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	122
4.2.7.2 Deney 7'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	125
4.2.7.3 Deney 7'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	126
4.2.7.4 Deney 7'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	129
4.2.7.5 Deney 7' nin Yükleyici Performansına Etkisi	130
4.2.7.6 Deney 7 için Kırma Tesis Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	131
4.2.8 Arazi Çalışması Deney 8	132
4.2.8.1 Deney 8'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	132
4.2.8.2 Deney 8'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	135
4.2.8.3 Deney 8'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	136
4.2.8.4 Deney 8'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	139
4.2.8.5 Deney 8'inYükleyici Performansına Etkisi	140
4.2.8.6 Deney 8 için Kırma Tesis Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	141

4.2.9 Arazi Çalışması Deney 9	141
4.2.9.1 Deney 9'a ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	142
4.2.9.2 Deney 9'a ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	145
4.2.9.3 Deney 9'a ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	146
4.2.9.4 Deney 9'un Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	149
4.2.9.5 Deney 9'un Yükleyici Performansına Etkisi.....	150
4.2.9.6 Deney 9 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	151
4.2.10 Arazi Çalışması Deney 10	151
4.2.10.1 Deney 10'a ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	152
4.2.10.2 Deney 10'a ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	154
4.2.10.3 Deney 10'a ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	156
4.2.10.4 Deney 10'un Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	158
4.2.10.5 Deney 10'un Yükleyici Performansına Etkisi.....	159
4.2.10.6 Deney 10 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	160
4.2.11 Arazi Çalışması Deney 11	161
4.2.11.1 Deney 11'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	161
4.2.11.2 Deney 11'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	164
4.2.11.3 Deney 11'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	166
4.2.11.4 Deney 11'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	169
4.2.11.5 Deney 11'in Yükleyici Performansına Etkisi	170
4.2.11.6 Deney 11 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	171

4.2.12 Arazi Çalışması Deney 12	171
4.2.12.1 Deney 12'ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	172
4.2.12.2 Deney 12'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	175
4.2.12.3 Deney 12'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi ..	176
4.2.12.4 Deney 12'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	179
4.2.12.5 Deney 12'nin Yükleyici Performansına Etkisi	180
4.2.12.6 Deney 12 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	181
4.3 Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneyleri.....	181
4.3.1 Arazi Çalışması Deney 1	182
4.3.1.1 Deney 1'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	182
4.3.1.2 Deney 1'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	184
4.3.1.3 Deney 1'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	186
4.3.1.4 Deney 1'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	189
4.3.1.5 Deney 1' in Yükleyici Performansına Etkisi	190
4.3.1.6 Deney 1 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	192
4.3.2 Arazi Çalışması Deney 2	192
4.3.2.1 Deney 2'ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	192
4.3.2.2 Deney 2'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	195
4.3.2.3 Deney 2'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	196
4.3.2.4 Deney 2'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	199
4.3.2.5 Deney 2'nin Yükleyici Performansına Etkisi	200

4.3.2.6 Deney 2 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	201
4.3.3 Arazi Çalışması Deney 3	202
4.3.3.1 Deney 3'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	202
4.3.3.2 Deney 3'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	204
4.3.3.3 Deney 3'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	206
4.3.3.4 Deney 3'ün Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	209
4.3.3.5 Deney 3'ün Yükleyici Performansına Etkisi.....	210
4.3.3.6 Deney 3 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	211
4.3.4 Arazi Çalışması Deney 4	212
4.3.4.1 Deney 4'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	212
4.3.4.2 Deney 4'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	215
4.3.4.3 Deney 4'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	216
4.3.4.4 Deney 4'ün Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	219
4.3.4.5 Deney 4'ünYükleyici Performansına Etkisi.....	220
4.3.4.6 Deney 4 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	222
4.3.5 Arazi Çalışması Deney 5	222
4.3.5.1 Deney 5'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	222
4.3.5.2 Deney 5'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	225
4.3.5.3 Deney 5'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	227
4.3.5.4 Deney 5'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	230
4.3.5.5 Deney 5' in Yükleyici Performansına Etkisi	231

4.3.5.6 Deney 5 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	233
4.3.6 Arazi Çalışması Deney 6	233
4.3.6.1 Deney 6'ya ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	233
4.3.6.2 Deney 6'ya ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	236
4.3.6.3 Deney 6'ya ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	237
4.3.6.4 Deney 6'nın Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	240
4.3.6.5 Deney 6' nınYükleyici Performansına Etkisi	241
4.3.6.6 Deney 6 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	243
4.3.7 Arazi Çalışması Deney 7	243
4.3.7.1 Deney 7'ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	243
4.3.7.2 Deney 7'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	246
4.3.7.3 Deney 7'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	247
4.3.7.4 Deney 7'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	251
4.3.7.5 Deney 7' nin Yükleyici Performansına Etkisi	252
4.3.7.6 Deney 7 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	253
4.3.8 Arazi Çalışması Deney 8	253
4.3.8.1 Deney 8'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	254
4.3.8.2 Deney 8'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	256
4.3.8.3 Deney 8'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	258
4.3.8.4 Deney 8'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	260
4.3.8.5 Deney 8' in Yükleyici Performansına Etkisi	261

4.3.8.6 Deney 8 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	263
4.3.9 Arazi Çalışması Deney 9	263
4.3.9.1 Deney 9'a ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	263
4.3.9.2 Deney 9'a ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	266
4.3.9.3 Deney 9'a ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	268
4.3.9.4 Deney 9'un Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	271
4.3.9.5 Deney 9'un Yükleyici Performansına Etkisi.....	271
4.3.9.6 Deney 9 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	273
4.4 Üst Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneyleri	273
4.4.1 Arazi Çalışması Deney 1	273
4.4.1.1 Deney 1'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	274
4.4.1.2 Deney 1'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	276
4.4.1.3 Deney 1'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	277
4.4.1.4 Deney 1'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	281
4.4.1.5 Deney 1' in Yükleyici Performansına Etkisi	282
4.4.1.6 Deney 1 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	283
4.4.2 Arazi Çalışması Deney 2	283
4.4.2.1 Deney 2'ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	283
4.4.2.2 Deney 2'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	286
4.4.2.3 Deney 2'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	287
4.4.2.4 Deney 2'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	290

4.4.2.5 Deney 2'nin Yükleyici Performansına Etkisi	291
4.4.2.6 Deney 2 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	292
4.4.3 Arazi Çalışması Deney 3	293
4.4.3.1 Deney 3'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	293
4.4.3.2 Deney 3'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	296
4.4.3.3 Deney 3'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	297
4.4.3.4 Deney 3'ün Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	300
4.4.3.5 Deney 3'ün Yükleyici Performansına Etkisi.....	301
4.4.3.6 Deney 3 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	302
4.4.4 Arazi Çalışması Deney 4	303
4.4.4.1 Deney 4'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	303
4.4.4.2 Deney 4'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	306
4.4.4.3 Deney 4'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	307
4.4.4.4 Deney 4'ün Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	310
4.4.4.5 Deney 4'ün Yükleyici Performansına Etkisi.....	311
4.4.4.6 Deney 4 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	312
4.4.5 Arazi Çalışması 5.....	312
4.4.5.1 Deney 5'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	313
4.4.5.2 Deney 5'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	315
4.4.5.3 Deney 5'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	316
4.4.5.4 Deney 5'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	320

4.4.5.5 Deney 5' in Yükleyci Performansına Etkisi	320
4.4.5.6 Deney 5 için Kırma Tesisi Enerji Sarfiyatlarının Belirlenmesi	322
4.4.6 Arazi Çalışması Deney 6	322
4.4.6.1 Deney 6'ya ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	322
4.4.6.2 Deney 6'ya ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	325
4.4.6.3 Deney 6'ya ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	326
4.4.6.4 Deney 6'nın Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	329
4.4.6.5 Deney 6'nın Yükleyci Performansına Etkisi	330
4.4.6.6 Deney 6 için Kırma Tesisi Enerji Sarfiyatlarının Belirlenmesi	331
4.4.7 Arazi Çalışması 7.....	331
4.4.7.1 Deney 7'ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	332
4.4.7.2 Deney 7'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	334
4.4.7.3 Deney 7'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	336
4.4.7.4 Deney 7'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	339
4.4.7.5 Deney 7'nin Yükleyci Performansına Etkisi	340
4.4.7.6 Deney 7 için Kırma Tesisi Enerji Sarfiyatlarının Belirlenmesi	341
4.4.8 Arazi Çalışması 8.....	341
4.4.8.1 Deney 8'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	342
4.4.8.2 Deney 8'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	344
4.4.8.3 Deney 8'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	345
4.4.8.4 Deney 8'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	348

4.4.8.5 Deney 8' in Yükleyci Performansına Etkisi	349
4.4.8.6 Deney 8 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	350
4.4.9 Arazi Çalışması Deney 9	350
4.4.9.1 Deney 9'a ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	351
4.4.9.2 Deney 9'a ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	353
4.4.9.3 Deney 9'a ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	354
4.4.9.4 Deney 9'un Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	357
4.4.9.5 Deney 9'un Yükleyci Performansına Etkisi.....	358
4.4.9.6 Deney 9 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	359
4.4.10 Arazi Çalışması Deney 10	359
4.4.10.1 Deney 10'a ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi	359
4.4.10.2 Deney 10'a ait Patlatmanın Teknik Parametreleri	362
4.4.10.3 Deney 10'a ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi	363
4.4.10.4 Deney 10'un Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı.....	366
4.4.10.5 Deney 10' un Yükleyci Performansına Etkisi.....	367
4.4.10.6 Deney 10 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi	368

BÖLÜM BEŞ-LABORATUAR ÇALIŞMALARI 369

5.1 Genel	369
5.2 Uygulanan Deneyler.....	369
5.2.1 Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlıklarının Belirlenmesi	369
5.2.2 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi	370

5.2.3 Dolaylı Çekme Dayanımı Deneyi.....	371
5.2.4 Shore Sertlik Deneyi.....	372
5.2.5 Tek Eksenli Deformasyon Deneyi.....	373
BÖLÜM ALTI-SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	378
6.1 Genel	378
6.2 Arkavadi Kalker Ocağında Yapılan Değerlendirmeler	388
6.2.1 Bağımlı Değişkenler ile Özgül Şarj Arasındaki İlişkiler	388
6.2.1.1 Özgül Şarj ile Yığın Boyut Dağılımı Arasındaki İlişki.....	388
6.2.1.2 Özgül Şarj Yükleyici Performansı Arasındaki İlişki	390
6.2.1.3 Özgül Şarj Nakliye Performansı Arasındaki İlişki.....	393
6.2.1.4 Özgül Şarj ile Kırıcı Tesisi Performansı Arasındaki İlişki	395
6.2.1.5 Özgül Şarj ile Patar Miktarı Arasındaki İlişki.....	397
6.2.2 Arkavadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneylerinin Maliyet Hesapları	398
6.2.2.1 Patlatma deliği delinmesinde kullanılan delici makinasının maliyetinin belirlenmesi	398
6.2.2.2 Patlayıcı Madde Maliyetinin Belirlenmesi.....	400
6.2.2.3 Yükleyici yakıt maliyetinin belirlenmesi	400
6.2.2.4 Nakliye maliyetinin belirlenmesi	401
6.2.2.5 Kırıcı maliyetlerinin belirlenmesi	403
6.2.2.6 Patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcı maliyetinin belirlenmesi	403
6.2.2.7 Toplam Maliyeti En az Yapan Optimum Özgül Şarj ve Ortalama Yığın Boyut Değerinin Belirlenmesi.....	404
6.3 Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Değerlendirmeler	407

6.3.1 Bağımlı Değişkenler ile Özgül Şarj Arasındaki İlişkiler	407
6.3.1.1 Özgül Şarj Parça Boyut Dağılımı Arasındaki İlişki	407
6.3.1.2 Özgül Şarj Yükleyici Performansı Arasındaki İlişki	408
6.3.1.3 Özgül Şarj Nakliye Performansı Arasındaki İlişki.....	411
6.3.1.4 Özgül Şarj Kırıcı Tesisi Performansı Arasındaki İlişki	414
6.3.1.5 Özgül Şarj ile Patar Miktarı Arasındaki İlişki.....	415
6.3.2 Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneylerinin Maliyet Hesapları	416
6.3.2.1 Patlatma deliği delinmesinde kullanılan delici makinasının maliyetinin belirlenmesi	416
6.3.2.2 Patlayıcı madde maliyetinin belirlenmesi	418
6.3.2.3 Yükleyici yakıt maliyetinin belirlenmesi	419
6.3.2.4 Nakliye maliyetinin belirlenmesi	419
6.3.2.5 Kırıcı maliyetlerinin belirlenmesi	420
6.3.2.6 Patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcı maliyetinin belirlenmesi	421
6.3.2.7 Toplam Maliyeti En az Yapan Optimum Özgül Şarj ve Ortalama Yığın Boyut Değerinin Belirlenmesi.....	422
6.4 Üst Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Değerlendirmeler.....	425
6.4.1 Bağımlı Değişkenler ile Özgül Şarj Arasındaki İlişkiler	425
6.4.1.1 Özgül Şarj Parça Boyut Dağılımı Arasındaki İlişki	425
6.4.1.2 Özgül Şarj Yükleyici Performansı Arasındaki İlişki	426
6.4.1.3 Özgül Şarj Nakliye Performansı Arasındaki İlişki.....	429
6.4.1.4 Özgül Şarj Kırıcı Tesisi Performansı Arasındaki İlişki	433
6.4.1.5 Özgül Şarj Patar Miktarı Arasındaki İlişki.....	434
6.4.2 Üst Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneylerinin Maliyet Hesapları	435

6.4.2.1 Patlatma deliği delinmesinde kullanılan delici makinasının maliyetinin belirlenmesi	435
6.4.2.2 Patlayıcı madde maliyetinin belirlenmesi	437
6.4.2.3 Yükleyci yakıt maliyetinin belirlenmesi	438
6.4.2.4 Nakliye maliyetinin belirlenmesi	438
6.4.2.5 Kırıcı maliyetlerinin belirlenmesi	439
6.4.2.6 Patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcı maliyetinin belirlenmesi	440
6.4.2.7 Toplam Maliyeti En az Yapan Optimum Özgöl Şarj ve Ortalama Yığın Boyut Değerinin Belirlenmesi.....	441
6.5 Aravadi ve Üst Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneylerinin Birlikte Değerlendirilmesi	445
BÖLÜM YEDİ-SONUÇLAR.....	450
KAYNAKLAR	454

Şekil 1.1 Açık Ocak operasyonlarının maliyet açısından birbirine. olan etkileri.....	2
Şekil 1.2 Yükleyici makina performans ölçümü prensip şeması.	5
Şekil 1.3 Araştırma yönteminin prensip akım şeması.....	7
Şekil 2.1 Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri	11
Şekil 2.2 Dalımın aşağıya doğru ve yukarıya doğru	14
Şekil 2.3 Çatlak Konfigürasyonu Tip 1; Patlatma yüzeyine paralel çatlakseti, yüksek basınçlı gazla karşılık kaya kütle hareketi.....	16
Şekil 2.4 Çatlak Konfigürasyonu Tip 2; patlatma aynasına 45 er derecelik yerleşmiş birbirine dik iki çatlak seti, patlatma.. enerjisinden verimli faydalanma	16
Şekil 2.5 Çatlak Konfigürasyonu Tip 3; Bu tipte ilginç bir dilim kalınlığı kırılması gözlemlenmekte, çatlak sisteminde kısmen enerji sapması olduğu için ikinci çatlak setinde devamlılık gözlenememekte	17
Şekil 2.6 Jeolojik tabakalarının eğimlerinin basamak patlatması üzerine etkisi.....	18
Şekil 2.7 Patlatma deliği ve çevresi ateşleme sonrası şematik. görüntüsü.....	31
Şekil 2.8 Örnek boyut dağılımı.	37
Şekil 2.9 Yığındaki ortalama boyut dağılımı ile boşluk miktarı	41
Şekil 2.10 Yığın açısı ile kepçe dolum faktörü arasındaki ilişki.....	42
Şekil 2.11 Yığın açısı ile ortalama tane boyutu arasındaki ilişki	42
Şekil 2.12 İri blok miktarıyla yükleyicinin birim zamanda yüklediği malzeme miktarı arasındaki ilişki	43
Şekil 2.13 Ortalama tane boyutunun yükleyicinin birim zamandakiyükleme miktarıyla ilişkisi.....	43
Şekil 2.14 Özgül sarj ve enerji maliyetleri ilişkisi	48
Şekil 3.1 Çalışılan aynalardan birine ait olan bir fotoğraf üzerinde şematik hat etüdü gösterimi.....	51
Şekil 3.2 Arkavadi kalker ocağında yapılan 2. patlatma deneyine ait bir yığın görüntüsündeki ince taneler ve sınırları belirlenebilen taneler.	56
Şekil 3.3 Yükleyici veri izleme ekranından alınan verilerin sayısallaştırılması.	57

Şekil 3.5 Yükleyici veri izleme ekranından alınan verilerin digital formatta kaydedilmesi.	58
Şekil 3.6 Bornova mıcır kırma tesisine ait genel akım şeması.	62
Şekil 3.7 Arkavadi kırma tesisine ait genel akım şeması.	64
Şekil 3.8 Kırıcıların anlık olarak sürekli değişen amper göstergesi.	65
Şekil 3.9 Kırıcıların amper değerlerini kaydeden veri toplama (Data logger) sistemi.	65
Şekil 4.1 Araştırma çalışmalarının yapıldığı hammadde ocaklarının bir görünümü.	69
Şekil 4.2 Araştırma çalışmalarının yapıldığı hammadde ocakları ve kırma tesislerinin konumu.	69
Şekil 4.3 Deney 1'e ait patlatma aynasının streonetlerinin görünümü.	72
Şekil 4.4 Deney 1'e ait patlatma plan görüntüsü ve delik düşey kesiti.	73
Şekil 4.5 Deney 1'in altı nolu görüntüsünün boyut dağılımı analizi.	74
Şekil 4.6 Patlatma sonrası elde edilen kümülatif parça boyut dağılımı.	76
Şekil 4.7 Deney 2'ye ait streonetlerin görünümü.	80
Şekil 4.8 Deney 2'ye ait patlatma plan görüntüsü ve delik düşey kesiti.	81
Şekil 4.9 Deney 2'nin üç nolu görüntüsünün boyut dağılımı analizi.	82
Şekil 4.10 Patlatma sonrası elde edilen kümülatif parça boyut dağılımı.	84
Şekil 4.11 Deney 3'e ait streonetlerin görünümü.	88
Şekil 4.12 Deney 3'e ait patlatma plan görüntüsü ve delik düşey kesiti.	90
Şekil 4.13 Deney 3'ün on nolu görüntüsünün boyut dağılımı analizi.	91
Şekil 4.14 Patlatma sonrası elde edilen kümülatif parça boyut dağılımı.	93
Şekil 4.15 Deney 4'e ait streonetlerin görünümü.	96
Şekil 4.16 Deney 4'e ait patlatma plan görüntüsü ve delik düşey kesiti.	97
Şekil 4.17 Deney 4'ün beş nolu görüntüsünün boyut dağılımı analizi.	98
Şekil 4.18 Patlatma sonrası elde edilen kümülatif parça boyut dağılımı.	100
Şekil 4.19 Deney 5 e ait patlatma aynası görüntüsü.	102
Şekil 4.20 Deney 5 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	104
Şekil 4.21 Deney 5 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	104
Şekil 4.22 Deney 5 patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).	107

Şekil 4.23 Örnek olarak Deney 5'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	108
Şekil 4.24 Deney 5'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	110
Şekil 4.25 Deney 6' ye ait patlatma aynası görüntüsü.	113
Şekil 4.26 Deney 6 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	114
Şekil 4.28 Deney 6 patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).	116
Şekil 4.29 Örnek olarak Deney 6'ya ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	117
Şekil 4.30 Deney 6'ya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	119
Şekil 4.31 Deney 7' ye ait Patlatma aynası görüntüsü.....	123
Şekil 4.32 Deney 7 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	124
Şekil 4.33 Deney 7 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	124
Şekil 4.34 patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).	126
Şekil 4.35 Örnek olarak Deney 7'ye ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	127
Şekil 4.36 Deney 7'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	129
Şekil 4.37 Deney 8' e ait patlatma aynası görüntüsü.	133
Şekil 4.38 Deney 8 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	134
Şekil 4.39 Deney 8 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	134
Şekil 4.40 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). ..	136
Şekil 4.41 Örnek olarak Deney 8'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	137
Şekil 4.42 Deney 8'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	139
Şekil 4.43 Deney 9'a ait patlatma aynası görüntüsü.	142
Şekil 4.44 Deney 9 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	144
Şekil 4.45 Deney 9 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	144
Şekil 4.46 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). ...	146

Şekil 4.47 Örnek olarak Deney 9'a ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	147
Şekil 4.48 Deney 9'a ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	149
Şekil 4.49 Deney 10'a ait patlatma aynası görüntüsü.	152
Şekil 4.50 Deney 10 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	153
Şekil 4.51 Deney 10 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	154
Şekil 4.52 10. patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).	155
Şekil 4.53 Örnek olarak Deney 10'a ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	156
Şekil 4.54 Deney 10'a ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	158
Şekil 4.55 Deney 11'e ait patlatma aynası görüntüsü.	162
Şekil 4.56 Deney 11 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	163
Şekil 4.57 Deney 11 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	164
Şekil 4.58 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). ...	165
Şekil 4.59 Örnek olarak Deney 11'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	167
Şekil 4.60 Deney 11'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	169
Şekil 4.61 Deney 12'ye ait patlatma aynası görüntüsü.	172
Şekil 4.62 Deney 12 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	174
Şekil 4.63 Deney 12 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	174
Şekil 4.64 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).	176
Şekil 4.65 Örnek olarak Deney 12'ye ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	177
Şekil 4.66 Deney 12'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	179
Şekil 4.67 Deney 1'e ait patlatma aynası görüntüsü.	182
Şekil 4.68 Deney 1 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	183
Şekil 4.69 Deney 1 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	184

Şekil 4.70 Deney 1 patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).	185
Şekil 4.71 Örnek olarak Deney 1'e ait patlatmayığının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	187
Şekil 4.72 Deney 1'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	189
Şekil 4.73 Deney 2' ye ait Patlatma aynası görüntüsü.	193
Şekil 4.74 Deney 2 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	194
Şekil 4.75 Deney 2 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	194
Şekil 4.76 Deney 2 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).	196
Şekil 4.77 Örnek olarak Deney 2'ye ait patlatma yığının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	197
Şekil 4.78 Deney 2'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	199
Şekil 4.79 Deney 3 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	203
Şekil 4.80 Deney 3 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	204
Şekil 4.81 Deney 3 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).	205
Şekil 4.82 Örnek olarak Deney 3'e ait patlatma yığının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	207
Şekil 4.83 Deney 3'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	209
Şekil 4.84 Deney 4' e ait patlatma aynası görüntüsü.	213
Şekil 4.85 Deney 4 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	214
Şekil 4.86 Deney 4 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	214
Şekil 4.87 Deney 4 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).	216
Şekil 4.88 Örnek olarak Deney 4'e ait patlatma yığının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	217
Şekil 4.89 Deney 4'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	219
Şekil 4.90 Deney 5'e ait patlatma aynası görüntüsü.	223
Şekil 4.91 Deney 5 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	224
Şekil 4.92 Deney 5 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	225
Şekil 4.93 Deney 5 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).	226

Şekil 4.94 Örnek olarak Deney 5'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	228
Şekil 4.95 Deney 5'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	230
Şekil 4.96 Deney 6'ya ait patlatma aynası görüntüsü.	234
Şekil 4.97 Deney 6 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	235
Şekil 4.98 Deney 6 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	235
Şekil 4.99 Deney 6 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).	237
Şekil 4.100 Örnek olarak Deney 6'ya ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	238
Şekil 4.101 Deney 6'ya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	240
Şekil 4.102 Deney 7'ye ait patlatma aynası görüntüsü.	244
Şekil 4.103 Deney 7 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	245
Şekil 4.104 Deney 7 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	245
Şekil 4.105 Deney 7 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).	247
Şekil 4.106 Örnek olarak Deney 7'ye ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	249
Şekil 4.107 Deney 7'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	250
Şekil 4.108 Deney 8'e ait Patlatma aynası görüntüsü.....	254
Şekil 4.109 Deney 8 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	255
Şekil 4.110 Deney 8 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	256
Şekil 4.111 Deney 8 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).	257
Şekil 4.112 Örnek olarak Deney 8'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	258
Şekil 4.113 Deney 8'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	260
Şekil 4.114 Deney 9'a ait patlatma aynası görüntüsü.	264
Şekil 4.115 Deney 9 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	265
Şekil 4.116 Deney 9 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	266
Şekil 4.117 Deney 9 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).	267

Şekil 4.118 Örnek olarak Deney 9'a ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	269
Şekil 4.119 Deney 9'a ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	270
Şekil 4.120 Deney 1 e ait patlatma aynası görüntüsü.	274
Şekil 4.121 Deney 1 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	275
Şekil 4.122 Deney 1 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	276
Şekil 4.123 Deney 1 patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).	277
Şekil 4.124 Örnek olarak Deney 1'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	279
Şekil 4.125 Deney 1'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	280
Şekil 4.126 Deney 2' ye ait patlatma aynası görüntüsü.	284
Şekil 4.127 Deney 2 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	285
Şekil 4.128 Deney 2 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	286
Şekil 4.129 Deney 2 patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).	287
Şekil 4.130 Örnek olarak Deney 2'ye ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.....	288
Şekil 4.131 Deney 2'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	290
Şekil 4.132 Deney 3'ye ait Patlatma aynası görüntüsü.....	294
Şekil 4.133 Deney 3 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	295
Şekil 4.134 Deney 3 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	295
Şekil 4.135 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). .	297
Şekil 4.136 Örnek olarak Deney 3'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamalar	298
Şekil 4.137 Deney 3'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	299
Şekil 4.138 Deney 4' e ait patlatma aynası görüntüsü.	304
Şekil 4.139 Deney 4 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	305

Şekil 4.140 Deney 4 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	305
Şekil 4.141 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). ..	307
Şekil 4.142 Örnek olarak Deney 4'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	308
Şekil 4.143 Deney 4'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	310
Şekil 4.144 Deney 5'e ait patlatma aynası görüntüsü.	313
Şekil 4.145 Deney 5 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	314
Şekil 4.146 Deney 5 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	315
Şekil 4.147 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). ..	316
Şekil 4.148 Örnek olarak Deney 5'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	318
Şekil 4.149 Deney 5'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	319
Şekil 4.150 Deney 6'ya ait patlatma aynası görüntüsü.	323
Şekil 4.151 Deney 6 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	324
Şekil 4.152 Deney 6 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	324
Şekil 4.153 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). ..	325
Şekil 4.154 Örnek olarak Deney 6'ya ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	327
Şekil 4.155 Deney 6'ya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	329
Şekil 4.156 Deney 7'ye ait patlatma aynası görüntüsü.	332
Şekil 4.157 Deney 7 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	333
Şekil 4.158 Deney 7 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	334
Şekil 4.159 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). ..	335
Şekil 4.160 Örnek olarak Deney 7'ye ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	337
Şekil 4.161 Deney 7'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	339
Şekil 4.162 Deney 8'e ait Patlatma aynası görüntüsü.	342
Şekil 4.163 Deney 8 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	343

Şekil 4.164 Deney 8 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	344
Şekil 4.165 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). ...	345
Şekil 4.166 Örnek olarak Deney 8'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	346
Şekil 4.167 Deney 8'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	348
Şekil 4.168 Deney 9'a ait patlatma aynası görüntüsü.	351
Şekil 4.169 Deney 9 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	352
Şekil 4.170 Deney 9 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde gösterimi.	353
Şekil 4.171 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). ...	354
Şekil 4.172 Örnek olarak Deney 9'a ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	355
Şekil 4.173 Deney 9'a ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	356
Şekil 4.174 Deney 10'a ait Patlatma aynası görüntüsü.	360
Şekil 4.175 Deney 10 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.	361
Şekil 4.176 Deney 10 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.	362
Şekil 4.177 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz). ...	363
Şekil 4.178 Örnek olarak Deney 10'a ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.	364
Şekil 4.179 Deney 10'a ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.	366
Şekil 5.1 Yoğunluk testlerinde kullanılan helyum piknometre.	370
Şekil 5.2 300 ton kapasiteli pres.	371
Şekil 5.3 Shore sertlik cihazı.	372
Şekil 5.4 Tek eksenli deformasyon deneyi için kullanılan pres ve numunenin hazırlanışı.	374
Şekil 5.5 Arkavadi kalker ocağından alınan numunenin gerilim-deformasyon ilişkisi.	375
Şekil 5.6 Aravadi kalker ocağından alınan numunenin gerilim-deformasyon ilişkisi.	376

Şekil 5.7 Üst Aravadi kalker ocağından alınan numunenin gerilim-deformasyon ilişkisi.....	377
Şekil 6.1 Yığın yoğunluğu değerlerine göre Arkavadi ve Aravadi kalker ocaklarına ait ANOVA test sonuçları.....	384
Şekil 6.2 Yığın yoğunluğu değerlerine göre Arkavadi ve Üst Aravadi kalker ocaklarına ait ANOVA test sonuçları.....	385
Şekil 6.3 Yığın yoğunluğu değerlerine göre Aravadi ve Üst Aravadikalker ocaklarına ait çift yönlü ANOVA test sonuçları.....	387
Şekil 6.4 Özgül şarj ile Wipfrag ortalama boyut dağılımı değerleri arasındaki ilişki.....	389
Şekil 6.5 Özgül şarj ile yükleyicinin toplam hidrolik basınç değerleri arasındaki ilişki.....	391
Şekil 6.6 Özgül şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme süresi arasındaki ilişki.....	392
Şekil 6.7 Özgül şarj ile yükleyici yakıt tüketimi arasındaki ilişki.....	392
Şekil 6.8 Özgül şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme kepçe sayısı arasındaki ilişki.....	393
Şekil 6.9 Özgül şarj ile yığın yoğunluğu arasındaki ilişki.....	395
Şekil 6.10 Özgül şarj ile kırıcıların tükettiği toplam enerji değerleri arasındaki ilişki.....	396
Şekil 6.11 Patar miktarı değerleriyle özgül şarj ilişkisi.....	397
Şekil 6.12 Patlayıcı madde, yükleyici, kırıcı, nakliye, delici ve hidrolik kırıcı operasyonlarının birim tondaki maliyetleri ile özgül şarj ilişkisi.....	405
Şekil 6.13 Birim tondaki toplam maliyet ve özgül şarj ilişkisi.....	406
Şekil 6.14 Özgül şarj ile yükleyicinin toplam hidrolik basınç değişimi değerleri arasındaki ilişki.....	409
Şekil 6.15 Özgül şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme süresi arasındaki ilişki.....	410
Şekil 6.16 Özgül şarj ile yükleyici yakıt tüketimi arasındaki ilişki.....	410
Şekil 6.17 Özgül şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme kepçe sayısı arasındaki ilişki.....	411
Şekil 6.18 Özgül şarj ile birim kamyonda yüklenen malzeme miktarları arasındaki ilişki.....	414

Şekil 6.19 Özgöl şarj ile kırıcıların tükettiği toplam enerji değerleri arasındaki ilişki.	415
Şekil 6.20 Patlayıcı madde, yükleyici, kırıcı, nakliye, delici ve hidrolik kırıcı operasyonlarının birim tondaki maliyetleri ile özgöl şarj ilişkisi.....	423
Şekil 6.21 Birim tondaki toplam maliyet ve özgöl şarj ilişkisi.	424
Şekil 6.22 Wipfrag ortalama tane boyutu ile özgöl şarj değerleri arasındaki ilişki.	426
Şekil 6.23 Özgöl şarj ile yükleyicinin toplam hidrolik basınç değerleri arasındaki ilişki.....	427
Şekil 6.24 Özgöl şarj ile Ortalama yüklenme süresi arasındaki ilişki.....	428
Şekil 6.25 Özgöl şarj ile yükleyici yakıt tüketimi arasındaki ilişki.	428
Şekil 6.26 Özgöl şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme kepçe sayısı arasındaki ilişki.....	429
Şekil 6.27 Özgöl şarj ile yığın yoğunluğu değerleri arasındaki ilişki.	432
Şekil 6.28 Özgöl şarj ile kırıcıların tükettiği toplam enerji değerleri arasındaki ilişki.	433
Şekil 6.29 Patar miktarı değerleriyle özgöl şarj ilişkisi.	434
Şekil 6.30 Patlayıcı madde, yükleyici, kırıcı, nakliye, delici ve hidrolik kırıcı operasyonlarının birim tondaki maliyetleri ile özgöl şarj ilişkisi.....	442
Şekil 6.31 Birim tondaki toplam maliyet ve özgöl şarj ilişkisi.	443

Tablo 2.1 Kaya Faktörü (A) belirlenmesinde kullanılan değişkenlerin tanımı ve hesaplanması	28
Tablo 2.2 Değirmendeki öğütme sonuçları.....	45
Tablo 2.3 Patlatmanın kırma ve öğütme işlemlerine etkisi (Nielsen, 1999).....	46
Tablo 2.4 Boyuta göre enerji ve gider hesapları (Workman L. ve Eloranta J., 2004).	48
Tablo 3.1 ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamaları.	51
Tablo 3.2 Arkavadi kalker ocağında yapılan 2. patlatma deneyi için Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut değerini hesaplayan veriler.	56
Tablo 4.1 Deney 1'in patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.....	71
Tablo 4.2 Deney 1'e ait patlatma aynasının eğim/eğim yönü değerleri.	71
Tablo 4.3 Patlatma deneyi 1'e ait teknik veriler.	73
Tablo 4.4 Patlatma sonrası elde edilen görüntülere ait veriler.....	75
Tablo 4.5 Patlatma sonrası elde edilen 10 adet görüntünün tane boyutuna göre %'de dağılımı.	76
Tablo 4.6 Deney 1'in nakliye performansının belirlenmesi.....	77
Tablo 4.7 Deney 1'e ait kamyon yüklenme süreleri ve malzeme miktarları.	78
Tablo 4.8 Deney 2'ye ait patlatma aynasının hat etüdü ölçümleri.....	79
Tablo 4.9 Deney 2'ye ait patlatma aynasının eğim/eğim yönü değerleri.	80
Tablo 4.10 Patlatma deneyi 2'ye ait teknik veriler.	81
Tablo 4.11 Patlatma sonrası elde edilen görüntülere ait veriler.....	83
Tablo 4.12 Patlatma sonrası elde edilen 9 adet görüntünün tane boyutuna göre %'de dağılımı.	83
Tablo 4.13 Deney 2'nin nakliye performansının belirlenmesi.....	84
Tablo 4.14 Deney 2'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve malzeme miktarları.	86
Tablo 4.15 Deney 3'e ait patlatma aynasının hat etüdü ölçümleri.....	87
Tablo 4.16 Deney 3'e ait patlatma aynasının eğim/eğim yönü değerleri.	88
Tablo 4.17 Patlatma deneyi 3'e ait teknik veriler.	89
Tablo 4.18 Patlatma sonrası elde edilen görüntülere ait veriler.....	92

Tablo 4.19 Patlatma sonrası elde edilen 12 adet görüntünün tane boyutuna göre %'de dağılımı.	92
Tablo 4.20 Deney 3'ün nakliye performansının belirlenmesi.....	93
Tablo 4.21 Deney 3'e ait kamyon yüklenme süreleri ve malzeme miktarları.	94
Tablo 4.22 Deney 4'e ait patlatma aynasının hat etüdü ölçümleri.....	95
Tablo 4.23 Deney 4'e ait patlatma aynasının eğim/eğim yönü değerleri.	96
Tablo 4.24 Patlatma deneyi 4'e ait teknik veriler.	97
Tablo 4.25 Patlatma sonrası elde edilen görüntülere ait veriler.....	99
Tablo 4.26 Patlatma sonrası elde edilen 9 adet görüntünün ağırlıklı tane boyutuna göre %'de dağılımı.....	99
Tablo 4.27 Deney 4'ün nakliye performansının belirlenmesi.....	100
Tablo 4.28 Deney 4'e ait kamyon yüklenme süreleri ve malzeme miktarları.	101
Tablo 4.29 Deney 5 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	103
Tablo 4.30 Deney 5 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerler.....	103
Tablo 4.31 Deney 5 patlatması teknik parametreleri.	106
Tablo 4.32 Deney 5 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	109
Tablo 4.33 Deney 5'e ait 10 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	109
Tablo 4.34 Deney 5'in nakliye performansının belirlenmesi.....	110
Tablo 4.35 Deney 5'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	111
Tablo 4.36 Deney 5 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	112
Tablo 4.37 Deney 6 Patlatma Aynasına ait Hat Etüdü Ölçümleri.	113
Tablo 4.38 Deney 6 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	114
Tablo 4.39 Deney 6 patlatması teknik parametreleri.	116
Tablo 4.40 Deney 6 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	118
Tablo 4.41 Deney 6'ya ait 9 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	119
Tablo 4.42 Deney 6'nın nakliye performansının belirlenmesi.....	120
Tablo 4.43 Deney 6'ya ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	121
Tablo 4.44 Deney 6' ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri..	121

Tablo 4.45 Deney 6 İçin kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	122
Tablo 4.46 Deney 7 Patlatma Aynasına ait Hat Etüdü Ölçümleri.	123
Tablo 4.47 Deney 7 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.....	124
Tablo 4.48 Deney 7 patlatması teknik parametreleri.	125
Tablo 4.49 Deney 7 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	128
Tablo 4.50 Deney 7'ye ait 8 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	128
Tablo 4.51 Deney 7'nin nakliye performansının belirlenmesi.....	129
Tablo 4.52 Deney 7' e Ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	131
Tablo 4.53 Deney 7'ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	131
Tablo 4.54 Deney 7 İçin kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	132
Tablo 4.55 Deney 8 Patlatma Aynasına ait Hat Etüdü Ölçümleri.	133
Tablo 4.56 Deney 8 Ayna, tabaka ve çatlaklara ait eğim yönü/eğim değerleri.	133
Tablo 4.57 Deney 8 patlatması teknik parametreleri.	135
Tablo 4.58 Deney 8 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	138
Tablo 4.59 Deney 8'e ait 7 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	138
Tablo 4.60 Deney 8'in nakliye performansının belirlenmesi.....	139
Tablo 4.61 Deney 8'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	140
Tablo 4.62 Deney 8'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.....	141
Tablo 4.63 Deney 8 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	141
Tablo 4.64 Deney 9 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	143
Tablo 4.65 Deney 9 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	143
Tablo 4.66 Deney 9 patlatması teknik parametreleri.	145
Tablo 4.67 Deney 9 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	148
Tablo 4.68 Deney 9'a ait 8 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	148
Tablo 4.69 Deney 9'un nakliye performansının belirlenmesi.....	149

Tablo 4.70 Deney 9'a ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	150
Tablo 4.71 Deney 9'a ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.....	151
Tablo 4.72 Deney 9 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	151
Tablo 4.73 Deney 10 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	153
Tablo 4.74 Deney 10 Tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.	153
Tablo 4.75 Deney 10'a ait teknik parametreler.....	154
Tablo 4.76 Deney 10 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	157
Tablo 4.77 Deney 10'a ait 8 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	158
Tablo 4.78 Deney 10'un nakliye performansının belirlenmesi.....	159
Tablo 4.79 Deney 10'a ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	160
Tablo 4.80 Deney 10'a ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	160
Tablo 4.81 Deney 10 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	161
Tablo 4.82 Deney 11 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	162
Tablo 4.83 Deney 11 Tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	163
Tablo 4.84 Deney 11 patlatması teknik parametreleri.	165
Tablo 4.85 Deney 11 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	168
Tablo 4.86 Deney 11'e ait 12 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	168
Tablo 4.87 Deney 11'in nakliye performansının belirlenmesi.....	169
Tablo 4.88 Deney 11'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	170
Tablo 4.89 Deney 11'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	171
Tablo 4.90 Deney 11 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	171
Tablo 4.91 Deney 12 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	173
Tablo 4.92 Deney 12 tabaka, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	173
Tablo 4.93 Deney 12 patlatması teknik parametreleri.	175
Tablo 4.94 Deney 12 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	178

Tablo 4.95 Deney 12'ye ait 5 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	178
Tablo 4.96 Deney 12'nin nakliye performansının belirlenmesi.....	179
Tablo 4.97 Deney 12'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	180
Tablo 4.98 Deney 12'ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.	181
Tablo 4.99 Deney 12 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	181
Tablo 4.100 Deney 1 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	183
Tablo 4.101 Deney 1 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri.....	183
Tablo 4.102 Deney 1 patlatması teknik parametreleri.	185
Tablo 4.103 Deney 1 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	188
Tablo 4.104 Deney 1'e ait 4 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	188
Tablo 4.105 Deney 1'in nakliye performansının belirlenmesi.....	189
Tablo 4.106 Deney 1'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	191
Tablo 4.107 Deney 1'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri..	191
Tablo 4.108 Deney 1 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	192
Tablo 4.109 Deney 2 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	193
Tablo 4.110 Deney 2 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	193
Tablo 4.111 Deney 2 patlatması teknik parametreleri.	195
Tablo 4.112 Deney 2 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	198
Tablo 4.113 Deney 2'ye ait 7 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	198
Tablo 4.114 Deney 2'nin nakliye performansının belirlenmesi.....	199
Tablo 4.115 Deney 2'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	201
Tablo 4.116 Deney 2'ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.	201
Tablo 4.117 Deney 2 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	202
Tablo 4.118 Deney 3 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	203
Tablo 4.119 Deney 3 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.....	203

Tablo 4.120 Deney 3 patlatması teknik parametreleri.	205
Tablo 4.121 Deney 3 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	208
Tablo 4.122 Deney 3'e ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	208
Tablo 4.123 Deney 3'ün nakliye performansının belirlenmesi.....	209
Tablo 4.124 Deney 3'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	211
Tablo 4.125 Deney 3'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	211
Tablo 4.126 Deney 3 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	212
Tablo 4.127 Deney 4 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	213
Tablo 4.128 Deney 4 ayna, tabaka ve çatlaklara ait eğim yönü/eğim değerleri.	213
Tablo 4.129 Deney 4 patlatması teknik parametreleri.	215
Tablo 4.130 Deney 4 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	218
Tablo 4.131 Deney 4'e ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	218
Tablo 4.132 Deney 4'ün nakliye performansının belirlenmesi.....	219
Tablo 4.133 Deney 4'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	221
Tablo 4.134 Deney 4'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	221
Tablo 4.135 Deney 4 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	222
Tablo 4.136 Deney 5 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	223
Tablo 4.137 Deney 5 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	224
Tablo 4.138 Deney 5 patlatması teknik parametreleri.	226
Tablo 4.139 Deney 5 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	229
Tablo 4.140 Deney 5'e ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	229
Tablo 4.141 Deney 5'in nakliye performansının belirlenmesi.....	230
Tablo 4.142 Deney 5'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	232
Tablo 4.143 Deney 5'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	232
Tablo 4.144 Deney 5 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	233

Tablo 4.145 Deney 6 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	234
Tablo 4.146 Deney 6 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.....	234
Tablo 4.147 Deney 6'ya ait teknik parametreler.....	236
Tablo 4.148 Deney 6 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	239
Tablo 4.149 Deney 6'ya ait 7 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	239
Tablo 4.150 Deney 6'nın nakliye performansının belirlenmesi.....	240
Tablo 4.151 Deney 6'ya ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	242
Tablo 4.152 Deney 6'ya ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.	242
Tablo 4.153 Deney 6 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	243
Tablo 4.154 Deney 7 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	244
Tablo 4.155 Deney 7 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	244
Tablo 4.156 Deney 7 patlatması teknik parametreleri.	246
Tablo 4.157 Deney 7 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	250
Tablo 4.158 Deney 7'ye ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	250
Tablo 4.159 Deney 7'nin nakliye performansının belirlenmesi.....	251
Tablo 4.160 Deney 7'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	252
Tablo 4.161 Deney 7'ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.	253
Tablo 4.162 Deney 7 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	253
Tablo 4.163 Deney 8 tabakalar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	255
Tablo 4.164 Deney 8 patlatması teknik parametreleri.	257
Tablo 4.165 Deney 8 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	259
Tablo 4.166 Deney 8'e ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	259
Tablo 4.167 Deney 8'in nakliye performansının belirlenmesi.....	260
Tablo 4.168 Deney 8'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	262
Tablo 4.169 Deney 8'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	263

Tablo 4.170 Deney 8 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	263
Tablo 4.171 Deney 9 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	264
Tablo 4.172 Deney 9 tabakalar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	265
Tablo 4.173 Deney 9 patlatması teknik parametreleri.	267
Tablo 4.174 Deney 9 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	270
Tablo 4.175 Deney 9'a ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	270
Tablo 4.176 Deney 9'un nakliye performansının belirlenmesi.....	271
Tablo 4.177 Deney 9'a ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	272
Tablo 4.178 Deney 9'a ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	272
Tablo 4.179 Deney 9 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	273
Tablo 4.180 Deney 1 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	274
Tablo 4.181 Deney 1 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerler.....	275
Tablo 4.182 Deney 1 patlatması teknik parametreleri.	277
Tablo 4.183 Deney 1 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	280
Tablo 4.184 Deney 1'e ait 4 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	280
Tablo 4.185 Deney 1'in nakliye performansının belirlenmesi.....	281
Tablo 4.186 Deney 1' e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	282
Tablo 4.187 Deney 1' e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri..	283
Tablo 4.188 Deney 1 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	283
Tablo 4.189 Deney 2 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	284
Tablo 4.190 Deney 2 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	285
Tablo 4.191 Deney 2 patlatması teknik parametreleri.	287
Tablo 4.192 Deney 2 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	289
Tablo 4.193 Deney 2'ye ait 5 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	289

Tablo 4.194 Deney 2'nin nakliye performansının belirlenmesi.....	290
Tablo 4.195 Deney 2'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	292
Tablo 4.196 Deney 2' ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.	292
Tablo 4.197 Deney 2 İçin kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	293
Tablo 4.198 Deney 3 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	294
Tablo 4.199 Deney 3 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.....	295
Tablo 4.200 Deney 3 patlatması teknik parametreleri.	296
Tablo 4.201 Deney 3 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	299
Tablo 4.202 Deney 3'e ait 5 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama % 'de dağılımı.	299
Tablo 4.203 Deney 3'ün nakliye performansının belirlenmesi.....	300
Tablo 4.204 Deney 3' e Ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	302
Tablo 4.205 Deney 3'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri... 302	
Tablo 4.206 Deney 3 İçin kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	303
Tablo 4.207 Deney 4 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	304
Tablo 4.208 Deney 4 ayna, tabaka ve çatlaklara ait eğim yönü/eğim değerleri.	304
Tablo 4.209 Deney 4 patlatması teknik parametreleri.	306
Tablo 4.210 Deney 4 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	309
Tablo 4.211 Deney 4'e ait 5 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama % 'de dağılımı.	309
Tablo 4.212 Deney 4'ün nakliye performansının belirlenmesi.....	310
Tablo 4.213 Deney 4'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	311
Tablo 4.214 Deney 4'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri... 312	
Tablo 4.215 Deney 4 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	312
Tablo 4.216 Deney 5 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	314
Tablo 4.217 Deney 5 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	314
Tablo 4.218 Deney 5 patlatması teknik parametreleri.	316

Tablo 4.219 Deney 5 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	319
Tablo 4.220 Deney 5'e ait 4 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	319
Tablo 4.221 Deney 5'in nakliye performansının belirlenmesi.....	320
Tablo 4.222 Deney 5'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	321
Tablo 4.223 Deney 5'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	321
Tablo 4.224 Deney 5 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	322
Tablo 4.225 Deney 6 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	323
Tablo 4.226 Deney 6 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.....	323
Tablo 4.227 Deney 6'ya ait teknik parametreler.....	325
Tablo 4.228 Deney 6 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	328
Tablo 4.229 Deney 6'ya ait 3 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	328
Tablo 4.230 Deney 6'nın nakliye performansının belirlenmesi.....	329
Tablo 4.231 Deney 6'ya ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	330
Tablo 4.232 Deney 6'ya ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.	331
Tablo 4.233 Deney 6 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	331
Tablo 4.234 Deney 7 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	333
Tablo 4.235 Deney 7 Tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	333
Tablo 4.236 Deney 7 patlatması teknik parametreleri.	335
Tablo 4.237 Deney 7 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	338
Tablo 4.238 Deney 7'ye ait 12 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	338
Tablo 4.239 Deney 7'nin nakliye performansının belirlenmesi.....	339
Tablo 4.240 Deney 7'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	340
Tablo 4.241 Deney 7'ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.	341
Tablo 4.242 Deney 7 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	341
Tablo 4.243 Deney 8 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	342

Tablo 4.244 Deney 8 tabaka, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	343
Tablo 4.245 Deney 8 patlatması teknik parametreleri.	344
Tablo 4.246 Deney 8 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	347
Tablo 4.247 Deney 8'e ait 3 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	347
Tablo 4.248 Deney 8'in nakliye performansının belirlenmesi.....	348
Tablo 4.249 Deney 8'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	349
Tablo 4.250 Deney 8'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	350
Tablo 4.251 Deney 8 İçin kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	350
Tablo 4.252 Deney 9 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	351
Tablo 4.253 Deney 9 Tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	352
Tablo 4.254 Deney 9 patlatması teknik parametreleri.	353
Tablo 4.255 Deney 9 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	356
Tablo 4.256 Deney 9'a ait 4 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	356
Tablo 4.257 Deney 9'un nakliye performansının belirlenmesi.....	357
Tablo 4.258 Deney 9'a ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	358
Tablo 4.259 Deney 9'a ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri...	359
Tablo 4.260 Deney 9 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	359
Tablo 4.261 Deney 10 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.	360
Tablo 4.262 Deney 10 tabaka, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.	361
Tablo 4.263 Deney 10 patlatması teknik parametreleri.	362
Tablo 4.264 Deney 10 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.	365
Tablo 4.265 Deney 10'a ait 4 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.	365
Tablo 4.266 Deney 10'un nakliye performansının belirlenmesi.....	366
Tablo 4.267 Deney 10'a ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.	367

Tablo 4.268 Deney 10'a ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.	368
Tablo 4.269 Deney 10 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.	368
Tablo 5.1 Alınan numunelerin yoğunluk değerleri.	370
Tablo 5.2 Alınan numunelerin birim hacim ağırlık değerleri.	370
Tablo 5.3 Tek eksenli basınç dayanımı değerleri.	371
Tablo 5.4 Dolaylı çekme dayanımı değerleri.	372
Tablo 5.5 Alınan Numunelerin Sertlik Değerleri.	372
Tablo 5.6 Arkavadi kalker ocağına ait tek eksenli deformasyon deney sonucu.	375
Tablo 5.7 Aravadi kalker ocağına ait tek eksenli deformasyon deney sonucu.	376
Tablo 5.8 Üst Aravadi kalker ocağına ait tek eksenli deformasyon deney sonucu.	377
Tablo 6.1 Çalışma sahalarına ait ölçülmüş süreksizlik özellikleri.	380
Tablo 6.1 Çalışma sahalarına ait ölçülmüş süreksizlik özellikleri (Devamı).	381
Tablo 6.2 Çalışma sahalarına ait yığın yoğunluğu, özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımı değerleri.	383
Tablo 6.3 Özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımlarına göre verilen kod numaraları.	386
Tablo 6.4 Özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımlarına göre oluşturulan blok model.	386
Tablo 6.5 Patlatma deneylerinin özgül şarj ve boyut dağılım değerleri.	389
Tablo 6.6 Yükleyici verimini belirleyen ölçülmüş değerler.	390
Tablo 6.7 Özgül şarj ile birim kamyonunda yüklenen malzeme miktarları.	394
Tablo 6.8 Özgül Şarj ile kırıcıların tükettiği enerji değerleri.	396
Tablo 6.9 Özgül şarj ile patar miktarı değerleri.	397
Tablo 6.10 Delici makinasının maliyet hesapları.	399
Tablo 6.11 Patlayıcı madde maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.	400
Tablo 6.12 Yükleyicinin yakıt maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.	401
Tablo 6.13 Patlatma deneylerine ait birim nakliye maliyetleri.	402
Tablo 6.14 Kırıcıların birim tondaki enerji maliyetleri.	403
Tablo 6.15 Hidrolik kırıcının birim tondaki maliyet hesapları.	404
Tablo 6.16 Açık ocak operasyonlarının birim maliyetleri.	405
Tablo 6.17 Patlatma deneylerinin özgül şarj ve boyut dağılım değerleri.	408

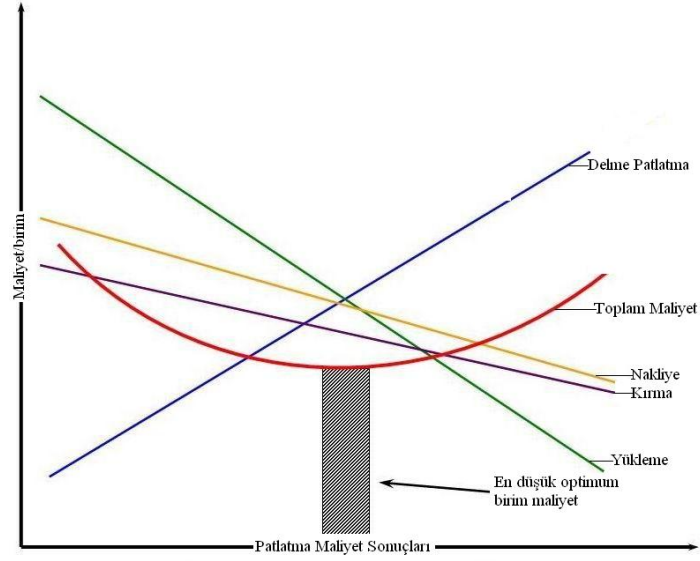
Tablo 6.18 Özgöl şarj ile ortalama yüklenme süresi değerleri.....	409
Tablo 6.19 Özgöl şarj ile birim kamyonunda yüklenen malzeme miktarları.....	412
Tablo 6.19 Özgöl şarj ile birim kamyonunda yüklenen malzeme miktarları (Devamı).	413
Tablo 6.20 Özgöl Şarj ile kırıcıların tükettiği enerji değerleri.....	414
Tablo 6.21 Özgöl şarj ile patar miktarı değerleri.	415
Tablo 6.22 Delici makinasının maliyet hesapları.....	417
Tablo 6.23 Patlayıcı madde maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.....	418
Tablo 6.24 Yükleyicinin yakıt maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.	419
Tablo 6.25 Patlatma deneylerine ait birim nakliye maliyetleri.	420
Tablo 6.26 Kırıcıların birim tondaki enerji maliyetleri.....	421
Tablo 6.27 Hidrolik kırıcının birim tondaki maliyet hesapları.	422
Tablo 6.28 Açık ocak operasyonlarının birim maliyetleri.	423
Tablo 6.29 Patlatma deneylerinin özgül şarj ve boyut dağılım değerleri.	426
Tablo 6.30 Yükleyici verimini belirleyen ölçülmüş değerler.	427
Tablo 6.31 Özgöl şarj ile yığın yoğunluğu değerleri.	430
Tablo 6.31 Özgöl şarj ile yığın yoğunluğu değerleri (Devamı).	431
Tablo 6.31 Özgöl şarj ile yığın yoğunluğu değerleri (Devamı).	432
Tablo 6.32 Özgöl şarj ile kırıcıların tükettiği enerji değerleri.	433
Tablo 6.33 Özgöl şarj ile patar miktarı değerleri.	434
Tablo 6.34 Delici makinasının maliyet hesapları.....	436
Tablo 6.35 Patlayıcı madde maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.....	437
Tablo 6.36 Yükleyicinin yakıt maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.	438
Tablo 6.37 Patlatma deneylerine ait birim nakliye maliyetleri.	439
Tablo 6.38 Kırıcıların birim tondaki enerji maliyetleri.....	440
Tablo 6.39 Hidrolik kırıcının birim tondaki maliyet hesapları.	441
Tablo 6.40 Açık ocak operasyonlarının birim maliyetleri.	442
Tablo 6.41 Çalışma sahalarından ölçülen parametreler.	444

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Açık maden işletmelerinde basamaklar şeklinde üretim emniyetli ve ekonomik bir yöntem olarak başarı ile uygulanmaktadır. Basamaklı yapıların oluşturulmasında ve üretimin gerçekleştirilmesinde kaçınılmaz olarak delme-patlatma operasyonları yapılmaktadır. Kaya kütesinden cevher zenginleştirme öncesi ince boyutlu malzeme üretimine kadar boyut küçültme göz önüne alındığında basamak patlatmaları boyut küçültmenin ilk aşaması olarak diğer işlemlerin verimini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle basamak patlatmalarında boyut dağılımının denetlenebilmesi ardışık işlemlerin verimliliğini belirlemektedir. Basamak patlatmalarından boyut dağılımının belirlenmesi hem kontrol edilen değişkenlerin (patlatma tasarım parametreleri) hem de kontrol edilemeyen değişkenler (kaya kütlesi özellikleri) fazlalığı nedeniyle oldukça güçtür.

Açık işletmelerdeki basamak patlatmalarında, patlatmaya ait en önemli parametre m^3 başına kullanılan patlayıcı miktarı olarak tanımlanabilen özgül şarj miktarıdır. Özgül şarj miktarı artırıldıkça oluşan parçaların boyutları küçülmektedir. Ancak patlayıcı miktarlarının arttırılması maliyetleri yükseltmektedir. Bunun yanında özgül şarjın azaltılması ile yükleme, nakliye boyut küçültme işlemlerinde meydana gelebilecek maliyet artışları aynı şekilde düşündürücüdür. Bu nedenle bu tez konusu, açık maden işletmelerinin başlıca operasyonları olan delme-patlatma, yükleme, nakliye ve kırma eleme operasyonlarında kullanılan malzeme boyutu etkisinin ekonomik olarak incelenmesi ve optimum sonuçların elde edilebilmesi açısından önemlidir. Şekil 1.1’de açık ocak operasyonlarının maliyet açısından birbirine olan etkileri görülmektedir (Novotny, 2006). Bu noktadan hareketle bu tezin amacı, patlama ile oluşan parça boyut dağılımının, yükleme, nakliye ve patlatılan malzemenin girdi olarak kullanılacağı proseslerle olan ilişkisini ortaya koymak ve optimizasyonunu araştırmaktır.



Şekil 1.1 Açık Ocak operasyonlarının maliyet açısından birbirine olan etkileri (Novotny, 2006).

Daha önce yapılan araştırmalar göstermiştir ki açık işletmelerde yapılan patlatmalarda, belirli koşullarda, oluşan yığının tane boyut dağılımı denetimi patlatma tasarımının değişkenleri ile sağlanabilir. Ancak açık işletmelerde bir hammadde üretimi sadece malzemenin patlatılarak yığın oluşturulması değildir. Oluşan yığının yüklenmesi, nakledilmesi, kırılması ve bazen öğütülmesi ile hammadde açısından uç ürün haline gelebilmektedir. Bu işlemlerin hepsi belli bir kütlenin farklı metotlarla boyutunun küçültülmesi ve amaca uygun hale getirilmesidir. Bu güne kadar birbirinden bağımsız olarak düşünülen bu prosesler kendi içinde teknolojik gelişmeleri takip ederek bilimsel ve teknik olarak incelenmiştir. Örneğin, bir kırıcının performansını inceleyen araştırmacılar sadece kırıcıya giren malzemenin dağılımını girdi olarak değerlendirmiş o malzemenin daha önce gördüğü işlem teknolojisi ile ilgilenmemişlerdir. Aynı şekilde patlatma ve yığın boyut dağılımı ile ilgili yapılan araştırmalarda sadece uniform ve belli boyutta malzeme elde etmek için çalışmalar yapılmış ama bu yığının sonraki aşamaları ile ilgili araştırmalar yeterince yapılmamıştır. Bu tezin hipotezi patlatma sonucu oluşan yığının boyut dağılımının devam eden ardışık proseslerin performansını etkilemesidir. Değişkenlerin fazla olduğu bu etkileşim kümesinde gerçekçi verilerin ortaya konulması ancak ölçümler yapılarak tespit edilebilir. Literatürde belli teorik yaklaşımlarda değerlendirilmiş olan yığın boyut dağılımı ve devam eden işlemler ilişkisini, uygulayıcılar pratikleştirmekte zorlanmakta ve toplam enerji

tüketimlerinde büyük miktarlarda istenmeyen boşa harcamalar oluşmaktadır.

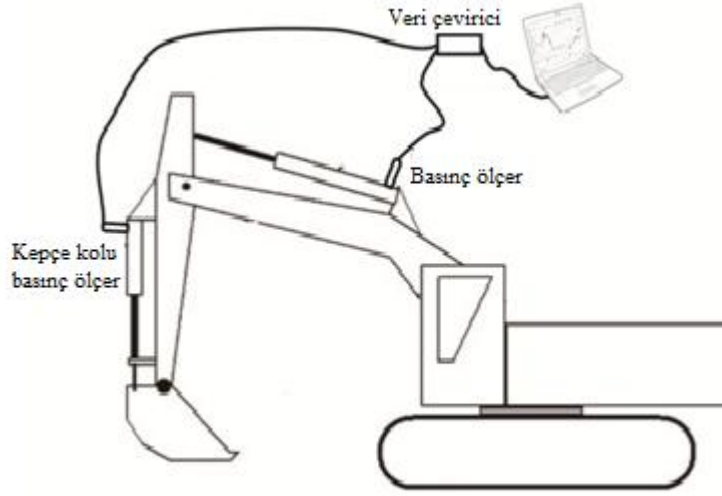
Sadece agrega sektörü baz alındığında ülkemizin yıllık yaklaşık 300 milyon ton kırılmış, sınıflandırılmış agrega ihtiyacı bulunmaktadır ve Anon (2007)'a göre 1 ton kireçtaşının kırılması için yaklaşık 1.65 kWh/ton enerji tüketimi gerekmektedir. Buna göre ülkemiz ihtiyacı olan agreganın karşılanması için yaklaşık 495 milyon kWh enerji tüketilmektedir. Kırma işleminden önce boyut küçültme işleminin gerçekleştirildiği delme-patlatma operasyonlarında boyut dağılımının istenilen boyutta denetlenmesi ile sözkonusu enerji tüketimleri ulusal boyutta azalacaktır. Örneğin, sadece agrega sektörü için kırıcı enerji tüketiminin %'de10 oranında azaltılması yılda yaklaşık 49.5 milyon kWh enerji tasarrufu sağlayacaktır.

Saha çalışmaları İzmir'de çimento üretimi yapan Batı Anadolu Çimento Sanayi A.Ş.'e ait ocak ve tesislerde gerçekleştirilmiştir. Arazi şartlarında özgül şarj miktarı, delik geometrisi ve delik çapı değiştirilerek yapılmıştır. Burada metodoloji olarak yapılan ölçümler ve gerekçeleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- a) Hammadde ocağında üretilen kireçtaşının fiziksel ve teknolojik özellikleri ortaya konulmuştur. Çünkü patlatma verimini ve parça boyut dağılımını etkileyen değişkenlerden birisi kayacın basınç dayanımı elastisite modülü ve diğer özellikleridir. Kayacın yoğunluğu, birim hacim ağırlığı, tek eksenli basınç dayanımı, dolaylı çekme dayanımı ve elastisite modülünün belirlenmesi için yapılan deneyler Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünün Kaya Mekaniği Laboratuarında yapılmıştır.
- b) Patlatılan kayacın karakterize edilmesine eş zamanlı olarak sahada yapılan her patlatmada, patlatmalar bütün değişkenleri ile birlikte ortaya konulmuştur. Bu değişkenler patlatmalarda kontrol edilebilir parametreler olan delik çapı, delikler arası mesafe, dilim kalınlığı vb. gibi büyüklükler ölçülmüş, kontrol edilemeyen parametrelerden olan süreksizlikler ve jeolojik yapı ile ilgili ölçümler alınmış patlatma verimi üzerinde etkisini saptamaya yarayacak sayısal veriler üretilmiştir.

- c) Oluşan yığının parça boyut dağılımının belirlenmesi için tam ve gerçekçi bir parça boyutu tahmin metodu; tüm yığının elek analizine tabi tutulmasıdır. Üretim ölçeğinde, bu işlem hiç de pratik ve ekonomik olmayan ve uygulaması zor bir yöntemdir. Bunun yerine literatürde kabul görmüş **Görüntü İşleme Metodu** kullanılarak yığının dağılımı karakterize edilmiştir. Bu metotta, yığın içindeki parça boyut dağılımı yığın üzerinden alınan dijital görüntüler ile saptanır. Dijital görüntülerin temin edilmesinde yüksek çözünürlüklü bir dijital kamera kullanılmıştır. Alınan görüntülerdeki tanelerin sınırları bilgisayar programları yardımıyla belirlenmiş ve tane dağılım eğrileri oluşturulmuştur. Bu aşamada WipFrag paket programı kullanılmıştır.
- d) Oluşan yığın karakterize edildikten ve sayısal veriler üretildikten sonra, boyut dağılımının yükleme performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yükleme performansını tayin eden parametreler; yükleyicinin yükleme sırasındaki hidrolik yağ pistonlarında oluşan basınç zorlanması, kepçenin dolum faktörü, yükleyicinin döngü süresi ve yükleyicinin yakıt tüketimi olarak tanımlanabilir. Örneğin, iri tanelerin çok olduğu patlatılmış yığında, yükleyici daha çok zorlanacak, malzeme iri taneli olduğundan kepçe içindeki boşluklar fazla olacak ve bu da yükleyicinin tam olarak randımanlı kullanılmamasına sebep olacak, yine eğer yükleyici malzemeyi yüklerken zorlanırsa döngü süresi artacağından yükleyicinin daha fazla enerji tüketmesine ve zaman kaybına neden olacaktır. Bunun için yükleyici makinelerin kazı kolu ve kepçe kolundaki hidrolik yağ basıncındaki değişimler, her patlatma deneyinde yükleyicinin yükleme sırasında sürekli olarak ölçülmüştür. Böylece yükleyicinin malzemeyi yüklerken ne kadar zorlandığı tespit edilmiştir. Yöntemin prensip şeması Şekil 1.2’de verilmiştir. Böylelikle değişik yığın boyut dağılımlarında malzemenin yüklenmesi sırasında yükleyici makinelerin verimi ortaya konulmuştur. Yükleyici veriminin optimizasyonu için kepçe dolma faktörünün belirlenmesinde kamyonların kantardaki ağırlığına bakılıp kepçenin yüklediği malzeme ağırlığı bulunmuştur. Kepçe döngü süreleri de yükleyicinin kamyonu malzeme yükleme sırasında zaman tutularak kayıt

edilmiş ve sonuçları analiz edilmiştir.

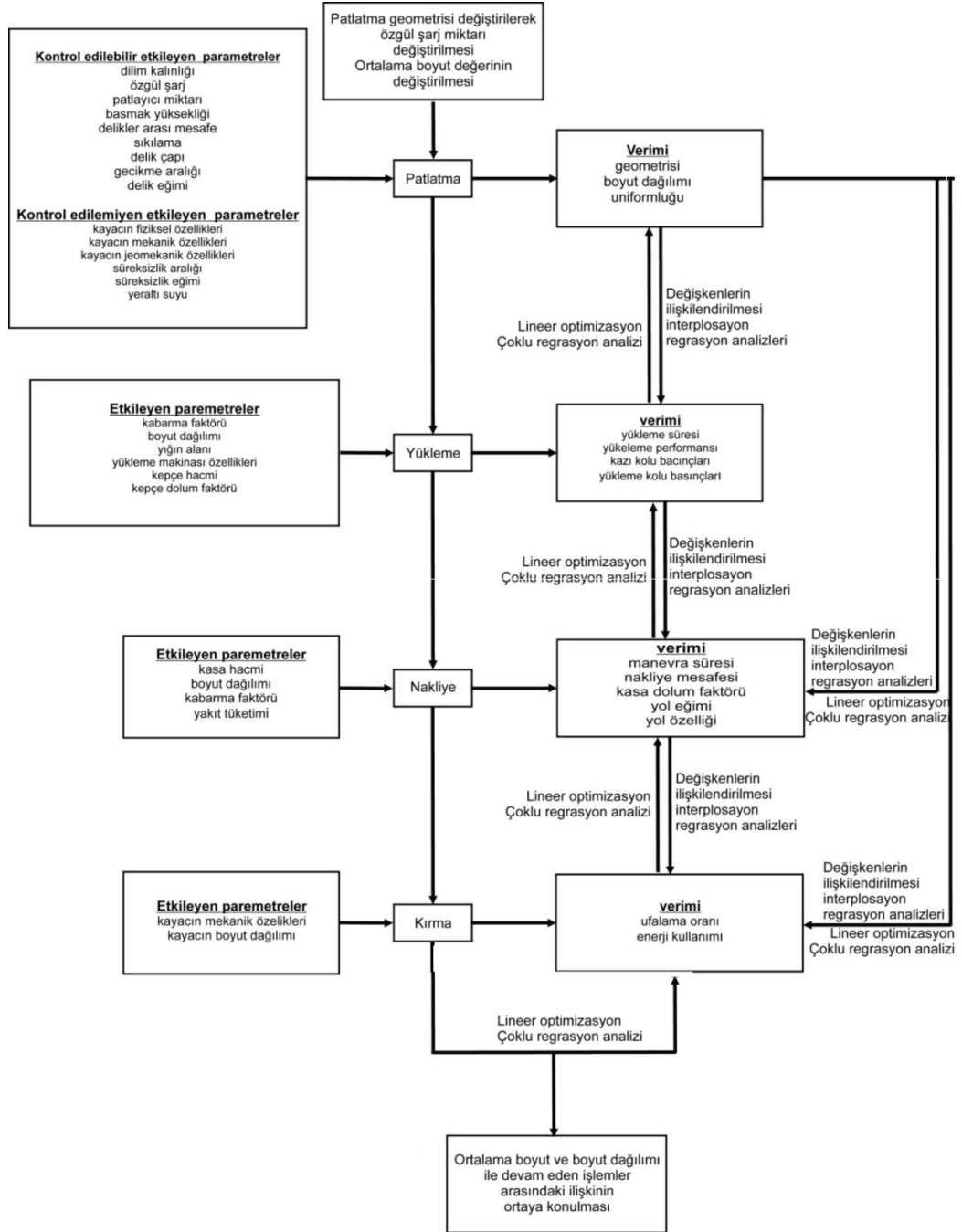


Şekil 1.2 Yükleyici makina performans ölçümü prensip şeması.

- e) Yüklenen malzemenin boyut dağılımının nakliye verimi üzerindeki etkisi, kamyonların taşıma kapasitesinin kullanım oranı kullanılarak her bir patlatma deneyi için yığın yoğunluğu değerleri ile ortaya konulmuştur. İşletme kapasite ve hammadde miktarını belirlemek için kamyonların çalışma tonajlarını ölçmektedir. Sabit hacimde olan kamyon kasaları, malzeme boyut dağılımından dolayı farklı tonajlarda yüklenebilmektedir. Bu yaklaşımla kamyon kasa hacimleri optimum boyut dağılımının belirlenmesi için bir değişken katsayısı olarak kullanılmıştır.
- f) Patlatma sonucu elde edilen malzemenin boyut dağılımının kırma verimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bilindiği üzere tane boyutu küçüldükçe ufalama için gereken özgül enerji artar ve ufalama makinelerinin verimi azalır. Bunun nedeni, boyut küçüldükçe malzemedeki makro ve mikro süreksizliklerin azalması olarak kabul edilir. Enerji ile malzeme boyutu arasındaki ilişkiler değişik yasalarla ifade edilmiştir. Sahada yapılan patlatmalar sonucunda elde edilen değişik yığın parça boyutundaki malzeme, tesiste kırıcıdan geçirilerek kırma için harcanan enerji fiili olarak tespit edilmiştir.

g) Yukarıdaki işlemlerin bağımsız olarak değerlendirilmesi sonucunda her bir operasyon kendi içerisinde bir optimizasyon oluşturmuştur. Ancak burada hedef bütün operasyonların bir arada değerlendirilmesi sonucunda bu işlemlerin tamamını içine alan bir optimizasyonun sağlanmasıdır. Bunun içinde çalışma süresince bütün operasyonlardan üretilen veriler kullanılarak her bir prosesin özgül şarj değerine göre birim maliyet değerleri oluşturulmuş ve yine özgül şarj değerine göre toplam maliyetler hesaplanmıştır.

Yukarıda açıklanan maddelere göre araştırma yönteminin prensip akım şeması Şekil 1.3’de verilmiştir.



Şekil 1.3 Araştırma yönteminin prensip akım şeması.

Bu noktadan hareketle bu araştırmanın amacı, patlama ile oluşan parça boyut dağılımının, yükleme, nakliye ve patlatılan malzemenin girdi olarak kullanılacağı kırma ile olan ilişkisini ortaya koymak ve optimizasyonunu araştırmaktır. Ayrıca her çalışma sahası için patlayıcı madde maliyetleri, yükleyici yakıt maliyetleri, kırıcı

maliyetleri, nakliye maliyetleri, delme maliyetleri ve patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcı maliyetleri her patlatma deneyi için ayrı ayrı hesaplanarak toplam maliyeti en az yapan optimum özgül şarj ve ortalama boyut dağılımı değerleri tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, öncelikle Bölüm 2’de konuyla ilgili literatür araştırmaları, Bölüm 3’de arazide kullanılan ölçme ve izleme sistemlerinin tanıtımı, Bölüm 4’de gerçekleştirilen arazi çalışmaları, Bölüm 5’de laboratuvar çalışmaları, Bölüm 6’da verilerin değerlendirilmesi ve Bölüm 7’de de sonuçlar kısmı yer almaktadır.

BÖLÜM İKİ

LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

2.1 Genel

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen patlatma deneylerinde; patlatma öncesi ve sonrası yapılan ölçümler ile değerlendirmelere yönelik daha önce yapılan çalışmaların incelenmesi amacı ile genel bir literatür araştırması aşağıda verilmektedir.

Literatür özeti

- Süreksizlikler ile Patlatma Verimi Arasındaki İlişki
- Basamak patlatması özgül şarj miktarının belirlenmesi,
- Boyut dağılımının tahmin modelleri,
- Boyut dağılımının belirlenmesi yöntemleri
- Yığın Parça Boyut Dağılımı ile Yükleyici Performansı Arasındaki İlişki
- Yığın Parça Boyut Dağılımı ile Kırıcı Performansı Arasındaki İlişki

başlıkları altında sınıflandırılarak verilmiştir.

2.2 Süreksizlikler ile Patlatma Verimi Arasındaki İlişki

Yığın parça boyutuna süreksizliklerin etkisini inceleyen daha önce yapılmış olan araştırmalar dikkate alınarak bu bölümde süreksizliklerin genel tanımı ve patlatmaya etkileri sunulmaktadır.

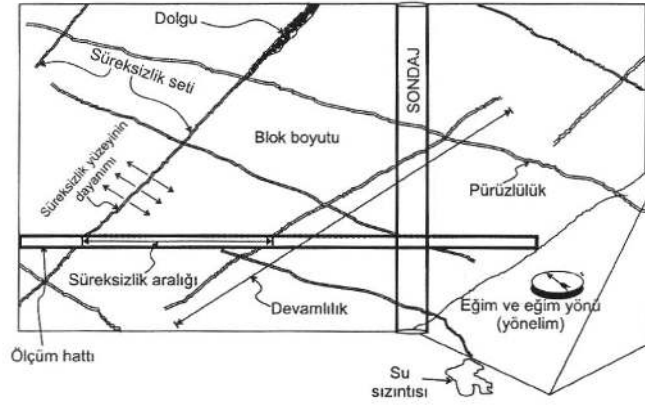
Açık maden işletmelerinde patlatma sonrası oluşan yığın dağılımının belirlenmesinde etkili olan kontrol edilebilir ve edilemeyen parametreler mevcuttur. Kontrol edilebilir parametreler patlatma geometrisiyle ilgiliyken, kontrol edilemeyen parametreler tamamen kayacın özellikleri ile ilgilidir. Kayacın jeolojik özellikleri yani içerdiği süreksizlik takımlarının sayısı ve konumu patlatma sonuçlarını etkilemektedir. Kayaç yapısının ve patlatma üzerine etkilerinin tam olarak

tanımlanamaması, kötü patlatma olasılığını arttırır. Hâkim süreksizlik olarak kabul edilen tabakalanma ile ayna birbirine paralel olduğu takdirde, tabaka eğimi de düşük ise genellikle küçük boyutlu parçalardan meydana gelmiş bir yığın oluşumu gözlenecektir. Oluşacak yığının parça boyut dağılımı, patlatma sonrası işlemlerini (yükleme-nakliye-kırma) direkt etkilediğinden patlatma tasarımı yaparken kayacın içerdiği süreksizlikleri de dikkate almak gerekmektedir.

2.2.1 Süreksizliklerin Fiziksel Parametreleri

Süreksizlik özellikleri mostrada veya sondaj karotlarında değişik ölçüm tekniklerinden yararlanılarak elde edilir ve/veya tanımlanır. Kaya kütlelerini ve süreksizlikleri tanımlamak için on tane parametre seçilmiştir ve bu fiziksel parametreler aşağıdaki gibidir (I.S.R.M., 1981);

- a. Süreksizliğin türü
- b. Süreksizlik aralığı
- c. Süreksizlik devamlılığı
- d. Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı
- e. Süreksizlik yüzeyinin açıklığı
- f. Dolgu malzemesinin özellikleri
- g. Süreksizlik yüzeyinin dayanımı ve bozunmanın derecesi
- h. Süreksizlik yüzeyindeki su içeriği
- i. Süreksizliğin yönelimi ve süreksizlik takımı sayısı
- j. Blok boyutu



Şekil 2.1 Kaya kütlelerinin tanımlanmasında süreksizliklerin esas alınan başlıca özellikleri (Hudson,1989).

Kayaçların içerdiği süreksizlik türleri; dokanak, tabaka düzlemi, fay, eklem, dilinim, fisür ve yapraklanmadır. Tabakalanma, genellikle sedimanter kayaçların düzlemlere ayrılması veya katmanlaşması anlamına gelmektedir. Tabakalar arasında fazla boşluk olmadığından dolayı patlayıcının enerjisi tabakalar arasından kaçamayacağından, arzu edilen parçalanma boyutuna ulaşılabilmesi için katmanlaşma (tabakalanma), patlatmaya genellikle yardımcı olmaktadır. Ayrıca katmanlaşma, istenilen tavan veya şev profilinin başarılmasında patlatma uzmanına yardımcı olmaktadır (Hopler, 1998). Fay ise, tektonik hareketler sırasında gelişen makaslama gerilmesinin kaya kütleindeki bir düzlemin makaslanma dayanımını aşması sonucu meydana gelen bir kırık şeklinde tanımlanabilir. Faylar da eklemler gibi, delici ucun ve tijlerin sapmasına sebep olduğundan delik delme performansını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Faylar aynı zamanda son delik sırasının gerisinde de gereğinden fazla parçalanmaya sebep olabilir. Fay zonu içindeki malzeme zayıf çimentolu ise bir patlatma sırasında patlayıcı enerjisinin hapsedilmeden kaçmasına neden olmaktadır. Bu da patlatmayı olumsuz yönde etkilemektedir (Hopler, 1998). Yüzeyi boyunca herhangi bir yer değiştirmenin olmadığı doğal kırıklara eklem adı verilir. Eklemler arası dolgulu, kapalı ya da açık olabilir. Eklem aralıkları tabakalanmada olduğu gibi, sonradan yapılacak patlatmaların parça boyutlarının iyi bir tahmincisidir. Eklemler açık olduğunda, kayaç kütlesi içinde patlayıcı enerjisini çoğunlukla hapsedici özelliktedir (Hopler, 1998)

Kaya kütlelerinde; komşu konumlu iki süreksizliğin veya birbirine paralel eklemelerden oluşan süreksizlik takımındaki iki süreksizliğin arasındaki uzaklık ‘süreksizlik aralığı’ olarak adlandırılır. Eklem takımlarının birbirine çok yakın olduğu kaya kütlelerinin kohezyonu, bloklar arası kilitlenmenin yetersiz olması nedeni ile geniş aralıklı olanlara göre daha düşüktür. Süreksizliklerin birbirine çok yakın olması durumunda, kayanın kırılması küçük kaya parçalarının yuvarlanması veya dönmesi ile olabileceğinden, süreksizlik yönelimi çok önemli değildir (Akyol, 2002). Süreksizlik aralığı, mostra yüzeyi üzerinde belirli bir yönde serilen şerit metre boyunca şerit metreyi kesen süreksizlikler saptanarak (hat etüdü) yapılabilir.

$$x = L/N \quad (2.1)$$

x : süreksizlik aralığı

L : ölçüm hattı uzunluğu

N : ölçüm hattını kesen süreksizlik sayısı

Süreksizlik aralığı; bunun yanı sıra sondaj karotlarından da tayin edilebilir. Yerinde ölçme teknikleri kullanılarak süreksizliklerin yönelimleri tespit edilmektedir. Tez kapsamında da kullanılan bu ölçme tekniği ile ilgili detaylar Bölüm 3.2’de verilecektir. Yönelimleri hemen hemen birbirleriyle aynı olan süreksizlikler süreksizlik setlerini oluşturur. Genellikle kaya kütleleri birden çok süreksizlik seti tarafından bölünmüştür. Bunu göz önüne alarak, arazide ölçülmüş çok sayıdaki süreksizlik yöneliminin istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi, süreksizlik seti sayısının ve bunların ortalama yönelimlerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Süreksizlik yönelimi verileri, grafiksel olarak “gül diyagramları ve histogramlar” ve “stereografik izdüşüm” teknikleriyle değerlendirilir.

2.2.2 Süreksizlikler ile Patlatma Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Yaklaşımlar

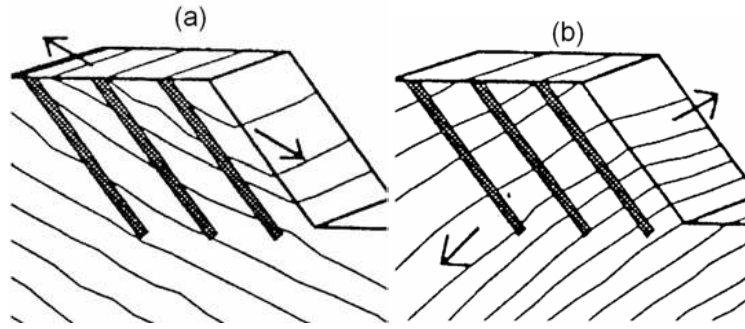
Kayaç yapılarının teknik açıdan iyi bir şekilde değerlendirilmesi, o bölgedeki patlatma performansının göreceli olarak artmasına yardımcı olacaktır. Bu nedenle,

mühendislik çalışmalarında süreksizliklere ilişkin ayrıntıların kaydedilmesi gereklidir.

Bir patlatma tasarımında birçok faktör kayaçların parçalanmasını etkiler. Bu faktörlerin tümünün tanımlaması, bir patlatma tasarımının sonuçlarını tahmin etmede önemli olmaktadır. Patlatma işleminde kayaç parçalanmasını etkileyen faktörler üç temel sınıfa ayrılabilir: delme, patlayıcı madde ve jeoloji. Bu faktörler sabit veya değişken olarak tanımlanabilir. Değişken faktörler, patlatma deliği ve kullanılan patlayıcıların türü gibi operatör tarafından kontrol edilebilen faktörlerdir. Delme parametrelerinde (derinlik, delik düzeni, delik çapı, delik eğimi, v.b.), patlayıcı türü, patlayıcı yük oranları ve gecikme aralıkları gibi parametrelerde değişiklik yapmak oldukça kolaydır. Patlatma bölgesinin jeolojisi genellikle, değiştirilemeyen sabit bir faktör olarak tanımlanmaktadır. Ancak patlatma, kayacın daha kolay parçalanabilmesi için en uygun yönde yapılabilirse değiştirilebilir bir faktör olması mümkündür. Patlatma yeri ve yönelimi konusunda herhangi bir değişiklik yapmak hemen hemen imkânsız veya zor olduğundan dolayı, patlatma üzerine en büyük etkiye sahip faktörün jeoloji olduğu ortadadır. İki süreksizliğin arasının kapalı, boşluklu ya da dolgulu olmasına bağlı olarak bu süreksizlikler patlatma ile oluşan basınç dalgalarını farklı iletmektedirler (Obert ve Duvall, 1950). Sistematik eklemler kayacın patlatılmasını daha zor bir duruma sokabilir, zayıf zon ve damarlar veya boşluklu süreksizlik yapısı patlayıcının infilak koşullarını değiştirip, açığa çıkan enerjiyi azaltır ve bu enerjinin istenmeyen yönlerde yayılımına sebep olur. Süreksizliklerin arasının kapalı olması dalgaların iletimini etkilemezken, kayaç yapısında boşluklu ya da dolgulu süreksizlik mevcutsa basınç dalgasını farklı yönlere yansıtmakta ve kuvvetini azaltmaktadır. (Zagreba, 2003) Böyle durumlarda kaya kütlesi daha az kırılır ve patarlanacak kadar büyük boyutlu malzemeler açığa çıkar.

Patlatma işleminde, yığın dağılımının daha iyi sonuçlanabilmesi için tabaka eğim yönü ile patlatma aynasının eğim yönü aynı olmalıdır. Bu şekildeki tabakalarda patlatma işleminde son sıra deliklerin diplerinde aşırı parçalanmalar meydana gelebilmektedir (Şekil 2.2 a). Patlayıcı enerjisi önceden kayacın yapısında bulunan çatlaklar boyunca hareket ederek kayacı gevşetme ve yer değiştirme işini

yapmaktadır. Patlayıcı enerjisi, tırnak problemlerini ortadan kaldıran aşağıya doğru eğimli (eğim yönü patlatma aynası ile paralel) tabakaları izleyeceğinden bırakılacak tırnak payı daha küçük seçilmelidir. Deliklerin dip kısımlarındaki aşırı parçalanmayı azaltmak için son sıradaki deliklerin eğimi azaltılabilir fakat bu seferde kayaç fırlama ve yığın yayılma eğilim gösterecektir. Eğime karşı patlatma, zor bir patlatma şeklidir. Şekil 2.2 b'deki gibi bir durumda patlatma sonucunda duraysız bir şev yüzeyinin oluşmasına neden olabilir. Aynı zamanda patlatma yığını çok az yer değiştirme eğilimi gösterecektir. Eğer kayaç birimi masif ise şevin üst kısımlarından tabana kadar sarkmalar ve testere dişleri şeklinde çıkıntılar meydana gelecektir. Tırnak problemlerini ortadan kaldırmak için patlatma uzmanı, yüksek enerjili patlayıcıları tırnak bölgesinde kullanabilir ya da tırnak payını biraz daha uzun tutabilir veya eğimli patlatma delikleri kullanarak bir patlatma tasarımı yapması gerekebilir (Hopler, 1998)



Şekil 2.2 a) Dalımın aşağıya doğru, b) Dalımın yukarıya doğru olduğu patlatma

Yine Hopler (1998) Eklemlı yapıların başlıca iki nedenden dolayı kötü parçalanmaya sebep olduklarına da değinmiştir. Patlatma sonucu oluşan basınç dalgalarının yarıda kesilmelerine sebep olurlar. Bu, çatlaklı formasyonların, düzgün olmayan kayaç parçalanması ve büyük boyutlu malzemenin ortaya çıkmasına neden olarak çelişkili bir duruma sebep olmaktadır. Eklemlı yapılar patlayıcı enerjisinin kaya kütlesi içindeki yayılımını sınırlandırmaktadır. Eklemlı yapılar patlayıcı enerjisinin hapsolmemasına neden olabilirler. Patlayıcı enerjisi kaya kütlesi içinde tutulamaz ise patlatma sonrası iri parçalar oluşacaktır. Aralıklı kayaç tabakaları veya kayaçlar arasındaki toprak dolgulu zayıflık düzlemleri gibi zonlarda hava şoku yada

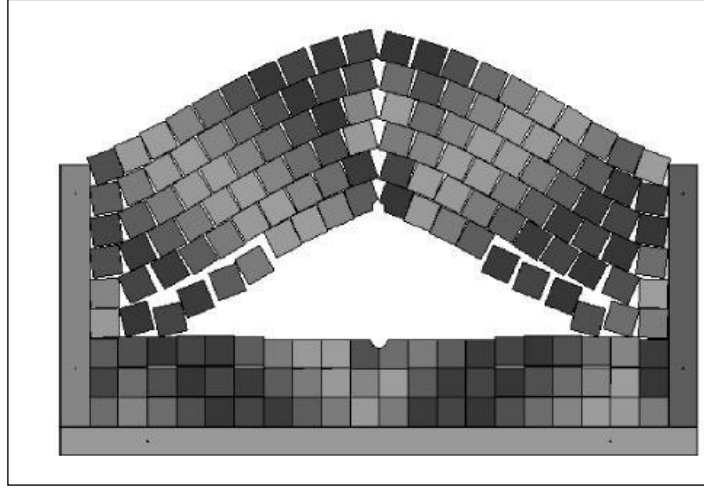
gaz kaçışı meydana gelebilir. Gaz kaçıışına sebep olan bu açıklıkların olduğu kısımlarda sıkılama malzemesi kullanılarak patlatmadan daha sağlıklı sonuçlar elde etmek mümkün olabilecektir.

Bazı araştırmacılar süreksizliklerin patlatma verimi üzerine etkilerini tespit ve azaltma yönünde laboratuvar ölçekte çalışmalar yapmışlardır. (Singh ve Sarma, 1983, Singh ve Sastry, 1987) yapmış oldukları çalışmalar boyutundadır. Bu konuyu analitik ve nümerik yöntemler kullanarak inceleyen araştırmacılar da mevcuttur. Fakat arazide gerçekleştirilecek araştırmalar maliyet açısından yüksek olduğu için bu şekildeki araştırmaların sayısı azdır (Lande, 1983; Bilgin ve arkadaşları, 1993).

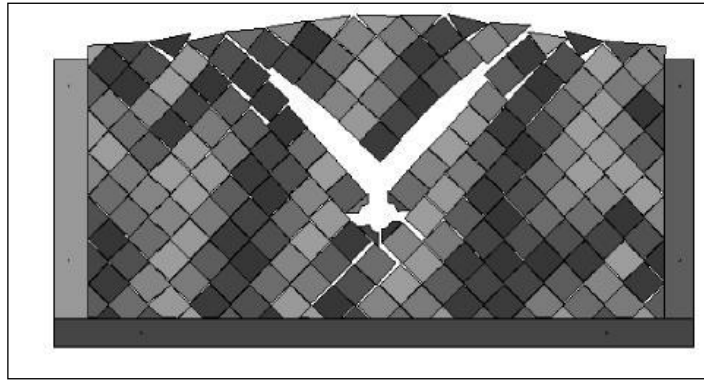
Yapılan birtakım çalışmalar göstermiştir ki, içerdikleri süreksizliklere bağlı olarak oluşan doğal kaya bloklarının boyutları patlatma sonrası boyut dağılımında önemli bir rol oynamıştır (Ash, 1973; Goodman ve Shi, 1985; La Pointe ve Ganow, 1986; Efremov ve diğerleri, 1980).

Özkahraman ve Bilgin (1996), dilim kalınlığı sabit kalmak koşuluyla paralel süreksizlik yönünün en geniş kırılma açısını oluşturduğunu, RMR değerleri birbirine yakın olan kaya kütlelerinde en düşük maliyetle en yüksek verim elde edilmesi için şev aynasının yönü hâkim süreksizlik yönü doğrultusunda seçilmesi gerektiğini yaptığı çalışmalarla ortaya koymuştur.

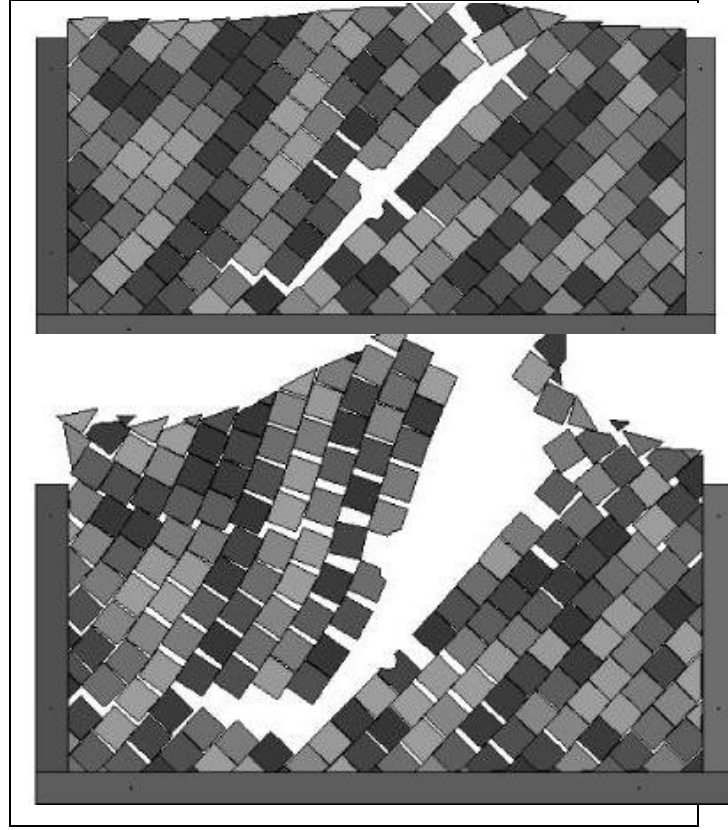
Mortazavi ve Katsabanis (2000), süreksizliklerin konumu, dolgu durumu, devamlılığı ve eğimini basamak patlatmasında dilim kalınlığının kırılması açısından ele almış, farklı açılarda birbirine dik iki çatlak setiyle patlatma arasındaki ilişkiyi irdelemişler ve buna yönelik bir simülasyon yapmışlardır. Bu simülasyonu çatlaklı kayalarda karşılaşılan tipik patlatma problemlerinin çözülmesi amacıyla kullanmışlardır. Ampirik yaklaşımların birçok jeolojik şartlar ve patlatma koşullarında genelleştirilemeyeceğinin üstünde durarak, yarar sağlayacak bir model geliştirip patlatma sonrası parçalanmayı tahmin etmeye çalışmışlardır. Şekil 2.3, Şekil 2.4 ve Şekil 2.5’de yapmış oldukları simülasyonlar süreksizlik yönelimi ile parçalanma şekline örnek teşkil etmesi amacıyla verilmiştir.



Şekil 2.3 Çatlak Konfigürasyonu Tip 1; Patlatma yüzeyine paralel çatlak seti, yüksek basınçlı gazla karşılık kaya kütle hareketi (Mortazavi ve Katsabanis, 2000).



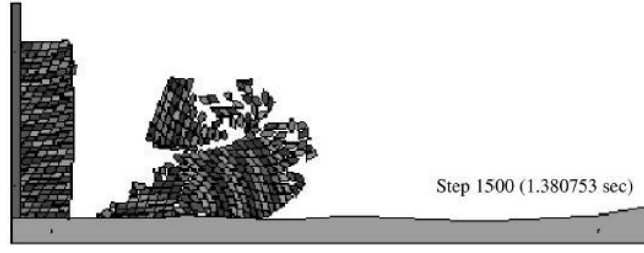
Şekil 2.4 Çatlak Konfigürasyonu Tip 2; patlatma aynasına 45 er derecelik yerleşmiş birbirine dik iki çatlak seti, patlatma enerjisinden verimli faydalanma (Mortazavi ve Katsabanis, 2000).



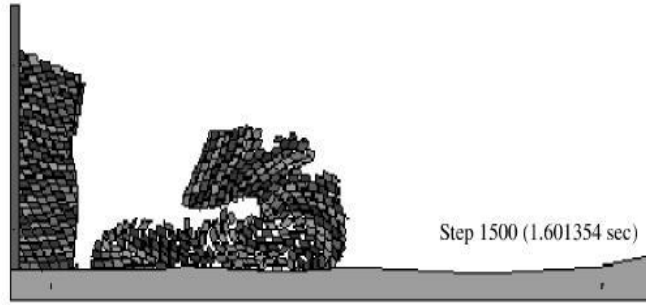
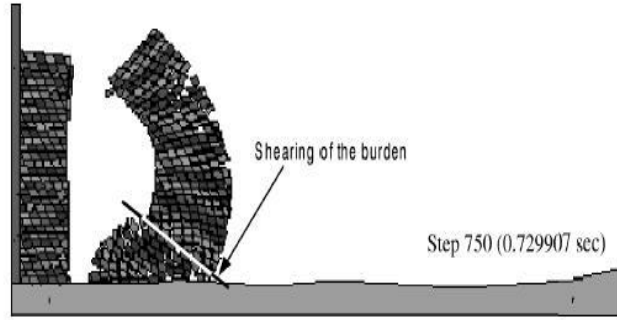
Şekil 2.5 Çatlak Konfigürasyonu Tip 3; Bu tipte ilginç bir dilim kalınlığı kırılması gözlemlenmekte, çatlak sisteminde kısmen enerji saptması olduğu için ikinci çatlak setinde devamlılık gözlenememekte (Mortazavi ve Katsabanis, 2000).

Bu üç çatlak konfigürasyon modellerine bakıldığında, Tip 1'in optimal sonuçları sağlayan en iyi çatlak modeli olduğu sonucuna varmışlardır. Bu şekilde yapılacak bir patlatmada atımın maksimum genleşmeye izin verdiği, daha iyi bir atım gerçekleştiği, en önemlisi de düzgün pürüzsüz bir patlatma yüzeyi oluşturduğu, aynada patlatma kaynaklı çatlaklar oluşturmadığı sonucuna varmışlardır. Yine aynı çalışmada yapmış oldukları bir diğer modelleme örnekleri de aşağıda mevcuttur (Şekil 2.6).





a) Tabaka eğiminin aynanın tersine doğru olması, (DDA patlatma simülasyon sonuçları)



b) Tabaka eğiminin aynaya doğru olması, (DDA patlatma simülasyon sonuçları)

Şekil 2.6 Jeolojik tabakalarının eğimlerinin basamak patlatması üzerine etkisi (Mortazavi ve Katsabanis, 2000).

Tabaka eğim yönü ile basamak aynası aynı yöne doğru olduğunda; Geri çatlakların daha fazla meydana geleceği, tırnak problemlerinin daha az olabilirliğinin mevcut olduğu, atımın daha ileriye olacağı ve yığın şeklinin daha düzgün olacağına, tabaka eğim yönü ile basamak aynası zıt yöne doğru olduğunda; atımın öne doğru daha az olacağı, patlatma enerjisinin kısmen sönmüneceği bunun sonucunda daha yüksek bir yığın şekli elde edileceği, tırnak problemlerinin artacağı, ayna yüzeyinden içeri doğru olan tabaka eğimlerinin yüksek detanasyona sahip patlayıcı kullanımı ile birlikte daha az geri çatlğa sebep olacağına kanaat getirmişlerdir.

Özkahraman (1994), özgül şarj üzerinde, süreksizlik yönelimlerinin etkili olduğunu ve özgül şarj değerlerinin; süreksizlik yönelimlerinin, aynaya paralel olduğu durumlarda minimum olduğunu ifade etmektedir.

Gupta ve Adhikari (1989), patlatma sonrası tane boyut dağılımı için saha çalışmaları anlamında patlatma öncesi ve sonrası arazinin jeolojik durumunu kıyaslayan çalışmaların eksik olduğunu düşünerek, kireçtaşı ve dolomit kayalarda 2 farklı ocakta saha çalışmaları yapmışlardır. Patlatma öncesi mevcut kırıkların etkisi ile temel parçalanma mekanizması arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır.

Hafsaoui ve Talhi (2009), patlatma sonrası parça boyutuna süreksizlik yönleri ve patlayıcı maddelerin delik içindeki yerinin etkisini incelemek amacıyla, laboratuvar boyutunda kireçtaşı özelliklerine uygun 18 farklı model oluşturmuşlardır. Bu modellere 6 farklı konumda süreksizlik yerleştirip, ateşleyiciyi de delik içinde 3 farklı konuma yerleştirmişlerdir. Her blokta tek delik olup dilim kalınlığını hepsinde sabit almışlardır. Patlatma işlemleri sonrası elde edilen 3 farklı grafikte aynı zamanda Kuz-Ram tahmin modeliyle de karşılaştırma yapmışlardır. Yapmış oldukları bu çalışmada ateşleyiciyi patlatma deliğinin ortasına yerleştirdiklerinde tüm süreksizlik yönlerinde en iyi parçalanmayı elde etmişler, d₅₀ değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Patlatma işleminden önce parçalanma verimini arttırabilmek açısından kayacın çekme mukavemetine yönelik testlerin de yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Da Gama (1983), arazi şartlarında yapmış olduğu basamak patlatmalarında homojen kayalara nazaran süreksizlik içeren kayalarda Bond 3. Ufalama kanununa göre daha az enerji ile patlatma yapılabileceğini öngörmüştür.

Fourney ve diğerleri (1983), laboratuvar boyutunda yapmış olduğu çalışmasında parçalanma mekanizması ile çatlak takımları arasında ilinti kurmuştur. Homojen kayaya nazaran süreksizlik içeren kayalarda elde edilen ortalama tane boyutunun daha küçük olduğunu, yaklaşık 1,5 kat aza indirgendiğini öne sürmüştür.

Harries (1983), arazi çalışmalarında gerçekleştirmiş olduğu tam ölçekli basamak patlatmalarında; çatlak setleri ve/veya tabakalanma arasındaki ortalama mesafenin artmasının patlatma sonucu oluşacak kırılma derecesini de arttıracak ileri sürmüştür. Çatlak sayısında artış gözleniyorsa, dilim kalınlığı, deliklerarası mesafe ve sıkılama boyunu arttırmak, buna bağlı olarak da kullanılacak patlayıcı maddenin enerjisini azaltmak gerekebileceği fikrini öne sürmüştür.

Ash (1973), en iyi parçalanmanın; patlatma deliklerinin kaya kütleğinde gözlenen en belirgin süreksizlik yönelimine dik yönde delinmesiyle elde edileceğini, eklem setlerine paralel olarak delinen delikler ile büyük boyutlu parçalanma meydana geleceğini ifade etmiştir.

Yapılan bu çalışmalarda; açık ocak işletmeciliğinde ekonomikliğe de bağlı olarak en iyi verime ulaşabilmek için süreksizliklerinde patlatma tasarımı yapılırken göz önüne alınması gerektiği sonuçlarına varılmıştır.

2.3 Basamak Patlatmasında Özgöl Şarjın Belirlenmesi

Teknik, ekonomik ve en az çevresel etki açısından emniyetli bir patlatma tasarımında başlıca üç parametre grubu etkili olmaktadır.

- i. Kayaç malzemesi ve kaya kütle özellikleri
- ii. Kullanılan patlayıcı maddenin cinsi ve özellikleri
- iii. Patlatma delik düzeni ve şarj dağılımı

Bunlardan kayaç malzemesi ve kaya kütle özellikleri değiştirilemezken diğer parametreler şartlara ve amaca bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Bu bilgiler ışığında bir kaya ortamında yapılacak basamak patlatmasında yanıt aranacak iki temel parametre **ölgöl şarj** ve **dilim kalınlığıdır**. Ölgöl şarj ve dilim kalınlığının belirlenmesi durumunda diğer parametreler bu ikisine bağlı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım tamamlanabilmektedir. Hesapla belirlenen dilim kalınlığı ve ölgöl şarjın deneme atımları sonucunda doğruluğunun kontrol edilmesi ve optimum tasarımın belirlenmesi gerekmektedir.

Bir kaya kütlesinde parçalanma derecesini belirleyen en önemli parametre olarak bilinen özgül şarj genel olarak bir metreküp kayacın patlatılmasında kullanılan patlayıcı madde miktarı olarak tarif edilir, birimi kg/m^3 'tür. Belirlenmesi, başta kaya kütlesinin fiziksel özellikleri olmak üzere, birçok değişkene bağlı olduğu için oldukça karmaşıktır. Bu nedenle belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda kaya kütlesinin fiziksel özellikleri baz alınmış ayrıca uygulamaya yönelik delik çapı, delikler arası mesafe ve basamak yüksekliği gibi değerler kullanılarak, ampirik yaklaşımlar önerilmiştir. Örneğin; Laros ve Sharon (Heinze 1974) patlayıcı madde özelliklerini, patlatma geometrisini, kaya yapısal faktörünü, kayanın basınç dayanımını dikkate alan özgül şarj değerini hesaplayan bağıntı (2.2)'yi önermişlerdir.

$$q = \frac{0.8.B.N.F_k.S_k.V_g.G_s.e.A.f}{K.a}, \text{ kg/m}^3 \quad (2.2)$$

Burada

q : Özgül şarj, kg/m^3	B : Dilim kalınlığı , m
N: Dilim kalınlığı düzeltme faktörü	F _k : Kaya dayanım faktörü
S _k : Kayanın yapısal faktörü	V _g : Kayanın gerilim faktörü
G _s : Sıkılama faktörü	f :Delikeğimfaktörü
e :Patlayıcı madde güç faktörü	
A: Delik geometrisi tasarım faktörü	
K: Basamak yüksekliği, m	
a : Patlayıcı maddenin delik içerisinde sıkışma faktörü	

Patlatma geometrisi ve kaya patlatma katsayısı ile ifade edilen ve özgül şarj belirlenmesinde kullanışlı olan bir diğer bağıntı Langefors ve Kihlstrom (1978) tarafından önerilmiştir.

$$q = \frac{(1.4.C_0.B^3)+0.4.C_0.B^2.(K-2B)}{n.K.B^2}, \text{ kg/m}^3 \quad (2.3)$$

Burada

q : Özgöl şarj, kg/m³

B: Dilim kalınlığı, m

K: Basamak yüksekliği, m

C_o: Kaya patlatma katsayısı

n: Delikler arası mesafe, dilim kalınlığı oranı

Bağıntı 2.3’de kullanılan C_o kaya patlatma katsayısını, Kou ve Rustan (Özkahraman, 1994) yaptıkları çalışmada, kayanın tek eksenli basınç dayanımı, dinamik elastisite modülü ve referans patlayıcı maddenin ısı enerjisinin bir değişkeni olarak aşağıdaki şekilde ifade etmişlerdir (Bağıntı 2.4).

$$C_o = \frac{\sigma_b^2}{2E_d Q_{er}} \quad (2.4)$$

σ_b : Kayanın tek eksenli basınç dayanımı, MPa

E_d : Dinamik elastisite modülü, MPa

Q_{er} : Referans patlayıcı madde ısı enerjisi, Kj/kg

Kaya kütle özelliklerinin özgöl şarjın belirlenmesine önemli olduğunu vurgulayan araştırmalarda ise ampirik bir yaklaşım olarak çatlak sıklığı ve etkin içsel sürtünme açısını dikkate alarak Ahsby (Hoek&Bray, 1981) tarafından aşağıdaki bağıntı (2.5) önerilmiştir.

$$q = 1,4. \tan \phi / \sqrt[3]{\frac{\text{Çatlak Sayısı}}{\text{Metre}}}, \text{ kg/m}^3 \quad (2.5)$$

Bunlara paralel olarak sadece kayac malzemesinin fiziksel özellikleri ile özgöl şarjın bulunmasına yönelik yapılan çalışmalarda yüksek korelasyonlar elde edilmiş

ve ampirik olarak önerilmiştir (Bağıntı 2.6,7,8,9,10).

$$q = 0,1268. e^{(\sigma_b \cdot 0,00808)} \quad (r=0.95), (Toper, 1988) \quad (2.6)$$

$$q = 0,116. e^{(\sigma_c \cdot 0,1014)} \quad (r=0.93), (Toper, 1988) \quad (2.7)$$

$$q = 0,2349. \tan \phi^{0,557} \quad (r=0.68), (Toper, 1988) \quad (2.8)$$

$$q = 0,1156 + c \cdot 0,072 \quad (r=0.65), (Toper, 1988) \quad (2.9)$$

$$q = 0,019 + 2,038 \times 10^{-4} \cdot d \quad (r=0.99), (Bilgin ve Paşamehmetoğlu, 1986) \quad (2.10)$$

Burada

q: Özgül şarj, kg/m ³	σ_b : Kayanın tek eksenli basınç dayanımı, MPa
σ_c : Kayanın çekme dayanımı, MPa	ϕ : İçsel sürtünme açısı, Derece
c : Kohezyon, MPa	d : Kayacın yoğunluğu, KN/m ³

Bunun yanında kaya kütlelerinin teknolojik özellikleri ile özgül şarj arasında da ilişki araştırılmış ve kayacın teknolojik özelliklerinden birisi olan delinebilirlik indeksi ile özgül şarj arasında Toper (1988) tarafından aşağıdaki bağıntı 2.11 önerilmiştir.

$$q = 0,472. I_p^{-0,4538} \quad (r=0.92), (Toper, 1988) \quad (2.11)$$

Burada

q: Özgül şarj, kg/m ³
I_p : Delinebilirlik İndeksi [(m/h).(inch) ²]/(10 ⁻³ .lb.rpm)

Daha önce belirtildiği gibi patlatma tasarımında dilim kalınlığı diğer tüm tasarım

parametreleri üzerinde etkindir. Bir başka ifade ile, delikler arası mesafe, sıkılama boyu, delik taban payı, gecikme aralığı, dip şarjı boyu, kolon şarjı boyu gibi diğer tasarım büyüklüklerinin, dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilebildiği ve bu şekilde anlamlı tasarımlar yapılabileceği konusu birçok araştırmacılarca vurgulanmıştır (Gustafsson, 1973; Tamrock (Pukkila), 1984; Bilgin ve Paşamehmetoğlu, 1986; Olofsson, 1988; Konya ve Walter, 1990; Singh ve Roy, 1993).

Çeşitli araştırmacıların dilim kalınlığı için önerdikleri bağıntılar, Arıoğlu (1990) tarafından ayrıntılı bir şekilde sınıflandırılmıştır. Bunlardan bir kısmı sadece basamak ve delik geometrisiyle pratik ilişkiler geliştirmişlerdir. Diğer bir kısmı ise, bu büyüklüklerle birlikte, kaya koşullarını ve patlayıcı madde özelliklerini de dikkate alan yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Bu yaklaşımlara aşağıda yer verilmiştir (Bağıntı 2.12,13,14,15,16,17).

$$B = 0,024d + 0,85 \quad (\text{Arıoğlu, 1990}) \quad (2.12)$$

$$B_{max} = 0,045d \quad (\text{Gustafsson, 1973}) \quad (2.13)$$

$$B_{max} = 1,36.(lb)^{0,5} . R_1 . R_2 \quad (\text{Oloffson, 1988}) \quad (2.14)$$

$$B_{max} = (d/33).(P \times s_1) / [C_o.f.(S/B)]^{0,5} \quad (\text{Lanfegors ve Kihlström, 1978}) \quad (2.15)$$

$$B = 3.15.de.(SGe / SGr)^{0,33} \quad (\text{Konya ve Walter, 1990}) \quad (2.16)$$

$$B = 10^{-3} . K.d.(P/\sigma_c)^{0,5} \quad (\text{Arıoğlu, 1988}) \quad (2.17)$$

Burada kullanılan semboller:

Bmax = Maksimum dilim kalınlığı, (m)

d= Delik çapı, (mm)

l_b = Şarj yoğunluğu, (kg/m)	R_1 = Delik eğimi düzeltme faktörü
R_2 = Kaya düzeltme faktörü	d = Patlayıcı maddenin çapı, (inç)
SG_e = Patlayıcı maddenin özgül ağırlığı (kg/dm ³)	SG_r = Kayanın özgül ağırlığı (kg/dm ³)
s_1 = Patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti	C_o = Kaya patlatma katsayısı
f = Atım güçlük katsayısı	S = Delikler arası mesafe, (m)
K = Basamak yüksekliği, (m)	σ_c = Kayanın çekme dayanımı, (MPa)
B = Pratik dilim kalınlığı (m)	
P = Patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu, (kg/dm ³)	

Delik çapı, delik eğimi, delikler arası mesafe, sıkılama boyu gibi patlatma verimini denetleyen diğer patlatma tasarım büyüklükleri ile ilgili birçok kaynağa ulaşmak mümkün olduğu için burada ayrıntısına girilmemiştir.

2.4 Boyut Dağılım Tahmin Modelleri

Boyut dağılımının tahmini için en popüler model Cunnigham'ın (1983,1987) geliştirdiği Kuz-Ram modelidir. Kuz-Ram modeli, Kuznetsov (1973) tarafından ortalama boyut (x_{50}) tahmini için önerilen ampirik eşitlik ile Rosin ve Rammler (1933) tarafından önerilen boyut dağılım fonksiyonunun Cunnigham'ın (1983)' de birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Sonrasında boyut dağılımının tahmini ile ilgili yapılan çalışmalarda ya Kuz-Ram modelin yetersiz olduğu öne sürülerek alternatif model geliştirilmeye çalışılmış yada bu modelin yetersizliğini giderecek yeni katsayılar geliştirilmiştir. Bu anlamda Kuz-Ram modeli basamak patlatmaları sonucu oluşan yığının boyut dağılımının tahmin edilebilirliğinin mümkün olabileceğinin veya olamayacağının tartışıldığı çıkış noktası olmuştur. Bir taraftan patlatmalarda kontrol edilemeyen kaya kütlesi özellikleri nedeniyle boyut dağılımının herhangi bir şekilde kestirmenin mümkün olmayacağını ve yaptıkları patlatmalar sonucu oluşan boyut dağılımının Kuz-Ram tahmin modelinden çok farklı olduğunu öne süren araştırmalar rapor edilirken diğer taraftan boyut dağılımın tahmini için en az hata ile genel bir yaklaşımın olması gerektiğini savunan ve yaptıkları çalışmalar ile bunu doğrulamaya çalışan araştırmalar yapılmıştır.

2.4.1 Kuz-Ram Modeli

Kuznetsov (1973) birim hacim başına patlayıcı miktarı (ölgül ŗarj) ile ortalama boyut arasında kaya kütlesinin de bir fonksiyonu olarak bağıntı 2.18'de verilen formülü önermiştir.

$$X_{50} = A \left(\frac{V_o}{Q_e} \right)^{0.8} Q_e^{1/6} \quad (2.18)$$

Burada X_{50} ortalama boyut (cm), A kayaç faktörü, V_o delik başına patlatılacak hacim (dilim kalınlığı x delikler arası mesafe x basamak yüksekliğı, m^3), Q_e delik başına kullanılan nitrogliserin esaslı patlayıcı miktarı (kg). Bağıntı 2.18'de görüldüğü gibi ortalama boyut dağılımı nitrogliserin esaslı detonasyon hızı fazla patlayıcı maddeler için önerilmiştir. Bu patlatıcıların gücü yaygın olarak kullanılan Anfoya oranla fazladır. Bu nedenle bağıntı 2.18'in Anfo kullanıldığı duruma göre düzeltme katsayısı bağıntı 2.19'da ki gibi verilmiştir. Anfo kullanıldığı durumda $S_{Anfo} = 100$ olarak alınır. (Kuznetsov, 1973)

$$X_{50} = A \left(\frac{V_o}{Q_e} \right)^{0.8} Q_e^{\frac{1}{6}} \left(\frac{S_{Anfo}}{115} \right)^{\frac{19}{30}} \quad (2.19)$$

Basamak patlatmasında kullanılan önemli parametrelerden birisi birim hacim başına kullanılan patlayıcı miktarı olarak tarif edilen ölgül ŗarj (q) miktarıdır. Ölgül ŗarj miktarı bağıntı 2.20'de verilmiştir.

$$\frac{1}{q} = \frac{V_o}{Q} \quad (2.20)$$

Q= Kullanılan toplam patlayıcı miktarı (kg).

Bu durumda amaçlanan ortalama boyut dağılımı belirlendiğinde gerekli ölgül ŗarj

miktarı bağıntı 2.3 ile bağıntı 2.20 kullanılarak bağıntı 2.21’de verildiği şekilde hesaplanabilir.

$$q = \left[\frac{A}{X_{50}} Q_e^{1/6} \left(\frac{115}{S_{Anfo}} \right)^{19/30} \right]^{1.25} (\text{kg/m}^3) \quad (2.21)$$

Kullanılan patlayıcı miktarı ve özgül şarj miktarı boyut dağılımının tahmini için verilen eşitliklerde büyüklük olarak kullanılabilirken kaya kütlelerinin etkisi bir faktör olarak 7 ile 13 arasında önerilmiştir. Kaya faktörünün de kaya kütlelerinin karakteristik özelliklerini yansıtamadığı eksikliği Cunnigham’ın (1983) tarafından giderilmeye çalışılmıştır. Kaya kütlesi patlatılabilirliği ile ilgili Lilly (1986) tarafından önerilen kaya kütlesi patlatma indeksi, ortalama boyut tahmini eşitliğinde kullanılan kaya faktörünün belirlenmesinde baz alınmıştır. Buna göre Kaya Faktörünün hesaplanmasında kullanılan formül bağıntı 2.22’de kullanılan değişkenler Tablo 2.1’de verilmiştir.

$$A = 0,06(RMD + RDI + HF) \quad (2.22)$$

Tablo 2.1 Kaya faktörü (A) belirlenmesinde kullanılan değişkenlerin tanımı ve hesaplanması

RMD Kaya kütle sayısı	
Eğer kaya kütlesi kırılğan gevrek yapıdaysa	RMD =10
Eğer düşey yönde süreksizlikler varsa	RMD =JF
Eğer masif yapıdaysa	RMD =50
JF Kaya Kütlesi Süreksizlik Katsayısı	
JF =JPS+JA	
JPS Düşey Süreksizlik aralığı	
Eğer ortalama süreksizlik aralığı < 0,1m	JPS =10
Eğer ortalama süreksizlik aralığı 0,1m < X < İri Blok boyutlu (~ 0.5m)	JPS =20
Eğer ortalama süreksizlik aralığı iri blok < X < Dilim Kalınlığı (m)	JPS =50
JPA Süreksizlik düzlemi açısı	
Eğer düzlem açısı yüzeyin dışına doğru ise	JPA =20
Eğer düzlem açısı yüzeye dik ise	JPA =30
Eğer düzlem açısı yüzeyin içinde kalıyorsa	JPA =40
RDI Kayaç yoğunluğu Faktörü	
Kayaç Yoğunluğu RD (t/m ³)	RDI = 25 RD-50
HF Sertlik faktörü	
Eğer Young Modülü Y<50	HF = Y/3
Eğer Young Modülü Y>50	HF = $\sigma_b/5$

Uygulamada özellikle kaya kütle sayısının (RMD) tespit edilmesindeki güçlüklerden dolayı A değeri orta sert kaya kütleleri için = 7, sert çok fisürlü kaya kütleleri için = 10, sert az fisürlü kaya kütleleri için = 13 olarak pratikleştirilmiştir.

Rosin ve Rammler (1933) boyut dağılımı fonksiyonunu bağıntı 2.23'deki gibi tanımlamışlardır.

$$R_m = 1 - e^{-\left(\frac{x}{x_c}\right)^n} \quad (2.23)$$

Burada R_m belirlenen boyutta geçen malzeme oranı (%'de), X belirlenen boyut

(elek açıklığı, mm), n üniformluk indeksi, X_C karakteristik boyut (mm) olarak tarif edilen ölçek faktörüdür. Bu eşitliğe göre bir dağılım eğrisinin çizilebilmesi için üniformluk indeksi (n) ve karakteristik boyutun (X_C) bilinmesi yeterli olacaktır. Karakteristik boyutun (X_C) belirlenmesi için bağıntı 2.23 tekrar düzenlendiğinde bağıntı 2.24'deki gibi ifade edilebilir.

$$X_C = \frac{X}{\sqrt[n]{-\ln(1-R_m)}} \quad (2.24)$$

Cunningham (1983) X_{50} değerini Kuznetsov tarafından önerilen ortalama boyut değeri ($X=X_{50}$) ve $R_m=0.5$ (%'de50) kabul ederek dağılımı belirlemiştir. Buna göre bağıntı 2.24 karakteristik boyut formülü bağıntı 2.25'deki gibi yazılabilir.

$$X_C = \frac{X_{50}}{\sqrt[n]{0.693}} \quad (2.25)$$

Bağıntı 2.23'de verilen Rosin ve Rammler dağılım fonksiyonunun belirlenmesi için üniformluk indeksinin bilinmesi gerekmektedir. Cunningham (1983,1987) boyut dağılımının tahmininde patlayıcı ve kaya kütlesi ile ilgili faktörleri Kuznetsov eşitliği ile sağlamış, delik paterni ve patlatma geometrisi ile ilgili değişkenlerin belirlenmesi için de üniformluk indeksini (n) bağıntı 2.26'da verildiği şekilde önermiştir.

$$n = \left(2.2 - 14 \frac{B}{D}\right) \left[\frac{1+\frac{S}{B}}{2}\right]^{-0.5} \left(1 - \frac{W}{B}\right) \left[\frac{|BCL-CCL|}{L} + 0.1\right]^{0.1} \left(\frac{L}{H}\right) \quad (2.26)$$

Burda B dilim kalınlığı (m), S delikler arası mesafe (m), D delik çapı (mm), W delme doğruluğundaki standart sapma (m) $W=0,1+(0,03*H)$, H basamak yüksekliği (m), L delik boyu (m), BCL taban şarj boyu (m), CCL=kolon şarj boyu (m) dir.

Üniformluk indeksi (n) Rosin ve Rammler dağılım eğrisinin eğimini belirleyen ana katsayıdır. Üniformluk değerinin yüksek olması boyut dağılımının dik ve üniform dağılımı belirlerken düşük üniformluk katsayısı yığının boyut dağılımının üniform olmadığına göstergesidir. Bağıntı 2.26'da görüldüğü gibi dilim kalınlığı/delik çapı oranı üniformluk katsayısını azaltır, delikler arası mesafe/dilim kalınlığı üniformluk katsayısını artırır. Normalde n değeri 0.75 ile 1.5 arasında değişir.

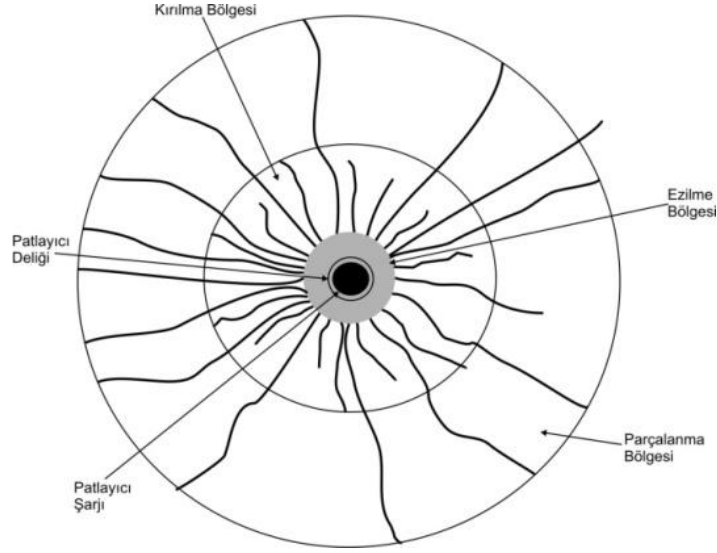
Cunningham (1983, 1987), Kuz-Ram boyut dağılım tahmin modeli uygulamasında bazı ihmal edilen parametrelerin olduğunu belirtmiştir. Bunlardan birincisi ateşleme sırası ve gecikme aralığının modelde değerlendirilmemesi ikincisi ise patlayıcı enerjisinin göreceli olarak modelde yer almasıdır. Ayrıca parçalanma boyut dağılımını etkileyen ana değişkenin özellikle çok süreksizlik içeren yapılarda kaya kütlesi özellikleri olduğunun üzerinde durmuştur (Hustrulid,1999).

Bunun yanında tahmin modelleri homojen süreksizlik içermeyen masif kayalarda gerçeğe yakın değerler vermektedir. Kaya kütlesi özellikleri, tahmin modellerinde katsayı olarak veya belli süreksizlik özellikleri ile ilişkilendirilen sayısal değer olarak kullanılmaktadır. Doucent (1995) kaya kütlesi sınıflama sistemlerinden RMR sınıflama sitemi, Q sınıflama sitemi ve RQD kaya kalite göstergesi ile boyut dağılımı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Buna göre sınıflama sistemlerinde düşük kaya kütlesi özelliklerinin üniform olmayan boyut dağılımına neden olduğu sonucunu rapor etmiş ve boyut dağılımının tahmin modellerinde gerçekçi yaklaşımların yapılabilmesi için kaya kütle sınıflama sistemlerinin kullanılması gerektiğini önermiştir.

2.4.2 JKMRC Model

Kuz-Ram tahmin modelinin pratik uygulamalarda boyut dağılımının belirlenmesinde ince boyut dağılımlarında kabul edilebilir hata sınırlarının dışında kalması nedeniyle Julious Kruttsnitt Mineral Araştırma Merkezi (Julious Kruttsnitt Mineral Research Center -JKMRC) araştırmacıları Kuz-Ram boyut dağılım modeli baz alınarak iki farklı boyut dağılım modeli geliştirilmiştir. JKMRC modelleri boyut dağılımını, Şekil 2.7'de şematik olarak gösterilen patlatma deliği etrafında oluşan

patlayıcı basıncına ve gerilme dağılımına bağlı olarak oluşan bölgelerin belirlediğini öne sürmüşlerdir. Bu varsayımla modellerini **ezilme bölgesinin** ince boyut dağılımını, **kırılma bölgesinin** de iri boyut dağılımını belirlediği ilkesine göre geliştirmişlerdir (Demenegas, 2008).



Şekil 2.7 Patlatma deliği ve çevresi ateşleme sonrası şematik görüntüsü (Esen ve ark., 2003).

2.4.3 Ezilme Bölgesi Modeli (CZM)

Ezilme bölgesi modeli (CZM - Crushed Zone Model) iki farklı Rosin-Rammler fonksiyonu kullanarak boyut dağılım tahmini yapar. Birinci fonksiyon ince boyut dağılım fonksiyonu, ikinci fonksiyon ise iri boyut dağılım fonksiyonudur. Buna göre iri ince sınırı baz olarak 1 mm olarak belirlenmiştir. Ezilme bölgesi boyut dağılım modelinde iri dağılım fonksiyonu Rosin-Rammer fonksiyonu dağılımın belirlenmesi için n ve X_c nin hesaplanması gerekir (Demenegas, 2008). İri boyut dağılımı aşağıda verilen bağıntı 2.27 ile hesaplanır.

$$R_m = 1 - e^{\left(\ln(1-R(X_c)) \left(\frac{X}{X_c} \right)^{n_{iri}} \right)} \quad (2.27)$$

Burada R_m belirlenen boyutta toplamalı malzeme oranı (%'de), $R(X_c)$ karakteristik boyutta geçen malzeme oranı, X belirlenen elek açıklığı, X_c karakteristik boyut, n_{iri} iri boyut için üniformluk katsayısı bağıntı 2.28 ile hesaplanır.

$$n_{iri} = \left(2.2 - 14 \left(\frac{B}{D} \right) \right) \sqrt{\left(\frac{1 + \frac{S}{B}}{2} \right) \left(\frac{L}{H} \right)} \quad (2.28)$$

İnce boyut dağılımı ezilme bölgesinin çapının belirlenerek, delik boyu ile ezilme bölgesindeki malzeme hacminin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Patlayıcı enerjisi sıkıştırma basıncının kaya kütesinin basınç dayanımını aştığı bölge olan ezilme bölgesi yarıçapı bağıntı 2.29 ile hesaplanabilir (Demenegas, 2008).

$$r_c = r \sqrt{\frac{P_d}{\sigma_c}} \quad (2.29)$$

Burada r_c ezilme bölgesi yarıçapı, r delik yarıçapı, P_d detonasyon basıncı, σ_c kayacın tek eksenli basınç dayanımıdır. Detanasyon basıncı bağıntı 2.30 ile hesaplanabilir.

$$P_d = \rho_c \frac{C_d^2}{4} \quad (2.30)$$

Burada P_d detonasyon basıncı, C_d detanasyon hızı, ρ_c patlayıcı yoğunluğudur.

Ezilme bölgesi ince boyut dağılımı fonksiyonu bağıntı 2.31'de verilmiştir.

$$R_m = 1 - e^{\left(\ln(1-R(X_C))\left(\frac{X}{X_C}\right)^{n_{ince}}\right)} \quad (2.31)$$

Bu dağılımın belirlenebilmesi için n_{ince} üniformluk katsayısının bilinmesi gerekir. n_{ince} üniformluk katsayısı bağıntı 2.32 ile hesaplanır.

$$n_{ince} = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1-F_C)}{\ln(1-R(X_C))}\right)}{\ln\left(\frac{1}{X_C}\right)} \quad (2.32)$$

bağıntı 2.32’de F_C ezilmiş malzeme oranı toplam yığın miktarının ezilme bölgesi malzeme miktarına oranı olarak ifade edilir ve bağıntı 2.33 ile hesaplanır.

$$F_C = \frac{V_C}{V_b} \quad (2.33)$$

Burada F_C ezilmiş bölge malzeme oranı, V_C ezilmiş bölge malzeme hacmi, V_b toplam malzeme hacmidir.

2.4.4 İki Elemanlı Model (TCM)

İki elemanlı model (TCM- Two Component Model), iri ve ince boyut dağılımın aynı fonksiyonda aynı üniformluk katsayısı ile belirlenir. Bu özelliği ile kritik iri-ince sınırı belirlenerek birbirinden farklı üniformluk katsayıları kullanılan ezilme bölgesi modelinden (CZM) ayrılır. İki elemanlı model boyut dağılım fonksiyonu Eşitlik 2.34’de verilmiştir.

$$R_m = 100 \left(1 - (1 - F_C) \cdot e^{-\ln 2 \left(\frac{X}{a}\right)^b} - F_C \cdot e^{-\ln 2 \left(\frac{X}{c}\right)^d} \right) \quad (2.34)$$

Burada R_m belirlenen boyutta toplamalı malzeme oranı (%'de), F_c ezilmiş bölge malzeme oranı, a ezilme bölgesi dışında kalan ortalama boyut, b ezilme bölgesi dışında kalan üniformluk katsayısı, c ezilme bölgesi ortalama boyut, d ezilme bölgesi üniformluk katsayısıdır. Bağntı 2.18'de görüldüğü iki elemanlı dağılım fonksiyonunun esas ezilme bölgesi dışındaki dağılım fonksiyonunun ezilme bölgesi dağılım fonksiyonundan çıkarılmasıdır. Bu nedenle iki elemanlı dağılım modelinde a ve b katsayıları Kuz-Ram dağılım modelindeki X_{50} ile n üniformluk katsayısı ile aynıdır. Ancak ezilme bölgesi ortalama boyut dağılımı ve üniformluk katsayısının (c ve d) kayacın laboratuvar ortamında teste tabi tutularak ezilme bölgesi malzemesinin elek analizi değerlerinden belirlenmesi önerilmiştir. İki elemanlı modelde ezilme bölgesi malzeme hacminin belirlenmesi için gerekli yarıçap ezilme bölgesi modeli (CZM)'den farklı olarak önerilmiştir. Buna göre iki elemanlı model (TCM) ezilme bölgesi yarıçapı r_c bağıntı 2.35 ile hesaplanabilir.

$$r_c = \left(\frac{r}{\sqrt{\frac{24TS_{yerinde}}{P_b}}} \right) - r \quad (2.35)$$

Burada r_c ezilme bölgesi yarıçapı, r delik yarıçapı, P_d detonasyon basıncı, $TS_{yerinde}$ kaya kütlesi yerinde çekme dayanımıdır ve bağıntı 2.36 ile hesaplanabilir.

$$TS_{yerinde} = \sigma_{dT} \left(\frac{0.05}{ortalama blok boyutu} \right)^{0.18} \quad (2.36)$$

Burada σ_{dT} kayacın çekme dayanımıdır.

2.4.5 KCO Dağılım Modeli

KCO dağılım modeli Ouchterlony (2005) tarafından Kuz-Ram modelinin eksiklerinin giderilmesi için önerilmiştir. Ouchterlony, Kuz-Ram dağılım modelinin boyut dağılımının tahmininde ince ve iri boyut oranlarında hatalı olduğunu göz

önünde bulundurarak Rosin –Rammer dağılım fonksiyonundan farklı bir fonksiyon önermiştir. Swebrec fonksiyonu olarak bilinen bu fonksiyon kullanılarak boyut dağılımı modelini Ouchterlony 2005 yılında yayınlamış ve KCO (Kuznetsow, Cunningham, Ouchterlony) dağılım modeli olarak adlandırmıştır. Boyut dağılım modelinde kullanılan Swebrec dağılım fonksiyonunda 3 parametre kullanılmaktadır. X_{50} malzemenin %'de 50 sinin elekten geçtiği ortalama boyut, X_{max} en büyük parça boyutu ve b dağılım fonksiyonunun kıvrımlılığını belirleyen katsayı. Bu katsayı Rosin –Rammer dağılım fonksiyonuna önerilen n üniformluk katsayısına benzerdir. KCO modelinde kullanılan eşitlikler Eşitlik 2.37 ve 2.38'de verilmiştir.

$$R_m = \frac{1}{\left\{ 1 + \left[\frac{\ln\left(\frac{X_{max}}{X}\right)}{\ln\left(\frac{X_{max}}{X_{50}}\right)} \right]^b \right\}} \quad (2.37)$$

$$b = \left[2. \ln 2. \ln \left(\frac{X_{max}}{X_{50}} \right) \right] . n \quad (2.38)$$

Burada R_m belirlenen boyutta toplamalı malzeme oranı (%'de), b dağılım fonksiyonu kıvrımlık katsayısı, X belirlenen elek açıklığı (mm), X_{50} Ortalama boyut (Kuz-Ram modeli ile aynı), X belirlenen elek açıklığı, n üniformluk katsayısı (Kuz-Ram modeli ile aynı), X_{max} en büyük parça boyutudur (Ouchterlony, 2005).

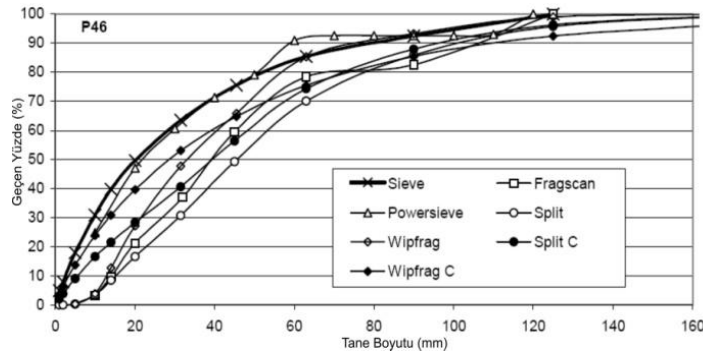
2.5 Boyut Dağılımının Belirlenmesi Metotları

Gerçekçi parça boyut dağılımının belirlenmesi ancak tüm yığının elek analize tabi tutulması ile mümkün olabilir. Üretim ölçeğinde bir patlatma yığınının bu şekilde elek analizine tabi tutulması pratikte uygulanması zor bir yöntemdir. Bu nedenle yığının boyut dağılımının belirlenmesinde görgül yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlar yığının bir bölümünün veya tamamının dağılımının belirlenmesi için farklı metotlar ile tanımlanması esasına dayanır. Bu yöntemlerin başında subjektif bir değerlendirme olan görsel-gözlemsel yöntem gelmektedir. Uzman kişilerce yapılan

bu yöntemde, herhangi bir sayısal veri üretilmemekte, patlatma verimi sözel olarak derecelendirilmektedir. Bir başka yöntem ise yükleyici makinelerin yükleyemediği büyüklükteki patarların sayılarak büyüklüklerinin ölçülmesi yöntemidir. Patlatma verimi açısından bir yaklaşım verebilen patar atımları patlayıcı tüketimleri, uygulamada boyut dağılımının belirlenmesinde karşılaşılan güçlükler nedeniyle üretilen dolaylı çözüm yöntemlerinden birisidir. Aynı yaklaşımla yükleyici makinelerin yükleme performansı veya primer kırıcıların kırma performansı da patlatma veriminin belirlenmesinde kullanılan dolaylı metotlardandır.

Konuyla ilgili bütün yığının elek analizi yapılması haricinde, gerçeğe en yakın veriler, kabul edilebilir hata payı sınırları içinde, görüntü işleme metotları ile elde edilmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte çeşitli aşamalardan geçen bu yöntemin ilk uygulamalarında analog görüntüler üzerinde karelaj metodu ile tanelerin elle sayılması ile yapılmıştır. Sonraları görüntü alma teknolojisinin gelişmesine paralel olarak görüntülerin analiz edilmesi ve sayısal verilerin değerlendirilmesi için yazılımlar geliştirilmiş, önceleri yarı otomatik yapılan bu işlemler günümüzde literatürde kabul görmüş bir işlem haline gelmiş ticari yazılımlar geliştirilerek uygulayıcıların hizmetine sunulmuştur. Bu yazılımlar temel görüntü işlemine ek olarak boyut dağılımı grafiğini ve sayısal verilerini üretmeye yöneliktir.. Bunlardan bazıları; IPACS (Dahlhielm, 1996), TUCIPS (Havermann ve Vogt, 1996), Fragscan (Schleifer ve Tessier, 1996), CIAS (Downs ve Kettunen, 1996), GoldSize (Kleine ve Cameron, 1996), WipFrag (Maerz ve vd., 1996), Split Desktop (Kemeny, 1994), PowerSieve (Chung ve Noy, 1996) ve Fragalyst (Raina ve vd., 2002) dır. Görüntü analiz yöntemiyle yığın boyut dağılımının belirlenmesi ilk kez Carlsson ve Nyberg (1983) tarafından uygulanmış ve araştırmacılar yöntemin uygulanabilmesi için hala geçerli olan birkaç temel kural önermişlerdir. Bunlar analiz edilecek görüntünde en büyük tane boyutu ile en küçük tane boyutu arasında en fazla 20 kat fark olması gerektiği ve en küçük tane boyutunun görüntü çözünürlülüğünün en az 3 katı olması gerekliliğidir. Sonrasında yapılan araştırmalarda görüntü analiz yönteminin yığın karakteristiğinden kaynaklanan eksiklikleri vurgulanmış ve doğruluk derecesi sorgulanmıştır. Cunningham (1996) yığın görüntüsü ile nakliye kamyonu kasasından alınan yığın görüntüsü ve kırıcı öncesi nakliye bantı üzerinden alınan yığın

görüntüsünü karşılaştırmış, patlatma sonucu oluşan yığın boyut dağılımı görüntü analizi hatalarının nakliye bandı üzerinde sürekli yapılan görüntü analizi yöntemiyle azaltıldığını ortaya koymuştur. Liu ve Tran (1996) üç farklı program (Fragscan, WipFrag, Split) ile yaptığı incelemede hepsinde farklı boyut dağılımları elde etmiştir. Benzer şekilde Katsabanis (1999), 0,85 -19 mm arasında laboratuarda oluşturulan suni bir yığının boyut dağılımını WipFrag ve Split Desktop programları ile belirlemiş ve bu programların en yakın sonuçları verdiğini belirtmişlerdir. Karşılaştırma ile ilgili en popüler çalışma ise Latham ve ark. (2003)'ün yaptığı araştırmadır. Araştırmada Fragscan, PowerSieve, Split ve WipFrag programları ile farklı dağılıma sahip test yığınlarının karakteristik boyut (X_c) ve dağılımın üniformluk katsayısı karşılaştırmışlardır (Şekil 2.8). Buna göre genel olarak karakteristik boyutu küçük olan görüntülerde programların başarılı, büyük olanlarda ise başarısız olduğunu PowerSieve, Split ve WipFrag programlarının uniform dağılımlarda yüksek doğruluk oranlarına ulaştığını belirtmişlerdir.



Şekil 2.8 Örnek boyut dağılımı (Latham ve ark., 2003).

2.6 Yığın Parça Boyut Dağılımı ile Yükleyici Performansı Arasındaki İlişki

Tez kapsamında yapılan her bir patlatma deneyinde özgül şarj ve yığın boyut dağılımına göre yükleyici veriminin ölçümü devam etmektedir. Yığın parça boyutu ile yükleyici verimi arasındaki ilişkiye yönelik olarak daha önce yapılmış olan araştırmalar incelenerek bu kısımda sunulmaktadır.

Açık maden işletmelerinde maliyeti etkileyen parametrelerden biri de yükleyicilerin verimidir. Yükleyicilerin verimliliği birkaç parametreye bağlıdır.

Bunlardan en önemlisi patlatma sonucu oluşan yığın boyut dağılımının karakteristik özellikleridir. Yığın boyut dağılımının özelliği, yükleyicinin zorlanmasını, kepçe dolum faktörünü ve döngü süresini dolayısıyla yükleyicinin verimini etkiler. Yüksek özgül şarj değerlerinin kullanılarak yapılan basamak patlatmalarında göreceli olarak küçük boyutlu parçalardan oluşan bir yığın meydana gelmektedir. Bu tür yığınlarda yükleyici verimli bir şekilde çalışırken, daha iri tane boyut dağılımına sahip yığınlarda ise kazı zorluğundan dolayı yükleyicinin verimi düşmektedir. Bu anlamda yükleyicinin verimli çalışabilmesi için yığın boyut dağılımının optimum olması gerekmektedir. Yükleyicinin verimli olarak çalışması aşağıdaki parametrelere bağlıdır:

Yığının Parçalanma Derecesi

Patlatmadan sonra oluşan yığının parçalanma derecesi yükleyici verimini doğrudan etkilemektedir. Aşağıda verilen parametreler yığının parçalanma derecesinin belirlenmesinde etkilidir.

- Ortalama yığın boyut dağılımının
- Parçalanmadaki uniformluk indeksi
- Patlatmadan sonra iri blokların oluşması
- Yığındaki ince tanelerin miktarı

Yığının Fiziksel Özellikleri

- Yığının şekli ve hacmi
- Yığının açısı
- Yığının yayılımı
- Yığının gevşekliği
- Zemin koşulları

Yığının Kimyasal Özellikleri

- Nem içeriği

- Yapışkanlık
- Tanelerin ayrışması

Yığının Mekanik Özellikleri

- Sertliği
- Aşındırıcılığı

Konuyla ilgili birtakım araştırmacılar bazı çalışmalar yapmışlardır:

Neilsen (1987)'de yığın boyut dağılımıyla yükleyici verimi arasında ters orantılı olarak yüksek bir korelasyon elde etmiştir. McGill ve Freadrich (1994)'de kireç ocağı ve kum ocağında yükleyici verimlerini kepçe döngü süresi olarak yığın boyut dağılımıyla karşılaştırmış ve kepçe döngü süresinin yığın boyut dağılımıyla doğrudan ilişkisinin olduğunu bulmuşlardır.

Chung ve arkadaşları (1991)'de patlayıcı madde tüketimiyle yükleyici verimi arasında bağlantı kurmaya çalışmış; ancak yükleyicinin verimini sadece patlayıcı madde tüketimi değil kayacın yapısal özelliklerinin de etkilediğini görmüştür.

Frimpong ve arkadaşları (1996)'da patlatma deliklerindeki özgül şarjı artırarak ekskavator yükleme performansını araştırmışlardır. Araştırmacılar özgül şarjın artmasıyla ekskavator kepçe dolum faktöründe verim artışı gözlemlemişlerdir. Ancak özgül şarjın artmasıyla enerji maliyeti yükseldiği için patlayıcı madde maliyetiyle dragline kazı verimi arasında bir optimum nokta bulamamışlardır.

Michaud and Blanchet (1996)'da patlatmadan sonra oluşan yığının parçalanma derecesiyle yükleyicinin her bir kepçede yüklediği malzeme miktarı arasında doğrusal bir korelasyon olduğunu bulmuşlardır.

Singh and Yalcin (2002)'de patlatmadan sonra oluşan farklı yığın boyut dağılımlarında yükleyicinin kepçe dolum faktörünü incelemişlerdir. Daha iri parça

boyutlarında daha az kepçe dolum faktörünün oluştuğunu görmüşlerdir. Sarı ve Lever (2007)'de farklı yığın boyut dağılımlarında elektrikli, lastikli ve paletli yükleyicilerin yükleme performanslarını karşılaştırmışlardır. Yükleyici performanslarını sadece birim zamanda yüklenen malzeme miktarlarına göre değerlendirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda yığın ortalama tane boyutu ile birim zamanda yüklenen malzeme miktarı arasındaki korelasyonların çok az olduğunu belirtmişlerdir. En yüksek korelasyon 0.36 ile lastikli yükleyici olurken en düşük korelasyon da 0.04 ile elektrikli yükleyici olmuştur. Paletli yükleyicinin ise 0.15 olarak bulmuşlardır.

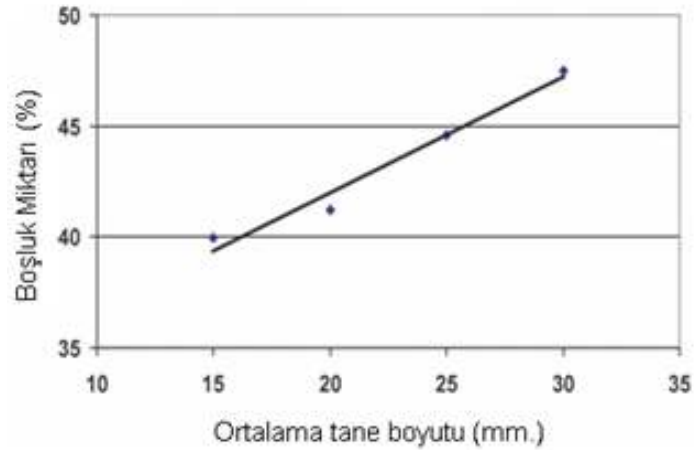
Singh ve arkadaşları (2003)'de yığın boyut dağılımına göre yükleyicinin kepçe mesafesi, kepçe dolum faktörü, kepçe döngü süresi ve kepçe hızı gibi farklı kepçe parametrelerini belirlemişlerdir. Bu belirlenen kepçe parametrelerinde daha ince tanelerin olduğu yığın boyut dağılımında daha yüksek kepçe verimleri elde etmişlerdir.

Topal Elevli ve Akçakoca (2009)'da yine farklı yığın boyut dağılımlarındaki ters kepçeli yükleyici verimini ölçmüşlerdir. Bu çalışmada, patlatmadan sonra oluşan yığının %'de50 sinin, %'de80'ninin ve maksimumun altında kalan parça boyutunu belirlemişler ve yükleyicinin, bu boyutlardaki malzemeyi yükleme sürelerini tespit etmişlerdir. Ortalama tane boyutu arttıkça yükleyici veriminin zamansal olarak azaldığını görmüşlerdir. Yüklenen malzemenin %'de50 sinin altında olduğu tane boyutu ile yükleme süresi arasındaki korelasyonun 0.8874 olduğunu, %'de 80 inin altında olduğu durumda 0,8375 olduğunu ve yüklenen malzemenin maksimum tane boyutu dikkate alındığında ise korelasyonun 0,8217 olduğunu vurgulamışlardır.

Yukarıdaki çalışmalar ile yığının parçalanma derecesi ve yükleyici verimi arasındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Yığının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yükleyici verimini nasıl değiştirdiği ile ilgili çalışmalar Singh ve Narendrula tarafından (2006) yılında yapılmıştır.

Singh ve Narendrula (2006)'da patlatmadan sonra oluşan yığının gevşekliği (yığındaki boşluk miktarı) yığın açısı ve yığındaki nem miktarının yükleyici verimi ile ilişkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada, yığının ortalama tane boyutu arttıkça yığının gevşekliğinin arttığı gözlemlenmiştir. Ancak yükleyicideki kepçe dolum faktörü ve yükleme miktarı azalmıştır.

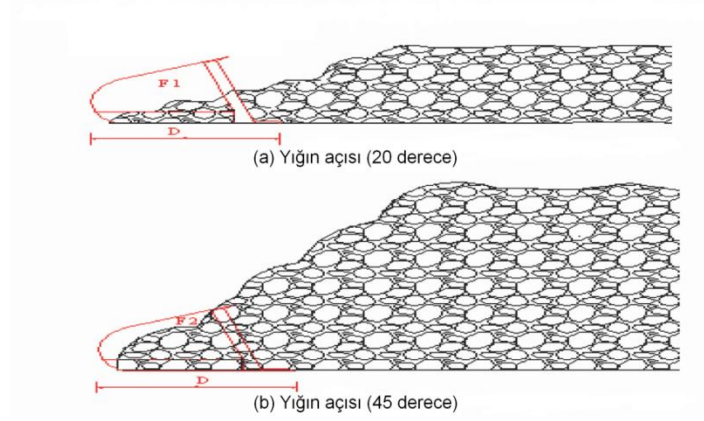
Yığındaki boşluk miktarını bulmak için araziden aldıkları numuneleri ortalama boyut dağılımları 15 mm. ve 30 mm. olacak şekilde laboratuvar ölçeğinde hazırlamışlardır. Şekil 2.9'da görüldüğü gibi ortalama boyut dağılımı 15mm. olan yığındaki boşluk miktarını %'de 30,79 bulurken 30mm. olan yığındaki boşluk miktarını da %'de 47,51 olarak bulmuşlardır ve yığındaki boşluk miktarı arttıkça yığının gevşekliğinin arttığını bununla birlikte de yükleyicinin veriminin düştüğünü belirtmişlerdir.



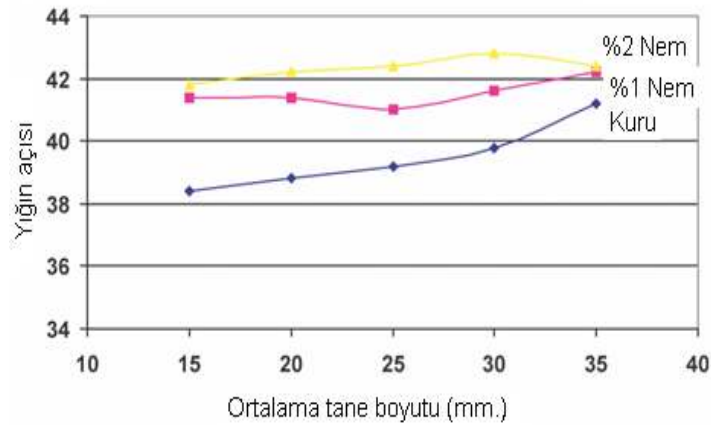
Şekil 2.9 Yığındaki ortalama boyut dağılımı ile boşluk miktarı (Singh, ve Narendrula, 2006).

Yığın açısı ile yükleyici verimi arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için laboratuvar ölçeğinde 25 kg. lık ortalama boyut dağılımları 10, 15, 20, 25 ve 30 mm olan kuru, %'de1 ve %'de2 nem içeriğine sahip yığınlar oluşturmuşlardır ve bu yığınları 5-10 defa 0,5 m yükseklikten bir kaba dökerek yığınların yığın açısını tespit etmişlerdir. Yığın açısı arttıkça yükleyicinin yüksek kepçe dolum faktörüne ulaşması için daha az hareket edeceğini belirtmişler ve dolayısıyla yükleyicinin daha verimli çalışacağını

savunmuşlardır. Şekil 2.10 ve 2.11’de yığın açısı ile ortalama yığın boyut dağılımı ve yükleyici verimi karşılaştırılmıştır.

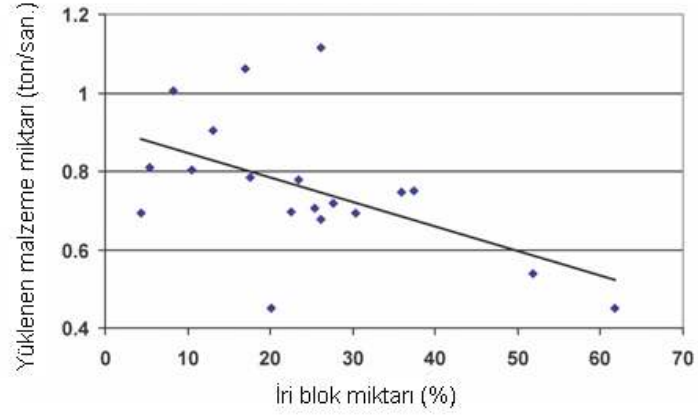


Şekil 2.10 Yığın açısı ile kepçe dolm faktörü arasındaki ilişki (Singh, ve Narendrula, 2006).



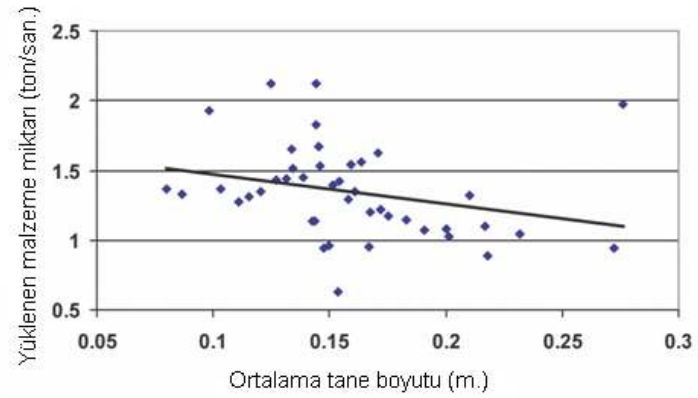
Şekil 2.11 Yığın açısı ile ortalama tane boyutu arasındaki ilişki (Singh, ve Narendrula, 2006).

Patlatmadan sonra oluşan yığındaki iri blok miktarıyla yükleyicinin birim zamanda yüklediği malzeme miktarı arasındaki ilişkiyi de Şekil 2.12’de görüldüğü gibi belirlemişlerdir.



Şekil 2.12 İri blok miktarıyla yükleyicinin birim zamanda yüklediği malzeme miktarı arasındaki ilişki (Singh, ve Narendrula, 2006).

Yığının ortalama tane boyut dağılımının yükleyici verimine olan etkisini belirlemek için farklı yığın boyut dağılımlarındaki kepçe döngü süresi ve kepçe dolum faktörlerini ölçerek yükleyicinin birim zamandaki yüklediği malzeme miktarını belirlemişlerdir. Şekil 2.13’de görüldüğü gibi yığın boyut dağılımı arttıkça yükleyicinin birim zamanda yüklediği malzeme miktarı azalmakta ve dolayısıyla yükleyici verimininde düştüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 2.13 Ortalama tane boyutunun yükleyicinin birim zamandaki yükleme miktarıyla ilişkisi (Singh, ve Narendrula, 2006).

Segarra ve arkadaşları (2010) yılında, önemli bir parametre olan kepçe dolum faktörünü kullanarak yükleyici veriminin belirlenmesi için bir tahmin modeli geliştirmişlerdir.

Molotilov ve arkadaşları yine (2010)'da yaptıkları bir araştırmada, yükleyici veriminin yığının ortalama boyut değeri ve yükleyicinin kazı-döngü süresine bağlı olduğunu vurgulamıştır.

2.7 Yığın Parça Boyut Dağılımı ile Kırıcı Performansı Arasındaki İlişki

Birçok araştırmacı kırıcı enerji tüketimini bulmak için bazı matematiksel denklemler ortaya atmışlardır. Bunlardan en önemlisi Bond teorisidir. Bu teori aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$W = 10 \cdot W_i \cdot \left[\frac{1}{\sqrt{x_{P80}}} - \frac{1}{\sqrt{x_{F80}}} \right] \quad (2.39)$$

W= Kırıcı enerji tüketimi (kwh/ton)

Wi= İş indeksi (kwh/ton)

Xp80= Kırılmış ürünün %'de80 inin geçtiği elek boyutu (mikron)

XF80= Kırılacak ürünün %'de80 inin geçtiği elek boyutu (mikron)

Kırma-öğütmede enerji tüketiminin azalması üç yola bağlıdır: Birincisi birincil kırıcıya beslenen tane boyutunun azaltılması, ikincisi iş indeksinin azaltılması, üçüncüsü de patlatmayla oluşan iri boyutların azaltılmasıdır.

Patlatmayla oluşan yığın boyut dağılımının kırma proseslerine olan etkileri ile ilgili çalışmalar da aşağıda verilmiştir.

Currie (1978)'e göre verimlilik ve enerji sarfıyatı optimizasyonunda malzeme boyutunun birincil kırıcıların boyutlandırılmasında belirleyici olması gerekmektedir.

Currie (1978) birincil kırıcılar için besleme malı maksimum boyutun 1520 mm olarak öngörmüştür.

Kojovic ve diğerleri (1995)'de özgül şarjı 0,5 ve 0,6 kg/m³ olarak patlatmalar yapmışlardır. Oluşan yığının yüklenmesinde 4 SEK/ton maliyet azaltması

sağlanmıştır. Ayrıca kırıcı malzeme miktarı kapasitesi %'de 10 dan %'de 14 e kadar artırılarak ton başına 3 SEK maliyet azaltılması elde edilmiştir.

Nielsen ve Kristiansen (1996), boyut dağılımının kırma-ufalama üzerine etkisinin bir çok saha patlatmaları ve laboratuvar ölçekli patlatmaları inceleyerek araştırmışlardır. Çalışmalarında boyut dağılımının kırma-ufalama ve öğütme üzerinde önemli etkisi olduğunu saptamışlardır. İş indeksinin azaltılmasına yönelik çalışmalar da (1996)'da Nielsen ve Kristiansen tarafından yapılmıştır. Çalışmada 3 tane 63 mm çapında kaya örneklerini -8 mm boyutuna kadar kırıp 10 dakika bilyalı değirmende öğütmüşlerdir. Malzemenin %'de 80 inin geçtiği tane boyutlarını 2,91, 1,42 ve 0,73 mm. olarak tespit edilmiş ve sırasıyla 14,4, 6,7 ve 3,9 kwh/ton iş indeksleri elde etmişlerdir. Ayrıca 0,1 mm altındaki malzeme boyutunda %'de 31,4, %'de34 ve %'de37,2 olarak artışlar sağlanmıştır.

Tunstall ve Bearman (1997) boyut dağılımının kırma-ufalama operasyonları üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve besleme malı maksimum boyutun birincil çeneli kırıcı giriş açıklığının %'de75-80'i, darbeli kırıcılar için giriş açıklığının %'de80'i olması gerektiğini önermişlerdir.

Kanchibotla ve arkadaşları (1998) tarafından yapılan çalışmada patlatma sonundaki yığın boyut dağılımına göre değirmen performansını incelemişlerdir. Üç farklı denemeye D50 ve D80'nin altındaki boyut dağılımı elde edilmiş ve bu boyut dağılımlarındaki değirmen enerji sarfiyatları belirlenmiştir. Bu çalışmaya ait sonuçlar Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Değirmendeki öğütme sonuçları.

	Besleme (t/saat)	d₈₀ (mm)	d₅₀ (mm)	Güç (kw)	Enerji tüketimi (Kwh/ton)
1	1250	3,21	0,69	12750	10,2
2	1420	3,13	0,65	12755	9,0
3	1480	3,11	0,63	12749	8,6

Bu çalışma, hem üç tane farklı tane boyutu ile sınırlı kalmış hem de optimizasyon sadece değirmene göre yapılmıştır.

Patlatma sonrası oluşan tanelerin içindeki mikroçatlakların kırma ve öğütmeye olan etkisini Nielsen 1999 (b) yılında araştırmıştır. Bu çalışmada özgül şarjı 1,2 kg/m³ den 1,56 kg/m³ e yükselterek malzemenin birincil kırıcıdaki iş indeksini %'de30 oranında azaltmıştır. İki farklı özgül şarj kullanarak kırıcı ve değirmendeki enerji tüketiminde aşağıdaki oranlarda azalma sağlamıştır.

Birincil kırıcı %'de30

İkincil kırıcı %'de20

Öğütme %'de15

Nielsen bu çalışmada kırma öğütme maliyetlerini azaltmak için hem özgül şarjı arttırmış hem de kırıcıdaki ufalama oranını değiştirmiştir ve aşağıdaki sonuçları bulmuştur (Tablo 2.3).

Tablo 2.3 Patlatmanın kırma ve öğütme işlemlerine etkisi (Nielsen, 1999 b).

Durum	Normal Patlatma			Daha fazla özgül şarj kullanılarak yap. patlatma			+Ufalama oranının azaltılması		
Durum	Bes. Boy (mm)	Parç. boy. (mm)	Enerji tük. (kwh/t)	Bes.Boy (m)	Parç.boy. (mm)	Enerji tük. (kwh/t)	Bes. Boy. (mm)	Parç. boy. (m)	Enerji tük. (kwh/t)
Patlatma		840	0,3-0,4		470	0,4-0,5		470	0,4-0,5
Birincil kırıcı	840	150	0,3	470	135	0,2	470	80	0,3
İkincil kırıcı	150	0	2,8	135	19,0	2,2	80	12	2,8
Kaba öğütme	2	0,21	6,0	19,05	0,21	0,1	12	0,198	6 8
İnce öğütme	0,21	0,045	18,2	0,2	0,045	17,3	0,198	0,045	16,8

Tablo 2.3'den de görüldüğü gibi hem daha fazla özgül şarj kullanımı hem de ufalama oranının azaltılması taneler içindeki mikroçatlaklardan dolayı özellikle ince öğütmede daha az enerji tüketimi sağlar. Taneler içindeki mikroçatlaklar boyut küçültme işleminin ilk ayağı olan patlatma ile başlar ve malzeme birincil-ikincil

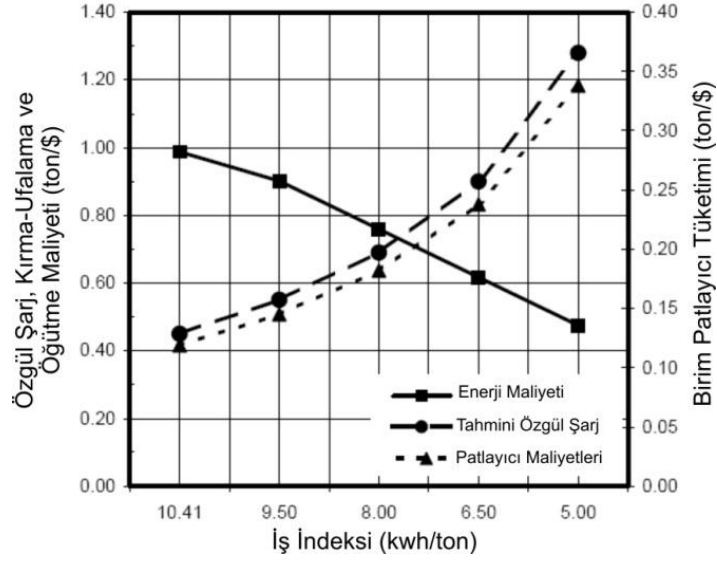
kırııcıdan geçtikçe bu mikroçatlaklar artar ve boyut küçültmenin en sonuncusu olan ince öğütmede enerji tüketiminin azalmasına neden olur.

Paley ve Kojovic (2001)'de SAG (Semi-Autogenous Grinding) uygulamasıyla yılda 30 milyon dolar maliyet azaltması sağlamışlardır. Bu uygulamada malzeme birincil kırıcıdan direk olarak değirmene beslenmektedir. Böylece ikincil kırıcı aradan çıkarılmıştır. Ancak bu durumun gerçekleşebilmesi için patlatma sonrası oluşan parçalanmanın ince boyutlarda oluşması gerekmektedir. Bu durumu da özgül şarjı 0,29kg/ton dan 0,72kg/tona çıkararak sağlamışlardır. Ayrıca bir JKSimMet adında patlatma sonrasındaki parçalanmayı yöneten bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde parçalanmayı kontrol edebilmek için farklı patlayıcı türleri ve farklı patlatma dizaynları kullanılmıştır. 165 mm çapındaki patlatma deliklerinde dilim kalınlığı (B) ve deliklerarası mesafeleri (S) küçültüp daha ince parçalanmalar elde etmişlerdir. B-S= 2,9-5,6 dan B-S= 2,4-5,0 ve B-S= 3,2-3,7 olarak değiştirilerek patlatmalar yapılmış ve bunun sonucunda da değirmen kapasitesini 1250t/h den 1400t/h e yükseltmişlerdir.

Herbst ve Pate (2003)'de boyut küçültmenin ilk aşaması olan patlatmadan boyut küçültmenin en sonuncusu olan öğütmeye kadar tüm maliyetin %'de1 ini patlatma işlemleri, %'de2 sini birincil kırıcılar, %'de20 sini ikincil kırıcılar ve %'de77 sini de öğütme işlemlerinin oluşturduğunu tahmin etmişlerdir. Görüldüğü gibi açık işletme madenciliği maliyetlerinin çok büyük bir kısmını öğütme işlemi kapsamaktadır. Bu amaçla birçok araştırmacı öğütme maliyetlerini azaltmak için birtakım araştırmalar yapmışlardır.

Hamdi ve diğerleri (2002)'de patlatma sonrası oluşan tanelerdeki mikroçatlakların kırma ve öğütmeye olan etkisini arazide yaptığı çalışmalarla belirlemeye çalışmıştır. Patlatma aynasındaki süreklilik indeksi ile kayacın çatlak porozitesi arasında bağıntı kurup aşağıdaki şekli ifade etmiştir. Kayadaki çatlak porozitesi ne kadar çok olursa süreklilik indeksinin o kadar az olacağını vurgulamış ve bunun da kırma ve öğütmedeki enerji tüketimini azaltacağını savunmuştur.

Workman ve Eloranta (2004) boyut dağılımının kırma-ufalama ve öğütme verimine etkisini enerji tüketimleri açısından incelemişlerdir. Madencilik operasyonlarının büyük miktarlarda enerji tüketimine neden olduğunu belirtmişler, Bond İş İndeksi, patlatma maliyeti ve enerji maliyeti arasında Şekil 2.14’de verilen ilişkiyi ortaya koymuşlardır.



Şekil 2.14 Özgül sarj ve enerji maliyetleri ilişkisi (Workman ve Eloranta, 2004).

Yaptıkları çalışmada, patlatma sonucu oluşan ortalama boyut dağılımını 40 cm’den 30 cm’ye düşürecek şekilde özgül sarj miktarını 0,33 kg/ton’dan 0,45 kg/ton’a arttırdıkları durumda toplam maliyetlerinin (patlatma, kırma-ufalama ve öğütme) ton başına 0,39 \$ azalacağını hesaplamışlardır (Tablo 2.4).

Tablo 2.4 Boyuta göre enerji ve gider hesapları (Workman ve Eloranta, 2004).

	Besleme boyutu (cm)	Üretim boyutu (cm)	Yapılan iş Kwh/ton	Enerji gideri \$/ton
Patlayıcılar		40	0,24	0,087
Primer kırıcı	40	10,2	0,23	0,016
İkincil kırıcı	10,2	1,91	0,61	0,043
Öğütme	1,91	0,0053	19,35	1,35
Toplam			20,43	1,50

Özgöl şarj miktarını artırarak yaptığı bu testlerde patlatma sırasında özellikle mineral tane sınırları boyunca oluştuğu öngörülen mikro çatlakların öğütebilirlik ile doğrudan ilişkisi olduğunu ortaya koymuştur (Muhammad, 2009).

Yukarıdaki çalışmalardan anlaşıldığı gibi bir kısım araştırmacılar sadece patlatmadan oluşan tane boyut dağılımının patlayıcı madde tipleriyle değişimini ortaya koymuş; bir kısım araştırmacılar da tane boyut dağılımının, sadece kırıcı ve değirmene olan optimizasyonlarını incelemiştir. Bu anlamda patlatma sonucu oluşan tane boyut dağılımının, sadece kırıcıya göre değil aynı zamanda yükleme ve nakliyeğe göre de optimizasyonun tespit edilmesi gerekmektedir.

BÖLÜM ÜÇ

ARAZİDE KULLANILAN ÖLÇME VE İZLEME SİSTEMLERİ

3.1 Genel

Patlatma deneylerinin yapıldığı çalışma bölgesinde patlatma aynalarının süreksizlik özelliklerinin çıkarılması, patlatmadan sonra oluşan yığının boyut dağılım analizlerinin yapılması için tüm yığını temsil edecek şekilde yığından görüntülerin alınması, özgül şarj ve yığın boyut dağılımına göre yükleyici, nakliye ve kırma proseslerinin veriminin belirlenmesi amacıyla çalışma sahasında birtakım ölçme ve izleme sistemleri kurulmuştur. Bu sistemler aşağıda detaylı bir şekilde verilmiştir.

3.2 Patlatma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır. Süreksizlik özelliklerinin tayini amacıyla bir takım yöntemler uygulanmıştır. Bu yöntemler; hat etüdü, Pusula ve Klinometre Yöntemi, Stereografik İzdüşüm tekniğidir.

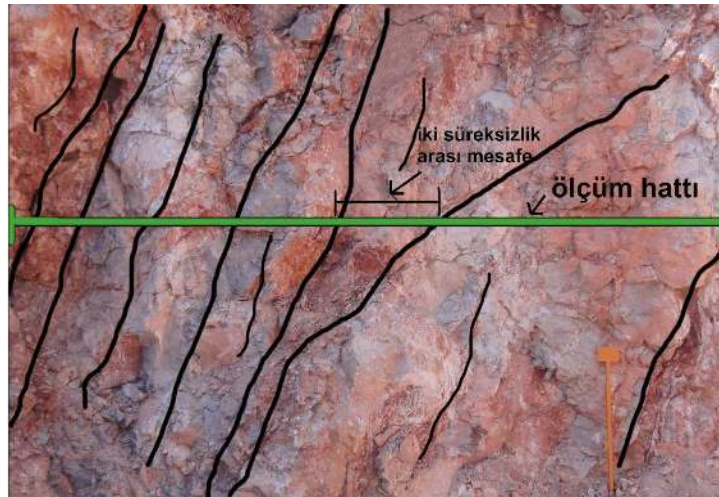
Bu çalışmada kullanılan Hat etüdü yöntemi kayaç yüzeyinde çalışılan yöntemlerdendir (Şekil 3.1). Hat etüdü ölçümü yapabilmek için mm bölmeli şerit metreden yararlanılmıştır. Hat etüdü yöntemi; süreksizliklerin, dolayısıyla kayaç kütlelerinin özellikleriyle ilgili veri toplanmasında istatistiksel anlamda en tatmin edici sonuçların alındığı bir yöntemdir. Ölçüm yapılan mostrada veya kazı aynasındaki bazı süreksizliklerin doğal süreksizlik olup olmadığı konusunda tereddütler yaşanabilir. Hat etütlerinde patlatma veya kazı sonrası oluşmuş yapay kırıklar dikkatli bir şekilde tespit edilip değerlendirmeye alınmamalıdır. Genellikle devamlılıkları az, pürüzlü, düzensiz, temiz ve gelişigüzel bir yönetime sahip olan süreksizlikler yapay süreksizliklerdir. Mostra yüzeyi üzerinde belirli bir yönde

serilen şerit metre boyunca şerit metreyi kesen süreksizliklerden ölçülerek süreksizlik sıklığı tespit edilmektedir.

Kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerinden süreksizlik sıklığı kaya kütlelerinin geçirgenliğinin ve kayaç malzemesinin oluşturduğu blokların boyutlarını denetleyen bir parametredir. Kayaç kütleleri için süreksizlik aralığı parametresinin tanımlanması amacıyla araştırma kapsamında yapılan ölçümler ISRM tarafından önerilen tanımlamalara göre sınıflandırılmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamaları.

Aralık (mm)	Tanımlama
<20	Çok dar aralıklı
20 – 60	Dar aralıklı
60 – 200	Yakın aralıklı
200 – 600	Orta derece aralıklı
600 – 2000	Geniş aralıklı
2000 – 6000	Çok geniş aralıklı
> 6000	İleri derecede geniş aralıklı



Şekil 3.1 Çalışılan aynalardan birine ait olan bir fotoğraf üzerinde şematik hat etüdü gösterimi.

Hat etüdü ölçümü yapılırken süreksizlikler arasındaki dolgu malzemesi veya boşluklu yapılar da gözlemlenerek kaydedilmektedir. Dolgu malzemesi, Süreksizlik

düzlemlerini birbirinden ayıran malzemedir ve bu malzeme genellikle ana kayadan daha zayıftır. Çalışılan arazide genellikle dolgu malzemeleri; kil, kuvars ve kalsit damarlarıdır.

Süreksizliklerin uzaydaki konumları, jeolog pusulası yardımıyla ölçülen eğim ve doğrultularıyla tanımlanır. Daha hızlı ölçüm alınmasını sağlaması ve veri değerlendirmeyi kolaylaştırdığı için, uygulamalarda doğrultu yerine eğim yönünün ölçülmesi tercih edilmektedir. Bu sebeple, yapılan arazi çalışmasında aynalardan alınan ölçümler eğim/eğim yönü şeklindedir.

Yönelimleri hemen hemen birbirleriyle aynı olan süreksizlikler süreksizlik setlerini oluşturur. Genellikle kayaç kütleleri birden çok süreksizlik seti tarafından bölünmüştür. Bunu göz önüne alarak, arazide ölçülmüş çok sayıdaki süreksizlik yöneliminin istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi, süreksizlik seti sayısının ve bunların ortalama yönelimlerinin belirlenmesi önem taşımaktadır. Süreksizlik yönelimi verileri, tez kapsamında grafiksel olarak “stereografik izdüşüm” tekniğiyle değerlendirilmiştir. Patlatma öncesi her aynada yapılan pusula ölçümlerine göre tabakalanma ve çatlak sistemlerinin eğimleri ve eğim yönleri ile stereonetleri patlatma deneylerinin süreksizlik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Pusula ölçümlerinde, daha hızlı ölçüm alınmasını sağlaması ve veri değerlendirmeyi kolaylaştırdığı için, uygulamalarda doğrultu yerine eğim yönünün ölçülmesi tercih edilmiştir. Eğim, bir süreksizlik düzleminin yatay düzlemle yaptığı açıdır. Eğim yönü ise, kuzeyden saat yönünde ölçülen ve kuzey yönü ile eğim çizgisinin yatay düzlemdeki izdüşümü arasındaki açıdır. Eğim yönü, doğrultuya daima diktir. Pusula kapağı eğime paralel tutularak eğim miktarı ölçümü yapılmadan önce pusuladaki su düzeci düzeçlenmelidir. Böylelikle eğim ölçümündeki hata minimize edilir. Ulaşılması mümkün olmayan (tabaka düzlemi altında kalan) eklemlerin yöneliminin tahmin edilmesi gerektiğinde, yatay kabarcığı görmeye yarayan bir yansıtıcı yardımı kullanılmalıdır. Ölçülen eğim (0°- 90°) arasında olmalıdır. Eğim yönü ise kuzeyden itibaren saat yönünde olacak şekilde ölçülür ve

(0°-360°) arasında olmalıdır. Süreksizlik düzlemlerinin konumlarını bu iki değer tanımlamaktadır. Bunlar, eğim yönü/eğim veya eğim/eğim yönü şeklinde kaydedilir.

Belirli bir bölgedeki çeşitli eklem takımlarını tanımlamak için yeterli sayıda ölçüm alınması gerekir. Bu sayı esas olarak haritalanan alanın genişliğine, yönelimin çeşitliliğine ve çalışma için gerekli ayrıntıya bağlıdır. Çalışılan aynaların uzunluklarının fazla olmaması sebebiyle alınan ölçüm sayıları düşüktür. Değerler stereografik çizim için kullanılacağından, hataları önlemek için değerlerin doğru okunmasına özen gösterilmiştir.

Kayaç kütlelerindeki süreksizliklere ilişkin eğim ve eğim yönü ölçümlerinin mühendislik uygulamalarında değerlendirilebilmesi amacıyla, yaygın bir şekilde kullanılan “stereografik izdüşümü tekniğinden yararlanılır. Bu teknik kullanılarak; Pusula ölçümleri neticesinde elde edilen verilerin anlam kazanması için, bu veriler stereonetlere aktarılmıştır.

Bu teknikte, bir düzlemin üç boyuttaki konumu, küresel izdüşümleri iki boyutta grafiksel olarak gösterilir. Yöntemde; bir kürenin merkezinden geçen bir düzlem, küre yüzeyini büyük bir daire boyunca keser ve bu büyük daire yatay yarım küre üzerinde bir yay şeklinde gösterilir. Uygulamada tezkسیون alt yarım küreden yapılır. Düzleme dik olacak şekilde, merkezden geçen doğru ile kürenin yüzeyinin kesiştiği nokta “kutup noktası” olup, bu nokta yatay düzlem üzerine iz düşürülür. Mühendislik uygulamalarında süreksizlik düzlemlerinin eğim ve eğim yönleri eş- alan stereonetlerine işlenir. Bu amaçla,

- a. 2° aralıklı ekvatorial eş-alan stereonetleri ve
- b. 2° aralıklı kutupsal eş-alan stereonetleri kullanılır.

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen pusula ölçümleri 2° aralıklı ekvatorial eş-alan stereonetleri üzerine işlenmiştir. Böylelikle tabakalanmanın ve çatlakların yoğunlaştığı bölgeler görülmekte ve bunların ayna ile olan konumları incelenebilmektedir.

3.3 Patlatma Sonucu Oluşan Yığının Boyut Dağılımının Belirlenmesi

Patlatma sonucu oluşan yığının boyut dağılımını belirlemek için görüntü işleme tekniği ile çalışan Wipfrag bilgisayar programı kullanılmıştır. Boyut dağılımlarını tespit etmek için yığın üzerinden fotoğraflar çekilip bilgisayar ortamında, malzemeyi oluşturan tanelerin sınırları belirlenmektedir. Daha sonra sınırları belirlenmiş tanelerin, Wipfrag boyut dağılım analizi paket programı kullanılarak boyut dağılımı değerleri tespit edilmektedir. Ancak yapılan boyut analizinin bazı eksikleri bulunmaktadır. Bunun en başında yığının üçüncü boyutunun dikkate alınmaması ve ince boyuttaki tanelerin boyut dağılımı hesabında kullanılamamasıdır. Özellikle 2,5-3 cm'nin altındaki tanelerin kenarları belirlenememekte dolayısıyla da boyut dağılımı hesabına katılamamaktadır. Oysaki basamak patlatmasıyla oluşan yığın içinde çok sayıda ince taneler oluşmaktadır.

Boyut dağılımı değerinin belirlenmesinde oluşan ince tanelerin de hesaba katılmasını sağlamak amacıyla bir metod geliştirilmiştir. Bu metotta yığın üzerinden alınan her fotoğraf görüntüsünde 2.5-3 cm'nin altındaki ince taneler, sınırları belirlenemediği için Şekil 3.2'den görüldüğü gibi siyah renge boyanmaktadır. Siyah renge boyanan bu ince tanelerin, sınırları belirlenebilen tanelere alansal olarak oranı, yığın üzerinden alınan her görüntü için hesaplanmıştır. Daha sonra sınırları belirlenebilen dolayısıyla boyut dağılımı hesabında kullanılan tanelerin ve ince tanelerin boyut dağılımı değerleri kullanılarak ağırlıklı ortalama ile yeni boyut dağılımı değerleri hesaplanmıştır. İnce tanelerle birlikte hesaplanan yeni boyut dağılımı değerlerine Wipfrag programı ile yapılan düzeltme boyut dağılımı adı verilmiştir. Wipfrag boyut analizi programı bir metreden daha iri boyuttaki taneleri, boyut dağılımı analizi hesabında kullanmamaktadır. Bu yüzden yığın üzerinden çekilen her bir fotoğraf görüntüsündeki bir metreden daha iri taneler çıkarılıp, Wipfrag boyut analizi programı ile boyut analizi hesabında kullanılan taneler üzerinden alansal değerler bulunmuştur. Yığın içindeki bir metreden daha iri olan parçalar patar olarak oluştuğu kabul edilmiştir.

Örneğin Arkavadi kalker ocağında gerçekleştirilen 2. Patlatma deneyinde patlatma sonucu oluşan malzemenin ortalama yığın boyut dağılımını belirlemek amacıyla yığın üzerinden tüm yığını temsil edecek şekilde dokuz adet görüntü alınmıştır. Alınan bu dokuz yığın görüntüsü için sınırları belirlenemeyen ince tanelerin, sınırları belirlenebilen tanelere alansal olarak oranı hesaplanmıştır (Tablo 3.2). Boyut dağılımı hesabında kullanılmayan çok ince tanelerin hangi boyutun altında olduğu Wipfrag görüntü işleme tekniği ile belirlenen boyut analizi sonuçlarından, görülebilmektedir. Bu patlatma deneyindeki ince tanelerin, 2 cm'nin altındaki taneler olduğu Wipfrag boyut analizi programından anlaşılmıştır.

Daha sonra Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri ağırlıklı ortalama ile aşağıdaki denklemden tespit edilmiştir.

$$DW50 = \frac{(W50 \cdot p) + (\dot{I} \cdot s)}{100} \quad (3.1)$$

DW = Wipfrag programıyla hesaplanan düzeltme ortalama tane boyutu (cm)

$W50$ = Wipfrag yöntemiyle hesaplanan ortalama tane boyutu (cm)

$\dot{I}$ = Çok ince tanelerin altında olduğu tane boyutu (cm)

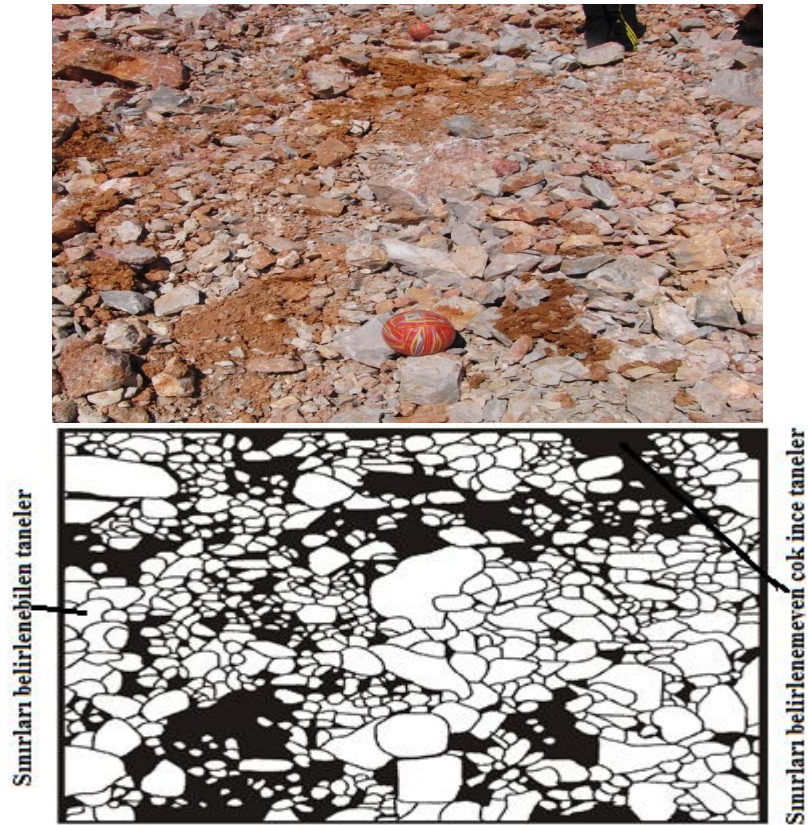
p = Sınırları belirlenebilen tanelerin alanı (%'de)

s = Sınırları belirlenemeyen tanelerin alanı (%'de)

$$DW50 = \frac{(23,4 \cdot 75,83) + (2 \cdot 24,17)}{100} = 18,23 \text{ cm olarak bulunmuştur.}$$

Tablo 3.2 Arkavadi kalker ocağında yapılan 2. patlatma deneyi için Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut değerini hesaplayan veriler.

Görüntü No.	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Wipfrag paket programıyla hesaplanan ortalama boyut dağılımı (D50) değeri (cm)	Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı (D50) değeri (cm)
1	76,05	23,95	23,4	18,23
2	73,67	26,33		
3	79,07	20,93		
4	63,96	36,04		
5	57,93	42,07		
6	82,21	17,79		
7	83,31	16,69		
8	83,16	16,84		
9	83,14	16,86		
Ortalama	75,83	24,17		

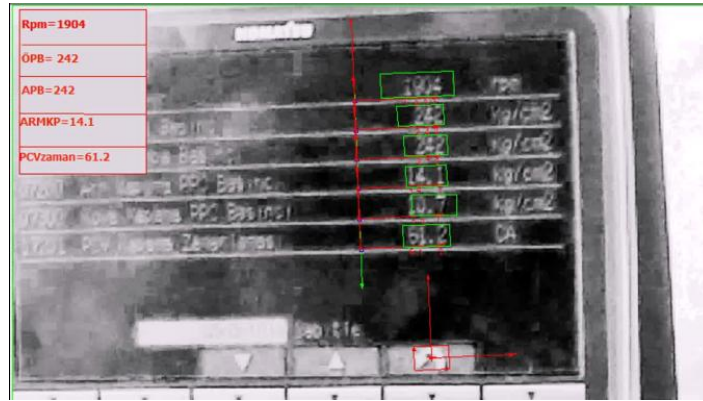


Şekil 3.2 Arkavadi kalker ocağında yapılan 2. patlatma deneyine ait bir yığın görüntüsündeki ince taneler ve sınırları belirlenebilen taneler.

3.4 Yükleyicinin Hidrolik Basınç Değerlerinin Belirlenmesi

Çalışma sahalarında patlatılan malzemenin yüklenmesini 3 ve 3.5m³ kova kapasitesi, 362 HP gücüne sahip PC 450 LC ve PC 550 LC markalı ters kepçeli hidrolik yükleyici gerçekleştirmektedir. Tez çalışmalarında yükleyicinin veriminin belirlenmesinde veri olarak kullanılan  n pompa, arka pompa, kol kapama ve kova kapama hidrolik basınç değerleri, yükleyici monitöründen anlık sayısal değerler olarak izlenebilmektedir.

Yükleyici monit r ndeki anlık görüntü verilerinin kayıt altına alınması için görüntü işleme tekniği kullanılmıştır. Görüntü işleme tekniği ile ölçülmüş veya kaydedilm ş olan elektronik (dijital) görüntü verileri, özel yazılımlar kullanılarak sayısal verilere dönüştürülebilmektedir (şekil 3.3).



şekil 3.3 Yükleyici veri izleme ekranından alınan verilerin sayısalılaştırılması.

Ancak görüntü işleme tekniğinin verimli olarak çalışabilmesi için ortamda titreşim ve ışık parametrelerinin olmaması gereklidir. Yükleyici, patlatılmış malzemeyi yüklerken yükleyici kabininde bir miktar titreşim ve güneş ışınları oluşmaktadır. Bu sorunları ortadan kaldırmak amacıyla şekil 3.4'de görüldüğü gibi, veri izleme monitörüne güneş ışınlarının gelmemesi için bir aparat geliştirilmiş; titreşim oluşmaması için de web kamerası bir demir aparat ile veri izleme monitörüne sabitlenmiştir.



Şekil 3.4 Yükleyici veri izleme ekranından titreşim ve güneş ışınlarının engellenmesi.

Şekil 3.5’de görülen yükleyici monitöründeki anlık hidrolik basınç değerleri görüntüsünün, saniyede yaklaşık 2-3 veri ile monitör karşısına sabitlenmiş bir kamera sistemi ile digital formatta bilgisayara kayıt edilmesi sağlanmıştır. Kayıt alma işlemi her patlatma deneyinde tüm yığının yüklenmesi sırasında sürekli olarak yapılmıştır.



Şekil 3.5 Yükleyici veri izleme ekranından alınan verilerin digital formatta kaydedilmesi.

Böylece yükleyicinin veriminin belirlenmesinde veri olarak kullanılacak ön pompa basıncı, arka pompa basıncı, kol kapama basıncı, kova kapama basıncı olan hidrolik basınç değerleri sorunsuz bir şekilde her patlatma deneyi için kayıt altına alınmıştır.

3.5 Yükleyici Döngü Süresi ve Kepçe Sayısının Belirlenmesi

Her patlatma deneyinde yükleyici veriminin belirlenmesi amacıyla yükleyicinin döngü süreleri, bir parametre olarak kullanılmıştır. Patlatma deneylerinde

yükleyicinin her bir kamyonu kaç kepçeyle ve ne kadar zamanda yüklediği belirlenmiştir. Döngü sürelerinin belirlenmesinde kronometre kullanılmıştır.

3.6 Yükleyicinin Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi

Yükleyicinin patlatmadan sonra oluşan yığını yüklemesi sırasında tükettiği yakıt miktarı, litre/saat (l/saat) olarak belirlenmiştir. Yakıt tüketimi değerleri, yükleyicide bulunan veri izleme monitöründen kaydedilmiştir.

3.7 Patlatmadan Sonra Oluşan Yığının Nakliye Ölçümleri

Arazide yapılan patlatma deneylerinde oluşan yığının, nakliye verimini belirlemek için patlatma sonucu oluşan yığın yoğunluğu değerleri değerlendirilmiştir. Yığın yoğunluğu değeri, birim m^3 hacimde taşınan malzeme miktarını ifade etmektedir. Bu yüzden birim hacimde taşınan malzeme miktarı ne kadar çok olursa o yığını oluşturan malzeme, kamyonlar tarafından daha az sayıda seferlerle taşınacaktır. Tersi durumda ise patlatma sonucu oluşan malzemenin kamyonlarla taşınması kamyonların daha çok sefer yapmasına neden olacaktır. Bu anlamda patlatma sonucu oluşan malzemenin yığın yoğunluğu değeri ne kadar yüksekse o yığını oluşturan malzemenin nakliyesi de o kadar verimli olacaktır.

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde, patlatma sonucu oluşan malzeme nakliyatını farklı kasa hacimlerine sahip kamyonlar gerçekleştirmiştir. İşletmede kullanılan kamyonların birbirleriyle karışmaması ve her bir patlatma deneyinde kamyonları kendi aralarında değerlendirmek için her bir kamyon numaralandırılmıştır. Her patlatma deneyi için her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı ve kamyon kasa hacim değerleri kullanılarak taşınan malzeme yoğunluğu hesaplanmıştır. Bu malzeme yoğunluğuna göre kamyonların sefer sayısı kullanılarak ağırlıklı ortalama ile her patlatma deneyine ait yığın yoğunluğu değerleri bulunmuştur.

Patlatma deneylerinde oluşan tüm yığının kaç adet sefer kamyonla taşındığı ve her bir sefer kamyonun taşıdığı malzeme miktarları da tarih ve saatli olarak işletmeye ait kantarda kaydedilmektedir. Bu bilgiler her bir patlatma deneyi sonunda kantardan rapor edilerek alınmıştır.

3.8 Kırma Tesisinin Enerji Tüketim Ölçümleri

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde yığın boyut dağılımının kırma proseslerine olan etkisini belirlemek için Arkavadi ve Bornova mıcır olarak adlandırılan iki farklı tesis kullanılmıştır. Aşağıda öncelikle Bornova mıcır ve Arkavadi kırma tesisleri hakkında bilgi verilmiş sonra da malzemenin kırılması sırasında sözkonusu kırma tesislerinin enerji tüketimlerinin nasıl tespit edildiği anlatılmıştır.

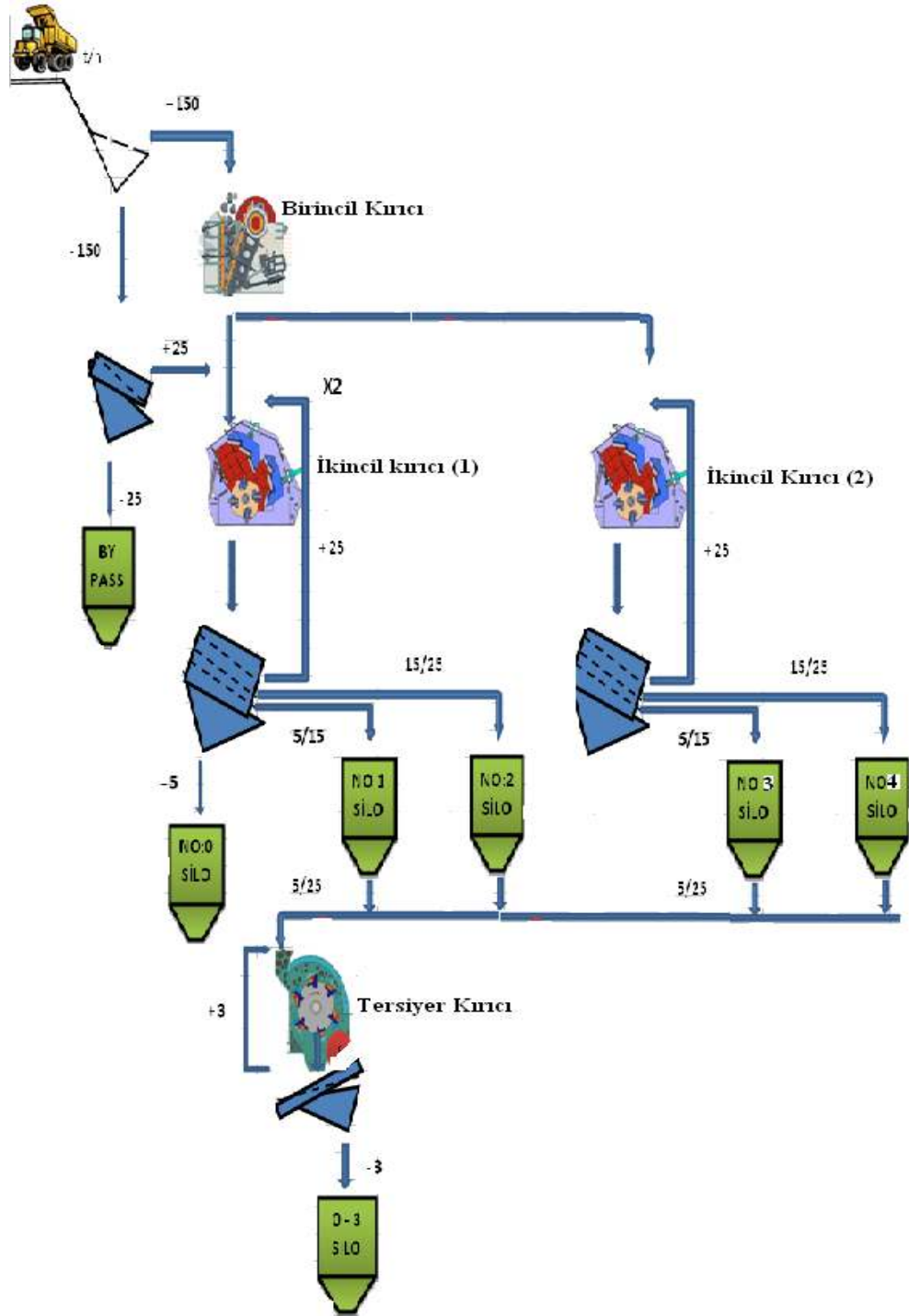
Patlatılmış malzeme, Şekil 3.6’da akım şeması verilen Bornova mıcır kırma eleme tesisinde ufalanarak mıcır üretmektedir.

Bu kırma tesisinde birincil kırıcı, ikincil kırıcı, tersiyer kırıcı ve iki adet paletli kırıcı olmak üzere 5 kırıcı mevcuttur. Ocaktan gelen cevher 150 mm açıklıklı ızgaradan geçirilmekte ve 150 mm tane boyutunun üzerindeki malzeme 300 ton/saat kapasiteli bir çeneli kırıcı ya verilmektedir. Izgara altına geçen -150 mm tane boyutundaki malzeme ise elek açıklıkları 40 mm ve 25 mm olan çift katlı bir elekten geçirilmektedir. Elek üzeri (+40 ve +25 mm) malzeme çeneli kırıcı çıkış ürününün döküldüğü banda verilmektedir. Elek altı -25 mm lik malzeme ise 20 mm ve 10 mm elek açıklıklarına sahip olan çift katlı ikinci bir eleğe beslenmektedir. Elek ürünü + 10 mm boyutundaki malzeme sekonder kırıcıya ve – 10 mm boyutundaki malzeme ise siloya verilmektedir. Çeneli kırıcı ürünü ve +10 mm elek ürünleri çekiçli bir kırıcıya beslenmektedir. -63 mm tane boyutuna getirilen cevher 25 mm, 15 mm ve 5 mm elek açıklıklarına sahip üç katlı bir titreşimli eleğe beslenir. Burada -5 mm boyutundaki malzeme 0-5 ürünü olarak siloya alınır. +25 mm tane boyutundaki ürün duruma göre ya sekonder kırıcıyla geri gönderilip kapalı devre olarak çalıştırılır yada kübitser kırıcıya(tersiyer kırıcı) beslenir. 5/15 ve 15/25 mm ürünleri ayrı ayrı silolara alınarak kum kırma makinasına beslenerek -3 mm tane boyutunun altına indirilir.

Tersiyer kırıcı ürünü malzeme 5mm, 15 mm ve 25 mm elek açıklıklarına sahip ikinci bir titreşimli katlı eleğe verilir. Elek ürünleri olan 5, 5/15, 15/25 mm boyut dağılımına sahip ürünler sırasıyla 0, 1 ve 2 olarak ifade edilen silolara alınır. +25 mm boyutundaki malzeme ise 200 kw lik motor gücüne sahip kum kırıcısında -3 mm tane boyutunun altına ufalanır.

Birincil kırıcı çıkışı olan - 150 mm boyutundaki malzeme ikincil kırıcılara verilmektedir.

Cevher 25 mm, 15 mm ve 5 mm elek açıklıklarına sahip üç katlı bir titreşimli eleğe beslenir. Burada -5 mm boyutundaki malzeme 0-5 ürünü olarak siloya alınır. +25 mm tane boyutundaki ürün tersiyer kırıcıya beslenir. 5/15 ve 15/25 mm ürünleri ayrı ayrı silolara alınarak tersiyer kırıcısına beslenerek -3 mm tane boyutunun altına indirilir.



Şekil 3.7 Arkavadi kırma tesisine ait genel akım şeması.

Çalışmanın bu bölümünde, özgül şarj miktarı ile kırıcıların brim enerji tüketimleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla kırma tesislerinde bulunan birincil kırıcılar, ikincil kırıcılar ve tersiyer kırıcıların çektiği akım değerleri, Şekil 3.8’de verilen dijital göstergelere bağlanmış bir veri toplama

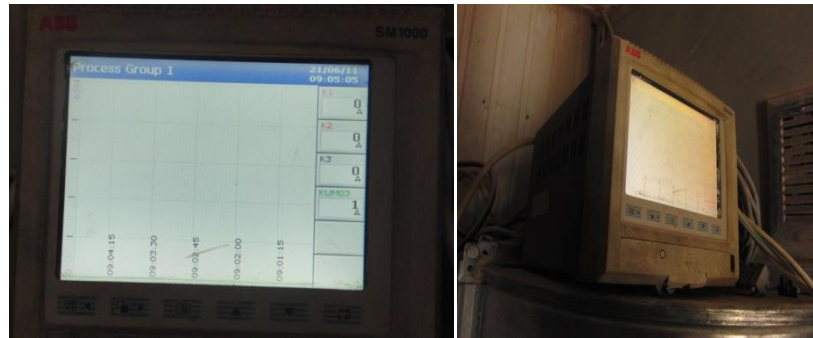
(data logger) sistemi (Şekil 3.9) ile saniyelik değer olarak kayıt edilmiştir. Kayıt edilen bu amper değerleri kullanılarak, herbir patlatma deneyine ait kırıcıların tükettiği enerji değerlerinin bulunması amaçlanmıştır. Kırıcıların enerji tüketimleri, her bir kırıcının ortalama amper değerleri alınarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi \quad (3.2)$$

($U = 380V$ ve $\cos\phi = 0,8$ alınmıştır).



Şekil 3.8 Kırıcıların anlık olarak sürekli değişen amper göstergesi.



Şekil 3.9 Kırıcıların amper değerlerini kaydeden veri toplama (Data logger) sistemi.

3.9 Patlatma Sonucu Oluşan Yığındaki Patar Miktarının Belirlenmesi

Patlatma sonucu oluşan malzeme içinde kayaç faktörü ve özgül şarj kullanımına bağlı olarak bir miktar patar oluşmaktadır. Malzeme içinde oluşan patarlar, çalışma sahalarında patlatma deneyleri boyunca ayrı bir yere biriktirilmiştir. Tüm malzeme yüklenip nakledildikten sonra patarların hidrolik kırıcı tarafından kırılıp kamyonlara yüklenmesi sağlanmıştır. Oluşan patar miktarları, işletmeye ait kantarda tartılıp kaydedilmiştir.

BÖLÜM DÖRT

ARAZİ ÇALIŞMALARI

4.1 Genel

Birim, çalışma alanının temel kayasını oluşturmaktadır. Bornova Karmaşığı'nın matriksini oluşturan kumtaşı-şeyl ardalanması, sarımsı kahverengi, grimsi kahverengi renk tonlarına sahip, düşük-orta dayanımlı, orta ve ince katmanlı ve bol çatlaklı kaya özelliğine sahiptir. Matriks içerisinde boyutları kilometrelere varan değişik jeolojik yaşlardaki **kireçtaşı** ve **mafik volkanit** blokları vardır. Ayrıca, **çakıltası** mercekleri matriksle uyumlu olarak gözlenir. Bu mercekler Bornova'nın kuzeyindeki Kocaçay Deresi boyunca Üst Kretase kireçtaşı ile dokanak yapar konumda gözlenir. Kireçtaşları, açık ve koyu gri, orta-yüksek dayanımlı, bol çatlaklı, orta-kalın katmanlı ve yer yer masiftir (Kıncal, 2005).

Marn, Cennetoğlu, Kozağaç, Çınarteppe, Aydoğdu, Murathan, Konak ve Yeşildere paftalarında yüzlekler vermektedir. Düşük kotlardaki vadi tabanlarına yakın kesimlerde birim, ayrılmış ve çoğu kez kil haline dönüşmüştür. Killi kireçtaşı/marn üst kotlarda beyaz, sarımsı beyaz, çakıltası dokanağına yakın kesimlerde ise yeşilimsi renklerde gözlenir. Genellikle, ufalanabilen zayıf kayaç özelliğindeki marnlar, lamine ve/veya ince katmanlıdır. Killi kireçtaşı/marn'ın alt dokanağı çakıltasıyla, üst dokanakları ise silisifiye kireçtaşı ile uyumludur. Katman eğim yönleri genellikle, güneydoğuya olup, çakıltalarında olduğu gibi ondülasyondan dolayı daha değişik yönlerde de olabilmektedir (Kıncal, 2005).

Kireçtaşı ocaklarının bulunduğu sahada genelde mesozoyik yaşlı kayaçlar yayılım göstermektedir. Belkahve formasyonu olarak adlandırılan bu bölgede tabanda fliš, bunun üzerinde ise kireçtaşı yer almaktadır. Derin deniz ortamına ait flišler üzerine bindirme ile allokton kireçtaşları gelmektedir. Allokton kireçtaşları gri ile grimsi siyah renkli, masif özellikte ve mikritik dokudadır. Sahada lokal olarak erime boşlukları görülebilmektedir. Bu boşluklar daha sonra karbonat içeriği yüksek kırmızı kil ile dolmuştur (Konak ve Karakuş, 2007).

Arkavadi kalker ocağında 12 adet, Aravadi kalker ocağında 9 adet ve Üst Aravadi kalker ocağında ise 10 adet olmak üzere toplam 31 adet patlatma deneyi yapılmıştır. Arkavadi kalker ocağında yapılan patlatmalarda malzeme yüklemesi PC 450 LC adı verilen 45 tonluk, 3m³ kova kapasitesine sahip ters kepçeli hidrolik yükleyici gerçekleştirmiş, malzemenin kırılmasını da Arkavadi kırma tesisi sağlamıştır. Aravadi ve Üst Aravadi kalker ocaklarında yapılan patlatmalarda ise malzeme yüklenmesinde PC 550 LC olarak adlandırılan 55 tonluk 3,6 m³ kova kapasitesine sahip ters kepçeli hidrolik yükleyici kullanılırken, söz konusu malzemenin kırılma işini de Bornova mıcır kırma tesisi yapmıştır.

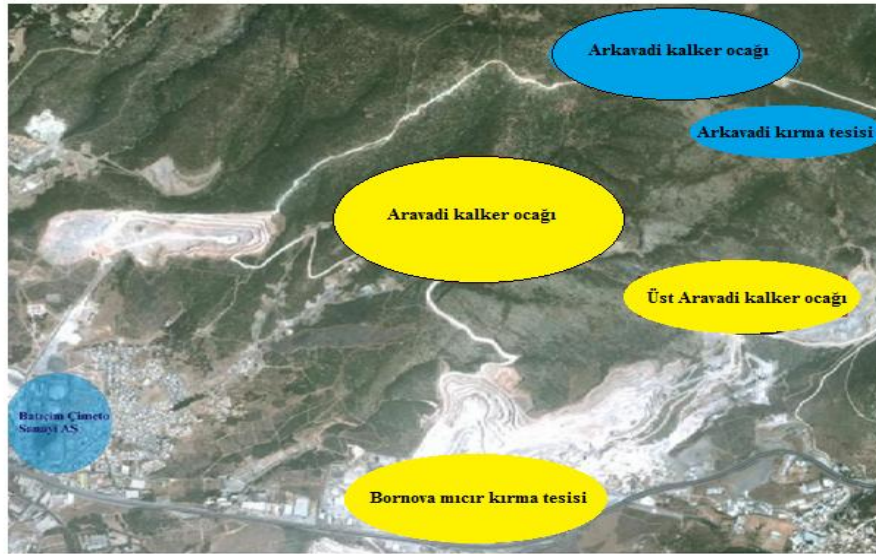
Arazi çalışmaları kapsamında kayaçın yerindeki özelliklerinin belirlenmesinden boyut küçültme işleminin son aşaması olan kırma-eleme ve sınıflama aşamasına kadar veri toplama prosesi oluşturulmuştur. Bu veri toplama prosesi, teknolojik ölçme cihazların üretim faaliyetleri sırasında; araştırma tezi değerlendirilmesinde kullanılmak amacıyla veri üretmesi esasına dayanmaktadır. Buna göre veri toplama prosesinin ilk aşaması patlatılacak şev aynasının kaya kütlesi süreksizlik özelliklerinin belirlenmesi ile başlamaktadır. Devam eden aşamada patlatma planı bilgileri ile birlikte kullanılan patlayıcı miktarları elde edilmiştir. Patlatma sonucu oluşan yığının boyut analizi, görüntü işleme yöntemi kullanılarak yapılmış ve yığının ortalama tane boyut dağılımı elde edilmiştir. Patlama sonucu oluşan yığının kazı-yükleme performansları ölçülmüş, nakliye kamyonlarının doldurulma süreleri tespit edilmiştir. Veri toplama prosesinin son aşaması kırma-eleme tesisindeki kırıcılara ait enerji sarfiyatlarının zamana bağlı değişiminin tespit edilmesidir.

Şekil 4.1 ve 4.2’de araştırmanın yapıldığı tüm ocakların konumları verilmiştir. Ölçme sistemlerinin kurulması aşamasından sonra araştırma dönemi boyunca otuzbir

adet deney yapılmış, detayları ve değerlendirmeleri aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.



Şekil 4.1 Araştırma çalışmalarının yapıldığı hammadde ocaklarının bir görünümü.



Şekil 4.2 Araştırma çalışmalarının yapıldığı hammadde ocakları ve kırma tesislerinin konumu.

4.2 Arkavadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneyleri

Batı Anadolu Çimento Fabrikasına ait Arkavadi kalker ocağında 12 adet patlatma deneyi yapılmıştır. Patlatma deneyleri 89 mm. delik çapında, tek veya çift sıra halinde planlanmıştır. Yapılan deneylerde elde edilen malzemenin izlenmesi yaklaşık

24 ile 48 saatlik süreleri kapsamıştır. Yapılan deneyler aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

4.2.1 Arazi Çalışması Deney 1

24 Ocak 2011 ilk arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda sahada süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 1'e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.1.1 Deney 1'in Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Deney 1'in patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması ve patlatma sonrası yapılan analizler aşağıda verilmiştir.

Bu ölçüm sonucunda elde edilen bilgiler süreksizlik arasındaki dolgu malzemesinin özellikleri ile kalınlığı ve en önemlisi süreksizlik sıklığıdır. Bu yüzden şerit metre ile tüm patlatma aynası her süreksizlikte ölçülmüş ve Tablo 4.1'deki sonuçlar elde edilmiştir. Süreksizlik Sıklığı, $2195/81=27,1$ cm/çatlak olarak bulunmuştur.

Tablo 4.1 Deney 1'in patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0cm, 7cm, 50–57cm (Kalsit, Kil), 62cm, 66cm, 74cm, 80cm, 100-139cm (kil), 149cm, 157cm, 165-175cm (Kil), 175-190cm (Kalsit), 190-195cm (Kalsit), 210cm, 246cm, 247cm, 248 – 253cm (Killi Kireçtaşı), 283cm, 287cm, 290cm, 294cm, 310cm, 323–335cm (Kalsit), 335 – 368cm (Killi Parçalanmış Zon), 388–395cm (Kil), 405cm, 415cm, 430cm, 438-448cm (Kalsit, Kil), 469cm, 477cm, 482cm, 490cm, 516cm, 521cm, 552cm, 578cm, 606-608cm (Kil), 616-630cm (Kalsit), 660-679cm (Kil), 690-710cm (Killi Zon), 718cm, 723cm, 730cm, 732cm, 738 -760cm (Kil), 769cm, 773cm, 785cm, 792cm, 810cm, 829cm, 859-861cm (Kil), 928-939cm (Kil), 945- 952cm (Kil), 955cm, 970cm, 986cm, 988cm, 995cm, 1002cm, 1007-1014cm (Kireçtaşı), 1025cm, 1033cm, 1038cm, 1046cm, 1054cm, 1066cm, 1073cm, 1092cm, 1108cm, 1113cm, 1126cm, 1129cm, 1132cm, 1136cm, 1139cm, 1143cm, 1144cm, 1150cm, 1158cm, 1187-1201cm (Kil), 1208cm, 1232cm, 1235cm, 1245cm, 1250cm, 1256cm, 1269-1271cm (Kalsit, Kil), 1285cm, 1310cm, 1325cm, 1340cm, 1347cm, 1350cm, 1356cm, 1359cm, 1368cm, 1379cm, 1385cm, 1398cm, 1408cm, 1430 – 1440cm (Kil), 1440-1443cm (Kalsit), 1460cm, 1471cm, 1473cm, 1490-1525cm (Kalsit, Kil), 1540cm, 1580cm, 1582cm, 1587cm, 1590cm, 1606-1637cm (Kil), 1664cm, 1671cm, 1687cm, 1703cm, 1737-1740cm (Kil), 1756-1764cm (Kil), 1796cm, 1815-1823cm (Kalsit, Kil), 1848cm, 1853-1858cm (Kalsit, Kil), 1928cm, 1934cm, 1970-1979cm (Kalsit), 1986cm, 1997-1920cm (Kil), 1930cm, 1958cm, 1964cm, 1967cm, 1983-1988cm (Kil), 2009cm, 2022cm, 2025cm, 2027cm, 2030cm, 2055cm, 2065cm, 2072cm, 2076cm, 2085cm, 2108-2113cm (Kil), 2120cm, 2133cm, 2138cm, 2164-2171cm (Killi Kireçtaşı), 2177cm, 2195 m
--

Bulunan süreksizlik sıklığına göre ISRM'nin kaya kütle tanımlamalarında dar aralıklı süreksizlik sınıflamasına dahil olmaktadır.

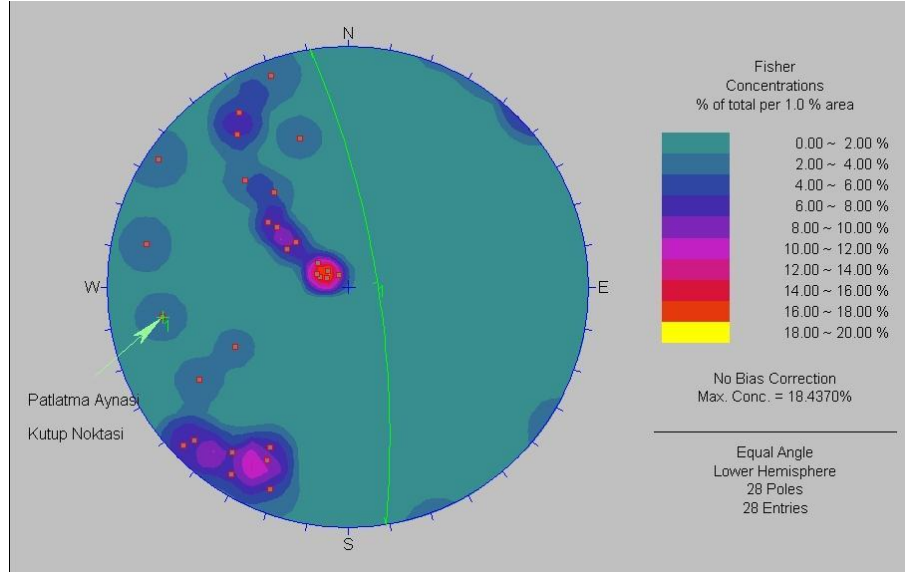
Bu patlatma deneyinde pusula ölçümüyle elde edilen çatlak, tabakalanma ve şev aynasına ait eğim/eğim yönü değerleri Tablo 4.2'de verilmektedir.

Tablo 4.2 Deney 1'e ait patlatma aynasının eğim/eğim yönü değerleri.

Çatlak					Tabakalanma				Şev aynası
72/58	63/13 6	76/81	33/122	7/143	63/136	53/142	33/122	7/143	76/81
85/35	18/12 8	14/110	11/114	12/129	18/128	14/110	11/114	12/12 9	
21/10 2	42/13 0	46/129	32/131	16/113	42/130	46/129	32/131	16/11 3	

Pusula ölçümünden alınan veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetleri ve sonuçları Şekil 4.3'de görülmektedir.

Deney 1'e ait Stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu, eğim/eğim yönü olarak 11/126 değeri görülmektedir. Çatlak takımlarının yoğunlaştığı bölge ise yaklaşık olarak 83/39 ile 77/146 değerleridir.



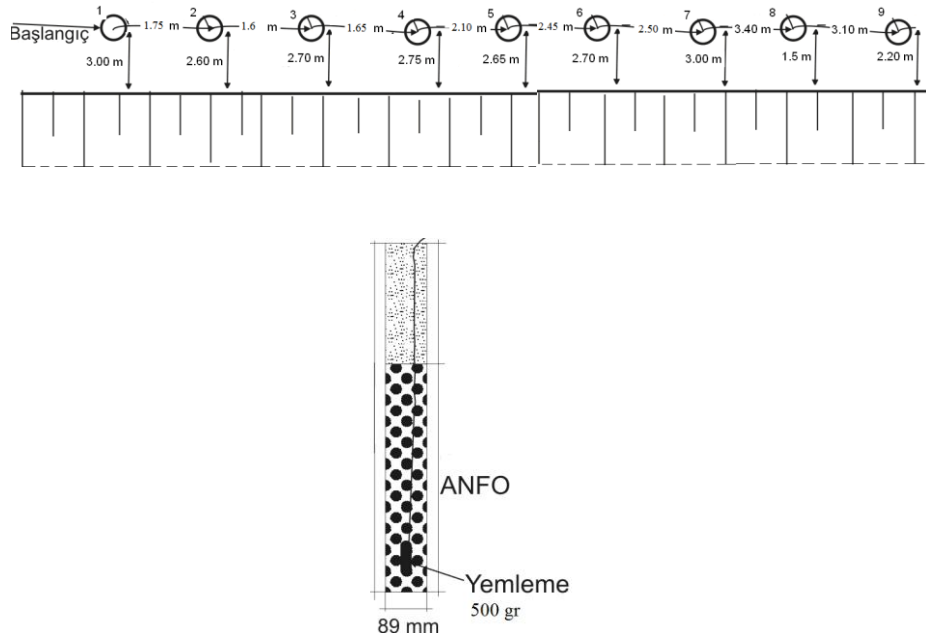
Şekil 4.3 Deney 1'e ait patlatma aynasının streonetlerinin görünümü.

4.2.1.2 Deney 1'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Gerçekleştirilen ilk patlatma deneyinde 9 adet delik tek sıra halinde delinerek patlatma işlemi yapılmıştır. Bu patlatmada 469,2 kg ANFO, 4,5 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 473,7 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.4'de, teknik detaylar Tablo 4.3'de verilmektedir.

Tablo 4.3 Patlatma deneyi 1'e ait teknik veriler.

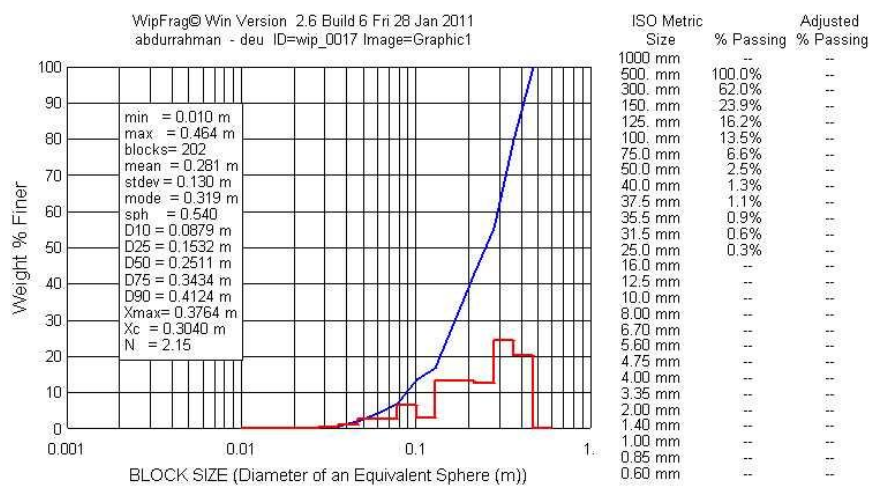
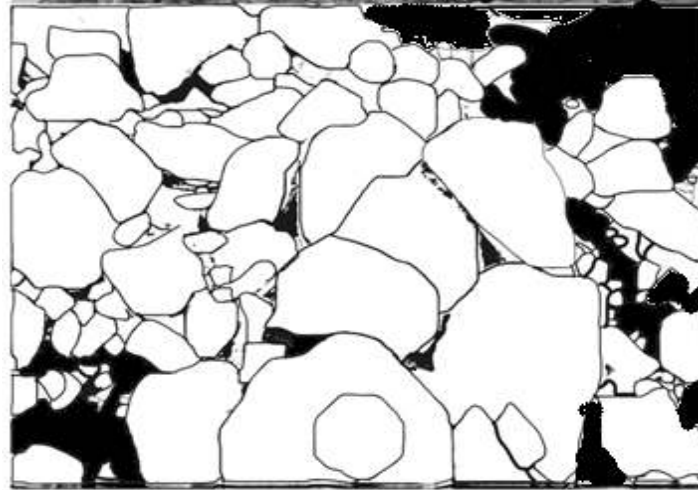
Delik no	Delik çapı (mm)	Basamak yüksekliği (m)	Delik boyu (m)	Sıkılama Boyu (m)	Şarj kolon boyu (m)	Patlayıcı madde miktarı (kg)	Yemleme miktarı (gr)	Dilim kalınlığı (m)	Delikler arası mesafe (m)
1	89,00	12,50	14,00	4,00	10,00	60,00	500,00	3,00	1,75
2	89,00	12,50	14,00	4,00	10,00	60,00	500,00	2,60	1,6
3	89,00	12,50	14,00	4,00	10,00	60,00	500,00	2,70	1,65
4	89,00	12,50	14,00	4,00	10,00	60,00	500,00	2,75	2,1
5	89,00	12,50	14,00	4,00	10,00	60,00	500,00	2,65	2,45
6	89,00	12,50	7,00	2,00	5,00	30,00	500,00	2,70	2,5
7	89,00	12,50	8,00	2,50	5,50	33,00	500,00	3,00	3,4
8	89,00	12,50	11,00	3,30	7,70	46,20	500,00	1,50	3,1
9	89,00	12,50	14,00	4,00	10,00	60,00	500,00	2,20	
Toplam						469,20	4500		



Şekil 4.4 Deney 1'e ait patlatma plan görüntüsü ve delik düşey kesiti.

4.2.1.3 Deney 1'in Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Bu patlatma yığınının görüntüler alınarak Wipfrag görüntü işleme programında boyut dağılım analizi yapılmıştır. Şekil 4.5'de Wipfrag görüntü işleme programından elde edilen boyut dağılımları sonucu görülmektedir. Bu deneyde tüm yığını temsil etmek üzere 10 adet görüntü alınmıştır.



Şekil 4.5 Deney 1'in altı nolu görüntüsünün boyut dağılımı analizi.

10 adet görüntünün boyut dağılım analizi Wipfrag görüntü işleme programında ayrı ayrı yapılmaktadır. Elde edilen 10 adet analizin ortalama D50 değerini bulmak için yukarıda verilen şekil deki kırmızı eğri kullanılır. Kırmızı eğri boyut analizinde kullanılan tanelerin frekans değerlerini göstermektedir. Her bir görüntü analizinin aynı fraksiyondaki frekans değerleri (tane sayıları) kendi aralarında toplanır ve Şekil 4.6'daki gibi yeni bir eğri çizilir. Çizilen toplamalı eğrinin D50 si görüntü analizlerinin ortalama D50 sini vermektedir.

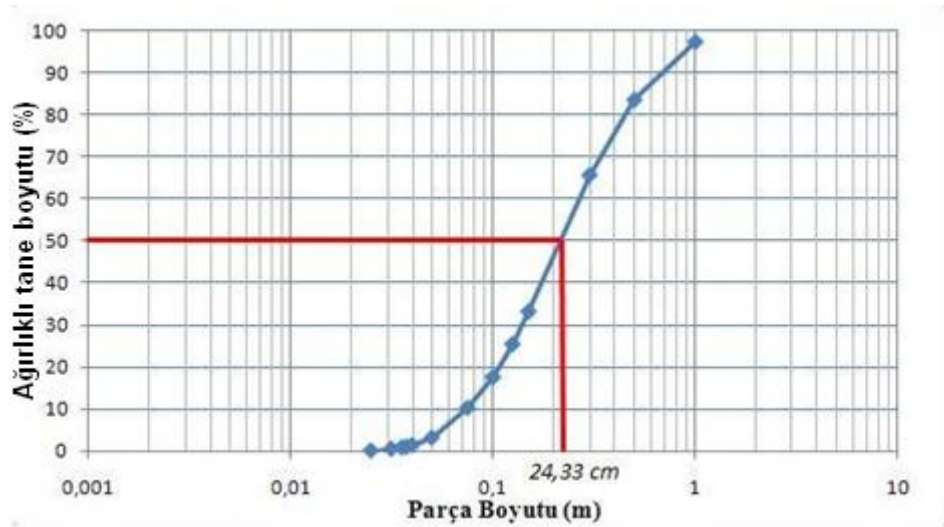
Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.4, 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmektedir.

Tablo 4.4 Patlatma sonrası elde edilen görüntülere ait veriler.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	Minimum parça boyutu (m)	Maximum parça boyutu (m)	D50 (m)	Parça sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	0,008	0,077	0,440	66	62,38	37,62
Foto 2	0,013	1,000	0,185	465	60,21	39,79
Foto 3	0,017	0,774	0,166	969	60,55	39,45
Foto 4	0,013	0,774	0,346	314	67,05	32,95
Foto 5	0,013	1,292	0,329	191	62,45	37,55
Foto 6	0,010	0,464	0,251	202	72,95	27,05
Foto 7	0,017	0,774	0,340	183	61,14	38,86
Foto 8	0,013	0,599	0,189	368	67,4	32,6
Foto 9	0,013	0,464	0,173	398	57,58	42,42
Foto 10	0,017	0,599	0,187	518	59,21	40,79
Ortalama					63,09	36,91

Tablo 4.5 Patlatma sonrası elde edilen 10 adet görüntünün tane boyutuna göre %'de dağılımı.

Parça boyutu (mm)	Ağırlıklı %'de
1000	97,44
500	83,61
300	65,68
150	33,19
125	25,41
100	17,57
75	10,26
50	3,15
40	1,39
37,5	1,02
35,5	0,79
31,5	0,48
25	0,09



Şekil 4.6 Patlatma sonrası elde edilen kümülatif parça boyut dağılımı.

Ağırlıkça birleştirilmiş 10 adet görüntünün ortalama parça boyut dağılımı (D50), Şekil 12'den 24,33 cm olarak bulunmuştur. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri de Tablo 4.4'deki veriler kullanılarak 16,08 cm olarak bulunmuştur.

4.2.1.4 Deney 1'in Nakliye Performansına Etkisi ve Özgöl Şarjın Hesabı

Patlatma sonucu oluşan malzemenin nakliye performansı tüm malzemenin oluşturduğu yığın yoğunluğu değerine göre belirlenmiştir. Nakliye kamyonlarının birbirleriyle karışmaması için tüm kamyonlar numaralandırılmıştır. Söz konusu patlatma deneyinde patlatma sonucu oluşan malzeme nakliyatını farklı kasa hacimlerine sahip iki adet kamyon gerçekleştirmiştir. Her patlatma deneyi için her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı ve kamyon kasa hacimleri değerleri kullanılarak her bir kamyon için taşınan malzeme yoğunluğu hesaplanmıştır. Bu malzeme yoğunluğuna göre kamyonların sefer sayısı kullanılarak ağırlıklı ortalama ile patlatma deneyine ait yığın yoğunluğu değeri bulunmuştur. Patlatma sonucu oluşan yığının oluşturduğu malzeme miktarları ve malzemenin kaç sefer-kamyonla taşındığı bilgileri işletmeye ait kantardan alınmıştır. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6 Deney 1'in nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
22	20,23	36,70	25	1,814	1,791
23	19,30	34,15	25	1,764	

Özgöl şarjın hesabında, öncelikle ölçülen toplam malzeme ağırlığı, malzemenin birim hacim ağırlığına bölünerek patlatma sonucu oluşan toplam malzeme hacmi hesaplanmıştır. Sonrasında ise toplam patlayıcı madde miktarı ile toplam malzeme hacmi birbiriyle bölünüp özgöl şarj değeri belirlenmiştir. Özgöl Şarjın bulunmasında kullanılan toplam patlayıcı madde miktarı ANFO ve yemleme olarak kullanılan patlayıcıların toplamıdır. Deney 1 için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

$$\text{Toplam malzeme} = 2350 \text{ ton} / 2,74 \text{ ton/m}^3 = 854,66 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 473,7 \text{ kg}$$

$$\text{Özgöl şarj} = 473,7 \text{ kg} / 854,66 \text{ m}^3 = \mathbf{0,55 \text{ kg /m}^3}$$

4.2.1.5 Deney 1'in Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme süresine göre kamyonun taşıdığı malzeme miktarlarına bakılmıştır. Bu deneyde ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 181 kepçe periyodu gözlenerek 664,100 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 188,64 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.7'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yüklediği malzeme miktarı görülmektedir. Ayrıca Tablo 4.7'de her bir kamyonu ait yüklenme süreleri uzunsa nedenini gösteren açıklama kısımları da yer almaktadır.

Tablo 4.7 Deney 1'e ait kamyon yüklenme süreleri ve malzeme miktarları.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)	Açıklama
22	9	180,94	
22	9	201,88	Yığın düzeltmesi
22	9	199,81	
22	9	172,85	
22	9	167,34	
22	10	203,52	Yığın düzeltmesi
22	9	185,82	
22	9	187,18	Yığın düzeltmesi
22	9	191,91	Yığın düzeltmesi
22	9	182,01	
22	9	169,02	Yığın düzeltmesi
22	10	200,39	
22	9	189,78	Yığın düzeltmesi
22	9	188,91	
22	9	174,24	
22	9	200,72	
22	9	189,93	
22	9	210,77	Yığın düzeltmesi
22	9	187,3	
Ortalama	9,10	188,64	

4.2.2 Arazi Çalışması Deney 2

16 Şubat 2011 tarihinde ikinci arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda sahada süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 2'ye ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.2.1 Deney 2'nin Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Deney 2'nin patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması deney 1'deki gibi yapılmış ve sonuçları aşağıda verilmiştir.

Deney 2'nin patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, Tablo 4.8'de verilmektedir.

Tablo 4.8 Deney 2'ye ait patlatma aynasının hat etüdü ölçümleri.

0cm, 34cm, 65-190cm (Parçalanmış Zon), 190-210cm (Kireçtaşı), 275cm, 313-333cm (Fay Zonu (Kalsit, Kireçtaşı)), 565cm, 814cm, 907-947cm (Kalsit, Kireçtaşı), 1110cm, 1230cm, 1303-1306cm (Boşluk), 1408cm, 1490cm, 1572-1580cm (Kil), 1740cm, 1920cm

Hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik sıklığı; $1920 / 21 = 91,43$ cm/çatlak olarak belirlenmiştir. ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Yakın Aralıklı*” sınıfına dahil olmaktadır.

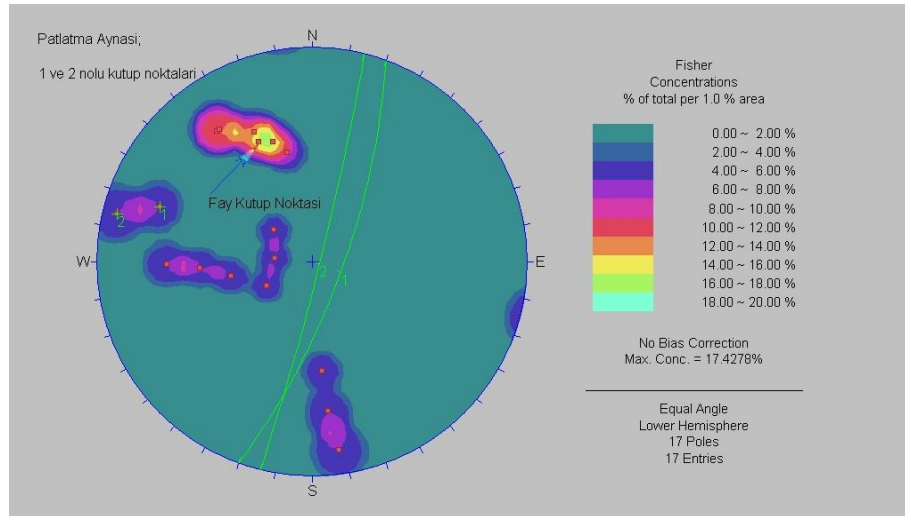
Pusula ölçümüyle elde edilen patlatma aynasının çatlak ve tabakalanmaya ait eğim/eğim yönü değerleri Tablo 4.9'da verilmektedir.

Tablo 4.9 Deney 2'ye ait patlatma aynasının eğim/eğim yönü değerleri.

	Çatlak		Şev aynası	Tabakalanma
54/355	55/167	83/352	74/110	42/80
61/162	74/145	27/62	86/104	55/87
67/156	20/95	26/130		68/89
74/144	70/354			
Fay		63/156		

Pusula ölçümünden elde edilen değerler ile oluşturulan şev aynasının stereonetleri Şekil 4.7'de verilmektedir.

Deney 2'ye ait stereonet incelendiğinde, tabakalaşmanın patlatmayı etkileyecek kadar bir yoğunluğa sahip olmadığı görülmektedir. Çatlak takımlarında ise en yoğun çatlakların bulunduğu bölge, eğim/eğim yönü olarak 62/159 değerleridir. Çatlakların yoğunlaştığı diğer bir bölge ise 76/353 değeridir.



Şekil 4.7 Deney 2'ye ait streonetlerin görünümü.

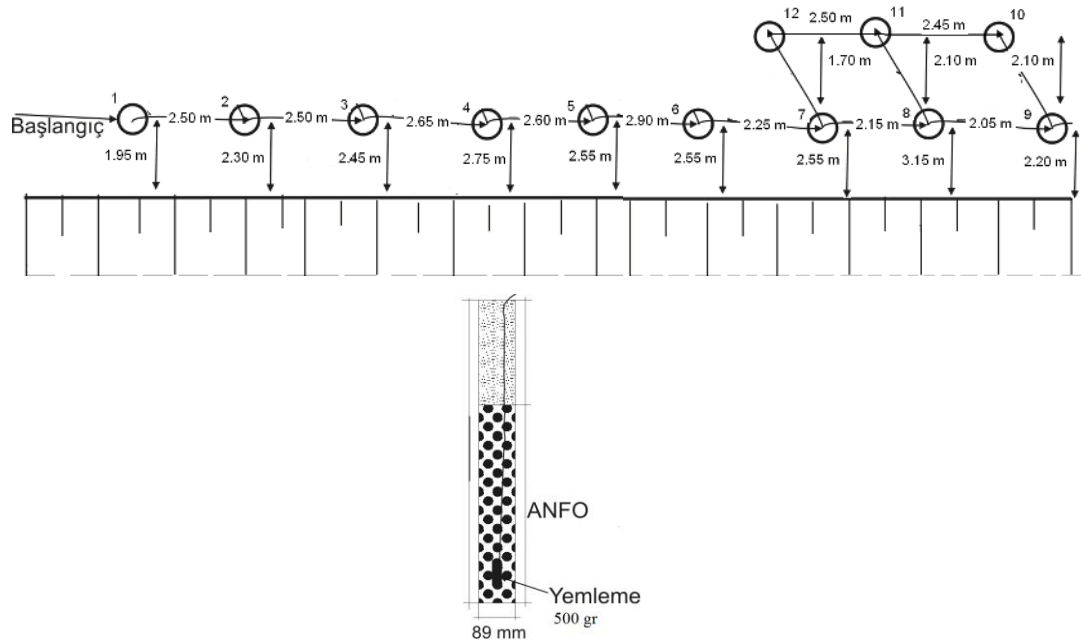
4.2.2.2 Deney 2'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Bu patlatma deneyinde 9 tanesi ilk sırada, 3 tanesi de ikinci sırada olmak üzere toplam 12 delik çift sıra halinde delinerek patlatma işlemi yapılmıştır. 3 adet delik dışında tüm delikler 14 m olarak delinen bu patlatma deneyinde ANFO ve yemleme

dinamiti olarak toplam 597,5 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.8’de, teknik detaylar Tablo 4.10’da verilmektedir.

Tablo 4.10 Patlatma deneyi 2’ye ait teknik veriler.

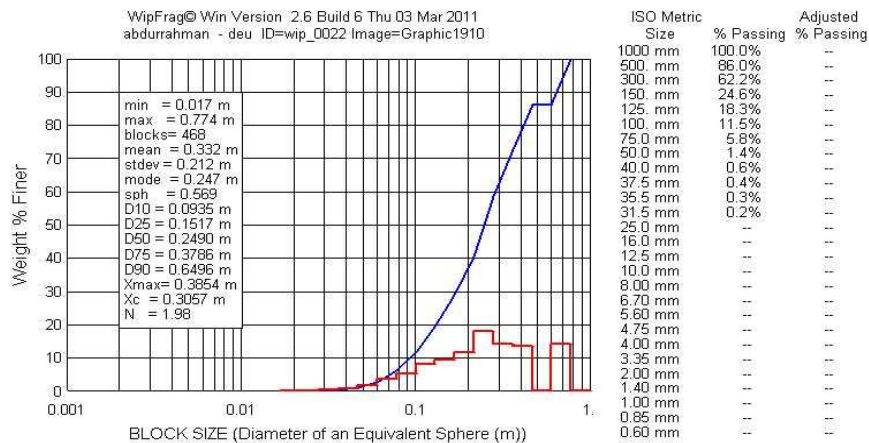
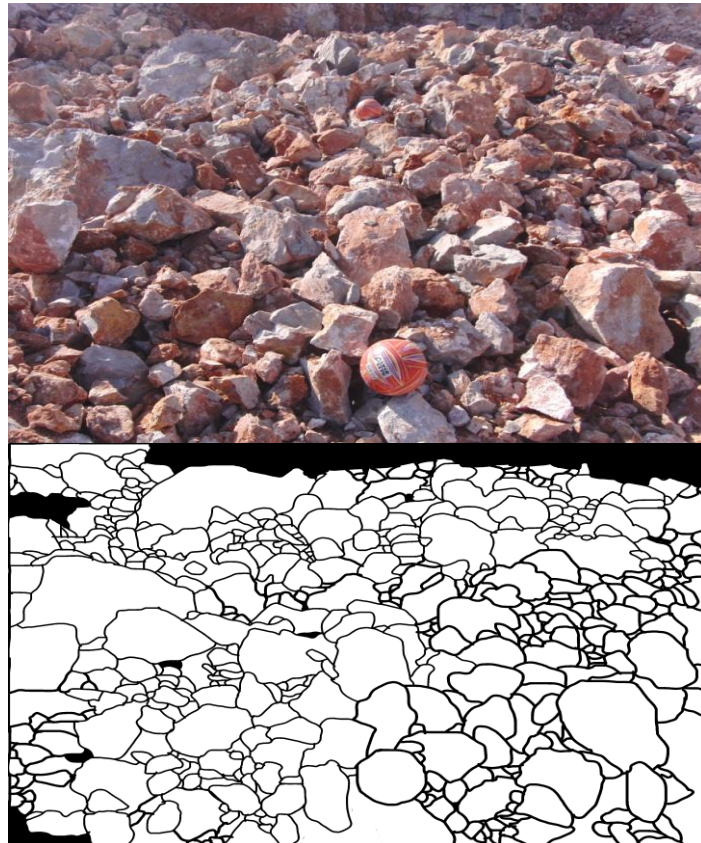
Delik no	Delik çapı (mm)	Basamak yüksekliği (m)	Delik boyu (m)	Sıkılama boyu (m)	Şarj kolon boyu (m)	Patlayıcı madde miktarı (kg)	Yemleme miktarı (gr)	Dilim kalınlığı (m)	Delikler arası mesafe (m)
1, sıra									
1	89,00	12,50	14,00	3,00	11,00	55,00	500,00	1,95	2,50
2	89,00	12,50	14,00	3,00	11,00	55,00	500,00	2,30	2,50
3	89,00	12,50	14,00	3,00	11,00	55,00	500,00	2,45	2,65
4	89,00	12,50	14,00	3,00	11,00	55,00	500,00	2,75	2,60
5	89,00	12,50	14,00	3,00	11,00	55,00	500,00	2,55	2,90
6	89,00	12,50	7,00	2,00	5,00	25,00	500,00	2,55	2,25
7	89,00	12,50	8,00	2,00	6,00	30,00	500,00	2,55	2,15
8	89,00	12,50	11,00	2,50	8,50	43,00	500,00	3,15	2,05
9	89,00	12,50	14,00	3,00	11,00	55,00	500,00	2,20	
2, sıra									
10	89,00	12,50	14,00	3,00	11,00	55,00	500,00	2,10	2,45
11	89,00	12,50	14,00	3,00	11,00	55,00	500,00	2,10	2,50
12	89,00	12,50	14,00	3,00	11,00	55,00	500,00	1,70	
Toplam						593	4,50		



Şekil 4.8 Deney 2’ye ait patlatma plan görüntüsü ve delik düşey kesiti.

4.2.2.3 Deney 2'nin Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Bu patlatma yığımından Şekil 4.9'daki gibi görüntüler alınarak Wipfrag görüntü işleme programında boyut dağılım analizi yapılmıştır. Şekil 16'da Wipfrag görüntü işleme programından elde edilen boyut dağılımları sonucu görülmektedir. Bu deneyde tüm yığını temsil etmek üzere 9 adet görüntü alınmıştır.



Şekil 4.9 Deney 2'nin üç nolu görüntüsünün boyut dağılımı analizi.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.11 ve 4.12’de verilmektedir.

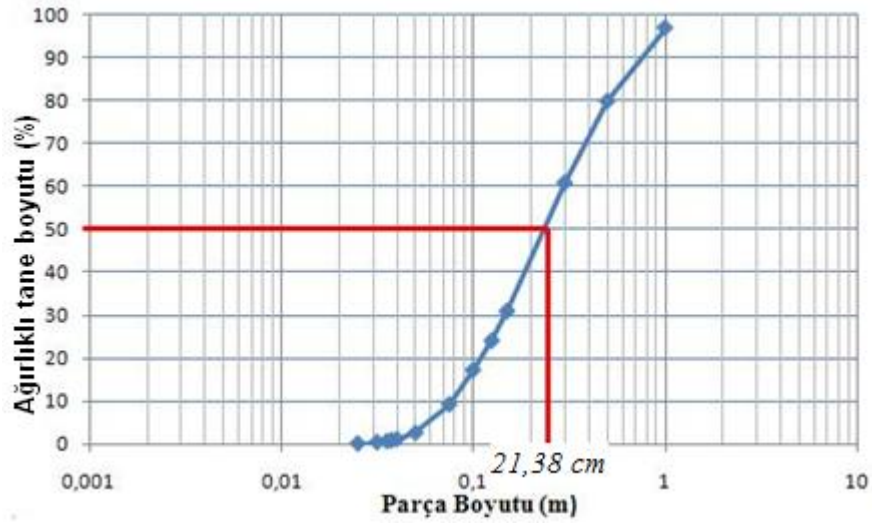
Tablo 4.11 Patlatma sonrası elde edilen görüntülere ait veriler.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	Minimum parça boyutu (m)	Maximum parça boyutu (m)	D50 (m)	Parça sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)
Foto 1	1,292	0,017	0,259	455	78,26	21,74
Foto 2	0,464	0,017	0,160	726	85,16	14,84
Foto 3	0,774	0,017	0,212	566	84,79	15,21
Foto 4	1,000	0,017	0,381	402	74,88	25,12
Foto 5	0,774	0,017	0,212	703	72,32	27,68
Foto 6	0,774	0,017	0,249	468	67,90	32,10
Foto 7	1,000	0,017	0,452	175	71,82	28,18
Foto 8	1,000	0,022	0,390	267	79,75	20,25
Foto 9	1,292	0,017	0,561	182	79,46	20,54
Ortalama					77,14921	22,85079

Tablo 4.12 Patlatma sonrası elde edilen 9 adet görüntünün tane boyutuna göre %’de’de dağılımı.

Parça boyutu (mm)	Ağırlıklı %’de
1000	97,02
500	79,91
300	60,87
150	30,94
125	24,05
100	17,23
75	9,17
50	2,54
40	1,08
37,5	0,83
35,5	0,63
31,5	0,37
25	0,04

Patlatma sonucu oluşan tüm yığını temsil edecek şekilde elde edilen 9 adet görüntünün Wipfrag görüntü işleme programında ayrı ayrı yapılan tane boyut dağılımı sonuçlarından elde edilen grafik de Şekil 4.10’da görülmektedir.



Şekil 4.10 Patlatma sonrası elde edilen kümülatif parça boyut dağılımı.

Ağırlıkça birleştirilmiş 9 adet görüntünün ortalama parça boyut dağılımı (D50), Şekil 15’den 21,38 cm olarak bulunmuştur. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri de Tablo 4.11’deki veriler kullanılarak 16,95 cm olarak bulunmuştur.

4.2.2.4 Deney 2’nin Nakliye Performansına Etkisi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, deney 1’de olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13 Deney 2’nin nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
22	20,23	34,71	16	1,716	1,772
23	19,30	34,98	21	1,812	

Bu patlatma deneyinde toplam 2700,55 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$$\text{Toplam malzeme} = 2700,55 \text{ ton} / 2,74 \text{ ton/m}^3 = 985,60 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 597,5 \text{ kg}$$

$$\text{Özgül şarj} = 597,5 \text{ kg} / 985,60 \text{ m}^3 = \mathbf{0,61 \text{ kg} / \text{m}^3}$$

4.2.2.5 Deney 2'nin Yükleyici Performansına Etkisi

2. deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 354 kepçe periyodu gözlenerek 1410,65 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 174,39 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.14'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yüklediği malzeme miktarı görülmektedir.

Tablo 4.14 Deney 2'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve malzeme miktarları.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)	Açıklama
23	8	165,27	
22	8	129,22	
22	8	146,71	
23	8	166,38	
22	8	164,79	
23	8	156,61	
22	8	163,07	
22	9	218,00	Yığın düzeltmesi
23	9	195,43	Yığın düzeltmesi
22	9	169,97	
22	8	179,86	
23	8	135,56	
22	8	164,94	
23	9	200,21	
22	9	167,39	
23	8	158,30	
22	9	169,78	
23	8	157,31	
22	8	157,46	
23	9	181,06	
22	9	217,74	Yığın düzeltmesi
23	9	208,36	
22	8	154,48	
23	8	154,85	
22	7	129,18	
23	8	151,74	
22	9	171,61	
23	8	147,98	
22	8	164,80	
23	8	169,24	
22	9	189,24	
22	9	191,68	
22	8	171,80	Yığın düzeltmesi
23	8	170,22	
22	9	205,25	
23	9	210,10	
22	9	228,73	Yığın düzeltmesi
23	9	188,59	
22	9	219,15	
23	8	183,67	
Ortalama	8,4	174,39	

4.2.3 Arazi Çalışması Deney 3

17 Mart 2011 tarihinde üçüncü arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda sahada süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 3'e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.3.1 Deney 3'ün Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Deney 3'ün patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması ve patlatma sonrası yapılan analizler aşağıda verilmiştir.

Deney 3'ün patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümünde, patlatma aynası boyunca toplam 48 ölçüm alınmış ve sonuçları Tablo 4.15'de verilmektedir.

Tablo 4.15 Deney 3'e ait patlatma aynasının hat etüdü ölçümleri.

0cm, 115-120cm (<i>parçalanmış zon</i>), 123cm, 125cm, 170-174cm (<i>Kalsit dolgu</i>), 330-333cm (<i>boşluk</i>), 344cm, 510cm, 511cm, 527-530cm (<i>boşluk</i>), 720cm, 790cm, 860cm, 920cm, 1018-1020cm (<i>parçalanmış zon</i>), 1075-1080cm (<i>kil</i>), 1120cm, 1152-1154cm (<i>kil, kalsit</i>), 1160cm, 1180-1183cm (<i>parçalanmış zon</i>), 1388-1390cm (<i>kil</i>), 1419cm, 1529-1531 (<i>Kil, yer yer boşluklu yapı</i>), 1648cm, 1690cm, 1704cm, 1790cm, 1795cm, 1960-1962cm (<i>kil</i>), 1982cm, 1994cm, 2142cm, 2182cm, 2272cm, 2362cm, 2367cm, 2882cm, 2892cm
--

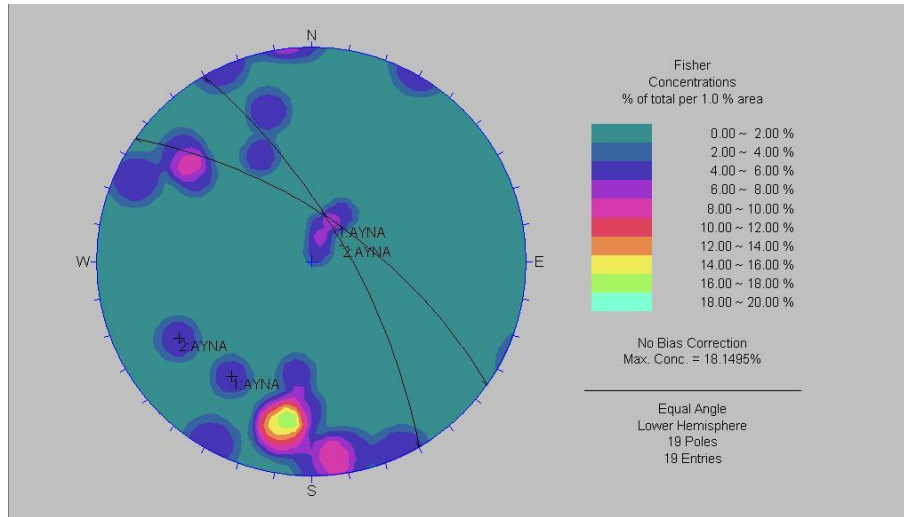
Tablo 4.15'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik sıklığı; $2892 / 48 = 60,25$ cm/çatlak olarak belirlendiğinden ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Yakın aralıklı” tanımlamasına dahil olmaktadır.

Pusula ölçümüyle elde edilen patlatma aynasının çatlak ve tabakalanmaya ait eğim/eğim yönü değerleri Tablo 4.16'da verilmektedir.

Tablo 4.16 Deney 3'e ait patlatma aynasının eğim/eğim yönü değerleri.

	Çatlak		Şev aynası	Tabakalanma
130/76	127/68	154/57	212/29	212/29
115/84	164/72	355/72	210/7	210/7
350/84	357/86	335/89	197/19	197/19
12/72	8/55	11/76		
3/69	29/88	10/78		

Pusula ölçümünden alınan veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetleri elde edilmiş ve sonuçları Şekil 4.11'de verilmektedir. Deney 3'e ait Stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumunun eğim/eğim yönü olarak 22/206 değeri görülmüş, çatlak takımlarının en yoğun olduğu bölge ise 72/8 değeri görülmektedir. Çatlakların yoğunlaştığı diğer eğim ve eğim yönleri ise; 71/128 ile 84/353 tür.



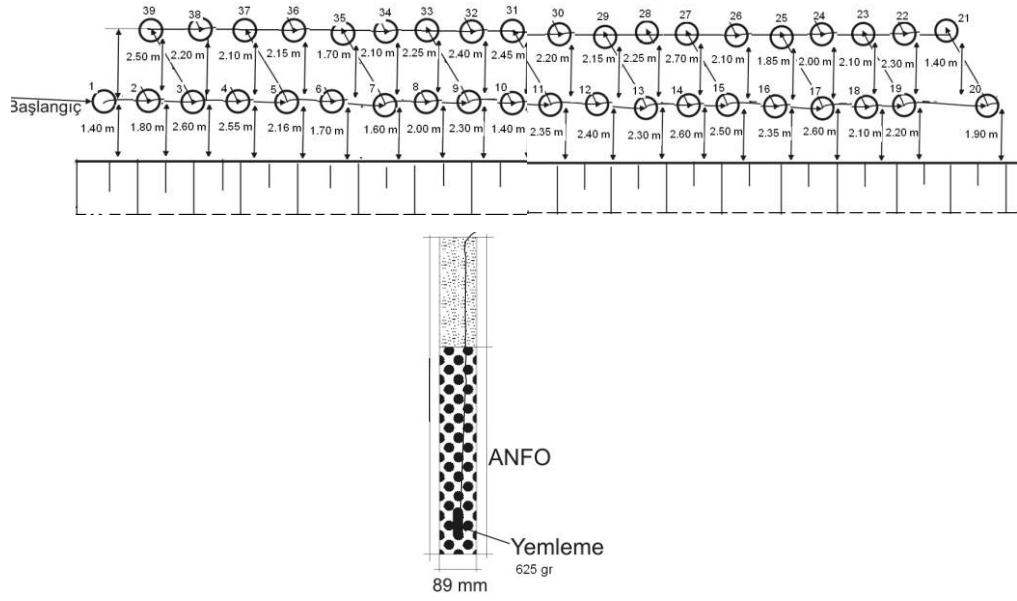
Şekil 4.11 Deney 3'e ait streonetlerin görünümü.

4.2.3.2 Deney 3'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Yapılan 3. Patlatma deneyinde 39 patlatma deliği (ilk sıra 20 delik, ikinci sıra 19 delik) açılmış, gecikmeli patlatma patterni kullanılarak patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Patlatma deliklerinin boyu 8 ya da 9 m olan bu deneyde toplam 1124,375 kg patlayıcı kullanılmıştır. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.12'de, teknik detaylar Tablo 4.17'de verilmektedir.

Tablo 4.17 Patlatma deneyi 3'e ait teknik veriler.

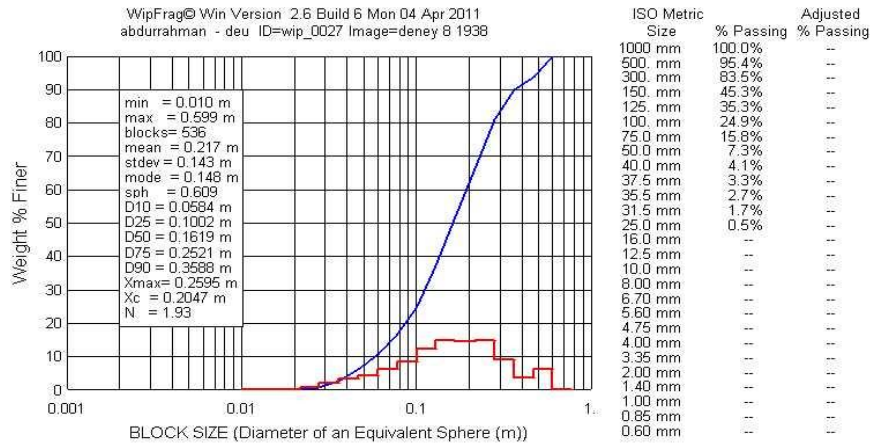
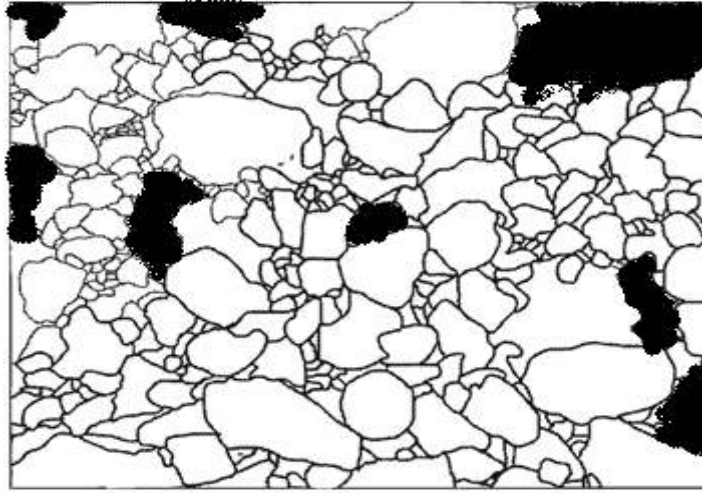
Delik no	Delik çapı (mm)	Basamak yüksekliği (m)	Delik boyu (m)	Sıkılma boyu (m)	Şarj kolon boyu (m)	Patlayıcı madde miktarı (kg)	Yemleme miktarı (gr)	Dilim kalınlığı (m)	Deliklerarası mesafe (m)
1.sıra									
1	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	1,40	2,70
2	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	1,80	2,40
3	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	30,00	625,00	2,60	2,60
4	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	30,00	625,00	2,55	2,55
5	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	2,16	2,65
6	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	30,00	625,00	1,70	2,50
7	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	1,60	2,45
8	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	30,00	625,00	2,00	2,70
9	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	2,30	2,70
10	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	1,40	2,60
11	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,35	2,70
12	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,40	2,50
13	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,30	2,95
14	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,60	2,70
15	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,50	2,50
16	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,35	2,70
17	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,60	2,70
18	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,10	2,70
19	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,20	2,80
20	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	1,90	
2. Sıra									
21	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	1,40	2,90
22	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,30	3,30
23	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,10	2,80
24	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,00	2,40
25	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	1,85	3,40
26	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,10	2,80
27	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,70	2,80
28	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,25	3,20
29	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,15	2,90
30	89,00	7,50	8,00	3,00	5,00	26,00	625,00	2,20	2,70
31	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	2,45	2,30
32	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	2,40	2,30
33	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	2,25	2,70
34	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	2,10	2,90
35	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	1,70	2,90
36	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	2,15	2,90
37	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	2,10	2,50
38	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	2,20	2,70
39	89,00	8,50	9,00	3,00	6,00	31,00	625,00	2,50	
Toplam						1100	24375		



Şekil 4.12 Deney 3'e ait patlatma plan görüntüsü ve delik düşey kesiti.

4.2.3.3 Deney 3'ün Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Patlatma işlemi sonucunda oluşan yığın bölümlere ayrılarak fotoğraflama tekniği ile toplam 12 görüntü elde edilmiş ve bu görüntülerin Wipfrag görüntü işleme programı ile ayrı ayrı Şekil 4.13'de görüldüğü gibi yığın boyut dağılımı analizi belirlenmiştir.



Şekil 4.13 Deneý 3'ün on nolu görüntüsünün boyut dağılımı analizi.

Bu analizlerden elde edilen değerlerle, tüm yığıcıı temsil eden ortalama bir sonuç bulunmuştur. Bu boyut dağılımı analizlerine ait sonuçlar Tablo 4.18 ve 4.19'da verilmektedir.

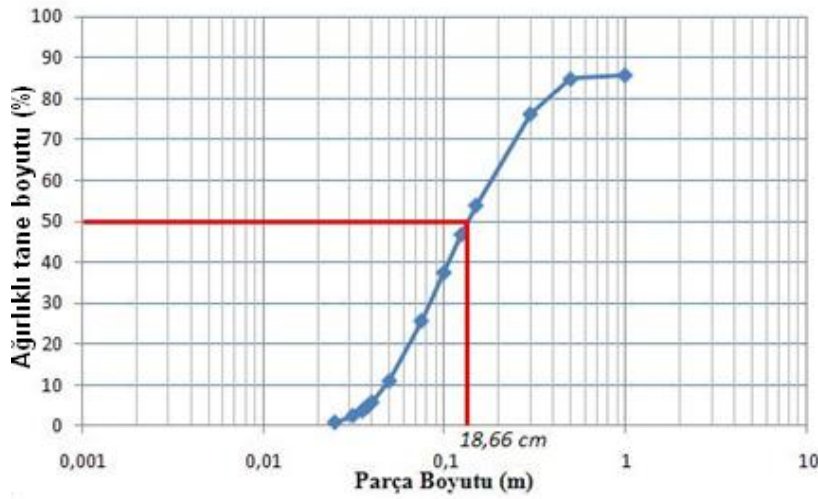
Tablo 4.18 Patlatma sonrası elde edilen görüntülere ait veriler.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	Minimum parça boyutu (m)	Maximum parça boyutu (m)	D50 (m)	Parça sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)
Foto 1	0,464	0,017	0,090	937	72,00	28,00
Foto 2	0,359	0,013	0,087	1147	64,08	35,92
Foto 3	0,359	0,013	0,082	1547	67,89	32,11
Foto 4	0,599	0,013	0,144	903	75,65	24,35
Foto 5	0,464	0,010	0,123	732	77,03	22,97
Foto 6	0,599	0,013	0,146	891	72,93	27,07
Foto 7	0,464	0,013	0,121	966	64,51	35,49
Foto 8	0,599	0,017	0,168	893	69,64	30,36
Foto 9	0,599	0,010	0,162	536	83,24	16,76
Foto 10	0,464	0,013	0,152	793	84,4	15,6
Foto 11	0,359	0,013	0,147	596	83,5	16,5
Foto 12	0,359	0,010	0,141	455	87,68	12,32
Ortalama					75,2125	24,7875

Tablo 4.19 Patlatma sonrası elde edilen 12 adet görüntünün tane boyutuna göre %’de dağılımı.

Parça boyutu (mm)	Ağırlıklı %’de
1000	85,87
500	84,95
300	76,35
150	53,97
125	46,81
100	37,47
75	25,66
50	10,92
40	5,75
37,5	4,53
35,5	3,66
31,5	2,39
25	0,79

Patlatma sonrası oluşan tüm yığının boyut dağılımını temsil eden 12 adet görüntünün, tane boyut dağılımı sonuçlarından elde edilen grafik Şekil 4.14’de görülmektedir.



Şekil 4.14 Patlatma sonrası elde edilen kümülatif parça boyut dağılımı.

Ağırlıkça birleştirilmiş 12 adet görüntünün ortalama parça boyut dağılımı (D50), Şekil 4.14'den 18,66 cm olarak bulunmuştur. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri de Tablo 4.18'deki veriler kullanılarak 14,53 cm olarak bulunmuştur.

4.2.3.4 Deney 3'ün Nakliye Performansına Etkisi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.20'de verilmiştir.

Tablo 4.20 Deney 3'ün nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
23	19,30	33,70	42	1,746	1,833
5	20,03	37,08	56	1,851	
24	17,12	33,85	13	1,977	

Bu patlatma deneyi ile toplam 1124,375 kg patlayıcı kullanılarak 4755 ton malzeme oluşmuştur.

Toplam malzeme = 4755 ton / 2,74 ton/m³ = 1735,40 m³; Toplam patlayıcı madde miktarı = 1124,375 kg; Özgül şarj = 1124,375 kg / 1735,40 m³ = **0,65 kg /m³**

4.2.3.5 Deney 3'ün Yükleyici Performansına Etkisi

Tablo 4.21'de 3. deneye ait patlatılmış yığının yüklenme zamanları verilmiştir. Bu deneyde de deney 1 ve 2'de olduğu gibi ters kepçe hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 181 kepçe periyodu gözlenerek 719,9 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 171,32 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.21'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yüklediği malzeme miktarı görülmektedir.

Tablo 4.21 Deney 3'e ait kamyon yüklenme süreleri ve malzeme miktarları.

Kamyon no	Kepçe sayısı	Kamyon yüklenme süresi (sn)	Açıklama
22	9	170,27	
5	9	174,78	
22	9	179,98	
5	8	198,07	Yığın düzeltmesi
22	9	186,66	
5	9	168,78	
22	9	183,99	
5	9	172,93	
22	9	169,41	
5	8	188,24	
22	8	145,15	
5	8	171,74	
22	7	172,36	
5	8	164,92	
22	7	190,50	
22	9	173,76	
5	7	154,74	
22	8	141,89	
5	8	176,31	
22	8	141,82	
Ortalama	8,3	171,31	

4.2.4 Arazi Çalışması Deney 4

18 Nisan 2011 tarihinde dördüncü arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda sahada süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 3'e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.4.1 Deney 4'ün Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Deney 4'ün patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması ve patlatma sonrası yapılan analizler aşağıda verilmiştir.

Deney 4'ün patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümünde, 3310 cm boyunca toplam 66 ölçüm alınmış ve sonuçları Tablo 4.22'de verilmektedir.

Tablo 4.22 Deney 4'e ait patlatma aynasının hat etüdü ölçümleri.

0cm, 33cm, 37cm, 160cm, 220cm, 269-299cm (<i>kil, kalker, parçalanmış zon</i>), 299-305cm (<i>kalsit</i>), 319cm, 320cm, 539cm, 649cm, 720-723cm (<i>boşluk</i>), 746cm, 875cm, 910cm, 1009-1014cm (<i>parçalanmış zon</i>), 1025cm, 1030cm, 1310-1339cm (<i>kalsit</i>), 1389-1401cm (<i>kil, kalsit</i>), 1415cm, 1434cm, 1486-1489cm (<i>kil</i>), 1503-1509cm (<i>kil</i>), 1509-1520cm (<i>parçalanmış killi zon</i>), 1530-1538cm (<i>kalsit</i>), 1560-1563cm (<i>kalker</i>), 1590cm, 1617-1619cm (<i>kalker</i>), 1627cm, 1659cm, 1667-1666cm (<i>boşluk</i>), 1779-1791cm (<i>kalsit</i>), 1803cm, 1807cm, 1813cm, 1879-1925cm (<i>parçalanmış zon</i>), 1970cm, 2000-2012cm (<i>kalsit</i>), 2200cm, 2225cm, 2750-2770cm (<i>parçalanmış zon</i>), 2850-2859cm (<i>kil, kalker</i>), 3050cm, 3120-3130cm (<i>kalker, kil</i>), 3208-3210cm (<i>boşluk</i>), 3310cm

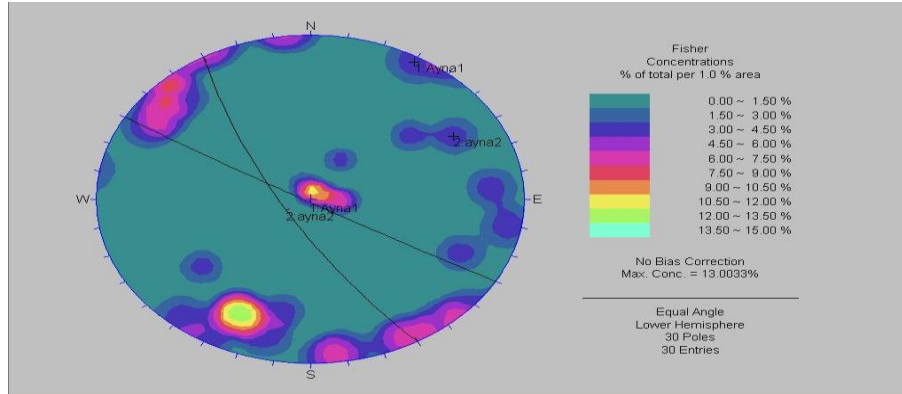
Yapılan ve Tablo 4.22'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik sıklığı; $3310/66 = 50,15$ cm/çatlak olarak bulunarak ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre "Dar aralıklı" tanımlamasına dahil olmaktadır..

Pusula ölçümüyle elde edilen patlatma aynasının çatlak ve tabakalanmaya ait eğim/eğim yönü değerleri Tablo 4.23'de verilmektedir.

Tablo 4.23 Deney 4'e ait patlatma aynasının eğim/eğim yönü değerleri.

Çatlak			Tabaka			Şev aynası
62/230	86/280	72/27	5/195	31/210	8/232	88/210
80/265	88/320	76/28	11/160	4/212	14/275	75/240
75/295	87/330	81/14	19/273			
90/313	88/355	69/11				
87/335	75/25	86/40				
82/120	80/126	77/24				
66/51	81/136	86/351				

Pusula ölçümünden alınan veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetleri Şekil 4.15'de verilmektedir. Deney 4'e ait Stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumunun eğim/eğim yönü olarak 4/213 derece olduğu görülmektedir. Çatlak takımlarından en yoğun bölge ise 73/25 değeridir. Çatlakların az da olsa yoğunlaşmış bölgelerin eğim ve eğim yönleri değerleri ise; 81/127 ile 86/327 değerleridir.



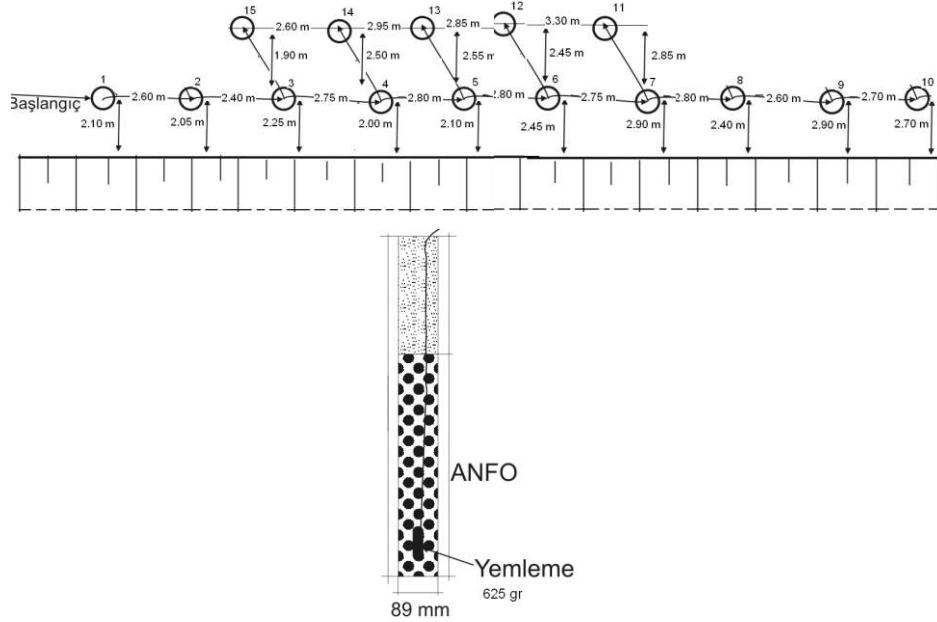
Şekil 4.15 Deney 4'e ait streonetlerin görünümü.

4.2.4.2 Deney 4'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Gerçekleştirilen bu deneyde İlk sıra 10 delik, ikinci sırada 5 delik olmak üzere toplam 15 patlatma deliği açılmış, gecikmeli patlatma patterni ile patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.16'da, teknik detaylar Tablo 4.24'de verilmektedir.

Tablo 4.24 Patlatma deneyi 4'e ait teknik veriler.

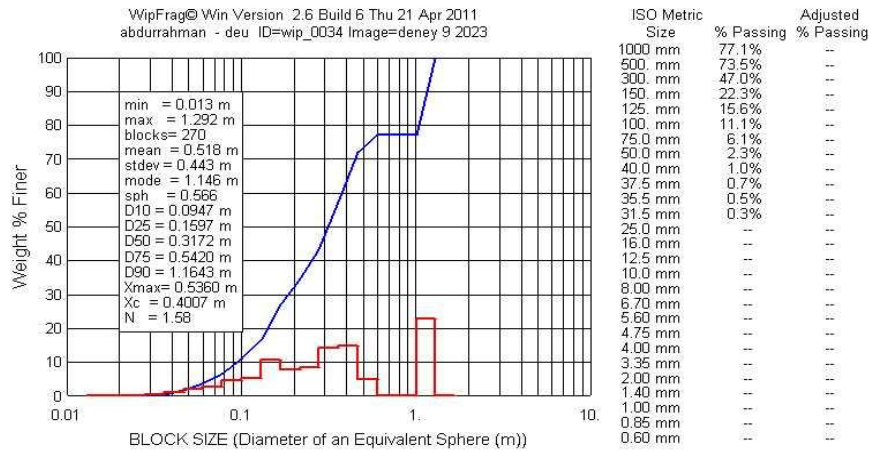
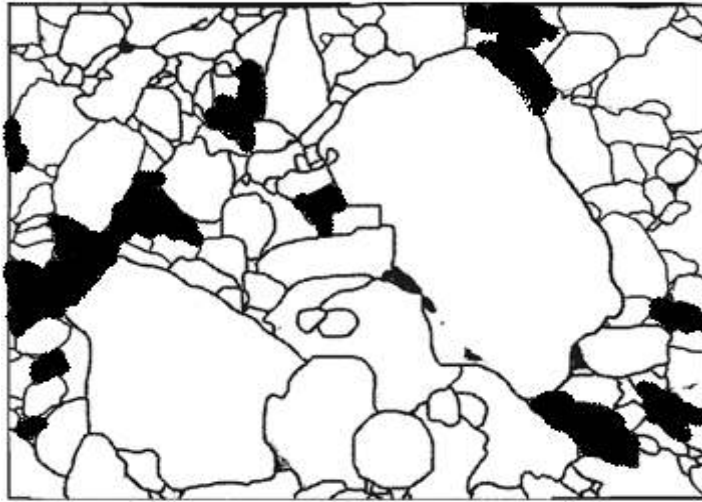
Delik no	Delik çapı (mm)	Basamak yüksekliği (m)	Delik boyu (m)	Sıkılama boyu (m)	Şarj kolon boyu (m)	Patlayıcı madde miktarı (kg)	Yemleme miktarı (gr)	Dilim kalınlığı (m)	Delikle rarası mesafe (m)
1. sıra									
1	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,10	2,60
2	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,05	2,40
3	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,25	2,75
4	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,00	2,80
5	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,10	2,80
6	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,45	2,75
7	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,90	2,80
8	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,40	2,60
9	89,00	10,00	6,00	3,00	3,00	13,00	625,00	1,50	2,70
10	89,00	10,00	6,00	3,00	3,00	13,00	625,00	2,70	
2. sıra									
11	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,85	3,30
12	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,45	2,85
13	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,55	1,55
14	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	2,50	2,60
15	89,00	10,00	9,00	4,00	5,00	23,00	625,00	1,90	
Toplam						325	9375		



4.2.4.3 Deney 4'ün Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Bu patlatma yığınının da diğer deneylerde olduğu gibi görüntüler alınarak Wipfrag görüntü işleme programında boyut dağılım analizi yapılmıştır. Şekil 4.17'de

Wipfrag görüntü işleme programından elde edilen boyut dağılımları sonucu görülmektedir. Bu deneyde tüm yığını temsil etmek üzere 9 adet görüntü alınmıştır.



Şekil 4.17 Deney 4'ün beş nolu görüntüsünün boyut dağılımı analizi.

Bu analizlerden elde edilen değerlerle, tüm yığının temsil eden ortalama bir sonuç bulunmuştur. Bu boyut dağılımı analizlerine ait sonuçlar Tablo 4.25 ve 4.26'da verilmektedir.

Tablo 4.25 Patlatma sonrası elde edilen görüntülere ait veriler.

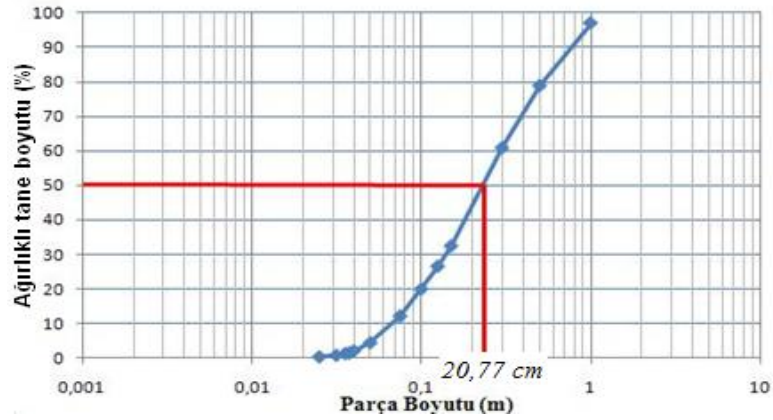
	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	Minimum parça boyutu (m)	Maximum parça boyutu (m)	D50 (m)	Parça sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	1,000	0,013	0,343	391	82,42	17,57
Foto 2	0,774	0,013	0,172	817	82,61	17,39
Foto 3	0,774	0,010	0,280	469	82,94	17,05
Foto 4	0,774	0,010	0,195	386	81,42	18,58
Foto 5	0,774	0,013	0,206	569	78,47	21,53
Foto 6	1,000	0,010	0,269	528	80,15	19,85
Foto 7	1,292	0,013	0,317	270	76,28	23,72
Foto 8	0,599	0,013	0,246	354	77,45	22,55
Foto 9	1,668	0,017	0,715	197	83,75	16,25
Ortalama					80,61061	19,38939

Tablo 4.26 Patlatma sonrası elde edilen 9 adet görüntünün ağırlıklı tane boyutuna göre %'de dağılımı.

Parça boyutu (mm)	Ağırlıklı %'de
1000	97,13
500	78,93
300	60,92
150	32,43
125	26,51
100	19,91
75	12,08
50	4,33
40	2,02
37,5	1,35
35,5	1,17
31,5	0,72
25	0,24

Patlatma sonrası oluşan yığının ait 9 adet görüntünün tane boyut dağılımı, Wipfrag görüntü işleme programı ile ayrı ayrı bulunmuştur. Bu sonuçlar kullanılarak elde

edilen ve tüm yığın tane boyut dağılımını temsil eden grafik Şekil 4.18’de görülmektedir.



Şekil 4.18 Patlatma sonrası elde edilen kümülatif parça boyut dağılımı.

Ağırlıkça birleştirilmiş 9 adet görüntünün ortalama parça boyut dağılımı (D50), Şekil 4.18’den 20,77 cm olarak bulunmuştur. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri de Tablo 4.25’deki veriler kullanılarak 17,13 cm olarak bulunmuştur.

4.2.4.4 Deney 4’ün Nakliye Performansına Etkisi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.27’de verilmiştir.

Tablo 4.27 Deney 4’ün nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
24	17,12	35,84	11	2,094	1,781
25	22,55	38,06	11	1,688	
26	23,13	38,90	12	1,682	
27	22,88	39,66	11	1,734	
28	22,77	39,38	12	1,729	

Bu patlatma deneyi ile toplam 334,375 kg patlayıcı kullanılarak 1790,65 ton malzeme oluşmuştur.

$$\text{Toplam malzeme} = 1790,65 \text{ ton} / 2,74 \text{ ton/m}^3 = 653,52 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 334,375 \text{ kg}$$

$$\text{Özgül şarj} = 334,375 \text{ kg} / 653,52 \text{ m}^3 = \mathbf{0,51 \text{ kg/m}^3}$$

4.2.4.5 Deney 4'ün Yükleyici Performansına Etkisi

Tablo 4.28'de 4. deneye ait patlatılmış yığının yüklenme zamanları verilmiştir. Bütün deneylerdeki gibi bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 130 kepçe periyodu gözlenerek 482,05 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 186,15 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.28'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yüklediği malzeme miktarı görülmektedir.

Tablo 4.28 Deney 4'e ait kamyon yüklenme süreleri ve malzeme miktarları.

Kamyon no	Kepçe sayısı	Kamyon yüklenme süresi (sn)	Açıklama
24	10	180,24	
25	10	168,84	
25	9	162,48	
25	10	172,25	
25	9	151,91	
24	9	163,04	
25	9	184,44	
24	9	184,21	
26	8	229,80	Yığın düzeltmesi
27	7	226,26	Yığın düzeltmesi
26	9	176,06	
27	9	200,40	
28	10	220,02	Yığın düzeltmesi
Ortalama	9,05	186,15	

4.2.5 Arazi Çalışması Deney 5

Beşinci arazi çalışması 06 Şubat 2012 tarihinde Arkavadi olarak tanımlanan bölgede gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 5'e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.5.1 Deney 5'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 5'in patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir. Hat etüdü ölçümü sonucunda elde edilen bilgiler; süreksizlik arasındaki dolgu malzemesinin özellikleri ile kalınlığı ve süreksizlik aralığıdır. Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 32.40 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 52'dir. Patlatma aynasının bir görünümü Şekil 4.19'da verilmiştir.



Şekil 4.19 Deney 5 e ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.29’da verilen hat etüdü ölçümleri sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;
 $3240 / 52 = 62,31$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.29 Deney 5 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

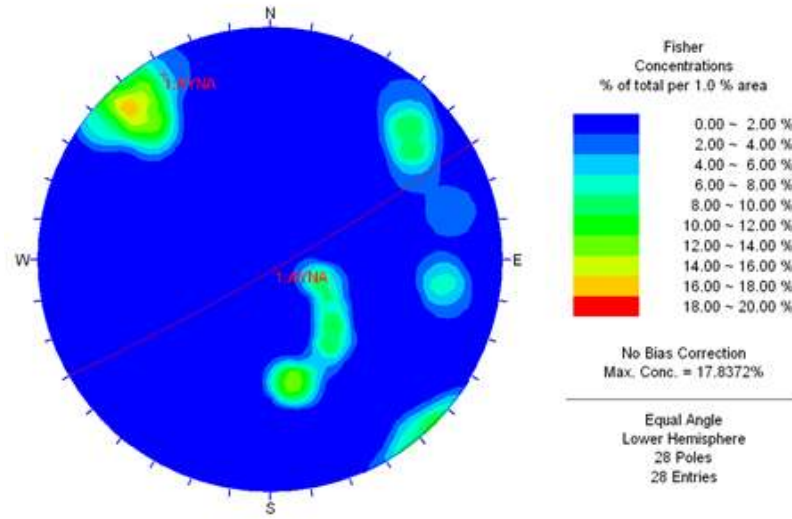
0cm, 30cm, 45cm, 56cm, 160cm, 205cm, 270cm, 320cm, 355cm, 420cm, 450-451cm (<i>kil</i>), 465cm, 470cm, 494-512cm (<i>kil</i>), 530cm, 575cm, 590cm, 630cm, 691cm, 703cm, 730cm, 755cm, 815cm, 822cm, 840cm, 935cm, 955cm, 990cm, 1002cm, 1010cm, 1040-1042cm (<i>kireçtaşı</i>), 1070cm, 1140-1142cm (<i>kil</i>), 1280cm, 1810cm, 1915cm, 2020cm, 2025cm, 2092cm, 2105cm, 2240cm, 2330cm, 2450cm, 2730-2750cm (<i>kil</i>), 2830cm, 3025cm, 3240cm

ISRM’nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Geniş aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981). Deney 5 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.30 Deney 5 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerler.

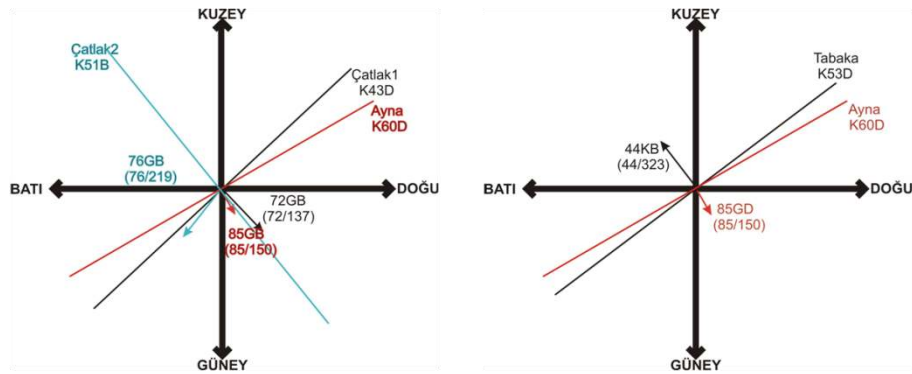
TABAKA			ÇATLAK			AYNA
354/54	321/48	308/36	138/78	141/88	275/72	150/85
351/56	332/51	290/31	139/89	142/80	221/85	
349/57	312/39	295/26	130/85	132/86	281/75	
345/58	321/45	291/20	140/74	136/72	228/76	
			230/78	238/72	255/77	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20 Deney 5 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 5'e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/eğim olarak 323/44'dür. Çatlak takımlarının yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumları da 137/72 ve 219/76'dır. Patlatma sonucunda oluşacak yığın parça boyutunu etkileyen en önemli parametrelerden birisi tabakaların konumudur. Tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.21'de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.21 Deney 5 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

Süreksizlik aralığı ve süreksizlik yönelimlerinin patlatma sonrası yığın boyut dağılımında etkili olduğu düşünülmektedir. Süreksizlik yönelimlerinin gösterildiği koordinat sistemi incelendiğinde şev aynası ile tabakalanma arasındaki doğrultu farkının 3 derece olduğu görülmektedir. Tabaka eğim yönünün KB'da, ayna eğim

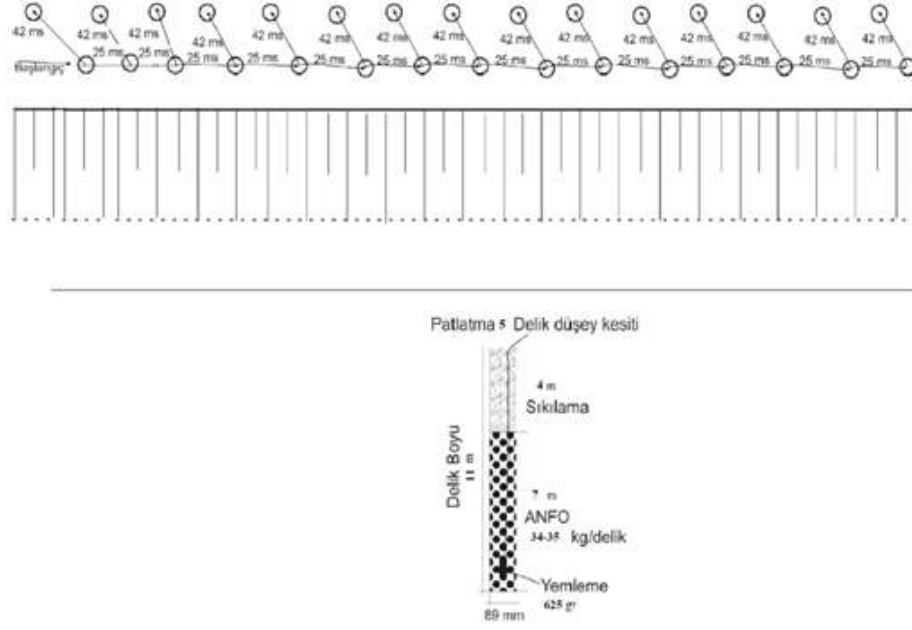
yönünün GD’da olduğu, birbirleri ile paralele yakın oldukları görülmektedir. Çatlak takımlarına bakıldığında ise; çatlak seti 1 ile aynanın birbirine paralel olduğu, eğim yönlerinin aynı olduğu görülmektedir. Bu durum, patlatma sonucu oluşacak tane boyutunun küçük olması için olumlu bir durumdur. Çatlak seti 2 ile aynanın doğrultuları arasındaki fark yüksek olup, eğim yönleri de birbirinden uzaktır.

4.2.5.2 Deney 5’e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 5 patlatmasında 89 mm çapında 30 adet delik çift sıra halinde delinerek patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu patlatmada 1025 kg ANFO, 18,75 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 1043,75 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.22’de, teknik detaylar Tablo 4.31’de verilmektedir.

Tablo 4.31 Deney 5 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler arası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolo n (m)	Sıkılama (m)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	3,35	2,30	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
2	2,00	3,15	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
3	2,85	2,45	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
4	2,55	2,53	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
5	3,00	2,75	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
6	2,20	2,45	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
7	2,65	2,40	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
8	2,30	2,25	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
9	2,95	3,72	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
10	2,60	2,10	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
11	1,90	2,30	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
12	2,15	2,50	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
13	1,30	2,25	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
14	2,50	2,55	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
15	3,00	2,00	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	25,00
ikinci sıra										
16	2,45	2,45	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	42,00
17	2,05	2,00	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	42,00
18	2,65	2,20	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	42,00
19	2,85	2,40	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	42,00
20	2,80	2,53	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	42,00
21	2,45	2,35	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	42,00
22	2,50	2,20	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	42,00
23	2,50	2,75	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	42,00
24	2,45	2,60	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	42,00
25	2,70	2,20	9,50	89,00	11,00	0,625	34,00	7,00	4,00	42,00
26	2,35	2,15	9,50	89,00	11,00	0,625	35,00	7,00	4,00	42,00
27	2,35	2,35	9,50	89,00	11,00	0,625	35,00	7,00	4,00	42,00
28	2,45	2,35	9,50	89,00	11,00	0,625	35,00	7,00	4,00	42,00
29	2,50		9,50	89,00	11,00	0,625	35,00	7,00	4,00	42,00
30	2,50		9,50	89,00	11,00	0,625	35,00	7,00	4,00	42,00



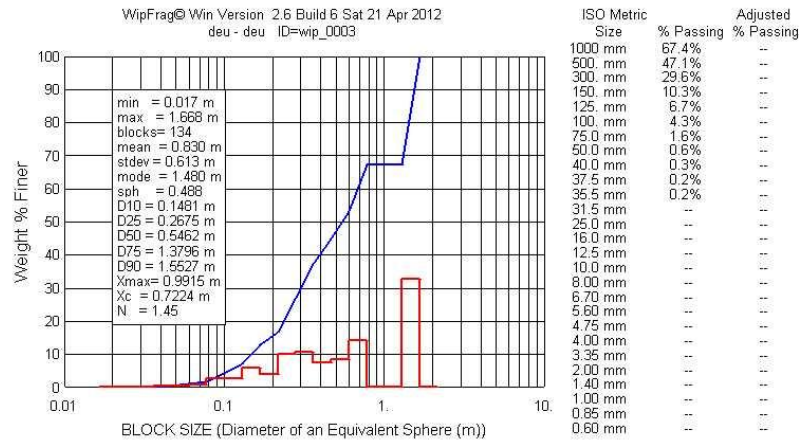
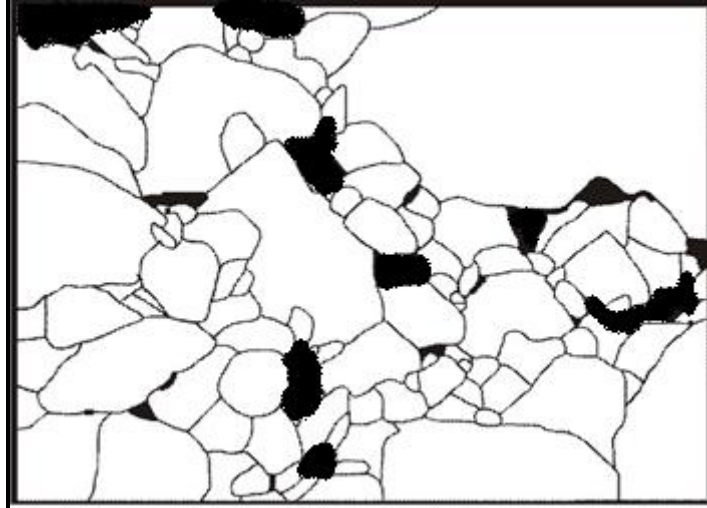
Şekil 4.22 Deney 5 patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.2.5.3 Deney 5'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 5'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak 10 adet görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu yığın için alınan 10 görüntüden birisinin, örnek teşkil etmesi amacıyla tane boyut dağılımının belirlenme aşamaları aşağıda Şekil 4.23'de verilmiştir.

Yığından alınan 10 görüntünün işlenmesiyle 3084 parça incelemeye alınmıştır. Bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş ve 10 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 21,01 cm olarak saptanmıştır. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 12,30 cm ve 38,14 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri de Tablo 4.32'deki veriler kullanılarak 16,73 cm olarak bulunmuştur.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.32, Tablo 4.33 ve Şekil 4.24'de verilmektedir.



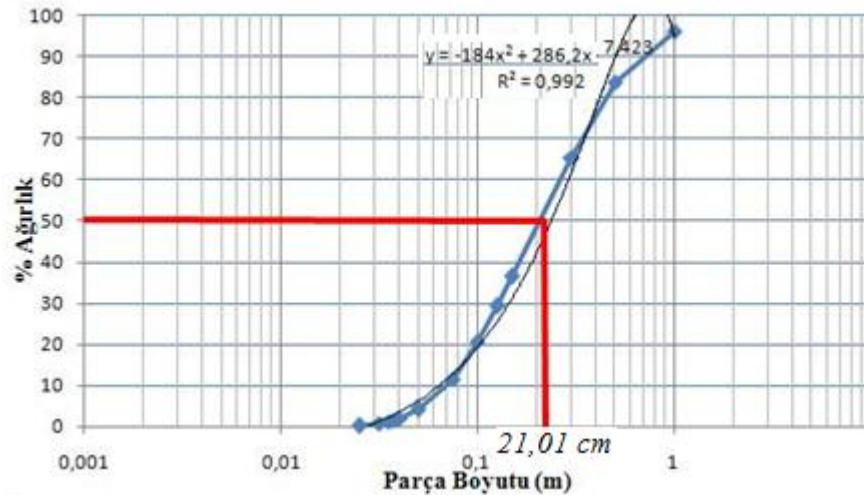
Şekil 4.23 Örnek olarak Deney 5'e ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.32 Deney 5 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)
Foto 1	10	599	105,9	729	66,17	33,83
Foto 2	13	774	191,8	364	67,15	32,85
Foto 3	10	774	260,7	154	80,40	19,60
Foto 4	17	1668	546,2	134	85,91	14,09
Foto 5	13	1668	389,2	148	83,67	16,33
Foto 6	13	599	164,0	476	70,57	29,43
Foto 7	17	774	311,0	240	85,71	14,29
Foto 8	22	1000	334,4	311	78,86	21,14
Foto 9	13	1292	510,8	120	82,29	17,71
Foto 10	17	0774	248,8	408	73,98	26,02
Ortalama					77,471	22,529

Tablo 4.33 Deney 5’e ait 10 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %’de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%’de)
1000	95,91
500	83,69
300	65,32
150	36,44
125	29,23
100	20,75
75	11,64
50	4,11
40	1,92
37,5	1,46
35,5	1,11
31,5	0,71
25	0,22



Şekil 4.24 Deney 5'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.2.5.4 Deney 5 Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.34'de verilmiştir.

Tablo 4.34 Deney 5'in nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
5	20,03	35,45	34	1,77	1,774
6	21,49	38,28	56	1,78	
9	17,96	31,77	56	1,77	

Özgül şarjın bulunmasında kullanılan toplam patlayıcı madde miktarı ANFO ve yemleme olarak kullanılan patlayıcıların toplamıdır. Deney 5 için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

Toplam malzeme = 5512,33 ton

Toplam patlayıcı madde miktarı = 1043,75 kg

$$\text{Özgöl şarj} = 1043,75 \text{ kg} / (5512,33/2,65) = \mathbf{0,502 \text{ kg/m}^3}$$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı 148.48 ton olarak ölçülmüştür.

4.2.5.5 Deney 5'inYükleyici Performansına Etkisi

Yükleyici performansının belirlenmesinde yükleme süresi ve yükleyici hidrolik basınçları değerlendirilmiştir. Bu deneyde ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 158 kepçe periyodu gözlenerek her bir kamyonun ortalama 182,57 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.35'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede ve kaç kepçe ile yüklediği verilmektedir.

Tablo 4.35 Deney 5'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
5	10	179,74
6	9	188,29
9	9	166,48
5	9	183,16
6	10	205,52
9	9	192,03
5	10	184,56
6	9	178,81
9	8	174,57
5	9	193,54
6	10	190,90
9	8	163,73
6	10	191,34
9	9	188,08
5	10	189,90
6	10	198,94
5	9	164,17
Ortalama	9,29	182,57

Bu patlatma deneyinde, yükleyici veriminin belirlenmesinde kullanılan ön pompa, arka pompa, kol kapama vekova kapama hidrolik basınç değerleri,kayıt sisteminde

meydana gelen bir aksaklık nedeniyle kayıt edilememiştir. Yükleycinin tükettiği yakıt miktarı bu patlatma deneyi için 27,1 l/saat olarak belirlenmiştir.

4.2.5.6 Deney 5 için Kırma Tesis Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bölüm 3.2.1’de tesis akım şeması ve ölçüm alım tekniği ayrıntılarıyla verilen kırma eleme tesisinde Deney 5’e ait enerji sarfıyatına yönelik ölçümler alınmıştır. Alınan veriler ve değerlendirilmesi Tablo 4.36’da verilmektedir. Tablo 2.7’de kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri görülmektedir.

Tablo 4.36 Deney 5 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama Enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	278,17	380	145,95	89,00	0,321
İkincil kırıcı (1)	282,83	380	92,28	218,21	1,245
İkincil kırıcı (2)	282,83	380	92,28	243,25	1,388
Tersiyer kırıcı	272,33	380	42,59	294,57	3,641

4.2.6 Arazi Çalışması Deney 6

Arazi çalışmalarının altıncısı; 20 Şubat 2012 tarihinde Arkavadi olarak tanımlanan bölgede yapılmıştır. Bu kapsama yönelik olarak sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümler gerçekleştirilmiştir. Deney 6’ya ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.6.1 Deney 6’ya ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır. Deney 6’nın patlatma öncesi ayna yüzeylerinde

yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Şekil 4.25’de verilen patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 23,75 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 52’dir.



Şekil 4.25 Deney 6’ ye ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.37’de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $2375 / 52 = 45.67$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.37 Deney 6 Patlatma Aynasına ait Hat Etüdü Ölçümleri.

0cm, 190cm, 608cm, 1080cm, 1230cm, 1310cm, 1349cm, 1400cm, 1430cm, 1480cm, 1540-1543cm (kil), 1598cm, 1633cm, 1666cm, 1683-1689cm (kil), 1708cm, 1716-1717cm (kil), 1763cm, 1790cm, 1797cm, 1803cm, 1820cm, 1825cm, 1833cm, 1863cm, 1883cm, 1897-1898cm (kil), 1908cm, 1942cm, 1943cm, 1953-1954cm (kil), 1968-1969cm (kil), 1983cm, 2049cm, 2079cm, 2090cm, 2129cm, 2130-2131cm (kireçtaşı), 2183cm, 2228cm, 2275cm, 2313cm, 2333cm, 2343cm, 2363- 2375cm (kil)

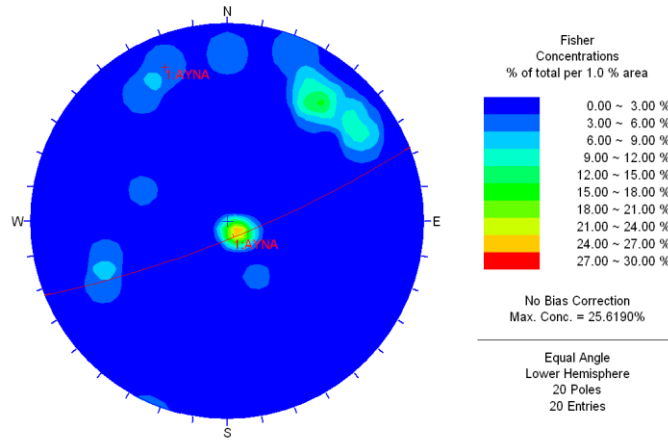
ISRM’nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 6 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri Tablo 4.38’de verilmiştir.

Tablo 4.38 Deney 6 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

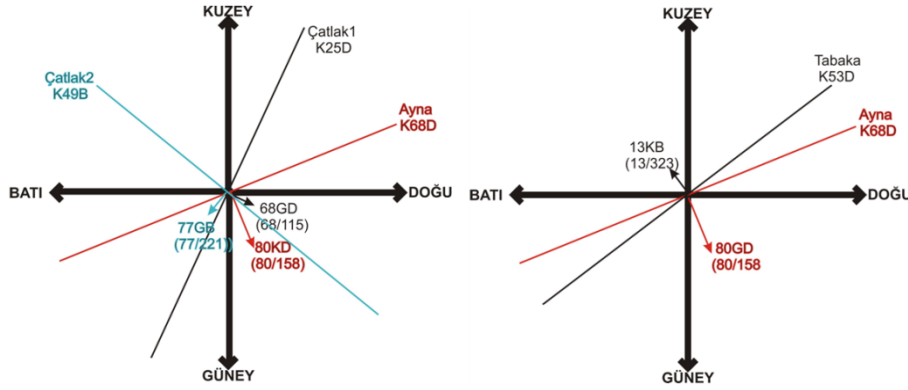
TABAKA		ÇATLAK			AYNA
330/04	308/14	110/49	225/78	219/69	158/80
324/11	329/06	74/65	215/77	202/85	
343/08	290/12	146/75	234/79	180/80	
332/35		240/76	212/74	63/70	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler kullanılarak çalışılan şev aynasına ait stereonet çizimleri Şekil 4.26’da verilmiştir.



Şekil 4.26 Deney 6 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 6’ye ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 323/13’tür. Çatlakların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumları daeğim yönü/eğim olarak 115/68 ve 221/77’dir. Tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.27’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.27 Deney 6 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

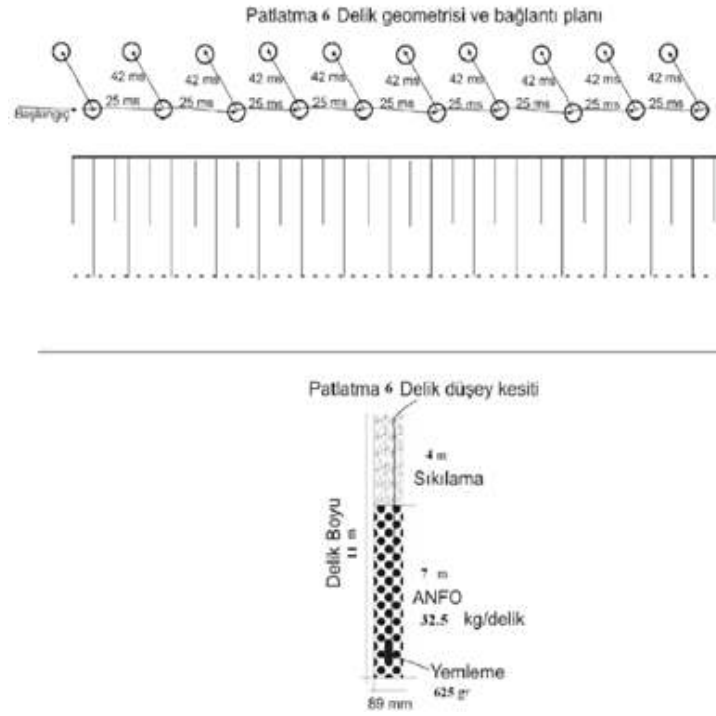
Süreksizlik yönelimlerinin gösterildiği koordinat sistemi incelendiğinde; çatlak 1 ile ayna arasında 40 derece fark olduğu gözlemlenmektedir. Çatlak 2 ile arasındaki doğrultu farkı daha fazladır. Fakat aynı zamanda şev aynası ile tabakalanma arasındaki doğrultu farkının düşük olduğu görülmektedir. Tabaka eğim yönünün KB'da, ayna eğim yönünün GD'de olduğu, fakat tabaka eğimi çok düşük olduğundan farklı eğim yönlerinde olmalarının olumsuzluğunun ortadan kalktığı gözlemlenmiştir. Deney 6'ya ait patlatma aynası ortalama bir süreksizlik aralığı değerine sahiptir. Aynı zamanda tabaka eğimi çok düşüktür. Tabaka eğiminin paralele çok yakın olması, doğrultular arasındaki farkın fazla olmaması sebebi ile patlatma sonrası oluşan yığın dağılımında ortalama olarak nispeten küçük parça boyutu beklenmektedir.

4.2.6.2 Deney 6'ya ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 6 patlatmasında 20 adet 89 mm çapında delik çift sıra halinde delinerek patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu patlatma işleminde 650 kg ANFO, 12,5 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 662,5 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.28'de, teknik detaylar Tablo 4.39'da verilmektedir.

Tablo 4.39 Deney 6 patlatması teknik parametreleri.

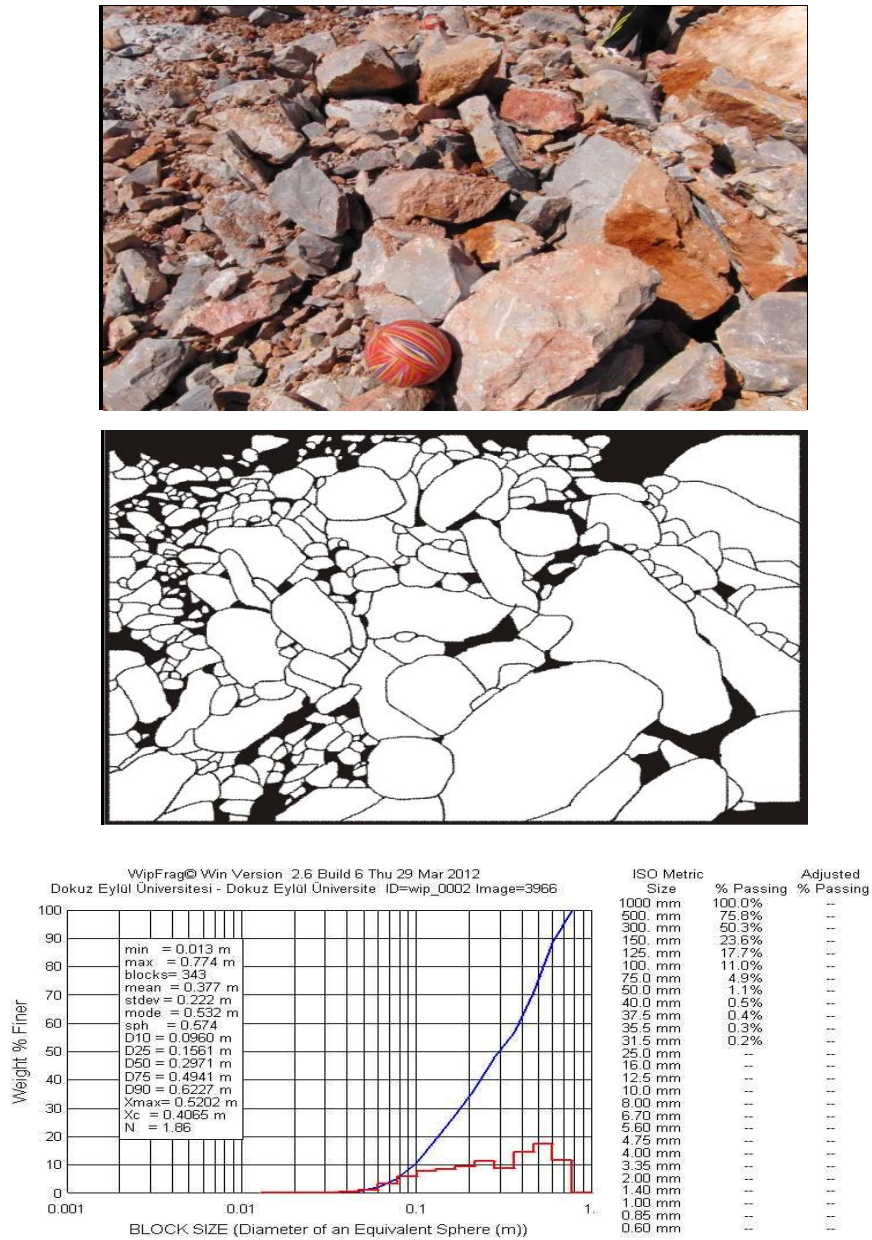
	Dilim Kalınlığı (m)	Deliklerarası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılma (m)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	3,50	1,80	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	25,00
2	3,10	1,97	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	25,00
3	3,80	2,20	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	25,00
4	2,90	2,55	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	25,00
5	3,50	2,05	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	25,00
6	2,97	2,90	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	25,00
7	3,00	2,85	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	25,00
8	3,40	2,50	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	25,00
9	3,20	1,60	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	25,00
10	3,40		10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	25,00
İkinci sıra										
11	2,00	2,45	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	42,00
12	2,20	2,15	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	42,00
13	2,35	2,00	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	42,00
14	2,80	2,00	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	42,00
15	2,10	2,25	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	42,00
16	2,10	2,05	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	42,00
17	2,30	2,65	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	42,00
18	2,15	2,60	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	42,00
19	2,40	1,95	10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	42,00
20	2,25		10,50	89,00	11,00	0,625	32,50	7,00	4,00	42,00



Şekil 4.28 Deney 6 patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.2.6.3 Deney 6'ya ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 6'ya ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 9 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 9 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.29 aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.29 Örnek olarak Deney 6'ya ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

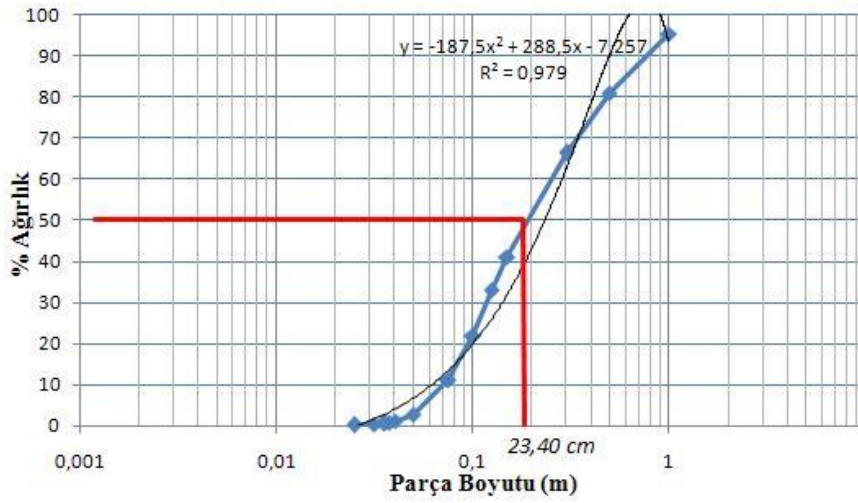
Yığından alınan 9 görüntü işlenerek 3496 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş ve 9 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 23,40 cm olarak hesaplanmıştır. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 12,13 cm ve 37,78 cm olarak bulunmuştur. Bu yığına ait boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.40, 4.41 ve Şekil 4.30’da verilmektedir. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.40’daki veriler kullanılarak 18,23 cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.40 Deney 6 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)
Foto 1	13	1668	417,7	379	76,05	23,95
Foto 2	13	774	192,5	609	73,67	26,33
Foto 3	13	774	297,1	343	79,07	20,93
Foto 4	13	774	140,6	670	63,96	36,04
Foto 5	13	464	113,9	801	57,93	42,07
Foto 6	13	774	299,4	300	82,21	17,79
Foto 7	10	599	373,2	156	83,31	16,69
Foto 8	17	1668	526,2	165	83,16	16,84
Foto 9	17	2154	905,2	73	83,14	16,86
Ortalama					75,83	24,17

Tablo 4.41 Deney 6'ya ait 9 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	95,43
500	80,85
300	66,35
150	41,16
125	32,98
100	21,80
75	11,07
50	2,72
40	1,09
37,5	0,81
35,5	0,57
31,5	0,38
25	0,11



Şekil 4.30 Deney 6'ya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.2.6.4 Deney 6'nın Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.42'de verilmiştir.

Tablo 4.42 Deney 6'nın nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
13	21,51	35,27	49	1,64	1,698
6	21,48	37,48	24	1,75	
9	17,96	31,90	22	1,78	

Bu patlatma deneyinde toplam 4156.98 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 662,5 kg

Özgül şarj = $662,5 \text{ kg} / (4156,98 / 2,65) = 0,422 \text{ kg /m}^3$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı 200 ton olarak ölçülmüştür.

4.2.6.5 Deney 6'nın Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde deney 5'de olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 170 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 229,47 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.43'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.43 Deney 6'ya ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
9	10	226,46
13	10	216,45
9	10	208,47
13	10	222,75
9	10	233,83
9	10	216,13
9	11	263,58
13	10	236,57
9	10	222,90
13	10	219,76
13	11	246,67
3	9	209,31
13	9	214,60
3	10	258,50
13	10	244,16
3	10	224,94
13	10	235,94
Ortalama	10	229,47

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde bir parametre olarak kullanılan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 34678 adet olmak üzere toplam 138712 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 37,7 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.44'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.44 Deney 6' ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yük, Yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	34678	192,46	37,7
Arka pompa	34678	185,83	
Kol kapama pistonu	34678	12,09	
Kova kapama pistonu	34678	14,67	

4.2.6.6 Deney 6 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, çalışma süresi boyunca her bir kırıcıdan yaklaşık 31000 veri alınarak işlenmiştir. Bu deney için

kırıcların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri Tablo 4.45’de verilmiştir.

Tablo 4.45 Deney 6 İçin kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	1820,67	380	82,49	79,53	0,508
İkincil kırıcı	1958,67	380	49,29	222,66	2,379
Tersiyer kırıcı	1966,17	380	21,82	246,76	5,954

4.2.7 Arazi Çalışması Deney 7

27 Şubat 2012 tarihinde Arkavadi olarak tanımlanan bölgede yedinci arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda sahada süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 7’ye ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.7.1 Deney 7’ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 7’nin patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.31 Deney 7' ye ait patlatma aynası görüntüsü.

Şekil 4.31’de verilen patlatma aynasında hat etüdü için şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda toplam ölçüm hattı uzunluğu 19,50 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 57’dir.

Tablo 4.46’da verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $1950 / 57 = 34,21$ cm olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.46 Deney 7 Patlatma Aynasına ait Hat Etüdü Ölçümleri.

0cm, 15-48cm (<i>kil</i>), 55cm, 84cm, 91cm, 102cm, 122cm, 155cm, 172-175cm (<i>kil</i>), 189-191cm (<i>kil</i>), 200cm, 220-224cm (<i>kireçtaşı</i>), 233cm, 240cm, 251cm, 262-263cm (<i>kil</i>), 285cm, 305cm, 326cm, 350-353cm (<i>kil</i>), 421cm, 430cm, 450cm, 702cm, 721cm, 797cm, 805cm, 853-854cm (<i>kil</i>), 880cm, 894cm, 897cm, 903cm, 909cm, 913cm, 920cm, 934cm, 942cm, 952cm, 964cm, 988cm, 1020cm, 1090cm, 1203cm, 1240cm, 1271cm, 1480cm, 1640cm, 1670cm, 1720cm, 1850cm, 1950cm
--

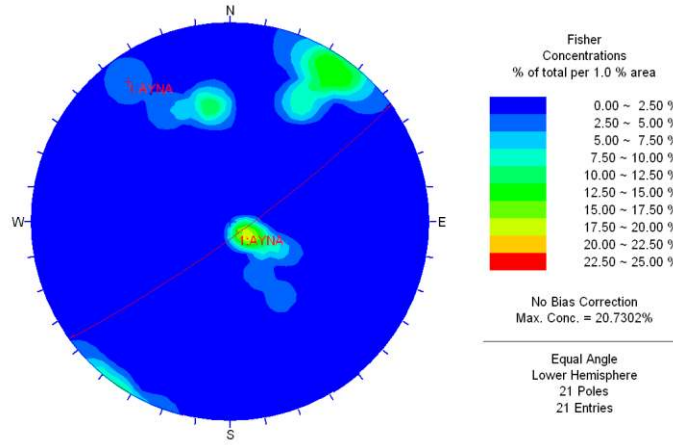
ISRM’nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta derece aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981)

Deney 7 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.47 Deney 7 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.

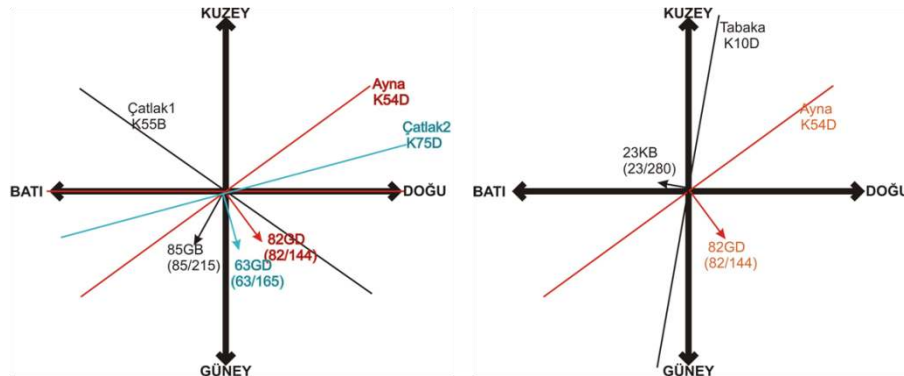
TABAKA			ÇATLAK			AYNA
325/11	298/36	332/33	226/87	150/65	215/84	144/82
318/08	300/25	303/14	216/87	201/86	174/57	
306/20	326/48	294/11	172/64	208/68	211/83	
			164/61	231/71		

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.32’de verilmiştir.



Şekil 4.32 Deney 7 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 7’ye ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 280/23, çatlak takımlarının yoğunlaştığı konumlar ise 215/85 ve 165/63’tür. Tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.33’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.33 Deney 7 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

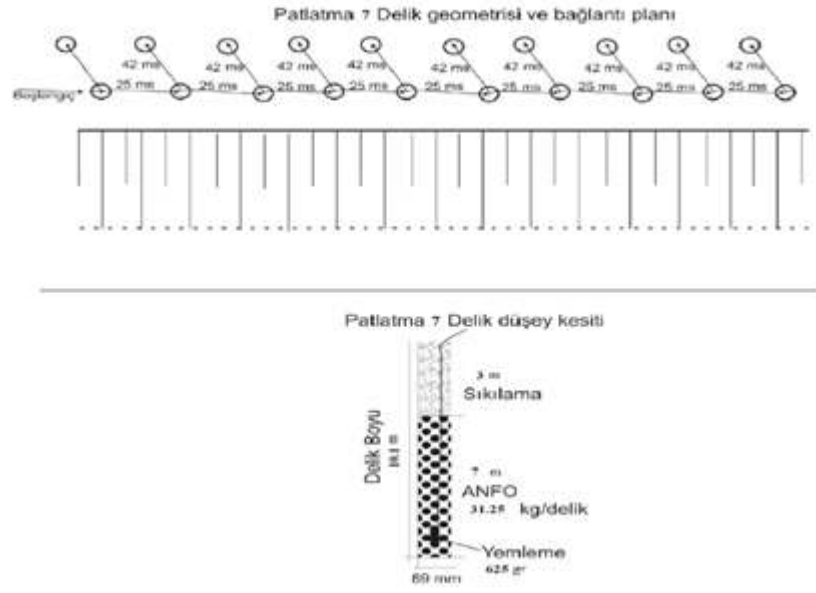
Süreksizlik yönelimlerinin gösterildiği koordinat sistemi incelendiğinde şev aynası ile tabakalanma arasındaki doğrultu farkının 35^0 olduğu görülmektedir. Yani aralarındaki doğrultu farkı azdır. Tabaka eğim yönü ile ayna eğim yönü zıt olup, patlatma sonucu oluşacak tane boyutunu olumsuz yönde etkilemektedir. Fakat ayna ile 2.çatlak seti arasındaki doğrultu farkı az olup eğim yönleri aynıdır.

4.2.7.2 Deney 7'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 7 patlatmasında 89 mm çapında 20 patlatma deliği açılmış, gecikmeli patlatma patterni ile patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu deneye ait patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.34'de, teknik detaylar Tablo 4.48'de verilmektedir.

Tablo 4.48 Deney 7 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Deliklerarası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılama (m)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	3,05	2,50	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	25,00
2	2,75	2,25	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	25,00
3	2,25	2,40	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	25,00
4	1,90	2,45	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	25,00
5	3,00	2,75	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	25,00
6	3,20	2,80	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	25,00
7	3,25	2,33	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	25,00
8	3,45	2,25	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	25,00
9	2,05	2,35	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	25,00
10	2,15	2,45	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	25,00
ikinci sıra										
11	1,90	2,10	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	42,00
12	1,95	2,25	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	42,00
13	2,10	2,25	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	42,00
14	2,35	2,10	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	42,00
15	2,20	2,30	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	42,00
16	2,40	2,65	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	42,00
17	1,95	2,45	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	42,00
18	2,05	2,30	10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	42,00
19	2,35		10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	42,00
20	1,10		10,10	89,00	10,10	0,625	31,25	7,00	3,00	42,00



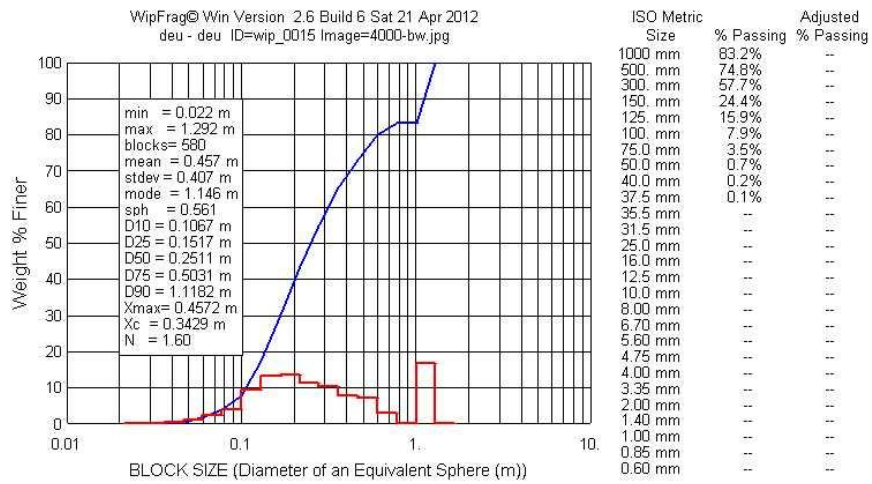
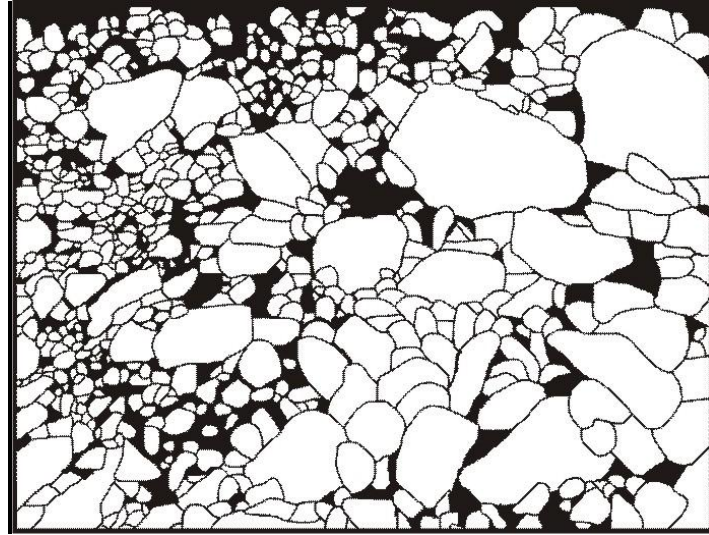
Şekil 4.34 patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.2.7.3 Deney 7'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 7'e ait patlatma işlemi sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 8 görüntü elde edilmiş, bu görüntülerin her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 8 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamaları aşağıda Şekil 4.35'de verilmiştir.

Yığından alınan 8 görüntü işlenerek 3128 parça incelemeye alınmıştır. Bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 8 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 24,62 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 15,61 cm ve 45,19 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.49'daki veriler kullanılarak 18,19 cm olarak bulunmuştur.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.49, 4.50 ve Şekil 4.36'da verilmektedir.



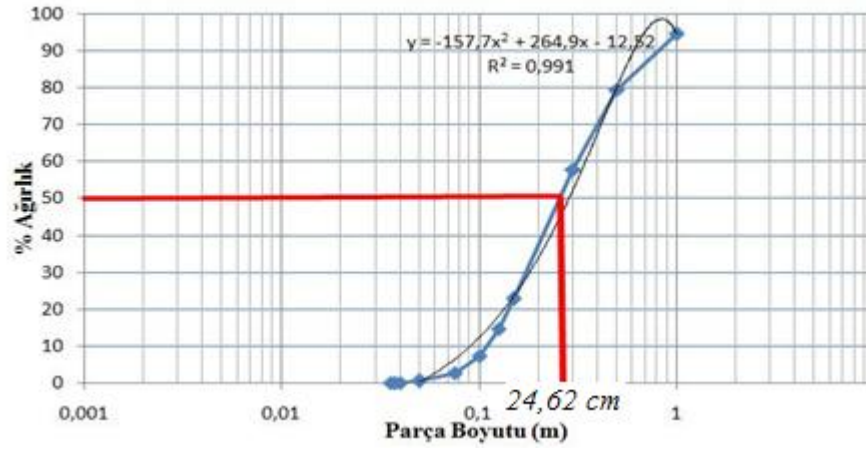
Şekil 4.35 Örnek olarak Deney 7'ye ait patlatma yığınının görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.49 Deney 7 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	22	77,4	260,9	386	69,95	30,04
Foto 2	22	1668	405,5	249	69,47	30,52
Foto 3	17	774	272,2	320	65,59	34,41
Foto 4	22	1000	183,9	716	68,86	31,14
Foto 5	22	1292	251,1	580	71,52	28,47
Foto 6	22	1292	329,0	295	72,01	27,98
Foto 7	22	774	287,0	362	76,77	23,23
Foto 8	22	774	299,5	220	78,74	21,26
Ortalama					71,62	28,38

Tablo 4.50 Deney 7'ye ait 8 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	94,59
500	79,59
300	57,99
150	22,81
125	14,78
100	7,46
75	2,73
50	0,50
40	0,13
37,5	0,07
35,5	0,02



Şekil 4.36 Deney 7'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.2.7.4 Deney 7'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.51'de verilmiştir.

Tablo 4.51 Deney 7'nin nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
3	21,13	33,33	24	1,58	1,723
9	17,96	31,78	30	1,77	
5	20,03	35,60	42	1,78	

Bu patlatma deneyinde toplam 3721,76 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 637,5 kg

Özgül şarj = $637,5 \text{ kg} / (3721,76 / 2,65) = 0,454 \text{ kg /m}^3$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı 190 ton olarak ölçülmüştür.

4.2.7.5 Deney 7' nin Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde yine diğer deneylerde olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 128 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 195,08 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.52'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan yükleyici hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 3453 adet olmak üzere toplam 13812 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 33,8 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, aşağıdaki Tablo 4.53'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.52 Deney 7' e Ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
5	10	220,21
9	9	191,91
5	9	169,01
9	9	187,20
5	10	222,19
9	8	167,29
5	9	207,73
5	10	220,21
9	9	191,91
5	9	169,01
9	9	187,20
5	10	222,19
9	8	167,29
5	9	207,73
Ortalama	9,14	195,08

Tablo 4.53 Deney 7'ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	3453	181,20	33,8
Arka pompa	3453	183,83	
Kol kapama pistonu	3453	5,56	
Kova kapama pistonu	3453	23,43	

4.2.7.6 Deney 7 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde iki adet ikincil kırıcıyla birlikte toplam dört adet kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, her bir kırıcıdan yaklaşık 12600 veri alınarak kayıt edilmiştir. Tablo 4.54'de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.54 Deney 7 İçin kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	488,83	380	101,28	79,50	0,413
İkincil kırıcı (1)	540,67	380	58,87	178,43	1,596
İkincil kırıcı (2)	558,33	380	57,00	194,74	1,799
Tersiyer kırıcı	515,33	380	27,45	193,59	3,713

4.2.8 Arazi Çalışması Deney 8

Sekizinci arazi çalışması 08 Mart 2012 tarihinde Arkavadiolarak adlandırılan bölgede gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.21).Bu kapsamda sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 8'e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ile bunların sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.8.1 Deney 8'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 8'in patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.37'de görünümü verilen patlatma aynasında şerit metre ile yapılan hat etüdü ölçümü sonucunda toplam ölçüm hattı uzunluğu 15,90 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 37'dir.



Şekil 4.37 Deney 8’ e ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.55’de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $1590 / 37 = 42,97 \text{ cm}$ ’dir.

Tablo 4.55 Deney 8 Patlatma Aynasına ait Hat Etüdü Ölçümleri.

0cm, 23cm, 58cm, 90cm, 110cm, 153cm, 180cm, 193cm, 229-230cm (<i>kil</i>), 269-270cm (<i>kil</i>), 354cm, 430cm, 482cm, 500cm, 532-533cm (<i>kil</i>), 546cm, 593cm, 604cm, 621cm, 646cm, 662cm, 707cm, 728cm, 900cm, 940cm, 1040cm, 1177cm, 1219-1220cm (<i>kil</i>), 1253cm, 1450cm, 1465cm, 1515cm, 1540cm, 1590cm

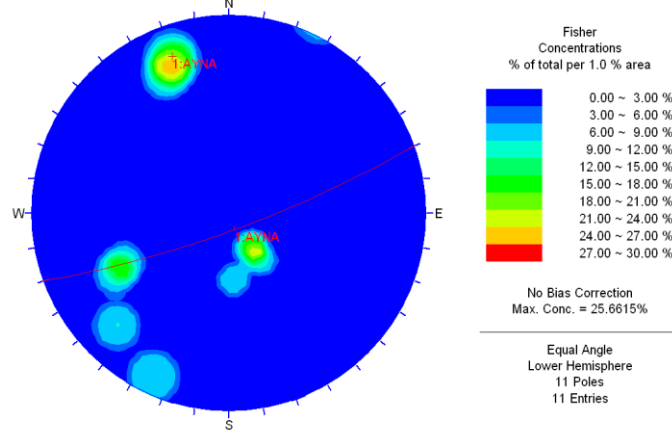
ISRM’nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta derece aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM,1981)

Deney 8 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.56 Deney 8 Ayna, tabaka ve çatlaklara ait eğim yönü/eğim değerleri.

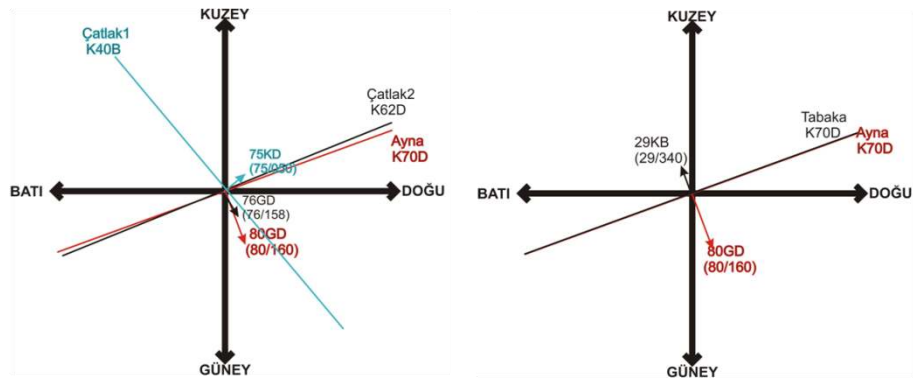
TABAKA		ÇATLAK		AYNA
325/32	330/24	45/77	65/60	160/80
356/37	323/22	25/84	160/77	
		62/66	155/74	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.38’de verilmiştir.



Şekil 4.38 Deney 8 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 8’e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/eğim olarak 340/29, çatlak takımının yoğunlaştığı konumlar ise 50/75 ve 158/76’dır. Bulunan bu değerlere göre tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.39’da iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.39 Deney 8 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

Ayna ile tabaka eğim yönleri birbirinden farklı yönlerdedir. Böyle durumlarda tabaka eğim açısının yüksek olması patlatma sonrası oluşan tane boyut dağılımı

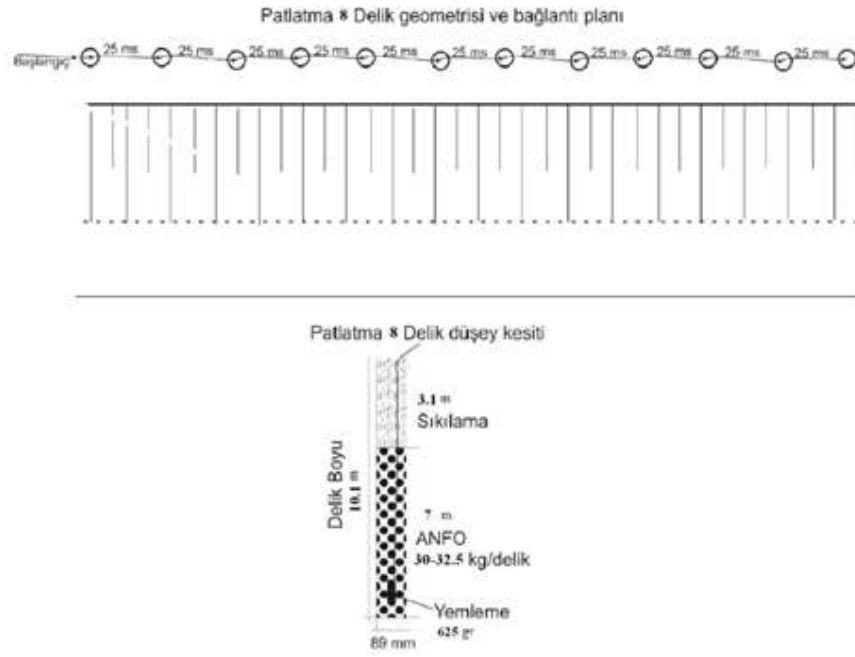
açısından olumlu sonuçlar yaratabilir. Fakat genel olarak ayna ile tabaka eğim yönleri farklı olduğunda iri boyutlu malzeme açığa çıkmaktadır. Tabaka ile aynanın doğrultuları ise tamamen aynıdır. 2. Çatlak seti ile ayna eğim yönleri birbirlerine paralel olup, bu durum patlatma sonucu oluşacak tane boyutunu düşürecektir.

4.2.8.2 Deney 8'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 8 patlatmasında 89 mm tek sıra olarak 12 adet patlatma deliği açılmış, her bir deliğe 30 kg ANFO konularak patlatma işlemi yapılmıştır. Bu patlatma deneyinde ANFO ve yemleme dinamiti olarak toplam 340 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.40'da, teknik detaylar Tablo 4.57'de verilmektedir.

Tablo 4.57 Deney 8 patlatması teknik parametreleri.

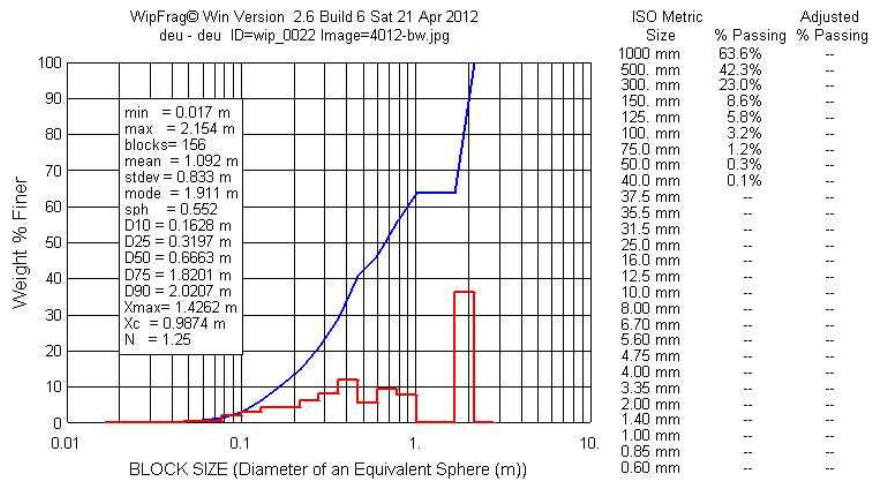
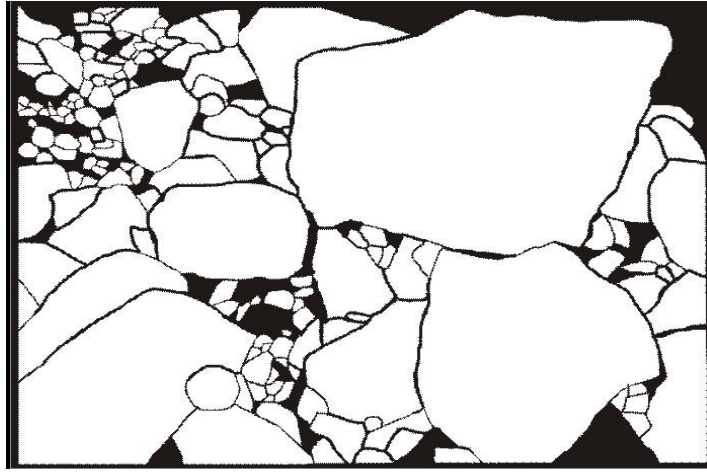
	Dilim Kalınlığı (m)	Deliklerarası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılma (m)	Yüzey Gecikme (ms)
1	2,45	2,30	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
2	2,95	2,15	10,10	89,00	10,10	0,625	32,50	7,00	3,10	25,00
3	2,85	1,90	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
4	2,60	1,90	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
5	3,40	2,15	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
6	2,80	2,00	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
7	3,20	2,30	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
8	2,90	2,65	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
9	2,80	1,90	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
10	2,85	1,80	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
11	2,60	2,15	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
12	2,65		10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00



Şekil 4.40 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.2.8.3 Deney 8'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 8'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılmış, her bölüme ait görüntüler alınmış, toplam 7 görüntü elde edilmiştir. Bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 7 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren aşağıda Şekil 4.41'de verilmiştir.



Şekil 4.41 Örnek olarak Deney 8'e ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Yığından alınan 7 görüntünün işlenmesiyle 2114 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 7 adet grafiğin tek bir grafik altında

toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 22,82 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 12,30 cm ve 36,05 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.58'deki veriler kullanılarak 18,80 cm olarak bulunmuştur.

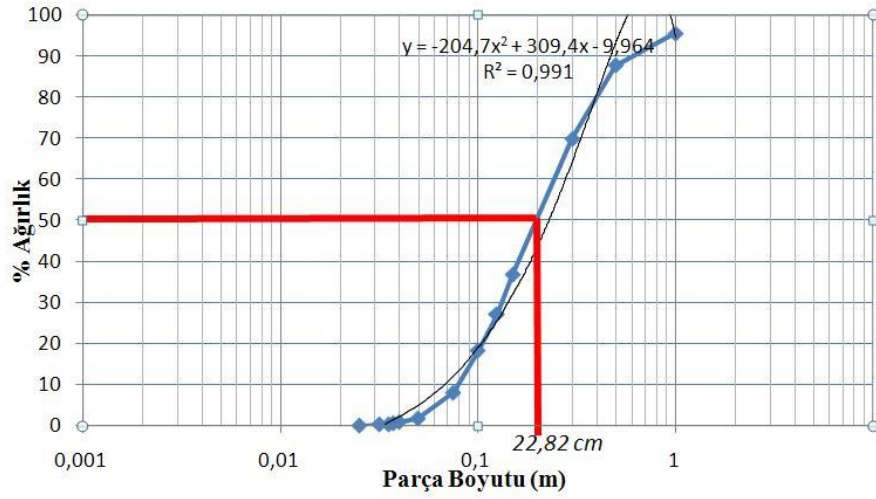
Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.58, 4.59 ve Şekil 4.42'de verilmektedir.

Tablo 4.58 Deney 8 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	17	464	180,5	501	80,46	19,54
Foto 2	13	599	168,6	475	81,97	18,03
Foto 3	10	599	208,6	278	78,18	21,82
Foto 4	17	2154	666,3	156	81,1	18,9
Foto 5	17	1000	479,1	67	87,13	12,87
Foto 6	13	1292	349,7	140	78,19	21,80
Foto 7	10	599	144,0	497	78,03	21,97
Ortalama					80,723	19,277

Tablo 4.59 Deney 8'e ait 7 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	95,67
500	87,81
300	69,92
150	36,73
125	27,09
100	18,23
75	8,09
50	1,80
40	0,86
37,5	0,65
35,5	0,48
31,5	0,31
25	0,05



Şekil 4.42 Deney 8'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.2.8.4 Deney 8'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.60'da verilmiştir.

Tablo 4.60 Deney 8'in nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
3	21,13	34,44	24	1,63	1,704
5	20,03	35,64	24	1,78	
9	17,96	30,51	10	1,70	

Toplam 2447,66 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 370 kg

Özgül şarj = 370 kg/ (2447,66/2,65) = **0,401 kg /m³**

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı 220 ton olarak ölçülmüştür.

4.2.8.5 Deney 8'inYükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde yine diğer deneylerde olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 109 kepçe periyodu veher bir kamyonun ortalama 221,40 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.61'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.61 Deney 8'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
3	11	218,67
9	10	238,87
5	11	229,92
5	10	237,26
9	10	208,86
3	10	222,79
5	11	238,27
3	10	229,69
5	10	237,05
9	8	190,36
5	8	183,67
Ortalama	9,91	221,40

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 3015 adet olmak üzere toplam 12060 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 34,9 l/saat olarak belirlenmiştir. Tablo 4.62'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.62 Deney 8'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	3015	189,24	34,9
Arka pompa	3015	193,02	
Kol kapama pistonu	3015	9,74	
Kova kapama pistonu	3015	8,09	

4.2.8.6 Deney 8 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında kırıcılarda yaklaşık 12700 adet amper verisi alınmıştır.

Tablo 4.63'de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.63 Deney 8 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	499,5	380	83,54	78,32	0,494
İkincil kırıcı	561,5	380	47,77	201,00	2,215
Tersiyer kırıcı	533,3	380	22,35	241,49	5,688

4.2.9 Arazi Çalışması Deney 9

09 Mart 2012 tarihinde arazi çalışmalarından dokuzuncusu; Arkavadi olarak tanımlanan bölgede yapılmıştır (Şekil 2.27). Bu deneye ait sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 9'a ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.9.1 Deney 9'a ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 9'un patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Hat etüdü ölçümü sonucunda elde edilen bilgiler; süreksizlikler arasındaki dolgu malzemesinin özellikleri ile kalınlığı ve süreksizlik aralığıdır. Bu patlatma aynasında kil dolgusu fazladır. Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 19,75 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 77'dir. Şekil 4.43'de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.43 Deney 9'a ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.64'de verilen hat etüdü ölçümleri sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $1975 / 77 = 26,65\text{cm}$ olarak bulunmuştur.

Tablo 4.64 Deney 9 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0cm, 33cm, 95-96cm (<i>kil</i>), 224cm, 246cm, 255cm, 274-276cm (kil), 286cm, 369cm, 377cm, 460cm, 513cm, 544cm, 620cm, 673cm, 760cm, 796cm, 880cm, 929cm, 991cm, 1015cm, 1040cm, 1065-1066cm (<i>kil</i>), 1100cm, 1130cm, 1180cm, 1222-1224cm (<i>kil</i>), 1250cm, 1283cm, 1360-1370cm (kil, kireçtaşı), 1382-1383cm (kil), 1423-1425cm (kil), 1463cm, 1464cm, 1479cm, 1498cm, 1535cm, 1548cm, 1556cm, 1563cm, 1583cm, 1598cm, 1617-1620cm (<i>kalsit</i>), 1633cm, 1699cm, 1710cm, 1739cm, 1750-1751cm (kil), 1793cm, 1725cm, 1755-1756cm (kil), 1767cm, 1785cm, 1487-1788cm (kil), 1802cm, 1820cm, 1838cm, 1843-1844cm (kil), 1860cm, 1868cm, 1891cm, 1895cm, 1904cm, 1914cm, 1940cm, 1975cm

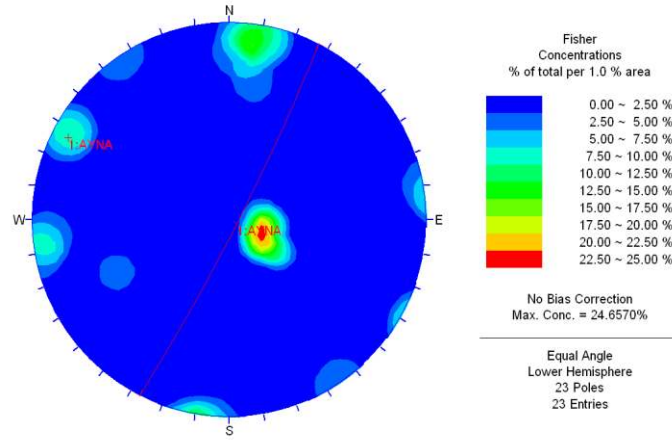
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta derece aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 9 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.65 Deney 9 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

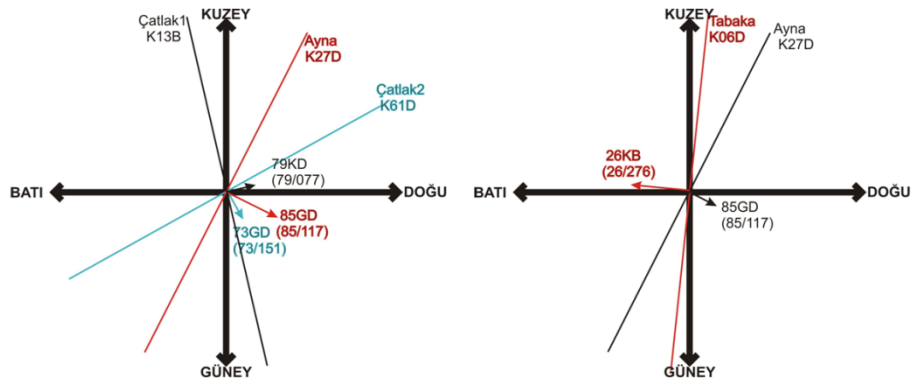
TABAKA		ÇATLAK		AYNA YÖNÜ-1
315/20	303/35	190/86	195/85	117/85
312/27	310/20	185/88	120/85	
305/31	300/21	146/90	80/89	
285/26	292/17	190/70	85/83	
276/23	270/24	182/80	65/64	
280/14	254/18			

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasına ait stereonet çizimleri Şekil 4.44’de verilmiştir.



Şekil 4.44 Deney 9 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 9'e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 276/26, çatlak takımının yoğunlaştığı konumlar ise 151/73 ve 77/79'dur. Elde stereonetten elde edilen tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.45'de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.45 Deney 9 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

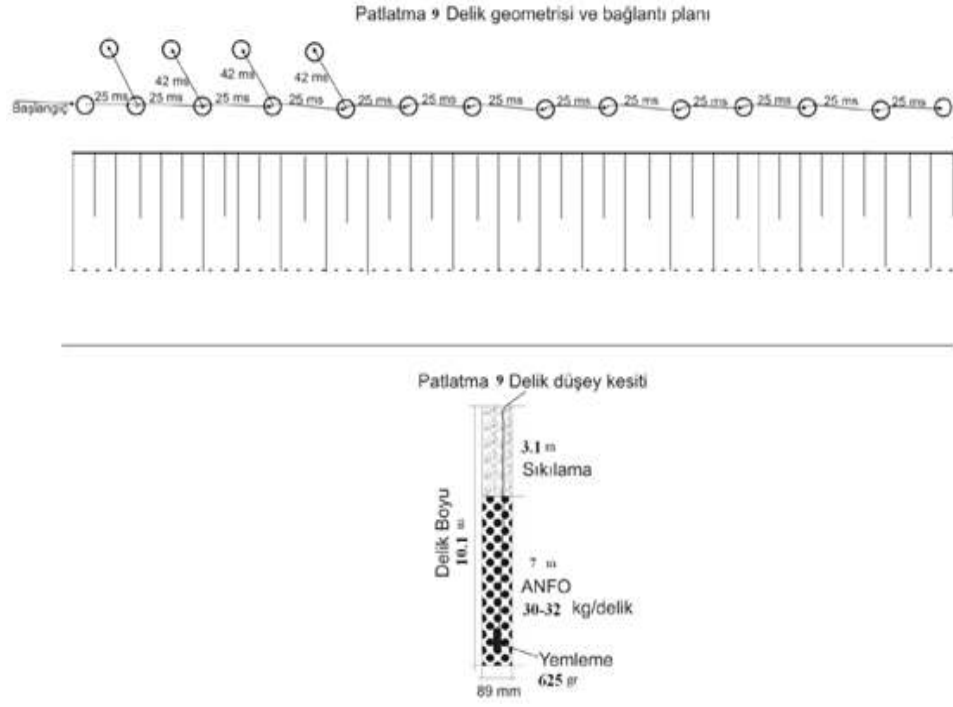
Deney 9 için koordinat sistemi incelendiğinde; tabakalanma ile ayna doğrultuları arasında dar açı olduğu, çatlak setleriyle de aynı durumun söz konusu olduğu görülmektedir. Eğim yönleri açısından bakıldığında tabaka ile ayna arasındaki olumsuz durum, her iki çatlak setinde de ortadan kalkmış olduğu için parçalanma küçük boyutlarda gerçekleşmiştir.

4.2.9.2 Deney 9'a ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 9 patlatmasında 89 mm çaplı 18 adet delik çift sıra halinde delinerek patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu patlatmada 550 kg ANFO ve 11,25 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 561,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneyin patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.46'da, teknik detayları Tablo 4.66'da verilmektedir.

Tablo 4.66 Deney 9 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler arası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılma (m)	Yüzey Gecikme (ms)
1	2,10	1,80	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
2	2,60	2,20	10,10	89,00	10,10	0,625	32,00	7,00	3,10	25,00
3	2,65	2,30	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
4	3,30	2,50	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
5	3,05	2,30	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
6	2,45	2,05	10,10	89,00	10,10	0,625	32,00	7,00	3,10	25,00
7	2,80	1,95	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
8	2,65	2,40	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
9	3,10	2,40	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
10	3,15	2,20	10,10	89,00	10,10	0,625	31,00	7,00	3,10	25,00
11	3,30	2,10	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
12	2,35	1,80	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
13	2,45	1,45	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	25,00
14	2,20	1,90	10,10	89,00	10,10	0,625	32,00	7,00	3,10	25,00
İkinci sıra										
15	1,85	2,10	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	42,00
16	2,15	2,15	10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	42,00
17	2,10		10,10	89,00	10,10	0,625	33,00	7,00	3,10	42,00
18	1,70		10,10	89,00	10,10	0,625	30,00	7,00	3,10	42,00



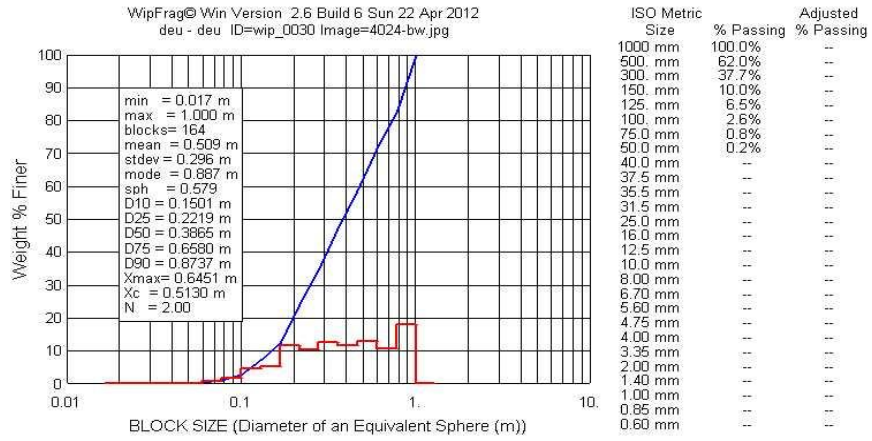
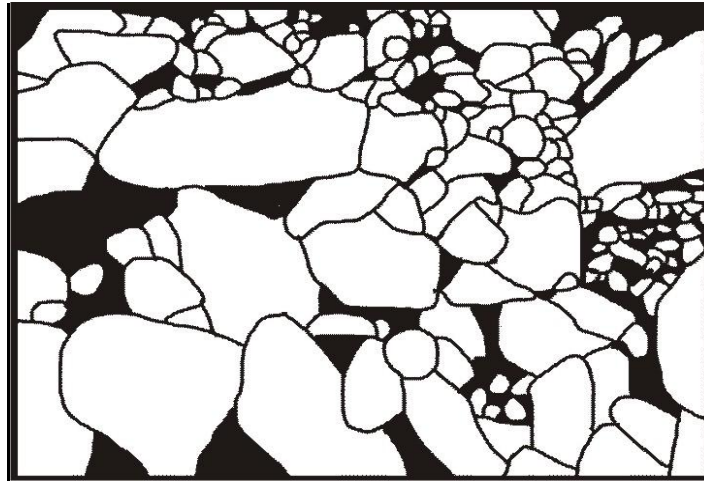
Şekil 4.46 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.2.9.3 Deney 9'a ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 9'a ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 8 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için alınan 8 görüntüden tane boyut dağılımının belirlenme aşamalarına örnek teşkil etmesi amacıyla Şekil 4.47 aşağıda verilmiştir.

Yığından alınan 8 görüntünün işlenmesiyle 2757 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 8 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 23,52 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 12,78 cm ve 36,95 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.67'deki veriler kullanılarak 16,34 cm olarak bulunmuştur.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.67, 4.68 ve Şekil 4.48'de verilmektedir.



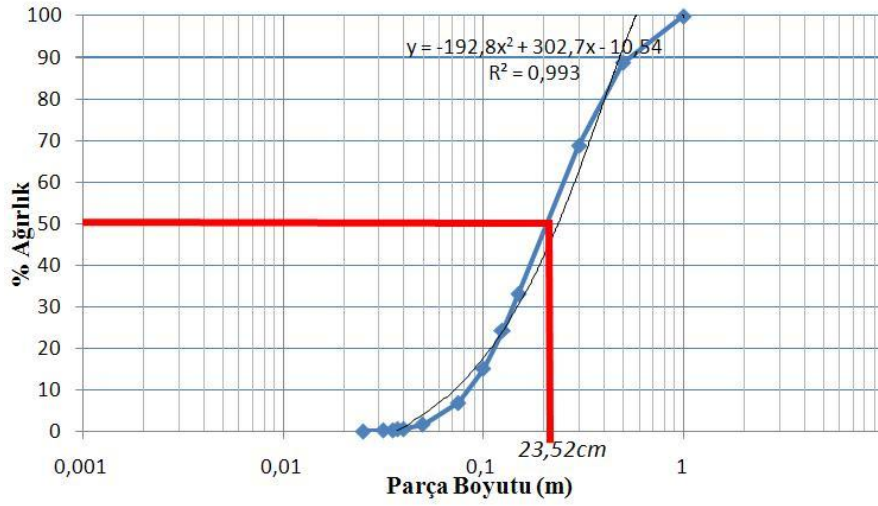
Şekil 4.47 Örnek olarak Deney 9'a ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.67 Deney 9 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	17	599	153,6	554	66,88	33,12
Foto 2	13	599	156,3	535	64,36	35,64
Foto 3	8	774	249,8	433	62,44	37,55
Foto 4	17	1000	219,4	276	72,24	27,75
Foto 5	17	1000	386,5	164	65,07	34,93
Foto 6	17	599	228,6	267	69,79	30,21
Foto 7	22	599	231,2	189	65,54	34,46
Foto 8	17	1000	266,4	339	66,62	33,38
Ortalama					66,62	33,38

Tablo 4.68 Deney 9'a ait 8 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı %'de
1000	99,90
500	88,57
300	68,78
150	33,06
125	24,27
100	15,13
75	6,91
50	1,69
40	0,72
37,5	0,52
35,5	0,40
31,5	0,27
25	0,07



Şekil 4.48 Deney 9'a ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.2.9.4 Deney 9'un Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.69'da verilmiştir.

Tablo 4.69 Deney 9'un nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
3	21,13	36,43	12	1,72	1,736
13	21,51	36,59	32	1,70	
6	21,48	37,89	10	1,76	
9	17,96	31,66	35	1,76	

Bu patlatma deneyinde toplam 3167,98 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 561,25 kg

Özgül şarj = 561,25 kg / (3167,98/2,65) = **0,469 kg /m³**

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı 105 ton olarak ölçülmüştür.

4.2.9.5 Deney 9'un Yükleyici Performansına Etkisi

Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 164 kepçe periyodu veher bir kamyonun ortalama 193,70 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.70'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.70 Deney 9'a ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
13	9	147,23
9	9	169,18
13	10	190,44
9	8	151,30
13	10	196,47
9	10	225,94
6	9	164,33
13	10	203,13
9	9	177,67
6	10	212,59
13	10	218,89
9	8	168,46
6	11	209,66
13	10	208,03
9	10	217,31
6	10	204,82
13	11	227,38
Ortalama	9,65	193,70

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan ön pompa basıncı, arka pompa basıncı, kol kapama basıncı, kova kapama basıncı hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 22762 adet olmak üzere toplam 91048 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 27,8 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.71'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.71 Deney 9'a ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	22762	172,72	27,8
Arka pompa	22762	177,19	
Kol kapama pistonu	22762	7,80	
Kova kapama pistonu	22762	10,83	

4.2.9.6 Deney 9 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her dört kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında sürekli olarak kayıt edilerek her bir kırıcıdan yaklaşık 22700 veri alınmıştır. Tablo 4.72'de bu deney sırasında her dört kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.72 Deney 9 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	933,33	380	140,69	81,90	0,307
İkincil kırıcı (1)	714,00	380	52,55	180,53	1,809
İkincil kırıcı (2)	1026,50	380	54,82	191,24	1,837
Tersiyer kırıcı	1105,17	380	33,95	206,65	3,205

4.2.10 Arazi Çalışması Deney 10

Arkavadi olarak adlandırılan bölgede 19 Mart 2012 tarihinde onuncu patlatma deneyi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.39). Bu kapsamda sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 10'a ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.10.1 Deney 10'a ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 10'un patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir. Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 20,78 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 93'dür. Şekil 4.49'da patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.49 Deney 10'a ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.73'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $2078 / 98 = 22,34$ cm olarak bulunmuştur.

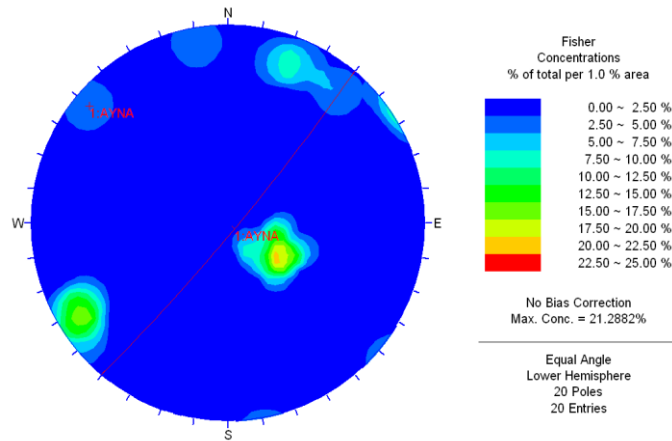
Tablo 4.73 Deney 10 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0cm, 10-51cm (<i>kil</i>), 51cm, 90-92cm (<i>kil</i>), 94-96cm (<i>kireçtaşı</i>), 107cm, 121cm, 185cm, 220cm, 254-255cm (<i>kil</i>), 264cm, 335cm, 360cm, 379cm, 393-395cm (<i>kil</i>), 415cm, 454cm, 528cm, 547cm, 548cm, 590cm, 643-653cm (<i>parçalanmış zon</i>), 700cm, 806cm, 828cm, 854cm, 873cm, 880cm, 889cm, 897cm, 907cm, 911cm, 915cm, 924cm, 932cm, 939-940cm (<i>kireçtaşı</i>), 950cm, 964cm, 970-972cm (<i>kireçtaşı</i>), 976cm, 1002cm, 1009cm, 1090cm, 1027cm, 1045cm, 1200cm, 1320cm, 1337-1339cm (<i>kil</i>), 1358-1359cm (<i>kil</i>), 1374cm, 1393-1395cm (<i>kireçtaşı</i>), 1420cm, 1488cm, 1493cm, 1497-1498cm (<i>kireçtaşı</i>), 1517cm, 1535cm, 1555-1558cm (<i>kil</i>), 1588cm, 1597cm, 1618-1621cm (<i>kil</i>), 1625cm, 1648cm, 1678cm, 1689cm, 1700cm, 1701cm, 1711cm, 1753cm, 1793-1794cm (<i>kil</i>), 1796cm, 1798cm, 1800cm, 1806cm, 1810cm, 1882cm, 1908cm, 1935cm, 1998cm, 2078cm

ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981). Deney 10 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri Tablo 4.74’de verilmiştir.

Tablo 4.74 Deney 10 Tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.

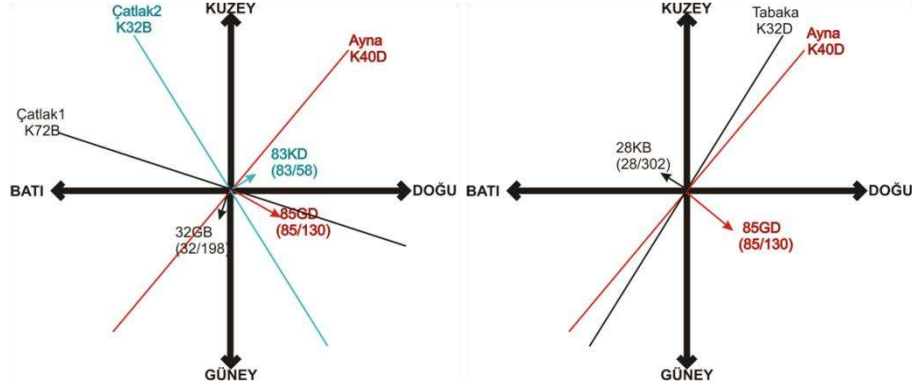
TABAKA			ÇATLAK		AYNA
306/35	285/26	318/40	170/85	52/86	130/85
274/31	300/38	300/37	60/85	205/82	
292/28	325/24	318/15	62/78	197/80	
290/44	315/32		58/82	220/81	



Şekil 4.50 Deney 10 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetleri yukarıdaki gibidir. Deney 10’a ait stereonet incelendiğinde tabakaların

yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 302/28, çatlak takımlarının yoğunlaştığı konum ise 198/82 ve 58/83'dür. Elde edilen tabakalanmanın genel konumu ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönü ve doğrultuları Şekil 4.51'de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.51 Deney 10 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

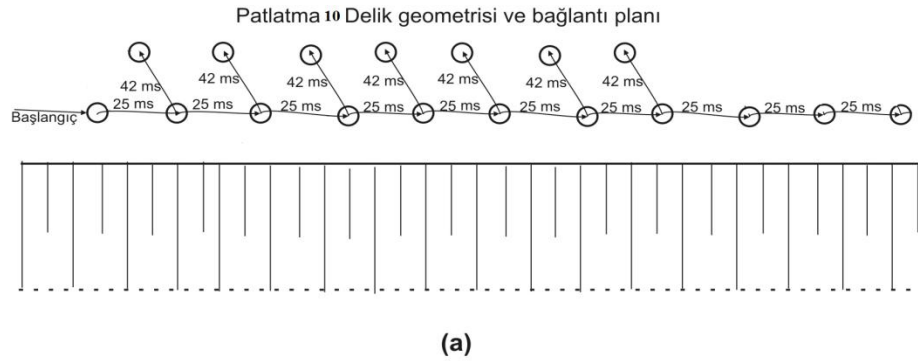
D50 değerini etkileyen parametrelerden biri olan süreksizlik aralığı değeri, düşük bir değere sahiptir. Parçalanma açısından olulu olan bu durum süreksizliklerin konumu tarafından desteklenemediğinden ilk beş aynaya nazaran bu aynada meydana gelen parçalanma boyutu daha yüksektir. Tabaka ile ayna arasındaki doğrultu farkı azdır, fakat ayna ile tabakanın eğim yönleri birbirine tamamen zıttır. Bu ise parçalanma sonucu oluşacak tane boyut dağılımını olumsuz olarak etkilemekte ve büyük boyutlu malzeme çıkmasına neden olmaktadır.

4.2.10.2 Deney 10'a ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

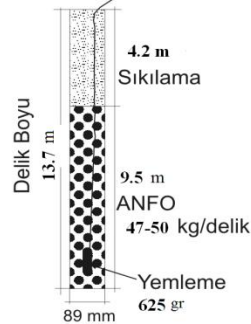
Deney 10 patlatmasında 89 mm çaplı 18 adet delik çift sıra halinde delinmiştir. Bu patlatma işlemi için 850 kg ANFO, 11,25 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 861,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Deney 10'a ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.52'de, teknik detaylar Tablo 4.75'de verilmektedir.

Tablo 4.75 Deney 10'a ait teknik parametreler.

	Dilim Kalınlığı (m)	Deliklerarası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılama (m)	Yüzey Gecikme (ms)
1	2,70	2,40	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	25,00
2	1,50	2,05	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	25,00
3	1,95	2,15	12,50	89,00	13,70	0,625	50,00	9,50	4,20	25,00
4	2,00	2,10	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	25,00
5	2,55	2,70	12,50	89,00	13,70	0,625	48,00	9,50	4,20	25,00
6	2,30	2,10	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	25,00
7	2,60	2,60	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	25,00
8	2,45	2,80	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	25,00
9	2,65	2,50	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	25,00
10	2,85	2,20	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	25,00
11	1,65	2,30	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	25,00
İkinci sıra										
12	2,20	4,70	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	42,00
13	2,00	2,10	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	42,00
14	1,75	1,95	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	42,00
15	2,20	1,80	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	42,00
16	1,95	2,45	12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	42,00
17	1,90		12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	42,00
18	1,80		12,50	89,00	13,70	0,625	47,00	9,50	4,20	42,00



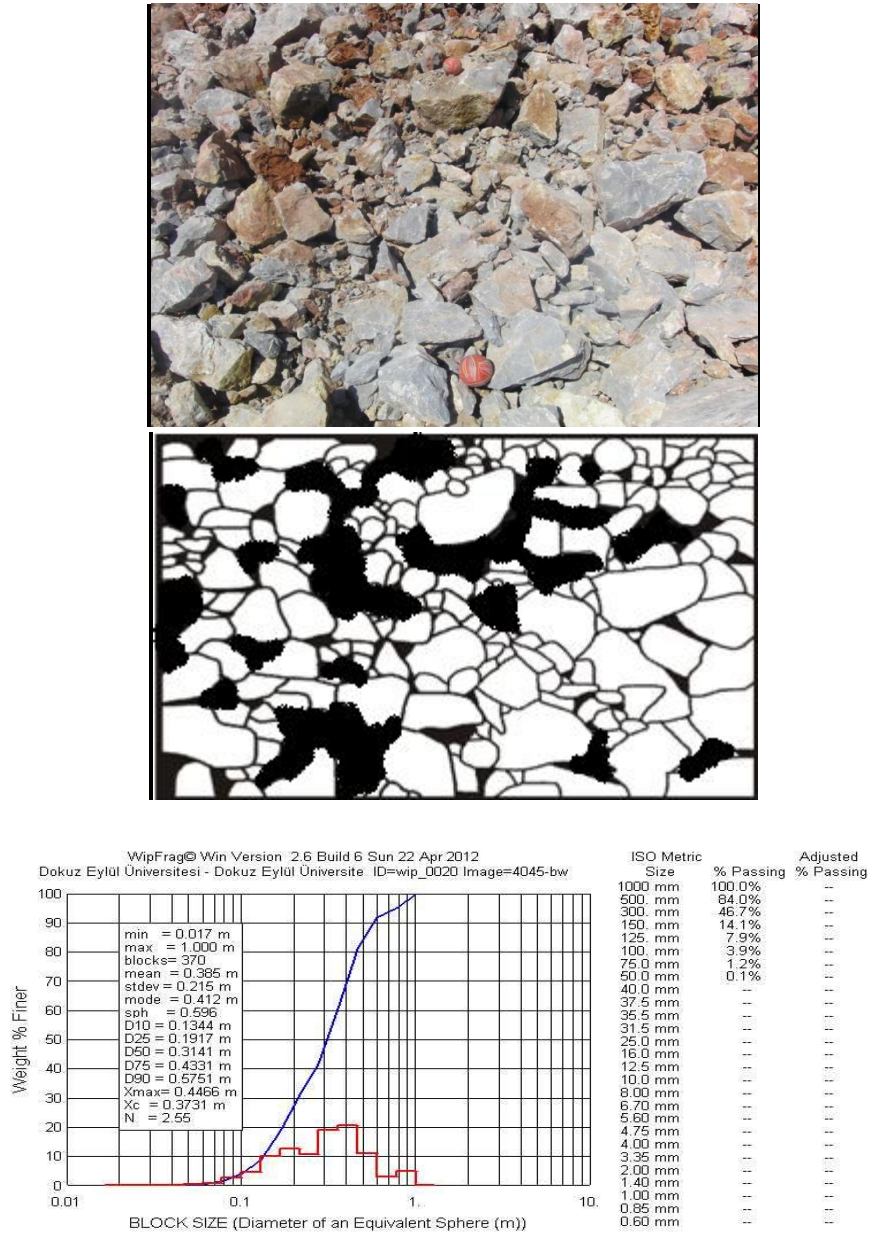
Patlatma 10 Delik düşey kesiti



Şekil 4.52 10. patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.2.10.3 Deney 10'a ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 10'a ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 8 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 8 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.53 aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.53 Örnek olarak Deney 10'a ait patlatma yığınının görüntü analiz aşamaları.

Patlatma sonrası yığından alınan 8 görüntünün işlenmesiyle 1781 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 8 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 24,78 cm, D25 değeri 19,56 cm ve D75 değeri 56,71 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.76'daki veriler kullanılarak 15,15 cm olarak bulunmuştur.

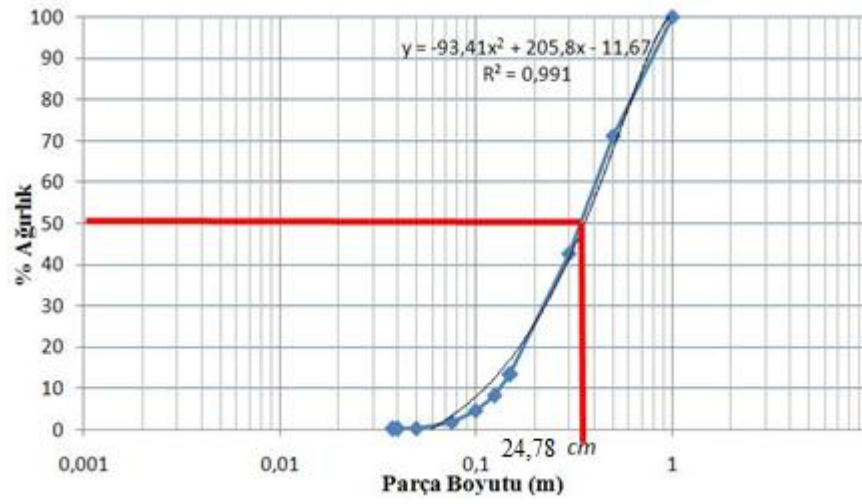
Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.76, 4.77 ve Şekil 4.54'de verilmektedir.

Tablo 4.76 Deney 10 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	17	774	361,7	161	58,42	41,57
Foto 2	22	1000	378,7	259	58,28	41,71
Foto 3	17	1000	362,1	244	60,74	39,25
Foto 4	17	1000	347,3	157	53,66	46,33
Foto 5	17	1000	314,1	370	57,94	42,05
Foto 6	17	1000	321,3	215	59,42	40,57
Foto 7	17	774	277,6	194	57,60	42,39
Foto 8	22	1000	558,4	181	56,06	43,93
Ortalama					57,77034	42,22966

Tablo 4.77 Deney 10'a ait 8 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	100,00
500	71,15
300	42,51
150	13,25
125	8,19
100	4,60
75	1,68
50	0,32
40	0,07
37,5	0,04



Şekil 4.54 Deney 10'a ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.2.10.4 Deney 10'un Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.78'de verilmiştir.

Tablo 4.78 Deney 10'un nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
3	21,13	34,19	46	1,62	1,770
5	20,03	34,80	19	1,74	
15	18,88	38,45	28	2,04	

Bu patlatma deneyinde toplam 3814,88 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 861,25 kg

Özgül şarj = $861,25 \text{ kg} / (3814,88 / 2,65) = 0,598 \text{ kg /m}^3$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki herhangi bir patar miktarı oluşmamıştır.

4.2.10.5 Deney 10'un Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde yine diğer deneylerde olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 139 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 175,54 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.79'da yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.79 Deney 10'a ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
3	9	172,66
3	9	165,20
15	8	158,33
3	9	181,11
15	8	171,94
3	9	196,33
15	9	179,50
3	9	195,35
15	8	189,11
3	8	151,94
15	8	161,88
13	9	175,36
3	9	195,11
15	9	168,30
13	9	169,03
3	9	177,55
Ortalama	8,69	175,54

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 36595 adet olmak üzere toplam 146380 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 23,9 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, aşağıdaki Tablo 4.80'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.80 Deney 10'a ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	36595	161,10	23,9
Arka pompa	36595	160,85	
Kol kapama pistonu	36595	4,83	
Kova kapama pistonu	36595	9,42	

4.2.10.6 Deney 10 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her dört kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında kayıt edilmiştir. Tablo 4.81'de bu deney sırasında her dört

kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.81 Deney 10 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	540,67	380	296,35	90,36	0,161
İkincil kırıcı (1)	1004,33	380	102,56	187,18	0,961
İkincil kırıcı (2)	1034,83	380	99,53	230,42	1,219
Tersiyer kırıcı	1021,67	380	44,81	271,61	3,192

4.2.11 Arazi Çalışması Deney 11

21 Mart 2012 tarihinde gerçekleştirilen onbirinci patlatma deneyi deArkavadi olarak tanımlanan bölgede gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.39). Deney 11'e ait sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 11'e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.11.1 Deney 11'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilip değerlendirilmesi yapılmıştır. Deney 11'in patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 31,73 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 79'dur. Süreksizlikler arasında dolgu maddesine az rastlanılmıştır. Aşağıda Şekil 4.55'de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.55 Deney 11'e ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.82'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $3173 / 79 = 40,16\text{cm}$ olarak bulunmuştur.

Tablo 4.82 Deney 11 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0cm, 30cm, 59cm, 85cm, 89cm, 97-98cm (<i>kil</i>), 126cm, 139cm, 154cm, 161cm, 172cm, 187cm, 191cm, 206cm, 233cm, 289cm, 335cm, 370cm, 410-412cm (<i>kil</i>), 426cm, 467cm, 488cm, 537cm, 660cm, 710cm, 795cm, 845cm, 864cm, 914-915cm (<i>kil</i>), 1030cm, 1160cm, 1220-1222cm (<i>kil</i>), 1235cm, 1240cm, 1480cm, 1497cm, 1500cm, 1540cm, 1595cm, 1643cm, 1691cm, 1719cm, 1988cm, 2002cm, 2045cm, 2048cm, 2053cm, 2190cm, 2229cm, 2303cm, 2328cm, 2345cm, 2368cm, 2374cm, 2407cm, 2485cm, 2506cm, 2599cm, 2617cm, 2642cm, 2694cm, 2706cm, 2726cm, 2745cm, 2758cm, 2783cm, 2830cm, 2863cm, 2908cm, 2953cm, 3018cm, 3058cm, 3073cm, 3128cm, 3173cm
--

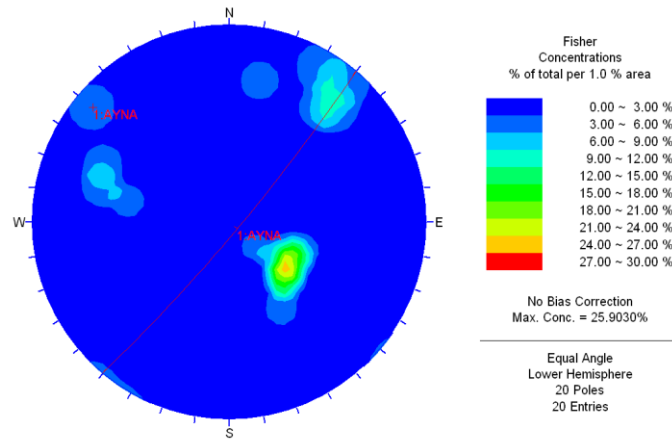
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta derece aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 11 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.83 Deney 11 Tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

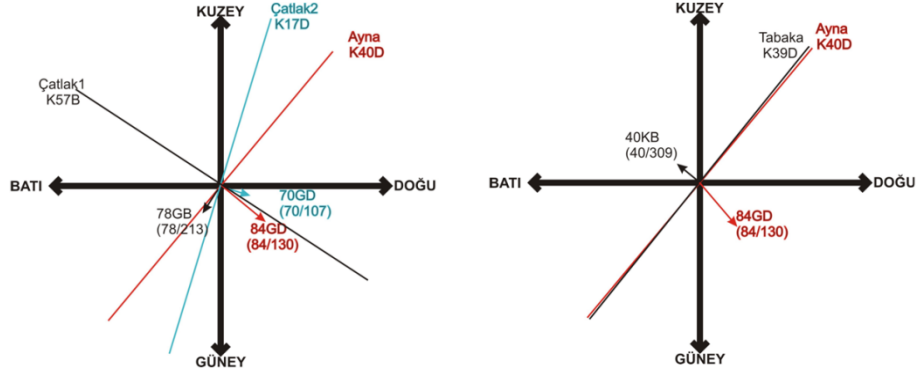
TABAKA			ÇATLAK			AYNA
315/20	302/43	319/41	224/75	210/84	220/85	130/84
308/32	310/40	316/45	115/70	192/72	105/68	
298/40	315/44	329/54	102/55	218/72		
294/35	290/43					

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.56’da verilmiştir.



Şekil 4.56 Deney 11 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 11’e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 309/40, çatlak takımlarının yoğunlaştığı konumlar ise 213/78 ve 107/70 dir. Elde edilen tabakalanmanın genel konumu ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.57’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.57 Deney 11 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

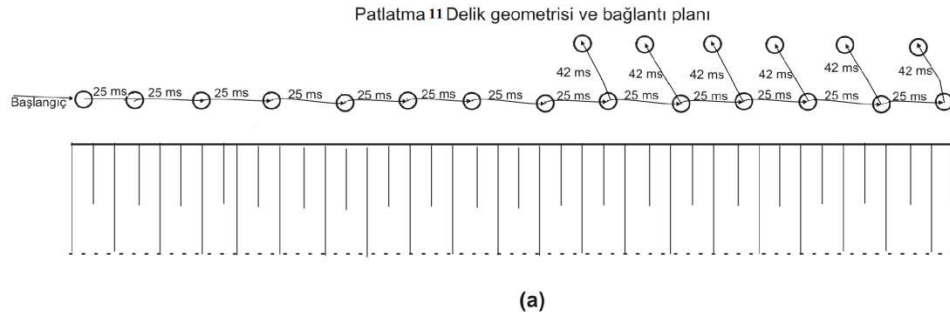
Süreksizlik yönelimlerinin bulunduğu koordinat sistemi incelendiğinde ayna ile tabakalanmanın birbirine paralel oldukları görülmektedir. Verimli bir patlatma için istenen bir durum olmasına karşın, tabaka eğim yönlerinin birbirine zıt olması patlatma sonucu oluşacak tane boyutunun daha büyük olmasına sebep olabilir. Aynı zamanda çatlak setlerinin konumları incelendiğinde de 1.çatlak setinin parçalanma açısından olumsuzluk yaratabileceği gözlemlenebilir.

4.2.11.2 Deney 11'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

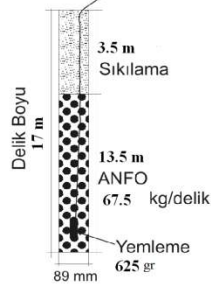
89 mm çapında 20 adet deliğin çift sıra halinde delinmesiyle Deney 11'e ait patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. 1350 kg ANFO, 12,5 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 1362,5 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.58'de, teknik detaylar Tablo 4.84'de verilmektedir.

Tablo 4.84 Deney 11 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler arası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılama (m)	Yüzey Gecikme (ms)
1	2,90	2,55	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
2	2,80	2,80	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
3	2,85	2,30	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
4	2,80	2,75	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
5	2,60	3,15	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
6	2,40	2,10	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
7	2,30	2,40	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
8	3,20	2,25	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
9	2,60	2,55	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
10	2,35	2,40	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
11	2,40	2,00	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
12	2,40	1,85	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
13	2,35	1,85	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
14	2,80	2,10	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	25,00
ikinci sıra										
15	1,40	1,85	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	42,00
16	1,90	2,20	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	42,00
17	2,20	2,25	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	42,00
18	2,00	2,50	16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	42,00
19	1,95		16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	42,00
20	1,65		16,00	89,00	17,00	0,625	67,50	13,50	3,50	42,00



Patlatma 11 Delik düşey kesiti



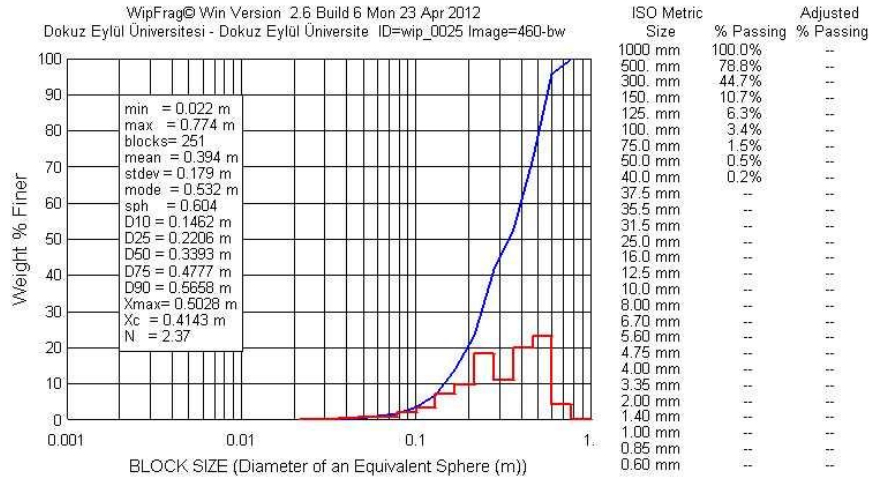
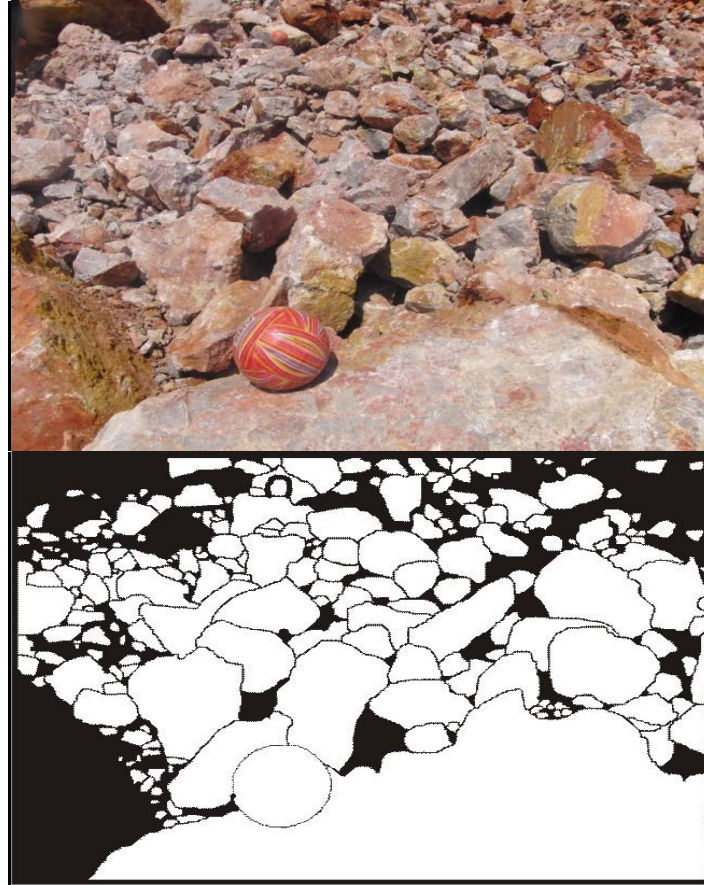
Şekil 4.58 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.2.11.3 Deney 11'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 11'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 12 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 12 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.59 aşağıda verilmiştir.

Yığından alınan 12 görüntünün işlenmesiyle 2982 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 12 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 21,20 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 19,25 cm ve 62,37 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.85'deki verilerle 15,73 cm olarak bulunmuştur.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.85, 4.86 ve Şekil 4.60'da verilmektedir.



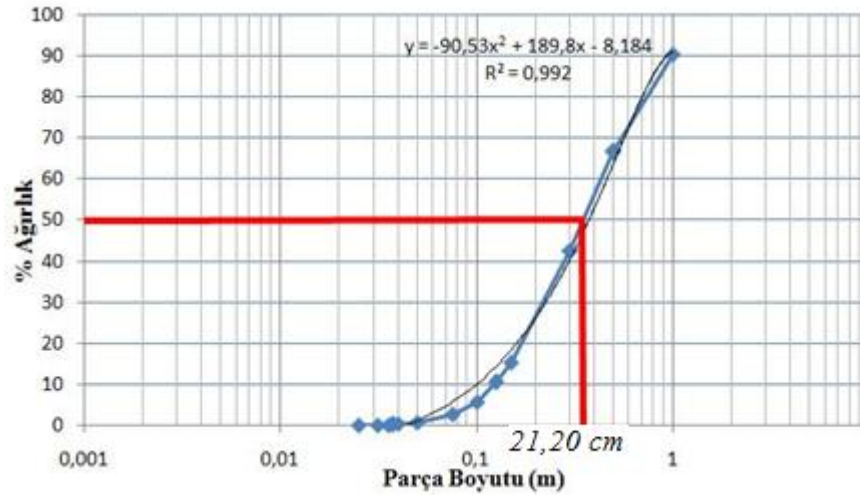
Şekil 4.59 Örnek olarak Deney 11'e ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.85 Deney 11 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	22	129,2	405,5	175	68,60	31,39
Foto 2	17	166,8	919,2	160	58,04	41,96
Foto 3	22	774	339,3	251	62,54	37,46
Foto 4	17	1000	282,3	311	70,77	29,22
Foto 5	17	1668	579,1	127	66,78	33,22
Foto 6	13	774	239,4	373	70,58	29,42
Foto 7	22	1292	430,9	178	77,67	22,32
Foto 8	22	774	294,7	389	74,76	25,23
Foto 9	13	599	253	263	66,77	33,23
Foto 10	22	1668	608,4	225	85,13	14,87
Foto 11	22	1668	488,4	214	85,29	14,71
Foto 12	22	1000	388,7	316		
Ortalama					71,54	28,46

Tablo 4.86 Deney 11'e ait 12 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	90,48
500	66,68
300	42,54
150	15,32
125	10,52
100	5,78
75	2,71
50	0,75
40	0,32
37,5	0,19
35,5	0,11
31,5	0,07
25	0,01



Şekil 4.60 Deney 11'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.2.11.4 Deney 11'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.87'de verilmiştir.

Tablo 4.87 Deney 11'in nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
6	21,48	36,45	42	1,70	1,795
9	17,96	30,81	36	1,72	
13	21,51	33,12	26	1,54	
15	18,88	39,73	44	2,11	

Bu patlatma deneyinde toplam 5987,43 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 1362,5 kg

$$\text{Özgöl şarj} = 1362,5 \text{ kg} / (5987,43/2,65) = \mathbf{0,603 \text{ kg /m}^3}$$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığında herhangi bir patar oluşmamıştır

4.2.11.5 Deney 11'in Yükleyici Performansına Etkisi

Toplam 210 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 180,36 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.88'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.88 Deney 11'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
13	9	185,26
6	9	182,52
9	8	169,95
13	10	203,55
6	9	192,10
9	8	173,51
13	9	199,06
6	10	209,86
13	9	164,16
9	8	155,82
9	8	171,51
9	8	157,09
13	8	185,36
6	8	182,32
9	7	169,95
13	8	203,65
6	8	192,11
9	7	173,21
13	8	199,30
6	9	209,66
13	8	164,06
9	7	155,62
9	7	171,31
9	8	157,79
Ortalama	8,25	164,89

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi

sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 21457 adet olmak üzere toplam 85828 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 25,3 l/saat olarak belirlenmiştir. Tablo 4.89’da ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.89 Deney 11’e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	21457	165,56	25,3
Arka pompa	21457	169,85	
Kol kapama pistonu	21457	7,31	
Kova kapama pistonu	21457	10,69	

4.2.11.6 Deney 11 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her dört kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında sürekli olarak kayıt edilmiştir. Tablo 4.90’da bu deney sırasında her dört kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.90 Deney 11 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (saat)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	750,83	380	282,05	90,62	0,169
İkincil kırıcı (1)	1216,50	380	111,91	185,23	0,872
İkincil kırıcı (2)	1353,83	380	100,56	207,80	1,088
Tersiyer kırıcı	1358,67	380	44,53	267,36	3,161

4.2.12 Arazi Çalışması Deney 12

Arkavadi olarak tanımlanan bölgede 27 Mart 2012 tarihinde gerçekleştirilen onikinci patlatma deneyinde (Şekil 2.45); sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 12’ye ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.12.1 Deney 12'ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır. Deney 12'nin patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 19,73 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 77'dir. Şekil 4.61'de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.61 Deney 12'ye ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.91'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $1973 / 77 = 25,62$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.91 Deney 12 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0cm, 35cm, 92cm, 98cm, 215cm, 240cm, 245cm, 264-266cm (<i>kil</i>), 276cm, 381cm, 383cm, 392cm, 413cm, 444cm, 452cm, 472cm, 485cm, 626cm, 653cm, 668cm, 681cm, 725cm, 782cm, 851cm, 869cm, 906cm, 925-927cm (<i>kil</i>), 964cm, 986cm, 1023-1026cm (<i>kil</i> , <i>kireçtaşı</i>), 1053cm, 1103-1105cm (<i>kil</i>), 1163cm, 1198cm, 1239cm, 1298cm, 1335cm, 1398cm, 1456cm, 1463cm, 1499cm, 1508cm, 1527-1529cm (<i>kalsit</i>), 1539cm, 1580cm, 1620cm, 1682cm, 1705-1706cm (<i>kireçtaşı</i>), 1733cm, 1745cm, 1755-1756cm (<i>kil</i>), 1772cm, 1781cm, 1783cm, 1799cm, 1805cm, 1818cm, 1823-1826cm (<i>kil</i>), 1845cm, 1858cm, 1889cm, 1895cm, 1902cm, 1917cm, 1936cm, 1973cm
--

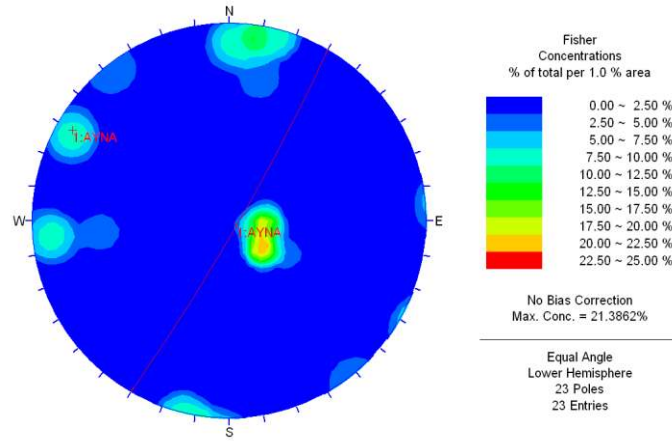
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 12 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümleri neticesinde elde edilen ayna ile tabakalanmanın eğim yönü ile eğimleri Tablo 4.92’de verilmiştir.

Tablo 4.92 Deney 12 tabaka, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

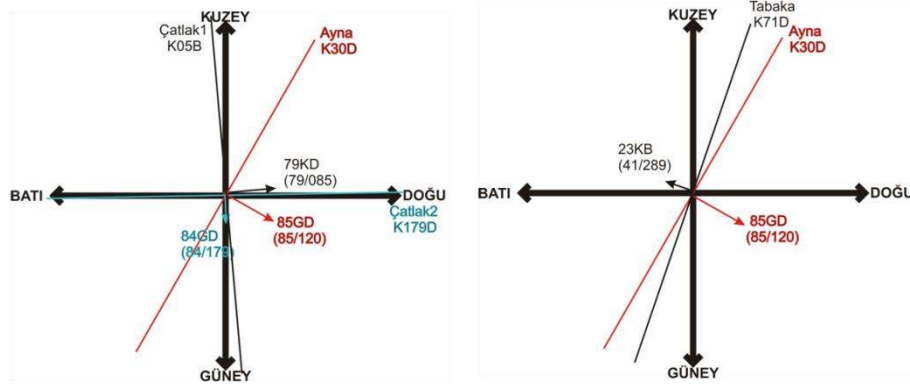
TABAKA		ÇATLAK		AYNA YÖNÜ
317/25	300/37	193/88	193/88	120/85
310/21	313/23	183/85	117/83	
315/28	307/26	142/88	86/86	
282/23	289/12	192/72	84/82	
280/25	269/22	180/82	85/66	
277/14	257/21			

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.62’de verilmiştir.



Şekil 4.62 Deney 12 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 12'ye ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/eğim olarak 293/23 çatlak takımlarının yoğunlaştığı konumlar ise 179/84 ve 85/79'dur. Stereonetten elde edilen tabakalanmanın yoğunlaştığı eğim, eğim yönü ve doğrultu ile ve ayna yönleri iki boyutlu olarak koordinat sisteminde gösterilmiştir (Şekil 4.63).



Şekil 4.63 Deney 12 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

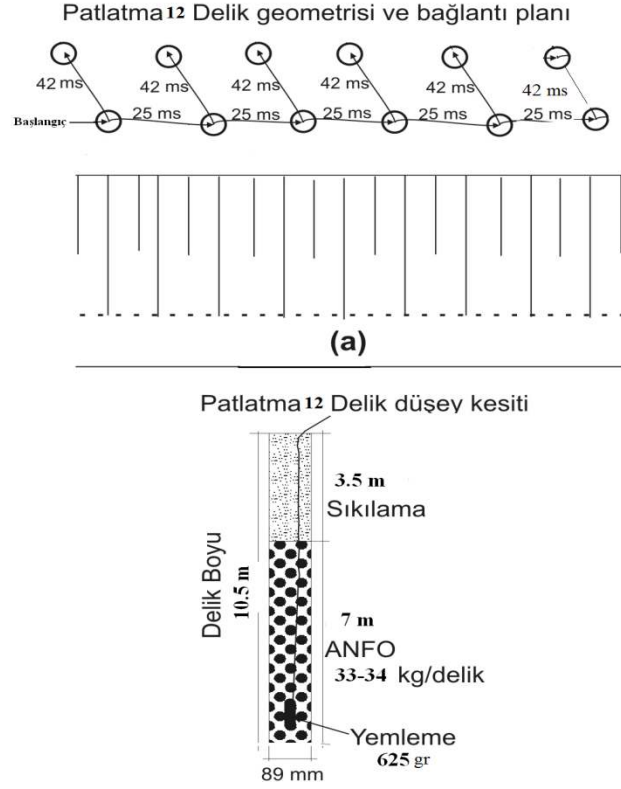
Süreksizlik aralığı değeri açısından diğer aynalarla kıyaslandığında, ortalama bir değere sahiptir. Koordinat sistemi incelendiğinde görülmektedir ki, tabaka ile ayna doğrultusu arasındaki fark çok azdır. 1.çatlak seti ile tabaka arasındaki konumlanma da patlatma sonuçlarını olumlu yönde etkileyebilir.

4.2.12.2 Deney 12'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 12'ye ait patlatma işlemi için çift sıra halinde 89 mm çapında 12 adet delik delinmiştir. Bu patlatma için 400 kg ANFO, 7,5 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 407,5 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Deney 12'ye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.64'de, teknik detaylar Tablo 4.93'de verilmektedir.

Tablo 4.93 Deney 12 patlatması teknik parametreleri.

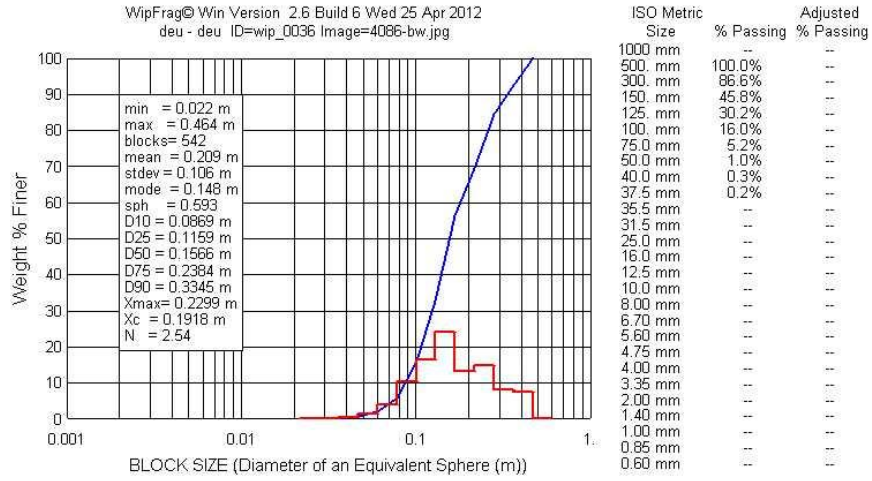
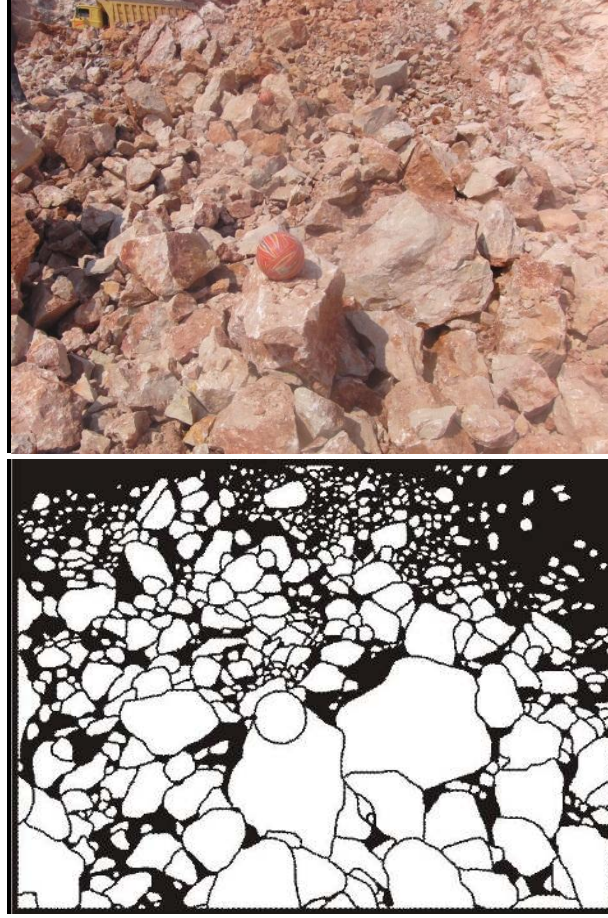
	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler arası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılama (m)	Yüzey Gecikme (ms)
1	2,65	3,95	10,00	89,00	10,50	0,625	34,00	7,00	3,50	25,00
2	2,60	2,20	10,00	89,00	10,50	0,625	34,00	7,00	3,50	25,00
3	2,70	2,20	10,00	89,00	10,50	0,625	34,00	7,00	3,50	25,00
4	2,40	2,70	10,00	89,00	10,50	0,625	34,00	7,00	3,50	25,00
5	1,90	2,65	10,00	89,00	10,50	0,625	33,00	7,00	3,50	25,00
6	1,95	2,10	10,00	89,00	10,50	0,625	33,00	7,00	3,50	25,00
ikinci sıra										
7	0,90	2,75	10,00	89,00	10,50	0,625	33,00	7,00	3,50	42,00
8	2,25	2,50	10,00	89,00	10,50	0,625	33,00	7,00	3,50	42,00
9	2,75	2,80	10,00	89,00	10,50	0,625	33,00	7,00	3,50	42,00
10	2,10	2,55	10,00	89,00	10,50	0,625	33,00	7,00	3,50	42,00
11	2,10		10,00	89,00	10,50	0,625	33,00	7,00	3,50	42,00
12	1,90		10,00	89,00	10,50	0,625	33,00	7,00	3,50	42,00



Şekil 4.64 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.2.12.3 Deney 12'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 12'ye ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 5 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu deney için, alınan 5 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.65 aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.65 Örnek olarak Deney 12'ye ait patlatma yığınının görüntü analiz aşamaları.

Yığından 5 farklı görüntü alınmış, bu görüntülerin işlenmesiyle 2247 parça incelenmiştir. Bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 5 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 19,90 cm, D25 ve D75 değerleri de sırasıyla

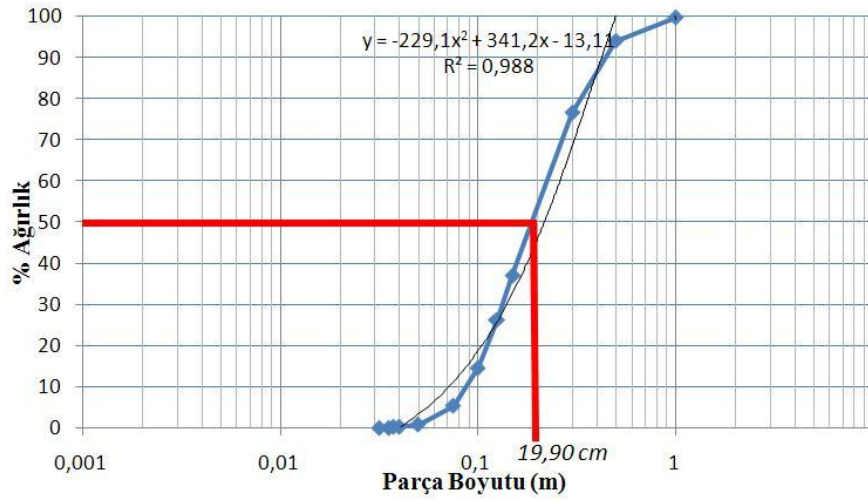
8,75 cm ve 28,25 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.94'deki veriler kullanılarak 16,40 cm olarak bulunmuştur. Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.94, 4.95 ve Şekil 4.66'da verilmektedir.

Tablo 4.94 Deney 12 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	22	774	194,9	486	63,955	36,04
Foto 2	28	1000	317,1	246	74,38	25,61
Foto 3	22	599	196,6	448	82,88	17,11
Foto 4	13	599	148,4	525	85,40	14,59
Foto 5	22	464	156,6	542	89,43	10,56
Ortalama					79,21	20,79

Tablo 4.95 Deney 12'ye ait 5 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	99,77
500	94,05
300	76,69
150	37,14
125	26,24
100	14,63
75	5,43
50	0,86
40	0,39
37,5	0,27
35,5	0,14
31,5	0,07



Şekil 4.66 Deney 12'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.2.12.4 Deney 12'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.96'da verilmiştir.

Tablo 4.96 Deney 12'nin nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
3	21,13	35,55	15	1,70	1,750
6	21,48	36,89	24	1,72	
9	17,96	32,96	21	1,84	

Bu patlatma deneyinde toplam 2272,54 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 407,5 kg

Özgül şarj = $407,5 \text{ kg} / (2272,54 / 2,65) = 0,475 \text{ kg / m}^3$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı 103 ton olarak ölçülmüştür.

4.2.12.5 Deney 12'nin Yükleyici Performansına Etkisi

Toplam 163 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 189,71 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.97'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.97 Deney 12'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
9	9	182,00
6	11	240,65
9	9	179,58
6	11	233,19
3	9	177,60
9	9	195,35
6	10	202,17
3	10	193,93
9	9	172,61
6	10	187,93
3	10	181,05
9	8	160,59
6	10	211,29
3	10	197,35
9	9	165,60
6	10	166,37
3	9	177,82
Ortalama	9,59	189,71

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 14765 adet olmak üzere toplam 59060 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 30,7 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.98'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.98 Deney 12'ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	14765	169,82	30,7
Arka pompa	14765	176,69	
Kol kapama pistonu	14765	5,53	
Kova kapama pistonu	14765	8,10	

4.2.12.6 Deney 12 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her dört kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında kayıt edilmiştir. Tablo 4.99'da bu deney sırasında her dört kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.99 Deney 12 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (saat)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	171,83	380	156,03	103,66	0,350
İkincil kırıcı (1)	190,00	380	90,71	182,16	1,057
İkincil kırıcı (2)	183,00	380	94,18	205,04	1,146
Tersiyer kırıcı	197,00	380	38,88	264,70	3,584

4.3 Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneyleri

Batı Anadolu Çimento Fabrikasına ait Aravadi kalker ocağında 9 adet patlatma deneyi yapılmıştır. Patlatma deneyleri 127 mm. delik çapında, tek sıra halinde 2 ya da 3 adet delik olarak planlanmıştır. Patlatılan delik sayısı, patlatma sonucu oluşan yığının kırıcı tesisine beslenmesi için geçen sürenin azaltılması amacı ile az tutulmuştur. Yapılan deneylerde elde edilen malzemenin izlenmesi yaklaşık 12 ile 24 saatlik süreleri kapsamıştır. Bu deneyler aşağıda detaylı bir şekilde verilmektedir.

4.3.1 Arazi Çalışması Deney 1

İlk arazi çalışması 23 Eylül 2011 tarihinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.9.). Bu kapsamda sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 1'e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.3.1.1 Deney 1'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 1'in patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Hat etüdü ölçümü sonucunda elde edilen bilgiler; süreksizlik arasındaki dolgu malzemesinin özellikleri ile kalınlığı ve süreksizlik aralığıdır. Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 3,82 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 15'dir. Patlatma aynasının bir görünümü Şekil 4.67'de verilmiştir.



Şekil 4.67 Deney 1 e ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.100’de verilen hat etüdü ölçümleri sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;
 $382 / 15 = 25,47 \text{ cm} = \mathbf{245,7 \text{ mm}}$ olarak bulunmuştur.

Tablo 4.100 Deney 1 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0cm, 12-25cm (<i>parçalanmış zon</i>), 97cm, 107cm, 111cm, 124cm, 126cm, 160-162cm (kil), 186cm, 209cm, 242cm, 275cm, 331cm, 382cm
--

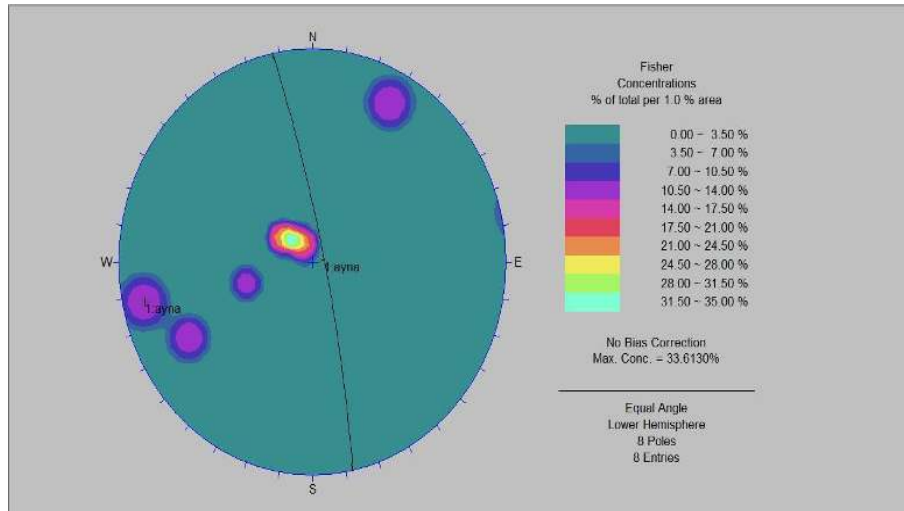
ISRM’nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta derece aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981)

Deney 1 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.101 Deney 1 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerleri.

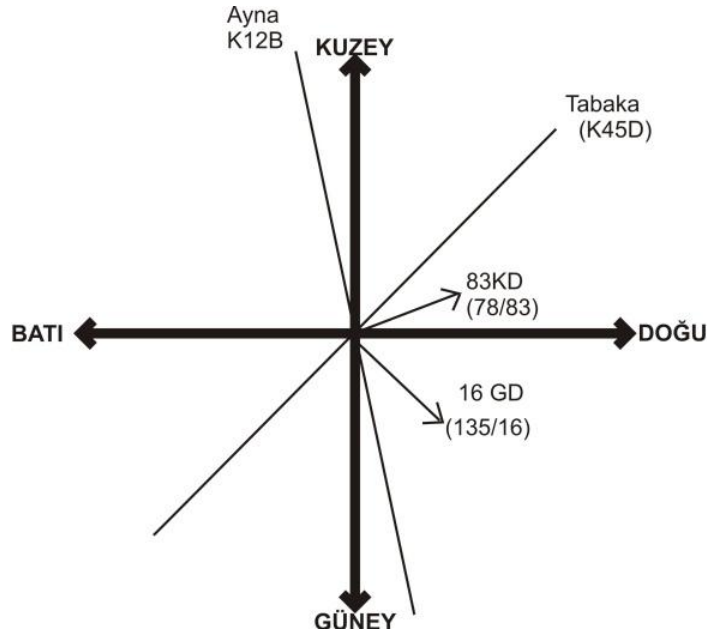
TABAKA		ÇATLAK	AYNA
151/14	129/21	74 39	78/83
146/09	125/22	208/80	
		61/72	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.68’de verilmiştir.



Şekil 4.68 Deney 1 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 1'e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/eğim olarak 135/16'dır. Bu aynada yapılan ölçümlerde belirlenen çatlak sayısı üç adet olduğu için ortalama çatlak konumu belirlenememiştir. Patlatma sonucunda oluşacak yığın parça boyutunu etkileyen en önemli parametrelerden birisi tabakaların konumudur. Tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.69'da iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.69 Deney 1 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

Süreksizlik aralığı ve süreksizlik yönelimlerinin patlatma sonrası yığın boyut dağılımında etkili olduğu düşünülmektedir. Süreksizlik yönelimlerinin gösterildiği koordinat sistemi incelendiğinde şev aynası ile tabakalanma arasındaki doğrultu farkının 57 derece olduğu görülmektedir. Tabaka eğim yönünün GD'da, ayna eğim yönünün KD'da olduğu, fakat aralarındaki açının doğu yönünde dar olmasından dolayı yönelimlerinin yakın olduğu, tabaka eğiminin düşük olduğu görülmektedir.

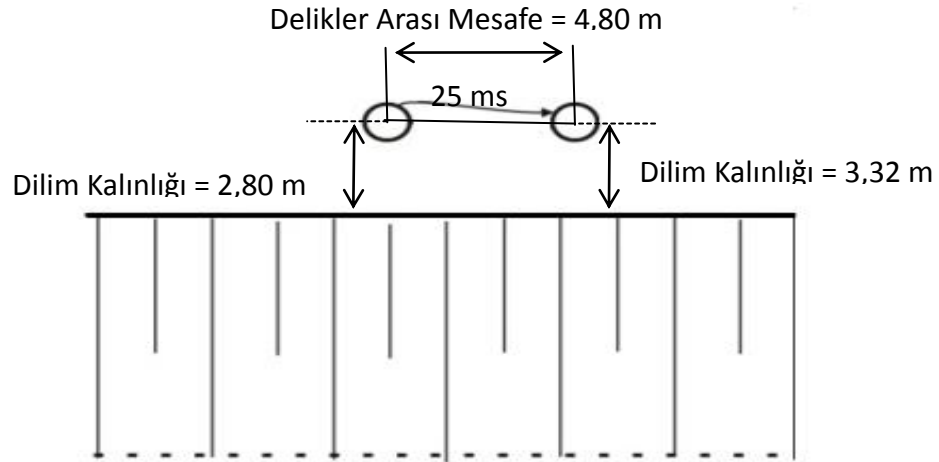
4.3.1.2 Deney 1'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 1 patlatmasında 127 mm çapında 2 adet delik tek sıra halinde delinerek patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu patlatmada 250 kg ANFO, 1,25 kg yemleme

dinamiti olmak üzere toplam 251,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.70’de, teknik detaylar Tablo 4.102’de verilmektedir.

Tablo 4.102 Deney 1 patlatması teknik parametreleri.

	1. Delik		2. Delik
Dilim Kalınlığı (m)	2,80		3,32
Deliklerarası Mesafe (m)		4,80	
Basamak Yüksekliği (m)	16		16
Delik Çapı (mm)	127		127
Delik Boyu (m)	17		17
Yemleme (kg)	0,625		0,625
Şarj (kg)	125		25
Şarj Kolon (m)	11		11
Sıkılama (m)	6		6
Delik İçi Gecikme (ms)	450		450
Yüzey Gecikmesi (ms)		25	



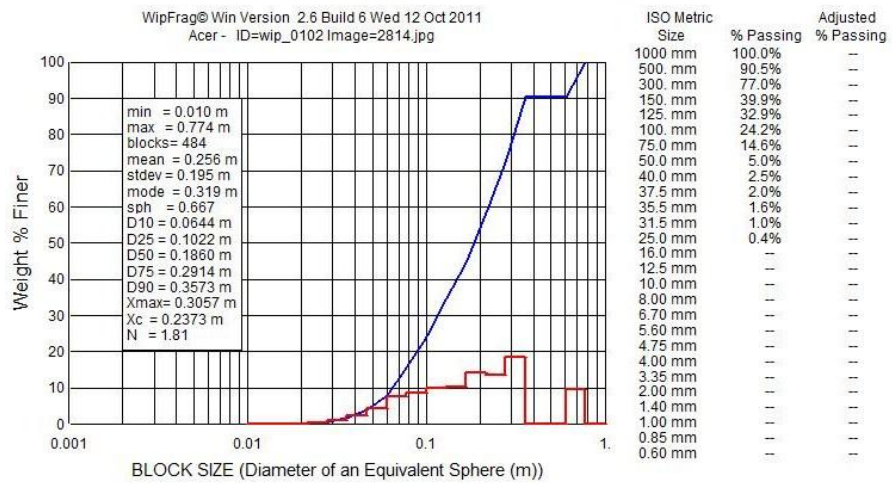
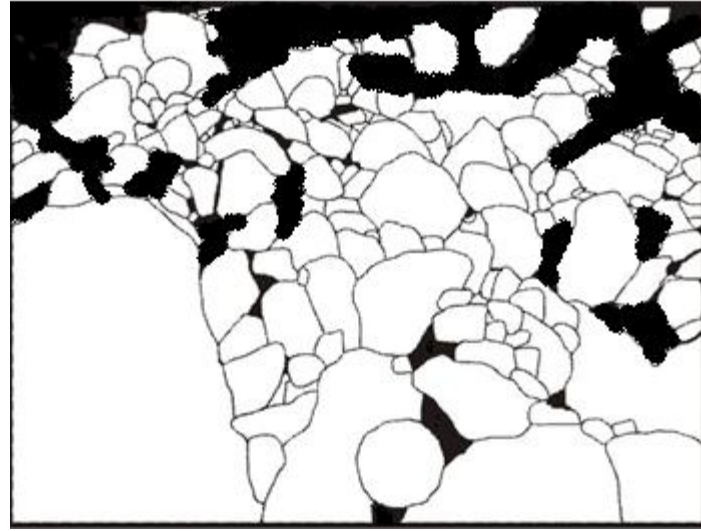
Şekil 4.70 Deney 1 patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.3.1.3 Deney 1'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 1'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak 4 adet görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu yığın için alınan 4 görüntüden birisinin, örnek teşkil etmesi amacıyla tane boyut dağılımının belirlenme aşamaları aşağıda Şekil 4.71'de verilmiştir.

Yığından alınan 4 görüntünün işlenmesiyle 1898 parça incelemeye alınmıştır. Bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş ve 4 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 32,11 cm olarak saptanmıştır. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 15,85 cm ve 54,45 cm olarak hesaplanmıştır.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.103, Tablo 4.104 ve Şekil 4.72'de verilmektedir.



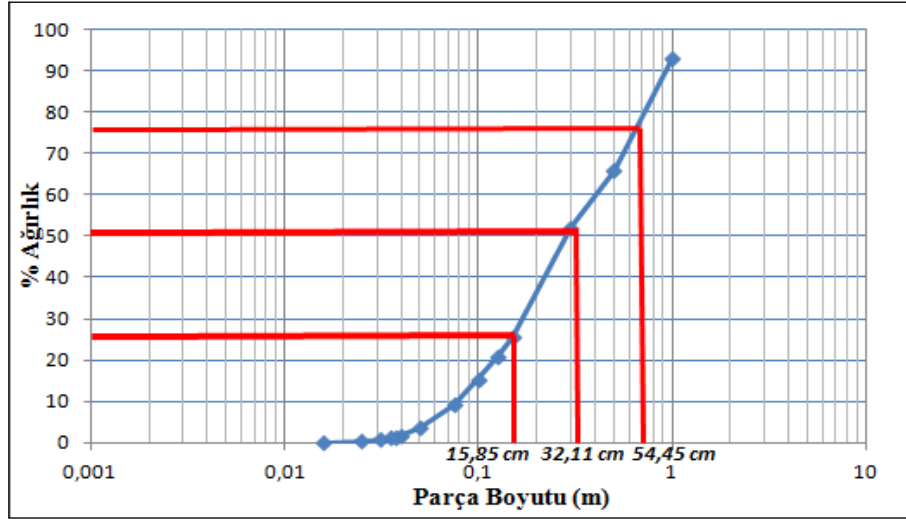
Şekil 4.71 Örnek olarak Deney 1'e ait patlatma yığımından bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.103 Deney 1 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları			
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı
Foto 1	10	774	186	484
Foto 2	8	1000	256,4	433
Foto 3	7	1292	386,4	538
Foto 4	22	1292	555,6	443

Tablo 4.104 Deney 1'e ait 4 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	93,21
500	65,79
300	52,04
150	25,51
125	20,68
100	15,28
75	9,26
50	3,56
40	1,82
37,5	1,46
35,5	1,16
31,5	0,80
25	0,38
16	0,05



Şekil 4.72 Deney 1'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.3.1.4 Deney 1'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.105'de verilmiştir.

Tablo 4.105 Deney 1'in nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
1	20,95	35,85	4	1,71	1,72
2	20,83	35,58	4	1,71	
3	21,13	35,29	4	1,67	
4	22,39	39,21	4	1,75	
5	20,03	36,00	4	1,80	
6	21,48	38,30	4	1,78	
7	20,56	34,31	3	1,67	
8	21,37	36,43	4	1,70	

Özgül şarjın bulunmasında kullanılan toplam patlayıcı madde miktarı ANFO ve yemleme olarak kullanılan patlayıcıların toplamıdır. Deney 1 için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

$$\text{Toplam malzeme} = 1607,07 \text{ ton} / 2,66 \text{ ton/m}^3 = 604,16 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 251,25 \text{ kg}$$

$$\text{Özgöl şarj} = 251,25 \text{ kg} / 604,16 \text{ m}^3 = \mathbf{0,416 \text{ kg/m}^3}$$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı 145 ton olarak ölçülmüştür.

4.3.1.5 Deney 1' in Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyici performansının belirlenmesinde yükleme süresi ve yükleyici hidrolik basınçları değerlendirilmiştir. Bu deneyde ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 167 kepçe periyodu gözlenerek 688,53 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 202,1 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.106'da yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede ve kaç kepçe ile yüklediği verilmektedir. Ayrıca Tablo 4.106'da açıklama kısmında yükleme sırasında beklenmeyen gecikmelerle ilgili gerekli bilgilere yer verilmiştir.

Tablo 4.106 Deney 1'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)	Açıklama
1	8	191,63	
2	8	175,81	
3	9	210,98	
4	9	193,75	
5	9	181,74	
6	9	201,17	
7	9	183,80	
8	8	189,93	
2	8	186,46	
1	9	218,46	Yığın düzeltmesi
8	9	219,21	Yığın düzeltmesi
4	9	202,00	
5	9	237,19	Yığın düzeltmesi
6	9	212,71	
7	9	218,64	
8	9	208,91	
2	9	221,09	Yığın düzeltmesi
1	9	198,35	
3	9	188,13	
Ortalama	8,79	202,1	

Yükleyici veriminin belirlenmesinde bölüm 3.2'de ayrıntısı verilen görüntü analizi tekniği kullanılarak ön pompa basıncı, arka pompa basıncı, kol kapama basıncı, kova kapama basıncı değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 17940 adet olmak üzere toplam 71760 adet veri kaydedilerek değerlendirilmiştir. Bu veriler Tablo 4.107'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.107 Deney 1'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)
Ön pompa	17940	151,84
Arka pompa	17940	152,24
Kol kapama pistonu	17940	7,25
Kova kapama pistonu	17940	5,68

4.3.1.6 Deney 1 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bölüm 3.2 de tesis akım şeması ve ölçüm alım tekniği ayrıntılarıyla verilen kırma eleme tesisinde Deney 1'e ait enerji sarfıyatına yönelik ölçümler alınmıştır. Alınan veriler ve değerlendirilmesi Tablo 4.108'de verilmektedir. Tablo 4.108'de kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri görülmektedir.

Tablo 4.108 Deney 1 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama Enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	379	380	150,2	197,4	0,692
İkincil kırıcı	439	380	139,6	202,4	0,763
Tersiyer kırıcı	499	380	49,5	73,1	0,778

4.3.2 Arazi Çalışması Deney 2

Arazi çalışmalarının ikincisi; 26 Eylül 2011 tarihinde yapılmıştır (Şekil 3.16). Bu kapsama yönelik olarak sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümler gerçekleştirilmiştir. Deney 2'ye ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.3.2.1 Deney 2'ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır. Deney 2'nin patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Şekil 4.73’de verilen patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 4,42 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 10’dur.



Şekil 4.73 Deney 2’ ye ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.109’da verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $442 / 10 = 44,2 \text{ cm} = 442 \text{ mm}$.

Tablo 4.109 Deney 2 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0cm, 40cm, 72cm, 91cm, 119cm, 153cm, 260cm, 325cm, 360cm, 440-442cm (<i>killi kalsit</i>)

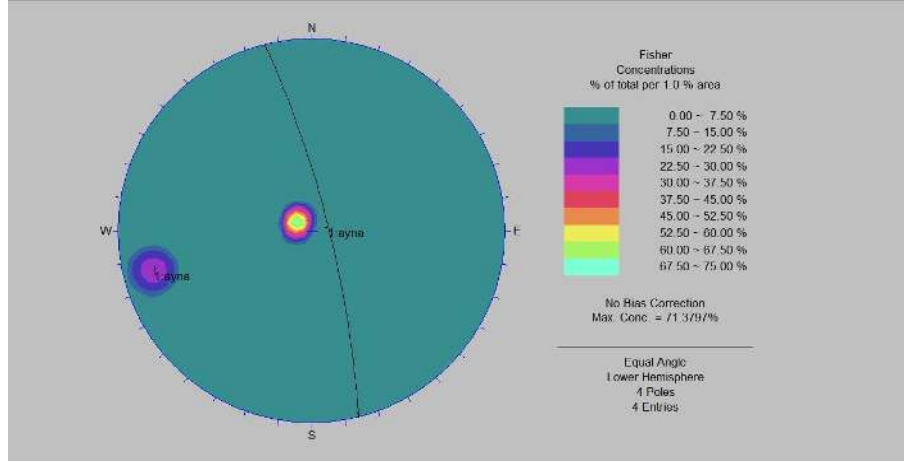
ISRM’nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 2 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri Tablo 4.110’da verilmiştir.

Tablo 4.110 Deney 2 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

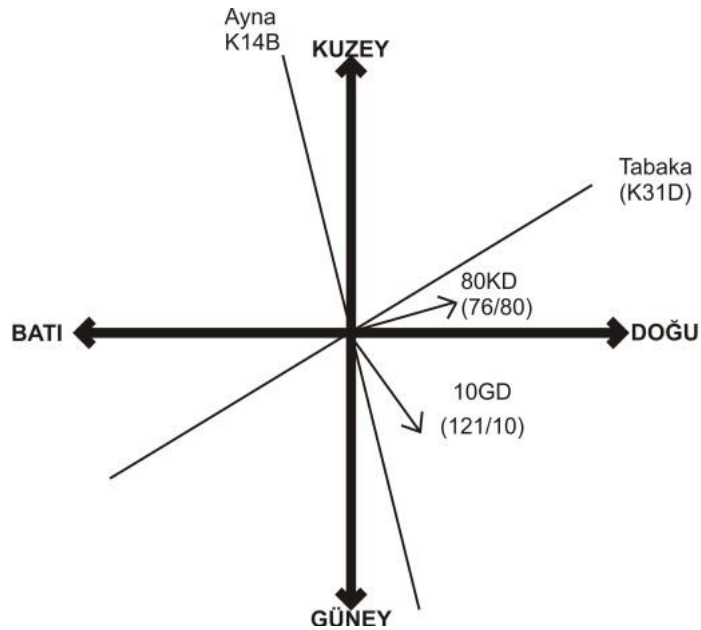
TABAKA	AYNA
120/11	76/80
98/09	
142/11	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler kullanılarak çalışılan şev aynasına ait stereonet çizimleri Şekil 4.74’de verilmiştir.



Şekil 4.74 Deney 2 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 2’ye ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 121/10’dur. Ayna yüzeyinde tabakalanma haricinde çatlak sistemine rastlanılmamıştır. Tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.75’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.75 Deney 2 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

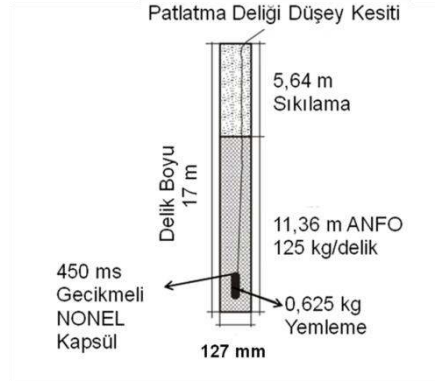
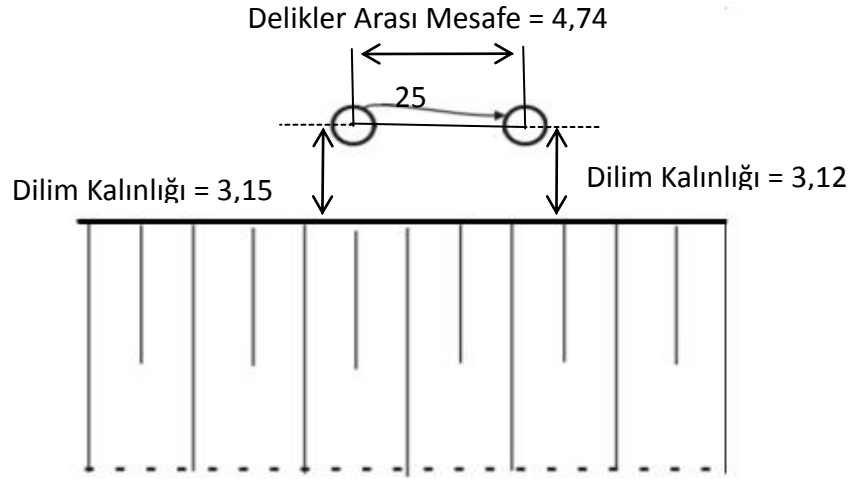
Süreksizlik yönelimlerinin gösterildiği koordinat sistemi incelendiğinde şev aynası ile tabakalanma arasındaki doğrultu farkının düşük olduğu görülmektedir. Tabaka eğim yönünün GD’da, ayna eğim yönünün KD’da olduğu, fakat aralarında dar açı oluşmasından dolayı eğim yönlerinin farklı bölgelere düşmesine rağmen yakın olduğu gözlemlenmiştir. Deney 2’ye ait patlatma aynası ortalama bir süreksizlik aralığı değerine sahiptir. Aynı zamanda tabaka eğimi çok düşüktür. Tabaka eğiminin paralele çok yakın olması, doğrultular arasındaki farkın fazla olmaması sebebi ile patlatma sonrası oluşan yığın dağılımında ortalama olarak nispeten küçük parça boyutu beklenmektedir.

4.3.2.2 Deney 2’ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 2 patlatmasında 2 adet 127 mm çapında delik tek sıra halinde delinerek patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu patlatma işleminde 250 kg ANFO, 1,25 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 251,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.76’da, teknik detaylar Tablo 4.111’de verilmektedir.

Tablo 4.111 Deney 2 patlatması teknik parametreleri.

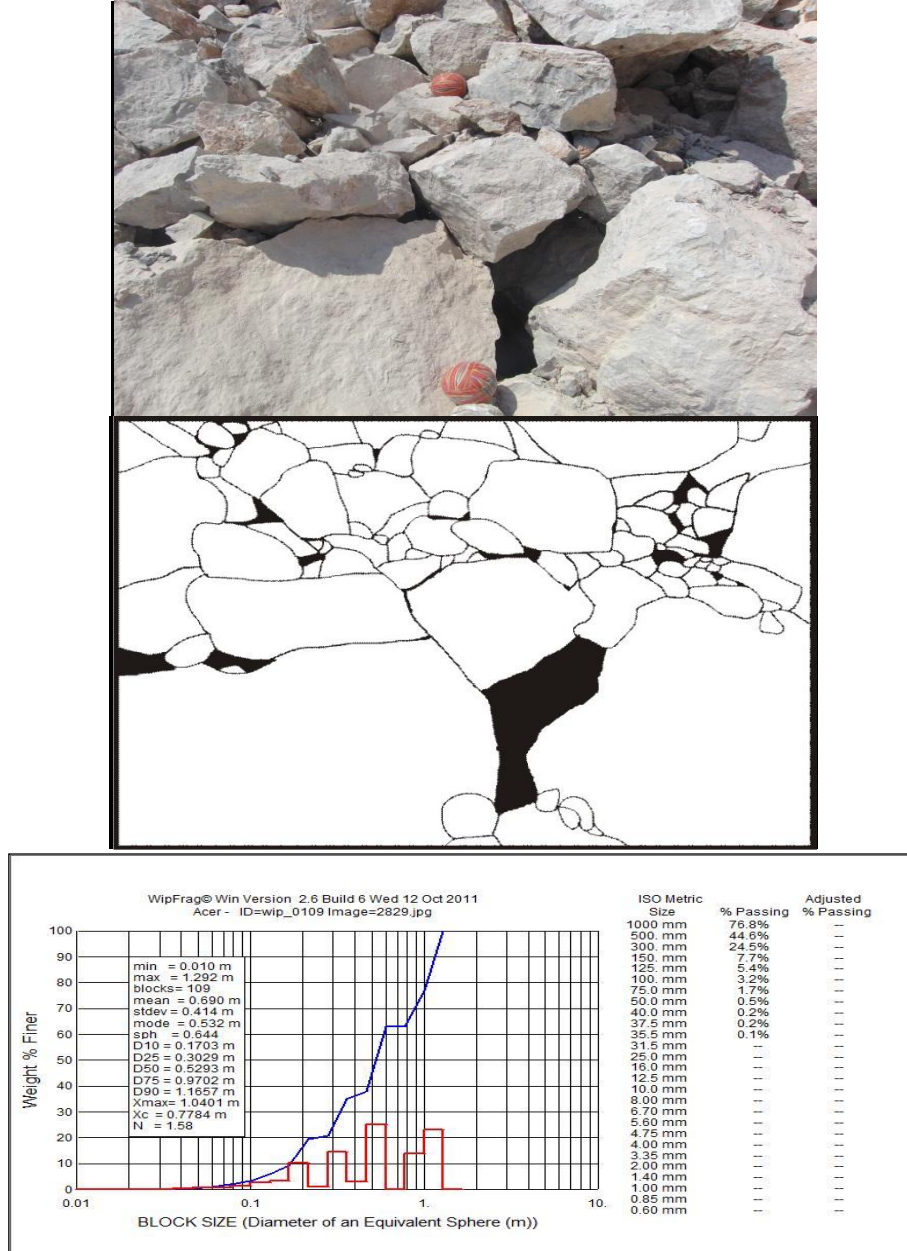
	1.Delik		2.Delik
Dilim Kalınlığı (m)	3,15		3,12
Deliklerarası Mesafe (m)		4,74	
Basamak Yüksekliği (m)	16		16
Delik Çapı (mm)	127		127
Delik Boyu (m)	17		17
Yemleme (kg)	0,625		0,625
Şarj (kg)	125		125
Şarj Kolon (m)	11		11
Sıkılama (m)	6		6
Delik İçi Gecikme (ms)	450		450
Yüzey Gecikmesi (ms)		25	



Şekil 4.76 Deney 2 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).

4.3.2.3 Deney 2'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 2'ye ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 7 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 7 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.77 aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.77 Örnek olarak Deney 2'ye ait patlatma yığının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Yığından alınan 7 görüntü işlenerek 3495 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş ve 7 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 26,01 cm olarak hesaplanmıştır. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 13,59 cm ve 42,08 cm olarak bulunmuştur.

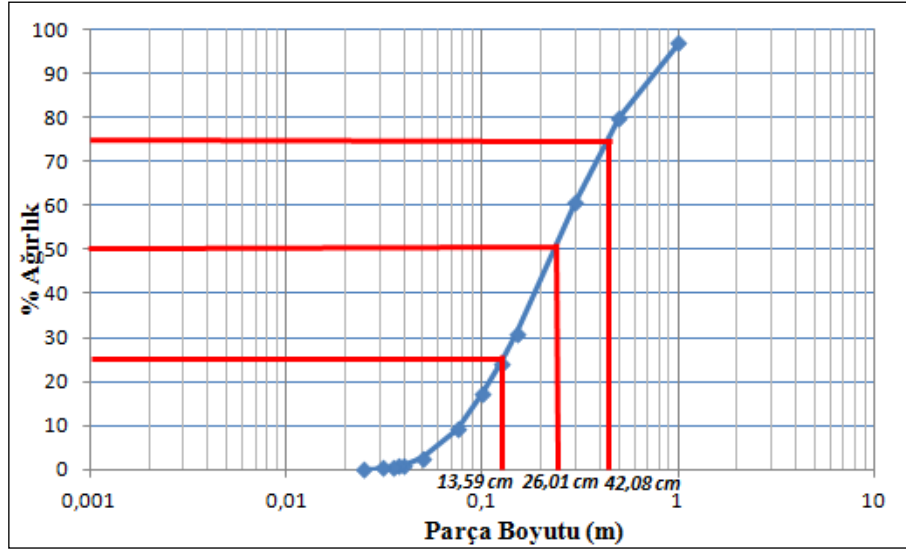
Bu yığına ait boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.112, 4.113 ve Şekil 4.78'de verilmektedir.

Tablo 4.112 Deney 2 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları			
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı
Foto 1	17	1292	259,1	550
Foto 2	17	464	159,7	726
Foto 3	17	774	211,5	566
Foto 4	17	1000	380,5	402
Foto 5	1	774	211,8	703
Foto 6	17	774	249,0	468
Foto 7	17	1000	452,4	175

Tablo 4.113 Deney 2'ye ait 7 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	97,02
500	79,91
300	60,87
150	30,94
25	24,0
100	17,23
75	9,17
50	2,54
40	1,08
37,5	0,83
35,5	0,63
31,5	0,37
25	0,04



Şekil 4.78 Deney 2'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.3.2.4 Deney 2'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.114'de verilmiştir.

Tablo 4.114 Deney 2'nin nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
1	20,95	36,54	5	1,74	1,72
2	20,83	37,53	6	1,80	
3	21,13	35,80	6	1,69	
4	22,39	37,29	6	1,67	
6	21,48	37,45	6	1,74	
8	21,37	36,57	5	1,71	
9	17,96	30,42	6	1,69	

Bu patlatma deneyinde toplam 1692,09 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

$$\text{Toplam malzeme} = 1692,09 \text{ ton} / 2,66 \text{ ton/m}^3 = 636,12 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 251,25 \text{ kg}$$

$$\text{Özgöl şarj} = 251,25 \text{ kg} / 636,12 \text{ m}^3 = \mathbf{0,395 \text{ kg /m}^3}$$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı 238,52 ton olarak ölçülmüştür.

4.3.2.5 Deney 2'nin Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde Deney 1'de olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 156 kepçe periyodu gözlenerek 594,52 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 208,78 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.115'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir. Ayrıca Tablo 4.115'de açıklama kısmında yükleme sırasında beklenmeyen gecikmelerle ilgili gerekli bilgilere yer verilmiştir.

Tablo 4.115 Deney 2’ye ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)	Açıklama
8	10	202,72	
4	11	295,50	Yığın düzeltmesi
1	10	272,93	Yığın düzeltmesi
3	10	217,96	
2	9	202,93	
8	8	191,93	
4	10	212,12	
1	10	228,71	
9	8	175,35	
3	8	162,53	
6	9	188,56	
2	9	180,58	
8	8	165,99	
1	9	218,10	
3	10	229,40	Yığın düzeltmesi
9	7	152,45	
3	10	251,57	
Ortalama	9,18	208,78	

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde bir parametre olarak kullanılan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 63070 adet olmak üzere toplam 252280 adet veri değerlendirilmiştir. Bu veriler, Tablo 4.116’da ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.116 Deney 2’ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)
Ön pompa	63070	152,41
Arka pompa	63070	155,58
Kol kapama pistonu	63070	7,26
Kova kapama pistonu	63070	5,76

4.3.2.6 Deney 2 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, çalışma süresi boyunca her bir kırıcıdan yaklaşık 2741 veri alınarak işlenmiştir. Bu deney için

kırıcların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri Tablo 4.117’de verilmiştir.

Tablo 4.117 Deney 2 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	454,2	380	102,4	142,8	0,734
İkincil kırıcı	514,2	380	97,4	149,0	0,805
Tersiyer kırıcı	574,2	380	37,3	74,2	0,966

4.3.3 Arazi Çalışması Deney 3

28 Eylül 2011 tarihinde üçüncü arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda sahada süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 3’e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.3.3.1 Deney 3’e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 3’ün patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Patlatma aynasında hat etüdü için şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda toplam ölçüm hattı uzunluğu 4,57 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 10’dur.

Tablo 4.118’de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $457 / 25 = 18,28 \text{ cm} = 182,28 \text{ mm}$

Tablo 4.118 Deney 3 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0cm, 3-4cm (<i>kalsit</i>), 10-13cm (<i>kalsit</i>), 20cm, 45cm, 70cm, 90-94cm (<i>parçalanmış zon</i>), 103cm, 126cm, 170-190cm (<i>kalsit</i>), 208-212cm (<i>kalsit</i>), 280cm, 313-317cm (<i>kalsit</i>), 317-322cm (<i>parçalanmış zon</i>), 322-324cm (<i>kalsit</i>), 374cm, 397cm, 457cm

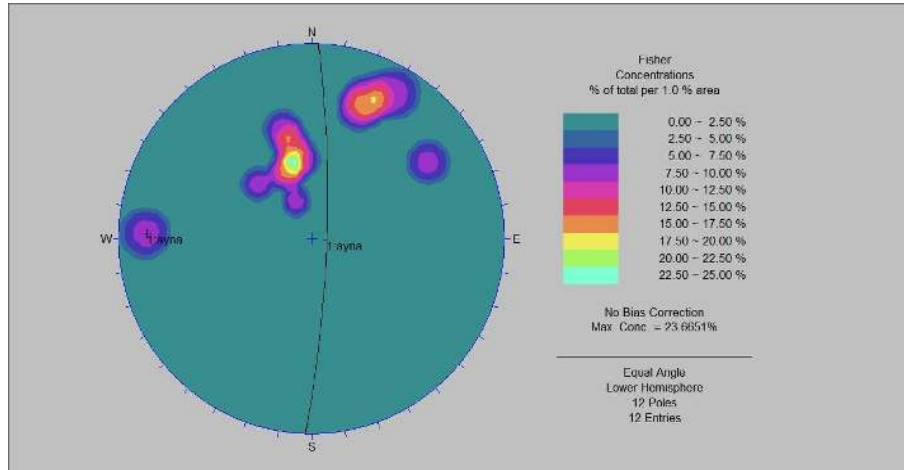
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*yakın aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981)

Deney 3 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.119 Deney 3 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.

TABAKA		ÇATLAK	AYNA
168/52	162/42	237/71	92/81
174/44	157/23	200/70	
135/43	165/60	210/81	
159/39		202/75	

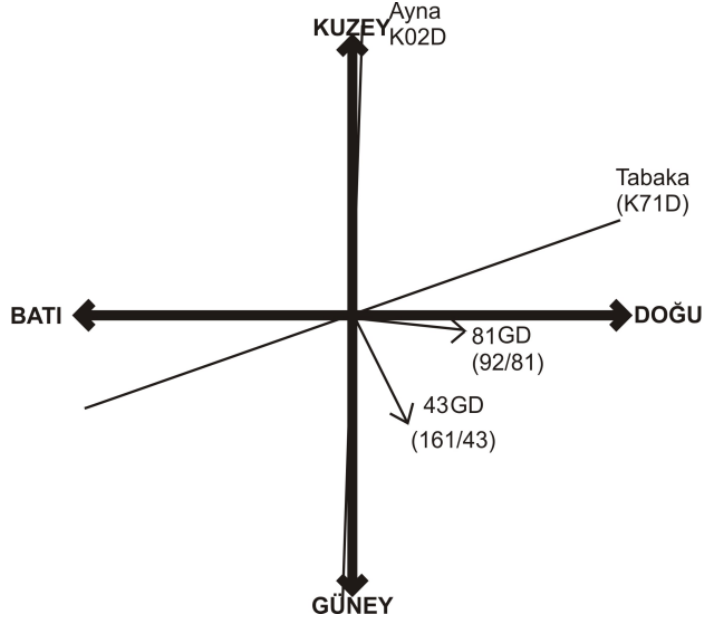
Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.79’da verilmiştir.



Şekil 4.79 Deney 3 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 3’e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 161/43, çatlak takımının yoğunlaştığı konum

204/75’dir. Tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.80’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.80 Deney 3 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

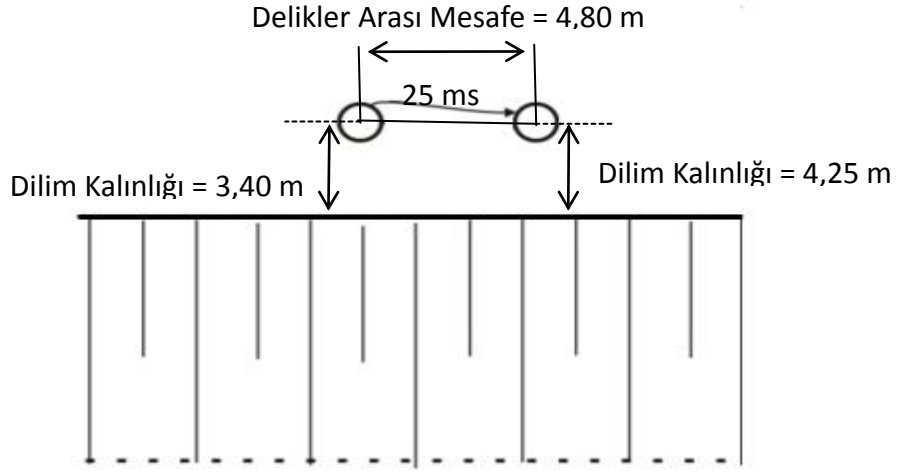
Süreksizlik yönelimlerinin gösterildiği koordinat sistemi incelendiğinde şev aynası ile tabakalanma arasındaki doğrultu farkının 69^0 olduğu görülmektedir. Yani aralarındaki doğrultu farkı fazladır. Tabaka eğim yönü ile ayna eğim yönü aynı olup, ikisi de GD’dadır. Aynı yönde olmaları verimli bir patlatma için istenen bir özelliktir. Fakat bu olumlu özelliğe rağmen, tabaka eğim değerinin yüksek olması olumsuzluk yaratmaktadır.

4.3.3.2 Deney 3’e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 3 patlatmasında 127 mm çapında 2 patlatma deliği açılmış, gecikmeli patlatma patterni ile patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu deneye ait patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.8’de, teknik detaylar Tablo 4.120’de verilmektedir.

Tablo 4.120 Deney 3 patlatması teknik parametreleri.

	1.Delik		2.Delik
Dilim Kalınlığı (m)	3,40		4,25
Deliklerarası Mesafe (m)		4,80	
Basamak Yüksekliği (m)	16		16
Delik Çapı (mm)	127		127
Delik Boyu (m)	17		17
Yemleme (kg)	1,875		1,875
Şarj (kg)	132,5		132,5
Şarj Kolon (m)	12		12
Sıkılama (m)	5		5
Delik İçi Gecikme (ms)	450		450
Yüzey Gecikmesi (ms)		25	



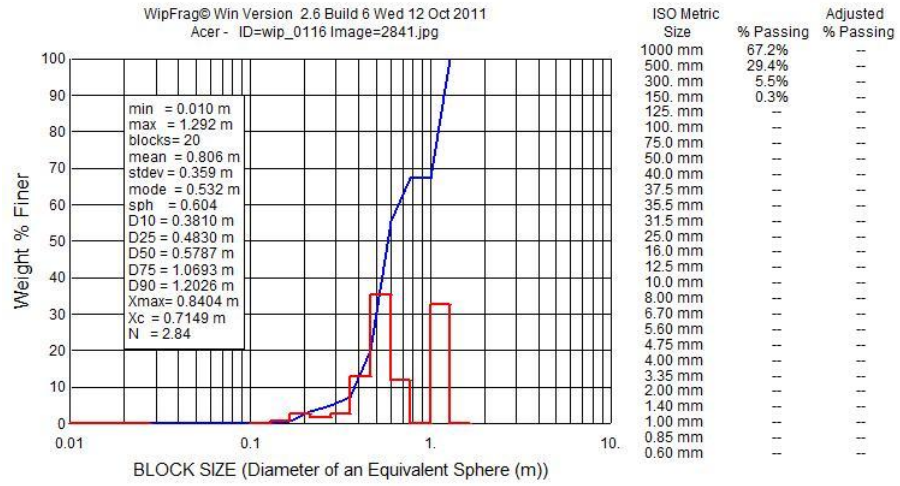
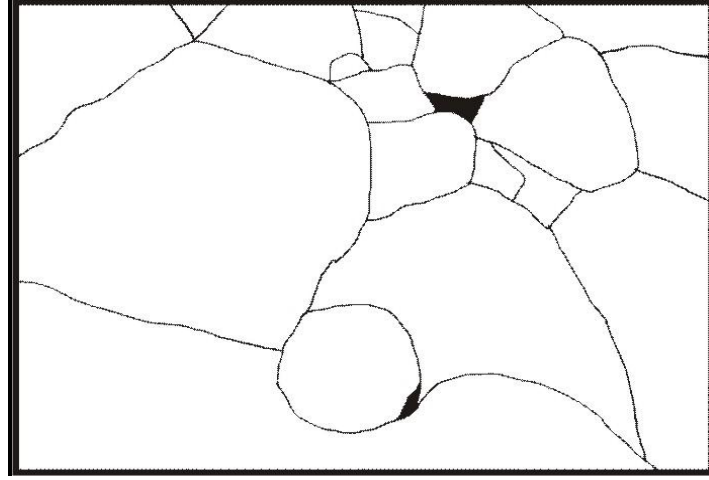
Şekil 4.81 Deney 3 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).

4.3.3.3 Deney 3'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 3'e ait patlatma işlemi sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 6 görüntü elde edilmiş, bu görüntülerin her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 6 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamaları aşağıda Şekil 4.82'de verilmiştir.

Yığından alınan 6 görüntü işlenerek 1038 parça incelemeye alınmıştır. Bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 6 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 34,64 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 17,39 cm ve 58,88 cm olarak hesaplanmıştır.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.121, 4.122 ve Şekil 4.83'de verilmektedir.



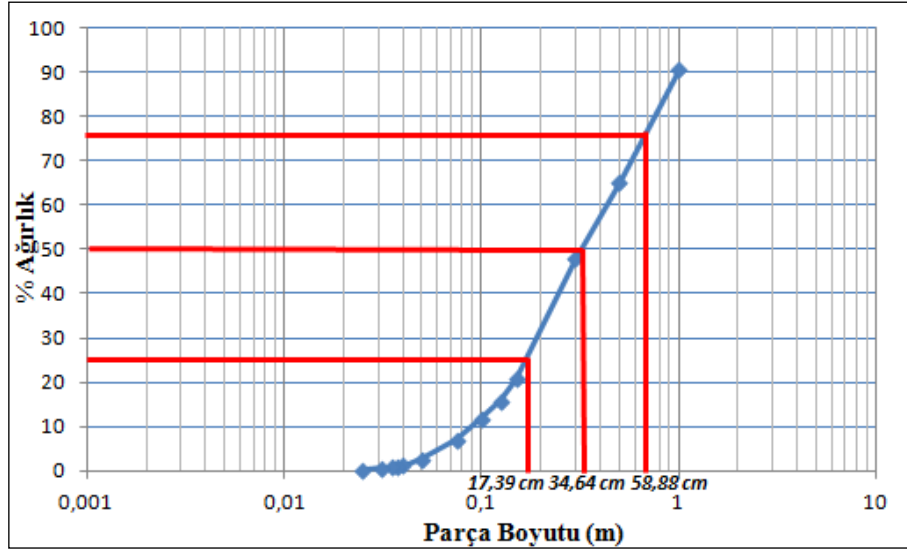
Şekil 4.82 Örnek olarak Deney 3'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.121 Deney 3 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları			
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı
Foto 1	10	774	219,2	492
Foto 2	13	1292	518,9	142
Foto 3	17	1000	500,7	127
Foto 4	10	1292	578,7	20
Foto 5	13	1000	766,0	65
Foto 6	17	1668	600,1	192

Tablo 4.122 Deney 3'e ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	90,62
500	65,07
300	47,82
150	20,65
125	15,77
100	11,72
75	6,92
50	2,53
40	1,28
37,5	0,97
35,5	0,74
31,5	0,50
25	0,14



Şekil 4.83 Deney 3'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.3.3.4 Deney 3'ün Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.123'de verilmiştir.

Tablo 4.123 Deney 3'ün nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
1	20,95	36,04	4	1,72	1,69
2	20,83	36,35	5	1,74	
3	21,13	36,09	5	1,71	
4	22,39	38,08	4	1,70	
6	21,48	34,01	5	1,58	
7	20,56	34,69	4	1,69	
8	21,37	38,16	7	1,79	
9	17,96	28,51	6	1,59	

Bu patlatma deneyinde toplam 2454.44 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam malzeme = 2454,44ton / 2,66 ton/m³ 922,72 m³

Toplam patlayıcı madde miktarı = 268,75 kg

Özgöl şarj = 268,75 kg/ 922,72 m³ = **0,291 kg /m³**

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı 754,18 ton olarak ölçülmüştür.

4.3.3.5 Deney 3' ün Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde yine diğer deneylerde olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 138 kepçe periyodu gözlenerek 514,12 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 232,05 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.124'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir. Ayrıca Tablo 4.124'de her bir kamyonu ait yüklenme süreleri uzunsa nedenini gösteren açıklama kısımları da yer almaktadır.

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan yükleyici hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 63070 adet olmak üzere toplam 252280 adet veri değerlendirilmiştir. Bu veriler, aşağıdaki Tablo 4.125'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.124 Deney 3’e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)	Açıklama
7	8	182,35	
8	10	253,27	Yığın düzeltmesi
1	9	241,11	Yığın düzeltmesi
9	7	188,14	
4	10	266,60	
2	9	285,64	Yığın düzeltmesi
6	10	272,07	Yığın düzeltmesi
7	9	219,40	
8	11	263,09	
9	7	196,36	
4	9	224,44	
3	10	243,62	
8	11	236,20	
9	8	180,11	
1	10	228,38	
Ortalama	9,2	232,05	

Tablo 4.125 Deney 3’e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)
Ön pompa	65536	161,20
Arka pompa	65536	163,66
Kol kapama pistonu	65536	7,90
Kova kapama pistonu	65536	6,98

4.3.3.6 Deney 3 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, her bir kırıcıdan yaklaşık 36763 veri alınarak kayıt edilmiştir. Tablo 4.126’da bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.126 Deney 3 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	573,6	380	115,6	209,5	0,955
İkincil kırıcı	634,8	380	112,5	206,6	0,967
Tersiyer kırıcı	694,8	380	43,8	149,5	1,797

4.3.4 Arazi Çalışması Deney 4

Dördüncü arazi çalışması 03 Ekim 2011 tarihinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.27). Bu kapsamda sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 4'e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ile bunların sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.3.4.1 Deney 4'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 4'ün patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.84'de görünümü verilen patlatma aynasında şerit metre ile yapılan hat etüdü ölçümü sonucunda toplam ölçüm hattı uzunluğu 6,99 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 28'dir.



Şekil 4.84 Deney 4' e ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.127’de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $699 / 28 = 24,96 \text{ cm} = \mathbf{249,6 \text{ mm}}$

Tablo 4.127 Deney 4 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

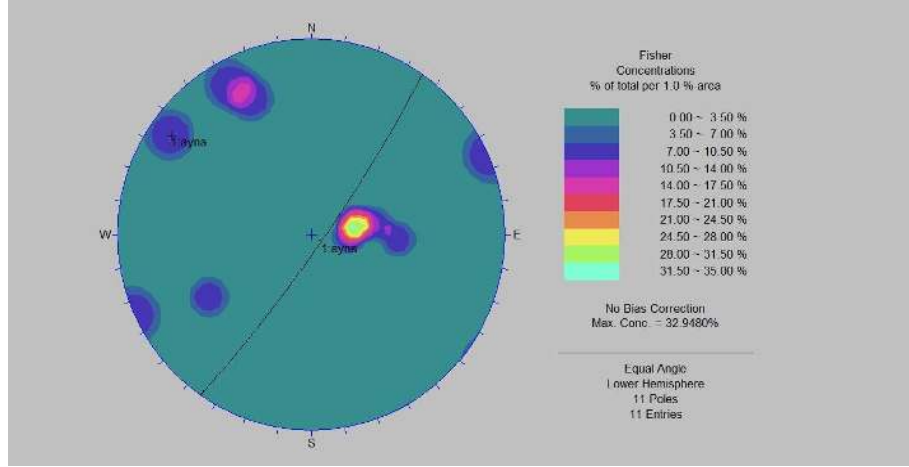
0cm, 75-76cm (<i>killi kireçtaşı</i>), 154-156cm (<i>kireçtaşı</i>), 202cm, 239cm, 278-279cm (<i>kireçtaşı</i>), 295-303cm (<i>kalsit</i>), 372-375cm (<i>kireçtaşı</i>), 379-383cm (<i>kireçtaşı</i>), 390cm, 430cm, 447cm, 476cm, 529-530cm (<i>kireçtaşı</i>), 545cm, 618cm, 634cm, 643cm, 669-671cm (<i>kalsit</i>), 691-699cm (<i>kalsit</i>)
--

ISRM’nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta derece aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM,1981). Deney 4 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.128 Deney 4 ayna, tabaka ve çatlaklara ait eğim yönü/eğim değerleri.

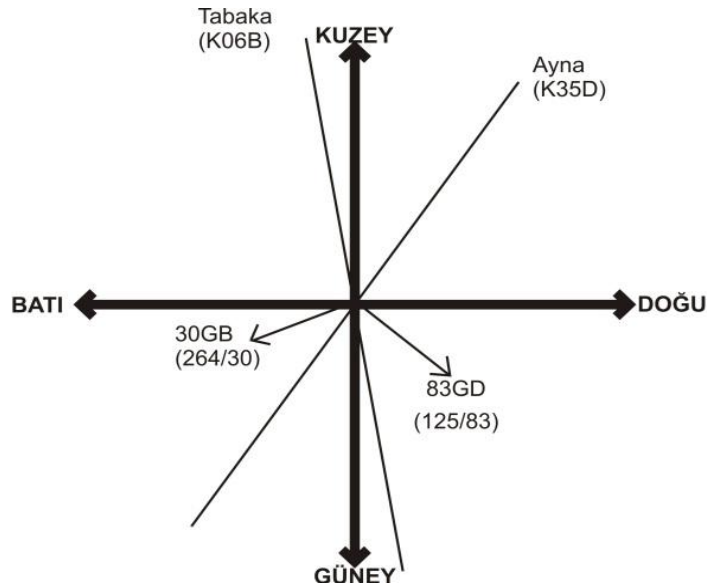
TABAKA	ÇATLAK	AYNA
262/24	59/63	125/83
273/48	66/90	
254/28	151/82	
256/26	156/74	
261/37		
274/21		

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.85’de verilmiştir.



Şekil 4.85 Deney 4 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 4’e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/eğim olarak 264/30, çatlak takımının yoğunlaştığı konumlar ise 153/78 ve 63/76’dır. Bulunan bu değerlere göre tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.86’da iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.86 Deney 4 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

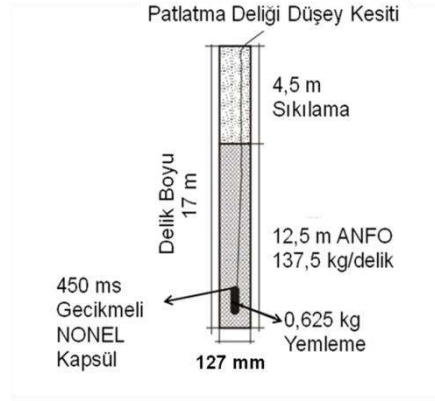
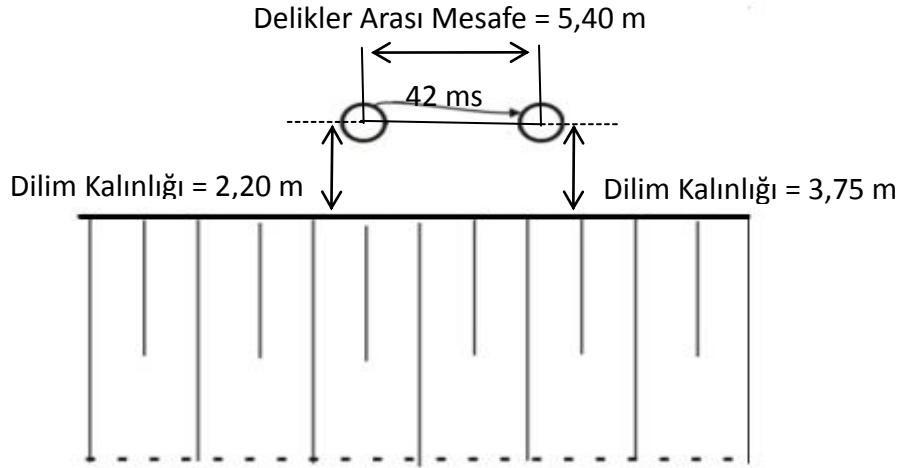
Ayna ile tabaka eğim yönleri birbirinden farklı yönlerdedir. Böyle durumlarda tabaka eğim açısının yüksek olması patlatma sonrası oluşan tane boyut dağılımı açısından olumlu sonuçlar yaratabilir. Fakat genel olarak ayna ile tabaka eğim yönleri farklı olduğunda iri boyutlu malzeme açığa çıkmaktadır.

4.3.4.2 Deney 4'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 4 patlatmasında 127 mm tek sıra olarak 2 adet patlatma deliği açılmış, her bir deliğe 137,5 kg ANFO konularak patlatma işlemi yapılmıştır. Bu patlatma deneyinde ANFO ve yemleme dinamiti olarak toplam 276,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.87'de, teknik detaylar Tablo 4.129'da verilmektedir.

Tablo 4.129 Deney 4 patlatması teknik parametreleri.

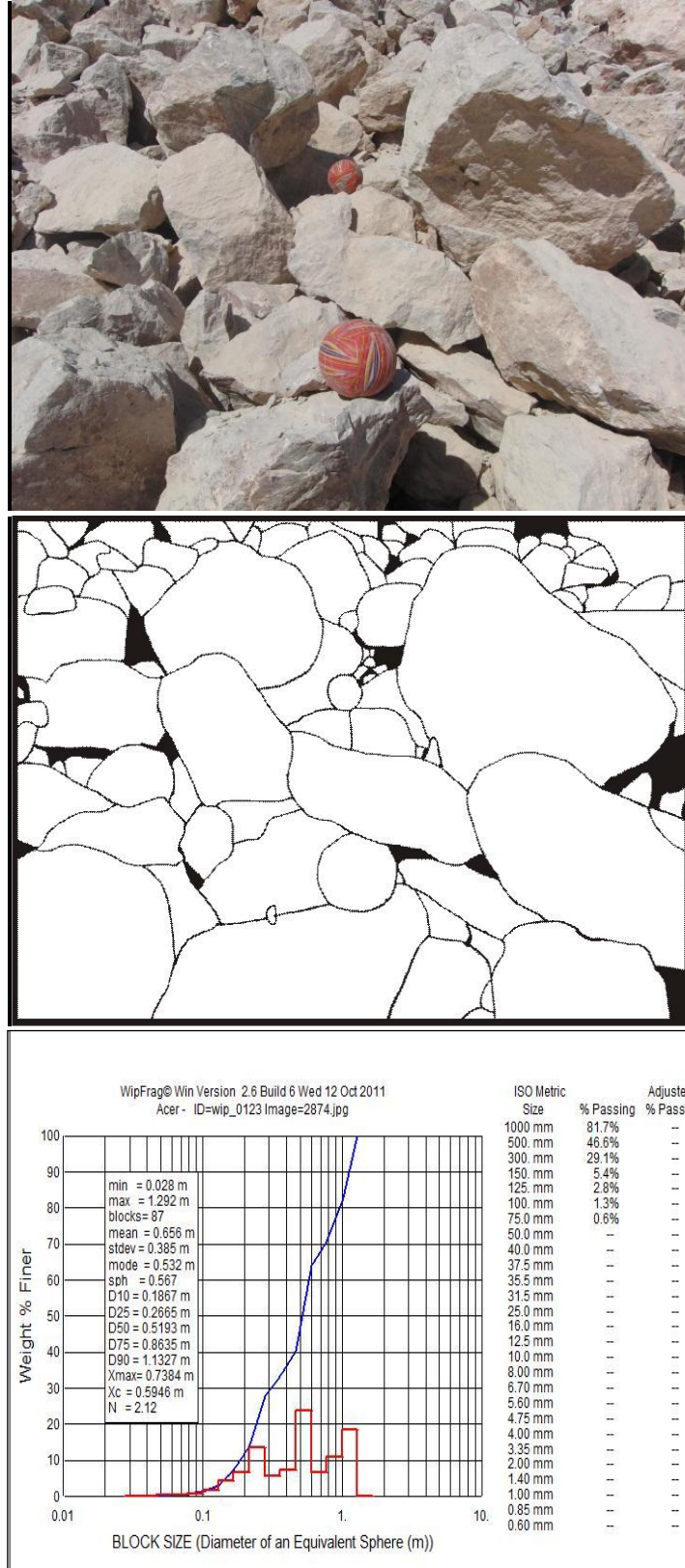
	1.Delik		2.Delik
Dilim Kalınlığı (m)	2,20		3,75
Deliklerarası Mesafe (m)		5,40	
Basamak Yüksekliği (m)	16		16
Delik Çapı (mm)	127		127
Delik Boyu (m)	17		17
Yemleme (kg)	0,625		0,625
Şarj (kg)	137,5		137,5
Şarj Kolon (m)	12,5		12,5
Sıkılama (m)	4,5		4,5
Delik İçi Gecikme (ms)	450		450
Yüzey Gecikmesi (ms)		42	



Şekil 4.87 Deney 4 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).

4.3.4.3 Deney 4'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 4'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılmış, her bölüme ait görüntüler alınmış, toplam 6 görüntü elde edilmiştir. Bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 6 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren aşağıda Şekil 4.88'de verilmiştir.



Şekil 4.88 Örnek olarak Deney 4'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Yığından alınan 6 görüntünün işlenmesiyle 1237 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 6 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 38,25 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 19,64 cm ve 63,14 cm olarak hesaplanmıştır.

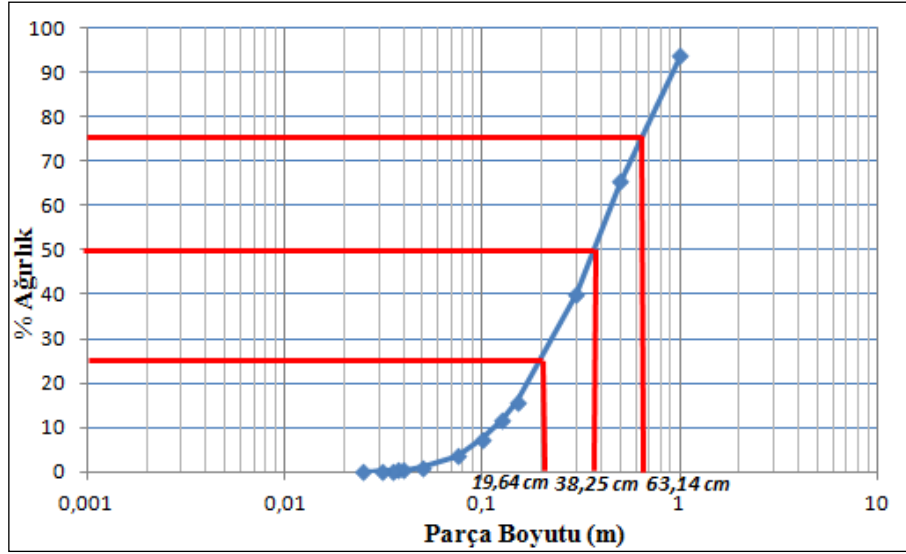
Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.130 4.131 ve Şekil 4.89’da verilmektedir.

Tablo 4.130 Deney 4 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı
Foto 1	17	1292	405,2	304
Foto 2	10	774	361,0	217
Foto 3	13	599	281,1	195
Foto 4	13	1000	428,6	240
Foto 5	28	1292	519,3	87
Foto 6	17	1292	589,0	194

Tablo 4.131 Deney 4’e ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %’de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%’de)
1000	93,73
500	65,46
300	40,14
150	15,72
125	11,50
100	7,39
75	3,55
50	0,99
40	0,41
37,5	0,34
35,5	0,26
31,5	0,15
25	0,04



Şekil 4.89 Deney 4'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.3.4.4 Deney 4'ün Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.132'de verilmiştir.

Tablo 4.132 Deney 4'ün nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
2	20,83	36,38	5	1,75	1,73
3	21,13	35,23	4	1,67	
4	22,39	37,76	6	1,69	
5	20,03	34,36	5	1,71	
7	20,56	35,34	6	1,72	
8	21,37	36,52	5	1,71	
9	17,96	30,92	5	1,72	
10	17,15	34,18	3	1,99	

Bu patlatma deneyinden itibaren malzeme birim hacim ağırlığı, 2.64 olarak bulunmuştur. toplam 1426,45 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$$\text{Toplam malzeme} = 1426,45 \text{ ton} / 2,64 \text{ ton/m}^3 = 540,32 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 276,25 \text{ kg}$$

$$\text{Özgöl şarj} = 276,25 \text{ kg} / 540,32 \text{ m}^3 = \mathbf{0,511 \text{ kg /m}^3}$$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı 82,94 ton olarak ölçülmüştür.

4.3.4.5 Deney 4' ünYükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde yine diğer deneylerde olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 131 kepçe periyodu gözlenerek 504,12 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 196,57 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.133'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir. Ayrıca Tablo 4.133'de her bir kamyonu ait yüklenme süreleri uzunsa nedenini gösteren açıklama kısımları da yer almaktadır.

Tablo 4.133 Deney 4'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)	Açıklama
8	9	196,76	
3	9	204,80	Yığın düzeltmesi
2	9	194,66	
7	9	216,06	
4	9	206,71	
10	9	182,44	
5	10	225,61	Yığın düzeltmesi
9	8	167,34	
8	9	187,64	
11	8	170,93	
3	9	194,31	
4	9	231,48	Yığın düzeltmesi
10	8	190,14	
5	8	182,57	
8	8	197,08	
Ortalama	8,73	196,57	

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 42119 adet olmak üzere toplam 168476 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyden itibaren yükleyicinin tüm yığını yükleme sırasındaki tükettiği yakıt da belirlenmiş ve bu deney için 32,81 l/saat olarak tespit edilmiştir. Bu veriler, Tablo 4.134'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.134 Deney 4'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yük, yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	42119	144,50	32,81
Arka pompa	42119	147,20	
Kol kapama pistonu	42119	7,07	
Kova kapama pistonu	42119	5,30	

4.3.4.6 Deney 4 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, patar miktarı hariç 1344 ton malzemenin kırılması sırasında kırıcılarda yaklaşık 27221 adet amper verisi alınmıştır.

Tablo 4.135’de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.135 Deney 4 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	313,8	380	166,9	203,2	0,641
İkincil kırıcı	412,2	380	136,9	205,6	0,791
Tersiyer kırıcı	423,6	380	57,1	93,2	0,859

4.3.5 Arazi Çalışması Deney 5

04 Ekim 2011 tarihinde arazi çalışmalarından beşincisi yapılmıştır (Şekil 3.33). Bu deneye ait sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 5’e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.3.5.1 Deney 5’e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 5’in patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Hat etüdü ölçümü sonucunda elde edilen bilgiler; süreksizlik arasındaki dolgu malzemesinin özellikleri ile kalınlığı ve süreksizlik aralığıdır. Bu patlatma aynasında kireçtaşı dolgusu fazladır. Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 4,73 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 16'dır. Aşağıdaki Şekil 4.90'da patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.90 Deney 5'e ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.136'da verilen hat etüdü ölçümleri sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $473 / 16 = 29,56 \text{ cm} = \mathbf{295,6 \text{ mm}}$ olarak bulunmuştur.

Tablo 4.136 Deney 5 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0-1cm (<i>kireçtaşı</i>), 13cm, 151-156cm (<i>kili kireçtaşı</i>), 190cm, 239-241cm (<i>killi kireçtaşı</i>), 268cm, 320cm, 359cm, 390cm, 403cm, 420cm, 448-451cm (<i>kireçtaşı</i>), 473cm

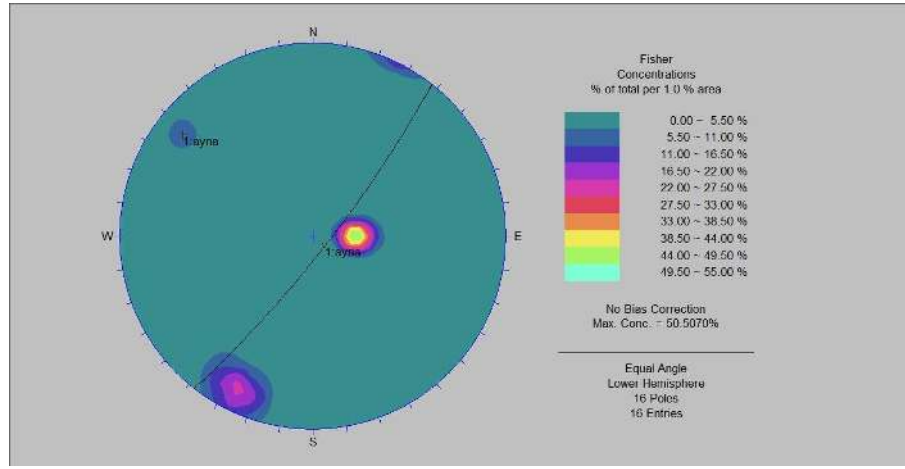
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 5 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.137 Deney 5 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

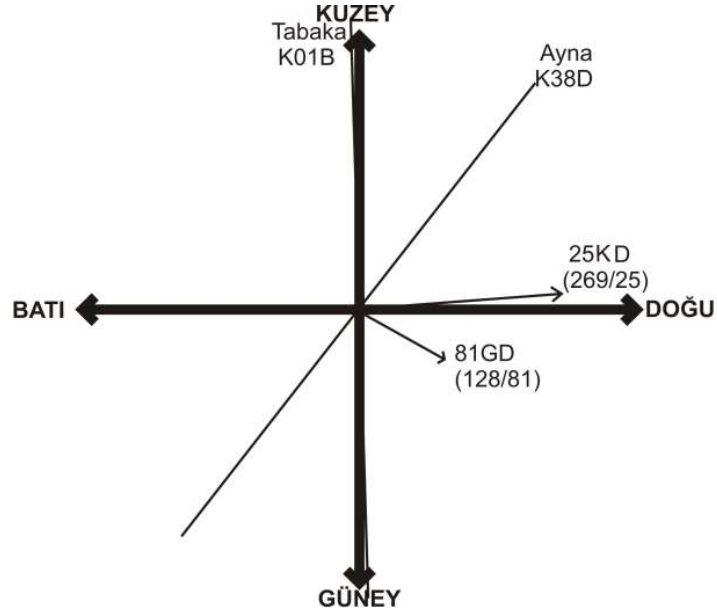
TABAKA		ÇATLAK	AYNA
260/27	276/24	21/86	128/81
273/27	267/23	31/85	
265/18	264/31	26/85	
269/22	277/26	22/79	
273/34	268/20	34/78	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasına ait stereonet çizimleri Şekil 4.91’de verilmiştir.



Şekil 4.91 Deney 5 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 5’e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 269/25, çatlak takımının yoğunlaştığı konum ise 27/83 dür. Elde stereonetten elde edilen tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.92’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.92 Deney 5 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

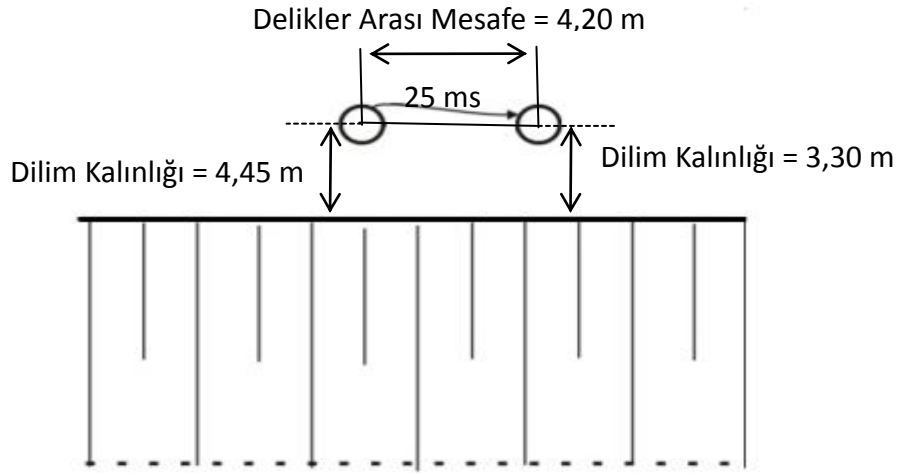
Deney 5 için koordinat sistemi incelendiğinde; tabakalanma ile ayna doğrultuları arasında dar açı olduğu, eğim yönleri sırasıyla KD ve GD olmasına karşın eğim yönleri arasındaki açının da dar olması sebebiyle aynı yönde kabul edilebilmektedir. Bu iki durum da, ayna-4 e kıyasla verimli bir patlatma işlemi gerçekleşeceği ve oluşan parçalanma sonucu ortalama tane boyut değerinin daha düşük çıkacağı öngörülmektedir.

4.3.5.2 Deney 5'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 5 patlatmasında 127 mm çaplı 2 adet delik tek sıra halinde delinerek patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu patlatmada 275 kg ANFO ve 1,25 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 276,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneyin patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.93'de, teknik detayları Tablo 4.138'de verilmektedir.

Tablo 4.138 Deney 5 patlatması teknik parametreleri.

	1.Delik		2.Delik
Dilim Kalınlığı (m)	4,45		3,30
Deliklerarası Mesafe (m)		4,20	
Basamak Yüksekliği (m)	16		16
Delik Çapı (mm)	127		127
Delik Boyu (m)	17		17
Yemleme (kg)	0,625		0,625
Şarj (kg)	137,5		137,5
Şarj Kolon (m)	12,5		12,5
Sıkılama (m)	4,5		4,5
Delik İçi Gecikme (ms)	450		450
Yüzey Gecikmesi (ms)		25	



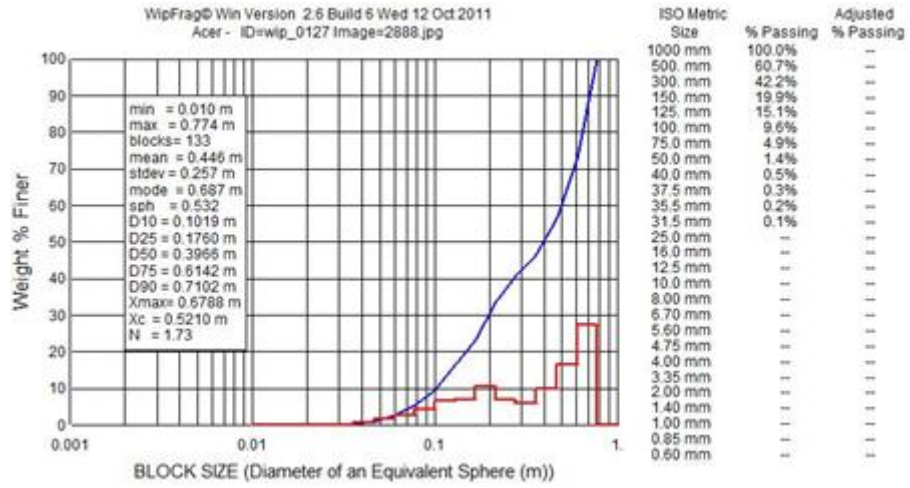
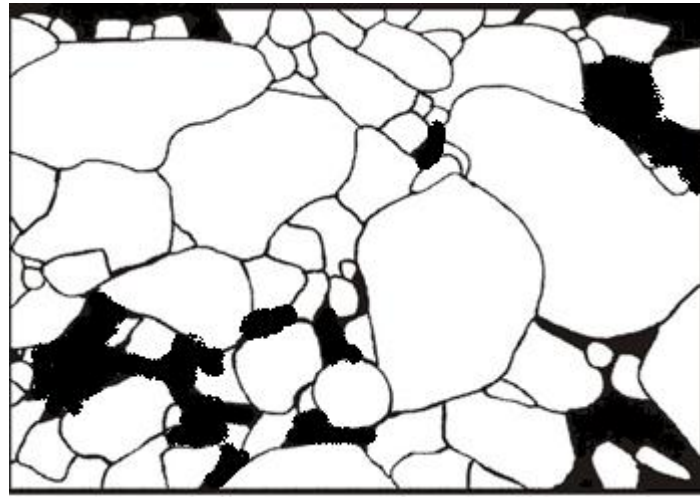
Şekil 4.93 Deney 5 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).

4.3.5.3 Deney 5'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 5'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 6 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için alınan 6 görüntüden tane boyut dağılımının belirlenme aşamalarına örnek teşkil etmesi amacıyla Şekil 4.94 aşağıda verilmiştir.

Yığından alınan 6 görüntünün işlenmesiyle 2695 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 6 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 32,74 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 17,10 cm ve 53,57 cm olarak hesaplanmıştır.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.139 4.140 ve Şekil 4.95'de verilmektedir.



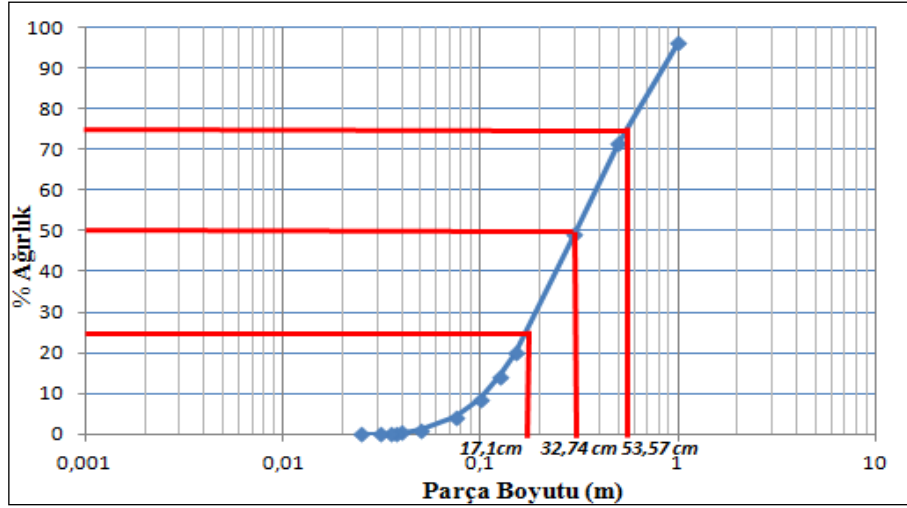
Şekil 4.94 Örnek olarak Deney 5'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.139 Deney 5 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları			
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı
Foto 1	13	774	226,8	335
Foto 2	13	1000	347,3	371
Foto 3	10	774	396,6	133
Foto 4	28	774	322,2	610
Foto 5	22	1292	280,7	781
Foto 6	28	1292	348,0	465

Tablo 4.140 Deney 5'e ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı %'de
1000	96,30
500	71,65
300	49,17
150	20,04
125	14,23
100	8,63
75	4,24
50	0,96
40	0,32
37,5	0,22
35,5	0,14
31,5	0,08
25	0,01



Şekil 4.95 Deney 5'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.3.5.4 Deney 5'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.141'de verilmiştir.

Tablo 4.141 Deney 5'in nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
2	20,83	35,26	9	1,69	1,71
3	21,13	35,58	8	1,68	
4	22,39	37,33	9	1,67	
5	20,03	34,50	7	1,72	
6	21,48	36,65	7	1,71	
7	20,56	35,34	7	1,72	
8	21,37	36,90	9	1,73	
9	17,96	31,62	3	1,76	

Bu patlatma deneyinde toplam 2428,08 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$$\text{Toplam malzeme} = 2428,08 \text{ ton} / 2,64 \text{ ton/m}^3 = 919,73 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 276,25 \text{ kg}$$

$$\text{Özgöl şarj} = 276,25 \text{ kg} / 919,73 \text{ m}^3 = \mathbf{0,300 \text{ kg /m}^3}$$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı, 258,56 ton olarak ölçülmüştür.

4.3.5.5 Deney 5' in Yükleyici Performansına Etkisi

Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 161 kepçe periyodu gözlenerek 514,12 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 234,23 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.142'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir. Ayrıca Tablo 4.142'de her bir kamyonu ait yüklenme süreleri uzunsa nedenini gösteren açıklama kısımları da yer almaktadır.

Tablo 4.142 Deney 5'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)	Açıklama
7	9	190,44	
4	10	232,90	Yığın düzeltmesi
9	7	164,01	
2	9	222,75	
7	9	217,99	
3	10	235,83	Yığın düzeltmesi
3	10	249,47	Yığın düzeltmesi
7	9	216,07	
5	11	254,86	
4	10	254,20	
3	9	223,05	
2	9	246,82	
8	9	239,05	
6	10	264,32	Yığın düzeltmesi
7	9	215,72	
8	10	279,12	
5	11	275,25	Yığın düzeltmesi
Ortalama	9,47	234,23	

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan ön pompa basıncı, arka pompa basıncı, kol kapama basıncı, kova kapama basıncı hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 46785 adet olmak üzere toplam 187140 adet veri değerlendirilmiştir. Yükleyicinin tükettiği yakıt da 40,8 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.143'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.143 Deney 5'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	46785	161,30	40,8
Arka pompa	46785	164,10	
Kol kapama pistonu	46785	7,80	
Kova kapama pistonu	46785	6,91	

4.3.5.6 Deney 5 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, 2169,52 ton malzemenin kırılması sırasında sürekli olarak kayıt edilerek her bir kırıcıdan yaklaşık 34423 veri alınmıştır. Tablo 4.144’de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.144 Deney 5 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	573,7	380	115,7	201,2	0,916
İkincil kırıcı	633,7	380	116,4	210,3	0,951
Tersiyer kırıcı	693,7	380	32,2	104,6	1,710

4.3.6 Arazi Çalışması Deney 6

05 Ekim 2011 tarihinde altıncı patlatma deneyi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.39). Bu kapsamda sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 6’ya ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.3.6.1 Deney 6’ya ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 6’nın patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir. Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı

uzunluğu 9,46 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 40'dir. Aşağıdaki Şekil 4.96'da patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.96 Deney 6'ya ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.145'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $964 / 40 = 24,1 \text{ cm} = \mathbf{241 \text{ mm}}$ olarak bulunmuştur.

Tablo 4.145 Deney 6 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

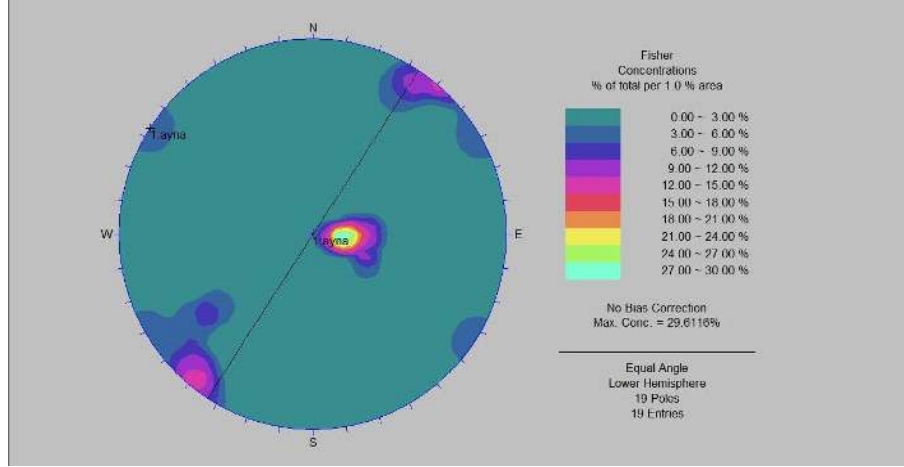
0-2cm (<i>kalsit</i>), 11cm, 54cm, 135-137cm (<i>killi kireçtaşı</i>), 145cm, 164cm, 183-184cm (<i>kil</i>), 205cm, 225cm, 244-245cm (<i>killi kireçtaşı</i>), 253-262cm (<i>kireçtaşı</i>), 319cm, 338cm, 364cm, 380cm, 395-396cm (<i>kireçtaşı</i>), 402-404cm (<i>kireçtaşı</i>), 414cm 433cm, 467cm, 472-473cm (<i>kalsit</i>), 486cm, 508cm, 544cm, 570cm, 625cm, 710cm, 858cm, 872cm, 890cm, 911cm, 943-964cm (<i>kil,kalsit</i>)

ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta derece aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981). Deney 6 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri Tablo 4.146'da verilmiştir.

Tablo 4.146 Deney 6 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.

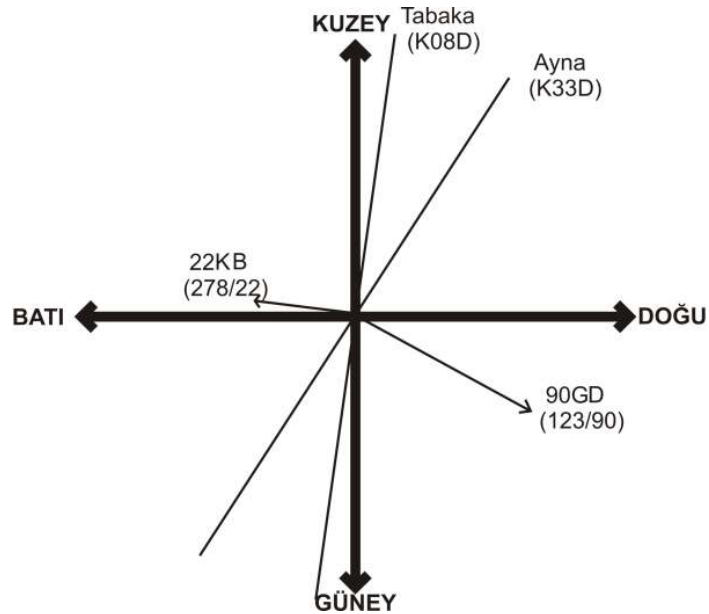
TABAKA			ÇATLAK		AYNA
264/21	276/20	285/32	44/85	211/81	123/90
268/21	278/09	276/18	53/63	59/90	
300/35	262/29	281/18	54/74	215/89	
282/20	279/10		40/86		

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.97 Deney 6 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 6'ya ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 278/22, çatlak takımının yoğunlaştığı konum ise 44/87 dir. Elde edilen tabakalanmanın genel konumu ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönü ve doğrultuları Şekil 4.98'de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.98 Deney 6 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

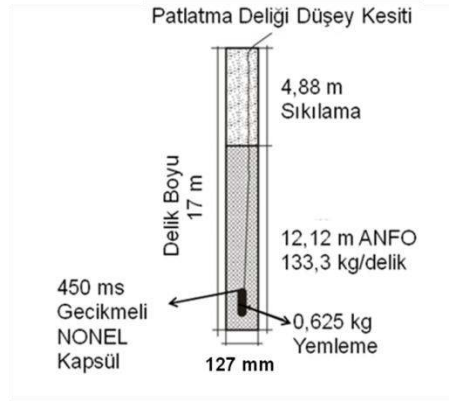
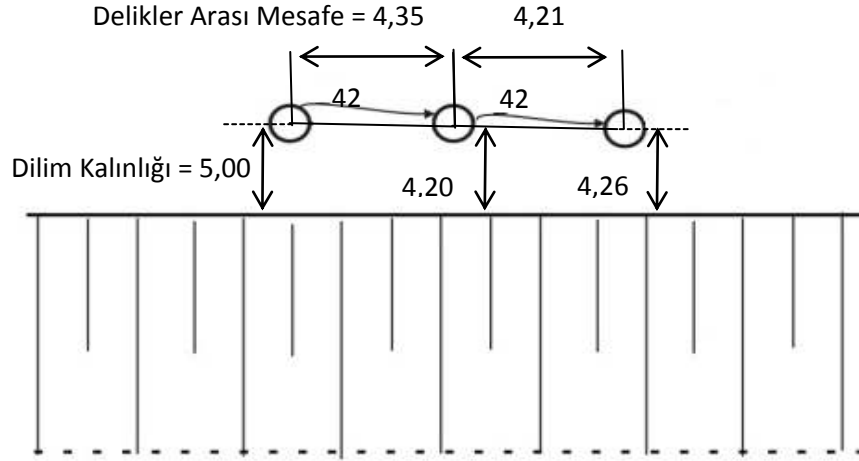
D50 değerini etkileyen parametrelerden biri olan süreksizlik aralığı değeri, ortalama bir değere sahip olup ayna-1, ayna-4 ve ayna-5 ile yakındır. Tabaka ile ayna arasındaki doğrultu farkı azdır, fakat ayna ile tabakanın eğim yönleri birbirine tamamen zıttır. Bu ise parçalanma sonucu oluşacak tane boyut dağılımını olumsuz olarak etkilemekte ve büyük boyutlu malzeme çıkmasına neden olmaktadır.

4.3.6.2 Deney 6'ya ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 6 patlatmasında 127 mm çaplı 3 adet delik tek sıra halinde delinmiştir. Bu patlatma işlemi için 400 kg ANFO, 1,875 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 401,875 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Deney 6'ya ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.99'da, teknik detaylar Tablo 4.147'de verilmektedir.

Tablo 4.147 Deney 6'ya ait teknik parametreler.

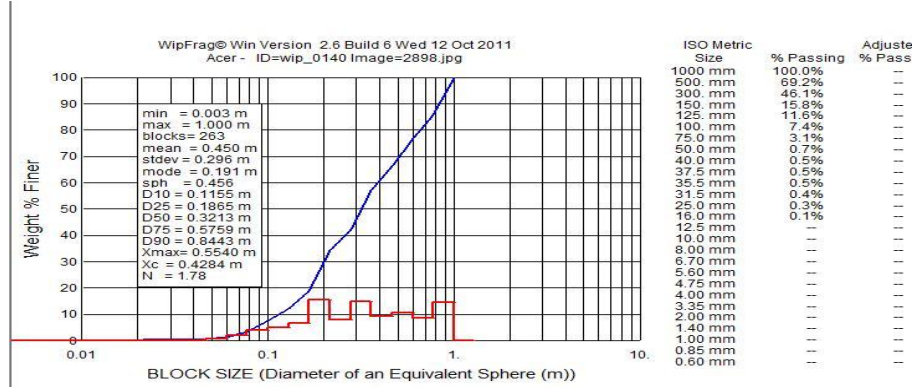
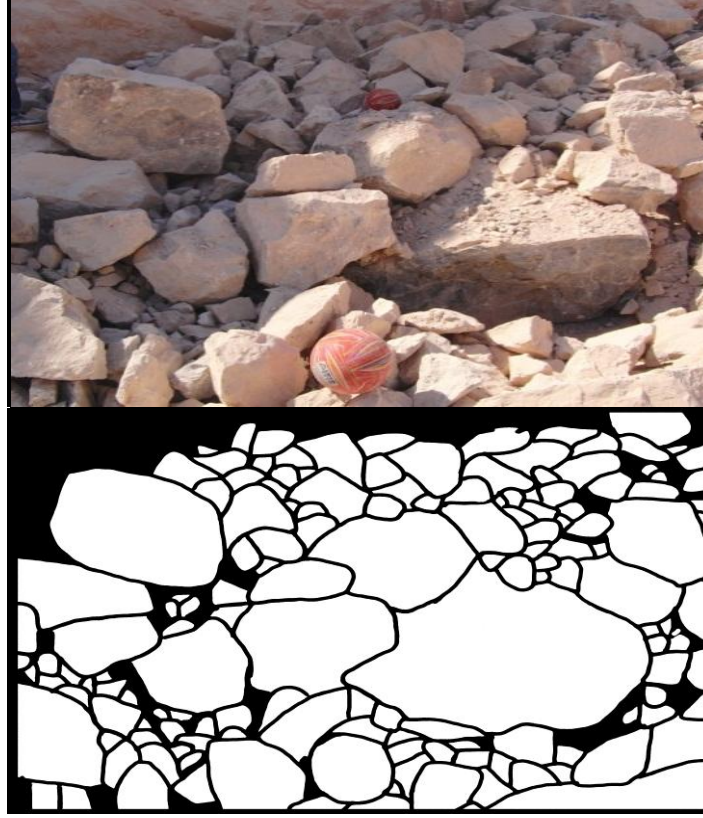
	1.Delik		2.Delik		3.Delik
Dilim Kalınlığı (m)	5,00		4,20		4,26
Deliklerarası Mesafe (m)		4,35		4,21	
Basamak Yüksekliği (m)	16		16		16
Delik Çapı (mm)	127		127		127
Delik Boyu (m)	17		17		17
Yemleme (kg)	0,625		0,625		0,625
Şarj (kg)	133,3		133,3		133,3
Şarj Kolon (m)	12		12		12
Sıkılama (m)	5		5		5
Delik İçi Gecikme (ms)	450		450		450
Yüzey Gecikmesi (ms)		25		25	



Şekil 4.99 Deney 6 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).

4.3.6.3 Deney 6'ya ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 6'ya ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 7 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 7 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.100 aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.100 Örnek olarak Deney 6'ya ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

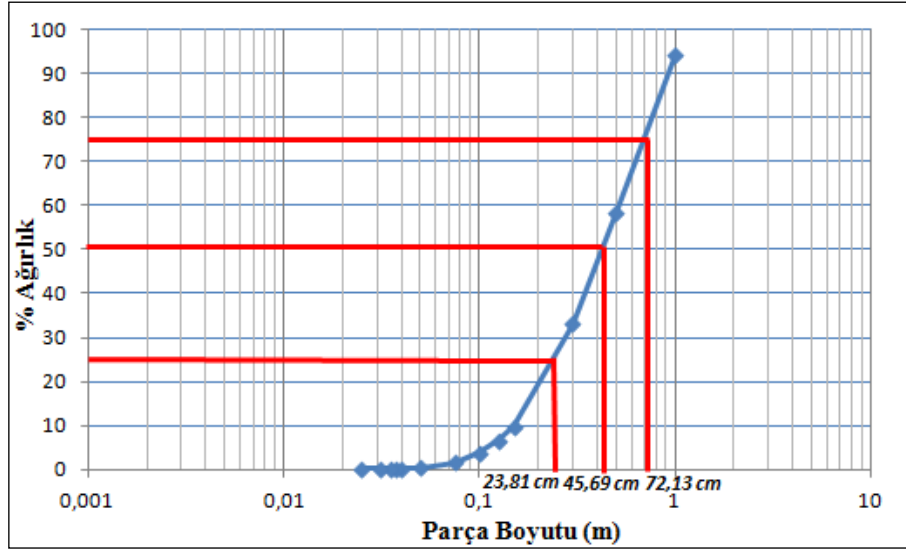
Patlatma sonrası yığından alınan 7 görüntünün işlenmesiyle 798 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 7 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 45,69 cm, D25 değeri 23,81 cm ve D75 değeri 72,13 cm olarak hesaplanmıştır. Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.148, 4.149 ve Şekil 4.101'de verilmektedir.

Tablo 4.148 Deney 6 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı
Foto 1	3	1000	321,3	263
Foto 2	22	599	209,4	83
Foto 3	13	1000	768,0	32
Foto 4	22	774	435,2	41
Foto 5	36	1292	614,0	97
Foto 6	28	2154	587,4	144
Foto 7	28	1000	411,1	138

Tablo 4.149 Deney 6'ya ait 7 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%’de)
1000	94,34
500	58,36
300	33,05
150	9,85
125	6,66
100	3,87
75	1,53
50	0,30
40	0,19
37,5	0,19
35,5	0,17
31,5	0,13
25	0,10
16	0,03



Şekil 4.101 Deney 6'ya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.3.6.4 Deney 6'nın Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.150'de verilmiştir.

Tablo 4.150 Deney 6'nın nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
2	20,83	35,78	9	1,72	1,72
3	21,13	36,61	10	1,73	
4	22,39	37,23	8	1,66	
5	20,03	35,01	9	1,75	
6	21,48	37,42	9	1,74	
7	20,56	34,74	10	1,69	
8	21,37	37,68	9	1,76	
9	17,96	31,07	3	1,73	

Bu patlatma deneyinde toplam 2625,62 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$$\text{Toplam malzeme} = 2625,62 \text{ ton} / 2,64 \text{ ton/m}^3 = 994,55 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 401,875 \text{ kg}$$

$$\text{Özgöl şarj} = 401,875 \text{ kg} / 994,55 \text{ m}^3 = \mathbf{0,404 \text{ kg /m}^3}$$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı, 208 ton olarak ölçülmüştür.

4.3.6.5 Deney 6' nınYükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde yine diğer deneylerde olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 162 kepçe periyodu gözlenerek 688,53 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 210,58 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.151'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir. Yine Tablo 4.151'de her bir kamyonu ait yüklenme süreleri uzunsa nedenini gösteren açıklama kısımları da yer almaktadır.

Tablo 4.151 Deney 6'ya ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)	Açıklama
9	8	188,53	
2	9	217,86	
8	10	248,24	Yığın düzeltmesi
6	9	209,94	
7	10	239,26	
4	10	227,02	
9	8	172,64	
5	9	197,18	
7	9	227,24	
8	10	245,12	
3	8	161,75	
4	9	188,05	
6	8	186,87	
7	9	194,17	
8	9	229,86	
3	9	220,77	
4	10	239,11	Yığın düzeltmesi
5	8	196,81	
Ortalama	9	210,58	

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 54134 adet olmak üzere toplam 216536 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 37 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, aşağıdaki Tablo 4.152'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.152 Deney 6'ya ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	54134	150,20	37,00
Arka pompa	54134	151,10	
Kol kapama pistonu	54134	7,20	
Kova kapama pistonu	54134	5,56	

4.3.6.6 Deney 6 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, patar miktarı hariç 2417.62 ton malzemenin kırılması sırasında kayıt edilmiştir. Tablo 4.153’de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.153 Deney 6 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	454,2	380	159,7	213,7	0,705
İkincil kırıcı	529,2	380	150,7	212,3	0,742
Tersiyer kırıcı	394,2	380	73,6	209,1	1,497

4.3.7 Arazi Çalışması Deney 7

07 Ekim 2011 tarihinde gerçekleştirilen yedinci patlatma deneyine ait patlatma aynası görüntüsü Şekil 3.45’de verilmiştir. Deney 7’ye ait sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 7’ye ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.3.7.1 Deney 7’ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilip değerlendirilmesi yapılmıştır. Deney 7’nin patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Hat etüdü ölçümü sonucu elde edilen bilgiler; süreksizlik arasındaki dolgu malzemesinin özellikleri ile kalınlığı ve süreksizlik aralığıdır. Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 4,96 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise

16'dir. Süreksizlikler arasında herhangi bir dolgu maddesine rastlanılmamıştır. Aşağıdaki Şekil 4.102'de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.102 Deney 7'ye ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.154'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;
 $496 / 16 = 31 \text{ cm} = 310 \text{ mm}$ olarak bulunmuştur.

Tablo 4.154 Deney 7 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0cm, 23cm, 37cm, 110cm, 152cm, 155cm, 160cm, 175cm, 196cm, 228cm, 240cm, 298cm, 320cm, 331cm, 336cm, 440cm, 496cm

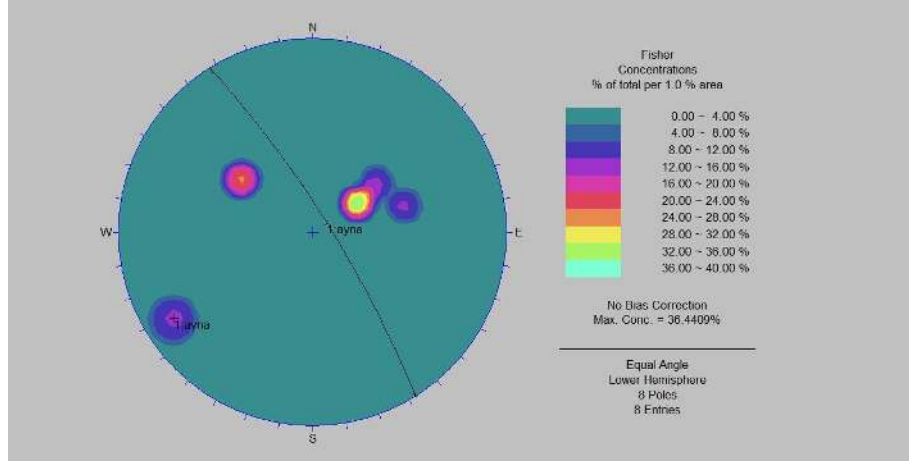
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 7 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.155 Deney 7 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

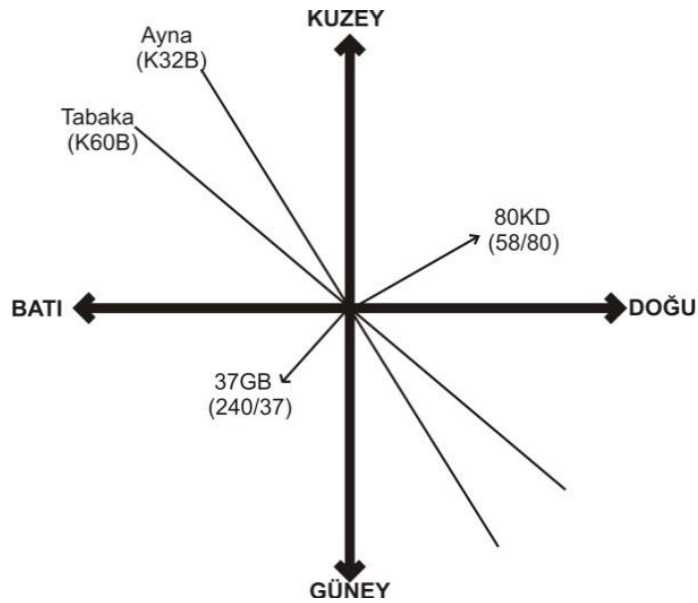
TABAKA	ÇATLAK	AYNA
240/31	232/45	125/50
237/32	254/52	128/48
234/28		

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.103’de verilmiştir.



Şekil 4.103 Deney 7 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 7’ye ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 240/37, çatlak takımının yoğunlaştığı konum ise 126/49 dur. Elde edilen tabakalanmanın genel konumu ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 3.47’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.104 Deney 7 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

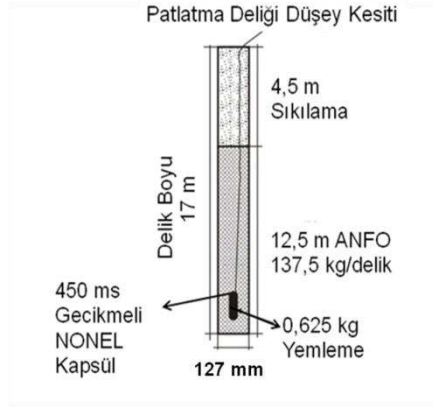
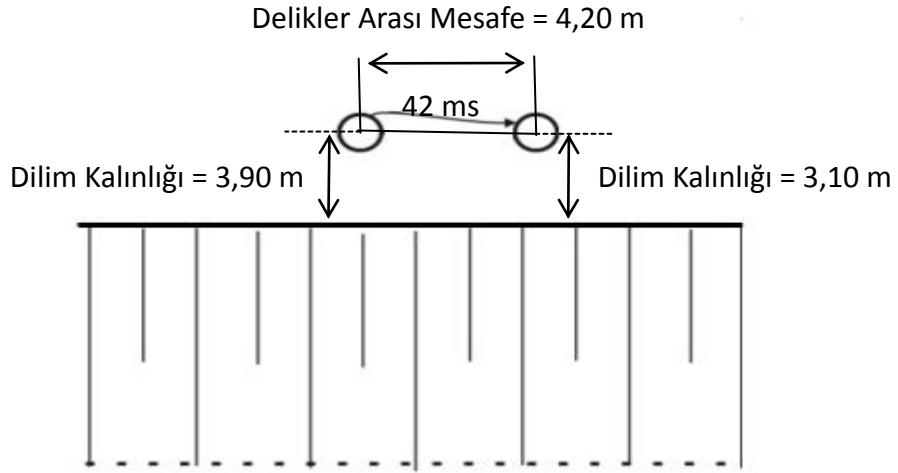
Süreksizlik yönelimlerinin bulunduğu koordinat sistemi incelendiğinde ayna ile tabakalanma arasındaki doğrultu farkının 18^0 olduğu, neredeyse birbirlerine paralel oldukları görülmektedir. Verimli bir patlatma için istenen bir durum olmasına karşın, tabaka eğiminin yüksek olması ve eğim yönlerinin birbirine zıt olması patlatma sonucu oluşacak tane boyutunun daha büyük olmasına sebep olacaktır.

4.3.7.2 Deney 7'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

127 mm çapında 2 adet deliğin tek sıra halinde delinmesiyle Deney 7'ye ait patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. 275 kg ANFO, 1,25 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 276,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.105'de, teknik detaylar Tablo 4.156'da verilmektedir.

Tablo 4.156 Deney 7 patlatması teknik parametreleri.

	1.Delik		2.Delik
Dilim Kalınlığı (m)	3,90		3,10
Deliklerarası Mesafe (m)		4,20	
Basamak Yüksekliği (m)	16		16
Delik Çapı (mm)	127		127
Delik Boyu (m)	17		17
Yemleme (kg)	0,625		0,625
Şarj (kg)	137,5		137,5
Şarj Kolon (m)	12,5		12,5
Sıkılama (m)	4,5		4,5
Delik İçi Gecikme (ms)	450		450
Yüzey Gecikmesi (ms)		25	



Şekil 4.105 Deney 7 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).

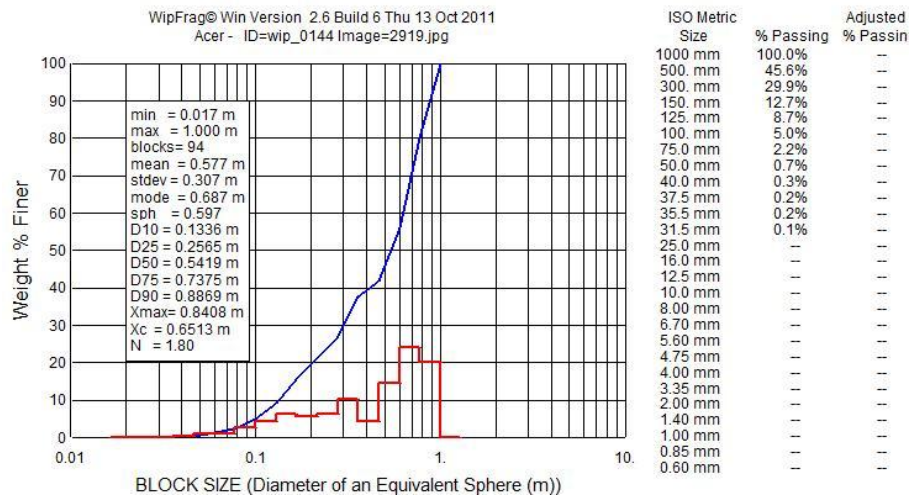
4.3.7.3 Deney 7'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 7'ye ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 6 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 6 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.106 aşağıda verilmiştir.

Yığından alınan 6 görüntünün işlenmesiyle 1075 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 6 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde

edilen bu grafikten D50 değeri 34,83 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 17,67 cm ve 58,60 cm olarak hesaplanmıştır.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.157, 4.158 ve Şekil 4.107’de verilmektedir.



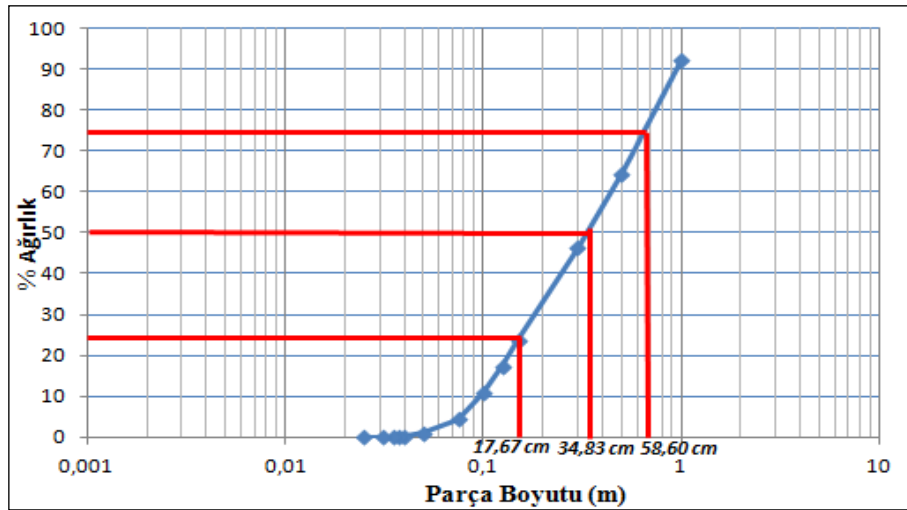
Şekil 4.106 Örnek olarak Deney 7'ye ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.157 Deney 7 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları			
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı
Foto 1	28	774	140,5	332
Foto 2	36	1000	314,2	194
Foto 3	17	1000	541,9	94
Foto 4	22	668	544,6	97
Foto 5	22	1000	415,0	196
Foto 6	22	1292	572,4	162

Tablo 4.158 Deney 7'ye ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	92,27
500	64,36
300	46,27
150	23,82
125	17,41
100	10,79
75	4,35
50	0,93
40	0,23
37,5	0,10
35,5	0,04
31,5	0,01



Şekil 4.107 Deney 7'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.3.7.4 Deney 7'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.159'da verilmiştir.

Tablo 4.159 Deney 7'nin nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
1	20,95	35,12	7	1,68	1,68
2	20,83	35,30	14	1,69	
3	21,13	35,11	4	1,66	
4	22,39	37,55	12	1,68	
5	20,03	34,26	11	1,71	
6	21,48	35,91	12	1,67	
7	20,56	34,43	13	1,67	
8	21,37	36,37	13	1,70	
9	17,96	30,27	10	1,69	

Bu patlatma deneyinde toplam 3748,8 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$$\text{Toplam malzeme} = 3748,8 \text{ ton} / 2,64 \text{ ton/m}^3 = 1420,00 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 276,25 \text{ kg}$$

$$\text{Özgül şarj} = 276,25 \text{ kg} / 1420,00 \text{ m}^3 = \mathbf{0,195 \text{ kg /m}^3}$$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı, 340 ton olarak ölçülmüştür.

4.3.7.5 Deney 7' nin Yükleyci Performansına Etkisi

Toplam 223 kepçe periyodu gözlenerek 812,04 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 249,48 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.160'da yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir. Tablo 4.160'da her bir kamyonu ait yüklenme süreleri uzunsa nedenini gösteren açıklama kısımları da yer almaktadır.

Tablo 4.160 Deney 7'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yükleme Süresi (sn)	Açıklama
5	10	250,10	
4	10	245,24	
9	9	251,36	Yığın düzeltmesi
3	11	289,63	
2	9	239,99	
5	10	262,24	
4	11	279,06	
3	9	230,54	
2	10	267,45	
9	8	219,95	
6	11	272,47	
7	9	232,07	
8	11	257,68	
1	10	243,59	
2	10	245,70	
9	9	231,34	
5	10	266,44	Yığın düzeltmesi
8	10	272,47	
9	9	214,65	
8	9	244,06	
1	9	236,92	
2	10	251,93	
4	9	233,17	
Ortalama	9,69	249,48	

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 65536 adet olmak üzere toplam 262144 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği

yakıt da 41,5 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.161’de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.161 Deney 7’ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	65536	170,80	41,50
Arka pompa	65536	172,50	
Kol kapama pistonu	65536	8,54	
Kova kapama pistonu	65536	7,61	

4.3.7.6 Deney 7 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, 3408,8 ton malzemenin kırılması sırasında sürekli olarak kayıt edilmiştir. Tablo 4.162’de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.162 Deney 7 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (saat)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	810,6	380	163,9	200,1	0,643
İkincil kırıcı	876,0	380	163,4	211,7	0,682
Tersiyer kırıcı	258,8	380	63,9	108,0	0,890

4.3.8 Arazi Çalışması Deney 8

10 Ekim 2011 tarihinde gerçekleştirilen sekizinci patlatma deneyinde (Şekil 4.108); sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 8’e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.3.8.1 Deney 8'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır. Deney 8'in patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 8,10 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 6'dır. Süreksizlikler arasında herhangi bir dolgu maddesine rastlanılmamıştır. Aşağıdaki Şekil 3.51' de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.108 Deney 8'e ait patlatma aynası görüntüsü.

Hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $810 / 6 = 135 \text{ cm} = 1350 \text{ mm}$ olarak bulunmuştur. (0cm, 20cm, 180cm, 410cm, 450cm, 530cm, 810cm)

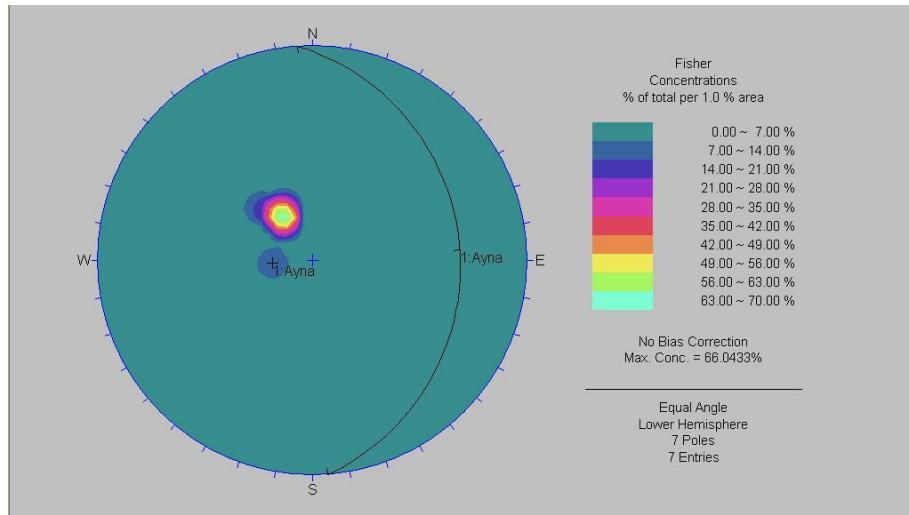
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Geniş aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 8 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümleri neticesinde elde edilen ayna ile tabakalanmanın eğim yönü ile eğimleri Tablo 4.163’de verilmiştir.

Tablo 4.163 Deney 8 tabakalar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

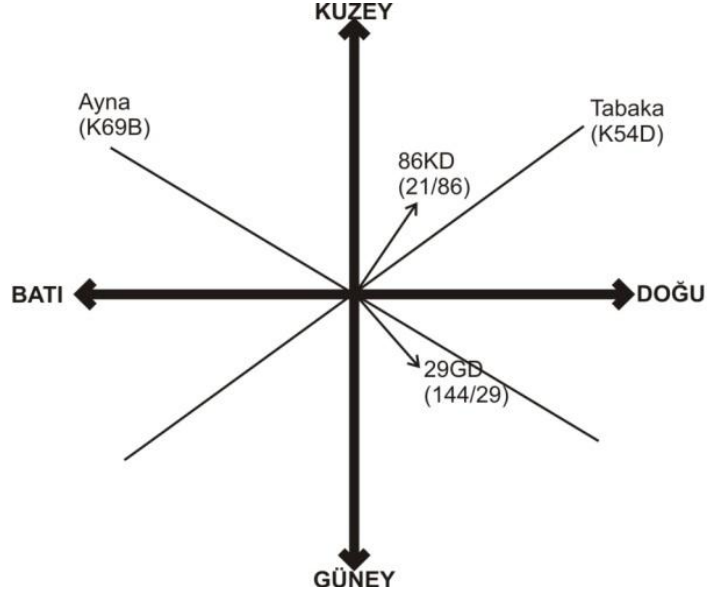
TABAKA		AYNA
135/38	154/32	21/86
145/29	141/26	
149/28	143/23	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.109’da verilmiştir.



Şekil 4.109 Deney 8 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 8’e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 144/29 dur. Stereonetten elde edilen tabakalanmanın yoğunlaştığı eğim,eğim yönü ve doğrultu ile ve ayna yönleri iki boyutlu olarak koordinat sisteminde gösterilmiştir (Şekil 4.110).



Şekil 4.110 Deney 8 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

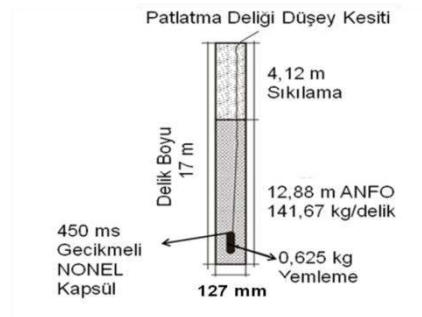
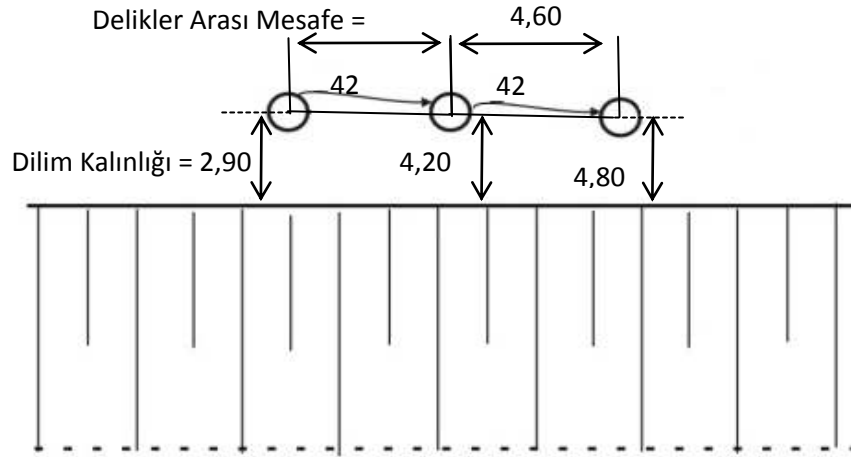
Süreksizlik aralığı değeri açısından, gerçekleştirilen dokuz patlatma içerisinde ayna-8 en büyük değere sahiptir. Koordinat sistemi incelendiğinde görülmektedir ki, tabaka ile ayna doğrultusu arasındaki fark çok fazladır. Tabakanın eğim yönü GD, aynanın eğim yönü KD'dadır ve aralarındaki yön farkı fazladır. Bu şartlar altında gerçekleştirilecek patlatma sonucunda meydana gelecek ortalama tane boyut değerinin yüksek olacağı düşünülmektedir.

4.3.8.2 Deney 8'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 8'e ait patlatma işlemi için tek sıra halinde 127 mm çapında 3 adet delik delinmiştir. Bu patlatma için 425 kg ANFO, 1,875 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 426,875 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Deney 8'e ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.111'de, teknik detaylar Tablo 4.164'de verilmektedir.

Tablo 4.164 Deney 8 patlatması teknik parametreleri.

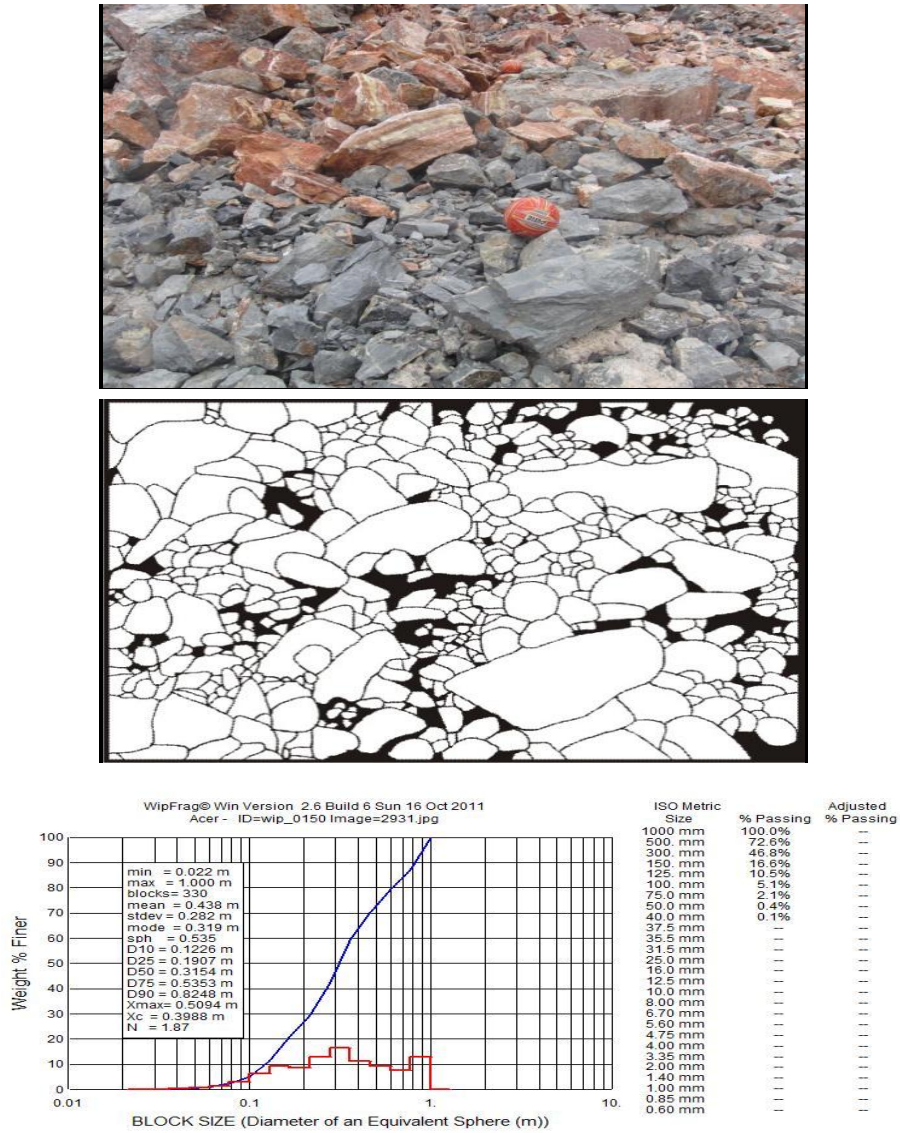
	1.Delik		2.Delik		3.Delik
Dilim Kalınlığı (m)	2,90		4,20		4,80
Deliklerarası Mesafe (m)		4,00		4,60	
Basamak Yüksekliği (m)	17		17		17
Delik Çapı (mm)	127		127		127
Delik Boyu (m)	16		16		16
Yemleme (kg)	0,625		0,625		0,625
Şarj (kg)	141,7		141,7		141,7
Şarj Kolon (m)	13		13		13
Sıkılama (m)	4		4		4
Delik İçi Gecikme (ms)	450		450		450
Yüzey Gecikmesi (ms)		42		42	



Şekil 4.111 Deney 8 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).

4.3.8.3 Deney 8'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 8'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 6 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu deney için, alınan 6 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.112 aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.112 Örnek olarak Deney 8'e ait patlatma yığınının görüntü analiz aşamaları.

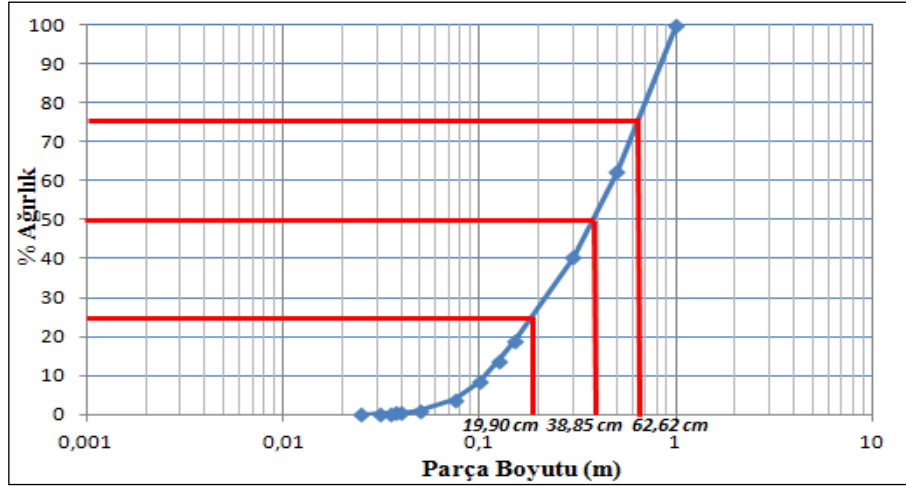
Yığından 6 farklı görüntü alınmış, bu görüntülerin işlenmesiyle 1650 parça incelenmiştir. Bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 6 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 38,85 cm, D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 19,90 cm ve 62,62 cm olarak hesaplanmıştır. Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.165, 4.166 ve Şekil 4.113’de verilmektedir.

Tablo 4.165 Deney 8 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı
Foto 1	17	1000	387,5	239
Foto 2	13	1000	627,6	233
Foto 3	22	1000	315,4	330
Foto 4	13	1000	436,6	168
Foto 5	17	1000	356,0	376
Foto 6	13	1000	384,0	304

Tablo 4.166 Deney 8’e ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %’de dağılımı .

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%’de)
1000	100
500	62,15
300	40,26
150	18,73
125	13,85
100	8,42
75	3,88
50	1,05
40	0,45
37,5	0,34
35,5	0,25
31,5	0,16



Şekil 4.113 Deney 8'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.3.8.4 Deney 8'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.167'de verilmiştir.

Tablo 4.167 Deney 8'in nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
1	20,95	34,65	11	1,65	1,69
2	20,83	35,94	10	1,73	
3	21,13	35,22	9	1,67	
4	22,39	36,64	9	1,64	
5	20,03	33,34	7	1,66	
6	21,48	36,17	3	1,68	
7	20,56	33,86	8	1,65	
8	21,37	37,69	6	1,76	
9	17,96	31,24	13	1,74	

Bu patlatma deneyinde toplam 3989,7 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$$\text{Toplam malzeme} = 3989,7 \text{ ton} / 2,64 \text{ ton/m}^3 = 1511,26 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 426,875 \text{ kg}$$

$$\text{Özgöl şarj} = 426,875 \text{ kg} / 1511,26 \text{ m}^3 = \mathbf{0,282 \text{ kg /m}^3}$$

Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı, 1288,05 ton olarak ölçülmüştür.

4.3.8.5 Deney 8' in Yükleyici Performansına Etkisi

Toplam 168 kepçe periyodu gözlenerek 812,04 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 231,44 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.168'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir. Tablo 4.168'de her bir kamyonu ait yüklenme süreleri uzunsa nedenini gösteren açıklama kısımları da yer almaktadır.

Tablo 4.168 Deney 8’e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)	Açıklama
9	9	226,61	
4	10	230,86	
2	9	212,45	
1	9	215,94	
9	9	232,13	
5	9	213,84	
6	9	210,45	
1	9	222,26	
3	9	234,39	
9	9	214,11	
4	9	220,32	
13	9	231,03	
2	10	262,68	
1	10	260,82	Yığın düzeltmesi
9	10	253,65	
8	10	245,17	
3	10	247,44	Yığın düzeltmesi
9	9	231,87	
Ortalama	9,33	231,44	

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 12882 adet olmak üzere toplam 51528 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 41 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.169’da ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.169 Deney 8'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	12882	161,40	41,00
Arka pompa	12882	164,10	
Kol kapama pistonu	12882	7,94	
Kova kapama pistonu	12882	7,07	

4.3.8.6 Deney 8 için Kırma Tesisi Enerji Sarfiyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, patar miktarı hariç 3989 ton malzemenin kırılması sırasında 742,6 dakika boyunca sürekli olarak kayıt edilmiştir. Tablo 4.170'de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.170 Deney 8 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (saat)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	621,0	380	250,6	195,4	0,411
İkincil kırıcı	680,0	380	270,3	211,8	0,453
Tersiyer kırıcı	742,6	380	284,3	134,0	0,735

4.3.9 Arazi Çalışması Deney 9

Dokuzuncu arazi çalışması 12 Ekim 2011 tarihinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.57). Bu kapsamda sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 9'a ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.3.9.1 Deney 9'a ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi

sağlanmıştır. Deney 9'un patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 3.70 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 5'dir. Süreksizlikler arasında herhangi bir dolgu maddesine rastlanılmamıştır. Aşağıdaki Şekil 4.114'de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.114 Deney 9'a ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.171'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $370 / 5 = 74 \text{ cm} = \mathbf{740 \text{ mm}}$ olarak bulunmuştur.

Tablo 4.171 Deney 9 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

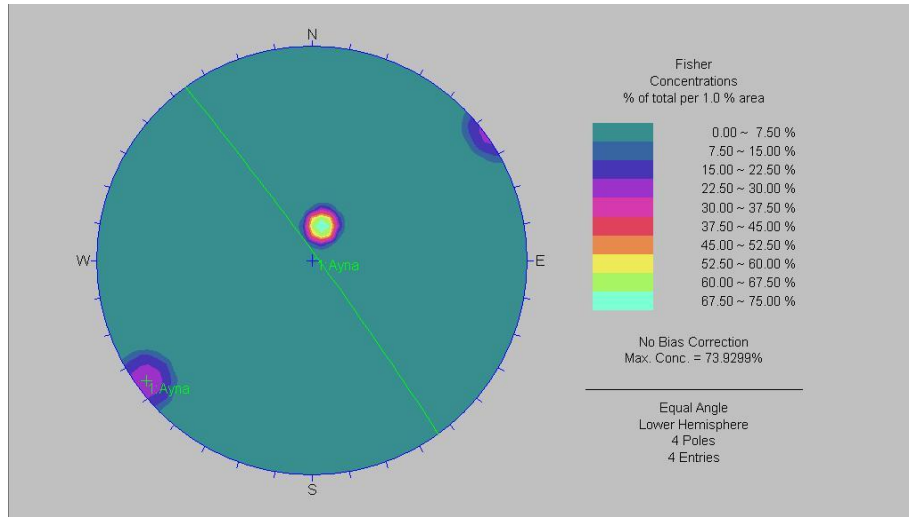
0 cm, 50 cm, 70 cm, 150 cm, 320 cm, 370 cm
--

ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Geniş aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981). Deney 9 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanmanın eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.172 Deney 9 tabakalar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

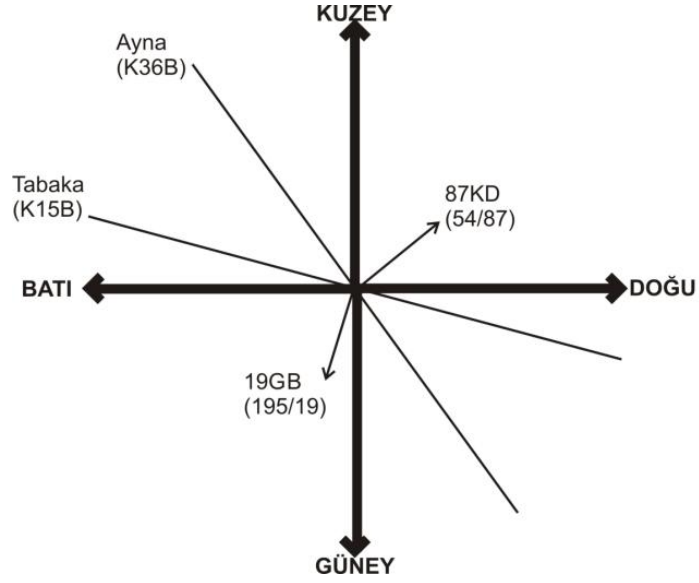
TABAKA	AYNA
195/17	54/87
198/21	
192/19	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet'i Şekil 4.115'deki gibidir.



Şekil 4.115 Deney 9 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 9'a ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 195/19'dur. Elde edilen tabakalanmanın genel konumu ile aynanın eğim yönü, eğim ve doğrultuları Şekil 4.116'da iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.116 Deney 9 tabakalanma ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

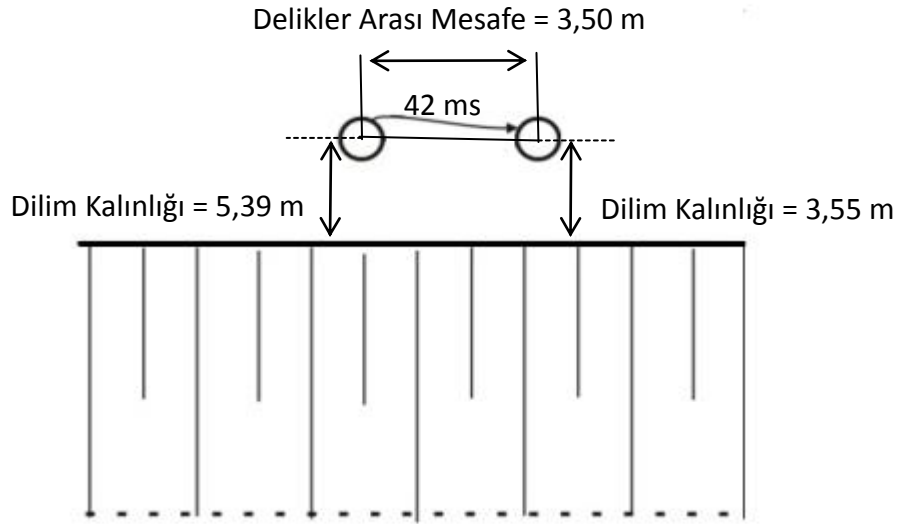
Deney 9’da yapılan çalışmalar neticesinde, süreksizlik aralığı değerinin yüksek olduğu, tabaka ile ayna doğrultularının neredeyse birbirine paralel olduğu görülmektedir. Paralel olmaları verimli bir parçalanma elde edebilmek için önemlidir. Eğim yönleri birbirine zıttır bu durumda oluşacak parça boyutlarının büyük olması beklenir.

4.3.9.2 Deney 9’a ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 9 patlatma deneyinde 127 mm. çapında 2 adet delik tek sıra halinde delinerek patlatma işlemi yapılmıştır. Bu patlatmada 300 kg ANFO, 1,25 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 301,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneyi temsil eden plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.117’de, teknik detaylar Tablo 4.173’de verilmektedir.

Tablo 4.173 Deney 9 patlatması teknik parametreleri.

	1.Delik		2.Delik
Dilim Kalınlığı (m)	5,39		3,55
Deliklerarası Mesafe (m)		3,50	
Basamak Yüksekliği (m)	16		16
Delik Çapı (mm)	127		127
Delik Boyu (m)	17		17
Yemleme (kg)	0,625		0,625
Şarj (kg)	150		150
Şarj Kolon (m)	13,5		13,5
Sıkılama (m)	3,5		3,5
Delik İçi Gecikme (ms)	500		500
Yüzey Gecikmesi (ms)		42	



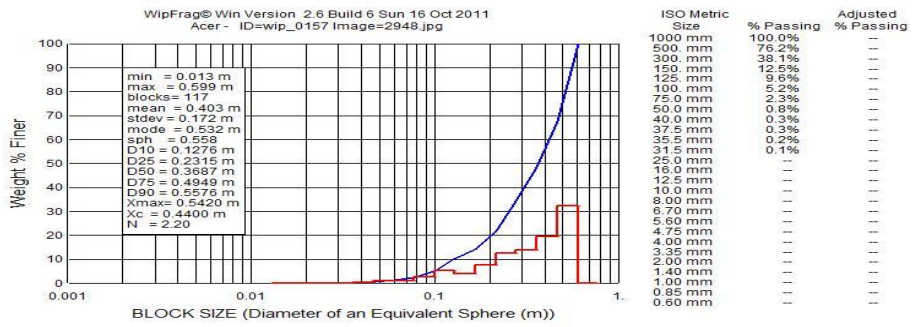
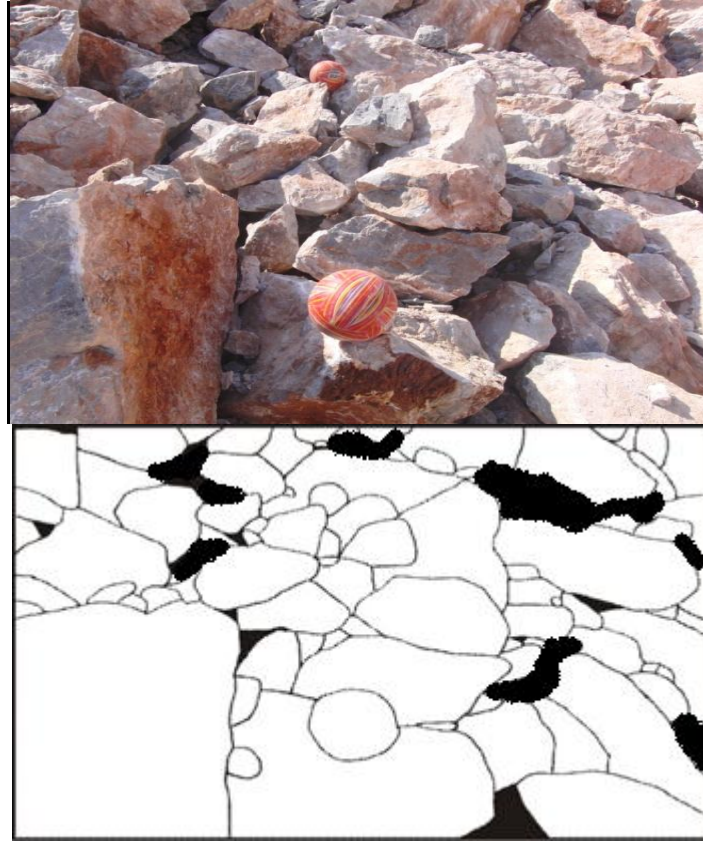
Şekil 4.117 Deney 9 patlatma deliği düşey kesiti planı (ölçeksiz).

4.3.9.3 Deney 9'a ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 9'a ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 6 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 6 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.118 aşağıda verilmiştir.

Yığından alınan 6 görüntünün işlenmesiyle 1615 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 6 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 30,31 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 15,41 cm ve 51,26 cm olarak hesaplanmıştır.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.174, 4.175 ve Şekil 4.119'da verilmektedir.



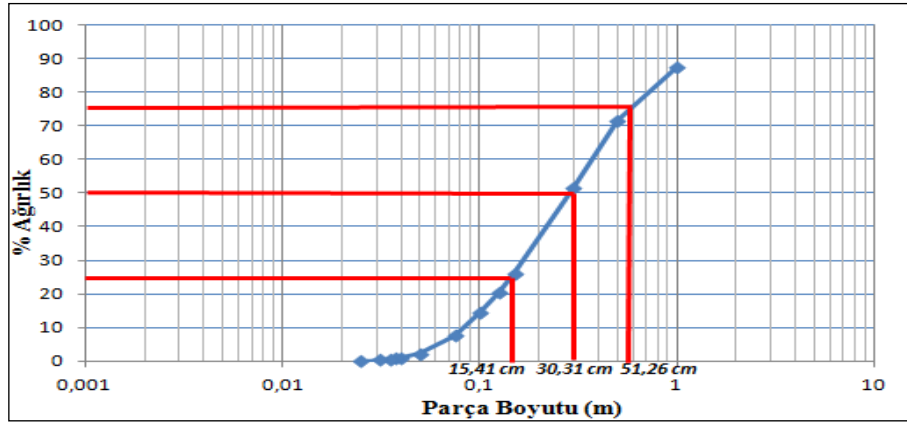
Şekil 4.118 Örnek olarak Deney 9'a ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.174 Deney 9 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları			
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı
Foto 1	13	1292	574,8	163
Foto 2	13	599	172,6	711
Foto 3	17	1292	626,5	238
Foto 4	13	599	368,7	117
Foto 5	13	1292	324,9	264
Foto 6	17	1292	595,9	122

Tablo 4.175 Deney 9'a ait 6 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	87,27
500	71,52
300	51,62
150	26,15
125	20,30
100	14,44
75	7,64
50	2,26
40	0,98
37,5	0,71
35,5	0,53
31,5	0,33
25	0,09



Şekil 4.119 Deney 9'a ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.3.9.4 Deney 9'un Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.176'da verilmiştir.

Tablo 4.176 Deney 9'un nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
1	20,95	34,41	7	1,64	1,71
2	20,83	36,08	7	1,73	
3	21,13	36,26	6	1,72	
4	22,39	37,76	7	1,69	
5	20,03	34,45	6	1,72	
6	21,48	37,28	4	1,74	
7	20,56	35,54	5	1,73	
8	21,37	37,61	6	1,76	
9	17,96	29,99	6	1,67	

Bu patlatma deneyinde toplam 2442,76 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$$\text{Toplam malzeme} = 2442,76 \text{ ton} / 2,64 \text{ ton/m}^3 = 925,29 \text{ m}^3$$

$$\text{Toplam patlayıcı madde miktarı} = 301,25 \text{ kg}$$

$$\text{Özgül şarj} = 301,25 \text{ kg} / 925,29 \text{ m}^3 = \mathbf{0,326 \text{ kg/m}^3}$$
 Bu patlatma deneyinde patlatılmış yığındaki toplam patar miktarı, 340 ton olarak ölçülmüştür.

4.3.9.5 Deney 9'un Yükleyci Performansına Etkisi

Dokuzuncu ve son deney olan bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 141 kepçe periyodu gözlenerek 538,3 tonluk malzeme yüklenmiştir. Ayrıca her bir kamyonun ortalama 226,68 sn. de yüklendiği

gözlemlenmiştir. Tablo 4.177’de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir. Tablo 4.177’de her bir kamyonu ait yüklenme süreleri uzunsa nedenini gösteren açıklama kısımları da yer almaktadır.

Tablo 4.177 Deney 9’a ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)	Açıklama
4	9	224,97	
2	9	217,78	
5	10	234,41	
3	10	232,32	Yığın düzeltmesi
7	8	221,09	
8	9	227,80	
9	9	220,78	
6	10	235,24	
4	10	223,92	
2	10	222,26	
7	10	232,30	
3	10	234,10	
1	9	228,67	
8	9	223,80	
4	9	220,86	
Ortalama	9,4	226,68	

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 26347 adet olmak üzere toplam 105388 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 39,7 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.178’de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.178 Deney 9’a ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	26347	158,70	39,70
Arka pompa	26347	159,40	
Kol kapama pistonu	26347	7,75	
Kova kapama pistonu	26347	6,82	

4.3.9.6 Deney 9 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, patar miktarı hariç 2102,76 ton malzemenin kırılması sırasında 468 dakika boyunca sürekli olarak kayıt edilmiştir. Tablo 4.179’da bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.179 Deney 9 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (saat)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	431,4	380	220,9	206,8	0,493
İkincil kırıcı	475,2	380	215,8	219,8	0,536
Tersiyer kırıcı	273,0	380	82,0	87,1	0,560

4.4 Üst Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneyleri

Batı Anadolu Çimento Fabrikasına ait Üst Aravadi kalker ocağında 10 adet patlatma deneyi yapılmıştır. Patlatma deneyleri 89 mm. delik çapında, tek veya çift sıra halinde planlanmıştır. Yapılan deneylerde elde edilen malzemenin izlenmesi yaklaşık 24 ile 48 saatlik süreleri kapsamıştır. Yapılan deneyler aşağıda detaylı bir şekilde verilmektedir.

4.4.1 Arazi Çalışması Deney 1

İlk arazi çalışması 29.06.2012 tarihinde Üst Aravadi olarak tanımlanan bölgede gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 1’e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.1.1 Deney 1'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 1'in patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Hat etüdü ölçümü sonucunda elde edilen bilgiler; süreksizlik arasındaki dolgu malzemesinin özellikleri ile kalınlığı ve süreksizlik aralığıdır. Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 7,00 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 20'dir. Patlatma aynasının bir görünümü Şekil 4.120'de verilmiştir.



Şekil 4.120 Deney 1 e ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.180'de verilen hat etüdü ölçümleri sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $700 / 20 = 35,00$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.180 Deney 1 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0 cm, 11 cm, 24 cm (<i>kireçtaşı</i>), 26 cm, 100 cm, 104 cm, 153 cm, 164 cm, 190 cm, 204-205 (<i>kil</i>), 239 cm, 259 cm, 260 cm, 270 cm, (<i>kil</i>), 390-394 cm(<i>kireçtaşı</i>), 475 cm, 510 cm, 620 cm, 700 cm.

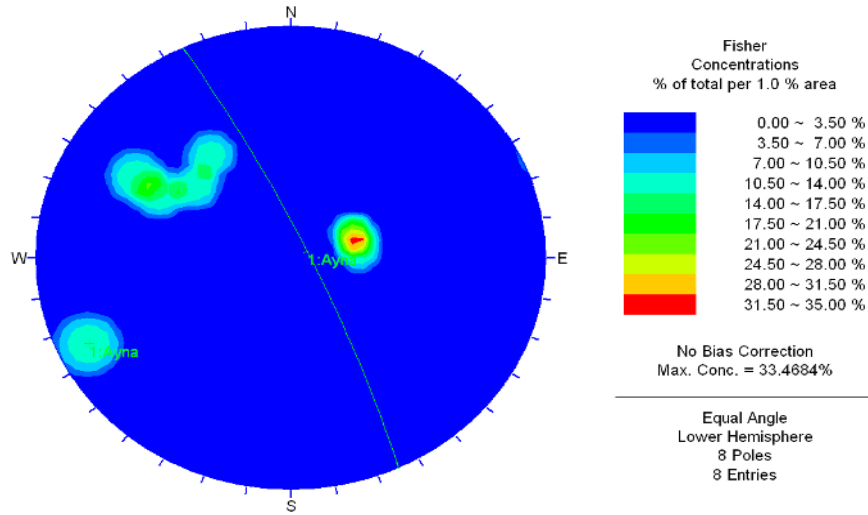
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981)

Deney 1 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.181 Deney 1 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim yönü/eğim değerler.

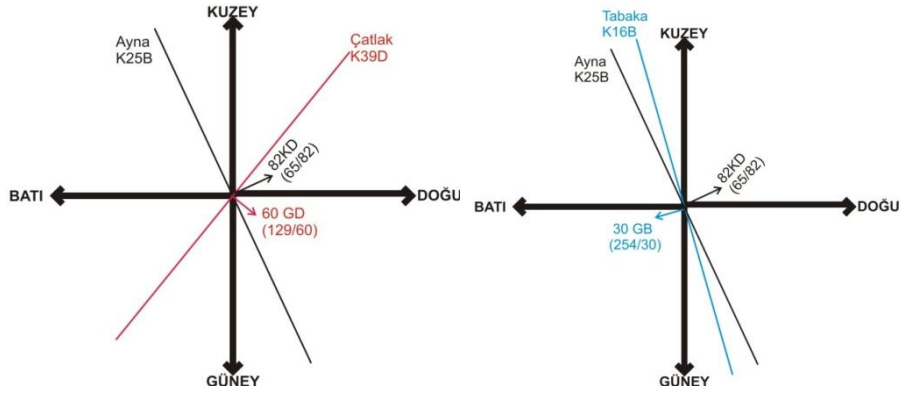
TABAKA	ÇATLAK	AYNA
265/30	120/70	65/82
245/29	118/60	
250/30	145/57	
	130/51	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.121’de verilmiştir.



Şekil 4.121 Deney 1 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 1’e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/eğim olarak 254/30’dur. Çatlak takımlarının yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu da 129/60’dır. Patlatma sonucunda oluşacak yığın parça boyutunu etkileyen en önemli parametrelerden birisi tabakaların konumudur. Tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.122’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.122 Deney 1 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

Süreksizlik aralığı ve süreksizlik yönelimlerinin patlatma sonrası yığın boyut dağılımında etkili olduğu düşünülmektedir. Süreksizlik yönelimlerinin gösterildiği koordinat sistemi incelendiğinde şev aynası ile tabakalanma arasındaki doğrultu farkının 9 derece olduğu görülmektedir. Tabaka eğim yönünün KB'da, ayna eğim yönünün de KB'da olduğu, birbirleri ile paralele yakın oldukları görülmektedir. Fakat eğim yönleri birbirlerine tamamen zıttır. Çatlak seti ile aynanın doğrultuları arasındaki fark yüksek olmasına rağmen, eğim yönleri birbirine yakındır. Patlatma sonucu oluşacak tane boyutunun iri olmaması açısından bu istenilen bir durumdur.

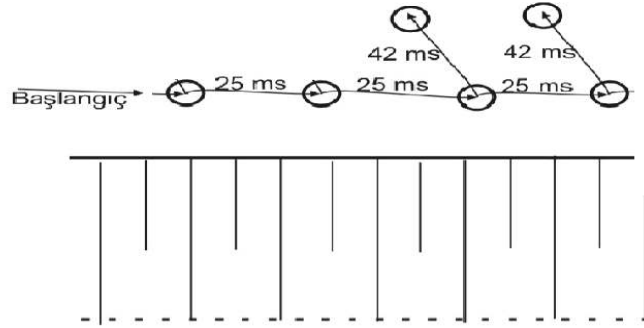
4.4.1.2 Deney 1'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 1 patlatmasında 89 mm çapında 6 adet delik çift sıra halinde delinerek patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu patlatmada 325 kg ANFO, 3,75 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 328,75 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.123'de, teknik detaylar Tablo 4.182'de verilmektedir.

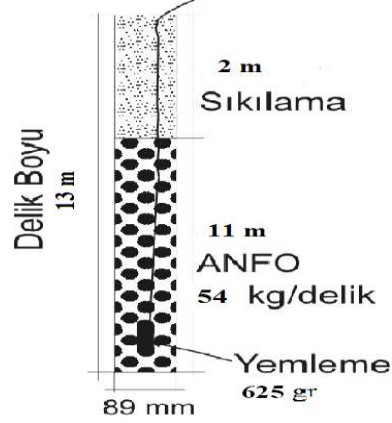
Tablo 4.182 Deney 1 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler arası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılama (m)	Delik İçi Gecikme (ms)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	3,3	2,7	12,35	89	13	0,63	54	11	2	500	25
2	3,4	2,6	12,35	89	13	0,63	54	11	2	500	25
3	3,65	3,5	12,35	89	13	0,63	54	11	2	500	25
4	3,5		12,35	89	13	0,63	54	11	2	500	25
ikinci sıra											
5	2,45	2,7	12,35	89	13	0,63	55	11	2	500	42
6	3,05	3,15	12,35	89	13	0,63	54	11	2	500	42

Patlatma 1 Delik geometrisi ve bağlantı planı



Patlatma 1 Delik düşey kesiti



Şekil 4.123 Deney 1 patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.4.1.3 Deney 1'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 1'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak 4 adet görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu yığın için alınan 4 görüntüden birisinin, örnek teşkil etmesi

amacıyla tane boyut dağılımının belirlenme aşamaları aşağıda Şekil 4.124’de verilmiştir.

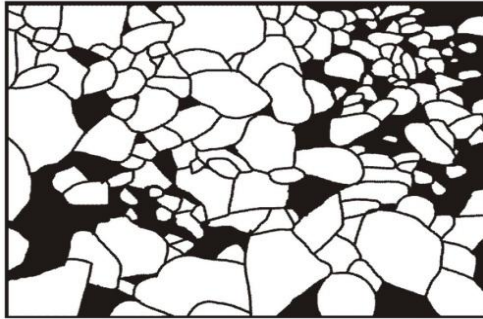
Yığından alınan 4 görüntünün işlenmesiyle 1363 parça incelemeye alınmıştır. Bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş ve 4 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 27,53 cm olarak saptanmıştır. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 16,02 cm ve 46,40 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.183’de verilen veriler kullanılarak 18,60 cm olarak bulunmuştur.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.183, Tablo 4.184 ve Şekil 4.125’de verilmektedir.

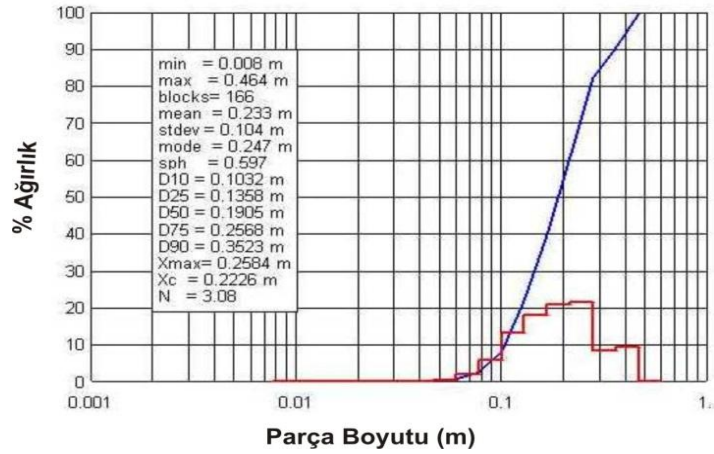
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



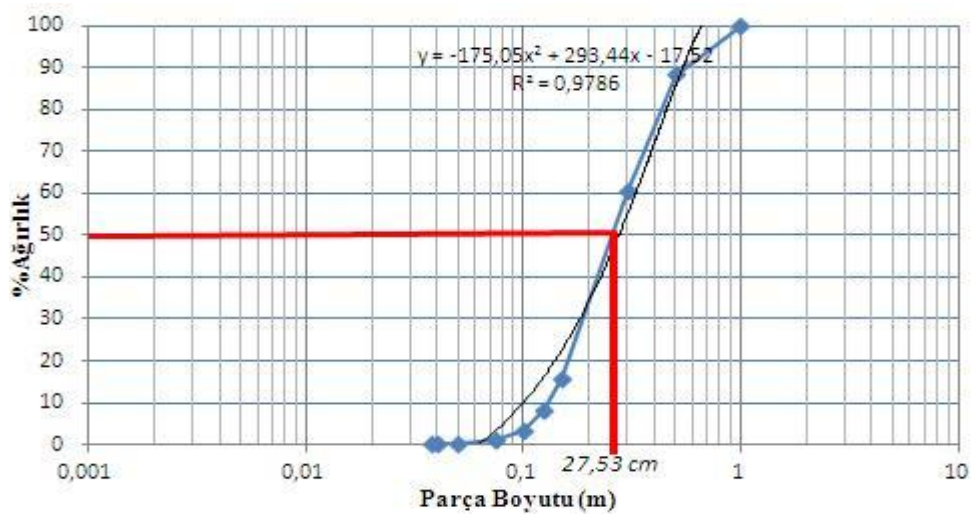
Şekil 4.124 Örnek olarak Deney 1'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.183 Deney 1 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	22	1000	306,9	257	59,62	40,38
Foto 2	22	599	245,5	429	56,15	43,85
Foto 3	22	1000	287,4	511	51,87	48,13
Foto 4	8,0	464	190,5	166	66,05	33,95
Ortalama					58,42	41,58

Tablo 4.184 Deney 1'e ait 4 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	100,00
500	88,22
300	60,43
150	15,60
125	8,26
100	3,46
75	1,18
50	0,29
40	0,06
37,5	0,01



Şekil 4.125 Deney 1'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.4.1.4 Deney 1'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.185'de verilmiştir.

Tablo 4.185 Deney 1'in nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
2	20,83	36,65	6	1,76	1,78
3	21,13	36,56	4	1,73	
5	20,03	36,78	6	1,84	
6	21,48	38,89	5	1,81	
7	20,56	35,91	6	1,75	
8	21,37	37,52	5	1,76	
9	17,96	32,93	5	1,83	
16	26,05	48,36	5	1,86	
17	26,05	46,47	6	1,78	
19	26,05	46,52	4	1,79	
20	25,15	43,04	6	1,71	

Özgül şarjın bulunmasında kullanılan toplam patlayıcı madde miktarı ANFO ve yemleme olarak kullanılan patlayıcıların toplamıdır. Deney 1 için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmektedir.

Toplam malzeme = 2343,94 ton

Toplam patlayıcı madde miktarı = 328,75 kg

Özgül şarj = $328,75 \text{ kg} / (2343,94 / 2,65) = 0,3717 \text{ kg/m}^3$

Bu patlatma deneyinde patar oluşmamıştır.

4.4.1.5 Deney 1' in Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyici performansının belirlenmesinde yükleme süresi ve yükleyici hidrolik basınçları değerlendirilmiştir. Bu deneyde ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 163 kepçe periyodu gözlenerek her bir kamyonun ortalama 191,77 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.186'da yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede ve kaç kepçe ile yüklediği verilmektedir.

Tablo 4.186 Deney 1' e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
7	8	188,97
9	8	187,34
3	9	177,30
6	9	197,22
16	11	219,09
8	9	199,73
2	8	175,20
5	8	178,30
17	12	249,50
20	11	225,71
7	8	172,55
19	11	233,64
9	7	147,83
16	11	221,93
3	8	157,16
6	9	181,73
8	8	161,78
2	8	176,82
Ortalama	9,055	191,77

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde bir parametre olarak kullanılan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 40701 adet olmak üzere toplam 162804 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 36,2 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.187'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.187 Deney 1' e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yük, Yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	40701	149,39	36,2
Arka pompa	40701	152,43	
Kol kapama pistonu	40701	7,21	
Kova kapama pistonu	40701	6,44	

4.4.1.6 Deney 1 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bölüm 3.2.1'de tesis akım şeması ve ölçüm alım tekniği ayrıntılarıyla verilen kırma eleme tesisinde Deney 1'e ait enerji sarfiyatına yönelik ölçümler alınmıştır. Alınan veriler ve değerlendirilmesi Tablo 4.188'de verilmektedir. Tablo 2.7'de kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri görülmektedir.

Tablo 4.188 Deney 1 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama Enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	422,66	380	266,20	214,43	0,424
İkincil kırıcı (1)	470,00	380	254,35	222,03	0,460
Tersiyer kırıcı	485,33	380	86,93	124,19	0,752

4.4.2 Arazi Çalışması Deney 2

Arazi çalışmalarının ikincisi; 03 Temmuz 2012 tarihinde Üst Aravadi olarak tanımlanan bölgede yapılmıştır. Bu kapsama yönelik olarak sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümler gerçekleştirilmiştir. Deney 2'ye ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.2.1 Deney 2'ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek

değerlendirilmesi sağlanmıştır. Deney 2'nin patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Şekil 4.126'da verilen patlatma aynasında şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 7,15 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 18'dir.



Şekil 4.126 Deney 2' ye ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.189'da verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $2715 / 18 = 39,72$ cm

Tablo 4.189 Deney 2 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0 cm, 15cm, 28 cm, 59.cm, 68.cm, 112 cm, 158 cm, 192 cm, 254 cm, 358 cm, 394 cm, 412 cm, 484 cm, 552 cm, 584 cm, 612 cm, 645 cm, 685 cm, 715 cm

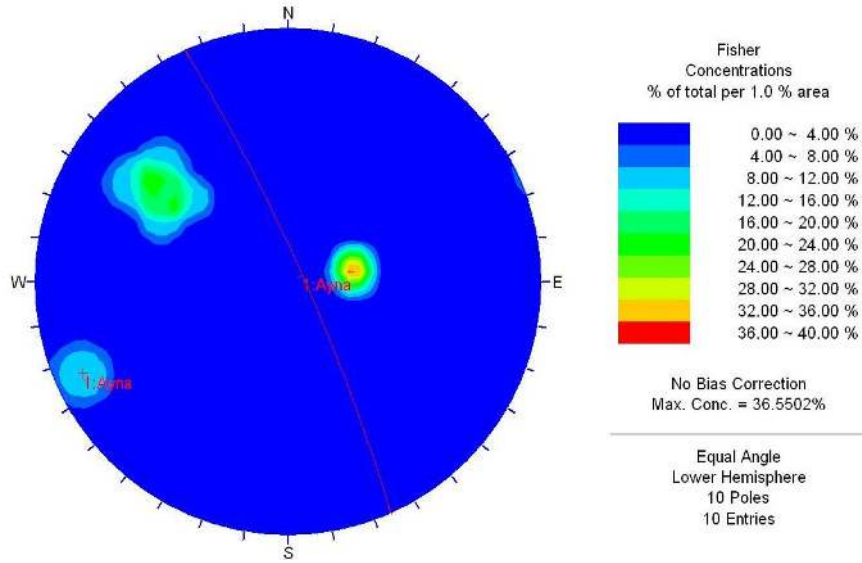
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 2 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri Tablo 4.190'da verilmiştir.

Tablo 4.190 Deney 2 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

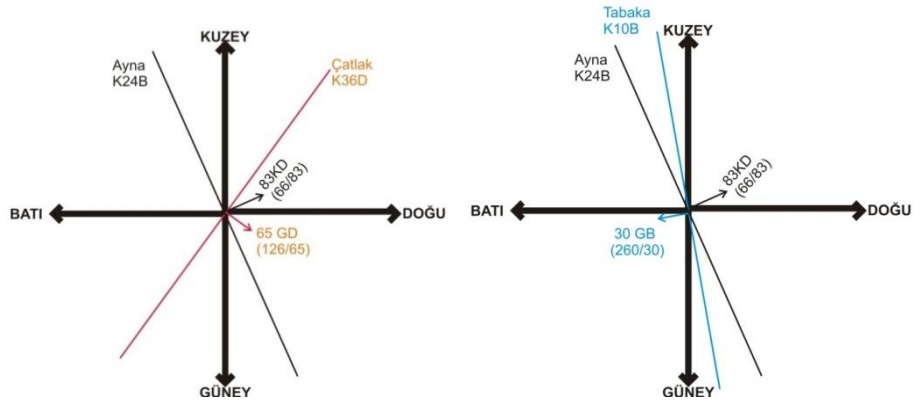
TABAKA	ÇATLAK	AYNA
252/28	122/72	66/83
255/32	133/68	
264/26	116/58	
268/31	131/53	
	125/62	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler kullanılarak çalışılan şev aynasına ait stereonet çizimleri Şekil 4.127’de verilmiştir.



Şekil 4.127 Deney 2 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 2’ye ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 260/30’dur. Çatlakların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu da eğim yönü/eğim olarak 126/65’dir. Tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.128’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.128 Deney 2 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

Süreksizlik yönelimlerinin gösterildiği koordinat sistemi incelendiğinde; çatlak ile ayna arasında 70 derece fark olduğu, eğim yönlerinin ise birbirinden çok farklı olmadığı gözlemlenmektedir. Fakat aynı zamanda şev aynası ile tabakalanma arasındaki doğrultu farkının düşük olduğu görülmektedir. Tabaka eğim yönünün GB'da, ayna eğim yönünün KD'da olduğu gözlemlenmiştir.

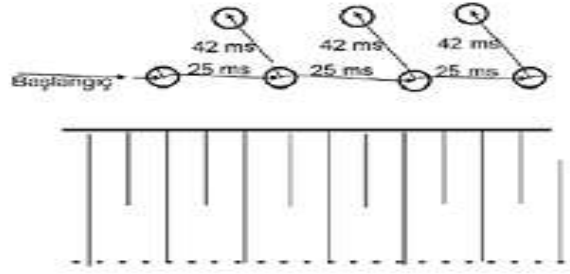
4.4.2.2 Deney 2'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 2 patlatmasında 7 adet 89 mm çapında delik çift sıra halinde delinerek patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu patlatma işleminde 250 kg ANFO, 4,375 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 254,375 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.129'da, teknik detaylar Tablo 4.191'de verilmektedir.

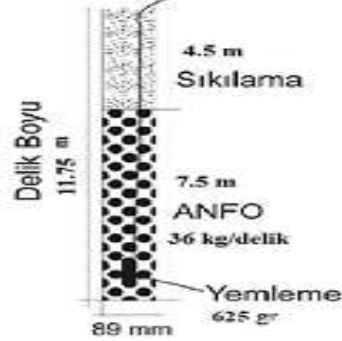
Tablo 4.191 Deney 2 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler arası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılama (m)	Delik İçi Gecikme (ms)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	2,4	3,2	12	89	13	0,625	36	7,5	5,5	500	25
2	2,4	3	12	89	12	0,625	36	7,5	4,5	500	25
3	2,35	3,2	12	89	12	0,625	36	7,5	4,5	500	25
4	3,3		12	89	12	0,625	34	7,5	4,5	500	25
ikinci sıra											
5	2,2	3,2	12	89	10	0,625	36	7,5	2,5	500	42
6	3,1	2,2	12	89	10	0,625	36	7,5	2,5	500	42
7	2,2		12	89	12	0,625	36	7,5	4,5	500	42

Patlatma 2 Delik geometrisi ve bağlantı planı



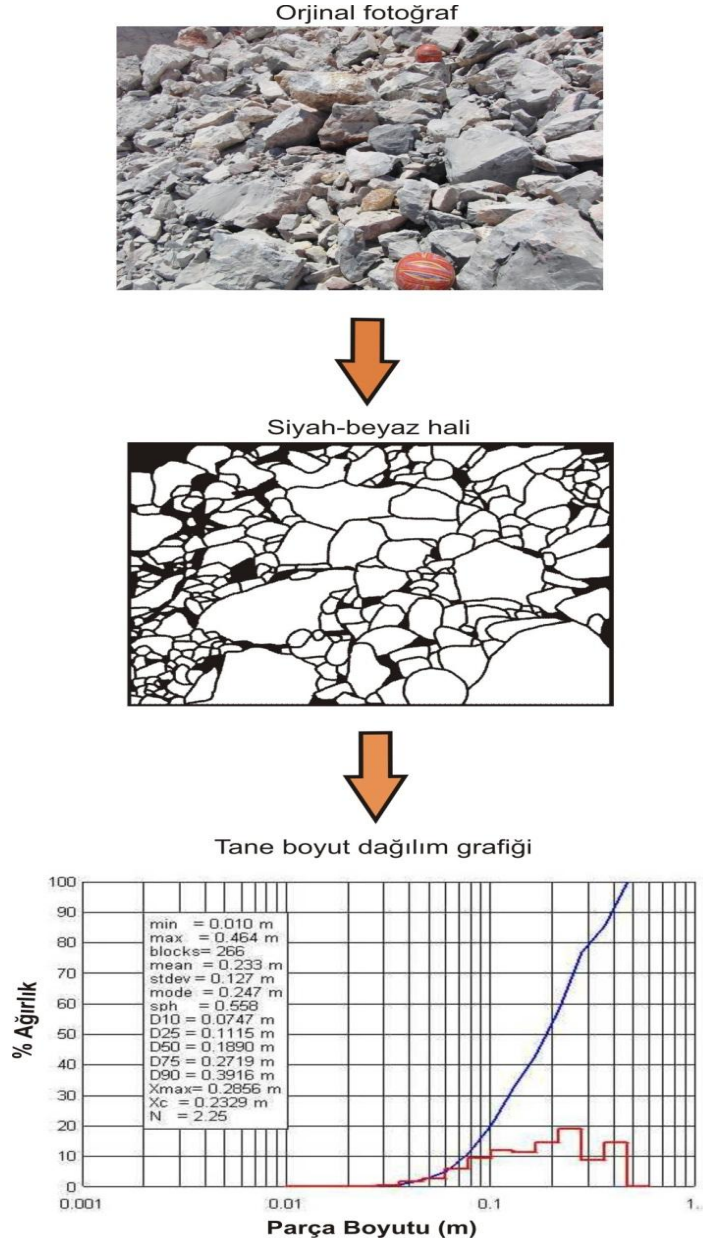
Patlatma 2 Delik düşey kesiti



Şekil 4.129 Deney 2 patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.4.2.3 Deney 2'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 2'ye ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 5 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 5 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.130 aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.130 Örnek olarak Deney 2'ye ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Yığından alınan 5 görüntü işlenerek 1912 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş ve 5 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 23,58 cm olarak hesaplanmıştır. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 11,46 cm ve 32,23 cm olarak bulunmuştur. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.192'de verilen verilerle 19,70 cm olarak bulunmuştur. Bu yığına ait

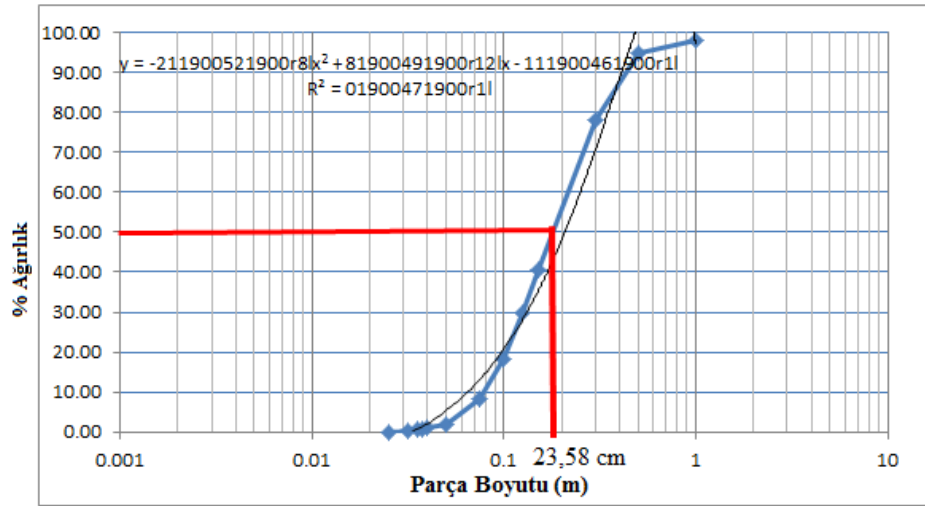
boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.192, 4.193 ve Şekil 4.131’de verilmektedir.

Tablo 4.192 Deney 2 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)
Foto 1	22	1292	278	205	70,26	29,74
Foto 2	13	599	161	515	59,95	40,05
Foto 3	22	599	164,6	460	58,92	41,08
Foto 4	10	599	154,6	466	63,43	36,57
Foto 5	10	464	189	266	72,83	27,17
Ortalama					65,08	34,92

Tablo 4.193 Deney 2’ye ait 5 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %’de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%’de)
1000	98,22
500	94,65
300	77,97
150	40,42
125	29,87
100	18,25
75	8,18
50	2,07
40	0,91
37,5	0,67
35,5	0,49
31,5	0,30
25	0,09



Şekil 4.131 Deney 2'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.4.2.4 Deney 2'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.194'de verilmiştir.

Tablo 4.194 Deney 2'nin nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
2	20,83	37,64	3	1,81	1,77
3	21,13	37,30	5	1,77	
5	20,03	36,80	4	1,84	
6	21,48	40,82	5	1,90	
7	20,56	37,04	5	1,80	
8	21,37	38,29	5	1,79	
9	17,96	33,61	4	1,87	
16	26,05	46,22	5	1,77	
17	26,05	45,03	4	1,73	
19	26,05	47,95	4	1,84	
20	25,15	42,99	4	1,71	
21	27,55	39,67	5	1,44	

Bu patlatma deneyinde toplam 2350,1 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 254,375 kg

Özgül şarj = $254,375 \text{ kg} / (2350,1 / 2.65) = 0,2868 \text{ kg /m}^3$

Bu patlatma deneyinde 300 ton patar ortaya çıkmıştır.

4.4.2.5 Deney 2'nin Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde Deney 1'de olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 164 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 230,60 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.195'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.195 Deney 2'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
8	9	215,68
17	11	244,23
7	9	208,77
9	9	228,09
8	9	203,27
6	10	239,43
5	10	248,01
19	11	239,43
20	11	262,08
2	9	230,4
16	11	261,75
21	11	277,03
3	9	207,77
7	8	189,96
9	9	215,03
5	9	258,09
8	9	191,12
Ortalama	9,65	230,60

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde bir parametre olarak kullanılan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 60058 adet olmak üzere toplam 240232 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 39,3 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.196'da ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.196 Deney 2' ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yük, Yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	60058	152,27	39,3
Arka pompa	60058	156,58	
Kol kapama pistonu	60058	10,00	
Kova kapama pistonu	60058	14,90	

4.4.2.6 Deney 2 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, çalışma süresi boyunca her bir kırıcıdan yaklaşık 2250 veri alınarak işlenmiştir. Bu deney için

kırıcların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri Tablo 4.197’de verilmiştir.

Tablo 4.197 Deney 2 İçin kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	442,17	380	231,77	209,41	0,476
İkincil kırıcı	435,00	380	250,31	242,74	0,511
Tersiyer kırıcı	495,00	380	77,64	129,76	0,880

4.4.3 Arazi Çalışması Deney 3

04 Temmuz 2012 tarihinde Üst Aravadi olarak tanımlanan bölgede üçüncü arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda sahada süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 3’e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.3.1 Deney 3’e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 3’ün patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.132 Deney 3'ye ait patlatma aynası görüntüsü.

Şekil 4.132'de verilen patlatma aynasında hat etüdü için şerit metre ile yapılan ölçümler sonucunda toplam ölçüm hattı uzunluğu 25,95 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 50'dir.

Tablo 4.198'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;
 $2595 / 50 = 51,90 \text{ cm}$

Tablo 4.198 Deney 3 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0cm, 18cm, 29 cm, 35 cm, 49cm, 58cm, 112 cm, 158 cm, 192 cm, 254 cm 270 cm, 320 cm, 340 cm, 390 cm, 398 cm, 481 cm, 558 cm, 594 cm, 632 cm, 665 cm, 695 cm, 715 cm, 800 cm, 840 cm, 910 cm, 990 cm, 1030 cm, 1120cm, 1210 cm, 1250 cm, 1320 cm, 1370 cm, 1520 cm, 1640 cm, 1680 cm, 1710 cm, 1780 cm, 1930 cm, 2080 cm, 2160 cm, 2220 cm, 2255cm, 2455 cm, 2480 cm, 2505 cm, 2515 cm, 2535 cm, 2545 cm, 2555 cm, 2565 cm, 2595 cm

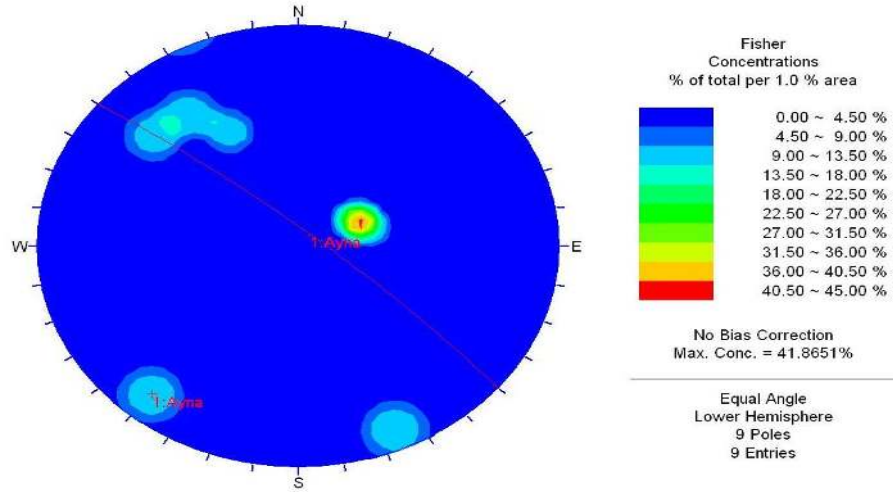
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta derece aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981)

Deney 3 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.199 Deney 3 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.

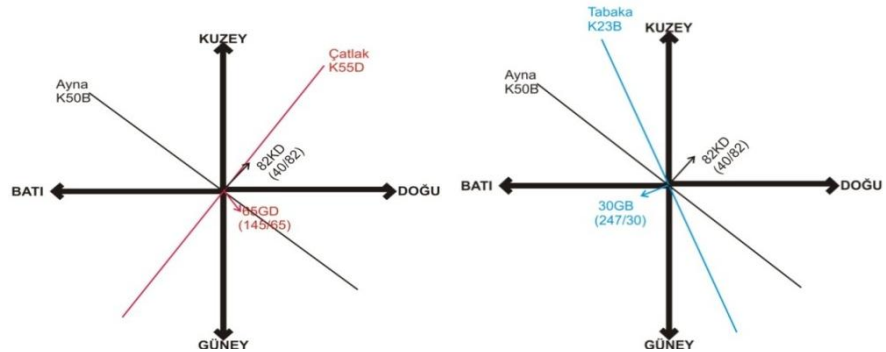
TABAKA	ÇATLAK	AYNA
242/26	145/72	40/82
245/30	336/84	
254/32	132/73	
240/29	153/60	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.133’de verilmiştir.



Şekil 4.133 Deney 3 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 3’e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 247/30, çatlak takımının yoğunlaştığı konum ise 145/65’tir. Tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.134’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.134 Deney 3 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

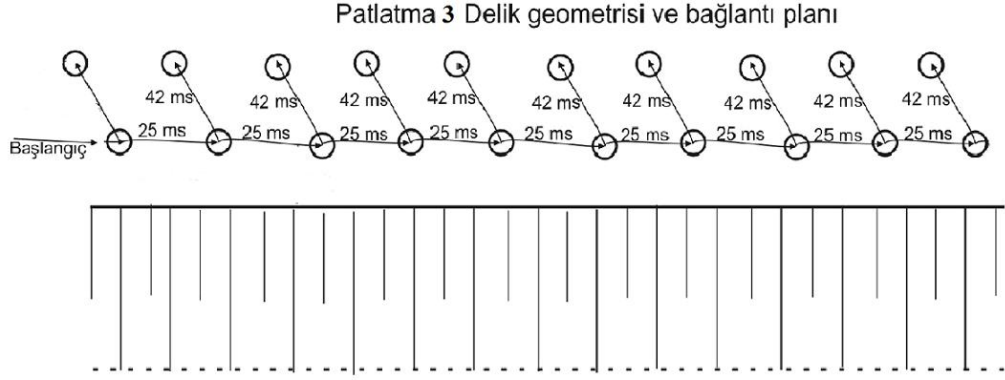
Süreksizlik yönelimlerinin gösterildiği koordinat sistemi incelendiğinde şev aynası ile tabakalanma arasındaki doğrultu farkının 27^0 olduğu görülmektedir. Yani aralarındaki doğrultu farkı azdır. Tabaka eğim yönü ile ayna eğim yönü zıt olup, patlatma sonucu oluşacak tane boyutunu olumsuz yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Ayna ile çatlak seti eğim yönleri neredeyse birbirine diktir.

4.4.3.2 Deney 3'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

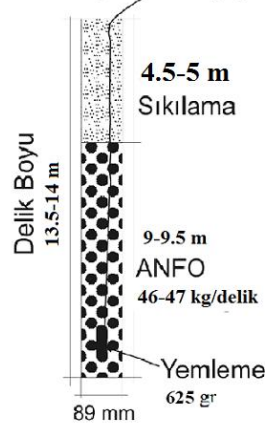
Deney 3 patlatmasında 89 mm çapında 20 patlatma deliği açılmış, gecikmeli patlatma patterni ile patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu deneye ait patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.135'de, teknik detaylar Tablo 4.200'de verilmektedir.

Tablo 4.200 Deney 3 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Deliklerarası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılma (m)	Delik İçi Gecikme (ms)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	2,95	2,75	12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	25
2	2,95	2,8	12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	25
3	3,05	3,25	12,6	89	14	0,625	47	9,5	4,5	500	25
4	3,3	3	12,6	89	14	0,625	47	9,5	4,5	500	25
5	3,1	3,2	12,6	89	14	0,625	47	9,5	4,5	500	25
6	3	2,85	12,6	89	14	0,625	47	9,5	4,5	500	25
7	3,15	3	12,6	89	14	0,625	47	9,5	4,5	500	25
8	2,6	3,25	12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	25
9	2,9	3,4	12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	25
10	2,8		12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	25
ikinci sıra											
11	2,7	2,7	12,6	89	13,5	0,625	46	9	4,5	500	42
12	2,8	2,9	12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	42
13	2,6	2,6	12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	42
14	3,1	3,1	12,6	89	13,5	0,625	46	9	4,5	500	42
15	2,9	3	12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	42
16	3,2	2,85	12,6	89	13,5	0,625	46	9	4,5	500	42
17	3,2	2,7	12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	42
18	3,2	2,7	12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	42
19	2,9	2,5	12,6	89	13,5	0,625	46	9	4,5	500	42
20	2,7		12,6	89	14	0,625	46	9	5	500	42



Patlatma 3 Delik düşey kesiti



Şekil 4.135 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

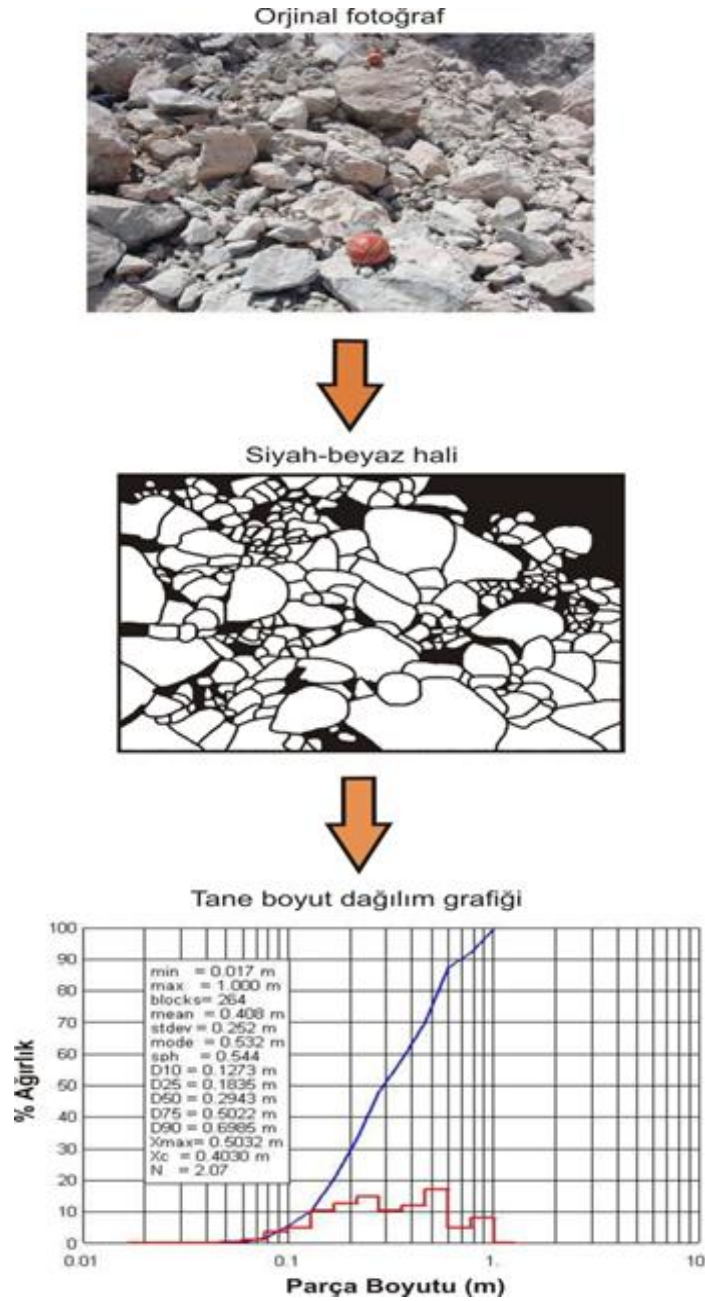
4.4.3.3 Deney 3'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 3'e ait patlatma işlemi sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 5 görüntü elde edilmiş, bu görüntülerin her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 5 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamaları aşağıda Şekil 4.136'da verilmiştir.

Yığından alınan 5 görüntü işlenerek 1699 parça incelemeye alınmıştır. Bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 5 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 27,28 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de

sırasıyla 15,23 cm ve 42,63 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.201’deki veriler kullanılarak 19,20 cm olarak bulunmuştur.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.201, 4.202 ve Şekil 4.137’de verilmektedir.



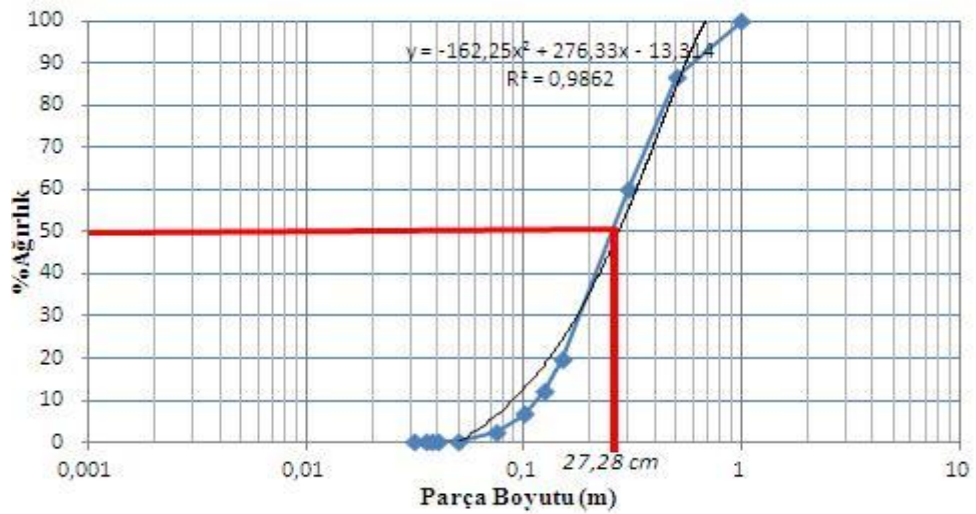
Şekil 4.136 Örnek olarak Deney 3’e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları

Tablo 4.201 Deney 3 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	22	774	301,2	350	57,38	42,62
Foto 2	17	599	182,9	380	60,50	39,50
Foto 3	22	774	253	412	61,33	38,67
Foto 4	22	774	300,7	293	52,43	47,57
Foto 5	17	1000	294,3	264	64,89	35,11
Ortalama					59,31	40,69

Tablo 4.202 Deney 3'e ait 5 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	100,00
500	86,69
300	59,93
150	19,58
125	12,28
100	6,70
75	2,45
50	0,38
40	0,15
37,5	0,09
35,5	0,07



Şekil 4.137 Deney 3'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.4.3.4 Deney 3 'ün Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgöl Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.203'de verilmiştir.

Tablo 4.203 Deney 3 'ün nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
2	20,83	36,69	12	1,76	1,77
3	21,13	36,29	10	1,72	
5	20,03	36,23	12	1,81	
6	21,48	38,69	12	1,80	
7	20,56	36,35	12	1,77	
8	21,37	38,98	12	1,82	
9	17,96	33,02	9	1,84	
16	26,05	45,76	12	1,76	
17	26,05	45,86	11	1,76	
19	26,05	44,73	11	1,72	
20	25,15	43,43	11	1,73	

Bu patlatma deneyinde toplam 7817 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 937,5 kg

Özgöl şarj = $937,5 \text{ kg} / (7817/2.65) = 0,3178 \text{ kg /m}^3$

Bu patlatma deneyine ait 245 ton patar gözlemlenerek ölçülmüştür.

4.4.3.5 Deney 3' ün Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde yine diğ r deneylerde olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 208 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 211,89 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.204'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan yükleyici hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 60410 adet olmak üzere toplam 241640 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 38,7 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, aşağıdaki Tablo 4.205'de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.204 Deney 3' e Ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
5	9	193,15
21	10	231,32
19	10	219,69
7	8	187,46
8	9	196,8
6	10	232,76
16	10	238,37
20	10	235,64
2	8	195,33
17	10	245,71
5	8	180,31
21	9	217,6
19	9	249,92
7	8	201,22
8	9	224,9
3	9	195,19
6	8	186,9
16	10	238,19
2	7	164,35
20	10	234,77
17	9	205,73
5	9	200,68
21	9	197,41
Ortalama	9,04	211,89

Tablo 4.205 Deney 3'e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	60410	149,11	38,7
Arka pompa	60410	161,90	
Kol kapama pistonu	60410	8,13	
Kova kapama pistonu	60410	6,72	

4.4.3.6 Deney 3 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde toplam üç adet kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, her bir kırıcıdan yaklaşık 5674 veri alınarak kayıt edilmiştir. Tablo 4.206'da bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.206 Deney 3 İçin kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	945,33	380	258,30	232,72	0,474
İkincil kırıcı	1006,33	380	257,80	246,81	0,504
Tersiyer kırıcı	1066,33	380	85,87	126,87	0,778

4.4.4 Arazi Çalışması Deney 4

Dördüncü arazi çalışması 05 Temmuz 2012 tarihinde Üst Aravadi olarak adlandırılan bölgede gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.21).Bu kapsamda sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 4'e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ile bunların sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.4.1 Deney 4'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 4'ün patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması sırasıyla aşağıda verilmiştir. Şekil 4.138'de görünümü verilen patlatma aynasında şerit metre ile yapılan hat etüdü ölçümü sonucunda toplam ölçüm hattı uzunluğu 24,70 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 51'dir.



Şekil 4.138 Deney 4' e ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.207’de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;
 $2470 / 51 = 48.43 \text{ cm}$

Tablo 4.207 Deney 4 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0 cm, 56 cm, 76 cm, 105 cm, 109 cm, 120 cm, 168 cm, 190 cm, 230 cm, 243 cm, 289 cm, 320 cm, 350 cm, 390 cm, 430 cm, 480 cm, 520 cm, 554 cm, 590 cm, 680 cm, 730 cm, 780 cm, 825 cm, 886 cm, 929 cm, 970cm, 1020 cm, 1090 cm, 1120 cm, 1212 cm, 1278 cm, 1321 cm, 1389 cm, 1420 cm, 1455 cm, 1655 cm, 1730 cm, 1790 cm, 1820 cm, 1880 cm, 1970 cm, 2060 cm, 2130 cm, 2165 cm, 2255 cm, 2295 cm, 2340 cm, 2385 cm, 2395 cm, 2430 cm, 2450 cm, 2470 cm

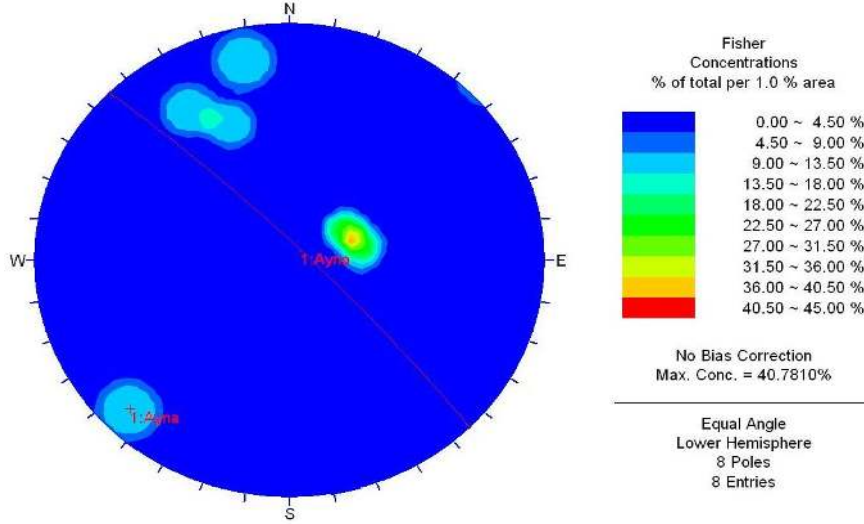
ISRM’nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta derece aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM,1981)

Deney 4 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.208 Deney 4 ayna, tabaka ve çatlaklara ait eğim yönü/eğim değerleri.

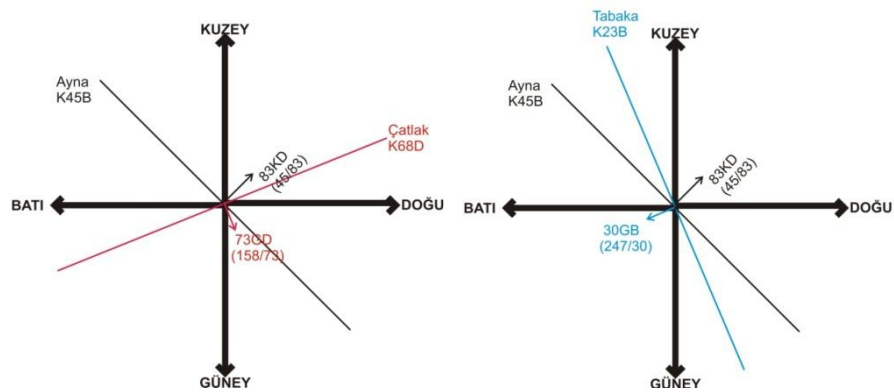
TABAKA	ÇATLAK	AYNA
255/33	148/73	45/83
238/29	158/63	
264/31	168/81	
241/27		

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.139’da verilmiştir.



Şekil 4.139 Deney 4 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 4’e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu Deney 3’te olduğu gibi; eğim yönü/eğim olarak 247/30 olduğu görülmektedir. Çatlak takımının yoğunlaştığı konum ise 158/73’tür. Bulunan bu değerlere göre tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.140’da iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.140 Deney 4 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

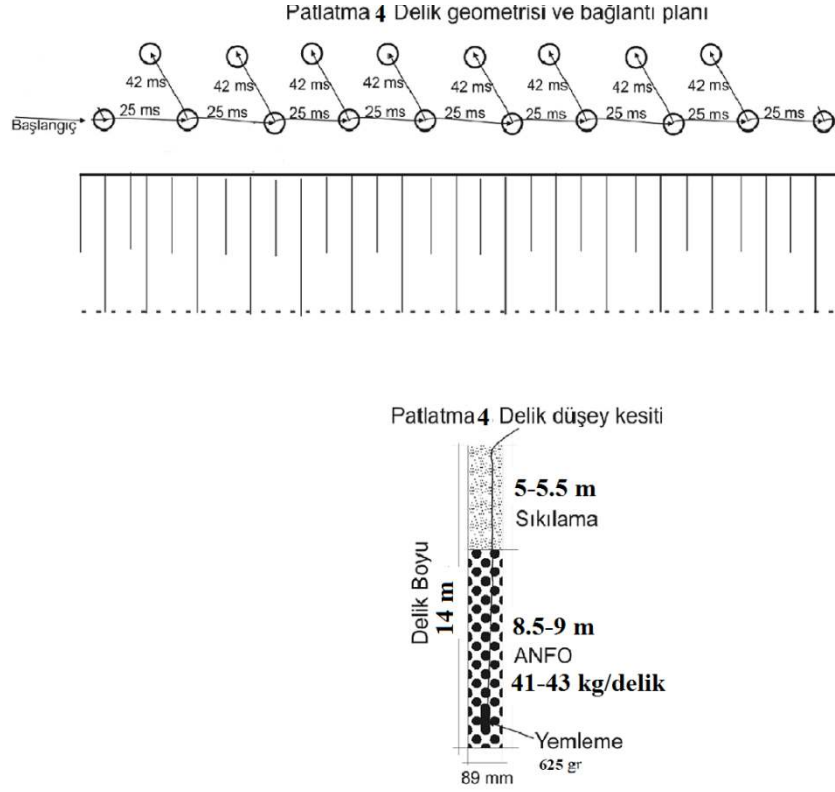
Ayna ile tabaka eğim yönleri birbirinden farklı yönlerdedir. Böyle durumlarda tabaka eğim açısının yüksek olması patlatma sonrası oluşan tane boyut dağılımı açısından olumlu sonuçlar yaratabilir.

4.4.4.2 Deney 4'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 4 patlatmasında 89 mm çift sıra olarak 18 adet patlatma deliği açılmış, her bir deliğe ortalama 42 kg ANFO konularak patlatma işlemi yapılmıştır. Bu patlatma deneyinde ANFO ve yemleme dinamiti olarak toplam 761,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.141'de, teknik detaylar Tablo 4.209'da verilmektedir.

Tablo 4.209 Deney 4 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikle rarası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılma (m)	Delik İçi Gecikme (ms)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	3,15	2,85	11,8	89	14	0,625	43	9	5	500	25
2	3,1	2,9	11,8	89	14	0,625	43	9	5	500	25
3	2,9	3,1	11,8	89	14	0,625	43	9	5	500	25
4	2,95	2,25	11,8	89	14	0,625	43	9	5	500	25
5	2,05	2,1	11,8	89	14	0,625	43	9	5	500	25
6	2,8	2,65	11,8	89	14	0,625	43	9	5	500	25
7	3,1	3,1	11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	25
8	2,8	3,2	11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	25
9	2,95	3,05	11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	25
10	2,85		11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	25
ikinci sıra											
11	2,85	2,95	11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	42
12	2,7	2,15	11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	42
13	2,6	2,05	11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	42
14	2,75	2,8	11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	42
15	2,65	2,65	11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	42
16	3,1	2,6	11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	42
17	2,9	2,4	11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	42
18	3		11,8	89	14	0,625	41	8,5	5,5	500	42



Şekil 4.141 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.4.4.3 Deney 4'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 4'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılmış, her bölüme ait görüntüler alınmış, toplam 5 görüntü elde edilmiştir. Bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 5 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren aşağıda Şekil 4.142'de verilmiştir.

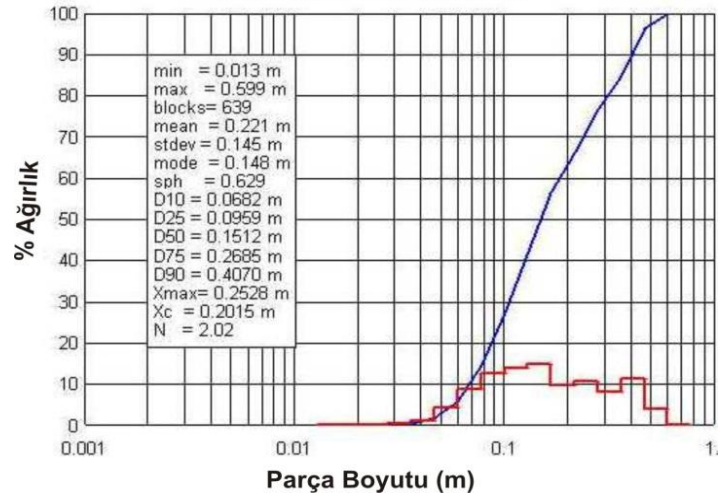
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 4.142 Örnek olarak Deney 4'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Yığından alınan 5 görüntünün işlenmesiyle 2447 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 5 adet grafiğin tek bir grafik altında

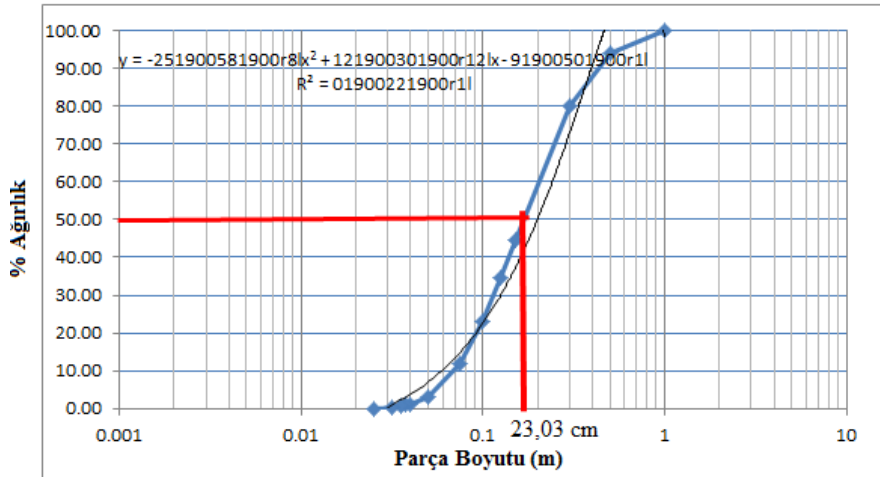
toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 23,03 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 10,83 cm ve 31,08 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.210'daki veriler kullanılarak 17,35 cm olarak bulunmuştur. Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.210, 4.211 ve Şekil 4.143'de verilmektedir.

Tablo 4.210 Deney 4 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	13	599	151,2	639	69,00	31,00
Foto 2	13	464	119,5	721	57,64	42,36
Foto 3	13	774	221,6	330	69,66	30,34
Foto 4	17	774	204,9	383	57,88	42,12
Foto 5	22	774	205,9	374	60,71	39,29
Ortalama					62,98	37,02

Tablo 4.211 Deney 4'e ait 5 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	100,00
500	94,19
300	79,96
150	44,49
125	34,68
100	23,06
75	11,91
50	3,07
40	1,28
37,5	0,93
35,5	0,68
31,5	0,45
25	0,09



Şekil 4.143 Deney 4'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.4.4.4 Deney 4'ün Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.212'de verilmiştir.

Tablo 4.212 Deney 4'ün nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
2	20,83	36,59	10	1,76	1,80
3	21,13	37,43	11	1,77	
5	20,03	35,98	10	1,80	
6	21,48	38,98	11	1,81	
7	20,56	35,29	11	1,72	
8	21,37	38,99	11	1,83	
9	17,96	32,71	9	1,82	
16	26,05	48,21	11	1,85	
17	26,05	46,75	11	1,79	
19	26,05	47,58	10	1,83	

Toplam 4965,2 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 761,25 kg

Özgül şarj = $761,25 \text{ kg} / (4965,2/2,65) = 0,4063 \text{ kg /m}^3$

Sözkonusu patlatma deneyinde 25 ton patar miktarı kaydedilmiştir.

4.4.4.5 Deney 4' ün Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde yine diğer deneylerde olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 157 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 188,11 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.213'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.213 Deney 4'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
20	10	231,61
6	8	164,97
19	10	223,42
7	8	167,99
5	8	173,86
2	8	180,31
3	8	175,64
16	10	223,16
17	9	181,08
8	8	167,71
20	11	248,34
6	9	190,45
19	10	202,26
7	8	151,51
9	8	175,8
5	8	175,56
2	8	178,33
3	8	173,99
Ortalama	8,72	188,11

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 111827 adet olmak üzere toplam 447308 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 34,7 l/saat olarak belirlenmiştir. Tablo 4.214’de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.214 Deney 4’e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	111827	128,13	34,7
Arka pompa	111827	140,73	
Kol kapama pistonu	111827	6,69	
Kova kapama pistonu	111827	6,53	

4.4.4.6 Deney 4 için Kıрма Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında kırıcılarda yaklaşık 4243 adet amper verisi alınmıştır.

Tablo 4.215’de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.215 Deney 4 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	704,83	380	314,98	222,07	0,371
İkincil kırıcı	765,67	380	308,08	257,17	0,440
Tersiyer kırıcı	825,67	380	100,83	241,49	0,744

4.4.5 Arazi Çalışması 5

06 Temmuz 2012 tarihinde arazi çalışmalarından beşincisi; Üst Aravadi olarak tanımlanan bölgede yapılmıştır (Şekil 2.27). Bu deneye ait sahada öncelikle

süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 5'e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.5.1 Deney 5'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 5'in patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Hat etüdü ölçümü sonucunda elde edilen bilgiler; süreksizlikler arasındaki dolgu malzemesinin özellikleri ile kalınlığı ve süreksizlik aralığıdır. Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 18,20 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 38'dir. Şekil 4.144'de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.144 Deney 5'e ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.216'da verilen hat etüdü ölçümleri sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $1820 / 38 = 47,89$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.216 Deney 5 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0 cm, 40 cm, 103 cm, 134 cm, 154 cm, 176 cm, 190 cm, 210 cm, 232 cm, 257 cm, 280 cm, 326 cm, 370 cm, 444 cm, 490 cm, 532 cm, 570 cm, 620 cm, 660 cm, 737 m, 753 cm, 756 cm, 820 cm, 920 cm, 968 cm, 1020 cm, 1170 cm, 1210 cm, 1280 cm, 1360 cm, 1400 cm, 1434 cm, 1480 cm, 1490 cm, 1515 cm, 1550 cm, 1700 cm, 1730 cm, 1820 cm
--

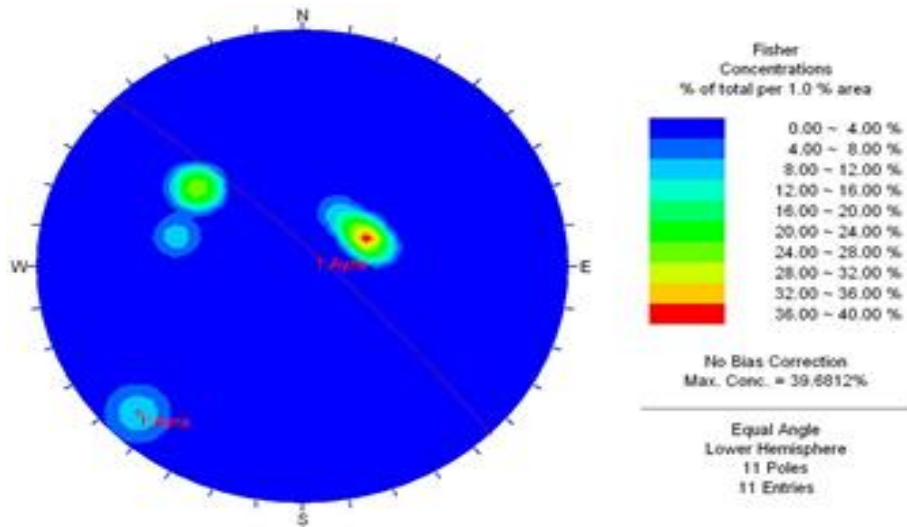
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 5 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.217 Deney 5 tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

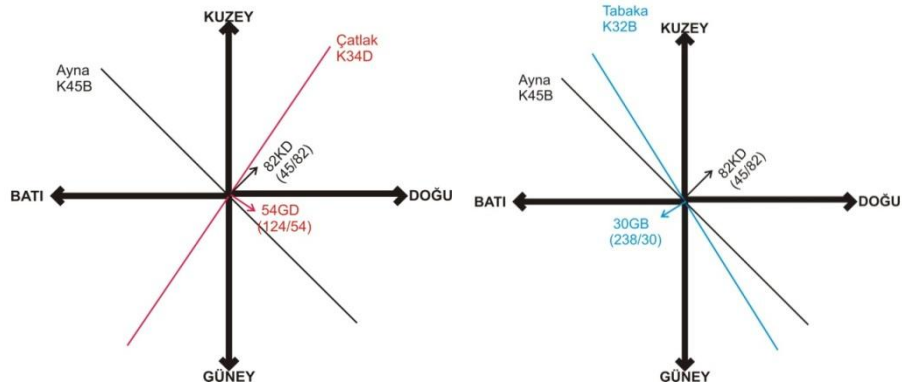
TABAKA	ÇATLAK	AYNA YÖNÜ
231/28	130/52	45/82
210/29	128/57	
236/31	105/52	
243/28	132/54	
255/33		
251/31		

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasına ait stereonet çizimleri Şekil 4.145’de verilmiştir.



Şekil 4.145 Deney 5 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 5'e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 238/30, çatlak takımının yoğunlaştığı konum ise 124/54'tür. Elde stereonetten elde edilen tabakalanma ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönlerive doğrultuları Şekil 4.146'da iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.146 Deney 5 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

Deney 5 için koordinat sistemi incelendiğinde; tabakalanma ile ayna doğrultuları arasında dar açı olduğu, çatlak setiyle ise dik olduğu görülmektedir. Eğim yönleri açısından bakıldığında tabaka ile ayna arasındaki olumsuz durum parça boyutunun nispeten iri çıkmasına sebep olmuştur.

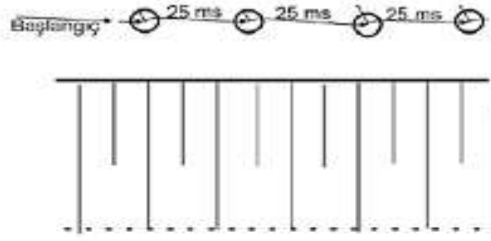
4.4.5.2 Deney 5'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 5 patlatmasında 89 mm çaplı 4 adet delik tek sıra halinde delinerek patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu patlatmada 172 kg ANFO ve 3 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 175 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneyin patlatma plan görünüşü ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.147'de, teknik detayları Tablo 4.218'de verilmektedir.

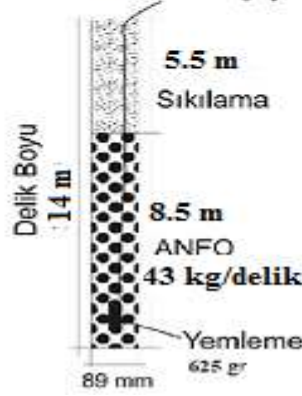
Tablo 4.218 Deney 5 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler arası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılama (m)	Delik İçi Gecikme (ms)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	3,4	2,5	11,7	89	14	0,625	43	8,5	5,5	500	25
2	2,3	2,5	11,7	89	14	0,625	43	8,5	5,5	500	25
3	2,7	2,7	11,7	89	14	0,625	43	8,5	5,5	500	25
4	2,9		11,7	89	14	0,625	43	8,5	5,5	500	25

Patlatma 5 Delik geometrisi ve bağlantı planı



Patlatma 5 Delik düşey kesiti



Şekil 4.147 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.4.5.3 Deney 5'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 5'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 4 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için alınan 4 görüntüden tane boyut dağılımının belirlenme aşamalarına örnek teşkil etmesi amacıyla Şekil 4.148 aşağıda verilmiştir.

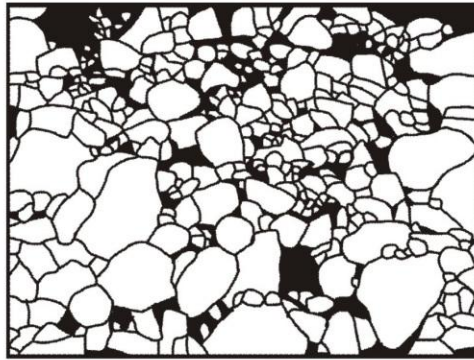
Yığından alınan 4 görüntünün işlenmesiyle 1014 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 4 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde

edilen bu grafikten D50 değeri 22,93 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 15,68 cm ve 46,34 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.219’da verilen veriler kullanarak 16,70 cm olarak bulunmuştur. Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.219, 4.220 ve Şekil 4.149’da verilmektedir.

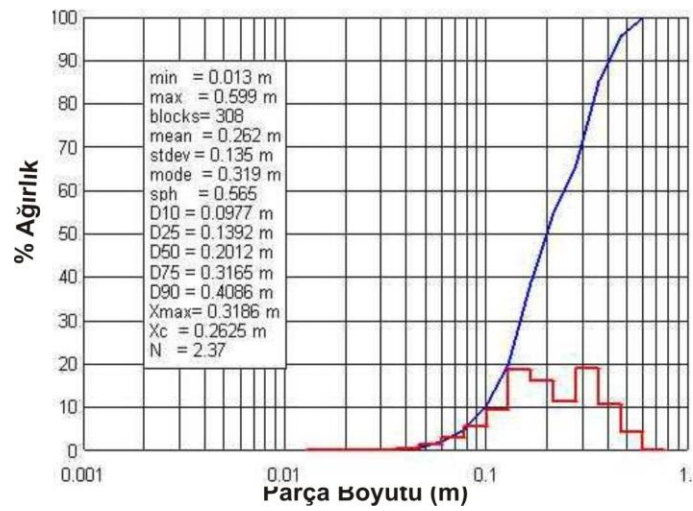
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



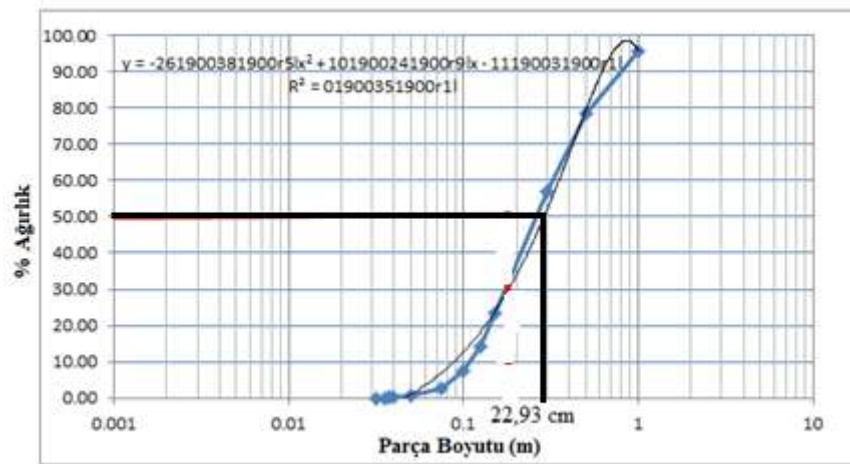
Şekil 4.148 Örnek olarak Deney 5'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.219 Deney 5 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	17	774	212	384	65,60	34,40
Foto 2	13	599	202,1	308	68,15	31,85
Foto 3	17	1292	486,1	138	68,40	31,60
Foto 4	17	1292	466,3	184	71,06	28,94
Ortalama					68,30	31,70

Tablo 4.220 Deney 5'e ait 4 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı %'de
1000	95,57
500	78,48
300	56,89
150	23,26
125	14,41
100	7,50
75	2,84
50	0,60
40	0,23
37,5	0,15
35,5	0,08
31,5	0,03



Şekil 4.149 Deney 5'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.4.5.4 Deney 5'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.221'de verilmiştir.

Tablo 4.221 Deney 5'in nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
3	21,13	37,74	3	1,79	1,83
5	20,03	36,01	3	1,80	
6	21,48	38,65	3	1,80	
7	20,56	37,95	3	1,85	
8	21,37	39,11	3	1,83	
9	17,96	33,26	3	1,85	
17	26,05	47,39	3	1,82	
19	26,05	48,76	3	1,87	

Bu patlatma deneyinde toplam 995,8 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 175 kg

Özgül şarj = $175\text{kg} / (995,8/2,65) = 0,4657 \text{ kg /m}^3$

Bu deneye ait 17 ton patar ortaya çıkmıştır.

4.4.5.5 Deney 5' in Yükleyici Performansına Etkisi

Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 147 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 183,28 sn. de yüklendiği

gözlemlenmiştir. Tablo 4.222’de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.222 Deney 5’e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
20	10	191,01
17	9	178,38
19	10	191,62
3	8	173,02
6	9	199,7
8	9	196,4
7	7	150,5
9	7	150,47
20	10	230,46
5	8	181,5
17	10	213,51
3	8	187,67
6	9	198,96
17	9	176,67
8	8	151,16
5	8	172,15
7	8	172,63
Ortalama	8,65	183,28

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan ön pompa basıncı, arka pompa basıncı, kol kapama basıncı, kova kapama basıncı hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 47217 adet olmak üzere toplam 188868 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 29,9 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.223’de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.223 Deney 5’e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	47217	116,60	29,9
Arka pompa	47217	119,19	
Kol kapama pistonu	47217	5,08	
Kova kapama pistonu	47217	4,26	

4.4.5.6 Deney 5 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında sürekli olarak kayıt edilerek her bir kırıcıdan yaklaşık 795 veri alınmıştır. Tablo 4.224’de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.224 Deney 5 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	132,50	380	387,09	206,72	0,281
İkincil kırıcı (1)	175,67	380	310,22	242,37	0,411
Tersiyer kırıcı	218,83	380	87,89	132,81	0,796

4.4.6 Arazi Çalışması Deney 6

Üst Aravadi olarak adlandırılan bölgede 09 Temmuz 2012 tarihinde altıncı patlatma deneyi gerçekleştirilmiştir(Şekil 3.39). Bu kapsamda sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 6’ya ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.6.1 Deney 6’ya ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Deney 6’nın patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir. Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 5,79 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 15’dir. Şekil 4.150’de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.150 Deney 6'ya ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.225'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;
 $579 / 15 = 38,60$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.225 Deney 6 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

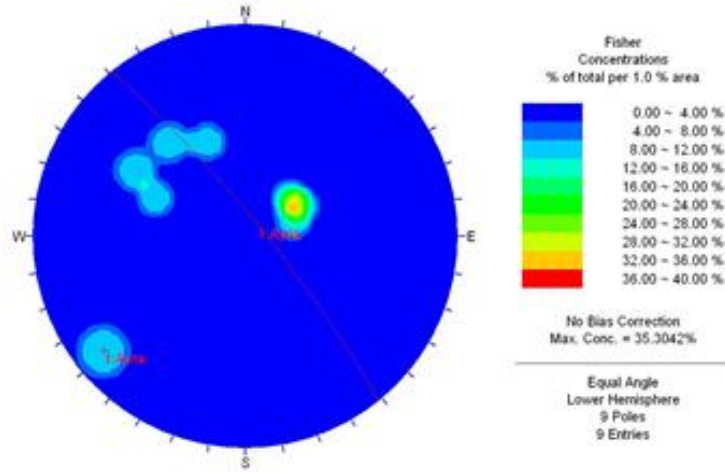
0 cm, 25 cm, 75 cm, 115 cm, 174 cm, 192 cm, 252 cm, 311 cm, 335 cm, 346 cm, 377 cm, 391 cm, 408 cm, 447 cm, 551 cm, 579 cm
--

ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta derece aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981). Deney 6 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri Tablo 4.226'da verilmiştir.

Tablo 4.226 Deney 6 tabaka, çatlak ve aynaya ait eğim/eğim yönü değerleri.

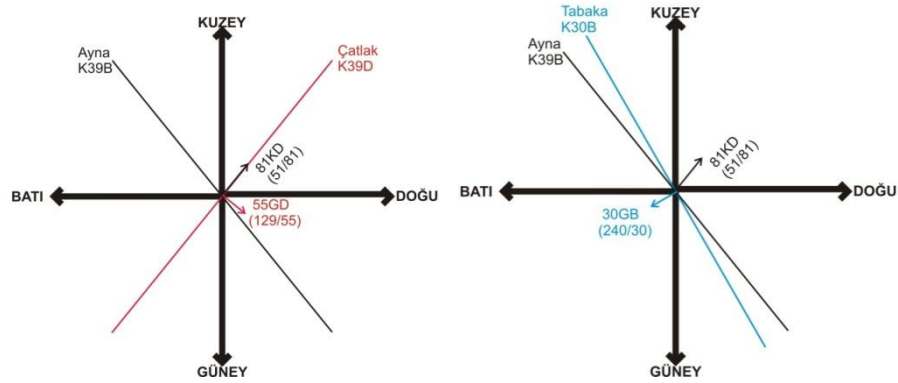
TABAKA	ÇATLAK	AYNA
242/33	141/59	51/81
255/26	121/62	
228/30	113/49	
235/31	138/51	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonetleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 4.151 Deney 6 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 6'ya ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 240/30, çatlak takımının yoğunlaştığı konum ise 129/55'tir. Elde edilen tabakalanmanın genel konumu ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönü ve doğrultuları Şekil 4.152'de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.152 Deney 6 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

Tabaka ile ayna arasındaki doğrultu farkı azdır, fakat ayna ile tabakanın eğim yönleri birbirine tamamen zıttır. Bu ise parçalanma sonucu oluşacak tane boyut dağılımını olumsuz olarak etkilemekte ve nispeten büyük boyutlu malzeme çıkmasına neden olmaktadır.

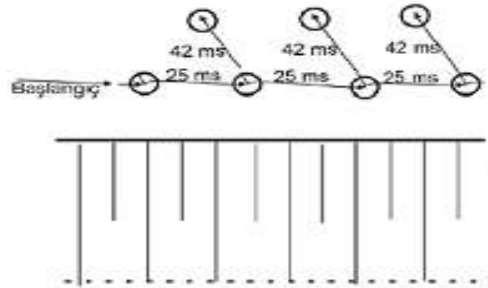
4.4.6.2 Deney 6'ya ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 6 patlatmasında 89 mm çaplı 7 adet delik çift sıra halinde delinmiştir. Bu patlatma işlemi için 300 kg ANFO, 4,375 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 304,375 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Deney 6'ya ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.153'de, teknik detaylar Tablo 4.227'de verilmektedir.

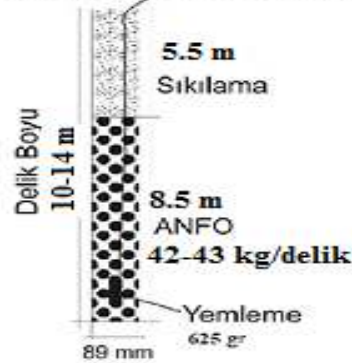
Tablo 4.227 Deney 6'ya ait teknik parametreler.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikle rarası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılama (m)	Delik İçi Gecikme (ms)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	2,8	2,95	12	89	14	0,625	43	8,5	5,5	500	25
2	3,6	2,7	12	89	14	0,625	43	8,5	5,5	500	25
3	2,6	2,7	12	89	14	0,625	43	8,5	5,5	500	25
4	2,55		12	89	14	0,625	43	8,5	5,5	500	25
ikinci sıra											
5	2,5	2,8	12	89	13,5	0,625	42	8,5	5,5	500	42
6	2,1	2,8	12	89	10	0,625	43	8,5	5,5	500	42
7	2,6		12	89	13,5	0,625	43	8,5	5,5	500	42

Patlatma 6 Delik geometrisi ve bağlantı planı



Patlatma 6 Delik düşey kesiti



Şekil 4.153 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.4.6.3 Deney 6'ya ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 6'ya ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 3 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 3 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.154 aşağıda verilmiştir.

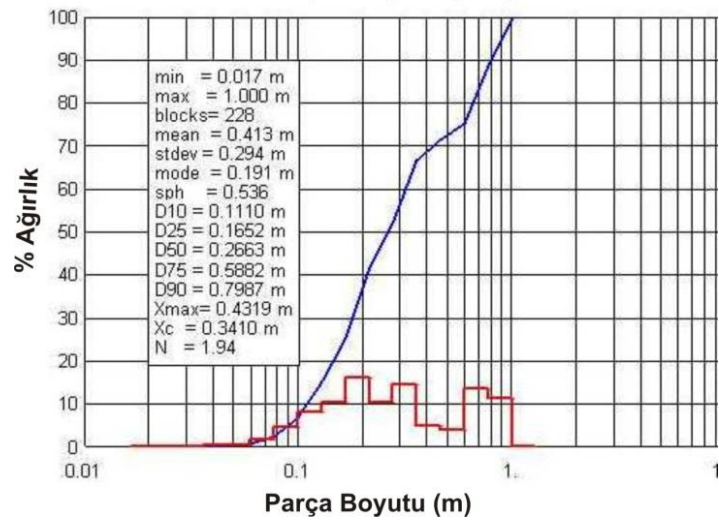
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 4.154 Örnek olarak Deney 6'ya ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Patlatma sonrası yığından alınan 3 görüntünün işlenmesiyle 1098 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 3 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 24,74 cm, D25 değeri 14,19 cm ve D75 değeri 37,92 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.228’de verilen veriler kullanılarak 17,10 cm olarak bulunmuştur.

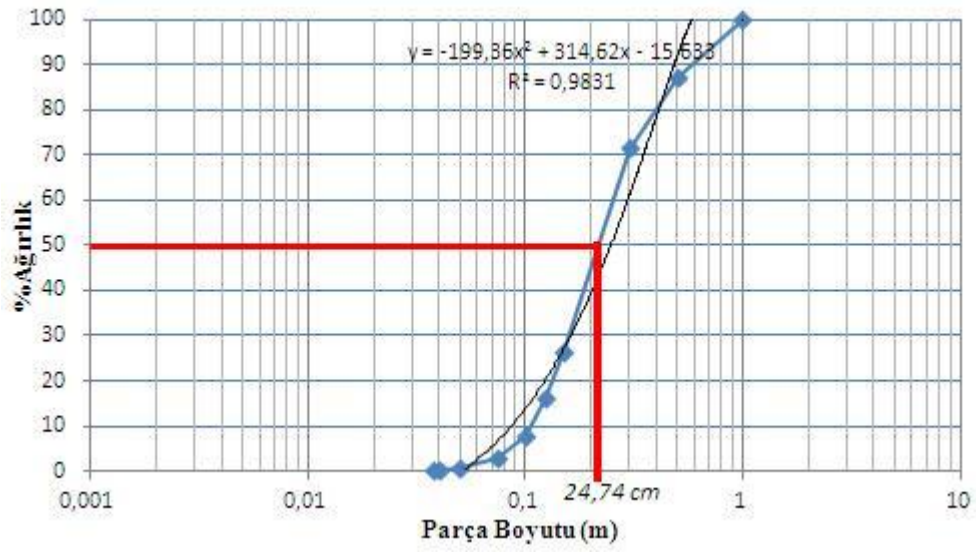
Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.228, 4.229 ve Şekil 4.155’de verilmektedir.

Tablo 4.228 Deney 6 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)
Foto 1	22	599	206,6	437	55,99	44,01
Foto 2	22	1000	198,6	433	50,39	49,61
Foto 3	17	1000	266,3	228	68,21	31,79
Ortalama					58,20	41,80

Tablo 4.229 Deney 6’ya ait 3 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %’de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%’de)
1000	100,00
500	87,11
300	71,41
150	26,27
125	16,30
100	7,81
75	3,05
50	0,50
40	0,20
37,5	0,06



Şekil 4.155 Deney 6'ya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.4.6.4 Deney 6'nın Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.230'da verilmiştir.

Tablo 4.230 Deney 6'nın nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
2	20,83	37,89	2	1,82	1,80
3	21,13	36,75	5	1,74	
5	20,03	37,21	4	1,86	
6	21,48	38,53	5	1,79	
7	20,56	35,94	4	1,75	
8	21,37	37,94	5	1,78	
9	17,96	33,37	5	1,86	
16	26,05	47,81	4	1,84	
19	26,05	45,96	4	1,76	
20	25,15	44,70	5	1,78	

Bu patlatma deneyinde toplam 2084,9 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 304,375 kg Özgül şarj = 304,375 kg/(2084,9/2,65) = **0,3869 kg /m³** Bu deneyde patar miktarı 15 ton olarak kaydedilmiştir.

4.4.6.5 Deney 6'nın Yükleyici Performansına Etkisi

Yükleyicinin performansının belirlenmesinde yine diğer deneylerde olduğu gibi yükleyicinin her bir kamyonu ne kadar sürede yüklediğine ve yükleme kepçe sayısına bakılmıştır. Bu deneyde de ters kepçe paletli hidrolik tipi yükleyici kullanılmıştır. Toplam 150 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 187,89 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.231'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.231 Deney 6'ya ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
19	11	244,54
5	8	172,46
20	11	241,59
6	8	169,27
3	8	169,15
9	7	145
8	8	157,02
2	8	170,09
16	10	227,91
7	9	171,15
19	10	211,03
6	9	193,94
20	10	194,33
5	9	184,86
3	8	176,61
9	7	164,71
8	9	200,55
Ortalama	8,82	187,89

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 37332 adet olmak üzere toplam 149328 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 35,1 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, aşağıdaki Tablo 4.232’de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.232 Deney 6’ya ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	37332	137,76	35,1
Arka pompa	37332	139,52	
Kol kapama pistonu	37332	7,86	
Kova kapama pistonu	37332	5,35	

4.4.6.6 Deney 6 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında kayıt edilmiştir. Tablo 4.233’de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.233 Deney 6 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (dakika)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	290,00	380	313,66	212,63	0,357
İkincil kırıcı (1)	349,17	380	276,79	244,33	0,465
Tersiyer kırıcı	409,17	380	83,36	121,26	0,766

4.4.7 Arazi Çalışması 7

09 Temmuz 2012 tarihinde gerçekleştirilen yedinci patlatma deneyi de Üst Aravadi olarak tanımlanan bölgede gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.39). Deney 7’ye ait sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 7’ye ait

yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.7.1 Deney 7'ye ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilip değerlendirilmesi yapılmıştır. Deney 7'nin patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 21,30 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 43'dür. Süreksizlikler arasında dolgu maddesine az rastlanılmıştır. Aşağıda Şekil 4.156'da patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.156 Deney 7'ye ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.234'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $2130 / 43 = 49,53$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.234 Deney 7 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0 cm, 80 cm, 110 cm, 185 cm, 197 cm, 255 cm, 345 cm, 415 cm, 565 cm, 590 cm, 680 cm, 740 cm, 855 cm, 940 cm, 1050 cm, 1142 cm, 1197 cm, 1277 cm, 1290 cm, 1320 cm, 1360 cm, 1380 cm, 1410 cm, 1467 cm, 1527 cm, 1565 cm, 1590 cm, 1610 cm, 1635 cm, 1670 cm, 1710 cm, 1745 cm, 1786 cm, 1790 cm, 1805 cm, 1820 cm, 1830 cm, 1855 cm, 1868 cm, 1905 cm, 1947 cm, 1955 cm, 2060 cm, 2130 cm

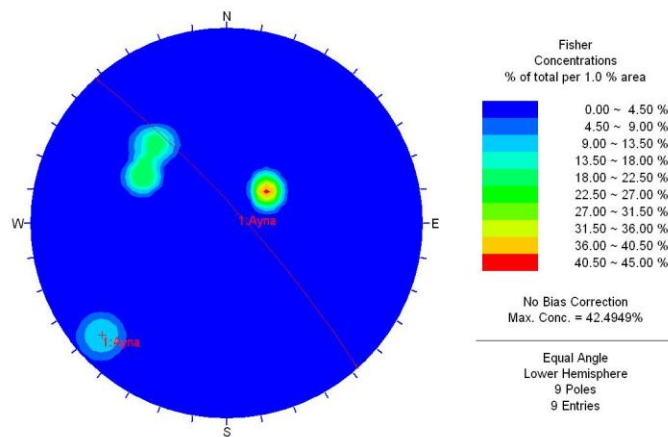
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 7 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.235 Deney 7 Tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

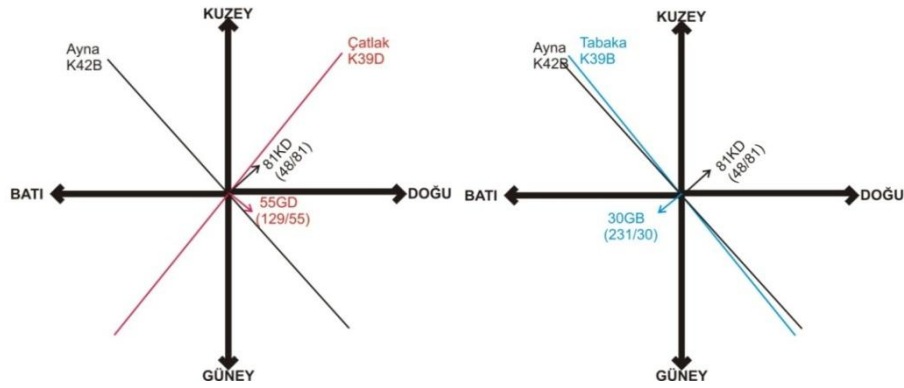
TABAKA	ÇATLAK	AYNA
225/32	135/59	48/81
239/27	141/55	
228/29	121/51	
233/30	118/53	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.157’de verilmiştir.



Şekil 4.157 Deney 7 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 7'ye ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 231/30, çatlak takımının yoğunlaştığı konumlar ise 129/55'tir. Elde edilen tabakalanmanın genel konumu ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.158'de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.158 Deney 7 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

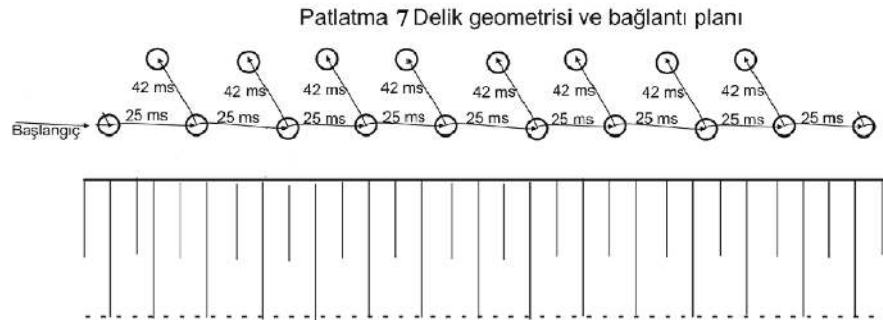
Süreksizlik yönelimlerinin bulunduğu koordinat sistemi incelendiğinde ayna ile tabakalanmanın birbirine paralel oldukları görülmektedir. Verimli bir patlatma için istenen bir durum olmasına karşın, tabaka eğim yönlerinin birbirine zıt olması patlatma sonucu oluşacak tane boyutunun daha büyük olmasına sebep olabilir.

4.4.7.2 Deney 7'ye ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

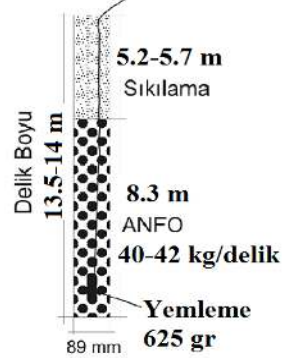
89 mm çapında 18 adet deliğin çift sıra halinde delinmesiyle Deney 7'ye ait patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. 750 kg ANFO, 11,25 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 761,25 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.159'da, teknik detaylar Tablo 4.236'da verilmektedir.

Tablo 4.236 Deney 7 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikle rarası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılama (m)	Delik İçi Gecikme (ms)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	2,90	2,50	12	89	14	0,625	42	8,3	5,7	500	25
2	3,10	2,55	12	89	14	0,625	42	8,3	5,7	500	25
3	3,50	2,50	12	89	14	0,625	42	8,3	5,7	500	25
4	3,10	2,90	12	89	14	0,625	42	8,3	5,7	500	25
5	3,40	2,95	12	89	14	0,625	42	8,3	5,7	500	25
6	3,15	3,20	12	89	14	0,625	42	8,3	5,7	500	25
7	3,25	2,50	12	89	14	0,625	42	8,3	5,7	500	25
8	3,30	2,80	12	89	14	0,625	42	8,3	5,7	500	25
9	3,35	2,05	12	89	14	0,625	42	8,3	5,7	500	25
10	3,30		12	89	14	0,625	42	8,3	5,7	500	25
ikinci sıra											
11	2,40	3,00	12	89	13,5	0,625	40	8,3	5,2	500	42
12	2,45	2,90	12	89	13,5	0,625	40	8,3	5,2	500	42
13	3,00	2,40	12	89	13,5	0,625	40	8,3	5,2	500	42
14	2,85	2,50	12	89	13,5	0,625	42	8,3	5,2	500	42
15	2,90	2,85	12	89	13,5	0,625	42	8,3	5,2	500	42
16	2,60	2,80	12	89	13,5	0,625	42	8,3	5,2	500	42
17	2,80	2,80	12	89	13,5	0,625	42	8,3	5,2	500	42
18	2,70		12	89	13,5	0,625	42	8,3	5,2	500	42



Patlatma 7 Delik düşey kesiti



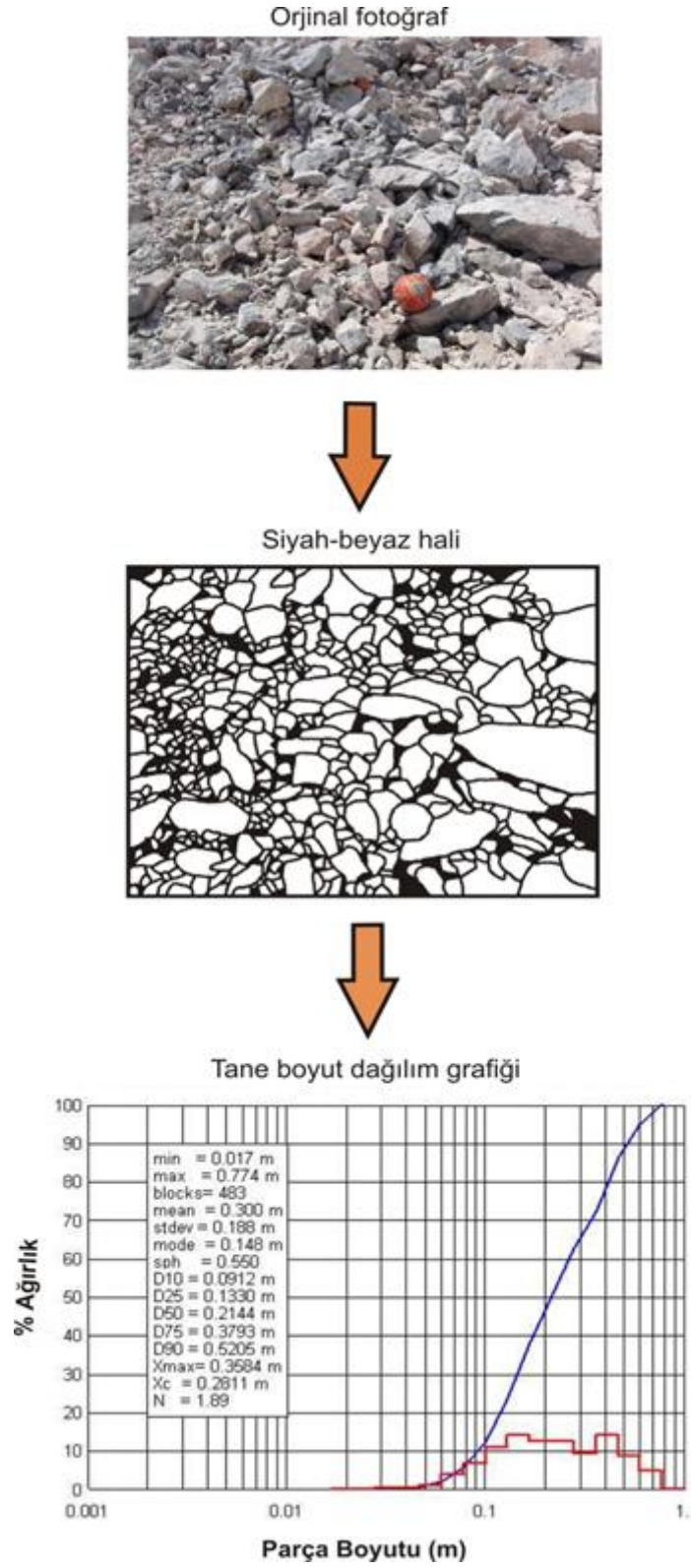
Şekil 4.159 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.4.7.3 Deney 7'ye ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 7'ye ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 5 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 5 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.160 aşağıda verilmiştir.

Yığından alınan 5 görüntünün işlenmesiyle 2087 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 5 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 28,26 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 15,57 cm ve 44,65 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.237'deki veriler yardımıyla 19,10 cm olarak bulunmuştur.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.237, 4.238 ve Şekil 4.161'de verilmektedir.



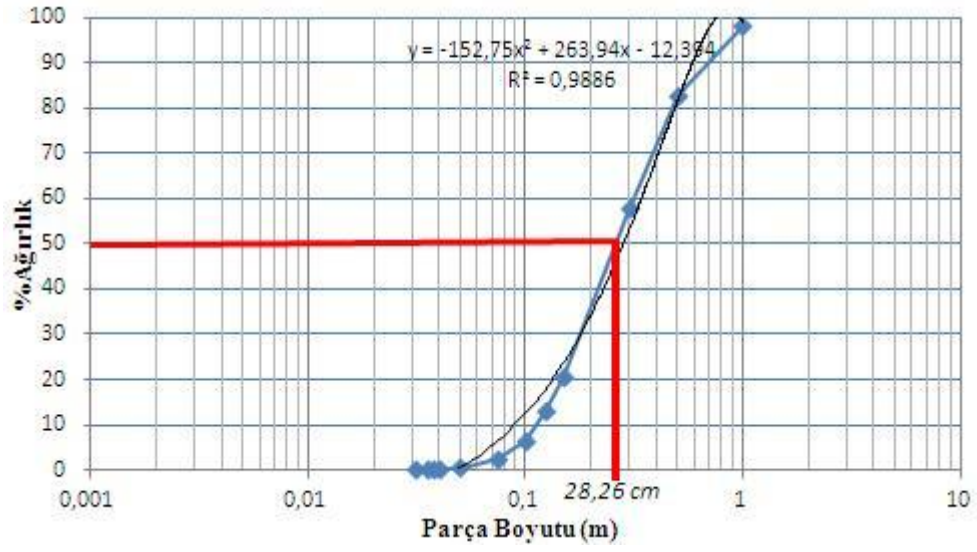
Şekil 4.160 Örnek olarak Deney 7'ye ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Tablo 4.237 Deney 7 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%’de)
Foto 1	17	774	214,4	483	62,48	37,52
Foto 2	22	599	231	561	55,94	44,06
Foto 3	28	1292	406,7	369	65,15	34,85
Foto 4	17	1000	217,9	477	63,62	36,38
Foto 5	22	1292	424	197	75,15	24,85
Ortalama					64,47	35,53

Tablo 4.238 Deney 7’ye ait 12 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %’de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%’de)
1000	98,26
500	82,67
300	57,92
150	20,72
125	13,14
100	6,39
75	2,36
50	0,47
40	0,18
37,5	0,14
35,5	0,12
31,5	0,05



Şekil 4.161 Deney 7'ye ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.4.7.4 Deney 7'nin Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.239'da verilmiştir.

Tablo 4.239 Deney 7'nin nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
2	20,83	36,99	9	1,78	1,78
3	21,13	35,98	10	1,70	
5	20,03	35,80	9	1,79	
6	21,48	38,38	9	1,79	
7	20,56	35,83	4	1,74	
8	21,37	37,51	10	1,76	
9	17,96	31,76	9	1,77	
16	26,05	47,55	9	1,83	
17	26,05	46,80	8	1,80	
19	26,05	48,45	8	1,86	
20	25,15	45,91	8	1,83	

Bu patlatma deneyinde toplam 5861,8 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 761,25 kg

Özgül şarj = $761,25 \text{ kg} / (5861,8 / 2,65) = 0,3441 \text{ kg /m}^3$

Bu deneye ait 190 ton patar ölçülmüştür.

4.4.7.5 Deney 7'nin Yükleyici Performansına Etkisi

Toplam 146 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 194,12 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.240'da yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.240 Deney 7'ye ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
16	10	205,43
20	11	280,05
3	9	196,46
17	10	194,4
19	11	231,75
8	9	173,55
2	8	161,57
7	8	173,86
9	7	136,62
6	9	193,73
5	8	156,99
17	9	194,09
20	10	226,77
3	8	170,18
16	9	200,68
19	10	209,83
Ortalama	9,13	194,12

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 21293 adet olmak

üzere toplam 85172 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 37,1 l/saat olarak belirlenmiştir. Tablo 4.241’de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.241 Deney 7’ye ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	21293	147,60	37,1
Arka pompa	21293	151,61	
Kol kapama pistonu	21293	7,53	
Kova kapama pistonu	21293	15,23	

4.4.7.6 Deney 7 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında sürekli olarak kayıt edilmiştir. Tablo 4.242’de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.242 Deney 7 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (saat)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	751,17	380	237,83	205,50	0,455
İkincil kırıcı (1)	738,50	380	257,02	233,51	0,478
Tersiyer kırıcı	798,50	380	83,90	117,20	0,736

4.4.8 Arazi Çalışması 8

Üst Aravadi olarak tanımlanan bölgede 10 Temmuz 2012 tarihinde gerçekleştirilen sekizinci patlatma deneyinde (Şekil 2.45);sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 8’e ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.8.1 Deney 8'e ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi sağlanmıştır. Deney 8'in patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 7,90 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 21'dir. Şekil 4.162'de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.162 Deney 8'e ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.243'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı; $790 / 21 = 37,62$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.243 Deney 8 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0 cm, 10 cm, 45 cm, 59 cm, 60 cm, 80 cm, 120 cm, 147 cm, 200 cm, 240 cm, 285 cm, 307 cm, 345 cm, 410 cm, 459 cm, 530 cm, 550 cm, 565 cm, 590 cm, 640 cm, 715 cm, 790 cm

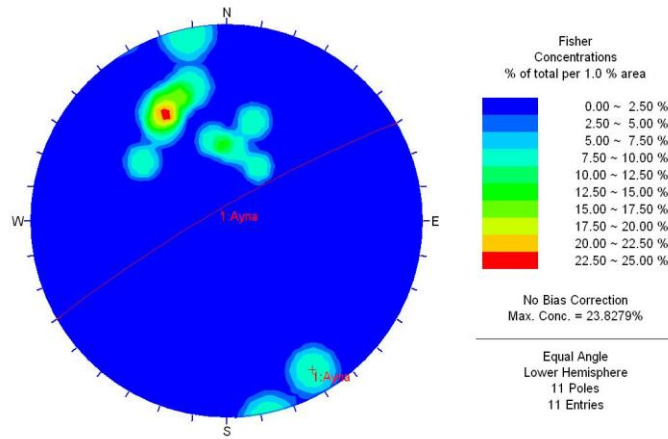
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 8 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümleri neticesinde elde edilen ayna ile tabakalanmanın eğim yönü ile eğimleri Tablo 4.244’de verilmiştir.

Tablo 4.244 Deney 8 tabaka, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

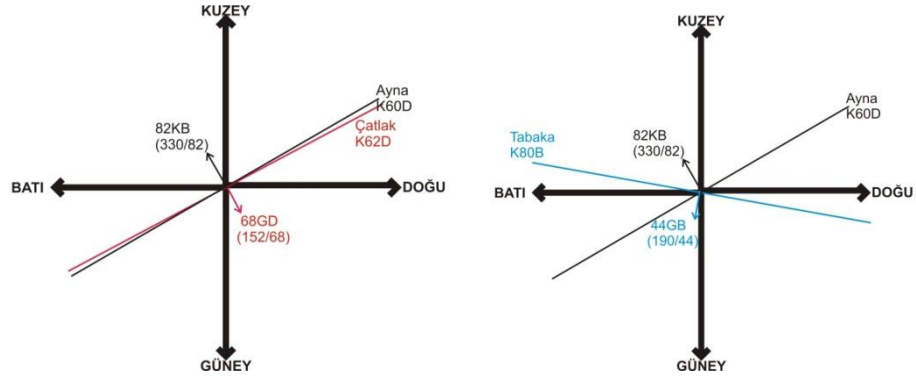
TABAKA	ÇATLAK	AYNA YÖNÜ
185/40	125/55	330/82
170/45	155/67	
195/55	146/60	
210/35	168/88	
	165/70	
	148/66	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.163’de verilmiştir.



Şekil 4.163 Deney 8 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 8’e ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/eğim olarak 190/44, çatlak takımının yoğunlaştığı konum ise 152/68’dir. Stereonetten elde edilen tabakalanmanın yoğunlaştığı eğim, eğim yönü ve doğrultu ile ve ayna yönleri iki boyutlu olarak koordinat sisteminde gösterilmiştir (Şekil 4.164).



Şekil 4.164 Deney 8 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynasının konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

Koordinat sistemi incelendiğinde görülmektedir ki, tabaka ile ayna doğrultusu arasındaki fark çok fazladır. Çatlak seti ile ayna doğrultuları paralel olup, eğim yönleri zıttır.

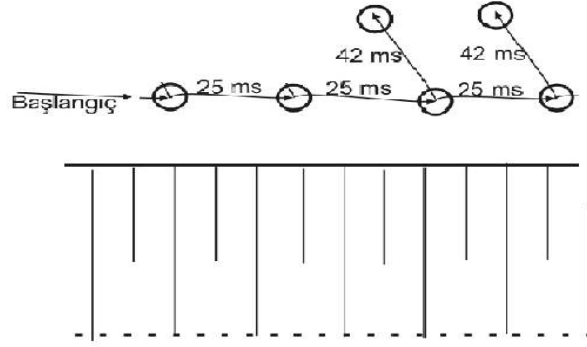
4.4.8.2 Deney 8'e ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 8'e ait patlatma işlemi için çift sıra halinde 89 mm çapında 6 adet delik delinmiştir. Bu patlatma için 225 kg ANFO, 3,75 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 228,75 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Deney 8'e ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.165'de, teknik detaylar Tablo 4.245'de verilmektedir.

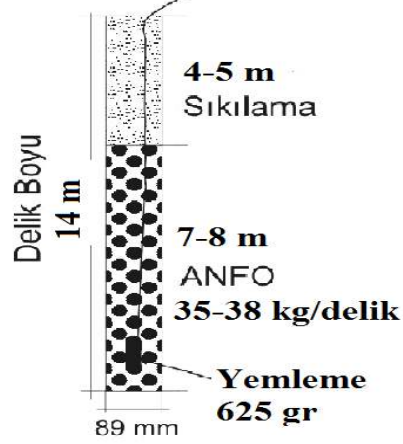
Tablo 4.245 Deney 8 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler arası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıklama (m)	Delik İçi Gecikme (ms)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	2,30	2,15	12	89	14	0,625	38	8	4	500	25
2	2,60	2,80	12	89	14	0,625	38	8	4	500	25
3	3,10	2,70	12	89	14	0,625	38	8	4	500	25
4	3,00		12	89	14	0,625	38	8	4	500	25
ikinci sıra											
5	2,50	3,10	12	89	14	0,625	35	7	5	500	42
6	2,40		12	89	14	0,625	38	8	4	500	42

Patlatma 8 Delik geometrisi ve bağlantı planı



Patlatma 8 Delik düşey kesiti



Şekil 4.165 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

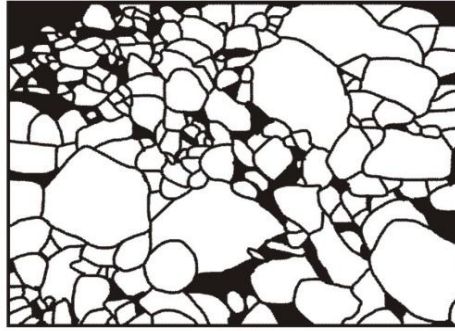
4.4.8.3 Deney 8'e ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 8'e ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 3 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu deney için, alınan 3 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.166 aşağıda verilmiştir.

Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Şekil 4.166 Örnek olarak Deney 8'e ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

Yığından 3 farklı görüntü alınmış, bu görüntülerin işlenmesiyle 422 parça incelenmiştir. Bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 3 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir.

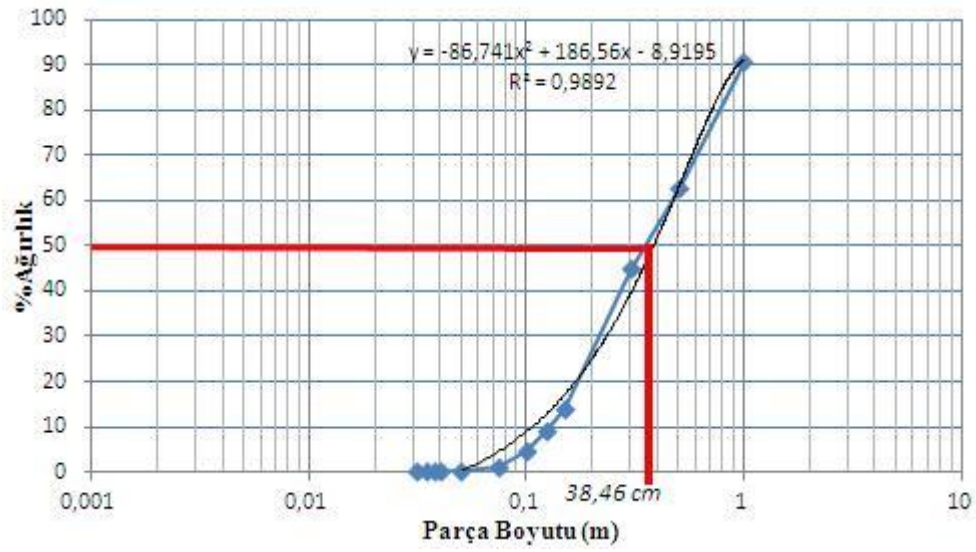
Elde edilen bu grafikten D50 değeri 38,46 cm, D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 20,05 cm ve 64,07 cm olarak hesaplanmıştır. Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.246, 4.247 ve Şekil 4.167’de verilmektedir.

Tablo 4.246 Deney 8 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı
Foto 1	28	1000	441,7	109
Foto 2	22	1668	560,4	124
Foto 3	13	774	239,4	189

Tablo 4.247 Deney 8’e ait 3 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %’de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%’de)
1000	90,63
500	62,52
300	44,78
150	13,92
125	9,03
100	4,71
75	1,28
50	0,18
40	0,09
37,5	0,09
35	0,09
31,5	0,04



Şekil 4.167 Deney 8'e ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.4.8.4 Deney 8'in Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.248'de verilmiştir.

Tablo 4.248 Deney 8'in nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
2	20,83	38,46	2	1,85	1,79
3	21,13	40,24	2	1,90	
5	20,03	36,08	3	1,80	
6	21,48	38,87	2	1,81	
7	20,56	37,99	2	1,85	
8	21,37	38,85	2	1,82	
9	17,96	30,92	2	1,72	
16	26,05	45,31	3	1,74	
17	26,05	45,33	3	1,74	
19	26,05	45,19	3	1,73	
20	25,15	44,04	2	1,75	

Bu patlatma deneyinde toplam 1673,50 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 228,75 kg

Özgül şarj = $228,75 \text{ kg} / (1673,50/2,65) = 0,3622 \text{ kg /m}^3$

Bu deneyde patar miktarı da 60 ton olarak ölçülmüştür.

4.4.8.5 Deney 8' in Yükleyici Performansına Etkisi

Toplam 135 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 190,52 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.249'da yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.249 Deney 8'e ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
7	8	169,68
16	11	228,9
9	7	135,4
6	9	200,08
3	9	180,92
8	9	200,96
20	10	214,26
19	10	201,87
2	8	200,89
16	10	200,76
5	8	169,41
7	9	193,17
6	9	182,17
3	9	193,14
8	9	186,21
Ortalama	9,00	190,52

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 36663 adet olmak

üzere toplam 146652 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 35,8 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.250’de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.250 Deney 8’e ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	36663	146,34	35,8
Arka pompa	36663	150,66	
Kol kapama pistonu	36663	8,62	
Kova kapama pistonu	36663	6,58	

4.4.8.6 Deney 8 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında kayıt edilmiştir. Tablo 4.251’de bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.251 Deney 8 İçin kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (saat)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	222,50	380	348,07	228,06	0,345
İkincil kırıcı (1)	278,00	380	295,99	251,40	0,447
Tersiyer kırıcı	333,50	380	87,08	133,12	0,805

4.4.9 Arazi Çalışması Deney 9

11 Temmuz 2012 tarihinde gerçekleştirilen dokuzuncu patlatma deneyi de Üst Aravadi olarak tanımlanan bölgede gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.168). Deney 9’a ait sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 9’a ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.9.1 Deney 9'a ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilip değerlendirilmesi yapılmıştır. Deney 9'un patlatma öncesi ayna yüzeyinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 10,30 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 23'dür. Süreksizlikler arasında dolgu maddesine az rastlanılmıştır. Aşağıda Şekil 4.168'de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.168 Deney 9'a ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.252'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;
 $1030 / 23 = 44,78$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.252 Deney 9 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0 cm, 3 cm, 15 cm, 75 cm, 91 cm, 96 cm, 115 cm, 140 cm, 160 cm, 173 cm, 205 cm, 279 cm, 310 cm, 325 cm, 345 cm, 366 cm, 420 cm, 530 cm, 653 cm, 735 cm, 900 cm, 975 cm, 1030 cm

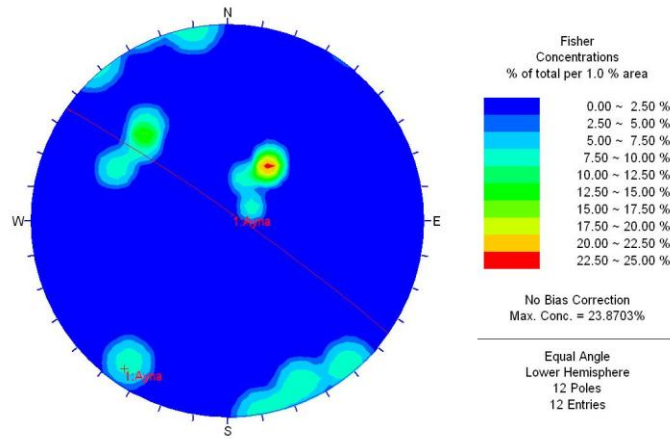
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “Orta derece aralıklı” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 9 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümlerine göre ayna ile tabakalanma ve çatlakların eğim yönü ile eğimleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.253 Deney 9 Tabakalar, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

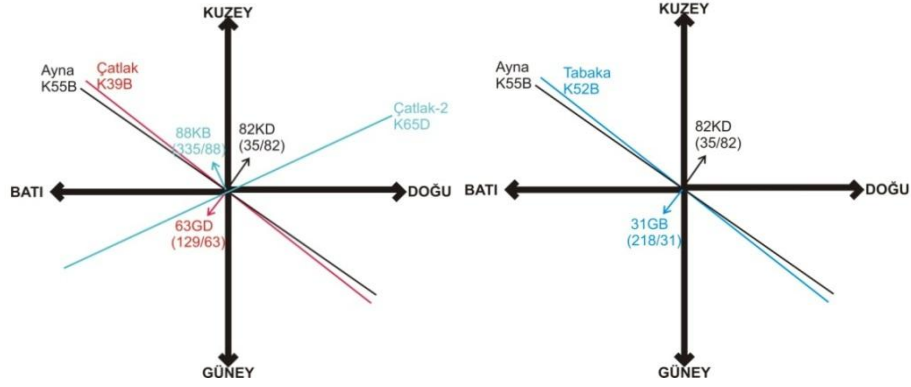
TABAKA	ÇATLAK	AYNA YÖNÜ
240/16	350/90	35/82
217/38	336/84	
214/42	320/87	
220/35	132/60	
200/26	115/64	
	140/65	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.169’da verilmiştir.



Şekil 4.169 Deney 9 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 9’a ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/ eğim olarak 218/31, çatlak takımlarının yoğunlaştığı konumlar ise 335/88 ve 129/63’tür. Elde edilen tabakalanmanın genel konumu ile patlatma aynasına ait eğim, eğim yönleri ve doğrultuları Şekil 4.170’de iki boyutlu koordinat sisteminde verilmiştir.



Şekil 4.170 Deney 9 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde gösterimi.

Süreksizlik yönelimlerinin bulunduğu koordinat sistemi incelendiğinde ayna ile tabakalanmanın birbirine paralel oldukları görülmektedir. Verimli bir patlatma için istenen bir durum olmasına karşın, tabaka eğim yönlerinin birbirine zıt olması patlatma sonucu oluşacak tane boyutunu olumsuz yönde etkileyebilir.

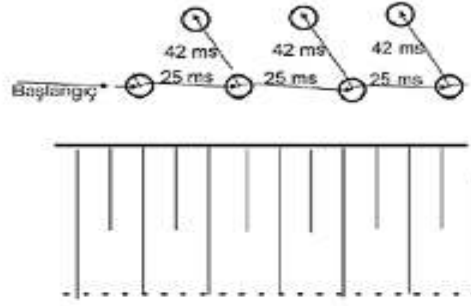
4.4.9.2 Deney 9'a ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

89 mm çapında 7 adet deliğin çift sıra halinde delinmesiyle Deney 9'a ait patlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. 325 kg ANFO, 4,375 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 329,375 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Bu deneye ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.171'de, teknik detaylar Tablo 4.254'de verilmektedir.

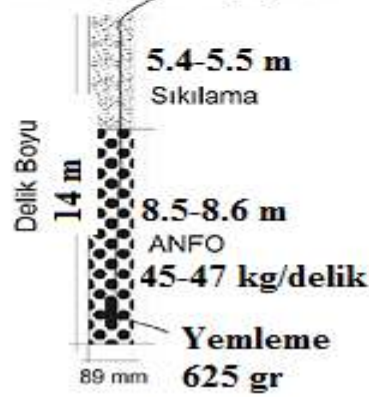
Tablo 4.254 Deney 9 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Deliklerarası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıklama (m)	Delik İçi Gecikme (ms)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	2,90	3,50	12,2	89	14	0,625	47	8,6	5,4	500	25
2	3,30	3,10	12,2	89	14	0,625	47	8,6	5,4	500	25
3	3,10	3,10	12,2	89	14	0,625	47	8,6	5,4	500	25
4	3,55		12,2	89	14	0,625	47	8,6	5,4	500	25
ikinci sıra											
5	2,30	3,10	12,2	89	14	0,625	47	8,6	5,4	500	42
6	2,10	2,90	12,2	89	14	0,625	45	8,5	5,5	500	42
7	2,30		12,2	89	14	0,625	45	8,5	5,5	500	42

Patlatma 9 Delik geometrisi ve bağlantı planı



Patlatma 9 Delik düşey kesiti



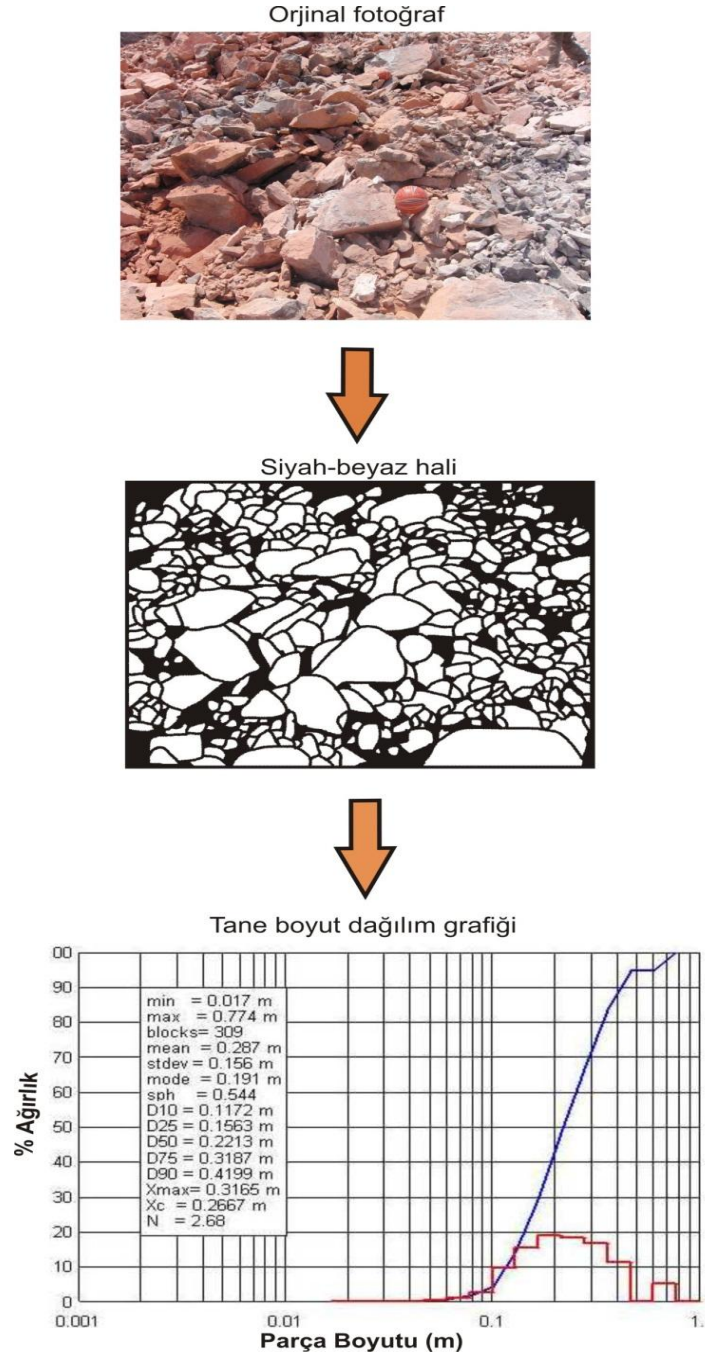
Şekil 4.171 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

4.4.9.3 Deney 9'a ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 9'a ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 4 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu ayna için, alınan 4 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.172 aşağıda verilmiştir.

Yığından alınan 4 görüntünün işlenmesiyle 1011 parça incelemeye alınmış, bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 4 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 25,02 cm olarak bulunmuştur. D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 12,50 cm ve 40,56 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.255'de verilen verilerle 18,90 cm olarak bulunmuştur.

Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.255, 4.256 ve Şekil 4.173’de verilmektedir.



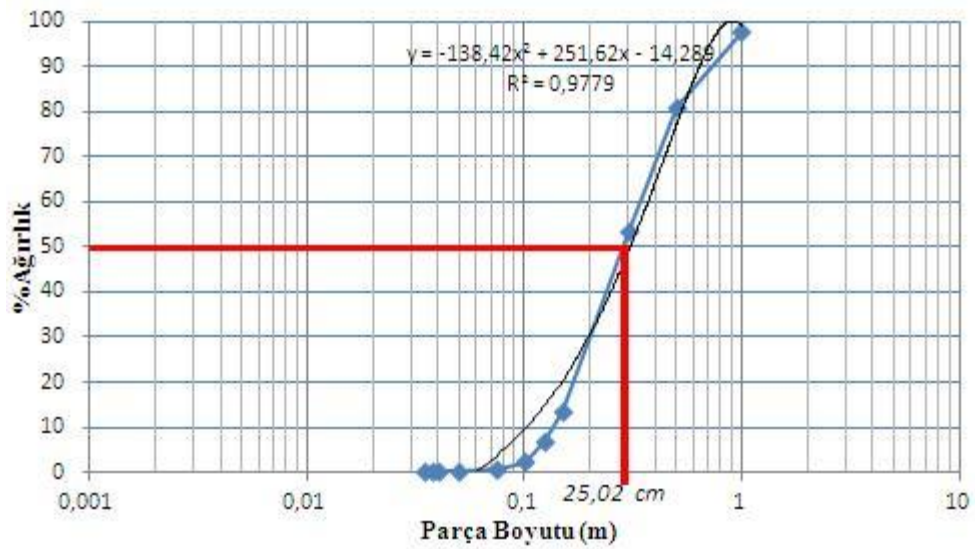
Şekil 4.172 Örnek olarak Deney 9’a ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları

Tablo 4.255 Deney 9 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	22	1000	0,3565	252	66,76	33,24
Foto 2	17	774	0,2213	309	56,03	43,97
Foto 3	22	1000	0,2815	310	66,79	33,21
Foto 4	17	1292	0,3593	140	70,60	29,40
Ortalama					65,05	34,95

Tablo 4.256 Deney 9'a ait 4 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	97,87
500	80,80
300	53,36
150	13,65
125	6,94
100	2,24
75	0,79
50	0,18
40	0,06
37,5	0,06
35,5	0,06



Şekil 4.173 Deney 9'a ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.4.9.4 Deney 9'un Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.257'de verilmiştir.

Tablo 4.257 Deney 9'un nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
2	20,83	37,07	5	1,78	1,78
3	21,13	36,96	5	1,75	
5	20,03	35,71	6	1,78	
6	21,48	38,17	6	1,78	
7	20,56	37,28	5	1,81	
8	21,37	36,57	6	1,71	
9	17,96	30,86	5	1,72	
16	26,05	48,10	4	1,85	
17	26,05	47,31	6	1,82	
19	26,05	46,13	6	1,77	
20	25,15	45,38	5	1,80	

Bu patlatma deneyinde toplam 2653,4 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 329,375 kg

Özgül şarj = $329,375 \text{ kg} / (2653,4 / 2,65) = 0,3289 \text{ kg /m}^3$

Bu deneyde 200 ton patar oluştuğu gözlemlenmiştir.

4.4.9.5 Deney 9'un Yükleyici Performansına Etkisi

Toplam 156 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 208,54 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.258'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.258 Deney 9'a ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
7	9	189,86
20	11	273,33
2	9	218,64
17	11	269,18
6	9	218,74
9	7	158,13
19	11	251,27
8	9	194,51
3	8	186,9
5	9	208,1
7	9	202,59
20	11	241,69
2	8	176,21
17	10	217,24
6	8	171,36
9	7	147,91
19	10	219,6
Ortalama	9,18	208,54

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 49461 adet olmak üzere toplam 197844 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği yakıt da 38,3 l/saat olarak belirlenmiştir. Tablo 4.259'da ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.259 Deney 9’a ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	49461	148,00	38,3
Arka pompa	49461	160,10	
Kol kapama pistonu	49461	7,39	
Kova kapama pistonu	49461	8,65	

4.4.9.6 Deney 9 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında sürekli olarak kayıt edilmiştir. Tablo 4.260’da bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.260 Deney 9 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (saat)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	382,17	380	291,82	242,74	0,438
İkincil kırıcı	442,17	380	267,99	238,70	0,469
Tersiyer kırıcı	502,17	380	83,28	133,43	0,844

4.4.10 Arazi Çalışması Deney 10

Üst Aravadi olarak tanımlanan bölgede 12 Temmuz 2012 tarihinde gerçekleştirilen onuncu patlatma deneyinde sahada öncelikle süreksizlik ölçümleri yapılmış, devamında patlatmaya ait teknik detaylar belirlenmiş ve patlatma sonrası ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deney 10’a ait yapılan ölçme ve izleme çalışmaları ve sonuçları aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

4.4.10.1 Deney 10’a ait Çalışma Aynasının Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarında patlatma öncesi aynanın süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tespit edilerek değerlendirilmesi

sağlanmıştır. Deney 10'un patlatma öncesi ayna yüzeylerinde yapılmış olan hat etüdü ölçümü, pusula ölçümü ve stereonet oluşturulması aşağıda verilmiştir.

Patlatma aynasında şeritmetre ile yapılan ölçümler sonucunda hat etüdü için toplam ölçüm hattı uzunluğu 8,00 m olarak bulunmuştur. Ölçüm hattını kesen süreksizlik adedi ise 17'dir. Şekil 4.174'de patlatma aynasının bir görünümü verilmiştir.



Şekil 4.174 Deney 10'a ait patlatma aynası görüntüsü.

Tablo 4.261'de verilen hat etüdü sonucu elde edilen süreksizlik aralığı;
 $800 / 17 = 47,06$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo 4.261 Deney 10 patlatma aynasına ait hat etüdü ölçümleri.

0 cm, 30 cm, 120 cm, 210 cm, 270 cm, 330 cm, 350 cm, 380 cm, 445 cm, 470 cm, 480 cm, 495 cm, 600 cm, 625 cm, 630 cm, 670 cm, 680 cm, 800 cm

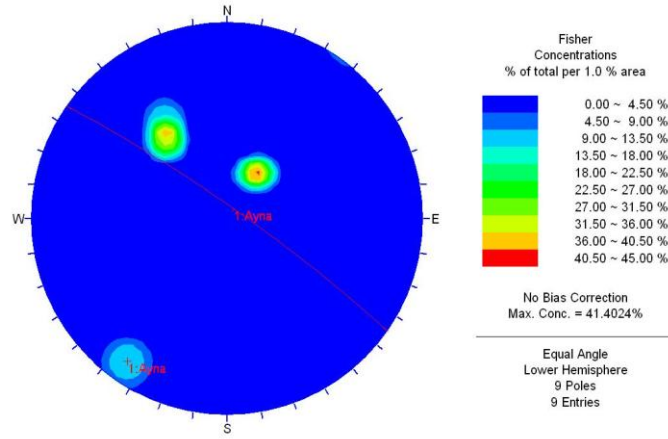
ISRM'nin süreksizlik aralığına bağlı kaya kütle tanımlamalarına göre “*Orta aralıklı*” sınıfına dâhil olmaktadır (ISRM, 1981).

Deney 10 patlatma aynasında yapılan pusula ölçümleri neticesinde elde edilen ayna ile tabakalanmanın eğim yönü ile eğimleri Tablo 4.262'de verilmiştir.

Tablo 4.262 Deney 10 tabaka, çatlaklar ve patlatma aynasına ait eğim yönü/eğim değerleri.

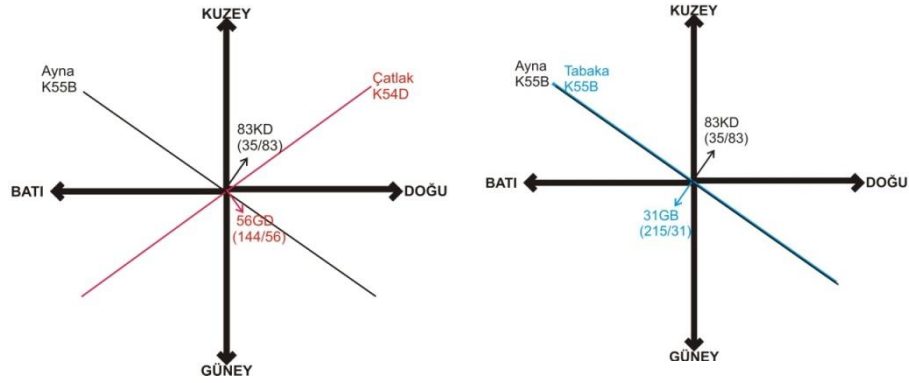
TABAKA	ÇATLAK	AYNA YÖNÜ
210/30	140/55	35/83
220/32	145/54	
205/28	148/62	
215/33	142/51	

Pusula ölçümünden elde edilen veriler ışığında çalışılan şev aynasının stereonet çizimleri Şekil 4.175’de verilmiştir.



Şekil 4.175 Deney 10 patlatma aynası ve süreksizliklerine ait stereonet çizimi.

Deney 10’a ait stereonet incelendiğinde tabakaların yoğunlaştığı bölgenin yaklaşık konumu eğim yönü/eğim olarak 215/31, çatlak takımının yoğunlaştığı konum ise 144/56’dır. Stereonetten elde edilen tabakalanmanın yoğunlaştığı eğim, eğim yönü ve doğrultu ile ve ayna yönleri iki boyutlu olarak koordinat sisteminde gösterilmiştir (Şekil 4.176).



Şekil 4.176 Deney 10 tabakalanma, çatlak ve patlatma aynası konumlarının koordinat sisteminde şematik gösterimi.

Koordinat sistemi incelendiğinde görülmektedir ki, tabaka ile ayna doğrultuları birbirine paralel olup, eğim yönleri zıttır. Çatlak seti ile ayna doğrultuları arasındaki fark fazla olup, eğim yönleri arasında dik açıdan fazla fark vardır.

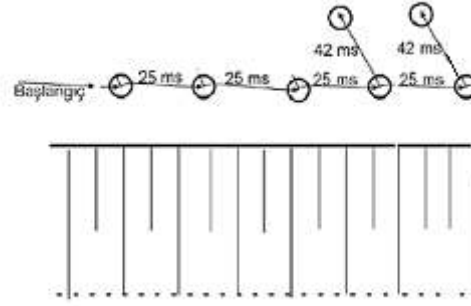
4.4.10.2 Deney 10'a ait Patlatmanın Teknik Parametreleri

Deney 10'a ait patlatma işlemi için çift sıra halinde 89 mm çapında 7 adet delik delinmiştir. Bu patlatma için 325 kg ANFO, 4,375 kg yemleme dinamiti olmak üzere toplam 329,375 kg patlayıcı madde kullanılmıştır. Deney 10'a ait plan görünüş ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz) Şekil 4.177'de, teknik detaylar Tablo 4.263'de verilmektedir.

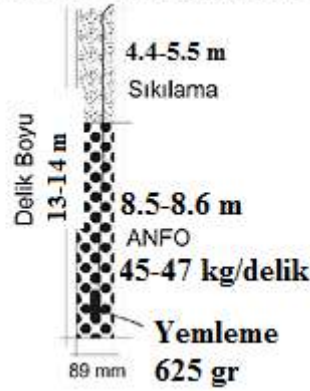
Tablo 4.263 Deney 10 patlatması teknik parametreleri.

	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler arası Mesafe (m)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Yemleme (kg)	Şarj (kg)	Şarj Kolon (m)	Sıkılma (m)	Delik İçi Gecikme (ms)	Yüzey Gecikmesi (ms)
1	3,6	2,7	11,9	89	14	0,625	47	8,6	5,4	500	25
2	3,1		11,9	89	14	0,625	47	8,6	5,4	500	25
3	3,1	2,6	11,9	89	13	0,625	47	8,6	4,4	500	42
4	2,9	2,8	11,9	89	14	0,625	47	8,6	5,4	500	42
5	2,8	2,6	11,9	89	14	0,625	47	8,6	5,4	500	42
ikinci sıra											
6	2,9	2,5	11,9	89	14	0,625	45	8,5	5,5	500	42
7	3,7		11,9	89	14	0,625	45	8,5	5,5	500	42

Patlatma 10 Delik geometrisi ve bağlantı planı



Patlatma 10 Delik düşey kesiti



Şekil 4.177 Patlatma geometrisi planı ve patlatma deliği düşey kesiti (ölçeksiz).

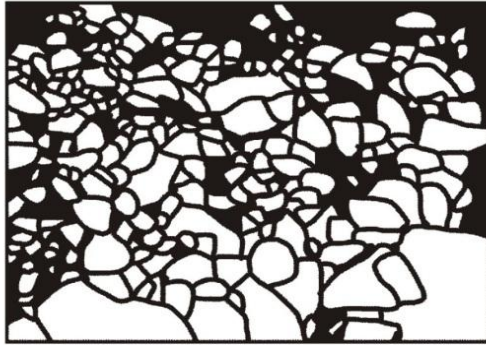
4.4.10.3 Deney 10'a ait Patlatma Sonrası Yığın Boyut Dağılımı Analizi

Deney 10'a ait patlatma sonrası oluşan yığın bölümlere ayrılarak toplam 4 görüntü elde edilmiş, bunların her biri Wipfrag programı kullanılarak tane boyut analizine tabi tutulmuştur. Bu deney için, alınan 4 görüntüden örnek teşkil etmesi amacıyla bir görüntüye ait tane boyut dağılımının aşamalarını gösteren Şekil 4.178 aşağıda verilmiştir.

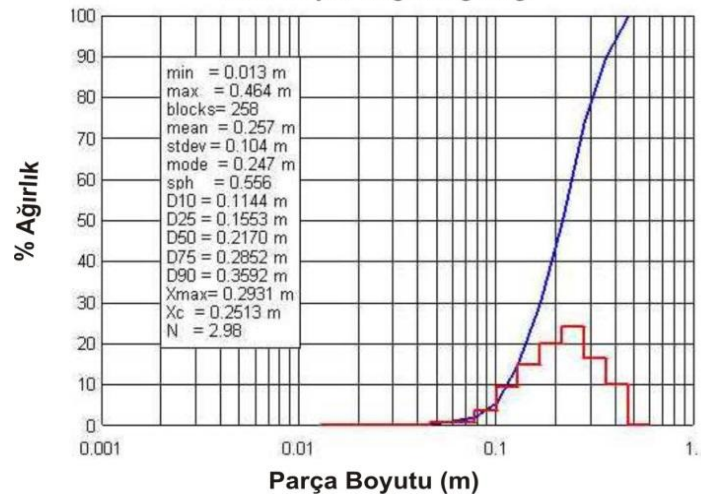
Orjinal fotoğraf



Siyah-beyaz hali



Tane boyut dağılım grafiği



Şekil 4.178 Örnek olarak Deney 10'a ait patlatma yığınının bir fotoğrafın görüntü analiz aşamaları.

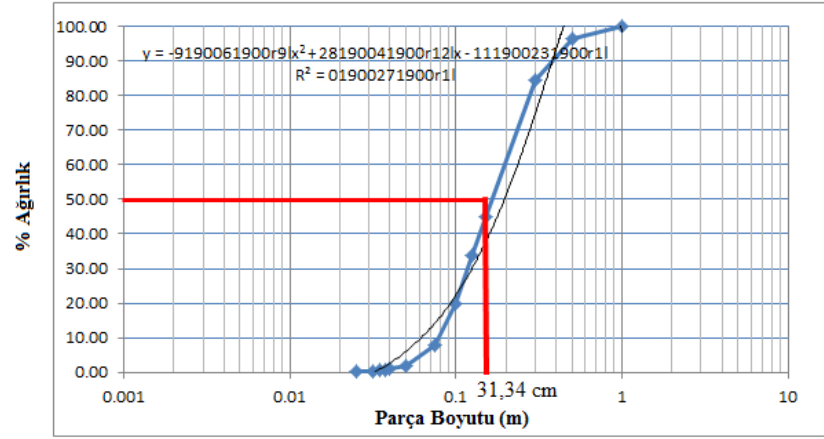
Yığından 4 farklı görüntü alınmış, bu görüntülerin işlenmesiyle 1390 parça incelenmiştir. Bunlara ait dağılım grafikleri bulunmuş, 4 adet grafiğin tek bir grafik altında toplanmasıyla aynaya ait ortalama tane boyut dağılım grafiği elde edilmiştir. Elde edilen bu grafikten D50 değeri 31,34 cm, D25 ve D75 değerleri de sırasıyla 10,88 cm ve 30,17 cm olarak hesaplanmıştır. Çok ince tanelerle birlikte hesaplanan Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut dağılımı değeri (D50) de Tablo 4.264'deki veriler yardımıyla 17,80 cm olarak bulunmuştur. Bu yığın için boyut dağılımı analizlerinden elde edilen sonuçlar Tablo 4.264, 4.265 ve Şekil 4.179'da verilmektedir.

Tablo 4.264 Deney 10 için patlatma sonrası elde edilen parça boyut değerleri.

	Wipfrag programıyla yapılan analiz sonuçları				Alansal olarak Düzeltme Wipfrag ortalama tane boyutunun (D50) belirlenmesinde kullanılan veriler	
	En düşük parça boyutu (mm)	En yüksek parça boyutu (mm)	D50 (mm)	Parça Sayısı	Sınırları belirlenebilen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)	Sınırları belirlenemeyen tanelerin yüzdesel alanı (%'de)
Foto 1	17	599	212,3	326	61,62	38,38
Foto 2	13	359	111,1	518	47,52	52,48
Foto 3	17	774	182,8	288	45,49	54,51
Foto 4	13	464	217	258	50,02	49,98
Ortalama					51,16	48,84

Tablo 4.265 Deney 10'a ait 4 adet yığın görüntüsünün tane boyutuna göre ortalama %'de dağılımı.

Parça Boyutu (mm)	Ağırlıklı (%'de)
1000	100,00
500	96,38
300	84,43
150	45,18
125	33,88
100	19,66
75	7,77
50	2,01
40	0,90
37,5	0,71
35,5	0,56
31,5	0,37
25	0,11



Şekil 4.179 Deney 10'a ait ortalama tane boyut dağılım grafiği.

4.4.10.4 Deney 10'un Nakliye Performansının Belirlenmesi ve Özgül Şarjın Hesabı

Yapılan deneyin nakliye performansına etkisi, diğer patlatma deneylerinde olduğu gibi yığın yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 4.266'da verilmiştir.

Tablo 4.266 Deney 10'un nakliye performansının belirlenmesi.

Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi (m ³)	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı (ton)	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme yoğunluğu (ton/m ³)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)
2	20,83	36,94	5	1,77	1,79
3	21,13	36,62	6	1,73	
6	21,48	38,70	5	1,80	
7	20,56	36,84	6	1,79	
8	21,37	39,04	5	1,83	
9	17,96	32,37	6	1,80	
17	26,05	47,24	7	1,81	
19	26,05	46,36	6	1,78	

Bu patlatma deneyinde toplam 2305,1 ton malzeme oluşmuş ve hesaplamalar aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Toplam patlayıcı madde miktarı = 329,375kg

Özgül şarj = $329,375 \text{ kg} / (2305,1/2,65) = 0,3785 \text{ kg /m}^3$

Bu deney için 60 ton da patar miktarı olarak kaydedilmiştir.

4.4.10.5 Deney 10' un Yükleyici Performansına Etkisi

Toplam 160 kepçe periyodu ve her bir kamyonun ortalama 188,71 sn. de yüklendiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.267'de yükleyicinin her bir kamyonu kaç saniyede yüklediği ve her bir kamyonun yükleme kepçe sayısı görülmektedir.

Tablo 4.267 Deney 10'a ait kamyon yüklenme süreleri ve kepçe sayısı.

Kamyon no	Kepçe Sayısı	Kamyon Yüklenme Süresi (sn)
20	10	221,61
6	9	184,62
19	10	218,42
7	8	163,99
5	8	172,56
2	8	176,31
3	8	169,64
16	10	218,16
17	9	181,08
8	8	161,71
20	11	242,34
6	9	190,45
19	10	202,26
7	9	175,28
9	9	191,45
5	8	174,56
2	8	178,33
3	8	173,99
Ortalama	8,89	188,71

Yükleyicinin veriminin belirlenmesinde görüntü okuma programıyla kayıt altına alınan hidrolik basınç değerleri, patlatma sonrası elde edilen tüm yığının yüklenmesi sırasında kayıt altına alınmıştır. Bu deney kapsamında ünite başına 58558 adet olmak üzere toplam 234232 adet veri değerlendirilmiştir. Bu deneyde yükleyicinin tükettiği

yakıt da 35 l/saat olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Tablo 4.268’de ortalama değerler olarak verilmiştir.

Tablo 4.268 Deney 10’a ait yükleyici üniteleri ortalama hidrolik basınç değerleri.

Yükleyici Ünitesi	Veri sayısı	Ortalama Basınç (kg/cm ²)	Yükleyici yakıt tüketimi (l/saat)
Ön pompa	58558	140,10	35,0
Arka pompa	58558	148,10	
Kol kapama pistonu	58558	6,79	
Kova kapama pistonu	58558	5,91	

4.4.10.6 Deney 10 için Kırma Tesisi Enerji Sarfıyatlarının Belirlenmesi

Bu deneyde her üç kırıcının çalışma anındaki amper tüketimleri, malzemenin kırılması sırasında kayıt edilmiştir. Tablo 4.269’da bu deney sırasında her üç kırıcının da saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 4.269 Deney 10 için kırıcıların saatteki besleme malı miktarı, tükettiği ortalama amper ve enerji tüketim değerleri.

Kırıcı ünitesi	Çalışma süresi (saat)	Çalışma voltajı (volt)	Besleme malı (ton/saat)	Ortalama amper (A)	Ortalama enerji tüketimi (kwh/ton)
Birincil kırıcı	315,33	380	313,88	211,85	0,355
İkincil kırıcı	375,33	380	280,18	250,87	0,471
Tersiyer kırıcı	435,33	380	85,26	127,35	0,786

BÖLÜM BEŞ

LABORATUAR ÇALIŞMALARI

5.1 Genel

Patlatma deneylerinin yapıldığı Arkavadi, Aravadi ve Üst Aravadi kalker ocaklarından blok halinde getirilen numuneler, öncelikle karot numuneleri olarak hazırlanmış ve fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile kaya mekaniği laboratuvarında fizikomekanik deneyler yapılarak değerlendirilmiştir. Aşağıda uygulanan deneyler ve elde edilen sonuçlar sunulmaktadır.

5.2 Uygulanan Deneyler

Laboratuar çalışmaları kapsamında kaya türü numuneler üzerinde ISRM (1981) standartlarına uygun olarak aşağıda verilen testler yapılmıştır.

- Yoğunluk tayini ve Birim hacim ağırlık tayini
- Tek eksenli basınç dayanımı tayini
- Dolaylı çekme dayanımı tayini
- Shore sertlik deneyi
- Elastite modülü (young modülü) ve poisson oranının tayini

5.2.1 Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlıklarının Belirlenmesi

Elde edilen karot numunelerinin birim hacim ağırlıkları hassas terazi ve digital kumpaslarla; yoğunlukları da teknolojik bir cihaz olan Şekil 5.1’de görülen helyum piknometre ile hassas olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.1 Yoğunluk testlerinde kullanılan helyum piknometre.

Alınan karot numunelerinden toplam 26 tanesinin yoğunlukları helyum piknometresi ile belirlenmiştir. 24 adet numunede ise birim hacim ağırlığı deneyi yapılmıştır ve sonuçları Tablo 5.1’de verilmiştir. Numunelere ait birim hacim ağırlığı ile ilgili elde edilen sonuçlar Tablo 5.2’de verilmektedir.

Tablo 5.1 Alınan numunelerin yoğunluk değerleri.

	Arkavadi Ocağı	Aravadi Ocağı	Üst Aravadi Ocağı
	Yoğunluk (gr/cm ³)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Yoğunluk (gr/cm ³)
Ortalama	2,74 ± 0,002	2,73 ± 0,003	2,70 ± 0,0025
Deney sayısı	18	19	21

Tablo 5.2 Alınan numunelerin birim hacim ağırlık değerleri.

	Arkavadi Ocağı	Aravadi Ocağı	Üst Aravadi Ocağı
	Birim hacim ağırlık	Birim hacim ağırlık	Birim hacim ağırlık
Ortalama	2,65± 0,07	2,65± 0,003	2,64± 0,004
Deney sayısı	17	22	24

5.2.2 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Mevcut kalker ocaklarından alınan karot numuneleri üzerinde toplam 24 adet tek eksenli basınç dayanımı deneyi, Şekil 5.2’de görüldüğü gibi dijital veri alma sistemi ile donatılmış 300 ton yükleme kapasiteli pres kullanılarak ISRM (1981)’ye uygun

olarak yapılmıştır. Sahadan alınan karot numunelerine ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri Tablo 5.3’de verilmektedir.



Şekil 5.2 300 ton kapasiteli pres.

Tablo 5.3 Tek eksenli basınç dayanımı değerleri.

	Arkavadi Ocağı	Aravadi Ocağı	Üst Aravadi Ocağı
	Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)
Ortalama	38,004± 1,75	29,305± 5,35	20,3325± 2,07
Deney sayısı	15	18	20

5.2.3 Dolaylı Çekme Dayanımı Deneyi

Bu deney, disk şeklinde hazırlanmış kayaç örneklerinin çapsal yükleme altında çekilme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla yapılmıştır. Deney yöntemi olarak, ISRM(1981)’nin önerdiği benzer yöntemler esas alınmıştır.

Bu deneyde de tek eksenli sıkışma deneyinde kullanılan dijital veri alma sistemi ile donatılmış 300 ton yükleme kapasiteli pres kullanılmıştır. Tablo 5.4’den de görüldüğü gibi dolaylı çekme dayanımı testlerinden elde edilen sonuçlara göre alınan numunelerin çekme dayanımları her üç çalışma sahası için de farklıdır.

Tablo 5.4 Dolaylı çekme dayanımı değerleri.

	Arkavadi Ocağı	Aravadi Ocağı	Üst Aravadi Ocağı
	Dolaylı çekme dayanımı (Mpa)	Dolaylı çekme dayanımı (Mpa)	Dolaylı çekme dayanımı(Mpa)
Ortalama	6,41± 0,55	4,90± 0,58	3,40± 1,35
Deney sayısı	19	14	17

5.2.4 Shore Sertlik Deneyi

Çalışma sahalarından alınan numuneler, disk şeklinde kesilip numunelerin yüzeyleri, kenarları 5 mm. olan karelere bölünmüştür. Daha sonra Şekil 5.3’de görülen Shore Sertlik cihazında numune yüzeyindeki her bir karenin sertliği her bir patlatma bölgesi için 50’şer adet olarak ölçülmüş, sonuçları da Tablo 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.3 Shore sertlik cihazı.

Tablo 5.5 Alınan Numunelerin Sertlik Değerleri.

	Arkavadi Ocağı	Aravadi Ocağı	Üst Aravadi Ocağı
	Shore Sertliği	Shore Sertliği	Shore Sertliği
Ortalama	55,12	40,85	38,88
Standart Sapma	3,22	8,80	4,11

5.2.5 Tek Eksenli Deformasyon Deneyi

Bu deney, karot numunelerinin tek eksenli yükleme koşulunda gerilme-birim deformasyon eğrilerinin çizilmesi ve elastisite modülü (young modülü) ile poisson oranının tayini amacıyla yapılmıştır. Bir kayaç yük altında kaldığı zaman kayacın eninde ve boyunda deformasyon oluşmaktadır. Elastisite modülü, kayacın belli bir yük altındaki birim deformasyondaki gerilme miktarıdır. Poisson oranı da kayacın enine birim deformasyonun boyuna birim deformasyonuna oranıdır.

Karot numunesine Şekil 5.4’de görüldüğü gibi biri enine deformasyonu ölçmek üzere diğeri de kayacın boyuna deformasyonunu ölçmek üzere iki adet deformasyon pulu (strain gauge) yapıştırılıp dijital veri alma sistemi ile donatılmış 300 ton yükleme kapasiteli pres ile kayaç numunelerine kırılincaya kadar yük uygulanmıştır. Deney, ISRM (1981)’ye uygun olarak yapılmıştır.

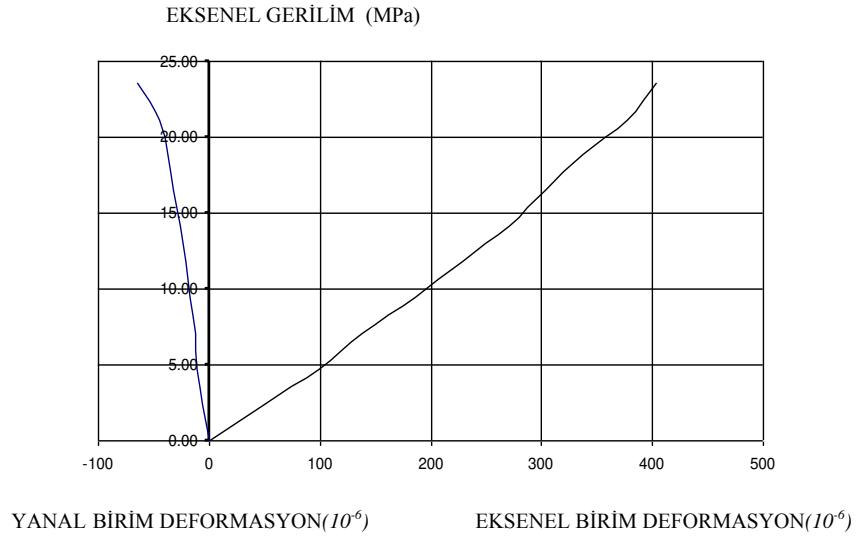


Şekil 5.4 Tek eksenli deformasyon deneyi için kullanılan pres ve numunenin hazırlanışı.

Numuneler üzerinde yapılan deformasyon deney sonuçları kullanılarak hesaplanan teğet, kiriş ve ortalama elastisite modülleri ve poisson oranları verilmektedir. Aşağıda Arkavadi, Aravadi ve Üst Aravadi kalker ocaklarına ait ayrıntılı deney sonuçları Tablo 5.6-5.7-5.8 ve Şekil 5.5-5.6-5.7’de sunulmaktadır.

Tablo 5.6 Arkavadi kalker ocağına ait tek eksenli deformasyon deney sonucu.

EKSENEL YÜK F (kgf)	EKSENEL GERİLİM $\sigma=(F/A) \times 10^{-3}$ (MPa)	YANAL BİRİM DEFORMASYON ϵ_d ($\times 10^{-6}$)	EKSENEL BİRİM DEFORMASYON ϵ_a ($\times 10^{-6}$)
0,00	0,00	0,00	0,00
681,33	2,35	-6,59	49,01
1374,83	4,74	-11,12	99,12
2056,17	7,10	-12,63	138,52
2753,33	9,40	-16,89	185,74
3406,67	11,76	-20,87	228,17
4100,17	14,15	-25,95	270,72
4781,50	16,5	-32,95	303,67
5462,83	18,85	-37,07	337,44
6132,00	21,16	-44,90	377,12
6825,50	43,04	-65,22	403,06

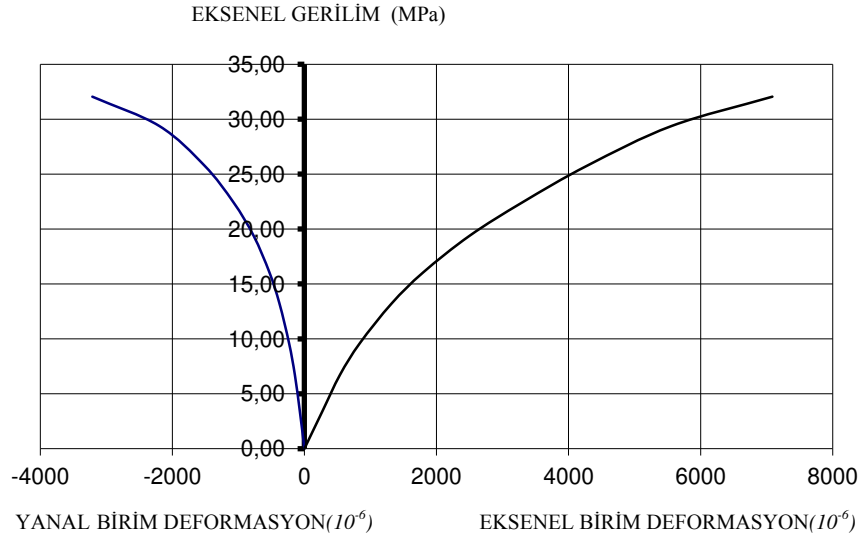


<i>Basınç</i> <i>Dayanımı</i> (MPa)	<i>Teğetsel Elastisite</i> <i>Modülü</i> (MPa)	<i>Kiriş Elastisite</i> <i>Modülü</i> (MPa)	<i>Ortalama Elastisite</i> <i>Modülü</i> (MPa)	<i>Poisson</i> <i>oranı</i>
$\sigma_b = 43,04$	5649,65	5168,11	5807,08	0,11

Şekil 5.5 Arkavadi kalker ocağından alınan numunenin gerilim-deformasyon ilişkisi.

Tablo 5.7 Aravadi kalker ocağına ait tek eksenli deformasyon deney sonucu.

EKSENEL YÜK	EKSENEL GERİLİM	YANAL BİRİM DEFORMASYON	EKSENEL BİRİM DEFORMASYON
F (kgf)	$\sigma=(F/A)\times 10^{-3}$ (Mpa)	ε_d ($\times 10^{-6}$)	ε_a ($\times 10^{-6}$)
0	0,00	0	0
742,166	3,39	-69,0821	270,82
1472,17	6,72	-144,666	538,386
2104,83	9,61	-232,441	840,11
2895,67	13,22	-377,92	1320,75
3516,17	16,05	-529,901	1798,96
4246,17	19,39	-768,843	2500,81
4915,33	22,44	-1075,24	3304,33
5645,33	25,78	-1512,49	4283,51
6436,16	29,39	-2197,62	5561,16
7020,16	32,05	-3210,29	7086,04



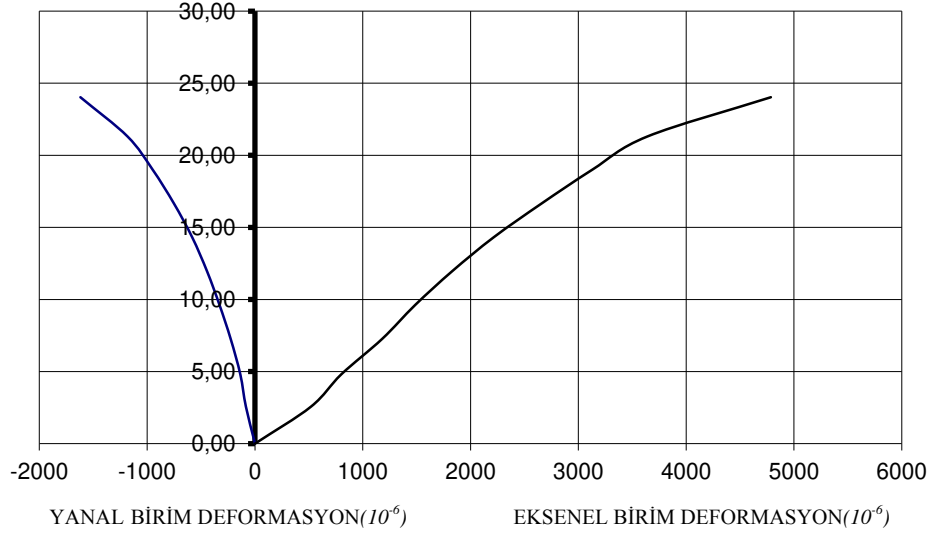
<i>Basınç</i>	<i>Teğetsel Elastisite</i>	<i>Kiriş Elastisite</i>	<i>Ortalama Elastisite</i>	<i>Poisson</i>
<i>Dayanımı</i>	<i>Modülü</i>	<i>Modülü</i>	<i>Modülü</i>	<i>oranı</i>
(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
$\sigma_b = 32,05$	5126,96	8857,73	4970,08	0,32

Şekil 5.6 Aravadi kalker ocağından alınan numunenin gerilim-deformasyon ilişkisi.

Tablo 5.8 Üst Aravadi kalker ocağına ait tek eksenli deformasyon deney sonucu.

EKSENEL YÜK F (kgf)	EKSENEL GERİLİM $\sigma=(F/A)\times 10^{-3}$ (Mpa)	YANAL BİRİM DEFORMASYON ϵ_d ($\times 10^{-6}$)	EKSENEL BİRİM DEFORMASYON ϵ_a ($\times 10^{-6}$)
0	0,00	0	0
584	2,56	-84,524	518,868
1095	4,80	-136,539	800,26
1654,67	7,26	-225,939	1179,24
2190	9,61	-329,156	1485,04
2725,33	11,96	-445,377	1829,05
3260,67	14,31	-582,728	2213,73
3796	16,66	-752,589	2658,59
4331,33	19,01	-950,082	3130,29
4854,5	21,30	-1182,52	3639,39
5475	24,02	-1619,77	4785,29

EKSENEL GERİLİM (MPa)



<i>Basınç</i> <i>Dayanımı</i> (MPa)	<i>Teğetsel Elastisite</i> <i>Modülü</i> (MPa)	<i>Kiriş Elastisite</i> <i>Modülü</i> (MPa)	<i>Ortalama Elastisite</i> <i>Modülü</i> (MPa)	<i>Poisson</i> <i>oranı</i>
$\sigma_b = 24,02$	6336,52	6673,13	6155,81	0,35

Şekil 5.7 Üst Aravadi kalker ocağından alınan numunenin gerilim-deformasyon ilişkisi

BÖLÜM ALTI

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1 Genel

Arkavadi kalker ocağında 12 adet, Aravadi kalker ocağında 9 adet ve Üst Aravadi kalker ocağında ise 10 adet olmak üzere toplam 31 adet patlatma deneyi yapılmış ve bu deneylere ait tüm değerlendirmeler bu bölümde detaylı bir şekilde verilmiştir.

Patlatma operasyonlarının verimliliğini patlatma aynasının özgül şarj değerleri, süreksizlik özellikleri ve kayacın dayanım değeri belirlemektedir. Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde özgül şarj değerleri bağımsız değişken olarak kullanılmış ve bu değerlere bağlı olarak yığın boyut dağılımı, yükleyicinin bir kamyonu ortalama yükleme süresi, yükleyicinin bir kamyonu yükleme kepçe sayısı, yükleyicinin tüm yığını yüklemek için harcadığı yakıt miktarı, yükleyicinin hidrolik pistonlarında oluşan basınç miktarları, yığın yoğunluğu ve kırıcıların enerji tüketim değerleri birer bağımlı değişken olarak ölçülmüştür. Burada farklı çalışma sahalarının kayaç dayanımları ve patlatma aynalarının süreksizlik özellikleri de kaya faktörü olarak meydana gelmiştir. Yapılan kaya mekaniksel testlerden her üç çalışma sahasına ait kayaç dayanım değerleri farklı olarak tespit edilmiştir. Farklı kayaç dayanımlarından dolayı her üç çalışma sahasının da birbirinden farklı özelliklerde olduğu anlaşılmıştır. Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde patlatma aynalarının süreksizlik özelliklerinin değerlendirilmesi aşağıda ayrıntılı bir şekilde verilmektedir.

Bölüm ikide ayrıntısı verilen Lilly (1986) tarafından kaya kütlesi patlatılabilirliği ile ilgili önerilen kaya kütlesi patlatma indeksi, ortalama boyut tahmini eşitliğinde kullanılan kaya faktörünün belirlenmesinde baz alınmıştır (Bağıntı 2.22).

Bölüm ikide verilen Tablo 2.1'den de anlaşılacağı üzere düşey süreksizlik aralığı ve süreksizlik düzlemi açısı patlatma aynasının süreksizlik özelliklerini belirlerken, kayaç yoğunluğu faktörü ve kayacın tek eksenli basınç dayanımı değerleri de

patlatma aynasının kayaç dayanımlarını oluşturmaktadır. Düşey süreksizlik aralığı patlatma aynasının çatlak başına düşen uzunluğunu ifade ederken süreksizlik düzlemi açısı, patlatma aynasının eğim yönü açısıyla tabakalanma yüzeylerinin eğimyönü açısı arasındaki farkı belirlemektedir. Bu fark değeri düzlem açısının yüzeyin içinde veya dışında kaldığını tayin etmektedir.

Arazi çalışmalarında genel olarak aynı yönde patlatmalar dizayn edilerek patlatma aynası süreksizlik özelliklerinin sabit tutulması sağlanmıştır. Yapılan patlatma deneylerinde Arkavadi kalker ocağına ait 1., 2. ve 4.; Aravadi kalker ocağına ait ise ilk üç patlatma deneyi hariç, düzlem açısı Tablo 6.1'den de görüldüğü gibi her patlatma deneyinde yüzeyin içinde kalmıştır.

Tablo 6.1 Çalışma sahalarına ait ölçülmüş süreksizlik özellikleri.

Arkavadi Kalker Ocağına ait Süreksizlik Özellikleri							
Deney No.	Süreksizlik aralığı (cm/çatlak)	Çatlak Eğim yönü/Eğim açıları	Tabakalara ait Eğim yönü/Eğim açıları	Patlatma aynasının Eğim yönü/Eğim açıları	Patlatma aynası ve tabakalara ait eğim yönü açısı farkı	Kayacın ortalama tek eksenli basınç dayanımları (MPa)	Süreksizlik düzlemi açısı
1	27,10	39/83	128/11	81/76	-47	38,00	Yüzeyin içinde
2	91,43	159/62-353/76	85/55	80/42-89/68	-5		
3	60,25	8/72-128/71	20/22	210/20-197/19	190		
4	50,15	25/73-127/81	230/4	220/82	-10		
5	62,31	137/72-219/76	323/44	150/85	-173		
6	45,67	115/68-221/77	323/13	158/80	-165		
7	34,21	215/85-165/63	280/23	144/82	-136		
8	42,97	50/75-158/76	340/29	160/80	-180		
9	26,65	151/73-77/79	276/26	117/85	-159		
10	22,34	198/82-58/83	302/28	130/85	-172		
11	40,16	213/78-107/70	309/40	130/84	-179		
12	25,62	179/84-85/79	293/23	120/85	-173		

Tablo 6.1 Çalışma sahalarına ait ölçülmüş süreksizlik özellikleri (Devamı).

Aravadi Kalker Ocağına ait Süreksizlik Özellikleri						29,31	Yüzeyin içinde
1	24,57		135/16	78/83	-57		
2	44,20		121/10	76/80	-45		
3	18,23	204/75	161/43	92/81	-69		
4	24,96	153/78-63/76	264/30	125/83	-139		
5	29,56	27/83	269/25	128/81	-141		
6	24,10	44/87	278/22	123/90	-155		
7	31,00	126/49	240/37	58/80	-182		
8	13,50		144/29	21/86	-123		
9	74,00		195/19	54/87	-141		
Üst Aravadi Kalker Ocağına ait Süreksizlik Özellikleri						20,33	Yüzeyin içinde
1	35,00	129/60	254/30	65/82	-189		
2	39,72	126/65	260/30	66/83	-194		
3	51,90	145/65	247/30	40/82	-207		
4	48,43	158/73	247/30	45/83	-202		
5	47,89	124/54	238/30	45/82	-193		
6	38,60	129/55	240/30	51/81	-189		
7	49,53	129/55	231/30	48/81	-183		
8	37,62	152/68	190/44	330/82	140		
9	44,78	335/88-129/63	218/31	35/82	-183		
10	47,06	144/56	215/31	35/83	-180		

Yukarıdaki Tablo 6.1’den de anlaşılacağı üzere patlatma aynalarının süreksizlik özellikleri hep aynı yönde alındığından dolayı ölçülen bağımlı değişkenler, özgül şarj ve patlatma bölgesindeki kayacın dayanımına bağlı kalmıştır.

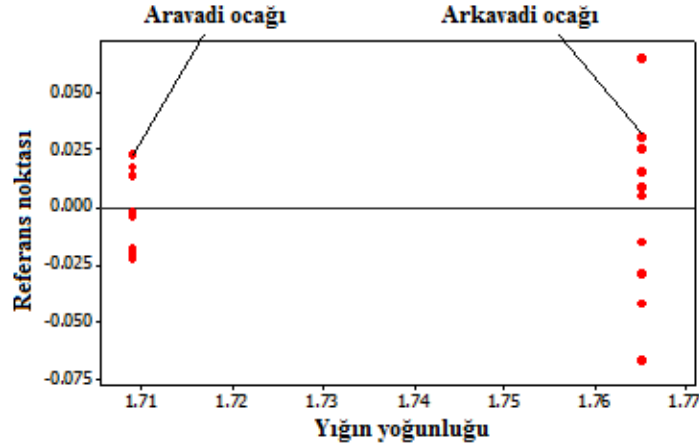
Patlatma deneylerinin tümünde patlatma delik geometrisi değiştirilerek bağımsız bir değişken olan özgül şarj değerinin farklı olması sağlanmıştır. Yapılan kaya mekaniksel testler, çalışma sahalarının oluşturduğu her üç kalker ocağının kayaç dayanımlarının birbirinden farklı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kayaç dayanımı faktörünün patlatma deneylerinden elde edilen bağımlı değişkenleri etkileyip etkilemediğini, dolayısıyla çalışma sahalarının birbirinden farklı olup olmadığını anlamak için bir istatistiksel değerlendirme olan ANOVA tek yönlü analizlere ihtiyaç vardır. ANOVA testi, bir referans noktası kullanarak iki farklı bağımlı değişken grubunu kendi arasında değerlendirmektedir. Oluşturulan referans noktasına göre veri gruplarının birbirinden farklı olup olmadığı yorumlanmaktadır.

Her üç kalker ocağında yapılan patlatma deneyleri için patlatma sonucu oluşan malzemenin yığın yoğunluğu diğer bir deyişle birim küpteki malzeme miktarı değerleri, Bölüm 3.7’de verilen yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. Bu nedenle her üç kalker ocağında yapılan patlatma deneyleri için yığın yoğunluğu değerleri kullanılarak değerlendirme yapılabilir. Tablo 6.2’de verilen ve bir bağımlı değişken olan yığın yoğunluğu değerleri, kullanılarak her üç ocak arasında; Arkavadi-Aravadi, Arkavadi-Üst Aravadi ve Aravadi-Üst Aravadi arasında çaprazlama olarak ANOVA testleri yapılmıştır.

Tablo 6.2 Çalışma sahalarına ait yığın yoğunluğu, özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımı değerleri.

Arkavadi Kalker Ocağı			
Deney No	Kayacın ortalama tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Özgül şarj (kg/m³)	Yığın yoğunluğu (ton/m³)
1	38,00	0,550	1,790
2		0,610	1,770
3		0,650	1,830
4		0,510	1,780
5		0,502	1,774
6		0,422	1,698
7		0,454	1,723
8		0,401	1,704
9		0,469	1,736
10		0,598	1,770
11		0,603	1,795
12		0,475	1,750
Aravadi Kalker Ocağı			
1	29,31	0,416	1,726
2		0,395	1,722
3		0,291	1,691
4		0,511	1,732
5		0,300	1,705
6		0,404	1,723
7		0,195	1,686
8		0,282	1,688
9		0,326	1,707
Üst Aravadi Kalker Ocağı			
1	20,33	0,372	1,782
2		0,287	1,769
3		0,318	1,771
4		0,406	1,803
5		0,466	1,830
6		0,387	1,795
7		0,344	1,784
8		0,362	1,786
9		0,329	1,777
10		0,379	1,790

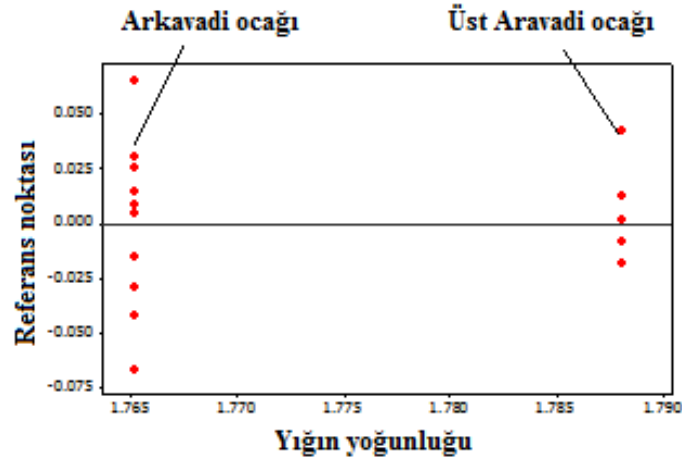
Arkavadi ve Aravadi kalker ocakları arasında yığın yoğunluğu değerleri kullanılarak tek yönlü ANOVA testi yapılmış ve sonuçları da Şekil 6.1’de verilmektedir.



Şekil 6.1 Yığın yoğunluğu değerlerine göre Arkavadi ve Aravadi kalker ocaklarına ait ANOVA test sonuçları.

Tablo 6.2’den görüldüğü gibi Arkavadi kalker ocağı için kullanılan özgül şarj değerleri, 0,401 ile 0,650 kg/m³ arasında değişirken, Aravadi ocağına ait özgül şarj değerleri de 0,195 ile 0,511 kg/m³ arasında oluşmuştur. Dolayısıyla Aravadi kalker ocağında kullanılan özgül şarj değişim farkı Arkavadi kalker ocağında kullanılan özgül şarj değişim farkından daha büyük olmasına rağmen Arkavadi kalker ocağında oluşan yığın yoğunluğu değişim farkı Aravadi kalker ocağı değerlerine göre daha yüksek olduğu Şekil 6.1’den anlaşılmaktadır. Bu durum, sözkonusu iki sahanın kayaç dayanım değerlerinin farklı olmasından dolayı birbirinden farklı davranış gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Arkavadi ve Üst Aravadi kalker ocakları arasında yığın yoğunluğu değerleri kullanılarak tek yönlü ANOVA testi yapılmış ve sonuçları da Şekil 6.2’de verilmektedir.



Şekil 6.2 Yığın yoğunluğu değerlerine göre Arkavadi ve Üst Aravadi kalker ocaklarına ait ANOVA test sonuçları.

Tablo 6.2’den görüldüğü gibi Arkavadi kalker ocağı için kullanılan özgül şarj değerleri, 0,401 ile 0,650 kg/m³ arasında değişirken, Üst Aravadi ocağına ait özgül şarj değerleri de 0,287 ile 0,466 kg/m³ arasında oluşmuştur. Dolayısıyla Arkavadi kalker ocağında kullanılan özgül şarj değişimleri Üst Aravadi kalker ocağında kullanılan özgül şarj değişim değerlerinden daha büyük olmasına rağmen Arkavadi kalker ocağında oluşan yığın yoğunluğu değerleri Üst Aravadi kalker ocağı değerlerine göre daha düşük olduğu Şekil 6.2’den anlaşılmaktadır. Bu durum, söz konusu iki sahanın birbirinden farklı davranış gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Aravadi ve Üst Aravadi kalker ocaklarında kullanılan özgül şarj değerleri birbirine yakın olmasından dolayı söz konusu iki ocak arasındaki farklılığı, yığın yoğunluğu değerlerine göre ortaya koymak için kayaç dayanımı değerlerinin yanında özgül şarj değerleri de kullanılarak çift yönlü ANOVA testi uygulanmıştır. Bu modelle farklı kayaç dayanımlarına sahip iki ayrı sahada eşit özgül şarj değerlerinin kullanılması sağlanarak bağımlı değişkenin dolayısıyla yığın yoğunluğu değerlerinin nasıl etkileneceğine bakılmaktadır. Tablo 6.3’den de görüldüğü gibi kullanılan özgül şarj değerleri sınırlandırılıp her bir özgül şarj sınırına kod numarası verilmiştir. Böylece her iki kalker ocağında yapılan patlatma deneylerinde kullanılan özgül şarj değerleri eşitlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca çalışma sahalarındaki kayacın tek eksenli basınç dayanımı değerlerine göre de kod numaraları belirlenmiştir. Örneğin özgül şarj değeri 0,28 ile 0,33 kg/m³ arasında, kayaç dayanımı da 20,33 MPa olan bir

patlatma deneyine özgül şarjdan dolayı 1 kodu, 20,33 MPa kayaç dayanımına sahip olmasından dolayı da 2 kodu verilmiştir.

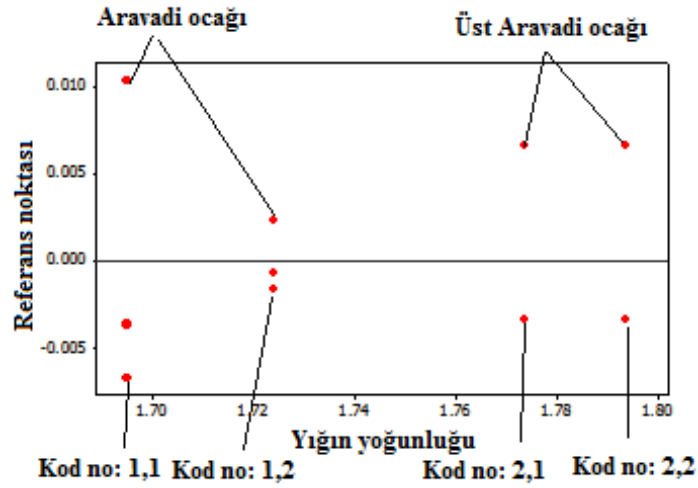
Tablo 6.3 Özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımlarına göre verilen kod numaraları.

Özgül şarj değeri (kg/m ³)	Kod	Kayacın ortalama tek eksenli basınç dayanımı değeri (MPa)	Kod
0,28-0,33	1	29,31	1
0,33-0,42	2	20,33	2

Tablo 6.4'den de anlaşılacağı üzere çift yönlü ANOVA testinin uygulanabilmesi için özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımı değerlerine göre belirlenen kod numaralarının çalışma sahalarına eşit sayıda dağıtılarak blok model oluşturulması gerekmektedir.

Tablo 6.4 Özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımlarına göre oluşturulan blok model.

	Özgül şarj değeri (kg/m ³)	Kayacın ortalama tek eksenli basınç dayanımı değeri (MPa)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)	Kayaç dayanımlarının farklılığından dolayı verilen kod	Özgül şarj farklılığından dolayı verilen kod
Aravadi kalker ocağı	0,283	29,31	1,688	1	1
	0,291		1,691	1	1
	0,300		1,705	1	1
	0,395		1,722	1	2
	0,404		1,723	1	2
	0,416		1,726	1	2
Üst Aravadi kalker ocağı	0,287	20,33	1,770	2	1
	0,318		1,770	2	1
	0,329		1,780	2	1
	0,379		1,790	2	2
	0,387		1,790	2	2
	0,406		1,800	2	2



Şekil 6.3 Yığın yoğunluğu değerlerine göre Aravadi ve Üst Aravadi kalker ocaklarına ait çift yönlü ANOVA test sonuçları.

Şekil 6.3’den de anlaşıldığı gibi eşit özgül şarj değerlerine sahip, iki sahada yapılan patlatma deneylerinde, yığın yoğunluğu değerlerinin birbirinden farklı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum, söz konusu iki sahanın birbirinden farklı davranış gösterdiğini ortaya çıkarmaktadır.

Yukarıdaki istatistiksel değerlendirmelerden görüldüğü gibi farklı kayaç dayanımlarından dolayı her üç çalışma sahasının da birbirinden farklı olduğu anlaşılmıştır. Bu yüzden değerlendirmeler her çalışma sahası için ayrı ayrı olarak yapılmıştır. Her çalışma sahası kendi içinde olmak üzere süreksizlik özellikleri ve kayacın tek eksenli basınç dayanımı değerleri sabit olduğundan değerlendirmelerde öncelikle bağımsız değişken olan özgül şarj değişimi ile bağımlı değişkenler arasında iki değişkenli regresyon analizleri yapılmıştır. Daha sonra da her çalışma sahası için patlayıcı madde maliyetleri, yükleyici yakıt maliyetleri, kırıcı maliyetleri, nakliye maliyetleri, delme maliyetleri ve patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcı maliyetleri her patlatma deneyi için ayrı ayrı hesaplanarak optimum özgül şarj değeri tespit edilmiştir.

Ayrıca Aravadi ve Üst Aravadi kalker ocağında gerçekleştirilen patlatma deneylerinde patlatma sonucu oluşan malzemenin kamyonlara yüklenme ve kırılma işlemlerini, ayrıntısı Bölüm 3’de verilen aynı tip ekipmanlar gerçekleştirmiştir. Yığın

yoğunluğu değerleri de her iki kalker ocağı için Bölüm 3.7’de verilen yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. Bu nedenle söz konusu iki kalker ocağında yapılan patlatma deneyleri sonucunda elde edilen yükleyici, kırıcı ve yığın yoğunluğu verimlerini belirleyen veriler, birlikte değerlendirilmiş ve özgül şarj-kayacın tek eksenli basınç dayanım değerlerine göre bağıntılar oluşturulmuştur.

6.2 Arkavadi Kalker Ocağında Yapılan Değerlendirmeler

Arkavadi kalker ocağında gerçekleştirilen 12 adet patlatma deneyinden elde edilen sonuçlar kendi içinde bu kısımda değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Öncelikle bağımlı değişkenlerle özgül şarj arasındaki ilişkiler değerlendirilmiş; daha sonra da her çalışma sahası için patlayıcı madde maliyetleri, yükleyici yakıt maliyetleri, kırıcı maliyetleri, nakliye maliyetleri, delme maliyetleri ve patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcı maliyetleri her patlatma deneyi için ayrı ayrı hesaplanarak toplam maliyeti en az yapan optimum özgül şarj ve ortalama boyut dağılımı değerleri tespit edilmiştir.

6.2.1 Bağımlı Değişkenler ile Özgül Şarj Arasındaki İlişkiler

Yapılan değerlendirmede metot olarak özgül şarj değişimi ile diğer operasyonlar arasındaki veri sayısı ile iki değişkenli regresyon analizleri yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

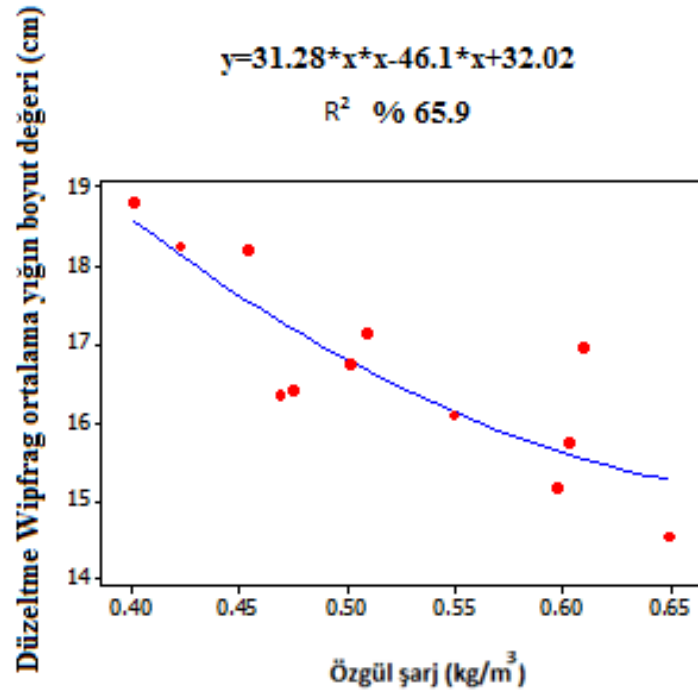
6.2.1.1 Özgül Şarj ile Yığın Boyut Dağılımı Arasındaki İlişki

Özgül şarj ile yığın boyut dağılımı arasındaki ilişkinin belirlenmesinde Bölüm 3.3’de anlatılan metot kullanılarak yığının D50 değerleri hesaplanmıştır. Bu kapsamda, her bir patlatma deneyine ait özgül şarj ile patlatma sonucu oluşan yığındaki malzemenin; %’de 50’sinin (D50) altında kaldığı tane boyutları değerleri ile özgül şarj arasındaki ilişki incelenmiştir. Wipfrag görüntü işleme tekniğinde, çok ince tanelerin ortalama boyut değeri hesabında kullanılmaması durumunda Wipfrag görüntü işleme tekniği ile belirlenen ortalama boyut değeri ve özgül şarj arasında

herhangi bir uyumun olmadığı tespit edilirken, çok ince tanelerin de değerlendirildiği Wipfrag programı ile yapılan düzeltme ortalama boyut değeri ile özgül şarj değeri arasında 0,659 katsayılı bir regresyon ilişkisi meydana gelmiştir (Tablo 6.5 ve Şekil 6.4).

Tablo 6.5 Patlatma deneylerinin özgül şarj ve boyut dağılım değerleri.

Deney No.	Özgül şarj (kg/m ³)	Wipfrag D50 (cm)	Düzeltilme Wipfrag D50 (cm)
1	0,550	24,33	16,08
2	0,610	21,38	16,95
3	0,650	18,66	14,53
4	0,510	20,77	17,13
5	0,502	21,01	16,73
6	0,422	23,40	18,23
7	0,454	24,62	18,19
8	0,401	22,82	18,80
9	0,469	23,52	16,34
10	0,598	24,78	15,15
11	0,603	21,20	15,73
12	0,475	19,90	16,40



Şekil 6.4 Özgül şarj ile Wipfrag ortalama boyut dağılımı değerleri arasındaki ilişki.

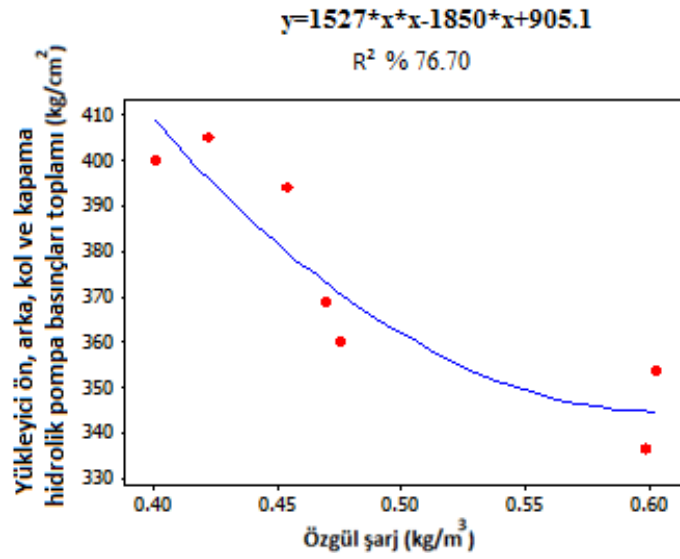
6.2.1.2 Özgül Şarj Yükleyici Performansı Arasındaki İlişki

Özgül şarja göre yükleyici performansındaki değişimin belirlenmesi için dört farklı parametre incelenmiştir. Bunlar yükleyicinin kazı-yükleme esnasındaki hidrolik basınç değerleri değişimi, bir kamyonun ortalama yüklenme süresi değişimi, yükleyicinin yakıt tüketimi değerleri ve bir kamyonun ortalama yüklenme kepçe sayısı değerleridir. Ölçme ve izleme sistemlerinin kurulmasına, Arkavadi kalker ocağında patlatma deneyleri yapılırken başlanılmıştır. Bu nedenle ilk beş patlatma deneyinde yükleyici hidrolik basınç değerleri ve ilk dört patlatma deneyinde de yükleyici yakıt tüketimi değerleri ölçülememiştir. Arazide yapılan ölçümlerden elde edilen değerler Tablo 6.6’da, bu değerlerin özgül şarj ile olan ilişkisini tanımlayan grafikler ise Şekil 6.5, 6.6, 6.7 ve 6.8’de verilmektedir.

Tablo 6.6 Yükleyici verimini belirleyen ölçülmüş değerler.

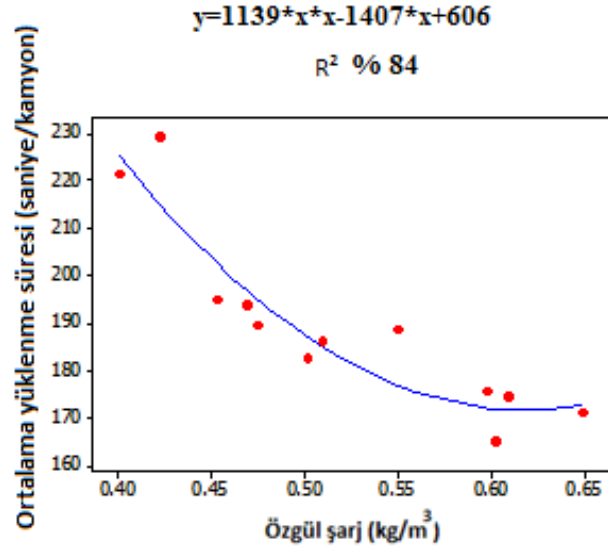
Deney No.	Özgül şarj (kg/m ³)	Yükleyici Hidrolik Basınç değerleri (kg/cm ²)					Ortalama yüklenme Süresi (sn./kamyon)	Yükleyici Yakıt Tüketimi (l/saat)	Ortalama Kepçe sayısı (adet/kamyon)
		ön pompa	arka pompa	kol kapama	kova kapama	Toplam			
1	0,550						188,64		9,1
2	0,610						174,39		8,4
3	0,650						171,32		8,3
4	0,510						186,15		9,05
5	0,502						182,57	27,1	9,29
6	0,422	192,46	185,83	12,09	14,67	405,04	229,47	37,7	10,00
7	0,454	181,20	183,83	5,56	23,42	394,02	195,08	33,8	9,14
8	0,401	189,24	193,02	9,74	8,09	400,10	221,40	34,9	9,91
9	0,469	172,72	177,19	7,80	10,83	368,54	193,69	27,8	9,65
10	0,598	161,10	160,85	4,83	9,42	336,21	175,54	23,9	8,69
11	0,603	165,56	169,85	7,31	10,69	353,41	164,89	25,3	8,75
12	0,475	169,82	176,69	5,53	8,10	360,14	189,71	30,7	9,59

Yapılan patlatma deneylerinde her bir yığında oluşan yükleyici ön pompa, arka pompa, kol kapama ve kova kapama toplam hidrolik basınç değerlerinin özgül şarja göre ilişkileri ölçümlerin yapılabildiği son yedi patlatma deneyinden elde edilen değerlere göre değerlendirilip sonuçları Şekil 6.5’de verilmiştir. Patlatmalardaki özgül şarj değeri arttıkça yükleyici toplam hidrolik basınç değerlerinin düştüğü görülmektedir.



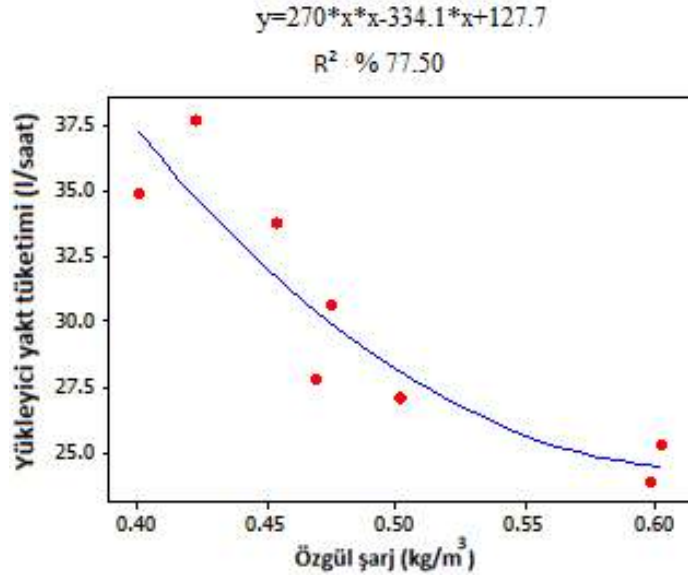
Şekil 6.5 Özgül şarj ile yükleyicinin toplam hidrolik basınç değerleri arasındaki ilişki.

Çalışma sahasında gerçekleştirilen oniki adet patlatma deneyinden elde edilen verilere göre özgül şarj ile ortalama bir kamyonun yüklenme süresi arasında ters orantılı olarak %’de 84 regresyon katsayısına sahip bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Şekil 6.6).



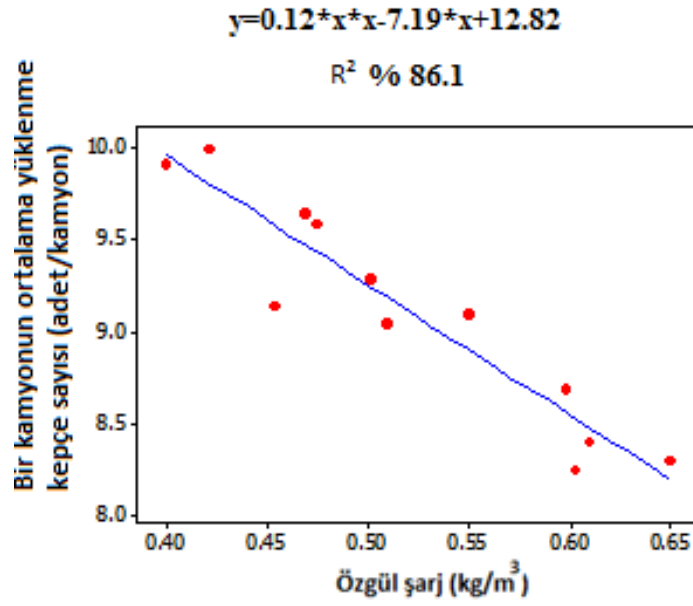
Şekil 6.6 Özgöl şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme süresi arasındaki ilişki.

Yükleyicinin yakıt tüketimi değerleri 23,9 ile 37,7 l/saat arasında değişmektedir. Bu değerler özgül şarj ile değerlendirildiğinde aralarında Şekil 6.7'deki gibi bir ilişki oluşmaktadır.



Şekil 6.7 Özgöl şarj ile yükleyici yakıt tüketimi arasındaki ilişki.

Özgöl şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme kepçe sayısı değerleri arasında %'de 86,10 regresyon katsayısı oluşup sonuçları da Şekil 6.8'de verilmektedir.



Şekil 6.8 Özgöl şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme kepçe sayısı arasındaki ilişki.

6.2.1.3 Özgöl Şarj Nakliye Performansı Arasındaki İlişki

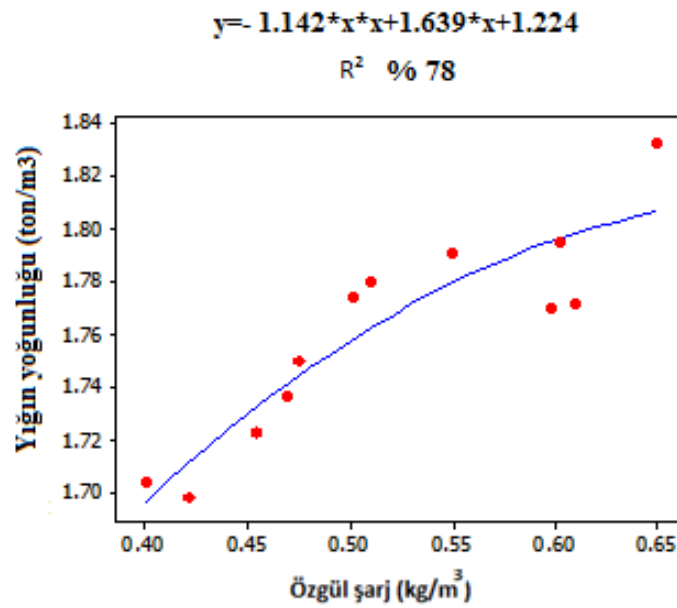
Bölüm 3.7’de ayrıntılı bilgi verilen metot kullanılarak patlatma deneylerinin nakliye performansı değerlendirilmiştir. Söz konusu on iki adet patlatma deneyinde, patlatma sonucu oluşan malzeme nakliyatını farklı kasa hacimlerine sahip altı adet kamyon gerçekleştirmiştir. Bunlara ait çalışma sahasından ölçülen ve hesaplanan veriler Tablo 6.7’de sunulmuştur.

Tablo 6.7 Özgül şarj ile birim kamyonunda yüklenen malzeme miktarları.

Deney No.	Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı malzeme yoğunluğu	Hesaplanan Yığın yoğunluğu	Özgül şarj
		m ³	ton		ton/m ³	ton/m ³	kg/m ³
1	22	20,23	36,70	25	1,814	1,791	0,550
	23	19,30	34,15	25	1,764		
2	22	20,23	34,71	16	1,716	1,772	0,610
	23	19,30	34,98	21	1,812		
3	23	19,30	33,70	42	1,746	1,833	0,650
	5	20,03	37,08	56	1,851		
	24	17,12	33,85	13	1,977		
4	24	17,12	35,84	11	2,094	1,781	0,510
	25	22,55	38,06	11	1,688		
	26	23,13	38,90	12	1,682		
	27	22,88	39,66	11	1,734		
	28	22,77	39,38	12	1,729		
5	5	20,03	35,45	34	1,77	1,774	0,502
	6	21,49	38,28	56	1,78		
	9	17,96	31,77	56	1,77		
6	13	21,51	35,27	49	1,64	1,698	0,422
	6	21,48	37,48	24	1,75		
	9	17,96	31,90	22	1,78		
7	3	21,13	33,33	24	1,58	1,723	0,454
	9	17,96	31,78	30	1,77		
	5	20,03	35,60	42	1,78		
8	3	21,13	34,44	24	1,63	1,704	0,401
	5	20,03	35,64	24	1,78		
	9	17,96	30,51	10	1,70		
9	3	21,13	36,43	12	1,72	1,736	0,469
	13	21,51	36,59	32	1,70		
	6	21,48	37,89	10	1,76		
	9	17,96	31,66	35	1,76		
10	3	21,13	34,19	46	1,62	1,770	0,598
	5	20,03	34,8	19	1,74		
	15	18,88	38,45	28	2,04		
11	6	21,48	36,45	42	1,70	1,795	0,603
	9	17,96	30,81	36	1,72		
	13	21,51	33,12	26	1,54		
	15	18,88	39,73	44	2,11		
12	3	21,13	35,55	15	1,70	1,750	0,475
	6	21,48	36,89	24	1,72		
	9	17,96	32,96	21	1,84		

Patlatma sonucu oluşan malzemenin yükleyici tarafından kamyonlara yüklenmesi, yığının farklı yerlerinden farklı zamanlarda gerçekleşmiştir. Bu nedenle aynı kamyonun taşıdığı malzeme yoğunluğu değerleri aynı patlatma deneyinde birbirinden çok farklı olabilmektedir.

Arkavadi kalker ocağında yapılan oniki adet patlatma deneyine ait özgül şarj değerleri ile yığın yoğunluğu değerleri arasındaki regresyon ilişkisi Şekil 6.9'da verilmektedir.



Şekil 6.9 Özgül şarj ile yığın yoğunluğu arasındaki ilişki.

6.2.1.4 Özgül Şarj ile Kırıcı Tesisi Performansı Arasındaki İlişki

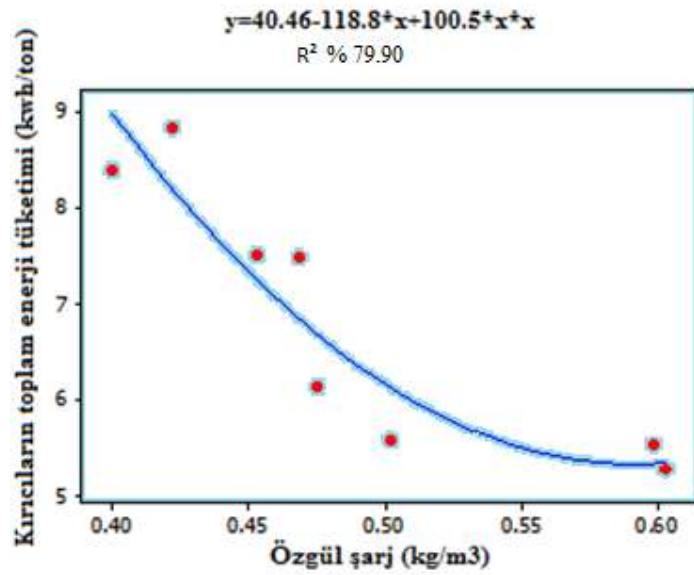
Bölüm 3'de tesis akım şeması ve ölçüm alım tekniği ayrıntılarıyla verilen Arkavadi kırma tesisinde son sekiz adet deneye ait enerji sarfiyatına yönelik ölçümler alınmıştır. İlk dört patlatma deneyinde çalışma sahasında meydana gelen bazı aksaklıklardan dolayı kırıcıların tükettiği enerji değerleri kaydedilememiştir. Bu sahada gerçekleştirilen patlatma deneylerinde aynı özelliklere sahip iki adet ikincil kırıcı kullanılmıştır. Altıncı ve sekizinci patlatma deneylerinde sadece bir adet ikincil kırıcı kullanıldığından dolayı bu iki deneydeki ikinci ikincil kırıcıların tükettiği enerji

değerleri sıfır olmuştur. Bu patlatma deneylerine ait değerler Tablo 6.8’de verilmektedir.

Tablo 6.8 Özgül Şarj ile kırıcıların tükettiği enerji değerleri.

Deney No.	Özgül şarj (kg/m ³)	Kırıcıların enerji tüketim değerleri (kwh/ton)				
		Birincil kırıcı	İkincil kırıcı (1)	İkincil kırıcı (2)	Tersiyer kırıcı	Toplam
1	0,550					
2	0,610					
3	0,650					
4	0,510					
5	0,502	0,27	1,05	1,17	3,08	5,58
6	0,422	0,51	2,38	0,00	5,95	8,84
7	0,454	0,41	1,60	1,80	3,71	7,52
8	0,401	0,49	2,22	0,00	5,69	8,40
9	0,469	0,31	1,81	1,84	3,21	7,49
10	0,598	0,16	0,96	1,22	3,19	5,53
11	0,603	0,17	0,87	1,09	3,16	5,29
12	0,475	0,35	1,06	1,15	3,58	6,14

Bu değerlendirme kısmında özgül şarj ile kırıcıların tükettiği toplam enerji değerleri arasında %’de 79,90 katsayısıyla bir regresyon ilişkisi olduğu görülmüş ve sonuçları da Şekil 6.10’da verilmiştir.



Şekil 6.10 Özgül şarj ile kırıcıların tükettiği toplam enerji değerleri arasındaki ilişki.

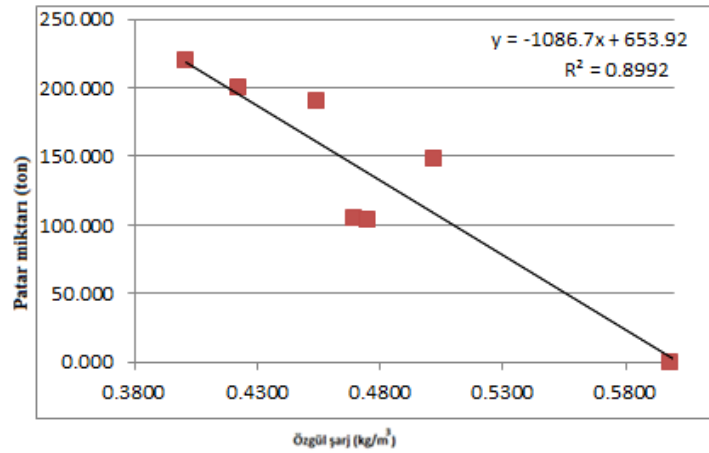
6.2.1.5 Özgöl Şarj ile Patar Miktarı Arasındaki İlişki

Bölüm 3.9’da ayrıntısı verilen yöntem kullanılarak son sekiz patlatma deneyinde oluşan patar miktarları kaydedilmiştir (Tablo 6.9).

Tablo 6.9 Özgöl şarj ile patar miktarı değerleri.

Deney No.	Özgöl şarj (kg/m ³)	Toplam patar miktarı (ton)
1	0,550	
2	0,610	
3	0,650	
4	0,510	
5	0,502	148,480
6	0,422	200,000
7	0,454	190,000
8	0,401	220,000
9	0,469	105,000
10	0,598	0,000
11	0,603	0,000
12	0,475	103,000

Arkavadi çalışma sahasında yapılan patlatma deneyleri sonucunda ortaya çıkan patar miktarlarıyla özgöl şarj değişimleri Şekil 6.11’de verilmektedir.



Şekil 6.11 Patar miktarı değerleriyle özgöl şarj ilişkisi

6.2.2 Arkavadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneylerinin Maliyet Hesapları

Arkavadi kalker ocağında yapılan ilk dört patlatma deneyinde yükleyici yakıt tüketim ve kırıcı enerji tüketim değerleri ölçülemediğinden dolayı bu bölümde yapılan maliyet hesapları son sekiz patlatma deneyi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu patlatma deneylerine ait patlayıcı madde, yükleyici, kırıcı, nakliye, patlatma deliği delinmesinde kullanılan delici makinesi ve patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcının birim tondaki maliyetleri hesaplanarak değerlendirilmiştir.

6.2.2.1 Patlatma Deliği Delinmesinde Kullanılan Delici Makinasının Maliyetinin Belirlenmesi

Arkavadi kalker ocağında gerçekleştirilen patlatma işlemleri 89 mm çapına sahip patlatma delikleri oluşturularak yapılmıştır. Bu çalışma sahasında bir patlatma deliğinin 1m uzunluğunda delinmesi, ortalama 1,876 dakika zamanda gerçekleşmiştir. Ayrıca delici makinanın tükettiği yakıt miktarı da ortalama olarak 15lt/saat olarak kaydedilmiştir. Bu değerler, her patlatma deneyinde belli sürede ölçüm ve gözlemler yapılarak ortalama olarak elde edilmiştir.

Patlatma deneylerinde öncelikle delik sayısı, ortalama delik boyu ve 1 m deliğin delinmesinde geçen süre değerleri kullanılarak delici makinanın her patlatma deneyi için ayrı ayrı çalışma saatleri hesaplanmıştır. Patlatma sonucu oluşan malzeme miktarı değerlerinin delici makinanın çalışma saat değerlerine bölünmesiyle delici makinanın birim saatteki çalışma kapasiteleri belirlenmiş daha sonra da delici makinanın bir saatteki yakıt tüketim değerlerinin çalışma kapasitesi değerlerine bölünmesiyle de her bir patlatma deneyine ait delici makinasının birim tondaki yakıt tüketimi maliyetleri bulunmuştur. Ayrıca birim metredeki delici uç maliyeti 0,9 TL alınarak toplam delik uzunluğu ve malzeme miktarları değerleriyle birlikte delici uç maliyetleri de hesaplanmıştır. Delici makinanın birim tondaki yakıt tüketimi ile delici uç maliyetleri toplanarak delici makinanın birim tondaki toplam maliyetleri tespit edilmiştir (Tablo 6.10 ve Şekil 6.12).

Tablo 6.10 Delici makinasının maliyet hesapları.

Deney No.	Delik sayısı	Ortalama delik boyu (m)	Delici makinasının birim saatteki yakıt tüketimi (l/saat)	Delici makinanın çalışma süresi (saat)	Patlatma sonucu oluşan malzeme miktarı (ton)	Delici makinasının birim çalışma kapasitesi (ton/saat)	Delici makinasının birim yakıt tüketimi (lt/ton)	Birim delme maliyeti (TL/ton)	*Birim tondaki delici uç maliyeti (TL/ton)	Delici makinasının toplam birim delme maliyeti (TL/ton)
5	30	11	15,000	10,318	5512,33	534,244	0,028	0,101	0,054	0,155
6	20	11		6,879	4156,98	604,329	0,025	0,090	0,047	0,137
7	20	10,1		6,316	3721,76	589,271	0,025	0,092	0,049	0,140
8	12	10,1		3,790	2447,66	645,902	0,023	0,083	0,045	0,128
9	18	10,1		5,684	3167,98	557,323	0,027	0,097	0,052	0,149
10	18	13,7		7,710	3814,88	494,773	0,030	0,110	0,058	0,167
11	20	17		10,631	5987,43	563,222	0,027	0,095	0,050	0,148
12	12	10,5		3,940	2272,54	576,845	0,026	0,094	0,050	0,144

*Delici ucu maliyeti 0,9 TL/m, 1 lt motorin 3,6 TL olarak alınmıştır.

Burada çalışma sahasındaki kayaç dayanım değerinin hep aynı olmasından dolayı delici makinasının maliyet değeri, delici makinasının ekonomik-teknik özellikleri ve deldiği toplam delik uzunluğuna bağlı olarak değişmiştir.

6.2.2.2 Patlayıcı Madde Maliyetinin Belirlenmesi

Kayacın parçalanmasında kullanılan toplam ANFO, yemleme olarak kullanılan toplam dinamit ve patlatma sonucu oluşan toplam malzeme miktarları her bir patlatma deneyi için çok hassas bir şekilde kaydedilmiştir. Bu verilerle, bir ton malzemenin patlaması için kullanılan toplam ANFO, dinamit ve kapsül miktarları hesaplanmış ve toplam malzeme miktarları kullanılarak birim tondaki patlayıcı madde maliyeti tüm patlatma deneyleri için bulunmuştur (Tablo 6.11 ve Şekil 6.12).

Tablo 6.11 Patlayıcı madde maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.

Deney No.	Delik sayısı	Ortalama Delik boyu (m)	Patlatma sonucu oluşan toplam malzeme miktarı (ton)	Kullanılan toplam ANFO miktarı (kg)	Kullanılan toplam yemleme miktarı (kg)	Toplam kapsül miktarı (adet)	Toplam maliyet (TL)	*Birim tondaki toplam patlayıcı madde maliyeti (TL/ton)
5	30	11	5512,33	1025	18,75	60	2562,908	0,465
6	20	11	4156,98	650	12,5	40	1643,805	0,395
7	20	10,1	3721,76	625	12,5	40	1595,205	0,429
8	12	10,1	2447,66	362,5	7,5	24	932,823	0,381
9	18	10,1	3167,98	550	11,25	36	1411,385	0,446
10	18	13,7	3814,88	850	11,25	36	1994,585	0,523
11	20	17	5987,43	1350	12,5	40	3004,605	0,502
12	12	10,5	2272,54	400	7,5	24	1005,723	0,443

*1 kg. ANFO 1,944 TL, 1 delik için kapsül 14,994 TL ve 1 kg. dinamit 6,426 TL olarak alınmıştır (NİTROMAK).

6.2.2.3 Yükleyici Yakıt Maliyetinin Belirlenmesi

Yükleyicinin patlatma sonucu oluşan malzemeyi yükleme sırasında, birim saatte tükettiği yakıt miktarı değerlerinin, birim saatteki yükleme kapasitesi değerlerine bölünmesiyle yükleyicinin bir ton malzeme yükleme sırasında tükettiği yakıt miktarları

elde edilmiş ve bu değerler kullanılarak herbir deney için yükleyicinin birim tondaki tükettiği yakıt maliyetleri hesaplanmıştır (Tablo 6.12 ve Şekil 6.12).

Tablo 6.12 Yükleyicinin yakıt maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.

Deney No.	Yükleyicinin maliyet hesapları					
	Yükleyici yakıt tüketimi (lt/saat)	Bir kamyonun ortalama yüklenme süresi (saniye/kamyon)	Bir kamyonun ortalama yüklenme tonajı (ton/kamyon)	Yükleyicinin birim saatteki yükleme kapasitesi (ton/saat)	Yükleyicinin birim tondaki yakıt tüketimi (lt/ton)	*Birim tondaki yükleyici yakıt maliyeti (TL/ton)
5	27,1	182,57	34,65	683,245	0,040	0,143
6	37,7	229,47	34,00	533,403	0,071	0,254
7	33,8	195,08	34,10	629,290	0,054	0,193
8	34,9	221,40	32,65	530,894	0,066	0,237
9	27,8	193,69	36,00	669,110	0,042	0,150
10	23,9	175,54	33,91	695,431	0,034	0,124
11	25,3	164,89	36,21	790,563	0,032	0,115
12	30,65	189,71	34,96	663,411	0,046	0,166

*1 lt motorin 3,6 TL olarak alınmıştır.

6.2.2.4 Nakliye Maliyetinin Belirlenmesi

Patlatma sonucu oluşan malzemenin taşınma işi kamyonlar tarafından yapılmaktadır. Bu kamyonların büyük bir kısmı eski, sadece 2 tanesi yeni modeldir. Ayrıca yeni model kamyonların kasa hacimleri de birbirine eşittir. Yeni model kamyonların yakıt tüketim ölçümleri eski model kamyonlara göre daha sağlıklı olacağından dolayı kamyonların malzeme taşıma sırasında tükettiği yakıt miktarları, yeni model kamyonlarda ölçülmüştür.

Yakıt tüketim ölçümleri, aynı kasa hacminde ve yaklaşık aynı tonaja sahip yeni model kamyonların malzeme taşıma sırasında yapılarak malzeme yoğunluğu üzerinden bir referans noktası oluşturulmuştur. Bu ölçümler hep 26,05 m³ kasa hacminde ve ortalama 48-52 ton malzeme taşınması sırasında yeni model kamyonlarda kaydedilmiştir. Aynı şartlarda taşınan malzemenin nakliyesi sırasında kaydedilen yakıt tüketimleri 8,4 km mesafede yaklaşık 7,8-8,2 lt motorin olarak ölçülmüştür. Dolayısıyla ortalama olarak $50/26.05=1.919$ ton/m³ malzeme

yoğunluğuna sahip malzemenin 1 km taşınması sırasındaki ortalama yakıt tüketimi 8 lt motorin olarak hesaplanmıştır. Bu durumda, oluşturulan referans noktası, 1,919 ton/m³ malzeme yoğunluğuna sahip 1km mesafeye taşınan malzemenin birim tondaki maliyeti olmuştur. Söz konusu maliyet; 1lt motorin 3,6 TL olarak alındığında

8*3,6 TL/8.4 km/50 ton=0.0684 TL/ton*1km olarak tespit edilmiştir.

Bulunan bu referans noktası üzerinden her bir patlatma deneyi için yığın yoğunluğu değerleri de kullanılarak birim tondaki nakliye maliyetleri hesaplanmıştır (Tablo 6.13 ve Şekil 6.12).

Belirlenen bu yöntem, gerçekleştirilen tüm patlatma deneylerinde nakliye maliyetinin belirlenmesi sırasında kullanılmıştır.

Tablo 6.13 Patlatma deneylerine ait birim nakliye maliyetleri.

Nakliye prosesinin maliyet hesapları			
Deney No.	1,919 ton/m ³ yığın yoğunluğundaki malzemenin 1 km taşınma maliyeti (TL/ton x1 km)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)	Birim tondaki nakliye maliyeti (TL/ton x 1km)
5	0,0684	1,774	0,074
6		1,698	0,078
7		1,723	0,076
8		1,704	0,077
9		1,736	0,076
10		1,770	0,074
11		1,795	0,073
12		1,750	0,075

Bu değerlendirmede, kamyonların taşıdığı malzeme tonaj farkları birbirine yakın değerler içerdiğinden bir kamyonun daha çok malzeme taşıdığına daha çok yakıt tüketeceği durumu ihmal edilmiştir.

6.2.2.5 Kırıcı Maliyetlerinin Belirlenmesi

Patlatma sonucu oluşan malzemenin kırılması-ufalanması sırasında kaydedilen kırıcı amper tüketim değerleri, geçen toplam süre değerleri ve kırıcılara beslenen toplam malzeme miktarları kullanılarak her patlatma deneyi için kırıcıların birim tonda tükettiği toplam enerji değerleri kwh olarak hesaplanmış ve bu değerler yardımıyla kırıcıların birim tondaki enerji maliyetleri tespit edilmiştir (Tablo 6.14 ve Şekil 6.12).

Tablo 6.14 Kırıcıların birim tondaki enerji maliyetleri.

Kırıcıların maliyet hesapları		
Deney No.	Kırıcıların enerji tüketim değerleri (kwh/ton)	*Kırıcıların birim tondaki enerji maliyeti (TL/ton)
5	5,58	0,920
6	8,84	1,459
7	7,52	1,241
8	8,40	1,386
9	7,49	1,236
10	5,53	0,913
11	5,29	0,873
12	6,14	1,013

*1 kwh 0.165 TL. alınmıştır.

6.2.2.6 Patar Kırılmasında Kullanılan Hidrolik Kırıcı Maliyetinin Belirlenmesi

Patlatma sonucu oluşan malzeme içinde süreksizlik özellikleri, özgül şarj ve kayacın dayanım değerlerine bağlı olarak belli bir miktarda patar oluşmaktadır. Oluşan bu patarın üretime katılabilmesini sağlamak amacıyla hidrolik kırıcı tarafından kırılması gerekmektedir. Çalışma sahasında oluşan patarların kırılmasını hep aynı tip hidrolik kırıcı makinası gerçekleştirmiştir. Patarların kırılması sırasında yapılan ölçüm ve gözlemlerle hidrolik kırıcının birim saatteki yakıt tüketim ve çalışma kapasitesi değerleri tespit edilmiştir. Bu değerler, çalışma sahasının kayaç dayanım değeri ve hidrolik kırıcının ekonomik-teknik özelliklerine bağlı olarak

oluşturmuştur. Diğer bir deyişle sahanın kayaç dayanım değeri de sabit olduğundan dolayı ölçülen bu değerler, tüm patlatma deneyleri için sabit kalmıştır.

Arkavadi kalker ocağında belli aralıklarla her patlatma deneyi için gerçekleştirilen ölçümler sonucunda hidrolik kırıcının bir saatteki ortalama yakıt tüketimi 17,5lt/saat, bir saatteki ortalama çalışma kapasitesi de 65,359 ton/saat olarak belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak hidrolik kırıcının bir ton patar kırması için gereken maliyetler hesaplanmıştır. Daha sonra da her bir patlatma deneyine ait toplam patar ve malzeme miktarı değerleri kullanılarak hidrolik kırıcının birim tondaki maliyetleri belirlenmiştir (Tablo 6.15 ve Şekil 6.12).

Tablo 6.15 Hidrolik kırıcının birim tondaki maliyet hesapları.

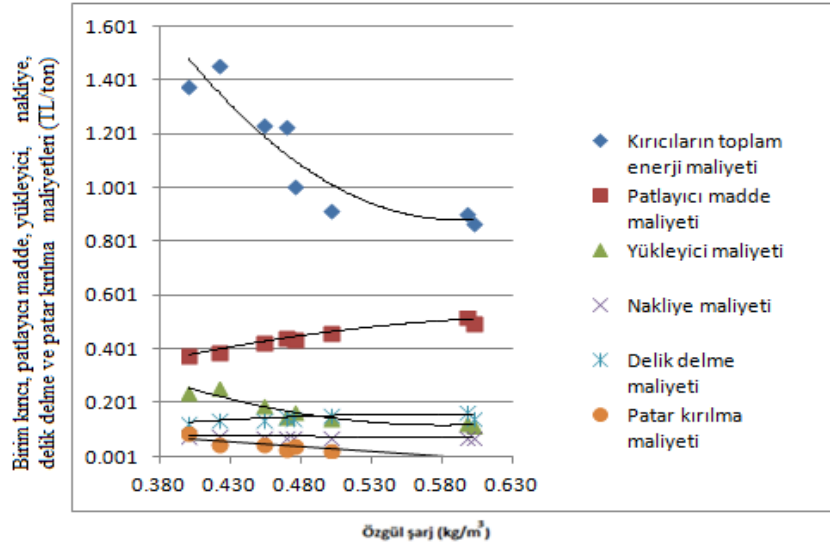
Deney No.	Hidrolik kırıcının birim saatteki yakıt tüketimi (l/saat)	Hidrolik kırıcının birim saatteki çalışma kapasitesi (ton/saat)	Hidrolik kırıcının birim tondaki yakıt tüketimi (lt/ton)	1 ton patarın kırılması için gereken maliyet (TL/ton)	Toplam patar miktarı (ton)	Tüm patarın kırılmasın daki toplam maliyet (TL)	Toplam malzeme miktarı (ton)	*Hidrolik kırıcının birim tondaki maliyeti (TL/ton)
5	17,500	65,359	0,268	0,965	148,480	143,120	5512,330	0,026
6					200,000	192,780	4156,980	0,046
7					190,000	183,141	3721,760	0,049
8					220,000	212,058	2447,660	0,087
9					105,000	101,210	3167,980	0,032
10					0,000	0,000	3814,880	0,000
11					0,000	0,000	5987,430	0,000
12					103,000	99,282	2272,540	0,044

*1 lt motorin de 3,6 TL olarak alınmıştır.

6.2.2.7 Toplam Maliyeti En az Yapan Optimum Özgöl Şarj ve Ortalama Yığın Boyut Değerinin Belirlenmesi

Arkavadi kalker ocağında gerçekleştirilen patlatma deneylerine ait açık ocak operasyonlarının maliyetlerinin özgöl şarj değerine bağlı değişimini veren grafikler Şekil 6.12’de verilmiştir. Patlayıcı maddenin birim tondaki maliyet hesaplarında patlayıcı madde fiyatları; kırıcıların birim tondaki maliyet hesaplarında elektrik enerjisi fiyatı; yükleyici, nakliye, delik delme ve patar kırılmanın birim tondaki

maliyet hesaplarında da tüketilen yakıt miktarları kullanılmıştır. Söz konusu açık ocak operasyonlarının birim tondaki maliyet hesaplarında işçilik, tamir-bakım ve yedek parça parametreleri hesaba katılmamıştır. Nitekim pratikte, hesaba katılmayan parametrelerin birim tondaki maliyetlerinin açık ocak operasyonları arasında yaklaşık olarak eşit miktarda olduğu bilinmektedir.



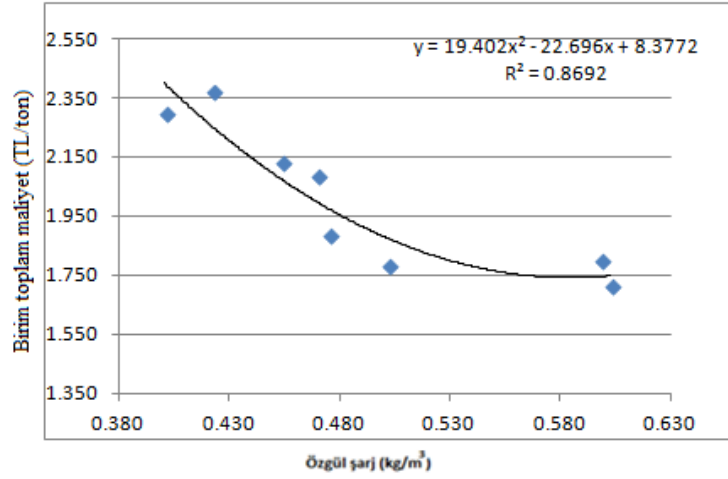
Şekil 6.12 Patlayıcı madde, yükleyici, kırıcı, nakliye, delici ve hidrolik kırıcı operasyonlarının birim tondaki maliyetleri ile özgül şarj ilişkisi.

Tablo 6.16’da her bir patlatma deneyi için hesaplanan açık ocak operasyonlarının birim maliyetleri ve bunların oluşturduğu birim toplam maliyet görülmektedir. Şekil 6.13’de de birim toplam maliyet ile özgül şarj değişimi verilmektedir.

Tablo 6.16 Açık ocak operasyonlarının birim maliyetleri.

Deney No.	Delici makinasının maliyeti (TL/ton)	Patlayıcı madde maliyeti (TL/ton)	Yükleyici yakıt maliyeti (TL/ton)	*Nakliye maliyeti (TL/ton 1km)	Kırıcı maliyeti (TL/ton)	Hidrolik kırıcı maliyeti (TL/ton)	Toplam maliyet (TL/ton)
5	0,155	0,465	0,143	0,074	0,920	0,026	1,783
6	0,137	0,395	0,254	0,078	1,459	0,046	2,369
7	0,140	0,429	0,193	0,076	1,241	0,049	2,129
8	0,128	0,381	0,237	0,077	1,386	0,087	2,295
9	0,149	0,446	0,150	0,076	1,236	0,032	2,088
10	0,167	0,523	0,124	0,074	0,913	0,000	1,801
11	0,148	0,502	0,115	0,073	0,873	0,000	1,711
12	0,144	0,443	0,166	0,075	1,013	0,044	1,885

*Nakliye maliyetleri 1 km. için hesaplanmıştır.



Şekil 6.13 Birim tondaki toplam maliyet ve özgül şarj ilişkisi.

Birim tondaki toplam maliyeti en az yapacak özgül şarj değeri optimizasyon için önemlidir. Şekil 6.13'den de anlaşılacağı üzere özgül şarj değişimine göre oluşan tek bir çıktı mevcuttur. Sadece bir adet çıktının diğer bir deyişle birim tondaki toplam maliyet değerlerinin özgül şarj değişimine göre optimizasyonunu belirlemek için, sözkonusu iki değişken arasında oluşan fonksiyonun türevi alınıp toplam maliyeti sıfır yapan özgül şarj değeri tespit edilmelidir. Bu iki değişken arasındaki denklem 2. dereceden polinom olarak

$$y = 19,402x^2 - 22,696x + 8,3772 \quad (6.1)$$

şeklinde oluşmuştur.

y = Birim toplam maliyet (TL/ton)

x = Özgül şarj (kg/m³)

Fonksiyonun türevi alınıp sıfıra eşitlendiğinde

$2 * 19,402 * x - 22,696 = 0$ denklemi elde edilmektedir.

Sözkonusu denklem çözüldüğünde birim tondaki maliyetin en az olduğu özgül şarj değeri $x = 0,585 \text{ kg/m}^3$ olarak ortaya çıkmaktadır. Bu özgül şarj değeri, Wipfrag ortalama boyut dağılımı ile özgül şarj arasında oluşan fonksiyonunda ($D50 = 31,28 * x^2 - 46,10 * x + 32,02$) yerine koyulduğunda ortalama yığın boyut değeri $D50 = 15,756 \text{ cm}$ olarak elde edilmektedir.

6.3 Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Değerlendirmeler

Aravadi kalker ocağında gerçekleştirilen 9 adet patlatma deneyinden elde edilen sonuçlar kendi içinde bu kısımda değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Öncelikle bağımlı değişkenlerle özgül şarj arasındaki ilişkiler değerlendirilmiş; daha sonra da her çalışma sahası için patlayıcı madde maliyetleri, yükleyici yakıt maliyetleri, kırıcı maliyetleri, nakliye maliyetleri, delme maliyetleri ve patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcı maliyetleri her patlatma deneyi için ayrı ayrı hesaplanarak toplam maliyeti en az yapan optimum özgül şarj ve ortalama boyut dağılımı değerleri tespit edilmiştir.

6.3.1 Bağımlı Değişkenler ile Özgül Şarj Arasındaki İlişkiler

Yapılan değerlendirmede metot olarak özgül şarj değişimi ile diğer operasyonlar arasındaki veri sayısı ile iki değişkenli regresyon analizleri yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir.

6.3.1.1 Özgül Şarj Parça Boyut Dağılımı Arasındaki İlişki

Özgül şarj ile parça boyut dağılımı arasındaki ilişkinin belirlenmesinde, yığının D50 değerleri hesaplanmıştır. Bu kapsamda, her bir patlatma deneyine ait özgül şarj ile patlatma sonucu oluşan yığındaki malzemenin; %'de 50'sinin (D50) altında kaldığı tane boyutları değerleri ile özgül şarj arasındaki ilişki incelenmiştir (Tablo 6.17).

Tablo 6.17 Patlatma deneylerinin özgül şarj ve boyut dağılım değerleri.

Deney No.	Özgül şarj (kg/m³)	Wipfrag D50 (cm)
1	0,416	32,11
2	0,395	26,01
3	0,291	34,64
4	0,511	38,25
5	0,300	32,74
6	0,404	45,69
7	0,195	34,83
8	0,282	38,85
9	0,326	30,31

Burada özgül şarj ile Wipfrag programı ile elde edilen yığın ortalama boyut dağılımı arasında herhangi bir ilişki kurulamamıştır. Bu sahada yapılan patlatma deneylerinde düzeltme ortalama boyut değerleri, orijinal görüntülerin saklanması ile ilgili yaşanan bir sorun nedeniyle analiz edilememiştir.

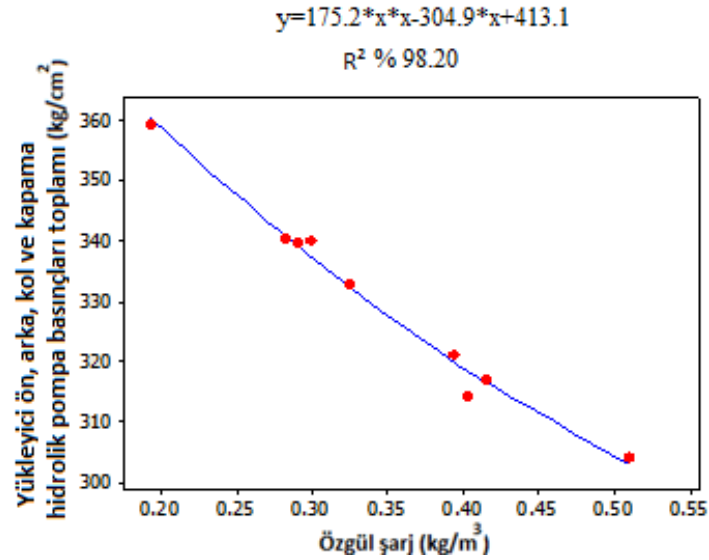
6.3.1.2 Özgül Şarj Yükleyici Performansı Arasındaki İlişki

Özgül şarja göre yükleyici performansındaki değişimin belirlenmesi için dört farklı parametre incelenmiştir. Bunlar yükleyicinin kazı-yükleme esnasındaki toplam hidrolik basınç değerleri değişimi, bir kamyonu ortalama yükleme süresi değişimi, yakıt tüketimi ve yükleyicinin bir kamyonu yüklemesindeki ortalama kepçe sayısı değerleridir. Arazide yapılan ölçümlerden elde edilen değerler Tablo 6.18’de, bu değerlerin özgül şarj ile olan ilişkisini tanımlayan grafikler ise Şekil 6.14 6.15, 6.16 ve 6.17’de verilmektedir.

Tablo 6.18 Özgöl şarj ile ortalama yüklenme süresi değerleri.

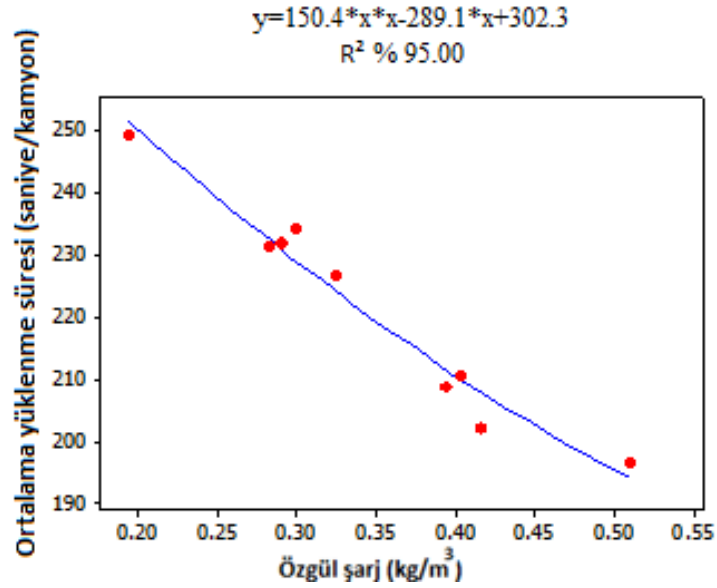
Deney No.	Özgöl şarj (kg/m ³)	Yükleyici Hidrolik Basınçları (kg/cm ²)				Toplam	Ortalama yüklenme Süresi sn./kamyon	Yükleyici Yakıt Tüketimi l/saat	Ortalama Kepçe sayısı (adet/kamyon)
		ön pompa	arka pompa	kol kapama	kova kapama				
1	0,416	151,84	152,24	7,25	5,68	317,01	202,10	36,50	8,79
2	0,395	152,41	155,58	7,26	5,76	321,01	208,78	37,90	9,17
3	0,291	161,20	163,66	7,90	6,98	339,74	232,05	41,20	9,20
4	0,511	144,50	147,20	7,07	5,30	304,07	196,57	32,81	8,73
5	0,300	161,30	164,10	7,80	6,91	340,11	234,23	40,8	9,47
6	0,404	150,20	151,10	7,20	5,56	314,06	210,57	37,00	9,00
7	0,195	170,80	172,50	8,54	7,61	359,45	249,48	41,5	9,69
8	0,282	161,40	164,10	7,94	7,07	340,51	231,44	41,00	9,33
9	0,326	158,70	159,40	7,75	6,82	332,67	226,68	39,70	9,40

Yapılan patlatma deneylerinde her bir yığında oluşan yükleyici ön pompa, arka pompa, kol kapama ve kova kapama toplam hidrolik basınç değerlerinin özgöl şarja göre ilişkileri tüm patlatma deneyleri göz önüne alınarak değerlendirilip sonuçları Şekil 6.14'deki grafikte verilmiştir. Patlatmalardaki özgöl şarj değeri arttıkça yükleyici hidrolik basınç değerlerinin düştüğü görülmektedir.



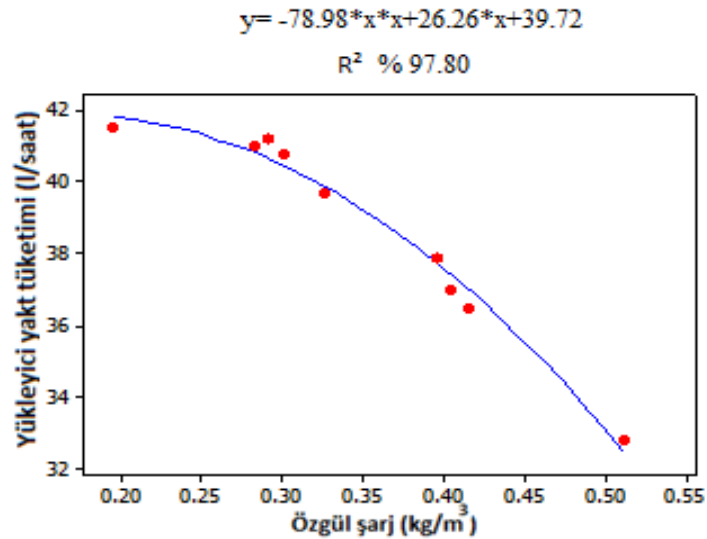
Şekil 6.14 Özgöl şarj ile yükleyicinin toplam hidrolik basınç değişimi değerleri arasındaki ilişki.

Çalışma sahasında gerçekleştirilen dokuz adet arazi deneyinden elde edilen verilere göre özgül şarj ile ortalama kamyonun yüklenme süresi arasında ters orantılı olarak %'de 95,00 regresyon katsayısına sahip bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.



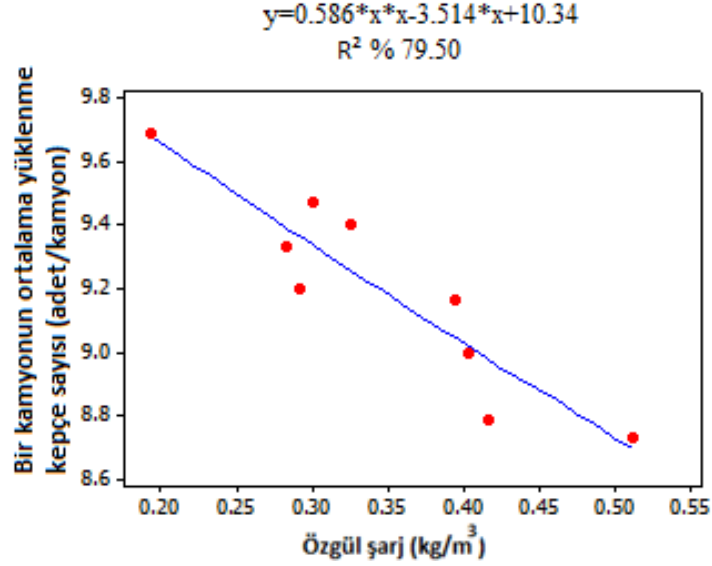
Şekil 6.15 Özgül şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme süresi arasındaki ilişki.

Özgül şarja göre yükleyicinin yakıt tüketimi değerleri özgül şarj ile değerlendirildiğinde aralarında Şekil 6.16'daki gibi bir ilişkinin olduğu görülmektedir.



Şekil 6.16 Özgül şarj ile yükleyici yakıt tüketimi arasındaki ilişki.

Özgöl şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme kepçe sayısı değerleri arasında %'de 79,50 regresyon katsayısı oluşup sonuçları da Şekil 6.17'de verilmektedir.



Şekil 6.17 Özgöl şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme kepçe sayısı arasındaki ilişki.

6.3.1.3 Özgöl Şarj Nakliye Performansı Arasındaki İlişki

Bu çalışma sahası için, patlatma sonucu oluşan malzemenin nakliye performansının belirlenmesinde yine Bölüm 3.7'de anlatılan nakliye performansı tayin yönteminin aynısı kullanılmıştır. Nakliye performansının belirlenmesi için kullanılan veriler Tablo 6.19'da, sonuçları da Şekil 6.19'da verilmektedir.

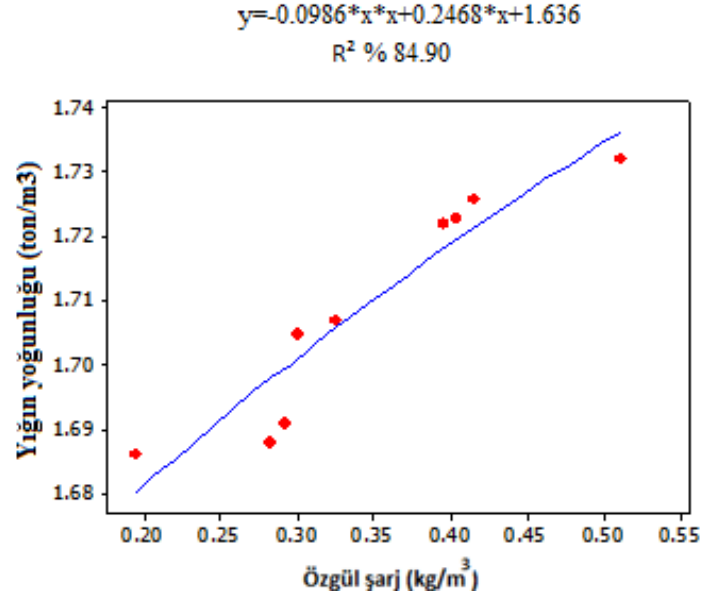
Tablo 6.19 Özgöl şarj ile birim kamyonunda yüklenen malzeme miktarları.

Deney No.	Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı malzeme yoğunluğu	Yığın yoğunluğu	Özgöl şarj
		m ³	ton		ton/m ³	ton/m ³	kg/m ³
1	1	20,95	35,85	4	1,71	1,72	0,42
	2	20,83	35,58	4	1,71		
	3	21,13	35,29	4	1,67		
	4	22,39	39,21	4	1,75		
	5	20,03	36,00	4	1,80		
	6	21,48	38,30	4	1,78		
	7	20,56	34,31	3	1,67		
	8	21,37	36,43	4	1,70		
2	1	20,95	36,54	5	1,74	1,72	0,39
	2	20,83	37,53	6	1,80		
	3	21,13	35,80	6	1,69		
	4	22,39	37,29	6	1,67		
	6	21,48	37,45	6	1,74		
	8	21,37	36,57	5	1,71		
	9	17,96	30,42	6	1,69		
3	1	20,95	36,04	4	1,72	1,69	0,29
	2	20,83	36,35	5	1,74		
	3	21,13	36,09	5	1,71		
	4	22,39	38,08	4	1,70		
	6	21,48	34,01	5	1,58		
	7	20,56	34,69	4	1,69		
	8	21,37	38,16	7	1,79		
	9	17,96	28,51	6	1,59		
4	2	20,83	36,38	5	1,75	1,73	0,51
	3	21,13	35,23	4	1,67		
	4	22,39	37,76	6	1,69		
	5	20,03	34,36	5	1,71		
	7	20,56	35,34	6	1,72		
	8	21,37	36,52	5	1,71		
	9	17,96	30,92	5	1,72		
	10	17,15	34,18	3	1,99		
5	2	20,83	35,26	9	1,69	1,71	0,30
	3	21,13	35,58	8	1,68		
	4	22,39	37,33	9	1,67		
	5	20,03	34,50	7	1,72		
	6	21,48	36,65	7	1,71		
	7	20,56	35,34	7	1,72		
	8	21,37	36,90	9	1,73		
	9	17,96	31,62	3	1,76		

Tablo 6.19 Özgöl şarj ile birim kamyonda yüklenen malzeme miktarları (Devamı).

6	2	20,83	35,78	9	1,72	1,72	0,40
	3	21,13	36,61	10	1,73		
	4	22,39	37,23	8	1,66		
	5	20,03	35,01	9	1,75		
	6	21,48	37,42	9	1,74		
	7	20,56	34,74	10	1,69		
	8	21,37	37,68	9	1,76		
	9	17,96	31,07	3	1,73		
7	1	20,95	35,12	7	1,68	1,68	0,19
	2	20,83	35,30	14	1,69		
	3	21,13	35,11	4	1,66		
	4	22,39	37,55	12	1,68		
	5	20,03	34,26	11	1,71		
	6	21,48	35,91	12	1,67		
	7	20,56	34,43	13	1,67		
	8	21,37	36,37	13	1,70		
8	9	17,96	30,27	10	1,69	1,69	0,28
	1	20,95	34,65	11	1,65		
	2	20,83	35,94	10	1,73		
	3	21,13	35,22	9	1,67		
	4	22,39	36,64	9	1,64		
	5	20,03	33,34	7	1,66		
	6	21,48	36,17	3	1,68		
	7	20,56	33,86	8	1,65		
9	8	21,37	37,69	6	1,76	1,71	0,33
	9	17,96	31,24	13	1,74		
	1	20,95	34,41	7	1,64		
	2	20,83	36,08	7	1,73		
	3	21,13	36,26	6	1,72		
	4	22,39	37,76	7	1,69		
	5	20,03	34,45	6	1,72		
	6	21,48	37,28	4	1,74		
9	7	20,56	35,54	5	1,73	1,71	0,33
	8	21,37	37,61	6	1,76		
	9	17,96	29,99	6	1,67		

Bu sahada gerçekleştirilen dokuz adet patlatma deneyine ait özgöl şarj değerleri ile yığın yoğunluğu değerleri arasındaki regresyon ilişkisi Şekil 6.18’de verilmektedir.



Şekil 6.18 Özgül şarj ile birim kamyonla yüklenen malzeme miktarları arasındaki ilişki.

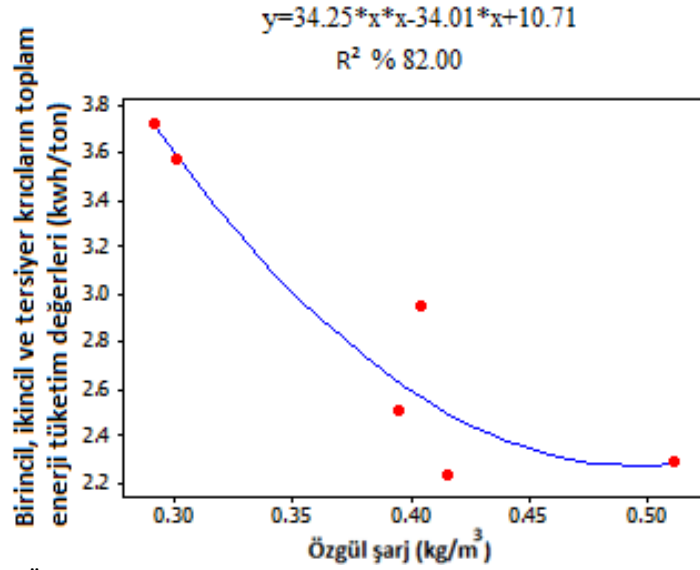
6.3.1.4 Özgül Şarj Kırıcı Tesisi Performansı Arasındaki İlişki

Bölüm 3’de tesis akım şeması ve ölçüm alım tekniği ayrıntılarıyla verilen Bornova mıcır kırma tesisinde dokuz adet deneye ait enerji sarfiyatına yönelik ölçümler alınmıştır. Ancak son üç patlatma deneyi için veriler kaydedilememiştir. Bu nedenle kırıcı performansı ile özgül şarj değerleri arasında değerlendirme yapılırken son üç patlatma deneyi çıkarılmıştır. Bu veriler Tablo 6.20’de sonuçları da Şekil 6.20’de verilmektedir.

Tablo 6.20 Özgül Şarj ile kırıcıların tükettiği enerji değerleri.

Deney No.	Özgül şarj (kg/m ³)	Kırıcıların enerji tüketim değerleri (kwh/ton)			
		Birincil kırıcı	İkincil kırıcı	Tersiyer kırıcı	Toplam
1	0,416	0,692	0,763	0,778	2,233
2	0,395	0,734	0,805	0,966	2,505
3	0,291	0,955	0,967	1,797	3,719
4	0,511	0,641	0,791	0,859	2,291
5	0,300	0,916	0,951	1,710	3,577
6	0,404	0,705	0,742	1,497	2,943
7	0,195				
8	0,282				
9	0,326				

Bu değerlendirme kısmında özgül şarj ile kırıcıların tükettiği toplam enerji değerleri arasında %'de 82,00 katsayısıyla bir regresyon ilişkisi olduğu görülmüş ve sonuçları da Şekil 6.19'da verilmiştir.



Şekil 6.19 Özgül şarj ile kırıcıların tükettiği toplam enerji değerleri arasındaki ilişki.

6.3.1.5 Özgül Şarj ile Patar Miktarı Arasındaki İlişki

Bölüm 3.9'da ayrıntısı verilen yöntem kullanılarak dokuz adet patlatma deneyinde oluşan patar miktarları kaydedilmiştir (Tablo 6.21).

Tablo 6.21 Özgül şarj ile patar miktarı değerleri.

Deney No.	Özgül şarj (kg/m ³)	Toplam patar miktarı (ton)
1	0,416	145,000
2	0,395	238,520
3	0,291	754,180
4	0,511	82,940
5	0,300	258,000
6	0,404	208,000
7	0,195	340,000
8	0,282	1288,050
9	0,326	340,000

Aravadi kalker ocağında yapılan patlatma deneylerinde özgül şarj ile patar miktarı arasında herhangi bir ilişkinin olmadığı görülmüştür.

6.3.2 Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneylerinin Maliyet Hesapları

Bu patlatma deneylerine ait patlayıcı madde, yükleyici, kırıcı, nakliye, patlatma deliği delinmesinde kullanılan delici makinesi ve patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcının birim tondaki maliyetleri hesaplanarak değerlendirilmiştir.

6.3.2.1 Patlatma Deliği Delinmesinde Kullanılan Delici Makinasının Maliyetinin Belirlenmesi

Aravadi kalker ocağında gerçekleştirilen patlatma işlemleri 127 mm çapına sahip patlatma delikleri oluşturularak yapılmıştır. Bu çalışma sahasında bir patlatma deliğinin 1m uzunluğunda delinmesi, ortalama 1,545 dakika zamanda gerçekleşmiştir. Ayrıca delici makinanın tükettiği yakıt miktarı da ortalama olarak 16,5lt/saat olarak kaydedilmiştir. Bu değerler, her patlatma deneyinde belli sürede ölçüm ve gözlemler yapılarak ortalama olarak elde edilmiştir.

Patlatma deneylerinde öncelikle delik sayısı, ortalama delik boyu ve 1 m deliğin delinmesinde geçen süre değerleri kullanılarak delici makinanın her patlatma deneyi için ayrı ayrı çalışma saatleri hesaplanmıştır. Patlatma sonucu oluşan malzeme miktarı değerlerinin delici makinanın çalışma saat değerlerine bölünmesiyle delici makinanın birim saatteki çalışma kapasiteleri belirlenmiş daha sonra da delici makinanın bir saatteki yakıt tüketim değerlerinin çalışma kapasitesi değerlerine bölünmesiyle de her bir patlatma deneyine ait birim tondaki yakıt tüketimi maliyetleri bulunmuştur. Ayrıca birim metredeki delici uç maliyeti 0,9 TL alınarak toplam delik uzunluğu ve malzeme miktarları değerleriyle birlikte delici uç maliyetleri de hesaplanmıştır. Delici makinanın birim tondaki yakıt tüketimi ile delici uç maliyetleri toplanarak delici makinanın birim tondaki toplam maliyetleri tespit edilmiştir (Tablo 6.22 ve Şekil 6.20).

Tablo 6.22 Delici makinasının maliyet hesapları.

Deney No.	Delik sayısı	Ortalama delik boyu (m)	Delici makinasının birim saatteki yakıt tüketimi (l/saat)	Delici makinanın çalışma süresi (saat)	Patlatma sonucu oluşan malzeme miktarı (ton)	Delici makinasının birim çalışma kapasitesi (ton/saat)	Delici makinasının birim yakıt tüketimi (lt./ton)	Birim delme maliyeti (TL/ton)	Birim tondaki delici uç maliyeti (TL/ton)	Delici makinasının toplam birim delme maliyeti (TL/ton)
1	2	17,00	16,50	0,88	1607,07	1835,603	0,017	0,032	0,020	0,052
2	2	17,00		0,88	1692,09	1932,713	0,017	0,031	0,018	0,049
3	2	17,00		0,88	2454,44	2803,472	0,006	0,022	0,013	0,034
4	2	17,00		0,88	1426,45	1629,298	0,010	0,036	0,022	0,058
5	2	17,00		0,88	2428,08	2773,364	0,006	0,022	0,013	0,034
6	3	17,00		1,31	2625,62	1999,330	0,008	0,031	0,018	0,047
7	2	17,00		0,88	3748,80	4281,896	0,004	0,014	0,009	0,022
8	3	16,00		1,24	3989,73	3227,937	0,005	0,018	0,011	0,029
9	2	17,00		0,88	2442,76	2790,131	0,006	0,022	0,013	0,034

*Delici ucu maliyeti 0,9 TL/m, 1 lt motorin 3,6 TL olarak alınmıştır.

Burada çalışma sahasındaki kayaç dayanım değerinin hep aynı olmasından dolayı delici makinasının maliyet değeri, delici makinasının ekonomik-teknik özellikleri ve deldiği toplam delik uzunluğuna bağlı olarak değişmiştir.

6.3.2.2 Patlayıcı Madde Maliyetinin Belirlenmesi

Kayacın parçalanmasında kullanılan toplam ANFO, yemleme olarak kullanılan toplam dinamit ve patlatma sonucu oluşan toplam malzeme miktarları her bir patlatma deneyi için çok hassas bir şekilde gözlemlenerek kaydedilmiştir. Bu verilerle, bir ton malzemenin patlaması için kullanılan toplam ANFO ve dinamit miktarları hesaplanmıştır. Delik başına kapsül fiyatı 14,994 TL olarak alınmış ve delik sayısıyla toplam malzeme miktarları kullanılarak birim tondaki kapsül maliyetleri de tespit edilmiştir. Daha sonra da birim tondaki patlayıcı madde maliyeti tüm patlatma deneyleri için bulunmuştur (Tablo 6.23 ve Şekil 6.20).

Tablo 6.23 Patlayıcı madde maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.

Deney No.	Delik sayısı	Ortalama Delik boyu (m)	Patlatma sonucu oluşan toplam malzeme miktarı (ton)	Kullanılan toplam ANFO miktarı (kg)	Kullanılan toplam yemleme miktarı (kg)	Toplam kapsül miktarı (adet)	Toplam maliyet (TL)	*Birim tondaki toplam patlayıcı madde maliyeti (TL/ton)
1	2	17,00	1607,07	250,0	1,25	4	524,021	0,326
2	2	17,00	1692,09	250,0	1,25	4	524,021	0,310
3	2	17,00	2454,44	267,5	1,25	4	558,041	0,227
4	2	17,00	1426,45	275,0	1,25	4	572,621	0,401
5	2	17,00	2428,08	275,0	1,25	4	572,621	0,236
6	3	17,00	2625,62	400,0	1,88	6	834,631	0,318
7	2	17,00	3748,80	275,0	1,25	4	572,621	0,153
8	3	16,00	3989,73	425,0	1,88	6	883,231	0,221
9	2	17,00	2442,76	300,0	1,25	4	621,221	0,254

*1 kg. ANFO 1,944 TL, 1 delik için kapsül 14,994 TL ve 1 kg. dinamit 6,426 TL olarak alınmıştır (NİTROMAK).

6.3.2.3 Yükleyici Yakıt Maliyetinin Belirlenmesi

Yükleyicinin patlatma sonucu oluşan malzemeyi yükleme sırasında, birim saatte tükettiği yakıt miktarı değerlerinin, birim saatteki yükleme kapasitesi değerlerine bölünmesiyle yükleyicinin bir ton malzeme yüklemesinde tükettiği yakıt miktarları elde edilmiş ve bu değerler kullanılarak herbir deney için yükleyicinin birim tondaki tükettiği yakıt maliyetleri hesaplanmıştır (Tablo 6.24 ve şekil 6.20).

Tablo 6.24 Yükleyicinin yakıt maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.

Deney No.	Yükleyicinin maliyet hesapları					
	Yükleyici yakıt tüketimi (lt/saat)	Bir kamyonun ortalama yüklenme süresi (saniye/kamyon)	Bir kamyonun ortalama yüklenme tonajı (ton/kamyon)	Yükleyicinin birim saatteki yükleme kapasitesi (ton/saat)	Yükleyicinin birim tondaki yakıt tüketimi (lt/ton)	*Birim tondaki yükleyici yakıt maliyeti (TL/ton)
1	36,5	202,10	35,83	638,250	0,057	0,205
2	37,9	208,78	34,97	603,019	0,063	0,227
3	41,2	232,05	34,27	531,711	0,077	0,279
4	32,8	196,57	33,53	614,161	0,053	0,193
5	40,8	234,23	36,26	557,289	0,073	0,263
6	37,0	210,57	32,60	557,263	0,066	0,239
7	41,5	249,48	33,23	479,509	0,087	0,311
8	41,0	231,44	35,31	549,244	0,075	0,268
9	39,7	226,68	35,89	569,906	0,070	0,250

*1 lt motorin 3,6 TL olarak alınmıştır.

6.3.2.4 Nakliye Maliyetinin Belirlenmesi

Aravadi bölgesinde yapılan patlatma deneylerine ait nakliye maliyetinin belirlenmesi, Arkavadi kalker ocağına ait patlatma deneylerinin nakliye maliyetinin belirlenmesi kısmında ayrıntılı bir şekilde verilen metoda göre yapılmıştır.

1,919 ton/m³ yığın yoğunluğundaki malzemenin 1 km taşınma maliyeti olan 0,0684 TL/ton (referans noktası) değerı üzerinden yığın yoğunluğu değerleri de kullanılarak her bir patlatma deneyi için birim tondaki nakliye maliyetleri hesaplanmıştır (Tablo 6.25 ve şekil 6.20).

Tablo 6.25 Patlatma deneylerine ait birim nakliye maliyetleri.

Nakliye prosesinin maliyet hesapları			
Deney No.	1,919 ton/m ³ yığın yoğunluğundaki malzemenin 1 km taşınma maliyeti (TL/ton*1 km)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)	Birim tondaki nakliye maliyeti (TL/ton* 1km)
1	0,0684	1,726	0,076
2		1,722	0,076
3		1,691	0,078
4		1,732	0,076
5		1,705	0,077
6		1,723	0,076
7		1,686	0,078
8		1,688	0,078
9		1,707	0,077

Bu değerlendirmede, kamyonların taşıdığı malzeme tonaj farkları birbirine yakın değerler içerdiğinden bir kamyonun daha çok malzeme taşıdığında daha çok yakıt tüketeceği durumu ihmal edilmiştir.

6.3.2.5 Kırıcı Maliyetlerinin Belirlenmesi

Aravadi bölgesinde yapılan patlatma deneylerine ait kırıcı amper tüketim değerleri son üç patlatma deneyinde ölçülemediğinden dolayı bu kısma ait değerlendirmeler ilk altı patlatma deneyi için yapılmıştır. Patlatma sonucu oluşan malzemenin kırılması-ufalanması sırasında kaydedilen kırıcı amper tüketim değerleri, geçen toplam süre değerleri ve kırıcılara beslenen toplam malzeme miktarları kullanılarak her patlatma deneyi için kırıcıların birim tonda tükettiği toplam enerji değerleri kwh olarak hesaplanmış ve bu değerler yardımıyla kırıcıların birim tondaki enerji maliyetleri tespit edilmiştir (Tablo 6.26 ve Şekil 6.20).

Tablo 6.26 Kırıcıların birim tondaki enerji maliyetleri.

Kırıcıların maliyet hesapları		
Deney No.	Kırıcıların toplam enerji tüketim değerleri (kwh/ton)	*Kırıcıların birim tondaki enerji maliyeti (TL/ton)
1	2,23	0,368
2	2,50	0,413
3	3,72	0,614
4	2,29	0,378
5	3,58	0,590
6	2,94	0,486
7		
8		
9		

*1 kwh 0,165 TL. olarak alınmıştır.

6.3.2.6 Patar Kırılmasında Kullanılan Hidrolik Kırıcı Maliyetinin Belirlenmesi

Arkavadi bölgesinde olduğu gibi bu çalışma sahasında da oluşan patarların kırılmasını hep aynı tip hidrolik kırıcı makinası gerçekleştirmiştir. Patarların kırılması sırasında yapılan ölçüm ve gözlemlerle hidrolik kırıcının birim saatteki yakıt tüketim ve çalışma kapasitesi değerleri tespit edilmiştir. Bu değerler, çalışma sahasının kayaç dayanım değeri ve hidrolik kırıcının ekonomik-teknik özelliklerine bağlı olarak oluşmuştur. Diğer bir deyişle sahanın kayaç dayanım değeri de sabit olduğundan dolayı ölçülen bu değerler, tüm patlatma deneyleri için sabit kalmıştır.

Aravadi kalker ocağında belli aralıklarla her patlatma deneyi için gerçekleştirilen ölçümler sonucunda hidrolik kırıcının bir saatteki ortalama yakıt tüketimi 17,5lt/saat, bir saatteki ortalama çalışma kapasitesi de 81,967 ton/saat olarak belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak hidrolik kırıcının bir ton patar kırması için gereken maliyetler hesaplanmıştır. Daha sonra da her bir patlatma deneyine ait toplam patar ve malzeme miktarı değerleri kullanılarak hidrolik kırıcının birim tondaki maliyetleri belirlenmiştir (Tablo 6.27 ve Şekil 6.20).

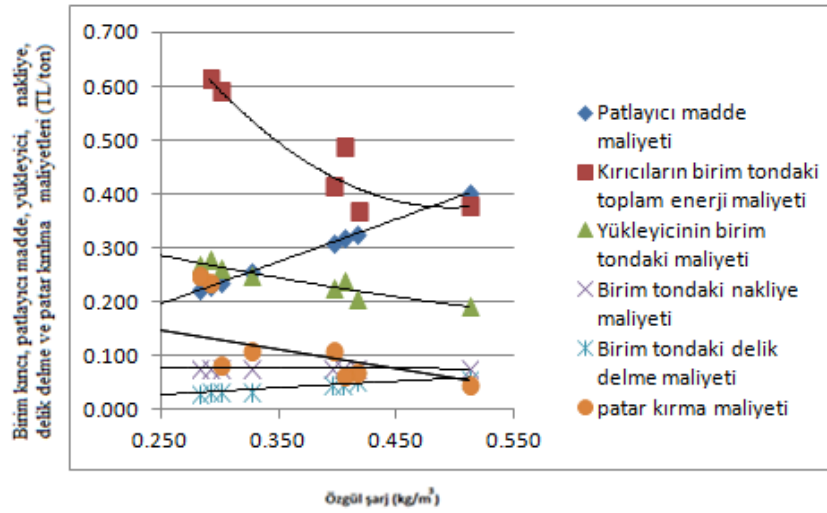
Tablo 6.27 Hidrolik kırıcının birim tondaki maliyet hesapları.

Deney No.	Hidrolik kırıcının birim saatteki yakıt tüketimi (l/saat)	Hidrolik kırıcının birim saatteki çalışma kapasitesi (ton/saat)	Hidrolik kırıcının birim tondaki yakıt tüketimi (lt/ton)	1 ton patarın kırılması için gereken maliyet (TL/ton)	Toplam patar miktarı (ton)	Tüm patarın kırılması ndaki toplam maliyet (TL)	Toplam malzeme miktarı (ton)	*Hidrolik kırıcının birim tondaki toplam maliyeti (TL/ton)
1	17,500	81,967	0,214	0,7704	145,000	111,447	1607,070	0,069
2					238,520	183,326	1692,090	0,108
3					754,180	579,663	2454,440	0,236
4					82,940	63,748	1426,450	0,045
5					258,000	198,299	2428,080	0,082
6					208,000	159,869	2625,620	0,061
7					340,000	261,324	3748,800	0,070
8					1288,050	989,995	3989,730	0,248
9					340,000	261,324	2442,760	0,107

*1 lt motorin de 3,6 TL olarak alınmıştır.

6.3.2.7 Toplam Maliyeti En az Yapan Optimum Özgül Şarj ve Ortalama Yığın Boyut Değerinin Belirlenmesi

Aravadi kalker ocağında gerçekleştirilen patlatma deneylerine ait açık ocak operasyonlarının maliyetle özgül şarj değişimini veren grafikler Şekil 6.20’de verilmiştir. Patlayıcı maddenin birim tondaki maliyet hesaplarında patlayıcı madde fiyatları; kırıcıların birim tondaki maliyet hesaplarında elektrik enerjisi fiyatı; yükleyici, nakliye, delik delme ve patar kırılmanın birim tondaki maliyet hesaplarında da tüketilen yakıt miktarları kullanılmıştır. Söz konusu açık ocak operasyonlarının birim tondaki maliyet hesaplarında işçilik, tamir-bakım ve yedek parça parametreleri hesaba katılmamıştır. Nitekim pratikte, hesaba katılmayan parametrelerin birim tondaki maliyetlerinin açık ocak operasyonları arasında yaklaşık olarak eşit miktarda olduğu bilinmektedir.



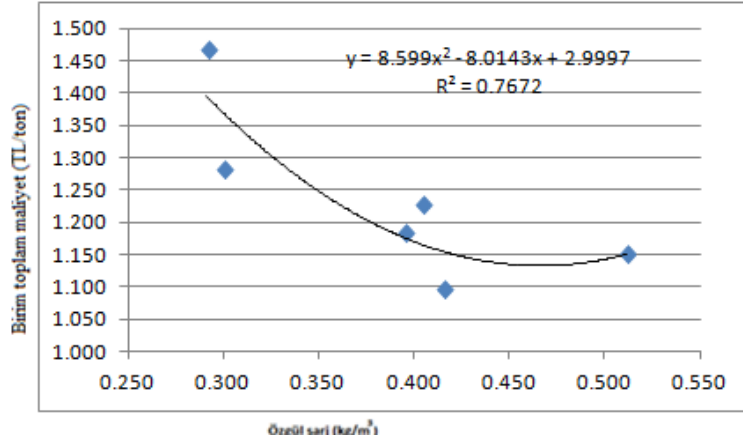
Şekil 6.20 Patlayıcı madde, yükleyici, kırıcı, nakliye, delici ve hidrolik kırıcı operasyonlarının birim tondaki maliyetleri ile özgül şarj ilişkisi.

Tablo 6.28’de her bir patlatma deneyi için hesaplanan açık ocak operasyonlarının birim maliyetleri ve bunların oluşturduğu birim toplam maliyet görülmektedir. Kırıcılara ait veriler son üç deneyde ölçülemediğinden dolayı son üç deney için toplam maliyet değerleri hesaplanmamıştır. Şekil 6.21’de de birim toplam maliyet ile özgül şarj değişimi verilmektedir.

Tablo 6.28 Açık ocak operasyonlarının birim maliyetleri.

Deney No.	Delici makinasının maliyeti (TL/ton)	Patlayıcı madde maliyeti (TL/ton)	Yükleyici yakıt maliyeti (TL/ton)	*Nakliye maliyeti (TL/ton 1km)	Kırıcı maliyeti (TL/ton)	Hidrolik kırıcı maliyeti (TL/ton)	Toplam maliyet (TL/ton)
1	0,052	0,326	0,205	0,076	0,368	0,069	1,098
2	0,049	0,310	0,227	0,076	0,413	0,108	1,183
3	0,034	0,227	0,279	0,078	0,614	0,236	1,468
4	0,058	0,401	0,193	0,076	0,378	0,045	1,150
5	0,034	0,236	0,263	0,077	0,590	0,082	1,282
6	0,047	0,318	0,239	0,076	0,486	0,061	1,227
7	0,022	0,153	0,311	0,078		0,070	
8	0,029	0,221	0,268	0,078		0,248	
9	0,034	0,254	0,250	0,077		0,107	

*Nakliye maliyetleri 1 km. için hesaplanmıştır.



Şekil 6.21 Birim tondaki toplam maliyet ve özgül şarj ilişkisi.

Birim tondaki toplam maliyeti en az yapacak özgül şarj değeri optimizasyon için önemlidir. Şekil 6.21’den de anlaşılacağı üzere özgül şarj değişimine göre oluşan tek bir çıktı mevcuttur. Sadece bir adet çıktının diğer bir deyişle birim tondaki toplam maliyet değerlerinin özgül şarj değişimine göre optimizasyonunu belirlemek için, söz konusu iki değişken arasında oluşan fonksiyonun türevi alınıp toplam maliyeti sıfır yapan özgül şarj değeri tespit edilmelidir. Bu iki değişken arasındaki denklem 2. dereceden polinom olarak

$$y = 8,599x^2 - 8,0143x + 2,9997 \quad (6.2)$$

şeklinde oluşmuştur.

y = Birim toplam maliyet (TL/ton)

x = Özgül şarj (kg/m³)

Fonksiyonun türevi alınıp sıfıra eşitlendiğinde

$2 * 8,599 * x - 8,0143 = 0$ denklemi elde edilmektedir.

Söz konusu denklem çözüldüğünde birim tondaki maliyetin en az olduğu özgül şarj değeri $x = 0,466 \text{ kg/m}^3$ olarak ortaya çıkmaktadır.

6.4 Üst Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Değerlendirmeler

Üst Aravadi kalker ocağında gerçekleştirilen 10 adet patlatma deneyinden elde edilen sonuçlar kendi içinde bu kısımda değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Öncelikle bağımlı değişkenlerle özgül şarj arasındaki ilişkiler değerlendirilmiş; daha sonra da her çalışma sahası için patlayıcı madde maliyetleri, yükleyici yakıt maliyetleri, kırıcı maliyetleri, nakliye maliyetleri, delme maliyetleri ve patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcı maliyetleri her patlatma deneyi için ayrı ayrı hesaplanarak toplam maliyeti en az yapan optimum özgül şarj ve ortalama boyut dağılımı değerleri tespit edilmiştir.

6.4.1 Bağımlı Değişkenler ile Özgül Şarj Arasındaki İlişkiler

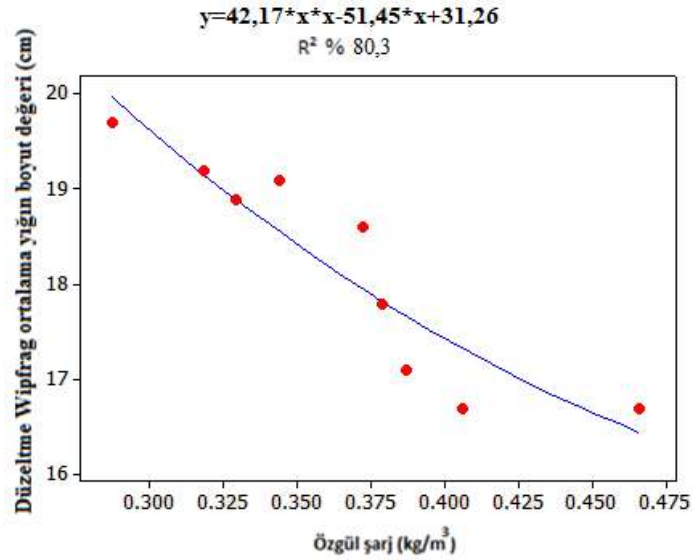
Yapılan bu değerlendirmede metot olarak özgül şarj değişimi ile diğer operasyonlar arasındaki veri sayısı ile iki değişkenli regresyon analizleri yapılmış ve aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

6.4.1.1 Özgül Şarj Parça Boyut Dağılımı Arasındaki İlişki

Özgül şarj ile parça boyut dağılımı arasındaki ilişkinin belirlenmesinde Bölüm 3.3’de anlatılan metot kullanılarak yığının D50 değerleri hesaplanmıştır. Bu kapsamda, her bir patlatma deneyine ait özgül şarj ile patlatma sonucu oluşan yığındaki malzemenin; %’de 50’sinin (D50) altında kaldığı tane boyutları değerleri ile özgül şarj arasındaki ilişki incelenmiştir (Tablo 6.29 ve Şekil 6.22).

Tablo 6.29 Patlatma deneylerinin özgül şarj ve boyut dağılım değerleri.

Deney No.	Özgül şarj (kg/m ³)	Wipfrag D50 (cm)	Düzeltilme Wipfrag D50 (cm)
1	0,372	27,530	18,600
2	0,287	23,580	19,700
3	0,318	27,280	19,200
4	0,406	23,030	17,350
5	0,466	22,930	16,700
6	0,387	24,740	17,100
7	0,344	28,260	19,100
8	0,362	38,46	-
9	0,329	25,020	18,900
10	0,379	31,340	17,800



Şekil 6.22 Wipfrag ortalama tane boyutu ile özgül şarj değerleri arasındaki ilişki.

6.4.1.2 Özgül Şarj Yükleyici Performansı Arasındaki İlişki

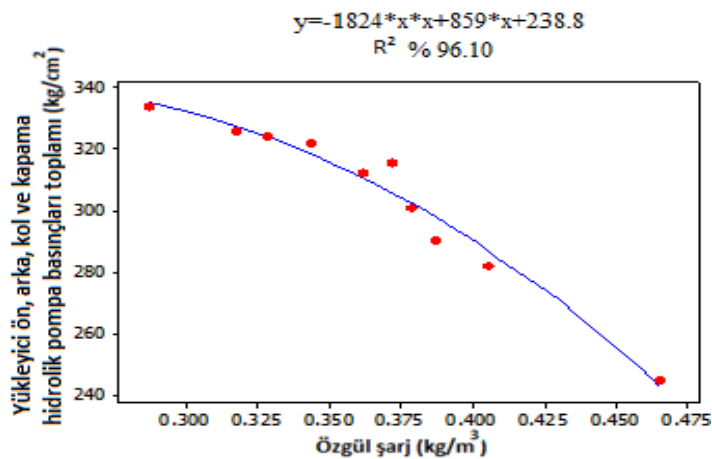
Özgül şarja göre yükleyici performansındaki değişimin belirlenmesi için dört farklı parametre incelenmiştir. Bunlar yükleyicinin kazı-yükleme esnasındaki hidrolik basınç değerleri değişimi, bir kamyonun ortalama yüklenme süresi değişimi, yükleyicinin yakıt tüketimi değerleri ve bir kamyonun ortalama yüklenme kepçe sayısı değerleridir. Arazide yapılan ölçümlerden elde edilen değerler Tablo 6.30’da,

bu değerlerin özgül şarj ile olan ilişkisini tanımlayan grafikler ise Şekil 6.23, 6.24, 6.25 ve 6.26’da verilmektedir.

Tablo 6.30 Yükleyici verimini belirleyen ölçülmüş değerler.

Deney No.	Özgül şarj (kg/m ³)	Yükleyici Hidrolik Basınçları (kg/cm ²)					Ortalama yüklenme Süresi sn./kamyon	Yükleyici Yakıt Tüketimi l/saat)	Ortalama kepçe sayısı adet/kamyon
		ön pompa	arka pompa	kol kapama	kova kapama	Toplam			
1	0,372	149,39	152,43	7,21	6,44	315,47	191,80	36,20	9,06
2	0,287	152,27	156,58	10,00	14,90	333,70	230,60	39,30	9,65
3	0,318	149,11	161,90	8,13	6,72	325,90	211,90	38,70	9,04
4	0,406	128,13	140,73	6,69	6,53	282,09	188,10	34,70	8,70
5	0,466	116,60	119,19	5,08	4,26	245,12	183,30	29,90	8,65
6	0,387	137,76	139,52	7,86	5,35	290,49	187,90	35,10	8,82
7	0,344	147,60	151,61	7,53	15,23	321,97	194,10	37,10	9,12
8	0,362	146,34	150,66	8,62	6,58	312,20	190,50	35,80	9,00
9	0,329	147,99	160,10	7,39	8,65	324,10	208,50	38,30	9,18
10	0,379	140,05	148,13	6,79	5,91	300,88	188,70	35,00	8,90

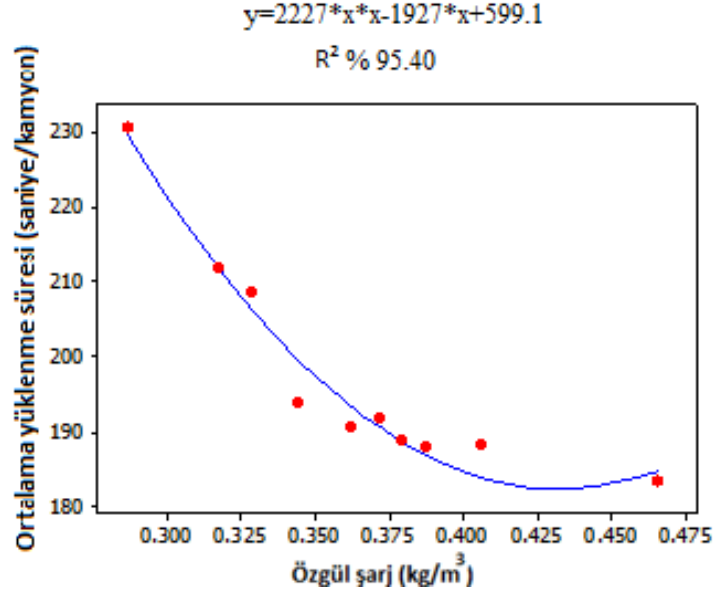
Yapılan patlatma deneylerinde her bir yığında oluşan yükleyici ön pompa, arka pompa, kol kapama ve kova kapama toplam hidrolik basınç değerlerinin özgül şarja göre ilişkileri tüm patlatma deneyleri göz önüne alınarak değerlendirilip sonuçları Şekil 6.23’de verilmiştir. Patlatmalardaki özgül şarj değeri arttıkça yükleyici toplam hidrolik basınç değerlerinin düştüğü görülmektedir.



Şekil 6.23 Özgül şarj ile yükleyicinin toplam hidrolik basınç değerleri arasındaki ilişki.

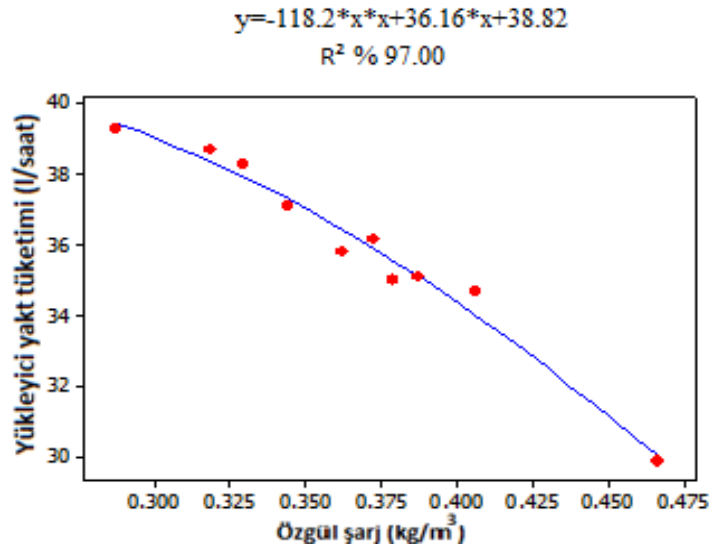
Çalışma sahasında gerçekleştirilen on adet patlatma deneyinden elde edilen verilere göre özgül şarj ile ortalama bir kamyonun yüklenme süresi arasında ters

orantılı olarak %'de 95,40 regresyon katsayısına sahip bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Şekil 6.24).



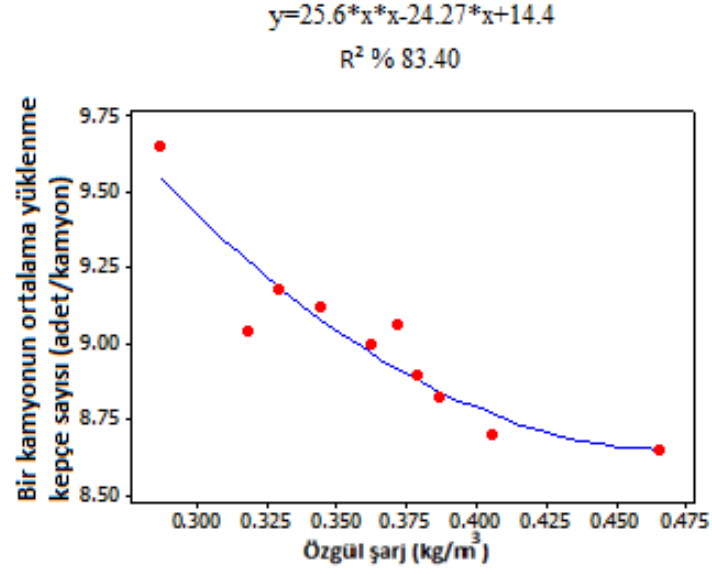
Şekil 6.24 Özgül şarj ile Ortalama yüklenme süresi arasındaki ilişki.

Yükleyicinin yakıt tüketimi değerleri 29,9 ile 39,3 l/saat arasında değişmektedir. Bu değerler özgül şarj ile değerlendirildiğinde aralarında Şekil 6.25'deki gibi bir ilişki oluşmaktadır.



Şekil 6.25 Özgül şarj ile yükleyici yakıt tüketimi arasındaki ilişki.

Özgül şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme kepece sayısı değerleri arasında %'de 83,40 regresyon katsayısı oluşup sonuçları da Şekil 6.26'da verilmektedir.



Şekil 6.26 Özgül şarj ile bir kamyonun ortalama yüklenme keçe sayısı arasındaki ilişki.

6.4.1.3 Özgül Şarj Nakliye Performansı Arasındaki İlişki

Her bir patlatma deneyi için özgül şarj ve yığın yoğunluğu diğer bir deyişle 1 metreküpte taşınan malzeme miktarı değerleri Tablo 6.32’de verilmiştir. Tablo 6.31’den de görüldüğü gibi bu veriler, her bir patlatma deneyi için her bir kamyonun taşıdığı malzeme miktarının kamyon kasa hacmine bölünüp ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

Tablo 6.31 Özgöl şarj ile yığın yoğunluğu değerleri.

Deney No.	Kamyon No.	Kamyon kasa hacmi	Her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı	Kamyon sefer sayısı	Her bir kamyonun taşıdığı malzeme yoğunluğu	Yığın yoğunluğu	Özgöl şarj
		m ³	ton		ton/m ³	ton/m ³	kg/m ³
1	2	20,83	36,65	6	1,76	1,78	0,37
	3	21,13	36,56	4	1,73		
	5	20,03	36,78	6	1,84		
	6	21,48	38,89	5	1,81		
	7	20,56	35,91	6	1,75		
	8	21,37	37,52	5	1,76		
	9	17,96	32,93	5	1,83		
	16	26,05	48,36	5	1,86		
	17	26,05	46,47	6	1,78		
	19	26,05	46,52	4	1,79		
2	20	25,15	43,04	6	1,71	1,77	0,29
	2	20,83	37,64	3	1,81		
	3	21,13	37,30	5	1,77		
	5	20,03	36,80	4	1,84		
	6	21,48	40,82	5	1,90		
	7	20,56	37,04	5	1,80		
	8	21,37	38,29	5	1,79		
	9	17,96	33,61	4	1,87		
	16	26,05	46,22	5	1,77		
	17	26,05	45,03	4	1,73		
	19	26,05	47,95	4	1,84		
	20	25,15	42,99	4	1,71		
3	21	27,55	39,67	5	1,44	1,77	0,32
	2	20,83	36,69	12	1,76		
	3	21,13	36,29	10	1,72		
	5	20,03	36,23	12	1,81		
	6	21,48	38,69	12	1,80		
	7	20,56	36,35	12	1,77		
	8	21,37	38,98	12	1,82		
	9	17,96	33,02	9	1,84		
	16	26,05	45,76	12	1,76		
	17	26,05	45,86	11	1,76		
	19	26,05	44,73	11	1,72		
	20	25,15	43,43	11	1,73		

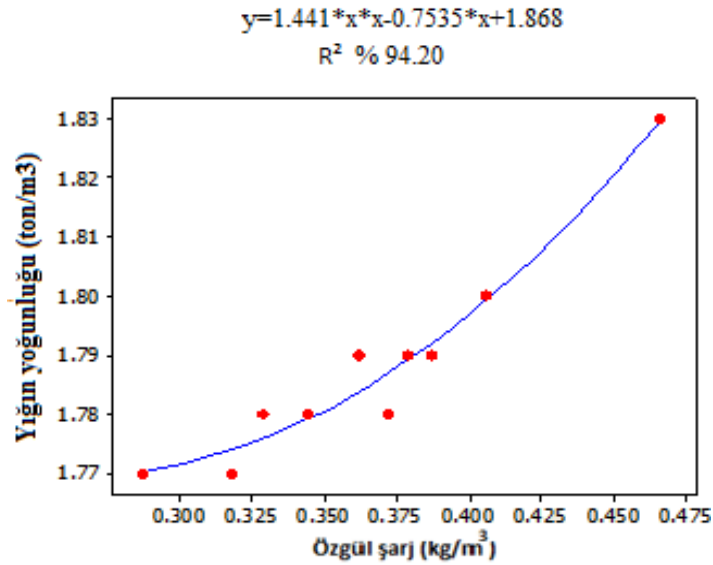
Tablo 6.31 Özgül şarj ile yığın yoğunluğu değerleri (Devamı).

4	2	20,83	36,59	10	1,76	1,80	0,41
	3	21,13	37,43	11	1,77		
	5	20,03	35,98	10	1,80		
	6	21,48	38,98	11	1,81		
	7	20,56	35,29	11	1,72		
	8	21,37	38,99	11	1,83		
	9	17,96	32,71	9	1,82		
	16	26,05	48,21	11	1,85		
	17	26,05	46,75	11	1,79		
	19	26,05	47,58	10	1,83		
5	3	21,13	37,74	3	1,79	1,83	0,47
	5	20,03	36,01	3	1,80		
	6	21,48	38,65	3	1,80		
	7	20,56	37,95	3	1,85		
	8	21,37	39,11	3	1,83		
	9	17,96	33,26	3	1,85		
	17	26,05	47,39	3	1,82		
	19	26,05	48,76	3	1,87		
6	2	20,83	37,89	2	1,82	1,80	0,39
	3	21,13	36,75	5	1,74		
	5	20,03	37,21	4	1,86		
	6	21,48	38,53	5	1,79		
	7	20,56	35,94	4	1,75		
	8	21,37	37,94	5	1,78		
	9	17,96	33,37	5	1,86		
	16	26,05	47,81	4	1,84		
	19	26,05	45,96	4	1,76		
	20	25,15	44,70	5	1,78		
7	2	20,83	36,99	9	1,78	1,78	0,34
	3	21,13	35,98	10	1,70		
	5	20,03	35,80	9	1,79		
	6	21,48	38,38	9	1,79		
	7	20,56	35,83	4	1,74		
	8	21,37	37,51	10	1,76		
	9	17,96	31,76	9	1,77		
	16	26,05	47,55	9	1,83		
	17	26,05	46,80	8	1,80		
	19	26,05	48,45	8	1,86		
	20	25,15	45,91	8	1,83		

Tablo 6.31 Özgöl şarj ile yığın yoğunluğu değerleri (Devamı).

8	2	20,83	38,46	2	1,85	1,79	0,36
	3	21,13	40,24	2	1,90		
	5	20,03	36,08	3	1,80		
	6	21,48	38,87	2	1,81		
	7	20,56	37,99	2	1,85		
	8	21,37	38,85	2	1,82		
	9	17,96	30,92	2	1,72		
	16	26,05	45,31	3	1,74		
	17	26,05	45,33	3	1,74		
	19	26,05	45,19	3	1,73		
	20	25,15	44,04	2	1,75		
9	2	20,83	37,07	5	1,78	1,78	0,33
	3	21,13	36,96	5	1,75		
	5	20,03	35,71	6	1,78		
	6	21,48	38,17	6	1,78		
	7	20,56	37,28	5	1,81		
	8	21,37	36,57	6	1,71		
	9	17,96	30,86	5	1,72		
	16	26,05	48,10	4	1,85		
	17	26,05	47,31	6	1,82		
	19	26,05	46,13	6	1,77		
	20	25,15	45,38	5	1,80		
10	2	20,83	36,94	5	1,77	1,79	0,38
	3	21,13	36,62	6	1,73		
	6	21,48	38,70	5	1,80		
	7	20,56	36,84	6	1,79		
	8	21,37	39,04	5	1,83		
	9	17,96	32,37	6	1,80		
	17	26,05	47,24	7	1,81		
	19	26,05	46,36	6	1,78		

Tüm patlatmalara ait özgöl şarj ile yığın yoğunluğu değerleri arasındaki regresyon ilişkisi Şekil 6.27’de verilmektedir.



Şekil 6.27 Özgöl şarj ile yığın yoğunluğu değerleri arasındaki ilişki.

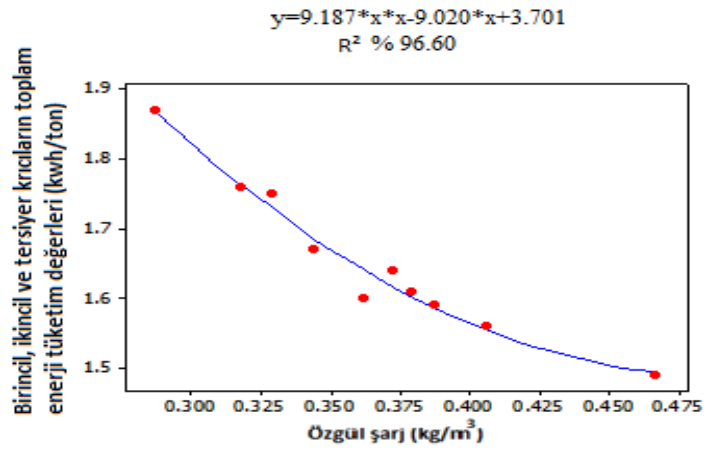
6.4.1.4 Özgöl Şarj Kırıcı Tesisi Performansı Arasındaki İlişki

Bölüm 3’de tesis akım şeması ve ölçüm alım tekniği ayrıntılarıyla verilen Bornova mıcır kırma eleme tesisinde on adet deneye ait enerji sarfiyatına yönelik ölçümler alınmıştır. Bu değerler Tablo 6.32’de verilmektedir.

Tablo 6.32 Özgöl şarj ile kırıcıların tükettiği enerji değerleri.

Deney No.	Özgöl şarj (kg/m ³)	Kırıcıların enerji tüketim değerleri (kwh/ton)			
		Birincil kırıcı	İkincil kırıcı	Tersiyer kırıcı	Toplam
1	0,372	0,42	0,46	0,75	1,64
2	0,287	0,48	0,51	0,88	1,87
3	0,318	0,47	0,50	0,78	1,76
4	0,406	0,37	0,44	0,74	1,56
5	0,466	0,28	0,41	0,80	1,49
6	0,387	0,36	0,46	0,77	1,59
7	0,344	0,45	0,48	0,74	1,67
8	0,362	0,34	0,45	0,80	1,60
9	0,329	0,44	0,47	0,84	1,75
10	0,379	0,36	0,47	0,79	1,61

Bu değerlendirme kısmında özgül şarj ile kırıcıların tükettiği toplam enerji değerleri arasında %’de 96,60 katsayısıyla bir regresyon ilişkisi olduğu görülmüş ve sonuçları da Şekil 6.28’de verilmiştir.



Şekil 6.28 Özgöl şarj ile kırıcıların tükettiği toplam enerji değerleri arasındaki ilişki.

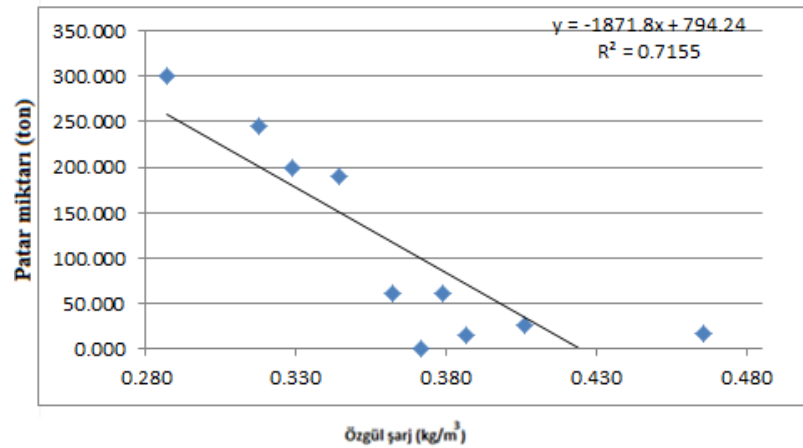
6.4.1.5 Özgöl Şarj Patar Miktarı Arasındaki İlişki

Bölüm 3.9’da ayrıntısı verilen yöntem kullanılarak her bir patlatma deneyinde oluşan patar miktarları kaydedilmiştir (Tablo 6.33).

Tablo 6.33 Özgöl şarj ile patar miktarı değerleri.

Deney No.	Özgöl şarj (kg/m ³)	Toplam patar miktarı (ton)
1	0,372	0,000
2	0,287	300,000
3	0,318	245,000
4	0,406	25,000
5	0,466	17,000
6	0,387	15,000
7	0,344	190,000
8	0,362	60,000
9	0,329	200,000
10	0,379	60,000

Her bir patlatma sonucunda ortaya çıkan patar miktarlarıyla özgöl şarj değişimleri Şekil 6.29’da verilmektedir.



Şekil 6.29 Patar miktarı değerleriyle özgöl şarj ilişkisi.

6.4.2 Üst Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneylerinin Maliyet Hesapları

Bu patlatma deneylerine ait patlayıcı madde, yükleyici, kırıcı, nakliye, patlatma deliği delinmesinde kullanılan delici makinesi ve patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcının birim tondaki maliyetleri hesaplanarak değerlendirilmiştir.

6.4.2.1 Patlatma Deliği Delinmesinde Kullanılan Delici Makinasının Maliyetinin Belirlenmesi

Üst Aravadi kalker ocağında gerçekleştirilen patlatma işlemleri 89 mm çapına sahip patlatma delikleri oluşturularak yapılmıştır. Bu çalışma sahasında bir patlatma deliğinin 1m uzunluğunda delinmesi, ortalama 1,179 dakika zamanda gerçekleşmiştir. Ayrıca delici makinanın tükettiği yakıt miktarı da ortalama olarak 15lt/saat olarak kaydedilmiştir. Bu değerler, her patlatma deneyinde belli sürede ölçüm ve gözlemler yapılarak ortalama olarak elde edilmiştir.

Patlatma deneylerinde öncelikle delik sayısı, ortalama delik boyu ve 1 m deliğin delinmesinde geçen süre değerleri kullanılarak delici makinanın her patlatma deneyi için ayrı ayrı çalışma saatleri hesaplanmıştır. Patlatma sonucu oluşan malzeme miktarı değerlerinin delici makinanın çalışma saat değerlerine bölünmesiyle delici makinanın birim saatteki çalışma kapasiteleri belirlenmiş daha sonra da delici makinanın bir saatteki yakıt tüketim değerlerinin çalışma kapasitesi değerlerine bölünmesiyle de her bir patlatma deneyine ait birim tondaki yakıt tüketimi maliyetleri bulunmuştur. Ayrıca birim metredeki delici uç maliyeti 0,9 TL alınarak toplam delik uzunluğu ve malzeme miktarları değerleriyle birlikte delici uç maliyetleri de hesaplanmıştır. Delici makinanın birim tondaki yakıt tüketimi ile delici uç maliyetleri toplanarak delici makinanın birim tondaki toplam maliyetleri tespit edilmiştir (Tablo 6.34 ve Şekil 6.30).

Tablo 6.34 Delici makinasının maliyet hesapları.

Deney No.	Delik sayısı	Ortalama delik boyu (m)	Delici makinasının birim saatteki yakıt tüketimi (l/saat)	Delici makinasının çalışma süresi (saat)	Patlatma sonucu oluşan malzeme miktarı (ton)	Delici makinasının birim çalışma kapasitesi (ton/saat)	Delici makinasının birim yakıt tüketimi (lt/ton)	Birim delme maliyeti (TL/ton)	Birim tondaki delici uç maliyeti (TL/ton)	Delici makinasının toplam birim delme maliyeti (TL/ton)
1	6	13,00	15,000	1,533	2343,940	1529,288	0,010	0,036	0,031	0,065
2	7	12,00		1,651	2350,100	1423,785	0,011	0,038	0,032	0,070
3	20	13,70		5,384	7816,740	1451,819	0,010	0,038	0,032	0,068
4	18	14,00		4,952	4965,160	1002,698	0,015	0,054	0,045	0,099
5	4	14,00		1,100	995,800	904,944	0,017	0,059	0,050	0,110
6	7	13,50		1,857	2084,940	1122,792	0,013	0,049	0,041	0,088
7	18	13,80		4,881	5861,800	1200,928	0,012	0,045	0,038	0,083
8	6	14,00		1,651	1673,460	1013,850	0,015	0,054	0,045	0,099
9	7	14,00		1,926	2653,400	1377,889	0,011	0,040	0,032	0,072
10	7	14,00		1,926	2305,120	1197,030	0,013	0,045	0,038	0,083

*Delici ucu maliyeti 0,9 TL/m, 1 lt motorin 3,6 TL olarak alınmıştır.

Burada çalışma sahasındaki kayaç dayanım değerinin hep aynı olmasından dolayı delici makinasının maliyet değeri, delici makinasının ekonomik-teknik özellikleri ve deldiği toplam delik uzunluğuna bağlı olarak değişmiştir.

6.4.2.2 Patlayıcı Madde Maliyetinin Belirlenmesi

Kayacın parçalanmasında kullanılan toplam ANFO, yemleme olarak kullanılan toplam dinamit ve patlatma sonucu oluşan toplam malzeme miktarları her bir patlatma deneyi için çok hassas bir şekilde gözlemlenerek kaydedilmiştir. Bu verilerle, bir ton malzemenin patlaması için kullanılan toplam ANFO ve dinamit miktarları hesaplanmıştır. Delik başına kapsül fiyatı 14,994 TL olarak alınmış ve delik sayısıyla toplam malzeme miktarları kullanılarak birim tondaki kapsül maliyetleri de tespit edilmiştir. Daha sonra da birim tondaki patlayıcı madde maliyeti tüm patlatma deneyleri için bulunmuştur (Tablo 6.35 ve Şekil 6.30).

Tablo 6.35 Patlayıcı madde maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.

Deney No.	Delik sayısı	Ortalama delik boyu	Patlatma sonucu oluşan toplam malzeme miktarı (ton)	Kullanılan toplam ANFO miktarı (kg)	Kullanılan toplam yemleme miktarı (kg)	Toplam kapsül miktarı (adet)	Toplam maliyet (TL)	*Birim tondaki toplam patlayıcı madde maliyeti (TL/ton)
1	6	13,00	2343,94	325,00	3,750	12	1342,551	0,318
2	7	12,00	2350,10	250,01	4,375	14	1114,347	0,263
3	20	13,70	7816,74	925,00	12,500	40	3921,129	0,279
4	18	14,00	4965,16	750,00	11,250	36	3240,332	0,363
5	4	14,00	995,80	172,50	2,500	8	740,486	0,413
6	7	13,50	2084,94	300,01	4,375	14	1289,307	0,344
7	18	13,80	5861,80	750,00	11,250	36	3240,332	0,307
8	6	14,00	1673,46	225,00	3,750	12	992,631	0,330
9	7	14,00	2653,40	325,01	4,375	14	1376,787	0,288
10	7	14,00	2305,12	324,91	4,375	14	1376,437	0,332

*1 kg. ANFO 1,944 TL, 1 delik için kapsül 14,994 TL ve 1 kg. dinamit 6,426 TL olarak alınmıştır (NİTROMAK).

6.4.2.3 Yükleyici Yakıt Maliyetinin Belirlenmesi

Yükleyicinin patlatma sonucu oluşan malzemeyi yükleme sırasında, birim saatte tükettiği yakıt miktarı değerlerinin, birim saatteki yükleme kapasitesi değerlerine bölünmesiyle yükleyicinin bir ton malzeme yüklemesinde tükettiği yakıt miktarları elde edilmiş ve bu değerler kullanılarak herbir deney için yükleyicinin birim tondaki tükettiği yakıt maliyetleri hesaplanmıştır (Tablo 6.36 ve şekil 6.30).

Tablo 6.36 Yükleyicinin yakıt maliyetinin belirlenmesinde kullanılan veriler.

Deney No.	Yükleyicinin maliyet hesapları					
	Yükleyici yakıt tüketimi (lt/saat)	Bir kamyonun ortalama yüklenme süresi (saniye/kamyon)	Bir kamyonun ortalama yüklenme tonajı (ton/kamyon)	Yükleyicinin birim saatteki yükleme kapasitesi (ton/saat)	Yükleyicinin birim tondaki yakıt tüketimi (lt/ton)	*Birim tondaki yükleyici yakıt maliyeti (TL/ton)
1	36,20	191,80	39,36	738,770	0,049	0,176
2	39,30	230,60	39,61	618,369	0,064	0,229
3	38,70	211,90	39,94	678,546	0,057	0,205
4	34,70	188,10	40,05	766,507	0,045	0,163
5	29,90	183,30	40,3	791,489	0,038	0,136
6	35,10	187,90	39,22	751,421	0,047	0,168
7	37,10	194,10	38,37	711,654	0,052	0,188
8	35,80	190,50	38,29	723,591	0,049	0,178
9	38,30	208,50	38,51	664,921	0,058	0,207
10	35,00	188,70	39,4	751,669	0,047	0,168

*1 lt motorin 3,6 TL olarak alınmıştır.

6.4.2.4 Nakliye Maliyetinin Belirlenmesi

Üst Aravadi bölgesinde yapılan patlatma deneylerine ait nakliye maliyetinin belirlenmesi, Arkavadi kalker ocağına ait patlatma deneylerinin nakliye maliyetinin belirlenmesi kısmında ayrıntılı bir şekilde verilen metoda göre yapılmıştır.

1,919 ton/m³ yığın yoğunluğuındaki malzemenin 1 km taşınma maliyeti olan 0,0684 TL/ton (referans noktası) değerı üzerinden yığın yoğunluğu değerleri de

kullanılarak her bir patlatma deneyi için birim tondaki nakliye maliyetleri hesaplanmıştır (Tablo 6.37 ve Şekil 6.30).

Tablo 6.37 Patlatma deneylerine ait birim nakliye maliyetleri.

Nakliye prosesinin maliyet hesapları			
Deney No.	1,919 ton/m ³ yığın yoğunluğundaki malzemenin 1 km taşınma maliyeti (TL/ton*1 km)	Yığın yoğunluğu (ton/m ³)	Birim tondaki nakliye maliyeti (TL/ton* 1km)
1	0,0684	1,780	0,074
2		1,770	0,074
3		1,770	0,074
4		1,800	0,073
5		1,820	0,072
6		1,800	0,073
7		1,780	0,074
8		1,790	0,074
9		1,780	0,074
10		1,790	0,074

Bu değerlendirmede, kamyonların taşıdığı malzeme tonaj farkları birbirine yakın değerler içerdiğinden bir kamyonun daha çok malzeme taşıdığında daha çok yakıt tüketeceği durumu ihmal edilmiştir.

6.4.2.5 Kırıcı Maliyetlerinin Belirlenmesi

Patlatma sonucu oluşan malzemenin kırılması-ufalanması sırasında kaydedilen kırıcı amper tüketim değerleri, geçen toplam süre değerleri ve kırıcılara beslenen toplam malzeme miktarları kullanılarak her patlatma deneyi için kırıcıların birim tonda tükettiği toplam enerji değerleri kwh olarak hesaplanmış ve bu değerler yardımıyla kırıcıların birim tondaki enerji maliyetleri tespit edilmiştir (Tablo 6.38 ve Şekil 6.31).

Tablo 6.38 Kırıcıların birim tondaki enerji maliyetleri.

Kırıcıların maliyet hesapları		
Deney No.	Kırıcıların toplam enerji tüketim değerleri (kwh/ton)	*Kırıcıların birim tondaki enerji maliyeti (TL/ton)
1	1,636	0,270
2	1,866	0,308
3	1,756	0,290
4	1,555	0,257
5	1,488	0,246
6	1,588	0,262
7	1,669	0,275
8	1,597	0,264
9	1,751	0,289
10	1,613	0,266

*1 kwh 0,165 TL. olarak alınmıştır.

6.4.2.6 Patar Kırılmasında Kullanılan Hidrolik Kırıcı Maliyetinin Belirlenmesi

Arkavadi bölgesinde olduğu gibi bu çalışma sahasında da oluşan patarların kırılmasını hep aynı tip hidrolik kırıcı makinası gerçekleştirmiştir. Patarların kırılması sırasında yapılan ölçüm ve gözlemlerle hidrolik kırıcının birim saatteki yakıt tüketim ve çalışma kapasitesi değerleri tespit edilmiştir. Bu değerler, çalışma sahasının kayaç dayanım değeri ve hidrolik kırıcının ekonomik-teknik özelliklerine bağlı olarak oluşmuştur. Diğer bir deyişle sahanın kayaç dayanım değeri de sabit olduğundan dolayı ölçülen bu değerler, tüm patlatma deneyleri için sabit kalmıştır.

Bu çalışma sahası için belli aralıklarla gerçekleştirilen ölçümler sonucunda hidrolik kırıcının bir saatteki ortalama yakıt tüketimi 17,5lt/saat, bir saatteki ortalama çalışma kapasitesi de 95,238 ton/saat olarak belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak hidrolik kırıcının bir ton patar kırması için gereken maliyetler hesaplanmıştır. Daha sonra da her bir patlatma deneyine ait toplam patar ve malzeme miktarı değerleri kullanılarak hidrolik kırıcının birim tondaki maliyetleri belirlenmiştir (Tablo 6.39 ve Şekil 6.30).

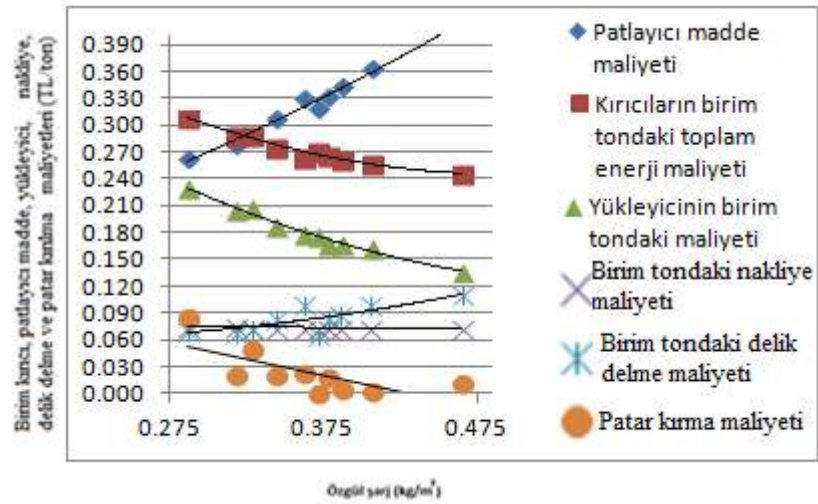
Tablo 6.39 Hidrolik kırıcının birim tondaki maliyet hesapları.

Deney No.	Hidrolik kırıcının birim saatteki yakıt tüketimi (l/saat)	Hidrolik kırıcının birim saatteki çalışma kapasitesi (ton/saat)	Hidrolik kırıcının birim tondaki yakıt tüketimi (lt/ton)	1 ton patarın kırılması için gereken maliyet (TL/ton)	Toplam patar miktarı (ton)	Tüm patarın kırılmasında ki toplam maliyet (TL)	Toplam malzeme miktarı (ton)	*Hidrolik kırıcının birim tondaki toplam maliyeti (TL/ton)
1	17,500	95,238	0,184	0,648	0,000	0,000	2343,940	0,000
2					300,000	540,000	2350,100	0,084
3					245,000	441,000	7816,740	0,021
4					25,000	45,000	4965,160	0,003
5					17,000	30,600	995,800	0,011
6					15,000	27,000	2084,940	0,005
7					190,000	342,000	5861,800	0,021
8					60,000	108,000	1673,460	0,024
9					200,000	360,000	2653,400	0,050
10					60,000	108,000	2305,120	0,017

*1 lt motorin de 3,6 TL olarak alınmıştır.

6.4.2.7 Toplam Maliyeti En az Yapan Optimum Özgül Şarj ve Ortalama Yığın Boyut Değerinin Belirlenmesi

Üst Aravadi kalkır ocağında gerçekleştirilen patlatma deneylerine ait açık ocak operasyonlarının maliyetle özgül şarj değişimini veren grafikler Şekil 6.30'da verilmiştir. Patlayıcı maddenin birim tondaki maliyet hesaplarında patlayıcı madde fiyatları; kırıcıların birim tondaki maliyet hesaplarında elektrik enerjisi fiyatı; yükleyici, nakliye, delik delme ve patar kırılmanın birim tondaki maliyet hesaplarında da tüketilen yakıt miktarları kullanılmıştır. Söz konusu açık ocak operasyonlarının birim tondaki maliyet hesaplarında işçilik, tamir-bakım ve yedek parça parametreleri hesaba katılmamıştır. Nitekim pratikte, hesaba katılmayan parametrelerin birim tondaki maliyetlerinin açık ocak operasyonları arasında yaklaşık olarak eşit miktarda olduğu bilinmektedir.



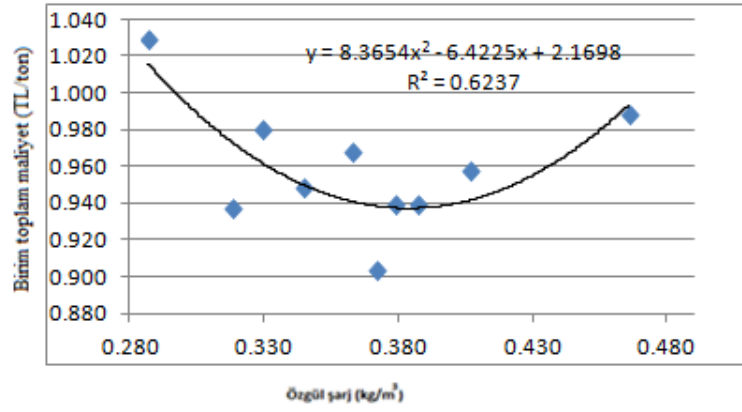
Şekil 6.30 Patlayıcı madde, yükleyici, kırıcı, nakliye, delici ve hidrolik kırıcı operasyonlarının birim tondaki maliyetleri ile özgül şarj ilişkisi.

Tablo 6.40’da her bir patlatma deneyi için hesaplanan açık ocak operasyonlarının birim maliyetleri ve bunların oluşturduğu birim toplam maliyet görülmektedir. Şekil 6.31’de de birim toplam maliyet ile özgül şarj değişimi verilmektedir.

Tablo 6.40 Açık ocak operasyonlarının birim maliyetleri.

Deney No.	Delici makinasının maliyeti (TL/ton)	Patlayıcı madde maliyeti (TL/ton)	Yükleyici yakıt maliyeti (TL/ton)	*Nakliye maliyeti (TL/ton 1km)	Kırıcı maliyeti (TL/ton)	Hidrolik kırıcı maliyeti (TL/ton)	Toplam maliyet (TL/ton)
1	0,065	0,318	0,176	0,074	0,270	0,000	0,903
2	0,070	0,263	0,229	0,074	0,308	0,084	1,029
3	0,068	0,279	0,205	0,074	0,290	0,021	0,937
4	0,099	0,363	0,163	0,073	0,257	0,003	0,958
5	0,110	0,413	0,136	0,072	0,246	0,011	0,988
6	0,088	0,344	0,168	0,073	0,262	0,005	0,940
7	0,083	0,307	0,188	0,074	0,275	0,021	0,948
8	0,099	0,330	0,178	0,074	0,264	0,024	0,967
9	0,072	0,288	0,207	0,074	0,289	0,050	0,980
10	0,083	0,332	0,168	0,074	0,266	0,017	0,939

*Nakliye maliyetleri 1 km. için hesaplanmıştır.



Şekil 6.31 Birim tondaki toplam maliyet ve özgöl şarj ilişkisi.

Birim tondaki toplam maliyeti en az yapacak özgöl şarj değeri optimizasyon için önemlidir. Şekil 6.31'den de anlaşılacağı üzere özgöl şarj değişimine göre oluşan tek bir çıktı mevcuttur. Sadece bir adet çıktının diğer bir deyişle birim tondaki toplam maliyet değerlerinin özgöl şarj değişimine göre optimizasyonunu belirlemek için, sözkonusu iki değişken arasında oluşan fonksiyonun türevi alınıp toplam maliyeti sıfır yapan özgöl şarj değeri tespit edilmelidir. Bu iki değişken arasındaki denklem 2. dereceden polinom olarak

$$y = 8,3654x^2 - 6,4225x + 2.1698 \quad (6.3)$$

şeklinde oluşmuştur.

y = Birim toplam maliyet (TL/ton)

x = Özgöl şarj (kg/m³)

Fonksiyonun türevi alınıp sıfıra eşitlendiğinde

$2 * 8,3654x - 6,4225 = 0$ denklemi elde edilmektedir.

Sözkonusu denklem çözüldüğünde birim tondaki maliyetin en az olduğu özgöl şarj değeri $x = 0,383 \text{ kg/m}^3$ olarak ortaya çıkmaktadır. Bu özgöl şarj değeri, Wipfrag ortalama boyut dağılımı ile özgöl şarj arasında oluşan fonksiyonunda

($D50 = 58,42x^2 - 63,57x + 33,42$) yerine koyulduğunda optimum ortalama yığın boyut değeri **$D50 = 17,642 \text{ cm}$** olarak elde edilmektedir.

Açık ocak operasyonlarının toplam maliyetini en az yapan kayaç dayanımı ve süreksizlik özelliklerine göre optimum özgül şarj ve ortalama boyut değerleri her üç çalışma sahası için Tablo 6.41’de verilmektedir. Aravadi kalker ocağı’nda yapılan patlatma deneylerinde yığının ortalama boyut değeri ile diğer değişkenler arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır.

Tablo 6.41 Çalışma sahalarından ölçülen parametreler.

Çalışma sahası	Patlatma deney sayısı	Optimum özgül şarj (kg/m^3)	Optimum ortalama yığın boyut değeri (cm)	Ortalama tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Patlatma aynalarının süreksizlik düzlem açısı	Ortalama süreksizlik aralığı (cm/çatlak)
Arkavadi kalker ocağı	12	0,585	15,756	38,000	Yüzeyin içinde	<50 cm
Aravadi kalker ocağı	9	0,466	-	29,305	Yüzeyin içinde	<50 cm
Üst Aravadi kalker ocağı	10	0,383	17,642	20,330	Yüzeyin içinde	<50 cm

Tablo 6.41’den de görüldüğü gibi kayacın tek eksenli basınç dayanımı değeri, açık ocak operasyonlarının maliyetini en az yapan özgül şarj değerini önemli ölçüde etkilemektedir. Kayacın tek eksenli basınç dayanımı değeri arttıkça toplam maliyeti en az yapan özgül şarj değeri de artmaktadır.

Arkavadi kırma tesisinde primer kırıcı çeneli, sekonder kırıcı da paletli kırıcı tipinde olurken; Bornova mıcır kırma tesisinde ise primer kırıcı çeneli tipi, sekonder kırıcı da çekiçli tipindedir. Kırıcı enerji tüketim değerleri kırıcıların ufalama oranlarıyla direkt ilişkilidir. Bu nedenle Arkavadi kırma tesisinde malzeme 0.3 cm’ye kadar kırılırken, Bornova mıcır tesisinde ise malzeme 2.5 cm’ye kadar kırılarak üretim gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle Arkavadi kalker ocağında yapılan patlatma deneylerinde birim tondaki kırıcı maliyetleri daha fazla olmuştur.

Gerçekleştirilen tüm patlatma deneylerine ait patlayıcı maddenin birim tondaki maliyet hesaplarında ANFO, yemleme olarak kullanılan dinamit ve kapsül fiyatları,

kırıcılarının birim tondaki maliyet hesaplarında elektrik enerjisi fiyatı; yükleyici, nakliye, delik delme ve patar kırılmanın birim tondaki maliyet hesaplarında da tüketilen yakıt miktarları kullanılmıştır. Patlayıcı madde maliyet hesaplarında; 1kg. ANFO 1,944 TL, 1 kg. dinamit 6,426 TL ve 1 delik için kapsül 14,994 TL (NİTROMAK), kırıcı maliyet hesaplarında, 1kwh 0,165 TL, yükleyici, nakliye, delik delme ve patar kırılma maliyet hesaplarında da 1 lt. yakıt miktarı 3,6 TL olarak alınmıştır.

6.5 Aravadi ve Üst Aravadi Kalker Ocağında Yapılan Patlatma Deneylerinin Birlikte Değerlendirilmesi

Aravadi ve Üst Aravadi kalker ocağında gerçekleştirilen patlatma deneylerinde, Bölüm 3’de ayrıntılı bir şekilde verilen malzeme yükleme ve kırma işlemini aynı tip ekipmanlar yapmıştır. Patlatma sonucu oluşan malzemenin yüklemesini aynı tip olan PC 550 LC ters kepçeli hidrolik yükleyici gerçekleştirirken; malzeme kırılmasını da Bornova mıcır olarak adlandırılan yine aynı tip kırma tesisi yapmıştır. Yığın yoğunluğu değerleri de sadece yığın boyut dağılımına bağlı bir değer olarak oluşmaktadır. Bu nedenle söz konusu iki kalker ocağında yapılan patlatma deneyleri sonucunda elde edilen yükleyici, kırıcı ve yığın yoğunluğu verimlerini belirleyen veriler birlikte değerlendirilebilir.

Aşağıda hem Aravadi hem de Üst Aravadi kalker ocağında yapılan patlatma deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak yükleyici, kırıcılar ve yığın yoğunluğu değerleri, özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımı değerlerine göre ilişkilendirilip bağıntılar oluşturulmuştur.

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımına göre bir kamyonun ortalama yüklenme süresini belirleyen bağıntı 0,887 regresyon katsayısıyla

$$b = 2,24y - 200x + 225 \quad (6.4)$$

şeklinde elde edilmektedir.

b = Bir kamyonun ortalama yüklenme süresi (sn)

x = Özgöl şarj değeri (kg/m^3)

y = Kayacın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde özgöl şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımına göre yükleyicinin çalışması sırasında yağ pistonlarında oluşan toplam hidrolik basınç değerini belirleyen bağıntı 0,766 regresyon katsayısıyla

$$c = 2,21y - 261x + 356 \quad (6.5)$$

şeklinde elde edilmektedir.

c = Yükleyicinin yağ pistonlarında oluşan toplam hidrolik basınç değeri (kg/cm^2)

x = Özgöl şarj değeri (kg/m^3)

y = Kayacın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde özgöl şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımına göre yükleyici yakıt tüketim değerini belirleyen bağıntı 0,881 regresyon katsayısıyla

$$d = 0,229y - 35,2x + 44,2 \quad (6.6)$$

şeklinde elde edilmektedir.

d = Yükleyici yakıt tüketim değeri (lt/saat)

x = Özgöl şarj değeri (kg/m^3)

y = Kayacın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde özgöl şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımına göre yükleyicinin bir kamyonu yüklemesindeki ortalama kepçe sayısı değerini belirleyen bağıntı 0,774 regresyon katsayısıyla

$$e = 0,0134y - 3,57x + 10 \quad (6.7)$$

şeklinde elde edilmektedir.

e = Yükleyicinin bir kamyonu yüklemesindeki ortalama kepçe sayısı değeri (adet)

x = Özgül şarj değeri (kg/m^3)

y = Kayacın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımına göre yığın yoğunluğu değerini belirleyen bağıntı 0,973 regresyon katsayısıyla

$$f = 0,214x - 0,00842y + 1,88 \quad (6.8)$$

şeklinde elde edilmektedir.

f = Yığın yoğunluğu değeri (ton/m^3)

x = Özgül şarj değeri (kg/m^3)

y = Kayacın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımına göre birincil kırıcı enerji tüketim değerini belirleyen bağıntı 0,969 regresyon katsayısıyla

$$g = 0,0452y - 1,37x - 0,0221 \quad (6.9)$$

şeklinde elde edilmektedir.

g = Birincil kırıcı enerji tüketim değeri (kwh/ton)

x = Özgül şarj değeri (kg/m^3)

y = Kayacın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımına göre ikincil kırıcı enerji tüketim değerini belirleyen bağıntı 0,959 regresyon katsayısıyla

$$h = 0,0432y - 0,791x - 0,124 \quad (6.10)$$

şeklinde elde edilmektedir.

h = İkincil kırıcı enerji tüketim değeri (kwh/ton)

x = Özgül şarj değeri (kg/m^3)

y = Kayacın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımına göre birincil ve ikincil kırıcı toplam enerji tüketim değerini belirleyen bağıntı 0,883 regresyon katsayısıyla

$$k = 0,148y - 5,06x + 0,48 \quad (6.11)$$

şeklinde elde edilmektedir.

k = Birincil ve ikincil kırıcı toplam enerji tüketim değerini (kwh/ton)

x = Özgül şarj değeri (kg/m^3)

y = Kayacın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

Yığın yoğunluğu değerleri sadece yığın boyut dağılımına bağlı bir değer olarak oluşmaktadır. Bu nedenle Arkavadi, Aravadi ve Üst Aravadi kalker ocaklarında yapılan patlatma deneyleri sonucunda elde edilen yığın yoğunluğu değerleri sözkonusu her üç kalker ocağı için birlikte değerlendirilebilir.

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde özgül şarj ve kayacın tek eksenli basınç dayanımına göre her üç kalker ocağında yapılan patlatma deneylerinden elde edilen yığın yoğunluğu değerini belirleyen bağıntı 0,755 regresyon katsayısıyla

$$m = 0,405x - 0,0051y + 1,74 \quad (6.12)$$

şeklinde elde edilmektedir.

m = Yığın yoğunluğu değeri (ton/m³)

x = Özgül şarj değeri (kg/m³)

y = Kayacın tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

BÖLÜM YEDİ

SONUÇLAR

Bu araştırma kapsamında İzmir-Bornova’da bulunan Batı Anadolu Çimento Fabrikası’na ait Arkavadi, Aravadi ve Üst Aravadi olarak adlandırılan kalker ocaklarında birtakım patlatma deneyleri yapılarak; kırıcı, yükleyici ve nakliye operasyonu maliyetlerinin özgül şarj ve yığın boyut dağılımına göre optimizasyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Arkavadi bölgesinde oniki adet, Aravadi bölgesinde dokuz adet ve Üst Aravadi bölgesinde de on adet olmak üzere toplam otuzbir patlatma deneyi gerçekleştirilmiştir. Her bir patlatma deneyinin baştan sona bitmesi 10 ile 48 saat arası sürmüştür. Aşağıda, patlatma deneylerini gerçekleştirme sırasında arazide yapılan çalışmalar verilmektedir.

1. Patlatma deneylerinin tümünde patlatılacak aynanın süreksizlik ölçümleri, hat etüdü ve pusula yöntemleriyle belirlenip, patlatma geometrisi-delik düzeni bilgileri ile birlikte kullanılan patlayıcı miktarları tespit edilmiştir.
2. Her bir patlatma deneyinde patlatma sonucu oluşan yığından boyut dağılımı analizi yapmak üzere görüntüler alınmıştır. Boyut dağılım analizleri, WipFrag görüntü analiz programı ile D25, D50 ve D75 olarak her yığın için belirlenmiştir. Wipfrag ile belirlenen boyut dağılımı analizlerinin gerçeği tam olarak yansıtamadığından dolayı ortalama boyut dağılımlarını hesaplayan yeni bir metod geliştirilmiş ve Aravadi kalker ocağında yapılan patlatma deneyleri hariç her patlatma deneyi için yeni boyut dağılımı değerleri hesaplanmıştır.
3. Birim hakimdeki patlayıcı madde miktarı (özgül şarj), her deney için ayrı ayrı tüm malzemenin yüklenip tesiste kırılması beklenene kadar çok hassas bir şekilde belirlenmiştir. En yüksek özgül şarj değeri Arkavadi bölgesinin 3. patlatma deneyinde $0,65 \text{ kg/m}^3$ değeri olarak; en düşük özgül şarj değeri ise Aravadi bölgesine ait 7. patlatma deneyinde $0,195 \text{ kg/m}^3$ olarak gerçekleşmiştir.

4. Yükleyici performansının belirlenmesinde yükleyicinin, bir kamyonu ortalama yükleme süresi, kepçe sayısı, hidrolik basınç değişimleri ve yakıt tüketim değerleri parametrelerinin tamamı kullanılmıştır.
5. Her patlatma deneyi için her bir kamyonun taşıdığı ortalama malzeme miktarı ve kamyon kasa hacimleri değerleri kullanılarak her bir kamyon için taşınan malzeme yoğunluğu hesaplanmıştır. Bu malzeme yoğunluğuna göre kamyonların sefer sayısı kullanılarak ağırlıklı ortalama ile her patlatma deneyine ait yığın yoğunluğu değerleri bulunmuştur. Patlatma sonucu oluşan yığının oluşturduğu malzeme miktarları ve malzemenin kaç sefer-kamyonla taşındığı bilgileri işletmeye ait kantardan alınmıştır.
6. Kırıcı veriminin belirlenmesinde kırıcıların tükettiği enerji değerleri her bir patlatma deneyi için kwh/ton olarak tespit edilmiştir.

Her üç kalker ocağında yapılan patlatma deneylerinin hepsinde de patlatma aynalarının yönleri aynı alınarak patlatma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle süreksizlik özellikleri tüm patlatmalarda hep aynı kalmıştır. Patlatma aynalarının süreksizlik özellikleri ile yapılan değerlendirmeler Lilly tarafından önerilen değişkenlere göre yapılmıştır. Süreksizlik  zelliklerinin yorumlanmasında farklı yöntemler geliőtirilebilir. Yapılan kaya mekaniksel testlerden her üç çalışma sahasına ait kayaç dayanım değerleri birbirinden farklı olarak tespit edilmiştir. Farklı kayaç dayanımlarından dolayı değerlendirmeler her üç çalışma sahası için ayrı ayrı olarak yapılmıştır. Her kalker ocağı kendi içinde süreksizlik özellikleri ve kayacın tek eksenli basınç dayanımı değerleri aynı kalmıştır. Dolayısıyla her çalışma sahası kendi içinde olmak üzere bağımlı değişkenler sadece  zg l şarj değerleriyle iliőkilendirilmiştir.

Gerçekleştirilen patlatma deneylerinde  zg l şarj değerleri bağımsız değişken olarak kullanılmış ve bu değerlere bağlı olarak yığın boyut dağılımı, yükleyicinin bir kamyonu ortalama yükleme süresi, yükleyicinin bir kamyonu yükleme kepçe sayısı, yükleyicinin tüm yığını yüklemek için harcadığı yakıt miktarı, yükleyicinin hidrolik

pistonlarında oluşan basınç miktarları, yığın yoğunluğu ve kırıcıların enerji tüketim değerleri birer bağımlı değişken olarak ölçülmüştür. Burada patlatma aynalarının süreksizlik özellikleri ve farklı çalışma sahalarının kayaç dayanımları da kaya faktörü olarak oluşmuştur.

Her çalışma sahası kendi içinde olmak üzere değerlendirmelerde öncelikle bağımsız değişken olan özgül şarj değişimi ile bağımlı değişkenler arasında iki değişkenli regresyon analizleri yapılmış daha sonra da her çalışma sahası için patlayıcı madde maliyetleri, yükleyici yakıt maliyetleri, kırıcı maliyetleri, nakliye maliyetleri, delme maliyetleri ve patar kırılmasında kullanılan hidrolik kırıcı maliyetleri her patlatma deneyi için ayrı ayrı hesaplanarak optimum özgül şarj ve ortalama yığın boyut değerleri tespit edilmiştir. Söz konusu açık ocak operasyonlarının maliyetini en az yapan optimum özgül şarj ve ortalama yığın boyut değerleri Arkavadi ocağında **0,585 kg/m³ ve 15,756 cm**, Aravadi ocağında **0,466 kg/m³ ve 19,655 cm**, Üst Aravadi ocağında ise **0,383 kg/m³ ve 17,642 cm** olarak belirlenmiştir.

Aravadi ve Üst Aravadi kalker ocağında gerçekleştirilen patlatma deneylerinde patlatma sonucu oluşan malzemenin yüklemesini ve malzeme kırılmasını aynı tip ekipmanlar gerçekleştirmiştir. Yığın yoğunluğu değerleri de sadece yığın boyut dağılımına bağlı bir değer olarak oluşmaktadır. Bu nedenle söz konusu iki kalker ocağında yapılan patlatma deneyleri sonucunda elde edilen yükleyici, kırıcı ve yığın yoğunluğu verimlerini belirleyen veriler birlikte değerlendirilmiş ve özgül şarj-kayacın tek eksenli basınç dayanım değerlerine göre bağıntılar oluşturulmuştur.

Yığın yoğunluğu değerleri sadece yığın boyut dağılımına bağlı bir değer olarak oluştuğundan dolayı Arkavadi, Aravadi ve Üst Aravadi kalker ocaklarında yapılan patlatma deneyleri sonucunda elde edilen yığın yoğunluğu değerleri söz konusu her üç kalker ocağı için birlikte değerlendirilmiş ve bu yığın yoğunluğu değerleriyle özgül şarj-kayacın tek eksenli basınç dayanım değerleri arasında bağıntılar oluşturulmuştur.

Kayacın tek eksenli basınç dayanımı değeri, açık ocak operasyonlarının maliyetini en az yapan özgül şarj değerini önemli ölçüde etkilemektedir. Açık ocak operasyonlarında en çok maliyet, kırma operasyonlarında meydana gelmektedir. Ayrıca kayacın dayanımı arttıkça kırma operasyonlarındaki enerji tüketimi de artmaktadır. Kayaç dayanımının en yüksek olduğu Arkavadi kalker ocağında yapılan patlatma deneylerinde, kırma operasyonlarının birim maliyeti diğer çalışma sahalarında yapılan patlatma deneylerine göre daha yüksek elde edilmiştir. Bu nedenle dayanımı yüksek olan kayaçlarda daha fazla patlayıcı madde kullanılarak daha ince boyutta malzeme elde edilmesi sağlanmalıdır. Bu durum, kırma operasyonlarından dolayı açık ocak operasyonlarının toplam birim maliyetinin en az olması için avantajlı olmaktadır.

Bu tez çalışmaları ile yığın boyut dağılımı ve özgül şarj değerlerine göre açık ocak operasyonlarının veriminin nasıl değiştiği belirlenmiştir. Gerçekleştirilen patlatma deneylerinin hepsinde Anfo tipi patlayıcı madde kullanılmıştır. Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda, farklı patlayıcı maddelerin kullanılmasıyla sözkonusu çalışmaların verimleri belirlenebilir. Açık ocak operasyonlarında en çok maliyet boyut küçültme işlemlerinin en sonuncusu olan öğütme işlemlerinde olmaktadır. Dolayısıyla patlatma işleminde kullanılan özgül şarj parametresinin öğütme operasyonuna etkisi incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Akyol, E. (2002). *Kaya mekaniği-I ders notları*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Denizli.
- Anon, (2007). Coal mine deaths declined in first half of year-report. *Dow Jones International News*, China.
- Arıoğlu, E. (1990). Açık işletmelerde patlatma tasarımında dilim kalınlığının belirlenmesine işletme ve jeomekanik büyükleri gözetten yarı analitik bir yaklaşım. 2. *Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu, Bildiriler, 5-7 Kasım, Ankara*, 55-81.
- Ash, R.L. (1973). *The influence of geological discontinuities on rock blasting*. Minneapolis Ph.D. Dissertation, University of Minnesota.
- Bilgin, H. ve Paşamehmetoğlu, A.G. (1986). Kayaların delinebilirlikleri ve patlatılabilirlikleri üzerine bir çalışma. M.A. Hindistan ve H. Aksoy, (Ed.), *1. Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu*, , Ankara, 113-125.
- Bilgin, H. A., Paşamehmetoğlu, A.G. ve Özkahraman H.T. (1993). Optimum burden determinatiton and fragmentation evaluation by full scale slab blasting. *Proceeding 4th International Symposium On Rock Fragmentation By Blasting*, Vienna, Austria.
- Brown, E.T. (Ed.). (1981). *Suggested methods: rock characterization, testing and monitoring*. London: Pergamon Pres.
- Carlsson, O. ve Nyberg, L. (1983). A method for estimation of fragment size distribution with automatic image processing. R. Holmberg ve A. Rustan, (Ed.),

In Proceeding 1st International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, 333-345.

Chung, S. H., Lee, N. H. ve Hunter, C. J. (1991). A blast design analysis for optimizing productivity at INCO Ltd's Thompson Open Pit. *Proceedings of 17th Conference on Explosives and Blasting Techniques*, 119-127.

Chung, S. H. ve Noy, M. J. (1996). Experience in fragmentation control. J. A Franklin ve P. D. Katsabanis, (Ed.), *Measurement of Blast Fragmentation*, 247-252.

Cunningham, C .V. B. (1983). The Kuz-Ram model for prediction of fragmentation from blasting. R. Holmberg ve A. Rustan, (Ed.), *In Proceeding 1st International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, 439-453.

Cunningham, C. V. B. (1987). Fragmentation estimations and the Kuz-Ram model – four years on. W. L. Fournery ve R. D. Dick, (Ed.), *In Proceeding 2nd International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, 475-487.

Currie, J. M. (1978). *Unit operation in mineral processing*. Burnby: Columbia Scientific Metallurgical.

Da Gama, D. (1983). Use of comminution theory to predict fragmentation of jointed rock masses subjected to blasting. *Proceedings, First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, 565-579.

Demenegas, V. (2008). *Fragmentation analysis of optimized blasting rounds in the aitik mine*. Lulea University of Tehcnology, Master Thesis, İsveç, 10-15.

- Doucent, C. (1995). *The effect of geology on fragmentation in small development headings*. McGill University, Master Thesis, Montreal, 74.
- Downs, D. C. ve Kettunen, B. E. (1996). On-line fragmentation measurement utilizing the cias system. J. A. Franklin ve P. D. Katsabanis, (Ed.), *Measurement of Blast Fragmentation*, 79-82.
- Esen, S., Onederra, I. ve Bilgin, H. A. (2003). Modelling the size of the crushing zone around a blasthole. *International Journal Rock Mechanics Mining Sciences*, 40, 485-495.
- Fourney, L. W., Barker, B. D. ve Holloway, C. D. (1983). Fragmentation in jointed rock material. *Proceedings First International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, 505-531.
- Frimpong, M., Kabongo, K. ve Davies, C. (1996). Diggability in a measure of dragline effectiveness and productivity. *Proceedings of 22nd Annual Conference on Explosives and Blasting Techniques*, 95-104.
- Goodman, R. ve Shi, G. H. (1985). Block theory and its application to rock engineering. *First Ed*. London: Prentice-Hall.
- Gupta, R.N. ve Adhikari, G.R. (1989). Influence of discontinuity structure on rock fragmentation by blasting. *International Journal of Mining and Geological Engineering*, 239-248.
- Gustafsson, R. (1973). *Swedish blasting technique*. Gothenberg, Sweden: SPI.

- Hamdi, E., Mouza, J. ve Fleurisson, J. (2002). Influence of rock mass structure on blast efficiency. X. Wang, (Ed.), *Proceeding 7th Internatinal Symosium on Rock Fragmentation by Blasting* içinde (747-753). Beijing: Met Industry Press.
- Hafsaoui, A. ve Talhi, K. (2009). Influence of joint direction and position of explosive charge on fragmentation. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, (34), 2A.
- Harries, G. (1983). A mathematical model of cratering and blasting. *Proceeding National Symposium on Rock Fragmentation*, Adelaide, 41-54.
- Havermann, T. ve Vogt, W. (1996). Tucips a system for the estimation of fragmentation after production blasts. J. A. Franklin ve P. D. Katsabanis, (Ed.), *Measurement of Blast Fragmentation*, 59-65.
- Heinze, H., (1974). Hanbuch spreng technik. Leibzing, GDR.
- Herbst, J. A. ve Pate, W. T. (2003). *Dynamic simulation of size reduction operations from mine-to-mill*. 31 Temmuz 2012,
http://www.metsominerals/inetMinerals//jah_mine_to_mill_simulation.pdf.
- Hoek, E. ve Bray, J. W. (1981). *Rock slope engineering*. London: Stephen Austin and Sons.
- Hopler, R. B. (1998). *Blaster's handbook*. International Society of Explosives Engineers (17th ed), Cleveland, Ohio, USA: ISBN: 1-892396-00-9.
- Hudson, J. A. (1989). *Rock mechanics principles in rock engineering practice*. England: Butterworth-Heinemann Ltd.

Hustrulid, W. (1999). *Blasting principles for open pit mining*. Rotterdam: A.A. Balkema.

I.S.R.M. (1981). *Suggested methods: Rock characterization, testing and monitoring*. London: E.T. Brown (ed), Pergamon Pres.

Kanchibotla, S. S., Morrell, S., Valery, W. ve O'loughlin, P. (1998). Exploring the effect of blast design on sag mill throughput at KCGM. *Mine to Mill 1998 Conference*, Brisbane.

Katsabanis, T. (1999). Calibration of optical digital fragmentation measuring systems. *Proceeding ISEE 25th Annual Conference Explosives and Blasting Techniques*, (2), 325-332.

Kemeny, J. M. (1994). Practical technique for determining the size distribution of blasted benches, waste dump and heap leach sites. *Mining Engineering*, 46 (11), 1281-1284.

Kıncal, C. (2005). İzmir iç körfezi çevresind yer alan birimlerin coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri kullanılarak mühendislik jeolojisi açısından değerlendirilmesi. *D.E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*.

Kleine, T. H. ve Cameron, A. R. (1996). Blast fragmentation measurement using goldsize. J. A. Franklin ve P. D. Katsabanis, (Ed.), *Measurement of Blast Fragmentation*, 83-89.

- Kojovic, T., S., Michaux ve McKenzie, C. M. (1995). Impact of blast fragmentation on crushing and screening operations in quarrying. In *Proc Explo'95 Conference*, 427-436. Publication series no. 6/95. AusIMM, Carlton VIC.
- Konak, G. ve Karakuş, D. (2007). İzmir ili Bornova-Belkahve mevkiinde bulunan kalker ocaklarının rehabilitasyon ve rekreasyonu projesi.
- Konya, J, A. ve Walter, E.J. (1990). *Surface blast desing*. New Jersey: Prenticehall.
- Kuznetsov, V. M. (1973). The mean diameter of the fragments formed by blasting rock. *Soviet Minin Sciense*, 9 (2), 144-148.
- La Pointe, P.R. ve Ganow, H.C. (1986). Influence of cleats and joints on production blast fragment size in the Wyodak coal Campbell County Wy. *27th Proceedings of the U.S. Symposium on Rock Mechanics*, Northwestern University, Evanston, III., 464-470.
- Lande, G. (1983). Influence of structural geology on controlled blasting in sedimentary rocks. case history. *Proceeding International Symposium On Rock Fragmentation By Blasting*. Lulea. Sweden.
- Langefors, U. ve Khilström, B. (1978). *The modern technique of blasting* (3. Baskı). Sweeden: Halsted Press.
- Latham, J. P., Kemeny, J., Maerz, N., Noy, M., Schleifer, J. Ve Tose, S. (2003). A blind comparison between results of four image analysis systems using a photo-library of piles of sieved fragments. *International Journal of Fragmentation by Blasting*, (7), 105-132.

- Lilly, P. A. (1986). An empirical method of assessing rock mass blastability. *Proceeding Large Open Pit Mining Conference*, 89-92.
- Liu, Q. ve Tran, H. (1996). Comparing systems – validation of fragscan, wipfrag and split. J. A. Franklin ve P. D. Katsabanis, (Ed.), *Measurement of Blast Fragmentation*, 151-155.
- Maerz, N. H., Palangio, T. C. ve Franklin, J. A. (1996). Wipfrag image based granulometry system. J. A. Franklin ve P. D. Katsabanis, (Ed.), *Measurement of Blast Fragmentation*, 91-98.
- McGill, M. ve Freadrich, J. (1994). The effect of fragmentation on loader productivity. *Proceedings of 5th State of the Art Seminar on Blasting Technology, Instrumentation and Explosives Application*, 713-724.
- Michaud, P. R. ve Blanchet, J. Y. (1996). Establishing a quantitative relation between post blast fragmentation and mine productivity a case study. *Proceedings of 5th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, 386-396.
- Molotilov, S. G., Cheskidov, V. I., Norri, V. K., Botvinnik, A. A. ve Il'bul'din, D. K. (2010). Methodical principles for planning the mining and loading equipment capacity for open cast mining with the use of dumpers. part III: service capacity determination. *Journal of Mining Science*, 46 (1), 38-49.
- Muhammad, A. R. (2009). *The effect of fragmentation specification on blasting cost*. Queen's University, Master Thesis, Canada, 36-38.

- Nielsen, K. (1987). Model studies of loading capacity as a function of fragmentation from blasting. *Proceedings of 3rd Mini-Symposium on Explosives and Blasting*, Research, 71-80.
- Nielsen, K. ve Kristiansen, J. (1996). Blasting-crushing-grinding: optimisation of an integrated comminution system. B. Mohanty, (Ed.), *Rock Fragmentation by Blasting*, Rotterdam: Balkema.
- Nielsen, K. (1999, a). Mine through mill reconciliation. can we really make it happen. *Minnblast 99 Conference*. Minnesota.
- Nielsen, K. (1999, b). Economic effects of blasting on the crushing and grinding of ores. *Proceeding 6th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, Johannesburg, 251-256.
- Novotny, D.(2006). Quarry days.
- Obert, L. ve Duvall, W. I. (1950). Generation and agitation of strain waves in *rock* part I. *USBMRI*, 4583.
- Olofsson, S. O. (1988). *Applied explosives technology for construction and mining* (2. Baskı). Sweden: Applex.
- Ouchterlony, F. (2005). The swebrec function: linking fragmentation by blasting and crushing. *Mining Technology*, 114 (1), 29-44.
- Özkahraman, H. T. (1994). *Critical evaluation of blast design parameters for discontinuous rocks by blasting*. Middle East Technical University, Ph. D. Thesis, Ankara.

- Özkahraman, H. T. ve Bilgin, H. A. (1996). Hâkim süreksizlik yönünün patlatmaya etkisi yerinde inceleme. 2. *Delme ve Patlatma Sempozyumu*, Ankara.
- Paley, N. ve Kojovic, T. (2001). Adjusting blasting to increase SAG mill throughput at the Red Dog mine. *In Proc. ISEE 27th Ann Conf Expl & Blasting Technic*, ISEE, Cleveland OH, 65-81.
- Raina, A. K., Choudhury, P. B., Ramulu, M., Chakraborty, A. K. ve Dudhankar, A. S. (2002). Fragalyst – an indigenous digital image analysis system for grain size measurement in mines. *Journal of The Geological Society of India*, 59, 561-569.
- Robert B. (Ed.) (1998). *Blaster's handbook*. (17. Baskı). Cleveland, Ohio: International Society of Explosives Engineers.
- Rosin, P. ve Rammler, E. (1933). The laws governing the fineness of powdered coal. *Journal of the Institute of Fuel*, (7), 29-36.
- Sarı, M. ve Lever, P.J.A. (2007). Effect of blasted rock particle size on excavation machine loading performance. *20th International Mining Congress and Exhibition of Turkey (IMCET)*, 6-8 June, Ankara, Turkey, 121-126.
- Schleifer, J. ve Tessier, B. (1996). Fragscan a tool to measure fragmentation of blasted rock. J. A. Franklin ve P. D. Katsabanis, (Ed.), *Measurement of Blast Fragmentation*, 73-78.
- Segarra, P., Sanchidrián, J. A., López, L. M. ve Querol, E. (2010). On the prediction of mucking rates in metal ore blasting. *Journal of Mining Science*, 46 (2), 167-176.

- Singh, D.P. ve Sarma, K.S. (1983). Influence of joints on rock blasting. a model scale study, *Proceeding 1st International Symposium On Rock Fragmentation By Blasting*, Lulea, Sweden.
- Singh D.P. ve Sastry V.R. (1987). Role of weakness planes in bench blasting. a critical study. *Proceeding 2nd International Symposium On Rock Fragmentation By blasting*, Keystone, Colorado.
- Singh, B. ve Roy, P. (1993). *Blasting in ground excavations and mines*. Rotterdam: AA Balkema.
- Singh, S. P. ve Yalçın, T. (2002). Effects of muck size distribution on scooping operations. *Proceedings of 28th Annual Conference on Explosives and Blasting Techniques*, 315-325.
- Singh, S. P., Yalçın, T., Glogger, M. ve Narendrula, R. (2003). Interaction between the size distribution of the muck and the loading equipment. *Proceedings of 4th International Conference on Computer Applications in Mineral Industries*, 1-13.
- Singh, S. P. ve Narendrula, R. (2006). Factors affecting productivity of loaders in surface mines. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 20-32.
- Topal, I., Elevli, B. ve Akcakoca, H. (2009). Kırmataş üretiminde hammadde tane boyutunun kırma-sınıflandırma tesisi üretim maliyetlerine etkileri. *Türkiye 21. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi*, 545-554.
- Toper, A. Z. (1988). *Study on blasting parameters in T.K.I. open lignite mine*. Middle East Technical University, Master Thesis, Ankara.

Tunstall A. M. ve Bearman, R. A. (1997). Influence of fragmentation on crushing performance. *Mining Engineering*, 49, 65-70.

Workman, L. ve Eloranta, J. (2004). The effects of blasting on crushing and grinding efficiency and energy consumption. *Proceeding ISEE 29th Annual Conference Explosives and Blasting Technique, I*, 131-140.

Zagreba, V. (2003). *A blasting fragmentation model of rocks*. West Virginia University, Master Thesis, United States of America.