

**DİVRİĞİ A-KAFA DEMİR MADENİ
İŞLETMESİNDE DELME-PATLATMA
GEOMETRİSİ VE SONUÇLARININ ANALİZİ
İLE İYİLEŞTİRME İMKANLARININ
ARAŞTIRILMASI**

**Kemal YILMAZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MART 2015

**T. C.
CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİVRİĞİ A KAFA DEMİR MADENİ İŞLETMESİNDE DELME-
PATLATMA GEOMETRİSİ VE SONUÇLARININ ANALİZİ İLE
İYİLEŞTİRME İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Kemal YILMAZ
(2012FEY074)**

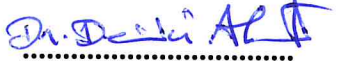
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet DEMİRCİ

**SİVAS
MART 2015**

KEMAL YILMAZ'ın hazırladığı ve “Divriği A Kafa Demir Madeni İşletmesinde Delme-Patlatma Geometrisi Ve Sonuçlarının Analizi İle İyileştirme İmkanlarının Araştırılması” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet DEMİRCİ
Cumhuriyet Üniversitesi


.....

Eş/İkinci Danışman : Yrd. Doç. Dr. Yavuz GÜL
Cumhuriyet Üniversitesi


.....

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Birol ELEVLİ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi


.....

: Prof. Dr. Kazım GÖRGÜLÜ
Cumhuriyet Üniversitesi


.....

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.

Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Kemal Yılmaz, 2015

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

26.03.2015

Kemal YILMAZ

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının ilk adımından başlayarak her aşamasında yaptığı yardım ve katkılarından dolayı danışman hocam sayın Prof. Dr. Ahmet DEMİRCİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma süresince bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren yardımcı danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Yavuz GÜL'e teşekkürlerimi sunarım

Arazi çalışmaları sırasındaki ilgi ve destekleri nedeniyle, Divriği A Kafa Açık İşletmesine Mütayitlik yapan Çiftay A.Ş. yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak da benim bu günlere gelmemde büyük emeği olan, gerek lisans, gerekse yüksek lisans eğitimim boyunca maddi ve manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmadan bana sürekli destek olan ve hep yanımda olan sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

DİVRİĞİ A-KAFA DEMİR MADENİ İŞLETMESİNDE DELME-PATLATMA GEOMETRİSİ VE SONUÇLARININ ANALİZİ İLE İYİLEŞTİRME İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI

Kemal YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet DEMİRCİ

2015, 149+xix sayfa

Madencilik faaliyetleri geneline bakıldığında en önemli faaliyetlerden biri, üretim faaliyetleri ile bağlantılı olarak sağlam-yarı sağlam oluşumlarda yürütülen delme-patlatma işlemleridir. Bu kapsamdaki atımlar, bir yandan üretim maliyetlerini, diğer yandan işçi sağlığı ve iş güvenliği ve çevre ile bağlantılı hususları etkilemektedir. Bu nedenle yürütülen delme ve patlatma faaliyetlerinin yeterli ve kabul edilebilir olup olmadığını araştırmak ve hangi atımın optimum bir atım kapsamına alınabileceğini belirlemek, işletmeler için önem taşımaktadır.

Bu kapsamda Erdemir Madencilik San. ve Tic. A.Ş.' ne ait Divriği A Kafa Demir Madeninde Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş. tarafından yapılan atımların yeterli olup olmadığı ve hangi atımın en uygun atım olabileceği araştırılmıştır. Bu doğrultuda atımlarla ilgili olarak delik düzenleri ve sayıları, patlayıcı madde miktarları, gecikme zamanları ve benzeri parametrelerle ilgili protokoller hazırlanmıştır. Patlatma sonucu oluşan yığın yayılımını, tane boyutu dağılımını ve yükleme zamanlarını belirleme işlemleri için dijital boyut analizleri ve çeşitli ölçüm metotları kullanılmıştır.

Bu doğrultuda atım gurupları ve toplam atımlar, powder faktör, birim maliyet, parçalanma, yayılım ve yükleme süresi gibi kriterler bazında değerlendirilerek hangi atımın optimal-atımlar kapsamına alınabileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Delme-patlatma, Açık ocak, Demir Madeni, Ufalanmanın Değerlendirilmesi

ABSTRACT

DRILLING AND BLASTING GEOMETRY, ANALYSIS AND IMPROVEMENTS OF THE RESULTS IN IRON ORE MINE OF DİVRİĞİ A-KAFA ORE BODY

Kemal YILMAZ

Master of Science Thesis, Department of Mining Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet DEMİRCİ

2015, 149 pages

One of the most important activities in mining establishments is the implementation of hard-rock mining by using drilling and blasting. These activities concern on the one hand the amount of unit costs of hard rock production and on the other hand the safety and health of employees and the protection of mine environment. For this reason it is necessary to determine whether the drilling and blasting activities carried out in mine site correspond to the requirements on the basis of technical criteria.

In this context the drilling activities being implemented by Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş. at A-Kafa iron ore mine in Divriği belonging to Erdemir Madencilik Sanayi ve Tic. A.Ş. are investigated according to the evaluation of alternative drilling and blasting pattern on the basis of technical and economic criteria that aims to find the best drilling and blasting pattern. In order to find a solution, first of all, a drilling and blasting protocol has been developed comprising drilling and blasting geometry, blasting time intervals, the amount of blasting agents, etc. Following blasting activities the size distribution of material, fragmentation degree, loading time of trucks and digital size analysis have been carried out on the field investigations.

Finally the blasting results have been assessed on the basis of unit cost, loading time, extension of blasted material on the bench surface and fragmentation degree. It has been decided which one of the blasting series has corresponded to the requirements of mine establishments.

Key Words: Drilling and blasting, open pit mining, iron ore mine, evaluation of fragmentation

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER DİZİNİ	xviii

1. GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tanımı.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı	1
1.3 Çalışmanın Kapsamı	2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1 Delme ve Patlatma İle İlgili Genel Hususlar.....	3
2.1.1 Delme ve patlatmanın önemi	3
2.1.2 Delme ve patlatmanın işletme ekonomisine etkileri.....	5
2.2 Delme ve Patlatma Tasarımına (Planlamasına) Dönük Yaklaşımlar	6
2.2.1 Patlatma sonuçlarını etkileyen parametreler	6
2.2.1.1 Kaya birimlerinin malzeme ve kütle özellikleri	7
2.2.1.2 Patlayıcı maddenin cinsi, özellikleri ve dağılımı.....	9
2.2.1.3 Patlatma ve ateşleme geometrisi.....	9
2.3 Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesine Dönük Yaklaşımlar	10
2.3.1 Hazır tablolar bazında delme-patlatma tasarımlarına dönük yaklaşımlar	11
2.3.2 Grafik esaslı delme-patlatma tasarımlarına dönük yaklaşımlar.....	13
2.3.3 Delme-patlatma tasarımlarına model yaklaşımlar	16
2.3.3.1 Özgül şarjın belirlenmesi	16
2.3.3.2 Dilim kalınlığının belirlenmesi.....	19
2.3.3.3 Delik çapının belirlenmesi.....	23
2.3.3.4 Delik eğiminin belirlenmesi	26
2.3.3.5 Delikler arası mesafenin belirlenmesi	28
2.3.3.6 Delik taban payının belirlenmesi	30
2.3.3.7 Sıkılama boyunun belirlenmesi	32
2.3.3.8 Yemleme yeri ve miktarının belirlenmesi	33
2.3.3.9 Gecikme zamanının belirlenmesi	34
2.3.3.10 Dip şarj ve kolon şarj boylarıyla miktarlarının belirlenmesi..	34
2.3.3.11 Delik hata payının belirlenmesi	36
2.4 Patlatma Sonrası Parça Boyut Dağılımı Tayin Metodları	36
2.4.1 Görsel – gözlemsel analizler	37
2.4.2 Fotoğraflama tekniği	37
2.4.3 Geleneksel ve yüksek hızlı fotogrametri	37
2.4.4 Patar sayımı yöntemi	37
2.4.5 İkincil atımlarda patlayıcı tüketimi	38
2.4.6 Ekskavatörün Yükleme Performansı	38
2.4.7 Primer kırıcı performansı	38
2.4.8 Elek analizleri	38
2.4.9 Üç-nokta metodu.....	39

2.4.10 Parça-numune metodu	39
2.4.11 Görüntü işleme metodu	39
2.5 Dijital Görüntü İşleme Yöntemi İle Parça Boyut Analizi	39
2.5.1 Tarihi ve gelişimi	40
2.5.2 Yöntemin sınırları	40
2.5.3 Sistemin tatbiki için muhtelif konfigürasyonlar	41
2.5.4 Ölçümlemenin geçerliliği	42
2.6 Patlatma Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	42
3. ÇALIŞMA SAHASI HAKKINDA GENEL BİLGİ.....	45
3.1 Çalışma Sahasının Tanıtımı	45
3.2 Bölgenin Genel Coğrafyası	47
3.3 Bölgenin Genel Jeolojisi	47
3.4 Çiftay Madencilik Hakkında Genel Değerlendirme.....	48
4. AÇIK OCAK İŞLETMESİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR	54
4.1 Açık Ocağa Uygulanan Mevcut Delme-Patlatma Tasarımları.....	54
4.2 Serpantin Formasyonunda İzlenen Atımlar.....	57
4.2.1 Serpantin formasyonu atım verileri ve boyut dağılımları	57
1 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	59
2 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	61
3 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	63
4 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	65
5 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	67
6 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	69
7 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	71
8 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	73
9 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	75
10 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	77
4.2.2 Serpantin formasyonunda izlenen atımlarda F ₈₀ parça boyutlarının frekans dağılımı	78
4.3 Siyenit Formasyonunda İzlenen Atımlar.....	79
4.3.1 Siyenit formasyonu atım verileri ve boyut dağılımları	79
11 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	82
12 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	84
13 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	86
14 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	88
15 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	90
16 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	92
17 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	94
18 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	96
19 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	98
4.3.2 Siyenit formasyonunda izlenen atımlarda F ₈₀ parça boyutlarının frekans dağılımı	99
4.4 Manyetit Formasyonunda İzlenen Atımlar	100
4.4.1 Manyetit formasyonu atım verileri ve boyut dağılımları.....	100
20 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	103
21 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	105
22 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	107
23 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	109
24 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	111
25 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	113

26 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	115
27 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	117
4.4.2 Manyetit formasyonunda izlenen atımlarda F ₈₀ parça boyutlarının frekans dağılımı	118
4.5 Diğer Formasyonlarda İzlenen Atımlar.....	119
4.5.1 Diğer formasyonlardaki atım verileri ve boyut dağılımları	119
28 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	122
29 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	124
30 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi.....	126
4.5.2 Diğer formasyonlarda izlenen atımlarda F ₈₀ parça boyutlarının frekans dağılımları	127
5. İZLENEN ATIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	128
5.1 Toplu Ölçüm Sonuçları	129
5.2 Değerlendirme Kriterlerinin Seçimi ve Kriter Ağırlıkları.....	134
5.3 Serpantin Atımlarının Genel Değerlendirilmesi	137
5.4 Siyenit Atımlarının Genel Değerlendirilmesi	139
5.5 Manyetit Atımlarının Genel Değerlendirilmesi	141
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	143
KAYNAKLAR	146
ÖZGEÇMİŞ.....	149

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1	Toplam maliyet ve optimum nokta	6
Şekil 2.2	Çeşitli kayaçlar için dilim kalınlığı / delik çapı oranları (Tamrock, 1984).	13
Şekil 2.3	Delik çapı ve iyi patlatılabilirliğin fonksiyonu olarak $K < 70$ d basamak yüksekliğinde maksimum dilim kalınlığı (Tamrock, 1984).....	14
Şekil 2.4	Çeşitli kayaç şartlarında delik çapının fonksiyonu olarak özgül delik (Tamrock, 1984).....	14
Şekil 2.5	Dilim kalınlığı ve basamak yüksekliği / dilim kalınlığı oranı bazında taban şarjı ve toplam şarj değişimi (Tamrock, 1984).....	15
Şekil 2.6	Özgül şarj ile tane boyutu arasındaki ilişki (Gustafsson, 1973).....	15
Şekil 2.7	Özgül şarj ve sismik hız ilişkisi (Kahriman, 1995; Akyol, 2010).....	17
Şekil 2.8	Sismik hız ve kazılabilirlik ilişkisi (Kahriman, 1995; Akyol, 2010)	17
Şekil 2.9	Patlayıcı enerjisinin dilim kalınlığına göre seçimi (Değerli, 2012)	21
Şekil 2.10	Eşit miktarda patlayıcı maddelerin farklı dağılımlarının sonuçları (Değerli, 2012)	23
Şekil 2.11	Delik çapının küçülmesi sonucu blok çıkma olasılığında azalma (Değerli, 2012).....	24
Şekil 2.12	Delik çapı, ayna yüksekliği ve maliyet arasındaki ilişki (Değerli, 2012)25	
Şekil 2.13	Dik eğimli ayna sorunları (Değerli, 2012)	26
Şekil 2.14	Eğimli deliklerin dik deliklere göre yararları (Değerli, 2012)	27
Şekil 2.15	Hatalı eğimin yol açtığı sorunlar (Değerli, 2012)	27
Şekil 2.16	Açık ocak patlatmalarında kullanılan değişik delik düzenleri	29
Şekil 2.17	Tabanın örselenmesi.....	31
Şekil 2.18	Patlatma tasarım sonucunda performans analizi yapılacak aşamalar (Tamrock, 1984).....	42
Şekil 2.19	Başarılı bir atımın başlıca göstergeleri (Hoek ve Bray, 1981).	44
Şekil 3.1	İnceleme alanı yer bulduru haritası (Siyah renk ile gösterilen alan).....	45
Şekil 3.2	A kafa demir madeni açık işletmesinin üstten görünümü	46
Şekil 3.3	A kafa demir madeni açık işletmesinin genel bir görünümü	46
Şekil 3.4	Üretim akım şeması (Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş.)	48
Şekil 3.5	Patlatma akım şeması (Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş.)	49
Şekil 3.6	Kırma-eleme akım şeması (Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş.)	50
Şekil 3.7	Delme-Patlatma Düzeni (Değerli, 2012).....	52
Şekil 4.1	07.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	59
Şekil 4.2	07.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	59
Şekil 4.3	08.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	61
Şekil 4.4	08.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	61
Şekil 4.5	09.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	63
Şekil 4.6	09.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	63
Şekil 4.7	10.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	65
Şekil 4.8	10.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	65
Şekil 4.9	11.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	67
Şekil 4.10	11.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	67
Şekil 4.11	14.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	69
Şekil 4.12	14.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	69
Şekil 4.13	15.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	71
Şekil 4.14	15.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	71

Şekil 4.15	17.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	73
Şekil 4.16	17.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	73
Şekil 4.17	28.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	75
Şekil 4.18	28.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	75
Şekil 4.19	29.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	77
Şekil 4.20	29.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	77
Şekil 4.21	Atımlarda F80' ler de yer alan en büyük parça boyutlarının istatistiksel dağılımı.....	79
Şekil 4.22	30.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	82
Şekil 4.23	30.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	82
Şekil 4.24	02.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	84
Şekil 4.25	02.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	84
Şekil 4.26	05.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	86
Şekil 4.27	05.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	86
Şekil 4.28	06.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	88
Şekil 4.29	06.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	88
Şekil 4.30	07.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	90
Şekil 4.31	07.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	90
Şekil 4.32	08.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	92
Şekil 4.33	08.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	92
Şekil 4.34	09.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	94
Şekil 4.35	09.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	94
Şekil 4.36	12.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	96
Şekil 4.37	12.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	96
Şekil 4.38	13.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	98
Şekil 4.39	13.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	98
Şekil 4.40	Atımlarda F80' ler de yer alan en büyük parça boyutlarının istatistiksel dağılımı.....	100
Şekil 4.41	14.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	103
Şekil 4.42	14.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	103
Şekil 4.43	15.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	105
Şekil 4.44	15.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	105
Şekil 4.45	16.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	107
Şekil 4.46	16.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	107
Şekil 4.47	19.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	109
Şekil 4.48	19.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	109
Şekil 4.49	20.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	111
Şekil 4.50	20.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	111
Şekil 4.51	21.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	113
Şekil 4.52	21.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	113
Şekil 4.53	22.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	115
Şekil 4.54	22.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	115
Şekil 4.55	23.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	117
Şekil 4.56	23.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	117
Şekil 4.57	Atımlarda F ₈₀ ' ler de yer alan en büyük parça boyutlarının istatistiksel dağılımı.....	119
Şekil 4.58	26.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	122
Şekil 4.59	26.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	122
Şekil 4.60	27.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	124
Şekil 4.61	27.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	124

Şekil 4.62	28.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri	126
Şekil 4.63	28.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği	126
Şekil 5.1	Atımlarda F_{80} ' ler de yer alan en büyük parça boyutlarının istatistiksel dağılımı.....	129
Şekil 5.2	Serpantin kaya biriminde özgül şarj için verim değeri grafiği	136

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Tablo değerleri bazında delme-patlatma yaklaşımları (Heinze, 1974) ..	12
Çizelge 3.1	Şirketin makine parkı (Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş.).....	51
Çizelge 4.1	Basamak patlatması veri formu	56
Çizelge 4.2	1 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	58
Çizelge 4.3	2 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	60
Çizelge 4.4	3 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	62
Çizelge 4.5	4 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	64
Çizelge 4.6	5 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	66
Çizelge 4.7	6 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	68
Çizelge 4.8	7 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	70
Çizelge 4.9	8 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	72
Çizelge 4.10	9 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	74
Çizelge 4.11	10 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	76
Çizelge 4.12	Serpantin kaya biriminde yapılan 10 tane atımın F_{80} değerlerinin sınıf aralığı ve frekans değerleri	78
Çizelge 4.13	11 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	81
Çizelge 4.14	12 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	83
Çizelge 4.15	13 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	85
Çizelge 4.16	14 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	87
Çizelge 4.17	15 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	89
Çizelge 4.18	16 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	91
Çizelge 4.19	17 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	93
Çizelge 4.20	18 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	95
Çizelge 4.21	19 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	97
Çizelge 4.22	Siyenit kaya biriminde yapılan 9 tane atımın F_{80} değerlerinin sınıf aralığı ve frekans değerleri	99
Çizelge 4.23	20 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	102
Çizelge 4.24	21 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	104
Çizelge 4.24	22 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	106
Çizelge 4.25	23 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	108
Çizelge 4.26	24 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	110
Çizelge 4.28	25 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	112
Çizelge 4.29	26 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	114
Çizelge 4.30	27 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	116
Çizelge 4.31	Manyetit kaya biriminde yapılan 8 tane atımın F_{80} değerlerinin sınıf aralığı ve frekans değerleri	118
Çizelge 4.32	28 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	121
Çizelge 4.33	29 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	123
Çizelge 4.34	30 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu	125
Çizelge 5.1	İlgili kaya birimlerinde yapılan 30 tane atımın F_{80} değerlerinin sınıf aralığı ve frekans değerleri	128
Çizelge 5.2	İlgili kaya birimlerinde izlenen toplam 30 adet atımın hesaplamaları ile verilmiş en genel sonuç listesi	130
Çizelge 5.2	İlgili kaya birimlerinde izlenen toplam 30 adet atımın hesaplamaları ile verilmiş en genel sonuç listesi (devam).....	131

Çizelge 5.3	İlgili kaya birimlerinde izlenen toplam 30 adet atımın maliyet analizi raporu.....	132
Çizelge 5.3	İlgili kaya birimlerinde izlenen toplam 30 adet atımın maliyet analizi raporu (devam)	133
Çizelge 5.4	Patlatma göstergeleri seçimine yönelik kriter öncelikleri ve ağırlıkları.	135
Çizelge 5.5	Serpantin kaya biriminde özgül şarj için verim değerleri	136
Çizelge 5.6	Serpantin kaya birimindeki atımların patlatma göstergelerine göre sınıflandırılması	138
Çizelge 5.7	Siyenit kaya birimindeki atımların patlatma göstergelerine göre sınıflandırılması	140
Çizelge 5.8	Manyetit kaya birimindeki atımların patlatma göstergelerine göre sınıflandırılması	142
Çizelge 6.1	Belirlenen en ideal atımların atım parametreleri	144
Çizelge 6.2	Belirlenen en ideal atımların atım sonuçları	144

SİMGELER DİZİNİ

a	Patlayıcı delik içindeki sıkışma faktörü
b	Sıralar arası gecikme zamanı, tr
B	Dilim kalınlığı, m
B_{max}	Maksimum dilim kalınlığı, m
c	Kohezyon, MPa
Co	Kaya patlatma katsayısı, kg/m ³
d	Delik çapı, mm
de	Delik çapı, inç
dr	Kayanın yoğunluğu, kN/m ³
DD	Darbe dayanımı, kg.m / m ³ . 10-5
E	Delik hata payı, m
Ed	Dinamik elastisite modülü, MPa
f₂	Delik eğim faktörü
f₃	Atım güçlük katsayısı
hb	Dip şarj boyu, m
ho	Sıkılama boyu (m)
hp	Kolon şarj boyu, m
H	Delik uzunluğu, m
I	Empedans, MN-m / (m ³ -sn)
Ip	Kolon şarj konsantrasyonu
K	Basamak yüksekliği, m
Kr	Kaya faktörü
Ktp	Teknik şarj faktörü
lb	Şarj yoğunluğu, kg/m
n	Delikler arası mesafe ve dilim kalınlığı oranı, m
N	Kriter sayısı
P	Patlayıcı maddenin delik içindeki yoğunluğu, kg/dm ³
PC	Ateşlenecek kolon boyu
Pd	Detonasyon basıncı, MPa
Pp	Delikteki patlama basıncı, MPa
R	Tercih sırası
R1	Delik eğimini düzeltme faktörü
R2	Kaya sabiti düzeltme faktörü
Rf	Kaya faktörü
RQI	Kaya kalite indeksi, Mpa-dak/m
s	Patlayıcının eşit ağırlıktaki anfo' ya oranı
s₁	Patlayıcı maddenin ağırlıkça kudreti
S	Delikler arası mesafe, m
Stv	Patlayıcı maddenin hacimce kudreti
SGe	Patlayıcı maddenin özgül ağırlığı
SGr	Kayanın özgül ağırlığı
TH	Delikten deliğe gecikme sabiti
U	Delik taban payı, m
v	Kayaç gerilim faktörü
Vd	Patlayıcı madde detonasyon hızı
Ve	Patlatma hızı
Vs	Sıkılama istikametinde kayaç sismik hızı
Vp	Sismik (P-dalga) hız, m/sn

Z	Kaya fırlaması ile ilgili bir faktör
α	Süreksizlik düzleminin aynaya göre olan açısı, derece
σ_b	Kayanın tek eksenli basma dayanımı, MPa
$\sigma_{\text{ç}}$	Kayanın endirekt çekme dayanımı, MPa
$\sigma_{\text{ç min}}$	Minimum çekme gerilmesi, MPa
$\sigma_{\text{ç max}}$	Maksimum çekme gerilmesi, MPa
η	Enerji iletim verimi
μ	Kırılma enerjisi ile maksimum basınç deformasyon enerjisi arasındaki oran
q	Özgül şarj, kg/m ³
θ	Kırılma açısı, derece
φ	Kayanın içsel sürtünme açısı, derece
$\Phi+i$	Etkin içsel sürtünme açısı, derece
Qe	Patlayıcı ısı enerjisi, kJ/kg
Qer	Referans patlayıcı maddenin ısı enerjisi, kJ/kg
Qb	Dip şarj miktarı, kg
Qp	Kolon şarj miktarı, kg
W	Tercih frekansı
We	Sekiz kartuş çapındaki patlayıcı maddenin miktarı, kg

1. GİRİŞ

1.1 Problemin Tanımı

Genel bir yaklaşımla ele alındığında sağlam-yarı sağlam kayaçlardan veya buna benzer maden kaynaklarından müteşekkil açık ocak madenciliğinde kazı faaliyetleri, delme-patlatma işlemleri bazında yürütülmektedir. Bu ve benzeri ocaklarda delme ve patlatma ile yürütülen kazı faaliyetlerine dayalı kayaç parçalanma işlemleri, bir yandan üretim verimliliğini (ton/yevmiye), diğer yandan kazı, yükleme, nakliye, kırma, eleme ve öğütme maliyetlerini etkilemektedir.

Diğer yandan delme-patlatma faaliyetlerinin başarısı, çok genel haliyle ilgili kayaçların petrografik, minerolojik ve jeolojik parametrelerine, delme-patlatma geometrisine ve kullanılan patlayıcı madde ile ateşleme sisteminin özelliklerine bağlı olarak farklı şekillerde tezahür etmektedir. Bu itibarla istenen parça boyutu dağılımına ulaşmak, homojen ve ötelenmiş kolay yüklenebilir bir yığın elde etmek, kaya fırlamasını ve yer sarsıntısını kontrol altına almak ve maliyetleri düşürmek amacıyla her maden işletmesi için farklı bir delme-patlatma tasarımı hazırlayarak yürütmek ve bunu zaman sürecinde tekrarlayarak en iyi sonuçlara yaklaşmak fevkalade önemli bir yaklaşımdır.

Söz konusu tasarımlar sonucu elde edilen malzeme yığınının hedeflenen amaca uygunluğunu değerlendirmek önemli bir husustur. Bu değerlendirmeleri müteakiben delik geometrisi ve patlayıcı maddelerin ne ölçüde değiştirilerek amaca uygun hale getirilmesi doğrultusundaki araştırmalar anlamlı faaliyetlerdendir.

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışma kapsamında Divriği Demir Madenleri Açık Ocak İşletmesinde yürütülmekte olan delme-patlatma faaliyetlerinin analizi, sonuçlarının iyileştirilip iyileştirilemeyeceğine dönük değerlendirmelerin yapılması ve yeni tasarım yaklaşımları amaçlanmıştır. Bu doğrultuda öncelikle yeterli bir literatür çalışmasının yürütülmesi ve bunu müteakiben ilgili açık ocakta araştırma ve değerlendirmeler yaparak yeni tasarım yaklaşımları amaçlanmıştır.

Bu tasarımların ne gibi sonuçlar vereceği imkanlar ölçüsünde arazide test edilerek, ideal parametrelere yaklaşım hususları irdelenecektir.

1.3 Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışma kapsamında işletme ile ilgili aşağıdaki hususlar analiz edilerek gerekli koşullar incelenecektir.

- Kayaçların petrografik, minerolojik yapısı
- Jeolojik parametreler
- Çatlak sistemleri
- Hidrojeolojik koşullar
- Delik geometrisi
- Patlayıcı madde tipi
- Gecikme süresi
- Deliklerin patlama düzeni
- Patlayıcı madde özellikleri
- Ateşleme tipi
- Birim patlayıcı madde tüketimi
- Patlatılmış malzemede tane büyüklüğü dağılımı (maksimum tane büyüklüğü, ortalama tane büyüklüğü)
- Atım sonucu ortaya çıkan malzeme miktarı
- Atım sonucu malzemenin zeminde yayılımı ve konumu
- Patlatma şoku ve taş savrulması
- Malzemesin yüklenmesi aşamasındaki ilgili araç çevrim süreleri
- Kırıcı ağız açıklığı ve kepçe ölçüleriyle tane boyları arasındaki ilişkiler

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Delme ve Patlatma İle İlgili Genel Hususlar

Önemli bir maliyet kalemi olduğundan ve kendinden sonra gelen işlemleri doğrudan etkilediğinden dolayı önemli bir yere sahip olan delme-patlatma uygulamaları, ülkemizde yaygın olarak yapılmaktadır. Delme patlatma işleri, kuruluşlarda mühendis denetiminde olmakla beraber, bazı yerlerde uygulamalar, pratikten yetişerek ustalaşmış elemanların eline verilmiştir.

Bu sebeple eski alışkanlıklar nesilden nesile geçmekte, yeni teknolojiler bu sektöre çok geç ulaşmaktadır. Bunula beraber delici makinalar, delme teknikleri, patlayıcı maddeler, patlatma bilim ve teknolojisi, patlatma tasarımları, patlatmanın çevresel etkileri, işçi sağlığı ve iş güvenliği konularında pek çok bilimsel ve pratik çalışmalar yapılmış; delme patlatma konularında önemli gelişmeler sağlanmıştır.

Delme ve patlatma faaliyetlerinin uygun yapılmaması, program gecikmelerine, maliyetlerin yükselmesine ve delme-patlatma yolu ile yapılan kazının tüm avantajlarından yeterince yararlanılamamasına yol açmaktadır. Uygulamaların doğurduğu zaman kaybı nedeni ile de işletmenin iş akışı bozulmakta ve maliyet artışları ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca, hatalı uygulamalar neticesi, delme patlatmada her zaman karşı karşıya kalınabilecek can ve mal kayıplarının, ortaya çıkması söz konusu olmaktadır.

2.1.1 Delme ve patlatmanın önemi

Maden ve taş ocağı faaliyetlerinde temel ve en önemli faaliyeti oluşturan kazı işlemlerinin, makine veya diğer yöntemlerle gerçekleştirilmesi, kayaçların madde-kütle özellikleriyle ve kullanılmakta olan teknoloji ile sınırlıdır. Bu nedenle bu sınırı aşan delme ve patlatma teknolojisi doğrudan kazı veya gevşetme kazısı olarak büyük bir önem arz etmekte ve ekonomiklik ölçüleri içinde yaygın bir kullanım alanı bulmaktadır (Ceylanoğlu vd., 1993).

Bu kullanımın önemini bir yandan işletme faaliyetlerinin göstergesini oluşturan maliyet analizlerinde, diğer yandan söz konusu faaliyetlerin hızlı bir şekilde yapılabilmesinde görmek mümkündür. Ancak işletmelerdeki maliyet analizlerinde delme ve patlatma maliyetlerinin tek başına değerlendirilmesi; elde edilen başarının

açık bir şekilde gösterilmesine yetmemektedir. Faaliyetler ardışık olarak gerçekleştiğinden dolayı; delme ve patlatma etkisinin diğer işlemlerde de analiz edilmesi zorunludur. Bu husus ise ancak her teknolojik işlemde görev alan makine ve ekipmanlara ait performansların ayrı ayrı değişik durumlar için analiz edilmesiyle mümkündür. Sadece delme ve patlatma faaliyetlerinde hedeflenecek maliyet minimizasyonu düşüncesi, birbirini izleyen teknolojik işlemlerin maliyetinde önemli artışların olmasını görmemezlikten gelecektir (Karadoğan, 2008).

Patlatma sonrası işlemlerin maliyeti, genel olarak parçalanma derecesinin bir fonksiyonudur. En uygun sonucun elde edilmesi hem patlatma hem de ardışık işlemlerin birlikte değerlendirilmesiyle mümkündür (Berber, 2007).

Genel bir yaklaşımla, delme ve patlatmanın önemi aşağıdaki detaylarda ortaya konulmaktadır (Koruç, 2010):

- Ekonomik sonuçların sağlanması; delme patlatma işlerinin optimize edilerek yürütülmesi ve minimum maliyetlerle üretimin yapılmasının sağlanması.
- Teknik verimliliğin arttırılması; optimize edilmiş delme patlatma çalışmaları sonucu patlatılan malzemenin tane boyutu ve yığın geometrisinin istenilen özellikte olması ile yapılan üretimde verimin arttırılması.
- Zaman kullanımında etkinlik; daha kısa sürede istenilen miktarda üretimin yapılması.
- İş makinaları performanslarında iyileştirme; patlamış malzemenin tane boyutu ve yığın geometrisinin iş makinaları kapasitelerinin maksimum düzeyde kullanılmasına olanak sağlaması.
- Kapasite artışı; optimum delme patlatma çalışmalarıyla üretimin daha az zamanda daha fazla miktarlara çıkarılması.
- Ardışık faaliyetlerin organizasyonunda kolaylık; uygun niteliklerde parçalanmış malzemenin yükleme, taşıma ve ikincil kırma işlerinin daha rahat ve sorunsuz yapılabilmesi.
- Uygun niteliklerde malzeme temini; patlatma deliklerinin geometrik düzenlerinin değiştirilmesi ile istenilen boyutta malzemenin temin edilmesi.

- Güç kullanımında konsantrasyon; optimum delme-patlatma çalışmaları ile üretimde kullanılan patlayıcı maddenin gücünden maksimum seviyede faydalanma.
- Ekipman seçiminde optimizasyon; uygun şekilde parçalanmış ve gevşemiş malzemenin yüklenmesi ve taşınmasında kullanılacak ekipman kapasitelerinin daha iyi belirlenmesi.

2.1.2 Delme ve patlatmanın işletme ekonomisine etkileri

Delme-patlatma, mekanik olarak parçalanamayan veya makul bir maliyete parçalanamayan kaya kütlelerini, kontrollü bir şekilde tahrip ederek ana kaya kütesinden ayırma işlemidir. Bu işlem sırasında belirlenmiş dilim kalınlıklarında iyi patlatılmış kaya kütleleri elde edilebilen, arka şevde kalan kayaya en az zarar verilmelidir. Yani patlatma ile hedeflenen malzemenin parçalanmasını sağlarken diğer tarafta geride kalan patlamamış aynanın bir sonraki patlatma için zarar görmemesi gerekmektedir. Bu iki zıt isteğin şartlarını yerine getirmesi gereken delme-patlatma, üretim kapasitesinden, son ürünün maliyetinden, patlatma sonrası işlemlerin randımanından, emniyetli bir çalışma ortamına kadar her şeyi doğrudan etkileyen üretimin ilk ve en önemli aşamasıdır.

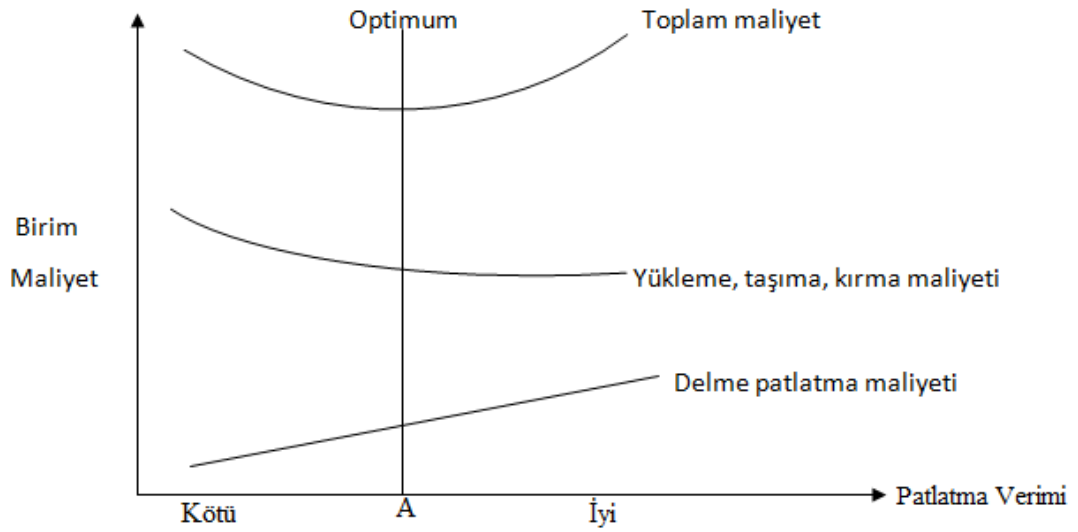
Genelde kötü bir patlatma sonucunda yükleyici makinalar zor koşullarda çalışır. İkinci delme patlatma ihtiyacı doğar ve patar oranı artar. Yükleyici makinalar zor koşullarda çalışınca kapasiteleri düşer, arıza oranları yükselir. İkinci patlatma nedeniyle, fazladan maliyetin yanı sıra vardiyadaki iş kayıpları artar. Makinaların yürüyüş sistemleri zarar görür. Yükleme ve taşıma emniyeti azalır. Kırıcıların kapasiteleri düşer ve bu durum ton başına kırma maliyetinin artmasına neden olur.

İyi bir patlatma sonrasında ise, tüm olumsuzluklar ortadan kalkacaktır. İyi bir patlatma için basamak yüksekliklerine göre amaca en uygun delik çapının, delme düzeninin, patlayıcının ve ateşleme sisteminin seçilerek sadece gerektiği kadar, doğru biçimde kullanılması gereklidir.

Daha önce belirtildiği gibi sadece delme-patlatma maliyetini, müteakip işlemlerin maliyetinden ayrı olarak ele almak gerçekçi olmaz. Bunun için delme patlatma maliyeti, yükleme, taşıma ve kırma maliyetleriyle birlikte kırma sonrası stok

maliyetinin bir unsuru veya toplam dekapaj maliyetinin bir unsuru olarak ele alınmalıdır (Özdemir, 2009).

Patlatma yoluyla kazı, yükleme, nakliye ve kırma-öğütme maliyetlerinin toplamına bütünsel olarak bakıldığında Şekil 2.1’de verilen ilişkiler söz konusu olmaktadır. Bu ilişkilere göre; daha küçük taneli malzeme üretmek amacıyla belirli bir noktadan sonra toplam maliyeti azaltmak mümkün olamamaktadır.



Şekil 2.1 Toplam maliyet ve optimum nokta

Diğer bir ifadeyle Şekil 2.1’de görüldüğü gibi toplam maliyetin en düşük olduğu A noktasının dışında yapılan çalışmalarda delme-patlatma maliyetinin artırılması da azaltılması da sonuçta toplam maliyetin yükselmesine neden olacaktır (Özdemir, 2009).

2.2 Delme ve Patlatma Tasarımına (Planlamasına) Dönük Yaklaşımlar

2.2.1 Patlatma sonuçlarını etkileyen parametreler

Patlatma sonuçlarını etkileyen parametreler genel haliyle kaya biriminin malzeme ve kütle özelliklerine, patlayıcı maddenin cinsine ve özelliklerine, patlatma ve ateşleme geometrisine dayanmakta olup, aşağıdaki paragraflarda açıklanmışlardır.

2.2.1.1 Kaya birimlerinin malzeme ve kütle özellikleri

Maden ve inşaat mühendisliği kazılarının tasarımında, kayaçların kütle ve malzeme özelliklerinin belirlenmesi, önemli safhalardan biridir. Maden mühendisliğinde, kayaçların mekanik özellikleri, patlatma geometrisinin tasarımı, üretim yöntemi ve kazı ekipmanı seçimi, şev stabilitesi ve yeraltı açıklıklarının boyutlandırılması çalışmalarında temel tasarım parametreleri olarak kullanılmaktadır.

Bu nedenle çalışma alanında yapılacak ön incelemeler ile kaya birimlerinin;

- Yoğunluk
- Basınç, çekme, darbe dayanımları
- Sismik dalga hızı
- Empedans
- Süreksizlik durumu ve kütleli olarak sağlamlık derecesi
- Su durumu
- Elastik modülü
- Poisson oranı
- Değişkenlik durumu (homojenlik, anizotropi, izotropik)
- Sertlik

gibi özellikleri belirlenmeli ve bu veriler kullanılarak delme-patlatma dizaynı yapılmalıdır (Özdemir, 2009).

Yoğunluk; Yoğunluk patlatma sırasında harekete geçen kütleyi işaret etmektedir. Patlatma ile yaratılan şok dalgalarının dinamiğini etkiler. Şok dalgaları yoğun ortamlarda daha iyi yayılma olanağı bulmakta, az yoğun ortamlarda ise dalga yayılma koşulları pek iyi olamamaktadır. Patlayıcı-kayaç uyumu konusunda rol alır.

Basınç, çekme, darbe dayanımları; Basma ve çekmeye dayanımları, kaya yapılarının direnebileceği yük miktarını gösterir. Üzerinde durulması gereken nokta, yüklemenin hızıdır. Kaya yapılarının çekme dayanımı, baskıya dayanımın yaklaşık 1/10 değerindedir. Kayaçların çekme dayanımlarının, basma dayanımlarından düşük olması nedeniyle patlatma sırasında, patlatılacak malzemenin çekme dayanımını aşacak değerlere ulaşılması ve kayacın çekme işlemine maruz kalması gerekmektedir.

Elastisite modülü; “Young Elastisite Modülü ve Poisson Oranı, kaya yapılarının Elastisite özellikleri açısından, şekil olarak direnebilecekleri deformasyonları gösterir. Kaya mühendisliğinin yeraltı açıklıklarıyla ilgili uygulamalarında, birincil ve ikincil gerilmeler kapsamında, Poisson oranı karşımıza çıkmaktadır” (Özdemir, 2009).

Su durumu; Su kayalar içinde depolanmakta, hareket etmekte ve kayaların özelliklerini fiziksel ve kimyasal yönden etkilemektedir. Su, kayanın dayanım özelliklerini düşürmektedir. Çatlaklarda oluşturduğu basınç nedeniyle bazen çatlakların daha fazla açılmasına neden olmaktadır. Suyu doygun dayanımın, kuru dayanımın yarısına kadar düştüğü görülmüştür. Özellikle bünyesinde kil mineralleri içeren kayalar su ile temas ettiklerinde, ilgili kaya bütün dayanım özelliklerini kaybedebilmektedir.

Süreksizlikler; Jeolojik olarak “süreksizlikler” terimi fay hatlarını, tektonik çatlakları, soğutma çatlaklarını ve bunun gibi diğer çatlakları kapsar. Patlatmalı kaya kazısı ile uğraşanların çoğunlukla şikayet ettikleri konu “üzerinde çalıştığı kaya yapısının çok çatlaklı olduğudur”. Süreksizliklerin oluşmasında rol alan diğer bir unsur da soğumadır. Volkanik kayalar için geçerli olan bu olay, soğuma sırasında oluşan hacim küçülmesi veya büzümeye bağlıdır. Bir bölgedeki volkanik kayaların oluşumu değişik fazlarda meydana gelebilir. Daha önce oluşan kaya yapıları, arkadan gelen ikinci lav akıntısında parçalanır, yuvarlanır ve tekrardan soğumaktadır. Bu tür yapılar doğaldır ki patlatma sonucunda oluşan tane boyu dağılımını etkileyecektir. Sedimentasyonun jeolojik süreçler içerisinde değişik koşullarda olması, aynı kaya yapısı içerisinde değişik özelliklerde katmanlar oluşmasına yol açar. Sedimanter katmanlar bazen patlatma sonrası elde edilen tane boyu dağılımı konusunda sorunlar yaratabilir. Süreksizlik sistematığını yakalayabilmek için öncelikle süreksizliklerin coğrafik yönleri saptanır, büyüklük ve etkinliklerine göre değerlendirilir. Böylece süreksizliklerin hakim yönü saptanmış olur.

Yerinde basınç dağılımları; “Doğada insan eli değmemişken kaya yapılarının yerinde basınç dağılımları dengededir. O nedenle çok uzun süreler boyunca dengede dururlar. Dengeleri bozulduğunda ise heyelan ve toprak kaymaları görülür. Herhangi bir amaç ile kazı yapılmaya başlandığında ise denge bozulmaktadır. (Özdemir, 2009).

2.2.1.2 Patlayıcı maddenin cinsi, özellikleri ve dağılımı

Patlayıcı maddelere ait birçok önemli özellik bulunmakla birlikte, bu özellikler patlatma işlerinde oldukça önemli olmaktadır. Aşağıda patlayıcı maddelere ait önemli özellikler verilmektedir.

- Detonasyon ve deflagrasyon hızları
- Yoğunluk
- Güç
- Hassasiyet
- Suya dayanım
- Dona dayanım
- Gaz özellikleri
- Patlatma ısısı ve özgül gaz hacmi
- Depolanma süresi ve şekli

2.2.1.3 Patlatma ve ateşleme geometrisi

- Delik çapı, yeri, eğimi ve boyu
- Delik düzeni
- Dilim kalınlığı
- Delikler arası mesafe
- Basamak aynasının şekli, durumu, yüksekliği ve eğimi
- Sıkılama payı
- Delik taban payı
- Şarj şekli, delik içi dağılımı
- Atım grubu boyutları
- Yemleme, ateşleme şekli ve düzeni
- Gecikme tipi ve süresi

Yukarıda ayrı ayrı değinilen temel unsurların aralarındaki ilişkilerin ortaya konulması sonucunda tasarım için uygun yaklaşımlarda bulunmak mümkün olabilmektedir. Ancak, birçok araştırmacının kabul ettiği ve yanıt aradığı iki anahtar parametre öne çıkmaktadır. Bu iki parametre; özgül şarj ve en uygun dilim kalınlığıdır. Bu iki parametreye (herhangi bir kaya birimi için) makul bir yanıt verildiği takdirde; kabul edilebilir yaklaşımlara dayalı olarak diğer tasarım

parametreleri bunlara bağılı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım tamamlanabilmektedir. Deneme-yanılma yoluyla yapılacak dilim kalınlığı ve özgül şarj miktarı belirleme çalışmalarında, maliyeti göz önüne almak gerekmektedir.

Bu nedenle, ilk tasarım açısından makul bir değerdeki özgül şarj ve dilim kalınlığı değerlerinden başlamak çok olumlu sonuçlar verebilmektedir. Bu da ancak yukarıda ifade edilen üç ayrı temel parametre arasındaki ilişkilerin yorumlanması ile mümkün olabilmektedir (Özdemir, 2009)

2.3 Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesine Dönük Yaklaşımlar

Güvenilir bir patlatma tasarımında belirlenmesi gereken parametreler; sırasıyla, özgül şarj, dilim kalınlığı, delik çapı, delik eğimi, delikler arası mesafe, delik taban payı, sıkılama boyu, gecikme zamanı, taban şarj boyu ve miktarı, kolon şarj boyu ve miktarı, yemlemenin konumu, miktarı ve sayısı ile ateşleme sistemidir. Tasarımda etkili olan bu parametrelerin dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilebileceği hemen hemen tüm araştırmacılar tarafından benimsenmiş ve bu yönde yaklaşımlar geliştirilmiştir (Yılmaz, 2010).

Açık ocaklarda yapılan atımlar incelendiğinde birim patlayıcı madde tüketimleri, genellikle kayaç strüktürüne, serbest yüzey sayısına, kayaç mukavemetine, dilim kalınlığına, delikler arası mesafeye ve istenen tane boyutu dağılımına bağılı olarak değişmektedir. Bu tüketim miktarlarını tespit etmek ve delik geometrisini belirlemek amacıyla çeşitli araştırmacılar, farklı yaklaşımlardan yola çıkarak farklı modeller oluşturmuşlardır. Bu modeller değişik sayıda katsayılar içermekte olup, katsayıların rakamsal büyüklükleri tasarım atımları ile veya geometrik parametrelerin belirlenmesi ile tahmin edilmektedir.

Bununla beraber pek çok halde birim patlayıcı madde tüketimleri, belirli parametrelere bağılı olarak tablo değerleri, grafikler veya matematiksel modeller şeklinde verilmektedir. Bunun paralelinde pek çok çalışmada ise, direkt olarak geometrik parametrelerin kestirimine dönük yaklaşımlar getirilmiştir. Birim tüketimler, bu parametrelere bağılı olarak hesaplanabilmektedir.

2.3.1 Hazır tablolar bazında delme-patlatma tasarımlarına dönük yaklaşımlar

Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi madencilik sektöründe yer alan uygulamalardan çok sayıda veri toplanarak bu veriler tablo haline getirilmiştir. Tablonun sol sütununda verilen kayaçlara benzer bir maden yatağı ele alındığında; orta sütundaki patlayıcı maddeyi kullanarak ve sağ sütunda verilen dilim kalınlıklarından hareketle deliklere ne kadar patlayıcı madde yerleştirileceği belirlenmektedir.

Bu tablo yardımıyla ilk deneme atımları başlatılabilmektedir. Elde edilen sonuçların yorumlanması ile dilim kalınlıklarının artırılması veya azaltılması konusu incelenmektedir.

Çizelge 2.1 Tablo değerleri bazında delme-patlatma yaklaşımları (Heinze, 1974)

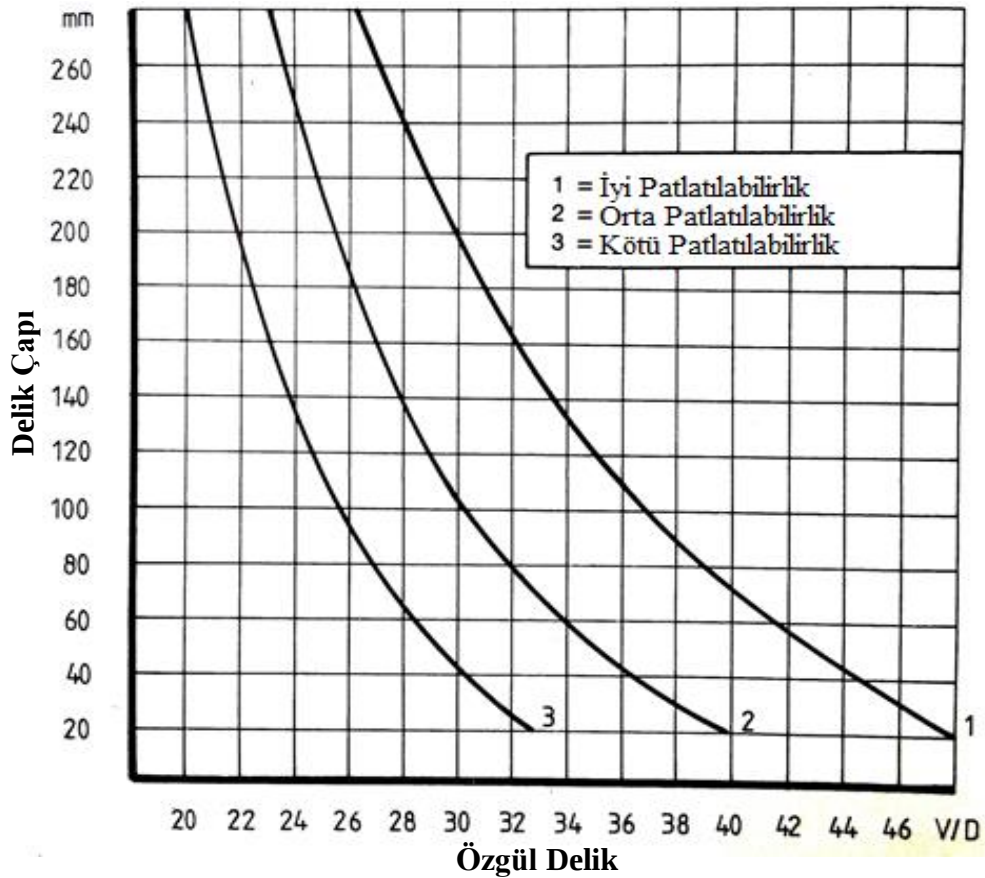
Özgül Patlayıcı Madde Tüketimi					
Patlatılacak Malzeme	Patlayıcı Madde Tipi	Dilim Kalınlıkları			
		1 - 1,5 m	1,5 - 2,5 m	2,5 - 3 m	> 3 m
		g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³
Kum, Gevşek Çakıl	Donarit 2	190...280	145	115	80
Sıkı Çakıl	Donarit 2	240...360	145...180	115...145	80
Killi, Şistli Dekapaj	Donarit 2	145...200	110...145	90...120	75
Taş Bileşimli Dekapaj	Donarit 2	220...310	160...215	130...170	100
Altere Kayaç	Donarit 2	145...210	110...130	85...130	80
Konglomera	Donarit 2	190...280	140...180	115...150	80...120
Kuru ve Sert Şist	Donarit 2	240...350	180...225	145...190	100...150
Kuru Şist, Kil, Marn	Donarit 2	220...325	160...250	130...200	95...155
Plastik Şist, Kil, Marn	Jelatin - Donarit	200...300	150...230	120...185	85...140
Şistik Kil (Kapalı Yataklanma)	Donarit 2	260...400	200...320	160...250	140...200
Çatlaklı Şistik Kil	Jelatin - Donarit	240...365	180...295	150...235	130...180
Dayanıklı Çok Plastik Kil	Donarit 2	270...450	-	-	-
Orta Sıkı Dolgulu Konglomera	Jelatin - Donarit	240...400	-	-	-
Yumuşak Kum Taşı	Donarit 2	240...360	145...180	115...145	100
Jips, Tebeşir Taşı	Donarit 2	195...290	145...180	145	100
Anhidrit	Donarit 2	480	360	290...360	210...290
Katmanlı Kum Taşı	Donarit 2	240	180	145	85
İnce Katmanlı Kolay Çözülür Kireçtaşı	Donarit 2	200	150...200	120...160	95
İnce Katmanlı, Sıkı Geçişli Zor Çözülür Kireçtaşı	Donarit 2	265	300...250	160...200	115
İnce Tabakalı, Çatlaklı Kireçtaşı	Donarit 2	400	300	240	140
Kalın Tabakalı Kireçtaşı	Donarit 2	300	225...290	180...230	135...180
İnce Katmanlı, Plastik Tabakalar İçerikli Çatlaklı Kireçtaşı	Jelatin - Donarit	-	330...450	270...360	210...270
Taşlı Kireçtaşı, Marn	Donarit 2	300	225...290	180...230	135...180
Topraklı Kireçtaşı, Marn	Donarit 2	200	145	115	70
Jura Kireçtaşı	Donarit 2	215	160	130	90
Dolomit	Donarit 2	285	215...250	170...200	100
Growak	Donarit 2	335	250...335	200...290	185...280
Gnays - Mikaşist	Donarit 2	265	200...260	160...210	150
	Jelatin - Donarit	-	-	-	150...260
Katmanlı Kuarsit	Donarit 2	-	325...475	260...380	220
Granit Benzeri Sağlam Kayaç	Donarit 2	300	225...265	180...215	140...180
	Jelatin - Donarit	275	205...245	170...200	125...170
Kuarsporfir, Bazalt, Diyabaz, Diyorit, Siyenit, Melafir, Gabro	Kara Barut (Yapı Taşı, Mermer)	-	-	275...455	-
Yukarıdaki Gibi İnce Tabakalı	Donarit 2	365	275...325	220...260	165...220
	Jelatin - Donarit	335	250...300	200...240	155...200
Yukarıdaki Gibi İnce Tabakalı Sağlam	Donarit 2	460	345...400	275...325	210...275
	Jelatin - Donarit	420	310...375	250...310	190...250
Yukarıdaki Kayaçlar Kalın Tabakalı	Donarit 2	420	315...365	255...290	190...255
	Jelatin - Donarit	385	290...335	235...270	175...235
Yukarıdaki Kayaçlar Kalın Tabakalı Dayanıklı	Donarit 2	525	390...460	320...365	240...320
	Jelatin - Donarit	480	360...420	290...335	220...290
Yukarıdaki Kayaçlar Bloklı	Kara Barut (Yapı Taşı, Mermer)	-	-	320...530	-
	-	-	-	115...150	-
Yukarıdaki Kayaçlar Bloklı Dayanıklı	Kara Barut (Yapı Taşı, Mermer)	-	-	400...660	-
	-	-	-	145...200	-
Yukarıdaki Kayaçlar Dik Tabakalı, Kolay Sökülür, Öne Doğru Eğimli	Donarit 2	410	310...325	245...265	165...245
Yukarıdaki Kayaçlar Dik Tabakalı, Zor Sökülü, Geçmeli-Dişli	Jelatin - Donarit	375	280...300	230...245	155...230
	Donarit 2	500	375...455	300...370	325...300
Yukarıdaki Kayaçlar Zor Sökülü, Sütun Şekli	Jelatin - Donarit	455	340...425	275...340	200...275
	Donarit 2	570	425...550	345...445	280...345
Yukarıdaki Kayaçlar Sütunlu, Kolay Sökülür ve Çatlaklı	Donarit 2	300	225...265	180...210	140...180
	Jelatin - Donarit	275	205...245	170...200	125...170
Bloklı, Sağlam Kayaçlar, Üstüne Patlayıcı Koyarak Patlatma, Gömülme Derinliği	Jelatin - Donarit	-	-	12500...15000	-
Yukarıdaki Kayaçlar, Delik Delinerek Atım	Jelatin - Donarit	1250	1000	800	500
Gevşek Kayaç, Üstüne Patlayıcı Madde Koyarak Patlatma	Jelatin - Donarit	-	-	7500	-
Gevşek Kayaç, Patlayıcıyı Deliğe Yerleştirilerek atım	Jelatin - Donarit	800	500	400	250
Yukarıdaki Kayaçlar, Plastik Özellikli Delik Delinerek Patlatma	Jelatin - Donarit	800	500	425	365

2.3.2 Grafik esaslı delme-patlatma tasarımlarına dönük yaklaşımlar

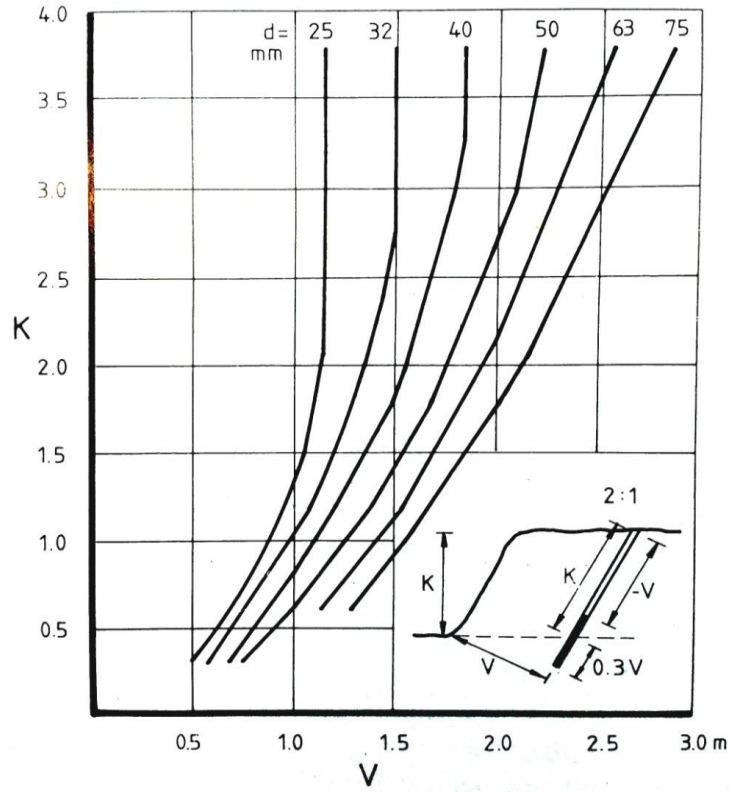
Delme patlatma konusu ile ilgili olarak çeşitli araştırmacılar elde ettikleri sonuçları grafik şeklinde sunmuşlardır. Bu grafikler özellikle ilk deneme atımları için önemli ip uçları vermektedir.

Bu tip grafiklerden özellikle istenen tane dağılımına ve dilim kalınlığına bağlı olarak özgül şarjı hesaplamak mümkün olduğu gibi, özgül şarja bağlı olarak nasıl bir tane dağılımına ulaşılabileceği de anlaşılmaktadır.

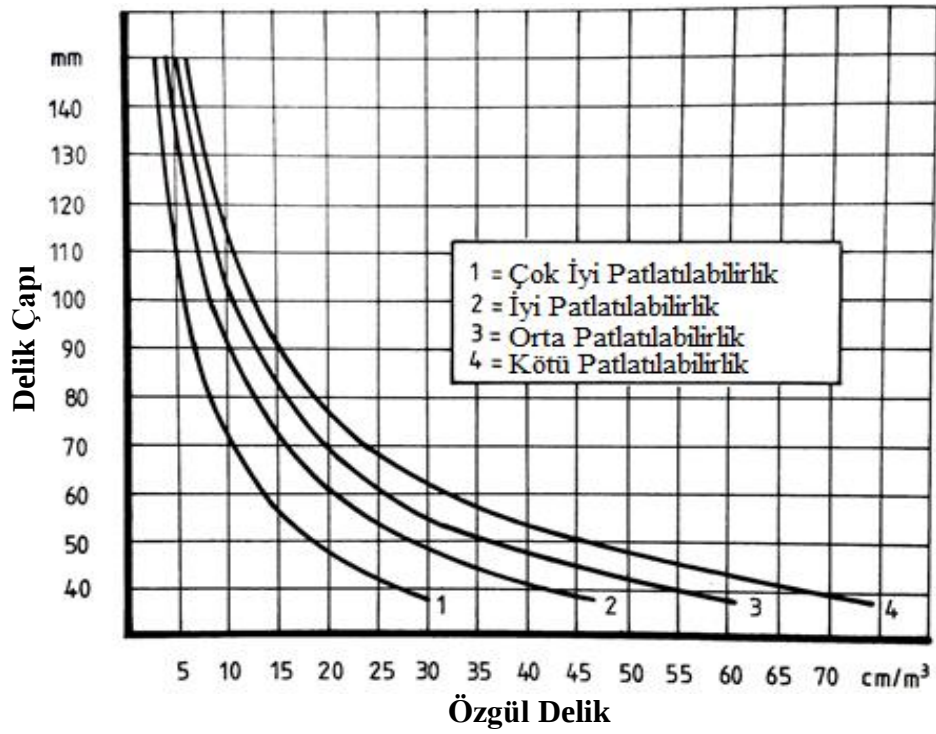
Şekil 2.2’de dilim kalınlığının delik çapına oranı bazında ilişkisi verilmiştir. Bu ilişki ile istenen parçalanmayı kestirebilmek mümkündür. Benzer şekilde Şekil 2.3’de dilim kalınlığı ile basamak yüksekliği ve delik çapı arasındaki ilişki görülmektedir. Şekil 2.4’de özgül delik ile delik çapı arasındaki ilişki verilmiştir. Şekil 2.5’de dilim kalınlığı ile taban şarjı, kolon şarjı ve kaya sabiti arasındaki ilişki verilmiştir. Şekil 2.6’da ise, tane boyutu ile özgül şarj arasındaki ilişki verilmiştir.



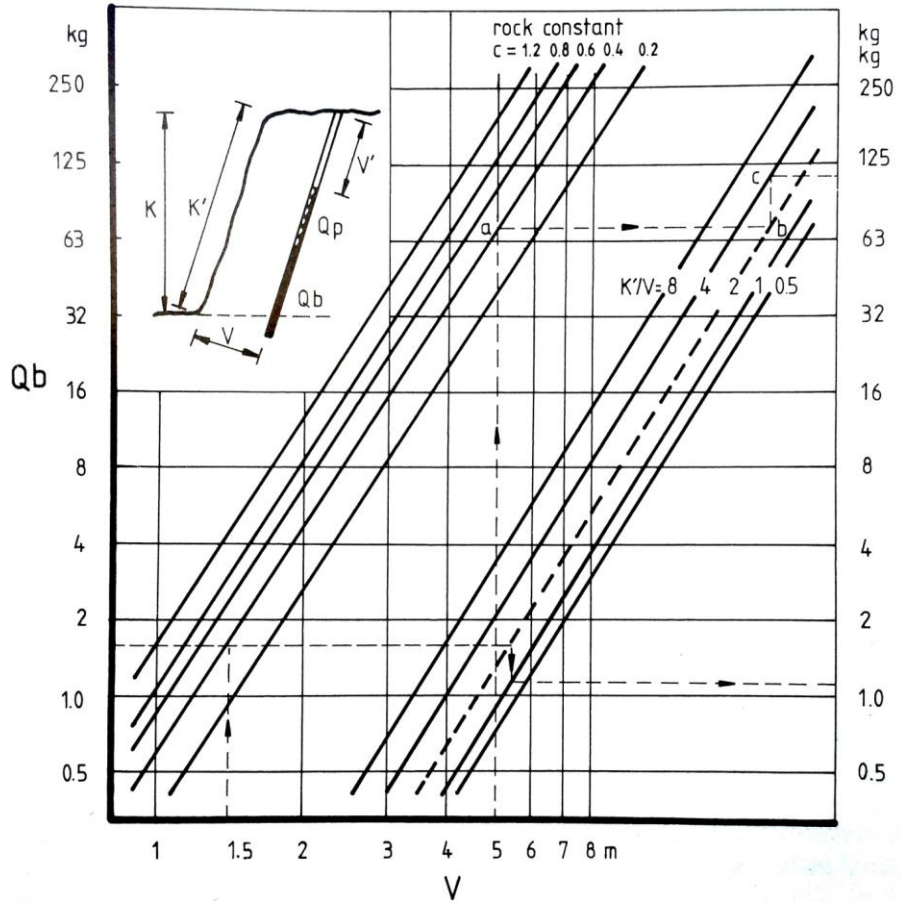
Şekil 2.2 Çeşitli kayaçlar için dilim kalınlığı / delik çapı oranları (Tamrock, 1984)



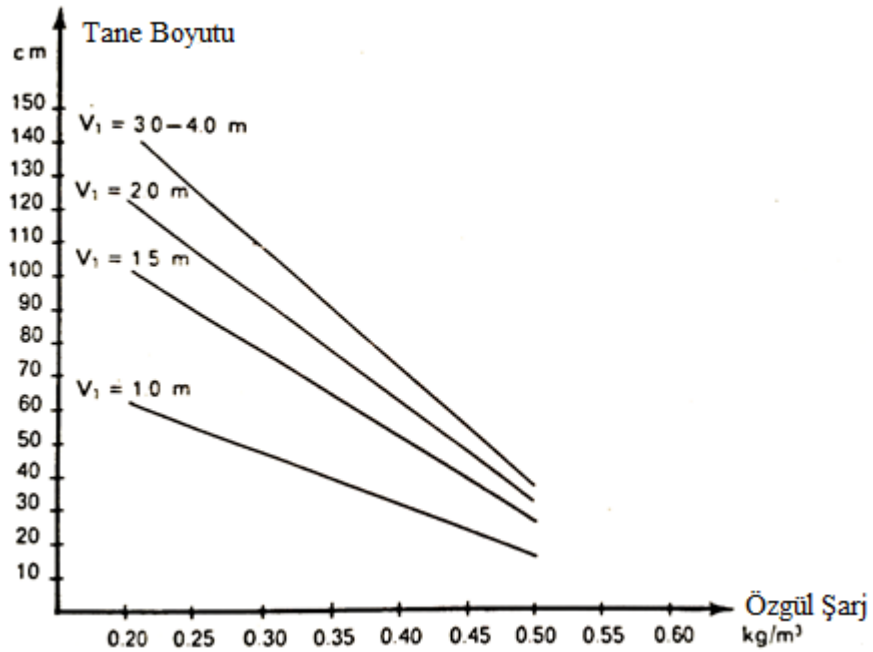
Şekil 2.3 Delik çapı ve iyi patlatılabilirliğin fonksiyonu olarak $K < 70$ d basamak yüksekliğinde maksimum dilim kalınlığı (Tamrock, 1984)



Şekil 2.4 Çeşitli kayaç şartlarında delik çapının fonksiyonu olarak özgül delik (Tamrock, 1984)



Şekil 2.5 Dilim kalınlığı ve basamak yüksekliği / dilim kalınlığı oranı bazında taban şarjı ve toplam şarj değişimi (Tamrock, 1984)



Şekil 2.6 Özgül şarj ile tane boyutu arasındaki ilişki (Gustafsson, 1973)

2.3.3 Delme-patlatma tasarımlarına model yaklaşımlar

Bu kapsam altında konu ile ilgili olarak ileri sürülmüş bazı yaklaşımların hesap teknikleri incelenmiştir. Genel olarak bu modeller özgül şarj, dilim kalınlığı, delik çapı, delik eğimi, delikler arası mesafe, delik tapan payı, sıkılama boyu, yemleme yeri ve miktarı, gecikme zamanı, dip şarj ve kolon şarj boylarıyla miktarları ve delik hata payının tespitini hedeflemişlerdir. Konu ile ilgili olarak birçok modelleme yaklaşımları geliştirilmiş ve yapılan çalışmalar aşağıdaki başlıklar altında verilmiştir.

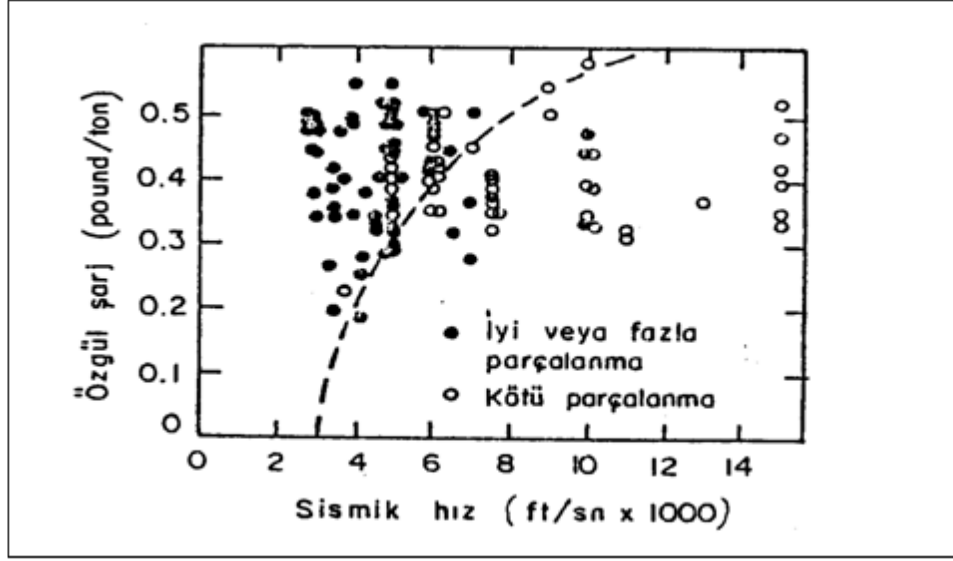
2.3.3.1 Özgül şarjın belirlenmesi

Herhangi bir kayada istenen parçalanma derecesini elde etmek için bir deliğe konacak patlayıcı madde miktarının büyük oranda kaya özelliklerine bağlı olduğu bilinmekle birlikte, bu kritik ilişki birçok kaya özelliklerinin birlikte etkili olması nedeniyle oldukça karmaşıktır. Bu nedenle tam olarak ortaya konulamamıştır. Bu itibarla belirli teorik yaklaşımlar olmasına rağmen günümüzde kullanılacak özgül şarj; çoğunlukla, her bir kaya birimi için deneme yanılma yöntemi ile belirlenme durumundadır. Bu yüzden kayanın madde ve kütle özellikleriyle, optimum özgül şarj arasında güvenilir bir ilişki geliştirmek önemini korumaktadır (Akyol, 2010).

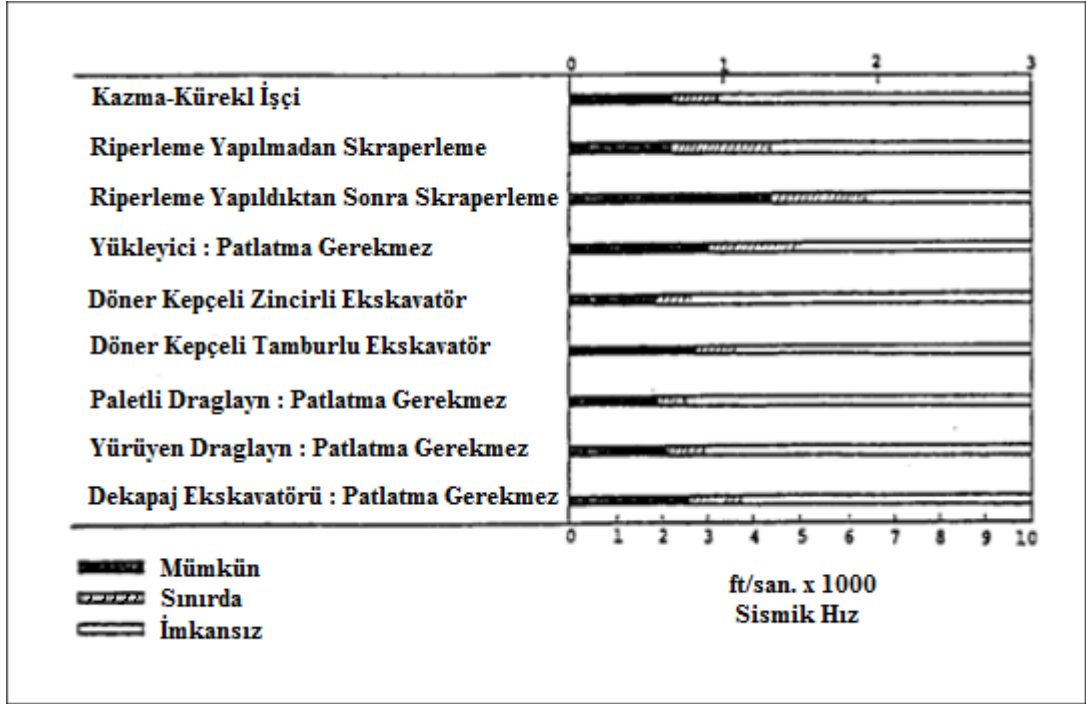
Patlatma geometrisi ve kaya patlatma sabitine önem arz eden Langefors formülü aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Sayınbatur, 2011).

$$q = [(1,4xCoxB^3+0,4xCoxB^2x(K-2B)) / (nxKxB^2), (kg/m^3)] \quad [2.1]$$

Özgül şarj ve sismik hız arasındaki ilişki Broadbent (1974) tarafından geliştirilmiştir. Şekil 2.7’de özgül şarj ve sismik hız arasındaki ilişki görülmektedir. Atkinson (1971), yaptığı araştırmalar sonucu, kayaların sismik dalga iletim hızı ile kazılabilirlik düzeyleri arasındaki ilişkileri Şekil 2.8’deki gibi bir grafikte ifade etmiştir (Akyol, 2010).



Şekil 2.7 Özgül şarj ve sismik hız ilişkisi (Kahriman, 1995; Akyol, 2010)



Şekil 2.8 Sismik hız ve kazılabilirlik ilişkisi (Kahriman, 1995; Akyol, 2010)

Başka bir ampirik yaklaşım ise kaya kütlelerinin çatlak sıklığı ve etkin içsel sürtünme açısı dikkate alınmak suretiyle Ashby (Hoek&Bray, 1981) tarafından aşağıdaki formülde verilmektedir (Yılmaz, 2010).

$$q = \frac{1.4 \times \tan(\phi + i)}{(\text{Çatlaksayısı} / \text{metre})^{1/3}} \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad [2.2]$$

Ülkemizdeki bazı demir ve linyit işletmelerinde araştırmalarda bulunan Paşamehmetoğlu ve arkadaşları özgül şarj ile basma dayanımı, çekme dayanımı, yoğunluk, empedans, darbe dayanımı, sismik dalga hızı (P dalga hızı) gibi bazı kaya özellikleri arasında oldukça yüksek korelasyon katsayılı çeşitli ilişkiler geliştirmişlerdir (Akyol, 2010).

Söz konusu araştırmacılarca geliştirilen bu ilişkiler aşağıdaki gibidir.

Basma dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.474 + 0.004 \times \sigma_b, (r = 0.56) \quad [2.3]$$

Çekme dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.369 + 0.0224 \times \sigma_c, (r = 0.82) \quad [2.4]$$

İçsel sürtünme açısı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.2349 \times (\tan\Phi)^{0.5570}, (r = 0.68) \quad [2.5]$$

Kohezyon ve darbe dayanımı ilişkisi:

$$q = 0.1156 + c \times 0.0072, (r = 0.95) \quad [2.6]$$

Darbe dayanımı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.414 + 9.55 \times 10^{-7} \times DD, (r = 0.99) \quad [2.7]$$

Yoğunluk ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.019 + 2.038 \times 10^{-4} \times d_r, (r = 0.99) \quad [2.8]$$

Kaya empedansı ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = 0.02 + 3.97 \times 10^{-8} \times I, (r = 0.99) \quad [2.9]$$

Sismik hız ve özgül şarj ilişkisi:

$$q = -1.9928 + 0.2904 \times \ln V_p, (r = 0.89) \quad [2.10]$$

Özellikle dönmeli delik delme işlemlerinde kayaların patlatılabilirlikleri konusunda, delme performanslarından elde edilen kaya kalite indeksinin (RQI) önemli olduğunu ifade eden Leighton (1982), özgül şarj ve kaya kalite indeksi arasında aşağıdaki ilişkiyi geliştirmiştir (Özdemir, 2009).

$$q = (RQI - 24.9) / 7.1, \text{ (kg/ton)} \quad [2.11]$$

Aynı konuda Paşamehmetoğlu ve Arkadaşları, Toper ve Dinçer de Türkiye’de yaptıkları çalışmalarda benzer yaklaşımlarda bulunup bazı ilişkiler geliştirmişlerdir (Akyol, 2010).

$$q = 0.208 + 0.0224 \times RQI, (r=0.82) \quad [2.12]$$

Kou ve Rustan, özgül şarj kavramına yakın bir kavram olarak kabul edilen patlayabilirlik faktörünün (Co), kayanın tek eksenli basma dayanımını, dinamik elastisite modülünü ve referans patlayıcı maddenin ısı enerjisini dikkate alan işlemin aşağıdaki formülle tahmin edilebileceğini belirtmektedir (Akyol, 2010).

$$Co = (\sigma_b)^2 / (2 \times Ed \times Q_{er}) \quad [2.13]$$

Bilgin ve Arkadaşları (1994), özgül şarj üzerinde, süreksizlik yönelimlerinin de etkili olduğunu ve özgül şarj değerlerinin; süreksizlik yönelimlerinin, aynaya paralel olduğu durumlarda minimum olduğunu ifade etmektedir (Alabaş, 2010).

2.3.3.2 Dilim kalınlığının belirlenmesi

Patlatma geometrisi tasarımı konusunda yapılan araştırmalar göstermiştir ki 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 çoğu araştırmacılarca vurgulanmıştır (Gustafsson, 1973; Tamrock, 1984; Bilgin vd., 1994; Arıoğlu, 1988; Olofsson, 1988; Ashby, 1990; Konya, 1990; Zeigler, 1991; Rustan, 1993; Singh, 1993).

Dilim kalınlığı, kritik bir tasarım unsuru özelliğindedir. Bu kritiklik hem delme patlatmanın ekonomisi yönünden, hem de fırlayan kaya, yersarsıntısı gibi ocak ve çevre emniyetini etkilenmesi bakımından önem arz etmektedir.

Araştırmacılar, işletme koşullarına uygun dilim kalınlığını belirlemek amacıyla uzun süreden beri çeşitli çalışmalar yapmışlar ve ampirik yaklaşımlarda bulunmuşlardır. Bununla beraber dilim kalınlığını her işletme ve her kaya birimi için deneme-yanılma yoluyla belirleme yaklaşımı, güncelliğini korumaktadır.

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 geniş bir şekilde aşağıda yer verilmiştir (Özdemir, 2009).

$$B = 0.024 * d + 0.85, \text{ (Vutukuri, Arıoğlu, 1988)} \quad [2.14]$$

$$B = (25-35) - 12 \times d_e, \text{ (Atlas Power Company, 1985)} \quad [2.15]$$

$$B = 30 \times d \text{ (Tamrock, 1984)} \quad [2.16]$$

$$B_{\max} = 0.045 \times d, \text{ (Gustaffson, 1973)} \quad [2.17]$$

$$B_{\max} = 1.36 \times (I_b)^{0.5} \times R_1 \times R_2, \text{ (Oloffson, 1988)} \quad [2.18]$$

$$B_{\max} = (d/33) \times (P \times s_1) / [Co \times f_3 \times (S/B)]^{0.5}, \text{ Langefors ve Kihlstrom, 1978), (B = B_{\max} - E)} \quad [2.19]$$

$$B = 3.15 \times d_e \times (S_{ge} / S_{Gr})^{0.33}, \text{ (feet), (Konya \& Walter, 1990)} \quad [2.20]$$

$$B = [(Q_b + Q_p)] / [(S/B) \times K \times K_{tp}], \text{ (Zeigler, 1991)} \quad [2.21]$$

Pearse formülü;

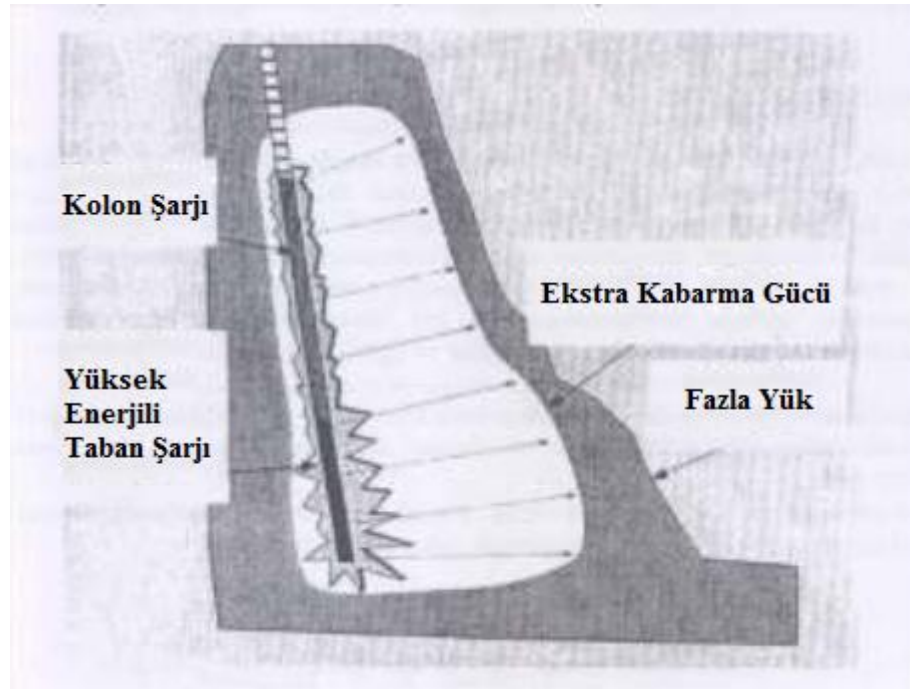
$$B = 10^{-3} \times K_r \times d \times (P_p / (\sigma_c)^{0.5} \text{ (Arıoğlu, 1988)} \quad [2.22]$$

$$B = f_3(q, d, K, \tau p, a), \text{ (Arioğlu, 1988)} \quad [2.23]$$

$$B = [(K_o / (\mu \times n \times \tan(\theta/2))]^{0.5} \times d \times [(S_{ge} \times Q_e / Q_{er}) / ((\sigma_b^2 / (2E_d \times n \times Q_{er}))^{0.5} \text{ (Kou ve Rustan, 1992)} \quad [2.24]$$

Bu formüllerin dışında; uygun dilim kalınlığının belirlenmesi için Rustan, Bilgin, Paşamehmetoğlu ve arkadaşları her bir işletmede tek delik düzeninin uygulanmasının daha olumlu sonuçlar vereceğini ifade etmektedirler. Tüm bu formüller genel bir değerlendirmeye tabi tutulduğunda; dilim kalınlığını, delik çapının fonksiyonu olarak ifade eden yaklaşımların pratik kolaylıklar sağladığı ve hemen hemen tümünün birbirine oldukça yakın değerler olduğu (minimum ve maksimum aralıkları içinde) görülmektedir. Patlatma geometrisi unsurlarıyla birlikte çalışılan kayaların madde ve kütle özelliklerini belirli ölçüde kullanmanın yanında, kullanılan patlayıcı madde özelliklerini de göz önünde tutan yaklaşımlardan; pratikte daha olumlu sonuçlar elde edilenler aşağıdaki gibi özetlenebilir (Yılmaz, 2010).

Şekil 2.9'da patlayıcı enerjisi ile dilim kalınlığı arasındaki ilişki verilmektedir.



Şekil 2.9 Patlayıcı enerjisinin dilim kalınlığına göre seçimi (Değerli, 2012)

Arioğlu (1988), Konya C.J., yaklaşımının yoğunluk dışında diğer kaya özelliklerini dikkate almaması nedeniyle; kullanımının sınırlı olacağı çeşitli araştırmacılarca ifade

edilmektedir. Bununla birlikte bu yaklaşımın zayıf formasyonlar için iyi sonuçlar verdiği de belirtilmektedir. Pearse formülünün kayaların çekme dayanımını esas alması dolayısıyla ön tasarımlarda olumlu sonuçlar verdiği çeşitli araştırmacılarca ifade edilmektedir (Sayınbatur, 2011).

Bu yaklaşımın, özellikle kalker formasyonu için başarılı sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Ancak diğer kaya özelliklerini dikkate almaması, uygulama şansını sınırlamaktadır. Keza Arıoğlu'nun (1988) özgül şarjı, patlatma geometrisi büyüklüklerini ve patlayıcı madde özelliklerini kapsar şekilde önerdiği bağıntı ile belirli sonuçlar alınabilmesi söz konusu olabilir. Bu yaklaşımda; birim patlayıcı tüketimi, kayanın diğer madde ve kütle özelliklerini dikkate alacak şekilde belirlendiğinde, yaklaşımın başarı şansı artabilecektir. Nova ve Zanietti tarafından değiştirilen Pearse yaklaşımının, süreksizlik yönelimini dikkate almış olması nedeniyle oldukça olumlu sonuçlar verdiği Özkahraman (1994), tarafından ifade edilmektedir (Sayınbatur, 2011).

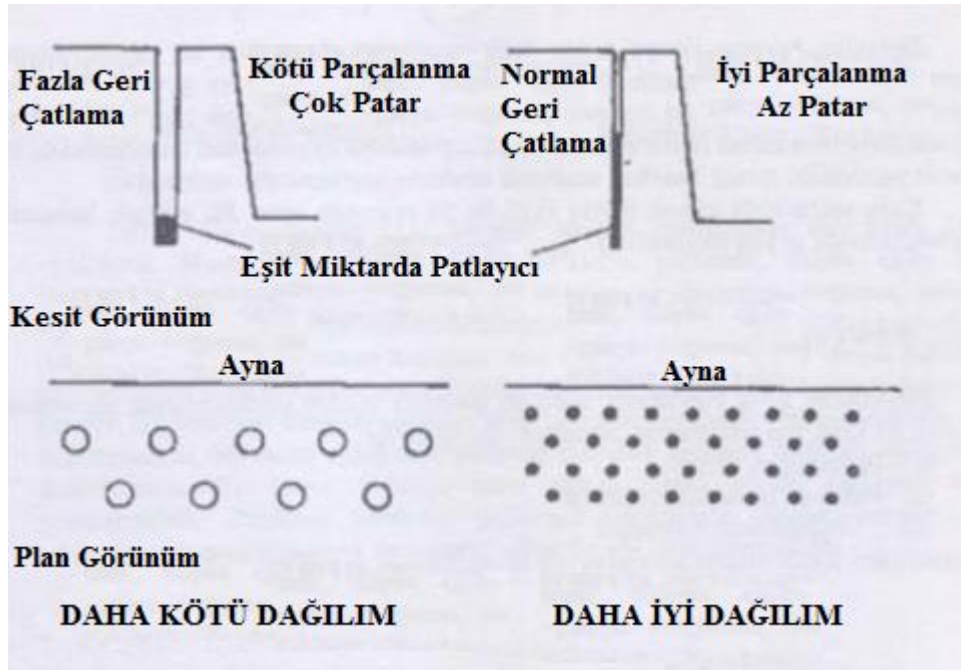
Rustan (1992) tarafından önerilen tek delik düzeni ile dilim kalınlığı belirleme yaklaşımının, bir takım deneme zorlukları ve ek maliyet unsurları oluşturma gibi hususlar bir tarafa bırakıldığında, oldukça iyi sonuçlar verdiği çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmektedir. Kou ve Rustan (1992) tarafından önerilen yaklaşımın; kayaların dinamik elastik modülünü, basma dayanımını, patlayıcı madde özelliklerini, delik çapı ve diğer geometrik büyüklükleri dikkate alması nedeniyle olumlu sonuçlar verebileceği, ancak süreksizlikleri ve yönelimlerini dikkate almadığından tahminlerde yanılgılar olabileceği bazı araştırmacılarca belirtilmektedir (Akyol, 2010).

Langefors ve Kihlstrom (1978) tarafından verilen formülün; (özellikle sağlam kayalarda) kaya özelliklerini (kaya patlatma katsayısı şeklinde), delik çapı ile diğer delik geometrisi unsurlarını ve patlayıcı madde özelliklerini (yoğunluk ve kudretini) dikkate alması nedeniyle pratikte çok başarılı sonuçlar verdiği birçok araştırmacı ve uygulamacı tarafından pek çok yayında ifade edilmektedir.

Kahriman (1999), aynı yaklaşımın esas alındığı bu çalışma kapsamında yapılan tasarımlarla da başarılı sonuçlar alınmıştır. Ancak formülün başarısı için, kaya patlatma katsayısının çok iyi bir şekilde (gerekirse test atımlarıyla) tayin edilmiş olması gerekmektedir.

2.3.3.3 Delik çapının belirlenmesi

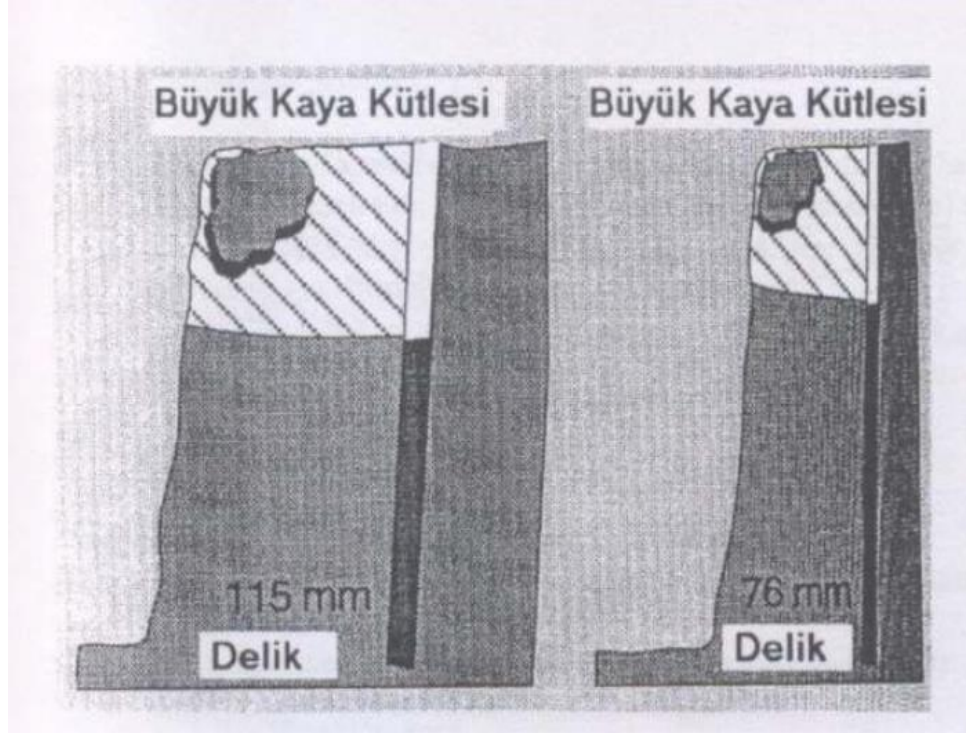
Patlatılacak kaya yapılarının içerisine patlayıcı madde yerleştirmenin en verimli yolu, bu kaya yapılarına delik delmektir. şekil 2.10’da da görüldüğü üzere bu işlem, patlatmanın verimini, patlayıcı maddenin verimini, patlatmanın maliyetini tayin eden faktör olması açısından çok önemlidir.



şekil 2.10 Eşit miktarda patlayıcı maddelerin farklı dağılımlarının sonuçları (Değerli, 2012)

Delik çapının seçiminde etkin olan başlıca unsurlar; kaya özellikleri, istenen parçalanma derecesi, üretim kapasitesi kıstasları, evre koşulları, basamak yüksekliği, kullanılacak patlayıcı maddelerin kudreti ve çapın artışına bağlı olarak birim delme maliyetinde olabilecek azalmadır. Her ne kadar pek çok işletmede, belirli bir makine parkı varlığı dolayısıyla delik çapı seçimi kısıtlı ise de yeni oluşturulacak projelerde delik çapının çok iyi tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır (Sayınbatur, 2011).

Burada açıklanan hususlar şekil 2.11’de gösterilmiştir.



Şekil 2.11 Delik çapının küçülmesi sonucu blok çıkma olasılığında azalma (Değerli, 2012)

Bazı araştırmacılar açık işletmelerde seçilebilecek delik çapları (d) için pratik olarak aşağıdaki verilen aralıkları önermektedirler (Alabaş, 2010).

$$d = 51\text{mm}-425\text{mm} \text{ (Dick vd., 1983)} \quad [2.25]$$

$$d = 30\text{mm}-400\text{mm} \text{ (Olofsson, 1988)} \quad [2.26]$$

$$d \text{ (m)} = K / (100-200) \text{ (Tamrock, 1984)} \quad [2.27]$$

Yukarıda özetlenen tüm etkili parametrelere karşın, araştırmacıların çoğu, delik çapının (d), daha çok basamak yüksekliğinin (K) bir fonksiyonu olarak ifade etmektedirler.

Basamak ayna yüksekliğinin hem delme, hem patlatma ve hem de yükleyici makineler açısından önemi vardır. Patlatmaya yönelik delici makinelerin optimum verimle çalıştıkları bir derinlik önerilir. Bu derinlik gereğinden kısa tutulduğunda, delici makineden tam verim alınmamış olur. Aksine, deliğin fazla derin olması

halinde, hem delme hızının düşmesi, delgi ve patlayıcı madde doldurma hatalarının artması, hem de makinelerin zorlanması kaçınılmaz olur.

Normal patlatmalarda, kural olarak basamak ayna yüksekliğinin, delik ayna uzaklığının en az 2,5 en fazla 6 katı alınması doğru bir seçim olacaktır. Yükleyici makinelerin de, güvenli ve verimli çalışabilmeleri açısından, karşılarında uygun bir ayna yüksekliği olması gerekir. Tarif olarak bu kepçe erişebilme yüksekliğidir.

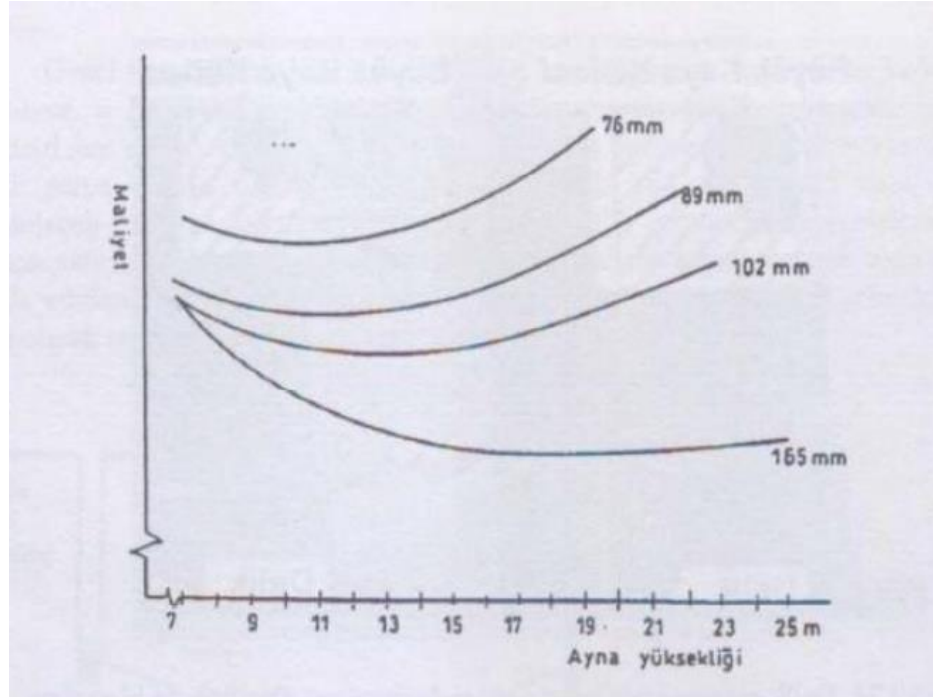
Hagan ve bazı diğer araştırmacılar ise delik çapının, basamak yüksekliğinin 40 ta biri ile 80 de biri arasında değiştiğini, yaptıkları çalışmalar sırasında gözlemlemişlerdir. Tamrock'a (1984) göre; eğer kesme derinliği herhangi bir çaptaki deliğin kullanılmasına izin veriyorsa ve çevresel unsurlara (binalar v.s.) yeterince uzaksa, delik çapını tayin edici nihai faktör olarak ekskavatör kepçe hacmi dikkate alınabilmektedir (Alabaş, 2010).

Basamak yüksekliği ile delik çapı arasında olması gereken;

Asgari oran $K = 40 \times d$

Azami oran $K = 90 \times d$

Burada açıklanan hususlar Şekil 2.12'de gösterilmiştir.



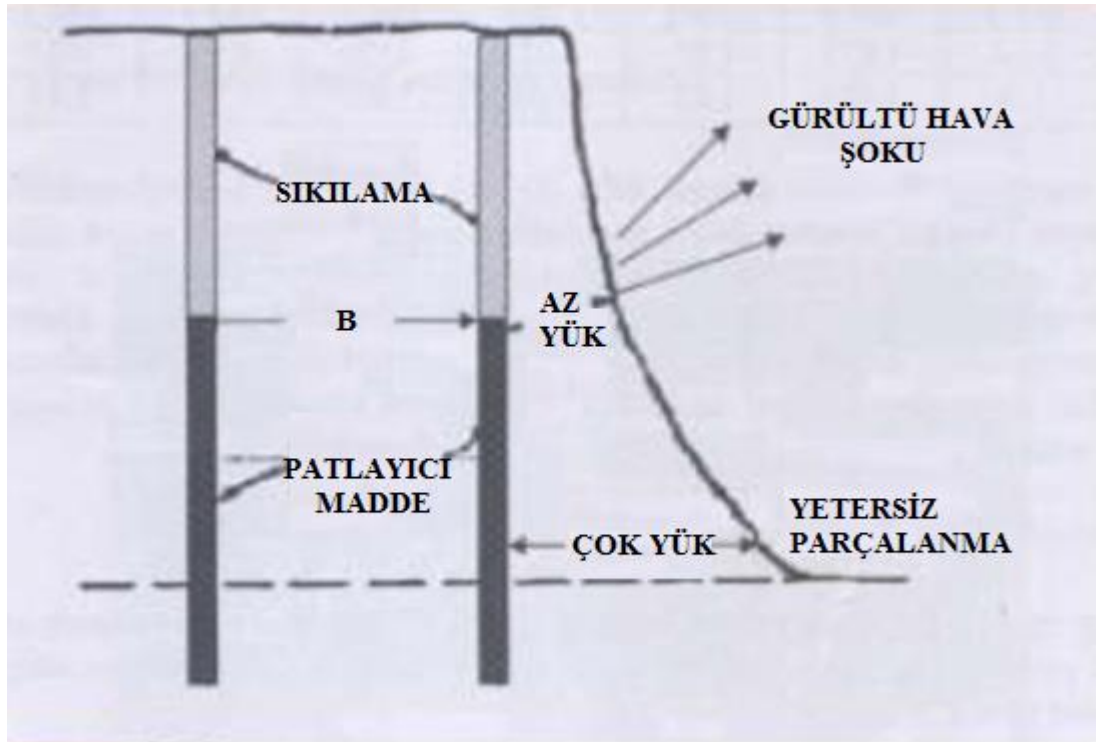
Şekil 2.12 Delik çapı, ayna yüksekliği ve maliyet arasındaki ilişki (Değerli, 2012)

2.3.3.4 Delik eğiminin belirlenmesi

Açık işletme basamaklarında dik delme, kolay olması ve delik boylarının daha kısa olması nedeniyle genellikle tercih edilen bir yöntemdir. Buna karşılık, açık ocak şevlerinin genellikle eğimli olmaları nedeniyle deliklerin dik delinmesi durumunda, basamağın üst kısımlarındaki kayaçlar, istenilen parçalanma meydana gelmeden büyük bir kuvvetle ileri itilirler ve bu nedenle de büyük boyutlu bloklar halinde parçalanırlar.

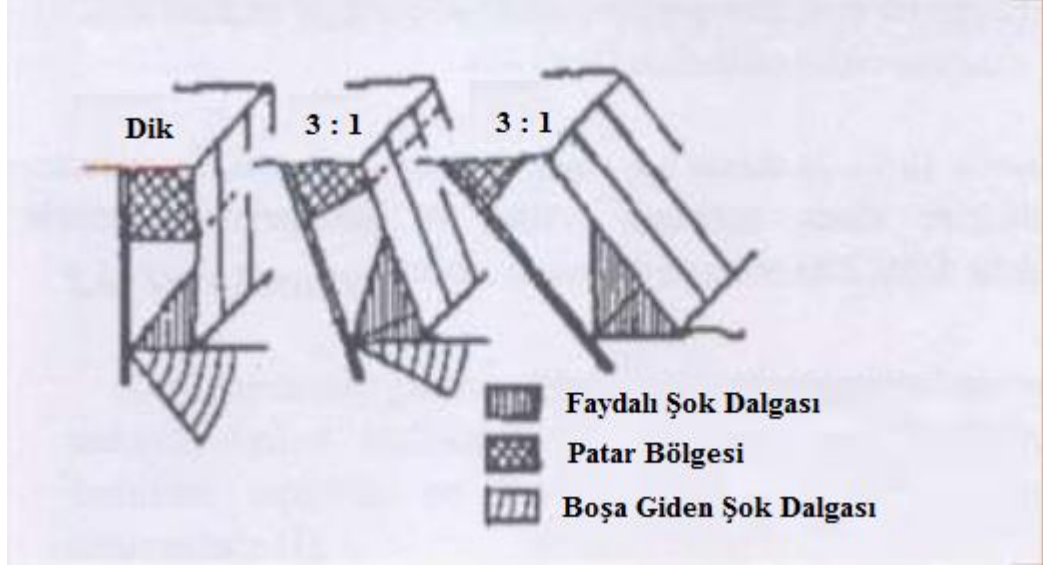
Ayrıca, basamak üst kısımlarında delik ile şev yüzeyi arası mesafe daha küçük olduğundan, patlama işlemini tam olarak yapamadan atmosfere kaçar. Bunun sonucunda da, basamak üst kısımlarında gürültü, hava patlaması ve kaya fırlamaları meydana gelebilir. Basamak alt kısımlarında da, delik ile basamak şev yüzeyi arası mesafenin çok büyük olması nedeniyle, basamak alt kısımlarında iyi parçalanmamış ve itilmemiş kısımlar (tırnaklar) kalabilir (Yılmaz, 2010).

Burada açıklanan hususlar Şekil 2.13’de gösterilmiştir.



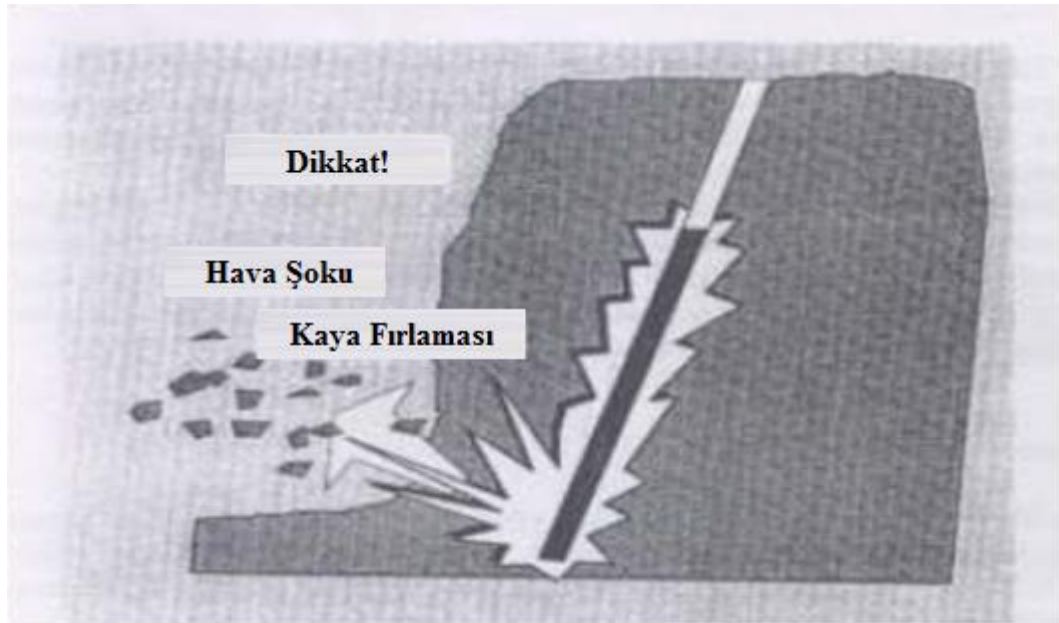
Şekil 2.13 Dik eğimli ayna sorunları (Değerli, 2012)

Genel olarak, eğimli delik kullanımının, geri çatlak, kaya fırlaması ve yer sarsıntısı gibi olumsuzlukları azaltmanın yanında, patlatmanın verimliliğini artırdığı Şekil 2.14’de görüldüğü üzere pek çok araştırmacı tarafından gözlenmiştir.



Şekil 2.14 Eğimli deliklerin dik deliklere göre yararları (Değerli, 2012)

Öte yandan çok sağlam kayalar için dik deliklerin olumlu sonuçlar verebileceği çeşitli araştırmacılarca ifade edilmektedir. Şarj zorluğu nedeniyle çeşitli araştırmacılar arasında delik eğiminin genel kabul görmüş minimum değeri 45°’dir (Akyol, 2010).



Şekil 2.15 Hatalı eğimin yol açtığı sorunlar (Değerli, 2012)

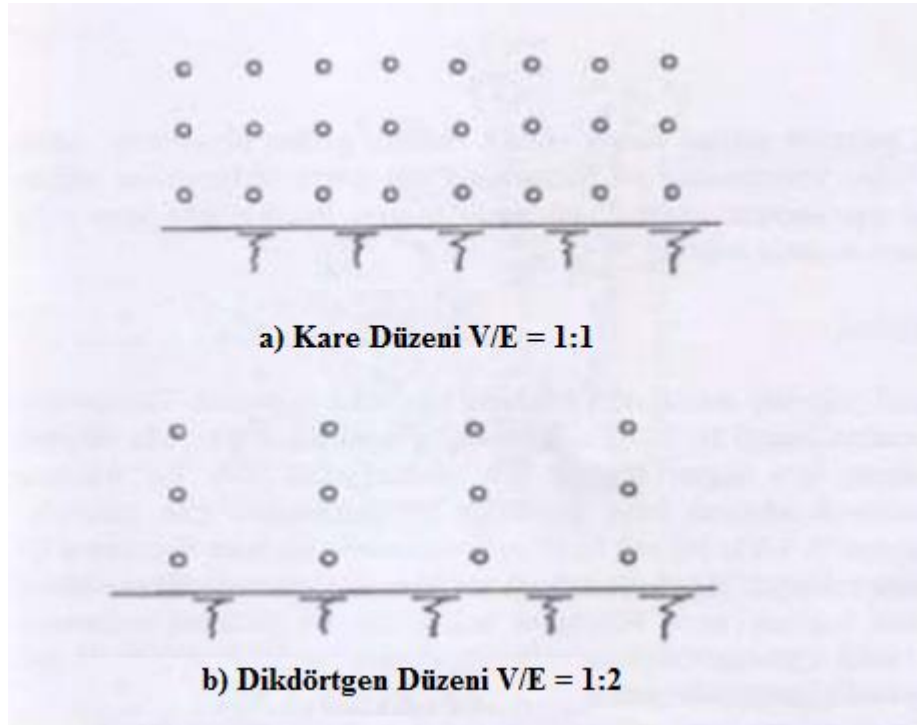
Başarılı bir atım için, genel olarak seçilmesi gereken ortalama eğim açısını Olofsson (1988), 71° olarak önermektedirler. Hatalı eğim ise Şekil 2.15’da görüldüğü üzere kaya fırlaması gibi sorunlara yol açmaktadır.

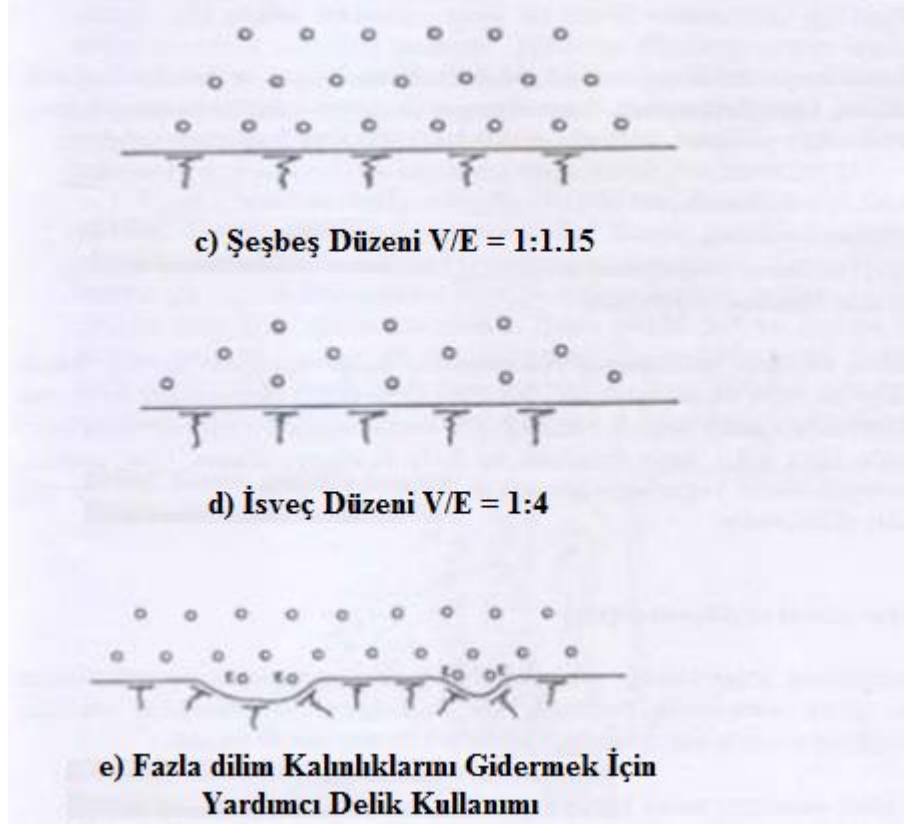
Delik eğimine etki eden diğer bir unsur ise basamak yüksekliği ve delik uzunluğuna bağlı olarak değişen delik hata payıdır (Alabaş, 2010).

2.3.3.5 Delikler arası mesafenin belirlenmesi

Delikler arası mesafe patlatma tasarımında önemli bir unsurdur. Bazı araştırmacılar delikler arası mesafeyi, basit bir şekilde yan yana iki delik (aynı sırada) arası mesafe olarak kabul ederken, bazıları delikler arasındaki (bitişik delikler) gecikme aralığı olarak tanımlamaktadırlar.

Yük mesafesinin fazla olması ise malzemenin yeterince parçalanamamasına, ötelenememesine, gerinin örselenmesine ve yer sarsıntısına yol açar. Ayrıca yükleyicilerin verimli olarak çalışmasını engeller ve maliyet artışlarına neden olur. Atımlarda uygulanan delik düzenleri Şekil 2.16’da ayrıntılı bir şekilde verilmektedir (Değerli, 2012).





Şekil 2.16 Açık ocak patlatmalarında kullanılan değişik delik düzenleri

Atımlarda ilk sıranın yük mesafesine özellikle dikkat edilmelidir. Yükün fazla olması durumunda kilitlenmeye, az olması durumunda ise taş fırlamasına sebep olur. Maliyet azaltma amaçlı olarak delik düzeni genişlemesi yapılacaksa buna delikler arası mesafeyi açarak başlamak daha uygun olacaktır.

Delikler arası mesafenin belirlenmesinde başka birçok faktör etkin olmakla birlikte, yaygın bir kabul ile daha çok dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edilmektedir. Formüllerde daha çok delikler arası mesafe dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak belirlenmektedir. Çeşitli araştırmacıların konuya yaklaşımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Özdemir,2009).

$$S(m) = 1.25 \times B(m), \text{ (Olofsson, 1988)} \quad [2.28]$$

$$S(m) = [B \times K]^{1/2} \text{ (Konya ve Walter, 1990)} \quad [2.29]$$

$$S(m) = 1.8 \times B, \text{ (Tek sıra delik için) (Hemphill,1981)} \quad [2.30]$$

$$S(m) = [Bx(hb+hp)]^{0,5}, (\text{çok sıralı ve gecikmesiz}) \text{ eğer } (hb+hp) < 4 \text{ ise} \\ (\text{Hemphill, 1981}) \quad [2.31]$$

$$S(m) = 2 \times B \text{ eğer } (hb + hp) > 4 \text{ ise, (Hemphill, 1981)} \quad [2.32]$$

$$S(m) = 1.25 \times B \text{ (Tamrock, 1984)} \quad [2.33]$$

$$S(m) = (1.15-1.25) \times B, (\text{Langefors ve Kihlstrom, 1978}) \quad [2.34]$$

$$S(m) = (1-1.8) \times B, (\text{Atlas Powder Comp., 1987}) \quad [2.35]$$

$$S(m) = 2 \times B, (\text{Dick vd., 1983}) \quad [2.36]$$

Genel bir değerlendirme olarak, araştırmacıların bir çoğunun, basamak patlatması için önerdikleri delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1 ila 1,8 arasında değişmektedir.

Öte yandan araştırmacıların hemfikir olduğu başlıca konular aşağıda ifade edildiği gibidir. Eğer delikler arası mesafenin dilim kalınlığına oranı 1 den küçük olursa; sıkılama malzemesinin erken boşalması nedeniyle delikler arasında çok erken çatlaklar oluşacaktır. Bunun sonucu, gaz kaçışının hızlanması, hava şoku, gürültü ve iri blok oluşumu gibi sorunlar ortaya çıkacaktır. Tersine bu oran çok büyük olursa, uygun olmayan parçalanma ve/veya hiç parçalanmama nedeniyle iri bloklar ortaya çıkacaktır (Alabaş, 2010).

Yukarıda verilen yaklaşımlar dikkate alınarak ön tasarım geliştirmek ve işletme koşullarına en uygun değerleri elde etmek, izlenmesi gereken en uygun yol olacaktır (Sayınbatur, 2011).

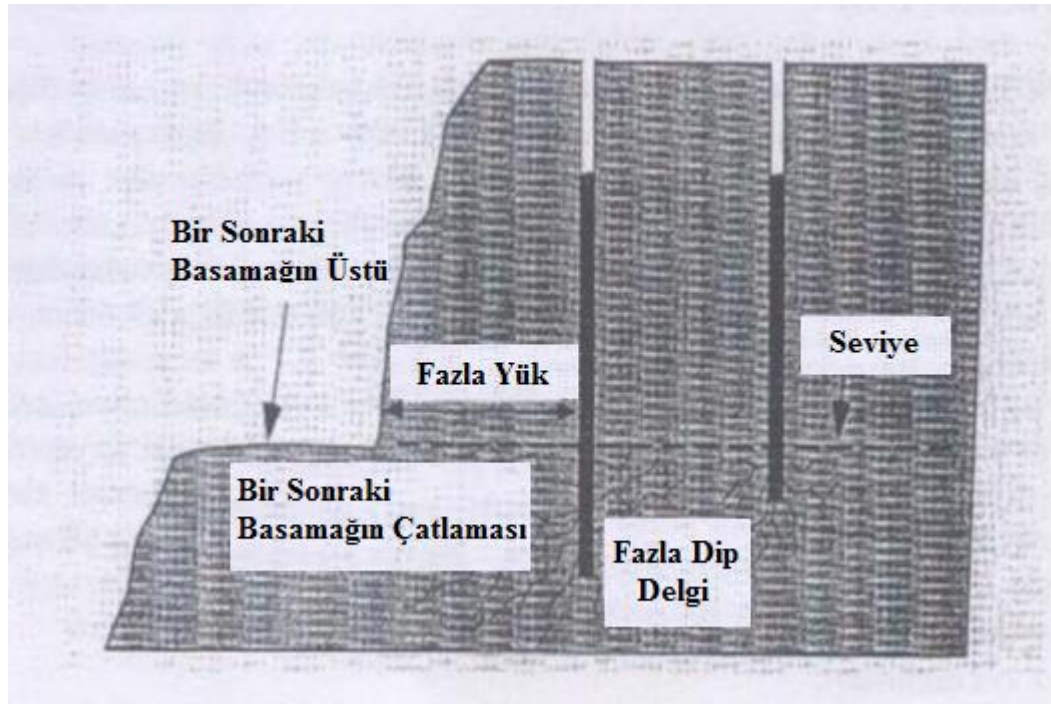
2.3.3.6 Delik taban payının belirlenmesi

Yerinde basınç dağılımı ve patlayıcının etkinliği açısından konu incelendiğinde görülür ki, aynaların tabanında kırılması güç bir kısım vardır. Eğer delikler tam basamak yüksekliğinde delinirse, kırılmanın tam 90° olmaması nedeni ile tırnak dediğimiz sert bir kısım kalacaktır. Bu ise yükleyici makineler açısından olsun, kazıcı makineler açısından olsun hiç istenmeyen bir olaydır. Bu nedenle delikler,

aynayı tam tabanından kesecek gibi biraz derin delinir. Bu fazlalığa alt delme veya delik taban payı (Subdrilling) denir.

Güvenilir bir patlatma açısından, sağlıklı olarak belirlenmesi gereken unsurlardan biri de delik taban payıdır. Basamak tabanında arzu edilen düzgünlükte bir yüzey ve iyi kesilmiş bir ayna elde etmekte taban payı önemli olmaktadır. Delik taban payının gereğinden fazla veya az olmasının getirdiği problemlere, hemen hemen tüm araştırmalarda geniş yer verilmiştir (Sayınbatur, 2011).

Gereğinden derin delinen alt delme aşırı yersarsıntısına yol açabileceği, alt basamağı oluşturacak kayayı fazla parçalayabileceği ve yükleyicilerin baş aşağı dalmalarına ve basamak kotunu düşürmelerine neden olabileceği gibi, birbirini takip eden basamakların çalıştığı iş yerlerinde, bir alt basamakta delme işlevini zorlaştıracaktır. Aynı zamanda delik delme ve patlatma maliyetlerinde artış meydana getirecektir. Yetersiz alt delme ise tırnak kalmasına ve yükleme masraflarının artmasına sebep olur. Burada açıklanan hususlar Şekil 2.17’de gösterilmiştir (Değerli, 2012).



Şekil 2.17 Tabanın örselenmesi

Araştırmacıların çok büyük bölümü, taban payını (U) dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir. Bu önerilerin bazıları aşağıda verilmiştir (Yılmaz, 2010).

$$U(m) = (0.2-0.3) \times B, \text{ (Hoek ve Bray, 1991)} \quad [2.37]$$

$$U(m) = (0.1-0.5) \times B, \text{ (Dick vd., 1983)} \quad [2.38]$$

$$U(m) = (0.2-0.5) \times B, \text{ (Atlas Powder Comp., 1987)} \quad [2.39]$$

$$U(m) = 0.35 \times B, \text{ (Konya, 1990; Tamrock, 1984)} \quad [2.40]$$

$$U(m) = 0.3 \times B_{\max}, \text{ (Olofsson, 1988)} \quad [2.41]$$

$$U(m) = 8 \times d, \text{ (Hagan'ın önerisi, Bilgin vd., 1986)} \quad [2.42]$$

2.3.3.7 Sıkılama boyunun belirlenmesi

Sıkılama, patlama sonrası açığa çıkan enerjinin havaya kaçmasını önleyerek, patlama verimliliğini arttırmakta ve gürültülü hava şokunu önlemektedir. Eğer sıkılama yetersiz ise gazların atmosfere vaktinden önce kaçması ile hava akımı ve kaya parçalarının uçması tehlikesi meydana gelecektir. Diğer taraftan, eğer sıkılama aşırı ise basamağın üst kısmından gelen büyük bir miktar molozun gelmesi ve artan bir titreşim meydana gelecektir (Yılmaz, 2010).

Uygun parçalanma derecesinde bir yığın elde etmenin yanında, hava şoku ve kaya fırlaması gibi çevre etkenlerinin en aza indirilmesi bakımından önemli unsurlardan biri, sıkılama boyu ve sıkılama malzemesinin cinsidir. Sıkılama boyu ve etkileri konusunda yapılan araştırmalarda; araştırmacıların çoğu sıkılama boyunun, dilim kalınlığının bir fonksiyonu olduğunu kabul ederek aşağıdaki yaklaşımlarda bulunmuşlardır (Özdemir, 2009).

$$h_o(m) = (0.7-1) \times B, \text{ (Tamrock, 1984)} \quad [2.43]$$

$$h_o(m) = (0.67-2) \times B, \text{ (Hoek ve Bray, 1991)} \quad [2.44]$$

$$h_o(m) = B, \text{ (Langefors, 1978; Gustaffson, 1973; Olofsson, 1988)} \quad [2.45]$$

$$h_o(m) = (20-60) \times d, \text{ (Bilgin, 1986)} \quad [2.46]$$

$$h_o (\text{feet}) = 0.7 \times d, (\text{Konya, 1990}) \quad [2.47]$$

Konya (1990), pratik yaklaşımına ek olarak, sıkılama boyunun hesabında, patlayıcı madde kudretini ve kayanın yoğunluğunu dikkate alan aşağıdaki formülü önermektedir (Kalaycı, 2011).

$$h_o = 0.45 \times d \times (\text{Stv} / \text{SGr})^{0.33} (\text{Konya, 1990}) \quad [2.48]$$

Bazı araştırmacılar sıkılama boyunu, hava şokunu ve kaya fırlamasını en aza indirecek bir fonksiyon şeklinde ifade etmektedirler (Alabaş, 2010).

$$h_o = Z \times (12 / \text{Kr}) \times (\text{We} \times s_1 / 100)^{0.33} \quad [2.49]$$

Normal koşullarda; sıkılama boyunun dilim kalınlığına eşit alınmasının oldukça iyi sonuçlar verdiği hemen hemen tüm araştırmacılarca kabul görmüş bir yaklaşımdır (Sayınbatur, 2011).

2.3.3.8 Yemleme yeri ve miktarının belirlenmesi

Delğe şarj edilen patlayıcı madde kolonunun zamanında ve güvenilir bir şekilde ateşlenmesinde, yem sayısı ve konumu önem taşımaktadır.

Genelde delğin tabana yakın kısmından yemleme yapılır, ancak kimi zaman delğin patlamama durumu göz önüne alınarak, güvenlik için delik ortasına yakın, yüksekliği bilinen bir mesafeye ikinci bir yemleme yerleştirilebilir. Yemlemeyi tabandan yapmanın yararları şunlardır:

- İyi parçalanmış, ötelenmiş ve daha serbest bir yığın,
- Daha düzgün bir ayna ve taban,
- Daha az gürültü ve hava şoku,
- Daha az ateş kesme olasılığı

Öte yandan, iyi bir ateşleme için yemleme çapının yaklaşık olarak şarj çapına eşit olması ve yemleme uzunluğunun şarj çapının 2-4 katı arasında bulunması bazı araştırmacılarca önerilmektedir (Alabaş, 2010).

2.3.3.9 Gecikme zamanının belirlenmesi

İyi parçalanma, kolay kazı ve yükleme ile patlatmadan kaynaklanan çevresel sorunları önlemek için günümüzde patlatmalar gecikmeli ateşleme yöntemiyle yapılmaktadır. Gecikme süresini doğru seçmek; çok sıralı atımlarda tırnak kalmasını önler, parça boyutunun denetlenmesini sağlar, birim zamanda patlayıcı miktarını azaltır, çevre sorunlarını azaltır.

Gecikmeli ateşlemede kullanılan bazı araçlar;

A-Numaralı elektrikli kapsüller

B-İnfilaklı Fitol ve gecikme rölesi birlikteliği

C-Sok tüplü kapsüller

D-Elektronik kapsüller

Güvenilir ve istenilen parçalanmaya cevap veren bir atımın gerçekleştirilmesi bakımından gerek aynı sıradaki delikler arasında, gerekse delik sıraları arasında uygun bir gecikme süresinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu gereklilik, yersarsıntısı, hava şoku ve fırlayan kaya gibi çevresel etkileri de en aza indirmek bakımından zorunludur. Konuyla ilgili çalışma yapan araştırmacılar gecikme zamanını dilim kalınlığının bir fonksiyonu olarak ifade etmişlerdir. Bunlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir (Yılmaz, 2010).

Delikler arası gecikme zamanı(t_h)

$$t_h (\text{ms}) = TH \times S, (\text{Konya, 1990}) \quad [2.50]$$

$$t_h (\text{ms}) = 5 \times B, (\text{Larsson, 1985}) \quad [2.51]$$

$$t_h (\text{ms}) = (B/305) + PC / V_e + B/23 \quad [2.52]$$

2.3.3.10 Dip şarj ve kolon şarj boylarıyla miktarlarının belirlenmesi

Genel olarak, basamak patlatma delikleri iki farklı şekilde şarj edilmektedir. Bunlar, sürekli ve kısmi şarjdır. Kısmi şarj özel durumlar için geçerlidir. Buna karşılık sürekli şarj kapsamında ifade bulan kolon şarjı ise en genel uygulama biçimidir. Sürekli şarj durumunda; delikteki şarj boyu; kaya özellikleri ve patlayıcı madde cinsi dikkate alınarak ikiye ayrılmıştır (Kalaycı, 2011).

- i. Dip şarjı
- ii. Kolon şarjı

Delik taban kısmında daha fazla enerji ihtiyacı nedeniyle; genellikle delik tabanına konacak patlayıcı madde gücünün daha fazla olması gerekir. Ayrıca patlayıcı maddenin ayna boyunca iyi dağılımını sağlamak için patlayıcı madde kolonunun belirli bir uzunlukta olması hususu; patlama teorisi açısından gereklidir. Konuyla ilgili olarak çalışmalar yapan bazı araştırmacılar, dip ve kolon şarjının boylarını dilim kalınlığının fonksiyonu olarak aşağıda verildiği gibi ifade etmişlerdir (Yılmaz, 2010).

Dip şarj boyu h_b (m);

$$h_b (m) = B + U = 1.3 \times B, \text{ (Langefors vd., 1978; Tamrock, 1984)} \quad [2.53]$$

$$h_b (m) = (0.3-0.5) \times B + U, \text{ (Atlas Powder, 1985)} \quad [2.54]$$

$$h_b (m) = (0.3-0.6) \times (B+U), \text{ (Dick vd., 1983)} \quad [2.55]$$

Dip şarj miktarı(Q_b);

$$l_b (kg/m) = C_o \times B^2, \text{ (Tamrock, 1984)} \quad [2.56]$$

$$l_b (kg/m) = (f_2/s_1) \times (S/B) \times 0.8 \times C_o \times B^2, \text{ (Langefors, 1978)} \quad [2.57]$$

$$Q_b (kg): l_b \times h_b \quad [2.58]$$

Kolon şarj boyu (h_p);

$$h_p (m) = H - 2.3 \times B, \text{ (Langefors ve Kihlstrom, 1978; Olofsson, 1988; Tamrock, 1984)} \quad [2.59]$$

$$h_p(m) = H - h_b - h_o, \text{ (Atlas Powder, 1985)} \quad [2.60]$$

Kolon şarjı miktarı (Q_p);

$$I_p \text{ (kg/m)} = 0.4 \times I_b, \text{ (Tamrock, 1984)} \quad [2.61]$$

$$I_p \text{ (kg/m)} = (0.4-0.5) \times I_b, \text{ (Langefors, 1978; Gustafsson, 1973)} \quad [2.62]$$

$$Q_p \text{ (kg)} = I_p \times h_p, \quad [2.63]$$

2.3.3.11 Delik hata payının belirlenmesi

Arzu edilen parçalanma derecesinde bir yığının elde edilmesinde önemli unsurlardan bir diğeri; deliklerin planlanan geometrik büyüklüklerde delinmesidir. Bu konuda ne kadar ihtimam gösterilirse gösterilsin yine bazı sapmalar olmaktadır. Önemli olan bu sapma miktarlarının, kabul edilebilir sınırlar içinde kalmasıdır. Bazı araştırmacıların delik hata payı için önerdikleri tolerans değerleri aşağıdaki şekildedir (Bayrakçı, 2007).

$$E(m) = 0,05 + (0,03 \times K) \text{ (Langefors \& Kihlstrom, 1978)} \quad [2.64]$$

$$E(m) = 0,05 + (0,03 \times H) \text{ (Tamrock, 1984)} \quad [2.65]$$

$$E(m) = (d / 1000) + (0,03 \times H) \text{ (Olofsson, 1988)} \quad [2.66]$$

2.4 Patlatma Sonrası Parça Boyut Dağılımı Tayin Metodları

Büyük ölçekli çalışmalarda, parçalanmanın, sayısal olarak tahmini oldukça zor bir işlemdir. Tam ve gerçekçi bir parça boyutu tahmin metodu; tüm yığının elek analizine tabi tutulmasıdır.

Üretim ölçeğinde, bu işlem hiç de pratik ve ekonomik olmayan uygulanamayacak bir yöntemdir. Elemeye yakın sonuç verebilecek güvenilir elemenin boyut tespitinin başka bir kantitatif analiz metodu da henüz bilinmemektedir. Herhangi bir nümerik tahminle, malzemenin parça boyut dağılımını tespit etmek patlatma optimizasyonu ve değerlendirilmesi açısından bir ileri aşama sayılmaktadır. Çok yaygın olarak uygulanmakta olan başlıca parça boyut analizi yaklaşımları aşağıda tartışılmıştır (Yılmaz, 2010).

2.4.1 Görsel – gözlemsel analizler

Uygulamanın kolaylığı nedeniyle en yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde; oluşan yığın, atımın hemen sonrasında uzmanca gözlenmekte ve objektif bir tahminde bulunmaktadır. Genel olarak yığının üst yüzeyi, çoğu zaman yanıltıcı olabileceğinden bu teknik güvenilir değildir (Kahriman, 1999).

2.4.2 Fotoğraflama tekniği

Bu teknikle değişik analiz metotları kullanılarak yığın boyut dağılımı değerlendirilebilmektedir. Noren ve Porter (1974), patlatılan yığının %15' ini veya daha azının fotoğrafını seçerek bir ızgara ile analiz ettiler. Sonuçları, ortalama parça boyutundan % 9,6'lık bir sapma gösterdi. Teknikteki daha ileri aşama; üç boyutlu tahmin amacıyla fotoğraf görüntü alanının içine ölçekli hedefler koymak olmuştur. Tüm bu bahsedilen fotoğraf esaslı yöntemler zaman kaybedici ve parçalanmanın doğasını sayısal olarak ifade etmede başarısız oldular. Yüksek hızlı dijital kamera kullanımıyla, parça boyut dağılımının zamanla değiştiği ortaya konulmuştur. Tekniğin uygulanmasında en önemli kısıtlamalar; gaz çıkışı, toz oluşumu, çatlak oluşumu ve yığın hareketi gibi unsurlardır. (Özdemir, 2009).

2.4.3 Geleneksel ve yüksek hızlı fotogrametri

Bu yöntem, fotoğraf tekniğinden daha doğru ve güvenilir bir yöntemdir. Üç boyutlu ölçümler sağlar ve bu nedenle belirli münferit parçalar için hacim hesaplanması imkanı verir. Bununla birlikte, bu tekniğin asıl kullanım alanı; topoğrafik ölçme, jeolojik yapı ve süreksizliklerin haritalanmasıdır (Kahriman, 1999).

2.4.4 Patar sayımı yöntemi

Patlatılmış, ekskavatör kepçesine sığmayan malzemeye patar (iri blok) denilmektedir. Ekskavatörün yükleyemeyerek kenara bıraktığı patar sayıları belirlenir ve sayılır. Bu iri blokların eni, boyu ve kalınlığı gibi boyutlar ölçülür. Patlatılan yerinde kayanın toptan miktarına göre bir patar indeksi hazırlanabilir. Bu metot, parça boyutlarının üst limitleri değerlendirilirken güvenilir bir özelliktedir. Ancak ortalama ve küçük parça boyutu tahmininde yanıltıcı olabilir (Özdemir, 2009).

2.4.5 İkincil atımlarda patlayıcı tüketimi

Ekskavatör ya da yükleyicilerle yüklenemeyen iri parçalar (patarlar) ortaya çıktığında bunları parçalamak için ya çamur kaplamalı yüzeyden atım, yada delik delinmek suretiyle ikincil bir atım yapılması kaçınılmazdır. Hidrolik çekiçlerin bu amaçla kullanımı da söz konusu olabilmektedir. Her halükarda patlayıcı ya da enerji tüketimi söz konusudur. Patarlar için kullanılan patlayıcının toplam kaya kütesine oranını ifade eden bir indeks geliştirerek, bir işletmedeki nihai tasarım için, atım grupları arasında yapılacak optimizasyon çalışmalarında mukayese aracı olarak kullanılabilir (Kahriman, 1999).

2.4.6 Ekskavatörün Yükleme Performansı

Parça boyut dağılım tahmin yöntemlerinde, iyi parçalanmış bir yığının yükleme performansının daha iyi olacağı varsayılmaktadır. Herhangi bir parçalı ya da yükleme performansını etkileyebilecek yığın, zaman esaslı kronometraj kayıtlarıyla rahatlıkla belirlenebilir. Bu metotta bir yandan kepçe yükleme periyotları kaydedilirken, prosesteki kamyon yokluğu mekanik arızalar, yükleyici çevresinin düzensizliği gibi istenmeyen zaman kayıpları giderilmelidir. Bu yöntem, bir kaya birimi için en uygun patlatma koşullarını oluşturmak amacıyla muhtelif atım gruplarını karşılaştırmada, oldukça hassas çalışmalar yapmak suretiyle rahatlıkla uygulanabilir (Kahriman, 1999).

2.4.7 Primer kırıcı performansı

Primer kırıcıların ocakta kullanıldığı durumlarda kırıcıların belirli güç tüketimleri çene, çene astarlarının aşınması, saatlik kırıcı performansı gibi unsurlar, atımlarda elde edilen belirli boyut dağılımına haiz yığınlarla ilişkilendirilerek değerlendirilebilir. Küçük çaplı üretim faaliyetlerinde kullanılabilir. Patlatma optimizasyon çalışmalarında gereğinden iri ya da gereğinden ince parçalarla beslenen kırıcıların performans değerleri düşecektir. Bu nedenle bu teknik de rahatlıkla kullanılabilir (Özdemir, 2009).

2.4.8 Elek analizleri

Bu yöntem, en doğru ve güvenilir sayısal boyut dağılımı analizi tekniğidir. Tüm yığının komple elenmesini gerektirir. Büyük atımlarda uygulanması teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilir değildir. Ancak küçük çaplı çalışmalar için düşünülebilir.

Bu yöntem uygulanırken ilk olarak çeşitli standartlara göre hazırlanmış elekler belirlenir. Yığın eleklerden geçirilir ve yığın üstünde kalan malzemenin miktarı belirlenir. Bu belirlenen miktar tüm malzemeye karşılaştırılarak elek üzerinde kalan malzemenin yüzdesi çıkarılır. Sonuç olarak elek üstü malzemenin yüzdesi ve tanelerin boyutunu kapsayan bir grafik ortaya çıkarılır (Kahriman, 1999).

2.4.9 Üç-nokta metodu

Lulea Teknoloji Üniversitesinde geliştirilen bu metot görsel bir metottur (Nie, 1988). Bu metotta parça boyut dağılım eğrisi görsel olarak tahmin edilen 3 nokta ile taslak olarak çizilir. Bu üç nokta, 10mm'den küçük kırılmış kaya parçalarının ağırlık olarak yüzdesi, P₅₀ ortalama parça boyutu ve en büyük parça boyutudur (Yılmaz, 2010).

2.4.10 Parça-numune metodu

Çok sayıda parçalar yığından rastgele alınır. Daha sonra parça boyut dağılımları elek analizleri ile tespit edilen numunelerin sonuçlarının istatistiksel yöntemler kullanmak sureti ile tüm yığının parça boyut dağılımı tahmin edilir. Bu metot 1940'ların sonlarında İsveç'te kullanılmaktaydı (Özdemir, 2009).

2.4.11 Görüntü işleme metodu

Bu metotta, yığın içindeki parça boyut dağılımı yığın üzerinden ve/veya yığının belli kesitlerinin fotoğraflanması ile saptanır. Fotoğraflar sıradan bir fotoğraf makinesi veya video kamerası ile çekilebilir. Fotoğrafların dijitalleştirilmesi işlemi manuel veya otomatik olarak yapılabilir. Manuel olarak değerlendirilmesi durumunda yığın fotoğraflarının dijitalleştirilmesi standart CAD yazılımı ile yapılır. Bu işlem çok zaman alan bir işlemdir, çünkü resimdeki her taşın dış hatları kaya parçalarının boyutunu bulmak için yapılacak olan ileri hesaplamalar için dijitalleştirilmelidir (Yılmaz, 2010).

Otomatik ölçüm işleminde parçaların hatları bir bilgisayar programı tarafından teşhis edilir. Bunun için standart dijital görüntü işleme algoritmaları görüntü artırma işlemlerinin başlangıcı için kullanılabilir (Yılmaz, 2010).

2.5 Dijital Görüntü İşleme Yöntemi İle Parça Boyut Analizi

20 yıl evvel “Manuel Contour Delineation” denen sistemde yapılan bu iş bugün bilgisayar sisteminde geliştirilerek tam otomatik bir yöntemle yapılmaktadır. Dijital analiz programlarında tam otomatik algoritma kullanılmakta ve bu da “Partial

Contour Delineation And Succesive Openings” denen tekniğe dayanmaktadır. Diğer yöntemler gibi bu yönteminde avantajları ve limitleri vardır. Bu yöntemle vasat bir PC ile 30 saniyeden daha kısa bir sürede resmin neticesini elde etmek mümkündür. Bilgisayarın resim prosesine göre ayarlanması için dijital formatının olması gerekir. Günümüzde bu artık problem olmaktan çıkmıştır, çünkü “Gray-Scale” (Renksiz) resmini algoritma için ihtiyacımız kadar elde etmek aşağıdaki yöntemlerle mümkündür (Özdemir, 2009).

- Fotoğrafın taranması
- Analog kaynağın kullanılması: Video sinyali (Ccd, Cam) çeviren bir dijital tablo
- Direkt olarak kullanılan dijital kaynak: Dijital kamera
- Programların neredeyse tümü Jpeg, Tiff, Gif ve Bmp dosya formatlarına uygun resimleri kabul etmektedir.

Dijital görüntü işleme yöntemi ile parça boyut analizine geçmeden önce günümüzde hemen hemen her alanda kullanılmaya başlanan bu sistemin tarihi gelişimini ve kuramsal temellerini ortaya koymak konunun daha iyi anlaşılması açısından faydalı olacaktır.

2.5.1 Tarihi ve gelişimi

Dijital görüntü analizi (veya dijital görüntü işleme) için ilk fikir ortaya 1920’lerde resimlerin kablo ile transmisyonu konusunda ortaya atılmıştır. İlk bilgisayar ile işleme 1964’de Ranger-7 video görüntülerinde kullanıldı. Özellikle uzay araştırma görevleri için geliştirilmiştir. İlk çalışmalar geometrik düzeltmeler ve veri iletim hataları ile ilgiliydi. İşlemler büyük boyutta mainframe bilgisayarlar tarafından yapılmaktaydı. Bu ilk çalışmalar özellikle görüntüleme sistemleri ve bilgisayar sistemlerinin büyük maliyetinden dolayı sadece uzay projeleri ile sınırlıydı. Bilgisayar ile resim işleme yöntemi ile ilgili ilk kitap 1969’da A. Rosenfeld tarafından yazılmış ve Academic Press tarafından yayınlanmıştır (Kahriman, 1999).

2.5.2 Yöntemin sınırları

Bu teknik tek bir resim üzerinde hatalardan tamamen arınmış bir yöntem değildir. Gerçekte malzemenin elenmesinde istenilen ölçülere tamamen uyması beklenemez. Resimler üzerinde çalışıldığı için, parçaların görüntülerinin temini, parçaların

istenilen ölçülerde uygun ölçüm sınıfına göre tespiti tam olmaz. Genelde kullanılan bir elips veya daire şekilli cisimle parça boyutuna ulaşılır. Sadece resim üzerinde görülen parçalar işleme tabi tutulur. Bunların altında kalan görünmeyen parçalar program tarafından hesaba katılmaz. Bu görünüş örneklemeye bağlıdır. En üstte görünen yüzeydeki parçalar patlatmadan elde edilen kütleyi temsil eder. Bizim amacımız sadece tek bir yüzey ile kütleyi tahmin etmek olmayıp bütün yüzeyleri daha geniş hacimli kütle için tek örnek olarak ele almaktır. Kısmi görünen parçalar diğerleri tarafından tazmin edilen hatalar çıkarır. Bu güne kadar bu problemi program ile düzeltmek gerekli olmamıştır. Resmin çözünürlüğünü değiştirmek en kısıtlayıcı faktördür. “Fines” adı verilen toz halindeki parçalar resim üzerinde ayırt edilemez. 3 metreküp bir araziye kapsayan bir resimde 6 mm’ den daha küçük parçaları görmek mümkün değildir (Özdemir, 2009).

2.5.3 Sistemin tatbiki için muhtelif konfigürasyonlar

Sistemin içine patlamanın neticesinde kaya parçalarının sonuç ölçümünü sağlayan bir yöntemin ilave edilmesi gerekmektedir. Patlatmadan meydana gelen parçaların ayrıntılı olarak ölçme imkanı olmadığı için muhtelif resimler almak parçaların seçimine imkan vermektedir. Algoritmanın her resme tatbiki müstakil ölçme imkanı vermektedir. Aynı patlatmadan gelen resimler için yapılan ölçümlerin tasnifi parçalanma yöntemi için yol gösterir (Kahriman, 1999).

2 Adet sistem konfigürasyon tatbiki mümkündür:

- Yığın konfigürasyonu: Resim doğrudan yığından çekilir.
- Kamyon konfigürasyonu: Resim kamyon veya yükleyici üzerinden çekilir.
- Bant konfigürasyonu: Resim bant üzerinden çekilir.

Bu yöntemlerden biri konusunda karar vermek esneklik, maliyet ve hassasiyet yönünden yeterli değildir. Aşağıdaki görüşleri de dikkate almak lazımdır.

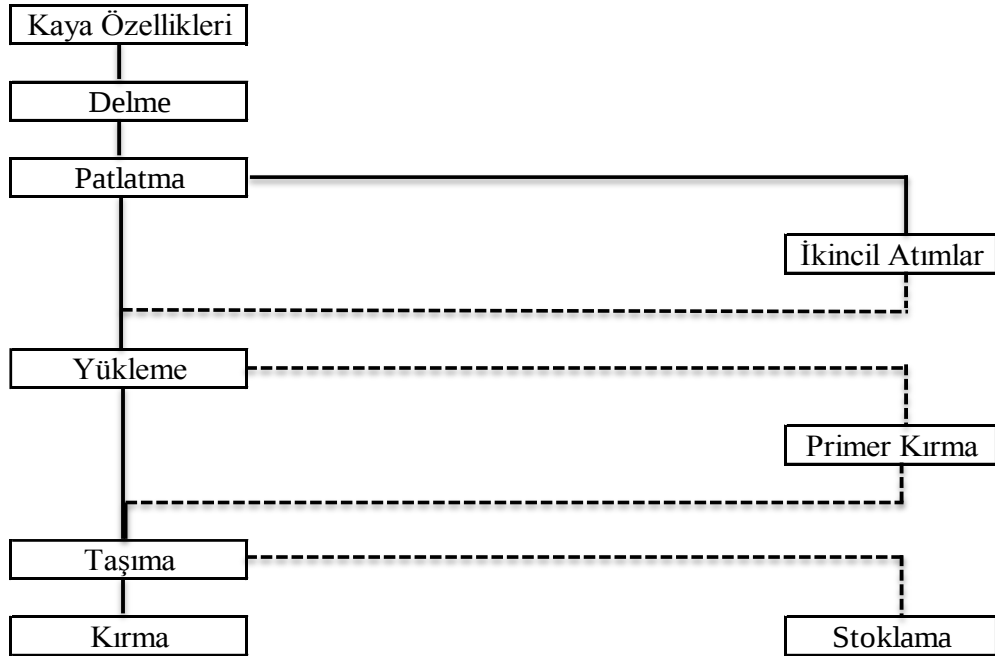
- Görüntünün toplanması: Manuel veya otomatik
- Numune seçimi: Numunenin fazla olması neticeyi daha kolaylaştırır.
- Ekipman: PC dışında video teşkilatı adapte edilmesi

2.5.4 Ölçümlemenin geçerliliği

Ölçümlemede belirlenen hedefi tutturmak çok önemlidir. Buradaki asıl amaç bütün parça boyutlarının karşılaştırılmasıdır. Ama bu sadece tek bir resim kullanarak olmaz. Programlar göstermiştir ki, parçalanmadaki en hassas bir değişim ve hatta sonuç gerçek sonuçlardan %10–20 hatalı bile olsa, bu olay, parçalanmanın heterojenliğinden ve özellikle patlatmadan dolayı oluşan ince toz tanelerinden kaynaklanmaktadır. (Yılmaz, 2010).

2.6 Patlatma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Patlatma verimliliğinin belirlenmesi oldukça karmaşık ve zor bir işlemdir. Verimlilik aşağıdaki Şekil 2.18’de ifade edilen delme-patlatma, kazı, yükleme, taşıma ve primer kırma gibi ardışık işlemlerin tümünde dikkate alınmalıdır. Bu işlemlerin her birinde, özellikler delme ve patlatma ile yükleme ve primer kırmada maliyetler birbirleri ile yakından ilişkilidir. Şekil 2.18’de bir tarafta blok boyutuna etki eden faktörler diğer tarafta blok boyutuna etki eden teknolojik işlemler belirtilmektedir (Sül, 1996).



Şekil 2.18 Patlatma tasarım sonucunda performans analizi yapılacak aşamalar (Tamrock, 1984).

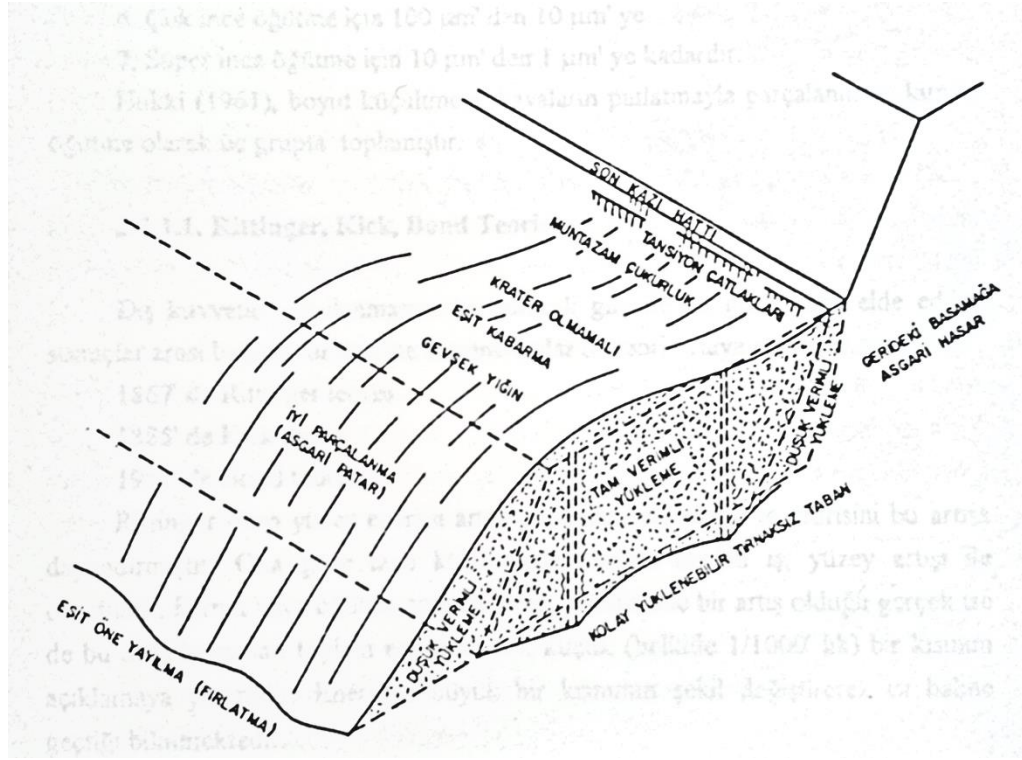
Açık işletmelerde, cevherlerin ve kayaçların parçalanma işleminde, sık delik delerek ve daha fazla patlayıcı madde kullanarak daha küçük parça elde edilir ama buna karşılık delme ve patlatma masrafları artmaktadır. Diğer taraftan iyi parçalanmış, kolay kazılabilir bir yığında yükleme, taşıma ve cevherlerde ise ek olarak kırma harcamaları azalmaktadır. Açık işletmeciliğin hedefi, toplam maliyetin minimum olduğu noktanın yakalanması olmalıdır. Sadece delme ve patlatma maliyetlerinde hedeflenen maliyet minimizasyonu düşüncesi, birbirini takip eden teknolojik işlemlerin maliyetinde çok önemli artışları göz ardı etmemize neden olacaktır. Bundan dolayı en uygun sonuca, hem delme hem patlatma hem de ardışık işlemlerin birlikte ele alınmasıyla ulaşılmak mümkündür (Sül, 1996).

Herhangi bir kaya birimi için patlatma verimliliği; yapılacak farklı atım sonuçlarının gözlenmesi ve birbiri ile mukayese edilmesi ile belirlenebilir. Başarılı bir atımın başlıca göstergeleri genel hali ile Şekil 2.19'da verilmektedir.

Patlatma sonuçlarının değerlendirilmesinde genel olarak aşağıdaki hususların göz önüne alınması gerekmektedir (Hoek ve Bray, 1981; Paşamehmetoğlu, vd., 1986).

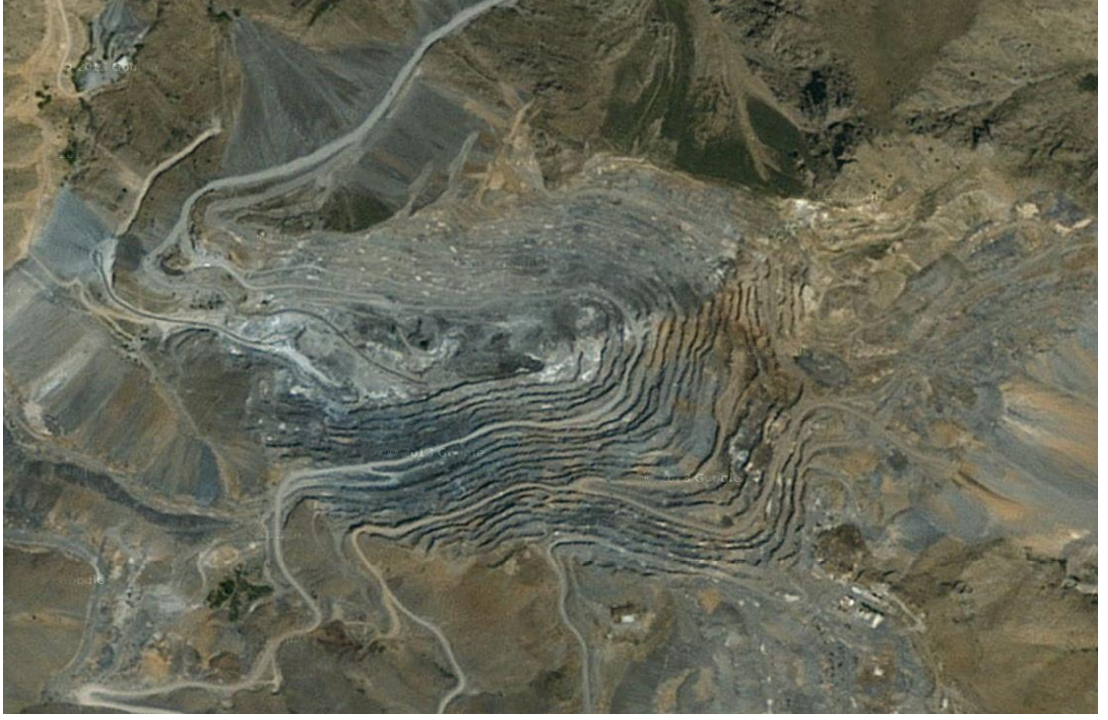
- Parçalanmış malzeme eşit olarak ileri yığılmalı ve aşırı fırlatılmış münferit bloklar görülmemelidir.
- Parçalanma mevcut kazıcılara uygun olmalıdır.
- Parçalanma homojen olmalı ve patar atımı gerektiren büyük parçaların sayısı minimum olmalıdır.
- Yığın gevşek ve kolay kazılabilir olmalı, yani ekskavator kazı işinden çok, yükleme işi yapmalıdır.
- Yığın yüksekliği; ekskavatorün kepçesini kaldırabileceği yüksekliğe kadar kaldırılmasına ve bir kerede doldurmasına imkan vermelidir. Bununla birlikte, etek ve arka bölümlerinde bir miktar düşük yükleme bölgesi kaçınılmaz olup, bunlar en az düzeyde olmalıdır.
- Parçalanmış yığın eşit olarak kabarmış gözükmelidir.
- Yığın üzerinde ağızdan püskürmenin göstergesi olan kraterler, patlamamış lağımın işareti olan düz ve bozulmamış yüzeyler ile tepelikler görülmemelidir.
- Yığının arka tarafında parçalanmış yeterince ileri atıldığına göstergesi olan muntazam bir çukurluk gözlenmelidir.

- Önünde genellikle gerilme çatlakları görülen son kazı hattı net ve belirgin olmalıdır.
- Son kazı hattının gerisinde basamakta asgari hasar ve en az çatlak gözlenmelidir.
- Tabanda kazı işini güçleştiren tırnaklar (parçalanmamış kısımlar) kalmamalıdır.



Şekil 2.19 Başarılı bir atımın başlıca göstergeleri (Hoek ve Bray, 1981).

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, patlatma verimliliğinin en önemli göstergesi, parçalanma derecesi (ortalama blok boyutu ve yüzdesi) ve kazı-yüklemedeki makina performansdır. Maksimum ve ortalama blok boyutları kazı-yüklemede makina performansını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, yükleyici makinanın ve/veya kırıcının performansı; patlatma verimliliğinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Arpaz, 2000).



Şekil 3.2 A kafa demir madeni açık işletmesinin üstten görünümü



Şekil 3.3 A kafa demir madeni açık işletmesinin genel bir görünümü

3.2 Bölgenin Genel Coğrafyası

Bölgede genellikle keskin dağ oluşları hâkimdir. Kangal yaylasından doğuya ve kuzeye inildikçe, derin Çaltı vadisinin iki yanında çok sarp dağlar ve tepeler uzanır. Bu sarpılık öteden beri bölgedeki ulaşım güçlüğünün baş nedeni olmuştur.

Hâkim iklim bütünüyle kara iklimi olup, bitki örtüsü ve orman bakımından çok fakirdir. Eskiden varlığı mümkün olan meşelikler de bugün tamamen ortadan kalkmıştır. Tarım, yalnız alüvyon birikimi olan dar dere yatakları çevresine dağılmıştır. Hayvancılık çok ilkel olmakla beraber, bölgenin tek gelir kaynağı sayılabilir.

Belli başlı akarsu, kış ve yaz kesilmeyen Çaltı suyudur. Öteki sular doğrudan doğruya yağışlarla ilgili yamaç sularından ileri geçemez. Yerleşme dağınık küçük köyler ve komlar (mezra) halinde olup, bunlar ya hayvancılığa elverişli dağlık kısımlar da, yahut da ekime elverişli küçük alüvyonların bulundukları yerlerde toplanmışlardır. Bütün bu elverişsiz şartlar yüzünden, bölgedeki devlet ve özel kuruluşlara ait maden işletmeleri en büyük geçim ve iş kaynağı olarak görülmektedir.

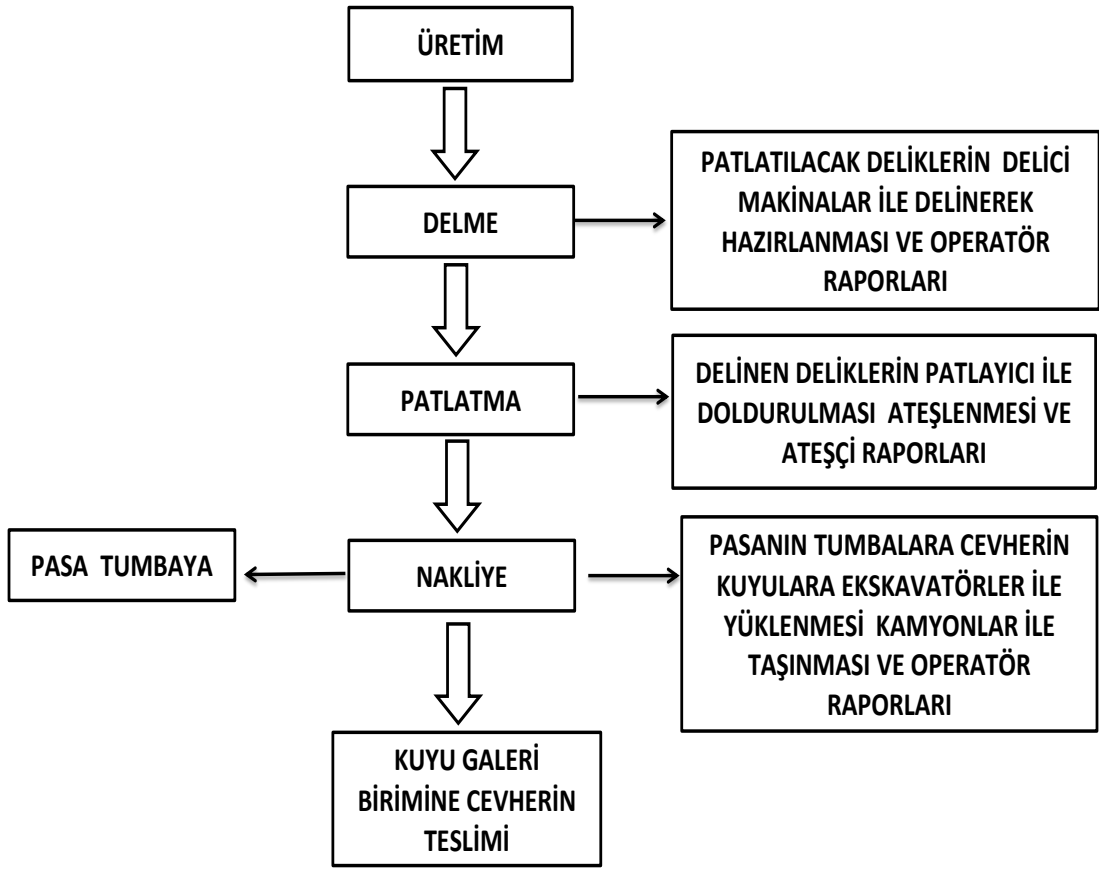
3.3 Bölgenin Genel Jeolojisi

A kafa yatağında cevherleşme genel olarak KD-GB doğrultusunda olup, GD' ya doğru eğimlidir. Cevher siyenit ile kireçtaşı ve serpantin arasına yerleşmiş durumdadır. Cevher siyenit kantağında yer almış olup cevher içinde ve cevher üst örtülerindeki kantağında çeşitli metasomatik-pnömatolitik skarn mineralleri bulunmaktadır. Yatak bütünüyle siyenit kantağına yapışık ve onun eğimine bağlı, gitgide incelerek güneye dalmaktadır. Sondajlarla çıkarılan ayrıntılı profillerde siyenit intrüzyonunun A kafa dış kantağı civarında maksimum bir çıkıntı yaptığı ve bu noktadan sonra N-S doğrultularında dalımlı olduğu görülmektedir. A kafa cevheri, üstünde kireçtaşı ve serpantin kütleleri olmak üzere siyenitin dalımını izleyerek güneye dalar.

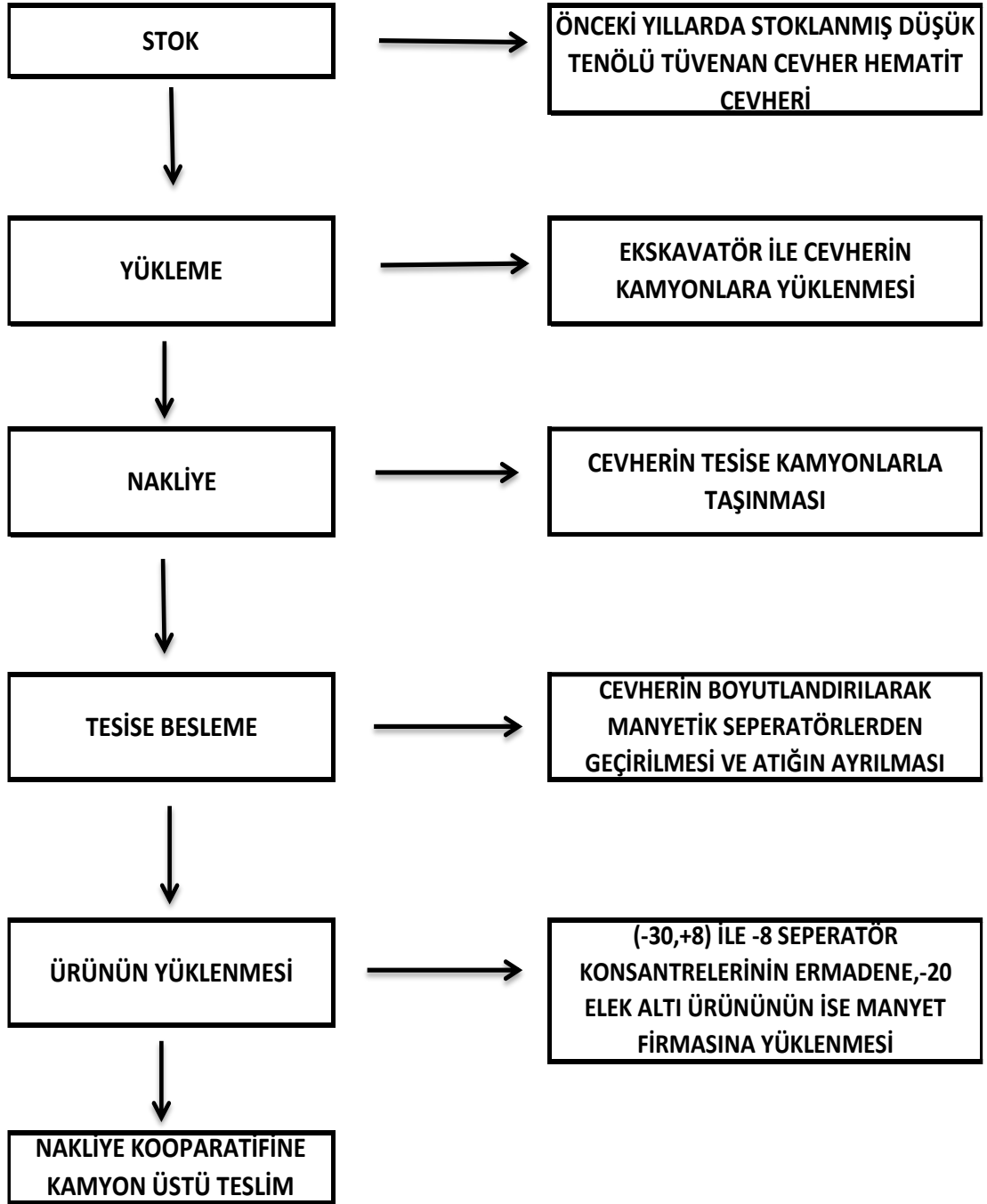
A kafada yaklaşık 35 milyon ton rezerv tesbit edilmiş olup, bu cevherin 10 milyon tonu kazanılmış, diğeri ise rezerv olarak bulunmaktadır. Hesaba katılan cevherin tenörü % 45-65 Fe arasında oynamaktadır. Ekonomik sınırlar içindeki cevherin ortalama Fe oranı % 52-55, SiO₂ oranı % 8,5-9, S oranı % 2,6 'dır.

3.4 Çiftay Madencilik Hakkında Genel Değerlendirme

A Kafa demir madeni açık işletmesine müteahhitlik yapan, 1987 yılından beri faaliyette bulunan Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş. 130 kişilik personeliyle aşağıda belirtilen (Çizelge 3.1'deki) makine parkına sahip olup, ayda 100.000 ton üretim kapasitesiyle çalışmaktadır. Şirketin üretim faaliyetleri (Şekil 3.4), patlatma işlemi (Şekil 3.5) ve kırma-eleme işlemleri (Şekil 3.6) aşağıda verilen sistem doğrultusunda yapılmaktadır.



Şekil 3.4 Üretim akım şeması (Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş.)



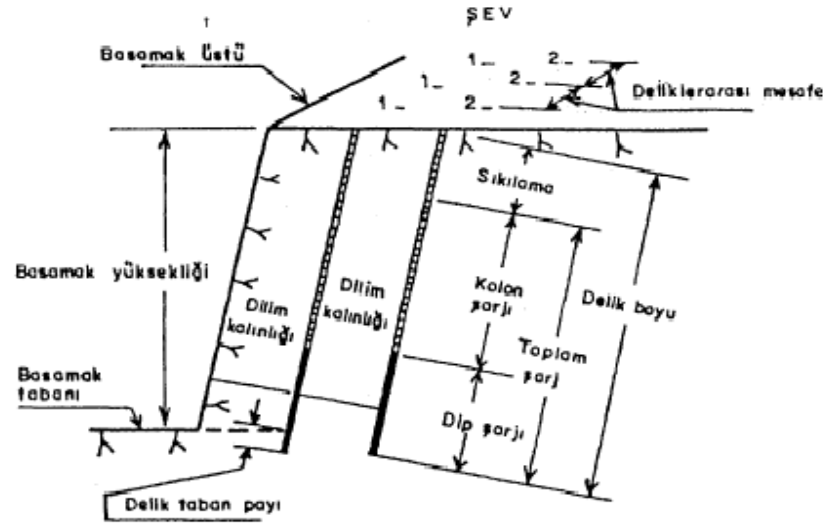
Şekil 3.6 Kırma-eleme akım şeması (Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş.)

Çizelge 3.1 Şirketin makine parkı (Çiftay İnşaat Taahhüt ve Ticaret A.Ş.)

		Sıra No	Araç / Ekipman Demirbaş Kodu	Plaka No	Cins	Model	Seri / Şase Numarası	Yıl
YÜKLEME GRUBU	EXCAVATOR BACK HOE	1	46-102	34 06 3740	CATERPILLAR	325D	GPB00289	2006
		2	46-202	34 09 2039	CATERPILLAR	336D	KDJ00319	2009
		3	46-203		CATERPILLAR	336D	THX37579	2011
		4	46-207		CATERPILLAR	336D	MDS00335	2012
		5	46-704		CATERPILLAR	345D	MLK00178	2009
		6	46-706		CATERPILLAR	345D	RGG00251	2009
		7	46-707		CATERPILLAR	345D	RGG00259	2011
		8	46-902		CATERPILLAR	365C	MCY00514	2009
		9	46-905		CATERPILLAR	365C	MCY00310	2007
	WHEEL LOADER	1	42-110	34-00-10-2082	CATERPILLAR	966H	RSX15557	2009
		2	42-105	34 06 13286	CATERPILLAR	966H	RSX03950	2006
		3	42-107	34 06 11786	CATERPILLAR	966H	RSX03282	2006
		4	42-402	34 07 7888	CATERPILLAR	980H	MHG00519	2007
	TRUCK TYPE LOADER	1	41-104		CATERPILLAR	963	2DS02956	2003
		2	41-102		CATERPILLAR	963	18Z01345	1985
İTME GRUBU	AKIÇ OCAK	1	44-102		CATERPILLAR	D8L	7YB01648	1992
TESVİYE GRUBU	AKIÇ OCAK	1	45-403		CATERPILLAR	140H	2ZK6882	2001
ZEMİN SIKIŞTIRMA	DELİCİLER	1	40-106	34 06 16496	ATLAS COPCO	D7	AVO 06A1282	2006
		2	40-202		ATLAS COPCO	L8	AVO 10A1138	2010
		3	40-301	06 08 850	ATLAS COPCO	DM45	8622	2007
TAŞIMA GRUBU	DAMPERLİ KAMYONLAR	1	47-143	06 ZA 915	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212083843	2010
		2	47-144	06 ZA 917	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212083594	2010
		3	47-145	06 ZA 286	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212084306	2010
		4	47-149	06 ZA 446	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212084384	2010
		5	47-150	06 ZA 421	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212084358	2010
		6	47-151	06 ZA 496	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212084366	2010
		7	47-152	06 ZA 492	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212084333	2010
		8	47-157	06 ZA 811	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212084901	2010
		9	47-158	06 ZA 017	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212084904	2010
		10	47-124	06 BG 6875	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212055942	2007
		11	47-123	06 BG 6876	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212055932	2007
		12	47-122	06 BG 6877	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212056016	2007
		13	47-125	06 AY 9575	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216312050187	2006
		14	47-134	06 EU 3150	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212076274	2009
		15	47-133	06 EU 3151	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212076277	2009
		16	47-132	06 EU 3152	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212076279	2009
		17	47-130	06 EU 3154	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212076178	2009
		18	47-126	06 EU 3158	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212076281	2009
		19	47-135	06 EU 3159	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212076276	2009
		20	47-101	06 EU 3160	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212076317	2009
		21	47-102	06 EU 3161	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212076310	2009
		22	47-103	06 EU 3162	MERCEDES-BENZ	AXOR 3340 K 6X4	NMB94216212076374	2009
		23	47-401	06 AY 9568	MERCEDES-BENZ	ACTROS 4150 K 8X4	WDB9323141L092594	2006
		24	47-402	06 AY 9567	MERCEDES-BENZ	ACTROS 4150 K 8X4	WDB9323141L091502	2006
		25	47-403	06 AY 9566	MERCEDES-BENZ	ACTROS 4150 K 8X4	WDB9323141L091340	2006
		26	47-404	06 AY 9564	MERCEDES-BENZ	ACTROS 4150 K 8X4	WDB9323141L091722	2006
		27	47-405	06 AY 9563	MERCEDES-BENZ	ACTROS 4150 K 8X4	WDB9323141L091339	2006
		28	47-406	06 AY 9565	MERCEDES-BENZ	ACTROS 4150 K 8X4	WDB9323141L092978	2006
	KIRMALI KAYA KAMYON LARI	1	49-202	DEV KAMYON	VOLVO	A35D	A35DV11377	2001
		2	49-203	DEV KAMYON	VOLVO	A35D	A35DV61105	2001
	SERVİS ARAÇLARI	1	12-106	06 ZA 427	ISUZU	MD27	NNAMDB5LL02016139	2009
		2	12-104	06 ZA 324	ISUZU	MD27	NNAMDB5LL02016137	2009
		3	12-106	06 ZA 901	FORD	TRANSIT 300S TDCI	NMO1XXTTF1CB44104	2012
	ARAZİ TAŞITLARI	1	10-105	06 DC 3171	ISUZU	N1	MPATES77H7H511533	2007
		2	10-123	06 DV 6878	ISUZU	D MAX 4X4	MPATFS86JCT109078	2012
		3	10-205	06 BZ 8260	FORD	RANGER	WF0UMFE909W821943	2011
		4	10-403	06 N 7464	NISSAN	COUNTRY AC 4X4	JN1CPUD22U0137588	2005
		5	10-303	06 YA 7370	MAZDA	L200 MAGNUM DLXK64 EURO3	MMBJNK6406D005493	2006
	KAMYONETLER	1	13-101	06 BA 3948	MAZDA	CANTER STD FE511B	NLTFE511B01042356	2006
		2	10-301	06 GTV 75	FORD	TRANSIT 120 P	NMOAXXDJVAL54604	2001
		3	10-302	06 TNR 38	FARGO	PD 250 AS	9502117876	1995
		4	10-114	06 YA 9074	DODGE	PW 250 SUPER	NLDC4AAAAX0136246	1998
		5	13-105	06 ZA 424	MERCEDES-BENZ	AXOR 1824 K E5 FL	NMB37530312124752	
	SU TANKERİ	1	23-207	06 AD 1367	MERCEDES-BENZ	3031	NMB37133812031161	2004
		2	23-208	06 DU 8893	MERCEDES-BENZ	3031	NMB37133855022815	2000
	ÇEKİÇLER VE BAKIM ARAÇLARI	1	21-402	06 ZA 615	VOLVO	FH16 64 TB	YV2AT10D47A636841	2007
		1	20-102	06 MGY 08	MERCEDES-BENZ	2521	WDB37126616006257	1994
		2	20-104	06 DN 4097	MERCEDES-BENZ	AXOR 1823/K 36	NMB37530312034889	2004
MAZOT ARAÇI	1	22-202	06 BP 0168	MAZDA	FE 659-E	NLTFE659E01062157	2006	
	2	22-401	06 FA 4673	MERCEDES-BENZ	ATEGO 1518 KK E5 NP			
	3							

Basamak patlatmasıyla üretim yapılan ocakta, Kapeks firmasının ürettiği ateşleme sistemleri ve patlayıcı maddeleri kullanılmaktadır. Patlayıcı madde olarak ANFO, sulu delikler için (Powergel (65*500)) patlayıcı madde ve (65*255)) dinamit, ateşleme sistemi içinse nonel kapsüller kullanılmaktadır. Elektrikli kapsüller sadece patlatmayı başlatmak için kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi cevher ve dekapajda delikler Atlas Copco D7, L8 ve DM45 delme makinalarıyla delinmektedir. Delik çapları 102-171 mm arasında olup delik boyları basamak yüksekliğine bağlı olarak 10-15 m arasında değişmektedir. Genel bir delme-patlatma düzeni Şekil 3.7’de verilmiştir. Buna göre;



Şekil 3.7 Delme-Patlatma Düzeni (Değerli, 2012)

Dilim kalınlığı	: 2-5 m arasında
Delikler arası mesafe	: 3-5 m arasında
Şarj kolon boyu	: 5-11 m arasında
Gecikme süresi	: 25-500 ms
Sıkılama Payı	: 2,5-6,5 m arasında
Delik Taban Payı	: 1 m

Patlatılan dekapaj malzemesi ve cevher 336D (3 m³), 345D (3.5 m³) ve 365D (4.5 m³) model ve kepçe kapasiteli ekskavatörler ile yüklenmektedir. Yüklenen bu malzeme (21 m³) ve (23 m³) kapasiteli damperli kamyonlar ile taşınmaktadır. Taşınan dekapaj malzemesi 2 km uzaklıktaki sahada tumba edilmektedir. Cevher ise

14 km uzaklıktaki kuyuya taşınmakta ve kuyu tabanında yer alan alt kırma çenesi 15 cm, üst kırma çenesi 204 cm olan ve saatte 900 ton kapasiteli konik kırıcıya aktarılmaktadır. Kırıcı çıkışı kırılmış cevher 3788 m uzunluğunda yeraltı bantlı konveyör ile cevher hazırlama tesisine taşınmakta ve oradan da işlenerek sanayiye uygun malzeme olarak satışa sunulmaktadır.

4. AÇIK OCAK İŞLETMESİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1 Açık Ocakta Uygulanan Mevcut Delme-Patlatma Tasarımları

Yapılan çalışmalar aşağıda belirtilen sahadaki manyetit, serpantin, siyenit, kireçtaşı ve kil olmak üzere 5 farklı kaya biriminde gerçekleştirilmiştir. Çalışılan kaya birimlerinde en uygun patlatma koşullarının belirlenmesi amacıyla değişik sayıda atımlar izlenmiştir. İşletmede her kaya birimine uygulanmakta olan delme ve patlatma sistemi incelenerek veriler elde edilmiştir.

İşletmedeki atımların gerekli planlama ve uygulamalarına bakılarak, verilerinin sağlıklı bir şekilde elde edilmesi için Çizelge 4.1'deki gibi bir form geliştirilmiştir. Her kaya biriminde yapılan atımların verileri bu forma ayrıntılı bir şekilde kayıt edilmiştir.

Atımların tasarımında dilim kalınlığı, delik eğimi, basamak yüksekliği, sıkılama boyu, şarj boyu, delik taban payı, ortalama su seviyesi, delikler arası mesafe, delik çapı, delik boyu, delik sayısı, delik düzeni, delik sıra sayısı, yemleme miktarı, şarj miktarı ile ateşleme düzeni gibi parametreler planlanmış olup yapılan analizler de bu parametreler göz önüne alınmıştır.

Ayrıca her bir atım için gecikme başına patlayıcı madde miktarı, toplam patlatılmış malzeme miktarı, özgül şarj, özgül delik, patlatılmış malzemenin % 80' inin geçtiği elek açıklığına denk düşen boyut, yığın yayılımı, yükleyici çevrim süresi, toplam maliyet ve birim maliyet değerleri gibi parametreler de ayrıntılı bir şekilde hesaplanmıştır.

İşletmede üretim çalışma programının aksamaması için, zorunlu olarak tasarımlarda üretim hedefi gözetilmiştir. Bu delme ve patlatma çalışmalarının neticesinde, özgül şarj değerlerinin, her kaya birimi için o andaki şartlara uygun olarak sağlıklı bulunabilmesi amaçlanmıştır.

Söz konusu ocakta gözlemlenen toplam 30 atımın, atım bilgileri, tasarım parametreleri, delik geometrisi, ateşleme bilgileri ve patlayıcı madde bilgileri, oluşturulan patlatma veri formlarına her bir atım için ayrı ayrı kaydedilmiştir.

Atım sonrasında ise parçalanma boyutunu tespit etmek amacıyla bir çok yönden ölçekli fotoğraflar (21 cm genişliğinde baret konularak) çekilmiştir.

Buna ilaveten atım verimliliği ve diğer maliyetler açısından her bir atımın parça boyut analizi Split-Desktop 3.1 programı kullanılarak yapılmıştır.

Split-Desktop programı ile parça boyut analizi yapılırken her bir atım için farklı yönlerden çekilen 3 adet fotoğraf kullanılarak malzemenin % 80' inin geçtiği boyut (F_{80}) ortalama olarak hesaplanmıştır.

Değerlendirme sonuçlarından her bir atım için sadece birer tane analiz sonucu örnek teşkil etmesi açısından verilmiştir.

Çizelge 4.1 Basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı :				
Kaya Birimi :				
Tarih :				
Atım No :				
Delik Nitelikleri				Atım Geometrisi
Sayısı (Adet)				Ortalama Dilim Kalınlığı (m)
Çapı (mm)				Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)
Ortalama Su Seviyesi (m)				Ortalama Basamak Yüksekliği (m)
Eğim Açısı (Derece)				Basamak Eğim Açısı (Derece)
Ortalama Delik Boyu (m)				Ortalama Sıkılama Boyu (m)
Toplam Delik Boyu (m)				Ortalama Şarj Boyu (m)
Sıra Sayısı				Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)
Delik Taban Payı (m)				Özgül Delik (m/m ³)
Delik Düzeni				Yığın Yayılımı (m)
Yükleyici Tipi				Çevrim Açısı (Derece)
Kepçe Büyüklüğü (m ³)				Ortalama Çevrim Süresi (sn)
Kullanılan Patlayıcı Miktarı				
Bir Delikte (Ortalama)				Toplam
Anfo Miktarı (kg)				Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Dinamit Miktarı (kg)				
Kapsül Cinsi	25 ms	42 ms	Elektrikli Kapsül	Adet/m ³
Kapsül Adedi				
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀)				

4.2 Serpantin Formasyonunda İzlenen Atımlar

Maden yatağı örtüsünün bir bölümünü oluşturan serpantin formasyonunda basamak yüksekliği 9 m ve 12 m olarak belirlenmiştir. Bu basamaklarda 102 mm ve 171 mm çaplı delikler delebilen iki adet delme makinası çalışmaktadır. Bu genel durum itibariyle söz konusu formasyonda her atımdaki delik sayısı 7 ile 26 arasında değişen 10 adet atım izlenmiştir. Patlatma sonrası elde edilen malzeme yığını fotoğraflanmış ve bir program yardımıyla parça boyutu dağılımı tespit edilmiştir.

4.2.1 Serpantin formasyonu atım verileri ve boyut dağılımları

Genel olarak serpantin formasyonuna dönük atımlar ile ilgili faaliyetlerin yürütülmesinde her atıma dönük delme-patlatma protokolü hazırlanmadığından bu formasyonda izlenen atımlarda ilgili parametreler Çizelge 4.1’de verilen veri formuna kaydedilmiştir. Genellikle dilim kalınlıkları 2 m ile 5 m arasında değişmiştir. Delikler arası mesafeler ise 3 m ile 5 m arasında değişen büyüklükler arz etmiştir. Atımlarda söz konusu olan özgül şarjlar $0,486 \text{ kg/m}^3$ ile 1.018 kg/m^3 mertebesinde seyretmiştir. Patlatma sonrası fotoğraflar üzerinde yapılan çalışmalarda F_{10} - F_{90} parça boyutları bilgisayar programı yardımıyla tespit edilmiştir. Buna ilaveten yığının yayılımı ve yükleme süreleri ölçülmüştür.

İzlenen atımlardan görülebileceği gibi atım geometrisi parametreleri, kesin bir standarda bağlı olarak belirlenmemekte, muhtemelen ilgili operatörlerin tercihleri doğrultusunda oluşmaktadır. Bu durum Çizelge 4.2 - 4.11’de yer alan 10 atım verilerinin değerlendirilmesinden anlaşılmaktadır.

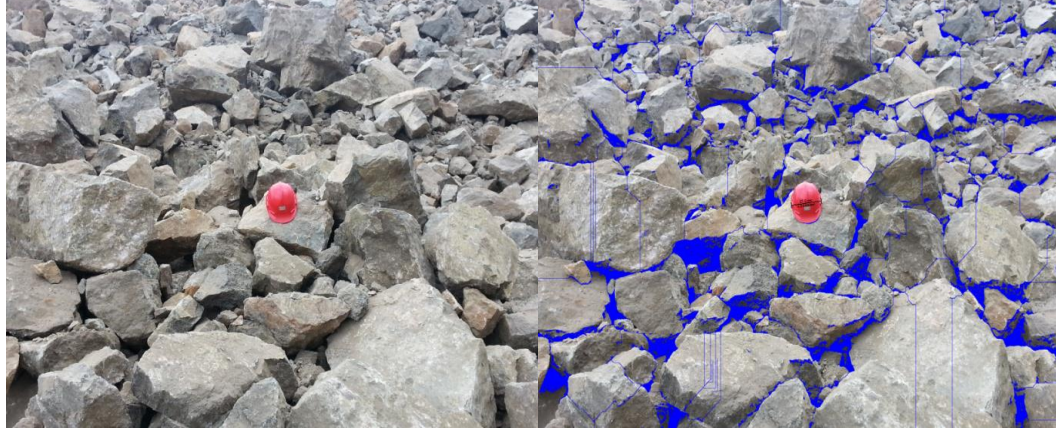
Çizelge 4.2 1 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Serpantin			
Tarih : 07.04.2014			
Atım No : 1			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	26	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	12
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	13	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	3
Toplam Delik Boyu (m)	338	Ortalama Şarj Boyu (m)	10
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	3744
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,090
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	26
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	30
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	75	1950	0,520
Dinamit Miktarı (kg)	1	26	0,006
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	28	Adet/m ³
Kapsül Adedi	26 1 1		0,007
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	70,37 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

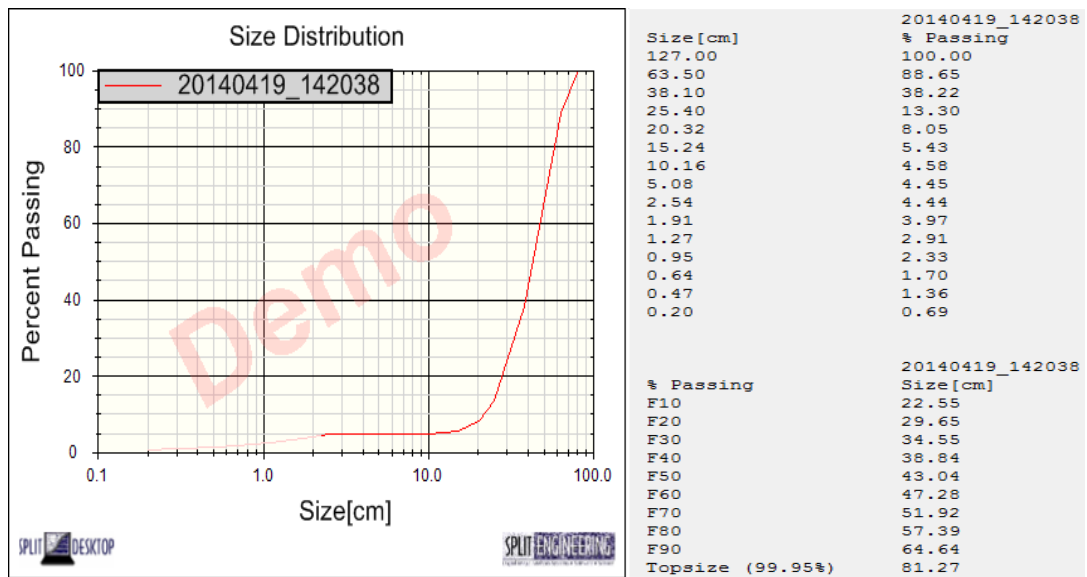
1 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.1). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.1'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.1 07.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.2'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 57,39 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 69,76 cm ve 83,96 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.2 07.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

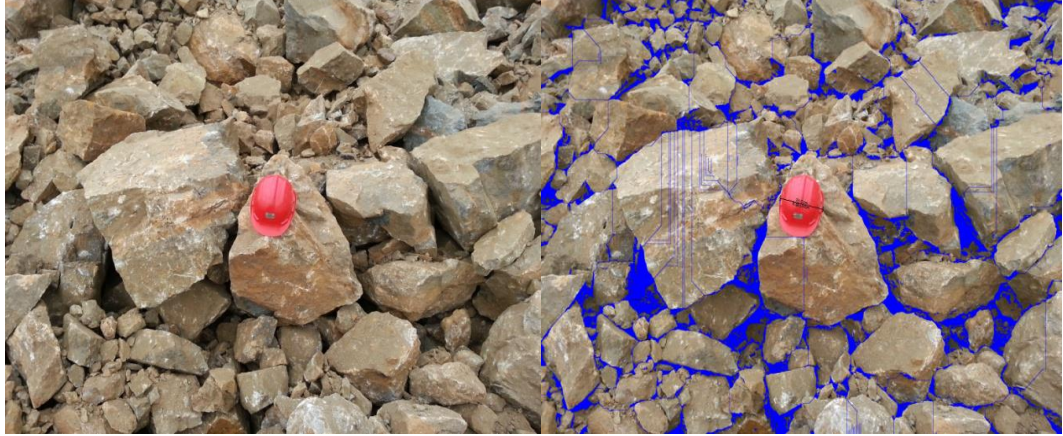
Çizelge 4.3 2 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi Kaya Birimi : Serpantin Tarih : 08.04.2014 Atım No : 2			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	16	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	5
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	5
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	9
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	10	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4
Toplam Delik Boyu (m)	160	Ortalama Şarj Boyu (m)	6
Sıra Sayısı	3	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	3600
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,044
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	15
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	28
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)			Toplam
Anfo Miktarı (kg)	110		1760
Dinamit Miktarı (kg)	2		32
Kapsül Cinsi	25 ms	42 ms	Elektrikli Kapsül
Kapsül Adedi	32	2	1
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *			50,58 *

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

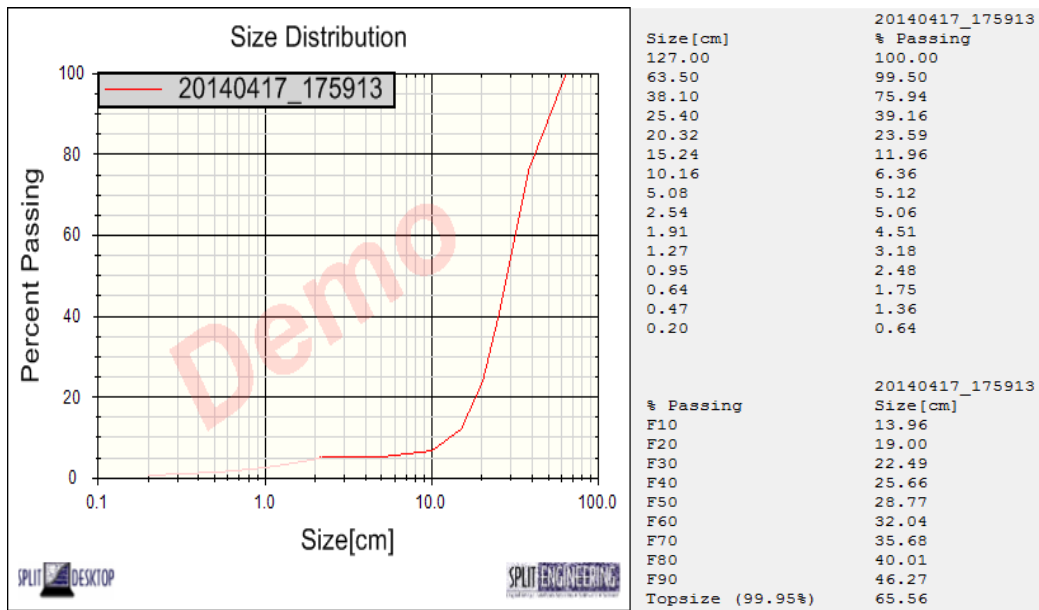
2 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.3). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.3'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.3 08.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.4'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 40,01 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 53,89 cm ve 57,84 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.4 08.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.4 3 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Serpantin			
Tarih : 09.04.2014			
Atım No : 3			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	9	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	4
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	5
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	9
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	10	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4
Toplam Delik Boyu (m)	90	Ortalama Şarj Boyu (m)	6
Sıra Sayısı	3	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1620
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,055
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	19
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	21
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	110	990	0,611
Dinamit Miktarı (kg)	1	9	0,005
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	12	Adet/m ³
Kapsül Adedi	9 2 1		0,007
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	39,75 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

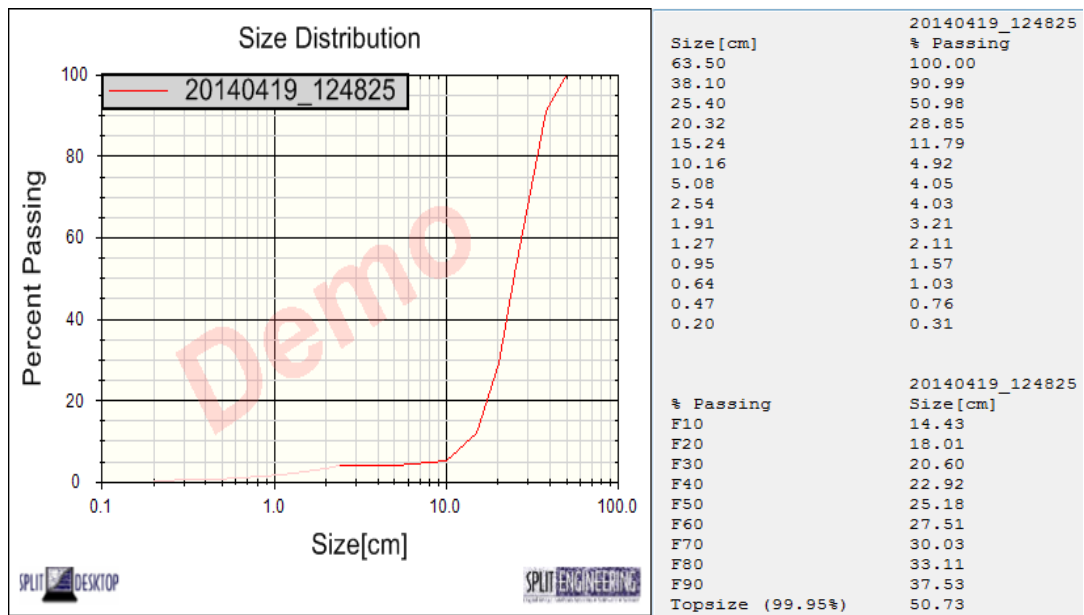
3 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.5). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.5'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.5 09.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.6'da gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 33,11 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 38,32 cm ve 47,82 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.6 09.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

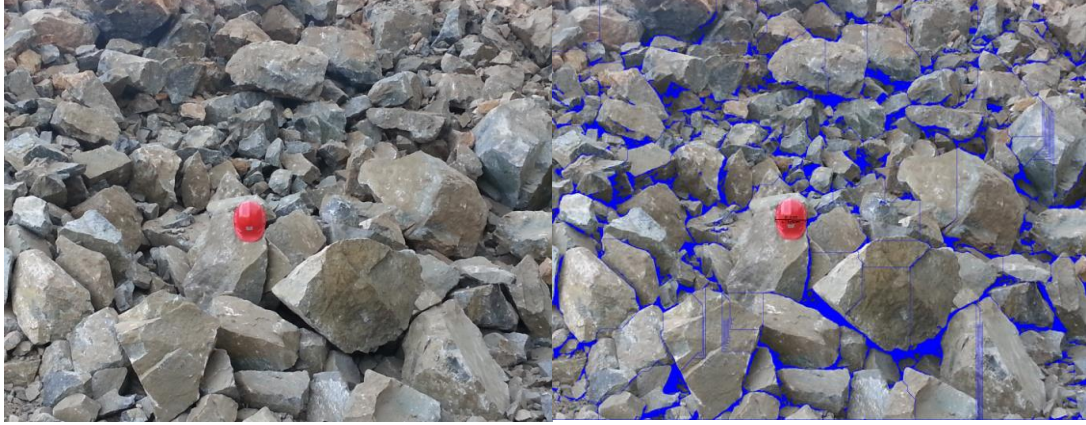
Çizelge 4.5 4 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Serpantin			
Tarih : 10.04.2014			
Atım No : 4			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	24	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	12
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	13	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	2,5
Toplam Delik Boyu (m)	312	Ortalama Şarj Boyu (m)	10,5
Sıra Sayısı	4	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	3456
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,090
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	28
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	24
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	80	1920	0,555
Dinamit Miktarı (kg)	1	24	0,006
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	28	Adet/m ³
Kapsül Adedi	24 3 1		0,008
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	59,12 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

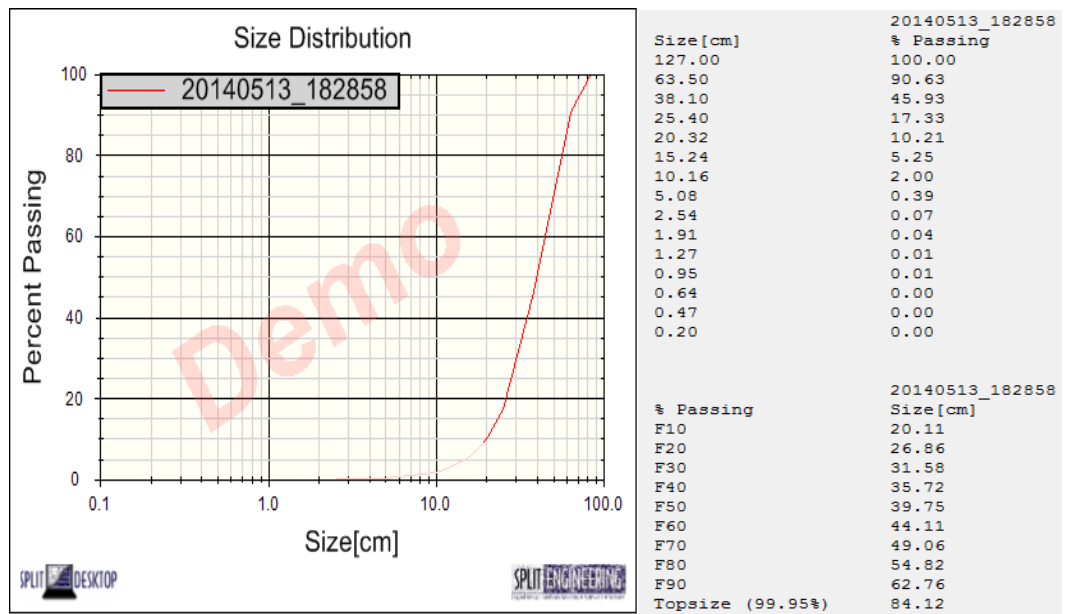
4 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.7). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.7'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.7 10.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.8'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 54,82 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 53,18 cm ve 69,36 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.8 10.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

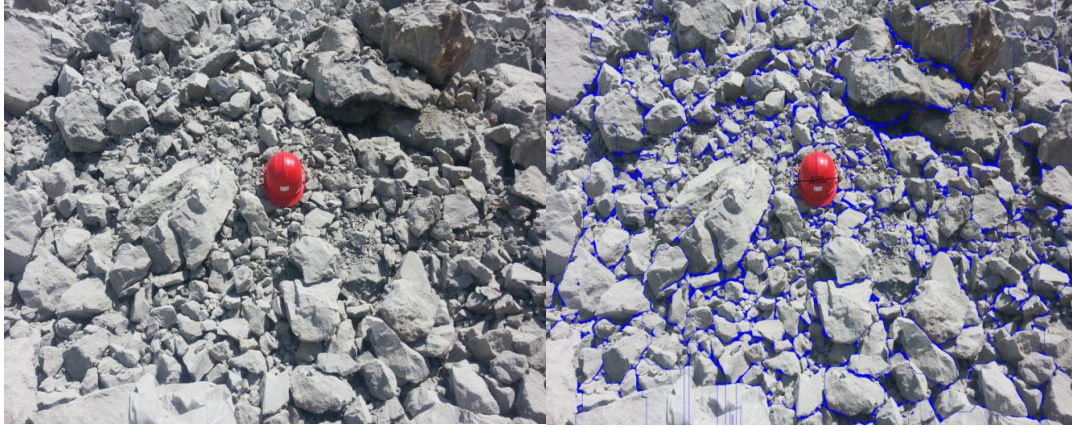
Çizelge 4.6 5 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi Kaya Birimi : Serpantin Tarih : 11.04.2014 Atım No : 5				
Delik Nitelikleri			Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	10		Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	4
Çapı (mm)	171		Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	5
Ortalama Su Seviyesi (m)	-		Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	9
Eğim Açısı (Derece)	80		Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	10		Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4,5
Toplam Delik Boyu (m)	100		Ortalama Şarj Boyu (m)	5,5
Sıra Sayısı	2		Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1800
Delik Taban Payı (m)	1		Özgül Delik (m/m ³)	0,055
Delik Düzeni	Şeşbeş		Yığın Yayılımı (m)	17
Yükleyici Tipi	Ekskavatör		Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5		Ortalama Çevrim Süresi (sn)	26,5
Kullanılan Patlayıcı Miktarı				
Bir Delikte (Ortalama)			Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	100		1000	0,555
Dinamit Miktarı (kg)	1		10	0,005
Kapsül Cinsi	25 ms	42 ms	Elektrikli Kapsül	Adet/m ³
Kapsül Adedi	10	1	1	0,006
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	45,46 *			

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

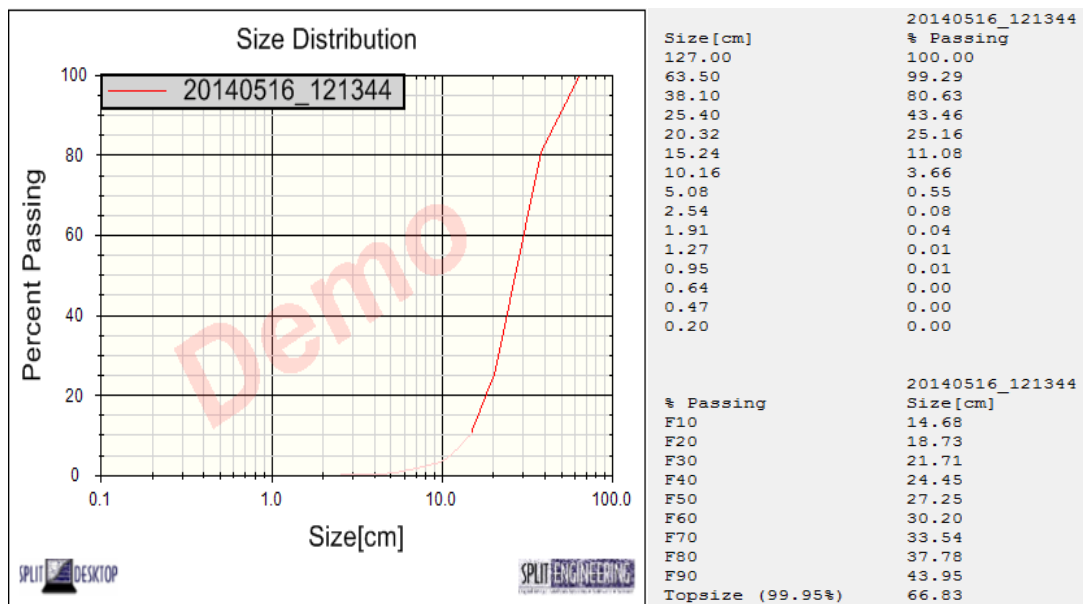
5 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.9). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.9'daki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.9 11.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.10'da gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 37,78 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 48,41 cm ve 50,19 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.10 11.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

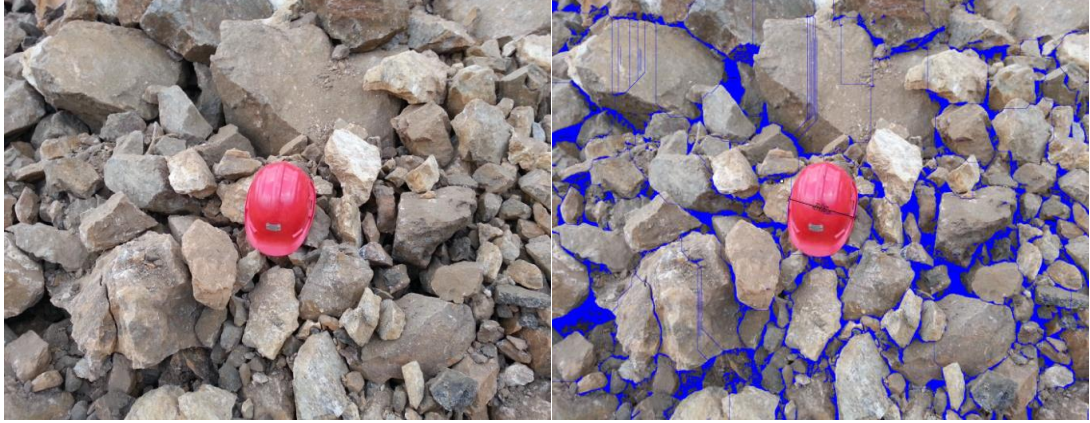
Çizelge 4.7 6 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Serpantin			
Tarih : 14.04.2014			
Atım No : 6			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	11	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	9
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	10	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4
Toplam Delik Boyu (m)	110	Ortalama Şarj Boyu (m)	6
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1188
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,092
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	25
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	15,5
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	110	1210	1,018
Dinamit Miktarı (kg)	1	11	0,009
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	13	Adet/m ³
Kapsül Adedi	11 1 1		0,010
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	25,77 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

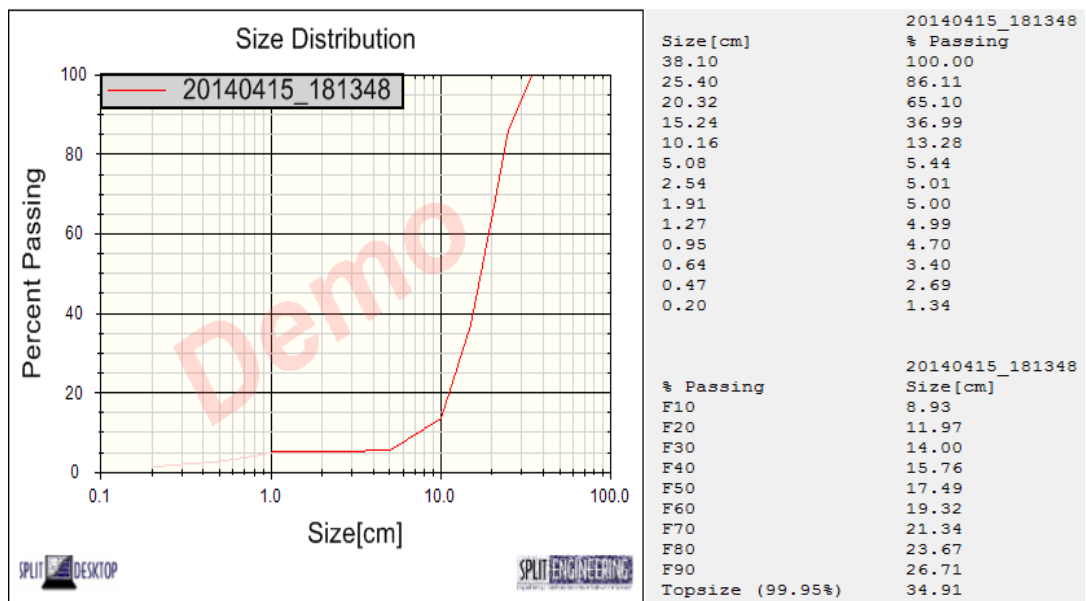
6 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.11). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.11'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.11 14.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.12'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 23,67 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 23,92 cm ve 29,72 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.12 14.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.8 7 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Serpantin			
Tarih : 15.04.2014			
Atım No : 7			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	13	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	12
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	13	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	3,5
Toplam Delik Boyu (m)	169	Ortalama Şarj Boyu (m)	9,5
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1872
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,090
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	23
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	31,5
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	70	910	0,486
Dinamit Miktarı (kg)	1	13	0,006
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	15	Adet/m ³
Kapsül Adedi	13 1 1		0,008
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	79,26 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

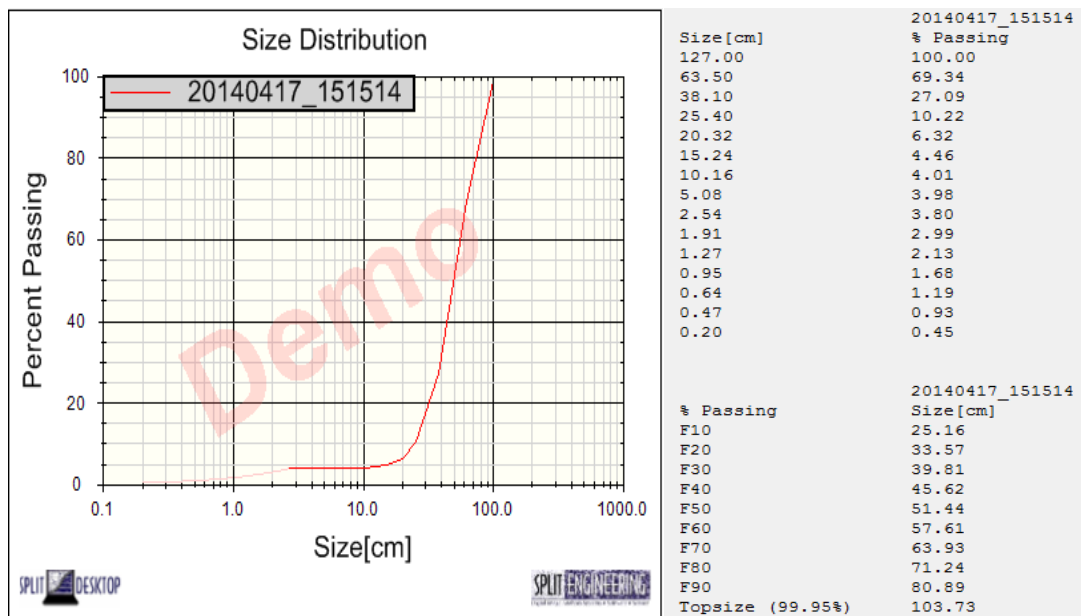
7 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.13). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.13'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.13 15.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.14'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 71,24 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 82,46 cm ve 84,08 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.14 15.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

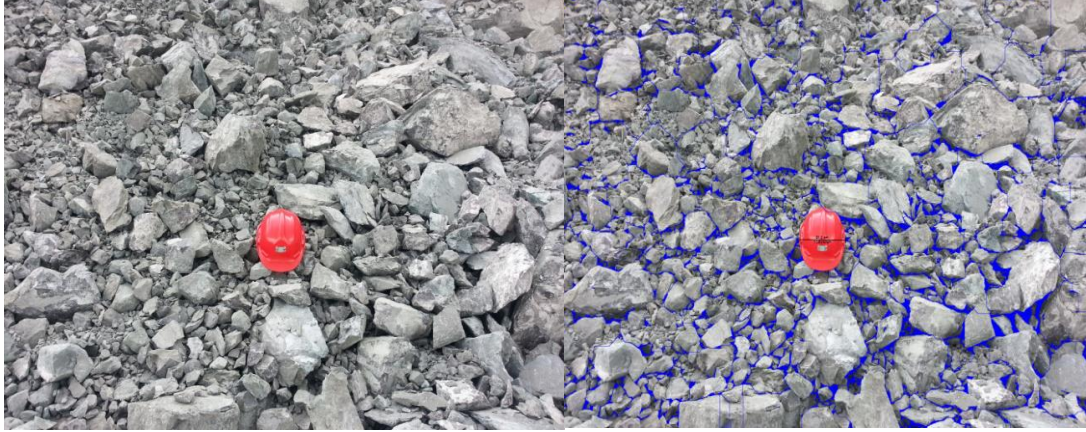
Çizelge 4.9 8 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Serpantin			
Tarih : 17.04.2014			
Atım No : 8			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	18	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	9
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	10	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4,5
Toplam Delik Boyu (m)	180	Ortalama Şarj Boyu (m)	5,5
Sıra Sayısı	5	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1944
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,092
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	21
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	19
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	100	1800	0,925
Dinamit Miktarı (kg)	1	18	0,009
Kapsül Cinsi	25 ms	42 ms	Elektrikli Kapsül
Kapsül Adedi	18	4	1
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *		31,38 *	

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

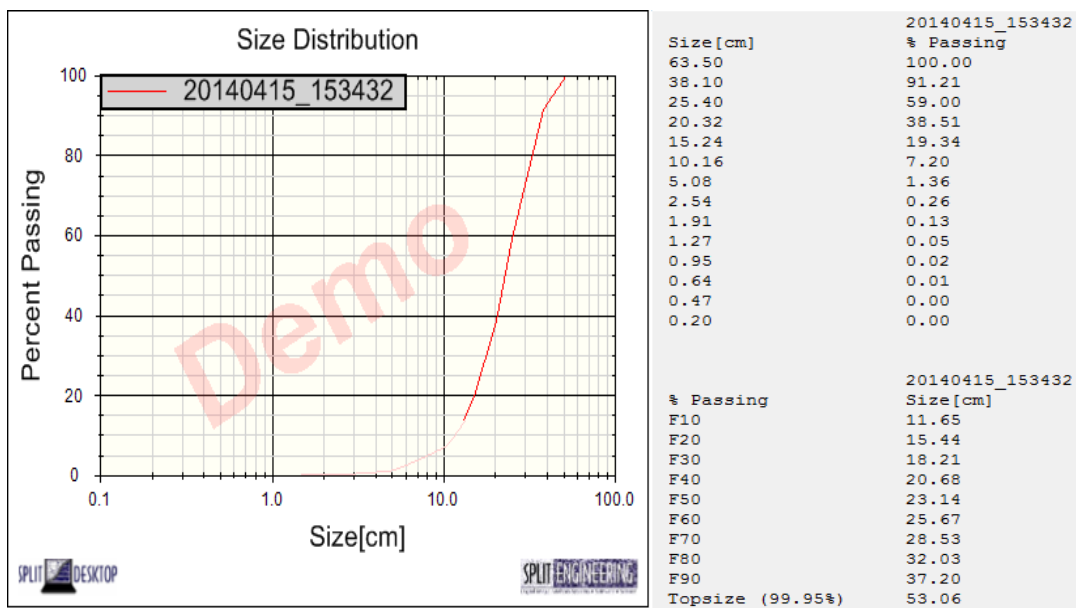
8 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.15). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.15'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.15 17.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.16'da gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 32,03 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 30,17 cm ve 31,94 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.16 17.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

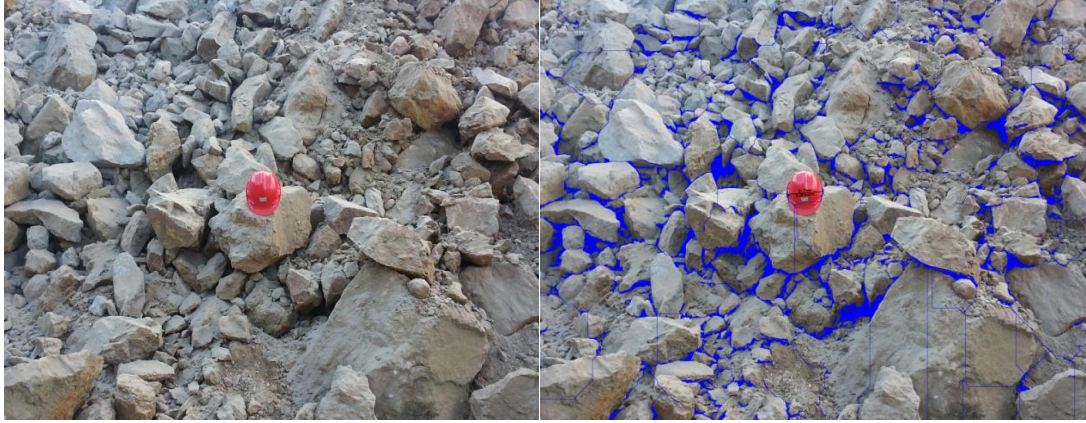
Çizelge 4.10 9 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Serpantin			
Tarih : 28.04.2014			
Atım No : 9			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	15	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	3
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	12
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	13	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	3
Toplam Delik Boyu (m)	195	Ortalama Şarj Boyu (m)	10
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1620
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,120
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	30
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	18,5
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	75	1125	0,694
Dinamit Miktarı (kg)	1	15	0,009
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	17	Adet/m ³
Kapsül Adedi	15 1 1		0,010
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	57,23 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

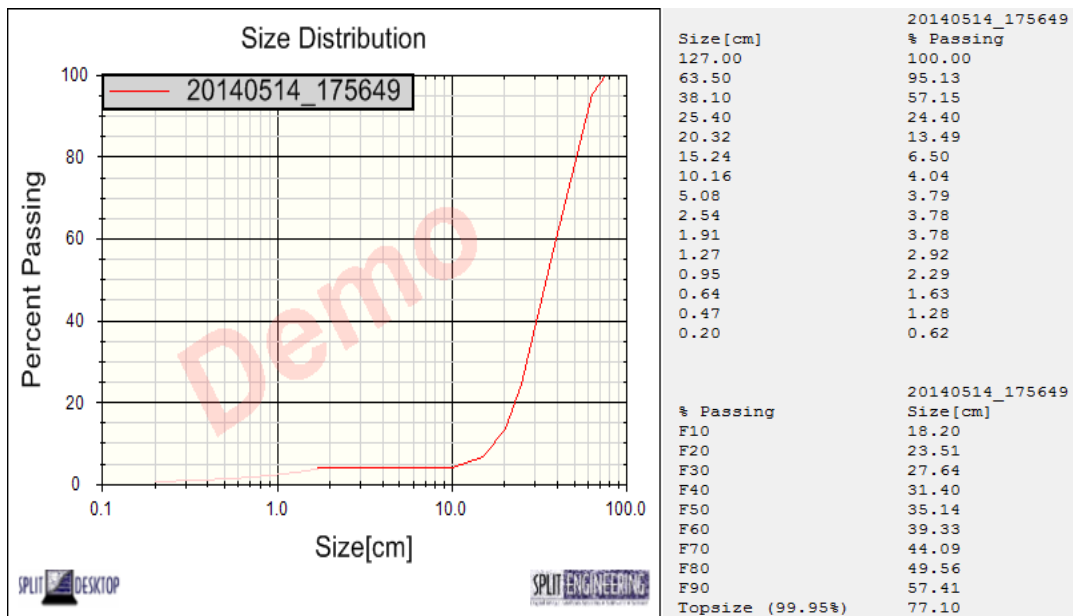
9 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.17). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.17'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.17 28.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.18'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 49,56 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 59,18 cm ve 62,95 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.18 28.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.11 10 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Serpantin			
Tarih : 29.04.2014			
Atım No : 10			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	7	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	2,5
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	3,5
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	12
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	13	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	3
Toplam Delik Boyu (m)	91	Ortalama Şarj Boyu (m)	10
Sıra Sayısı	1	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	630
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,144
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	33
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	17
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	75	525	0,833
Dinamit Miktarı (kg)	1	7	0,011
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	8	Adet/m ³
Kapsül Adedi	7 - 1		0,012
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	53,60 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

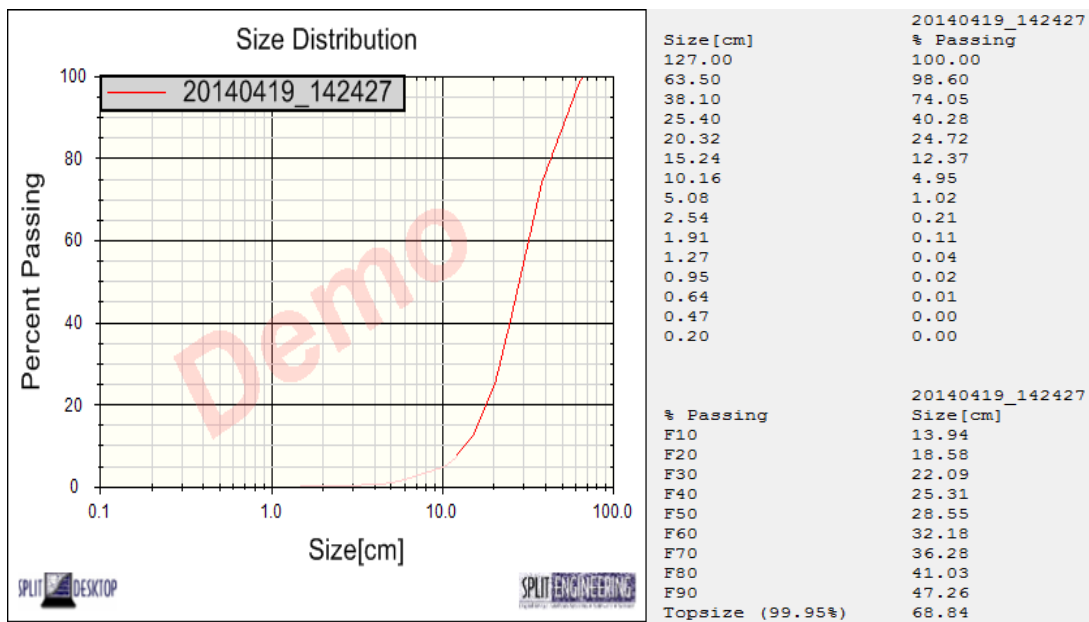
10 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.19). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.19'daki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.19 29.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.20'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 41,03 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 57,42 cm ve 62,35 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.20 29.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

4.2.2 Serpantin formasyonunda izlenen atımlarda F_{80} parça boyutlarının frekans dağılımı

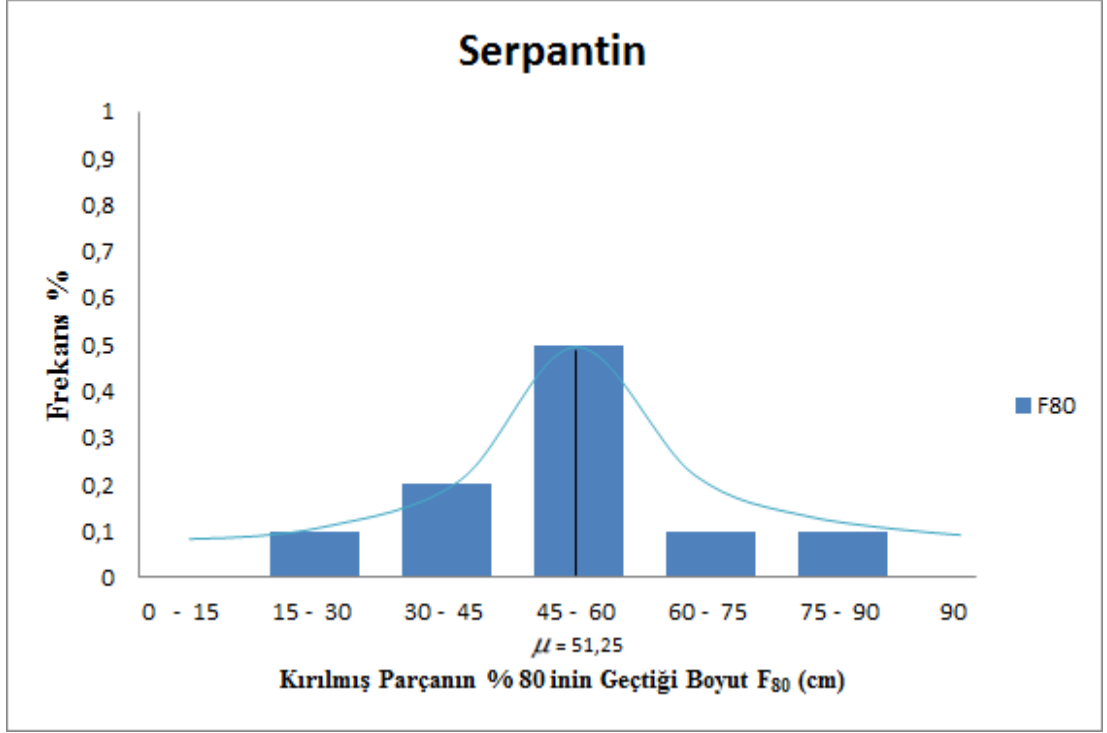
Serpantin kaya biriminde yapılan çalışmalar da görüldüğü gibi, uygulanan bütün delme-patlatma işlemleri iyi bir şekilde gözlenmiş ve sonuçları izlenmiştir. Burada atımlar sonucu malzemenin geçtiği sınıf aralığı ve frekans değerleri belirlenmiş olup, (Çizelge 4.12) grafiksel olarak Şekil 4.21’de verilmiştir. İlgili kaya biriminde yapılan atımlarda belirlenen F_{80} değerlerinin ortalama tane boyutu $\mu = 51,25$ cm olarak bulunmuştur. Bu ortalamanın varyans değeri $\sigma^2 = 246,3$ cm, standart sapması ise $\sigma = 15,7$ cm olarak hesaplanmıştır.

Atımların frekans dağılımı Çizelge 4.12 bazına göre değerlendirildiğinde F_{80} boyutlarını oluşturan tane büyüklükleri Şekil 4.21’de görülen grafiği oluşturmaktadır. Bu grafikte dağılımın, normal dağılıma yakınlığı anlaşılmaktadır. Buna göre ortalama olarak yığınların % 99,32’si 90 cm’ in altındadır. Bu değer in ekskavatör kepçe hacmiyle mukayese edilmesinde gereksiz yere fazla patlayıcı madde tüketildiği kanaati oluşmaktadır.

Çizelge 4.12 Serpantin kaya biriminde yapılan 10 tane atımın F_{80} değerlerinin sınıf aralığı ve frekans değerleri

Sınıf Aralığı (cm)	Frekans %
0-15	0
15-30	1
30-45	2
45-60	5
60-75	1
75-90	1

Bu tablo sonucu aşağıdaki grafik elde edilmiştir.



Şekil 4.21 Atımlarda F80' ler de yer alan en büyük parça boyutlarının istatistiksel dağılımı

4.3 Siyenit Formasyonunda İzlenen Atımlar

Maden yatağı örtüsünün bir bölümünü oluşturan siyenit formasyonunda basamak yüksekliği 9 m ve 10 m olarak belirlenmiştir. Bu basamaklarda 171 mm çaplı delikler delebilen bir adet delme makinası çalışmaktadır. Bu genel durum itibarıyla söz konusu formasyonda her atımdaki delik sayısı 5 ile 15 arasında değişen 9 adet atım izlenmiştir. Patlatma sonrası elde edilen malzeme yığını fotoğraflanmış ve bir program yardımıyla parça boyutu dağılımı tespit edilmiştir.

4.3.1 Siyenit formasyonu atım verileri ve boyut dağılımları

Genel olarak siyenit formasyonuna dönük atımlar ile ilgili faaliyetlerin yürütülmesinde her atıma dönük delme-patlatma protokolü hazırlanmadığından bu formasyonda izlenen atımlarda ilgili parametreler Çizelge 4.1'de verilen veri formuna kaydedilmiştir. Genellikle dilim kalınlıkları 3 m ile 4 m arasında değişmiştir. Delikler arası mesafeler ise 4 m olarak arz etmiştir. Atımlarda söz konusu olan özgül şarjlar $0,687 \text{ kg/m}^3$ ile $1,018 \text{ kg/m}^3$ mertebesinde seyretmiştir. Patlatma sonrası fotoğraflar üzerinde yapılan çalışmalarda F_{10} - F_{90} parça boyutları bilgisayar programı yardımıyla tespit edilmiştir. Buna ilaveten yığının yayılımı ve yükleme süreleri de ölçülmüştür.

İzlenen atımlardan görülebileceği gibi atım geometrisi parametreleri, kesin bir standarda bağlı olarak belirlenmemekte, muhtemelen ilgili operatörlerin tercihleri doğrultusunda oluşmaktadırlar. Bu durum Çizelge 4.13 – 4.21’de yer alan 9 atım verilerinin değerlendirilmesinden anlaşılmaktadır.

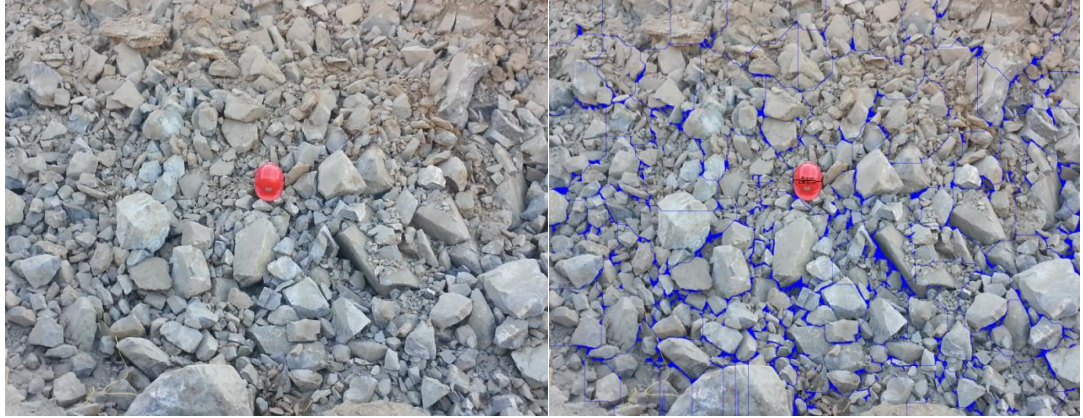
Çizelge 4.13 11 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Siyenit			
Tarih : 30.04.2014			
Atım No : 11			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	8	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	9
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	10	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4
Toplam Delik Boyu (m)	80	Ortalama Şarj Boyu (m)	6
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	864
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,092
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	26,5
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	17
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	110	880	1,018
Dinamit Miktarı (kg)	1	8	0,009
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	10	Adet/m ³
Kapsül Adedi	8 1 1		0,011
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	62,23 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

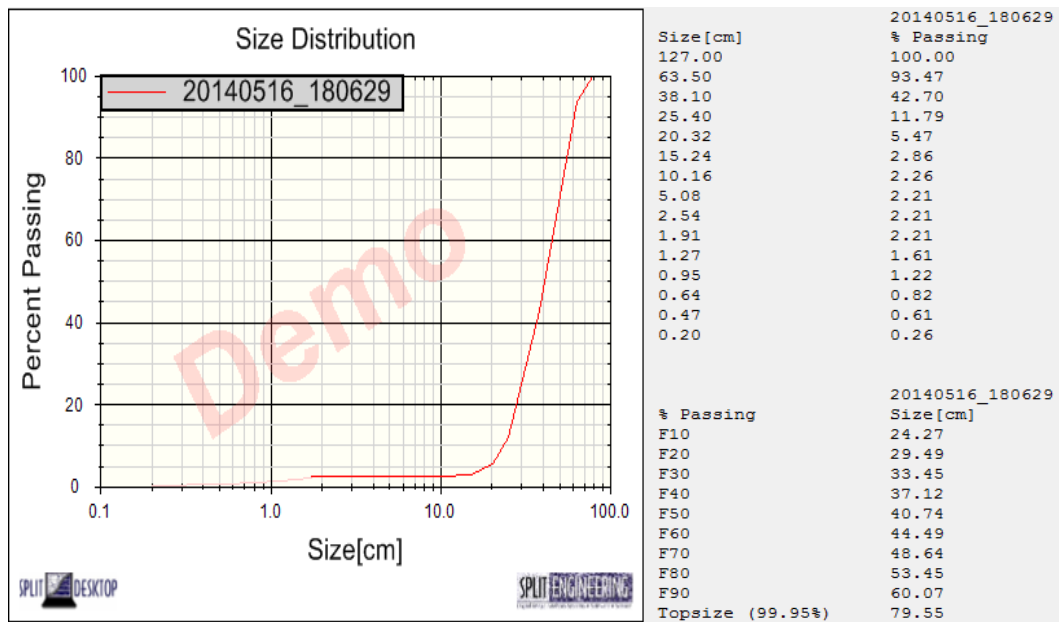
11 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.22). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.22'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.22 30.04.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.23'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 53,45 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 64,79 cm ve 68,45 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.23 30.04.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.14 12 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Siyenit			
Tarih : 02.05.2014			
Atım No : 12			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	5	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	10
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	11	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4,5
Toplam Delik Boyu (m)	55	Ortalama Şarj Boyu (m)	6,5
Sıra Sayısı	1	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	600
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,091
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	25
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	18,5
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)			Toplam
Anfo Miktarı (kg)			120
Dinamit Miktarı (kg)			1
Kapsül Cinsi	25 ms	42 ms	Elektrikli Kapsül
Kapsül Adedi	5	-	1
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *			63,46 *

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

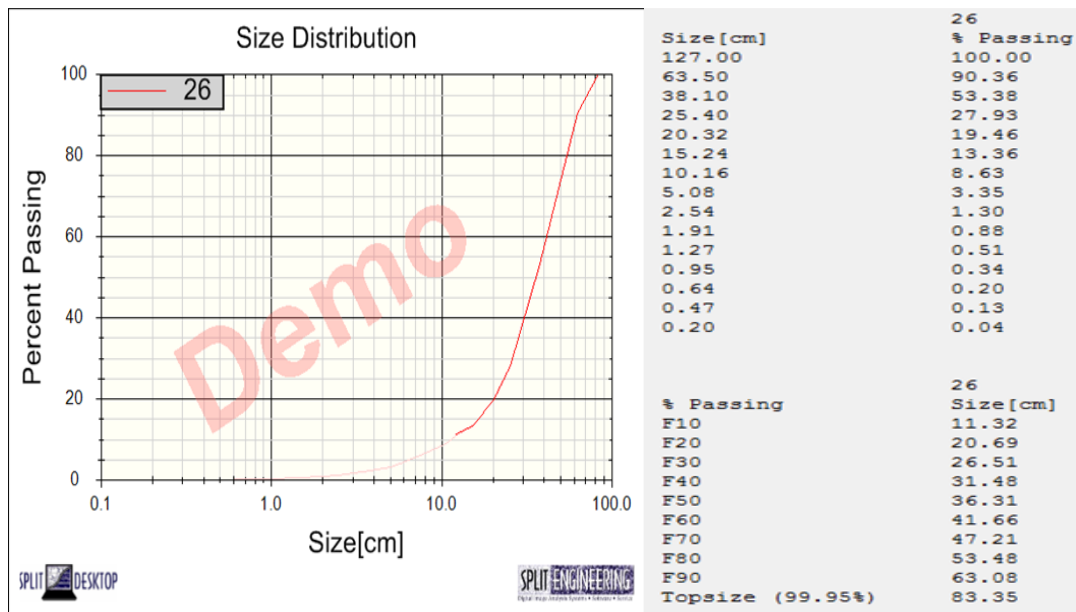
12 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.24). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.24'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.24 02.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.25'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 53,48 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 65,23 cm ve 71,67 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.25 02.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

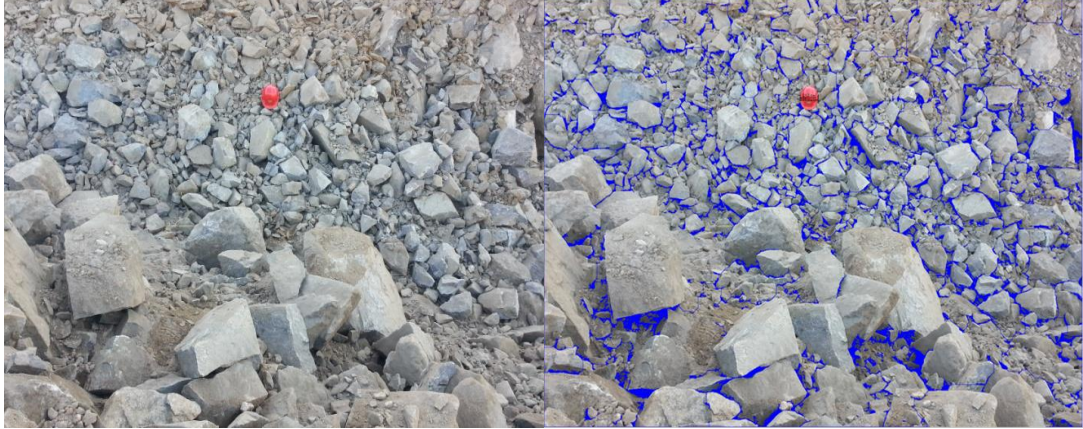
Çizelge 4.15 13 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Siyenit			
Tarih : 05.05.2014			
Atım No : 13			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	13	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	4
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	10
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	11	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	5
Toplam Delik Boyu (m)	143	Ortalama Şarj Boyu (m)	6
Sıra Sayısı	3	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	2080
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,068
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	15
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	29,5
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	110	1430	0,687
Dinamit Miktarı (kg)	1	13	0,006
Kapsül Cinsi	25 ms	42 ms	Elektrikli Kapsül
Kapsül Adedi	13	2	1
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *		73,35 *	

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

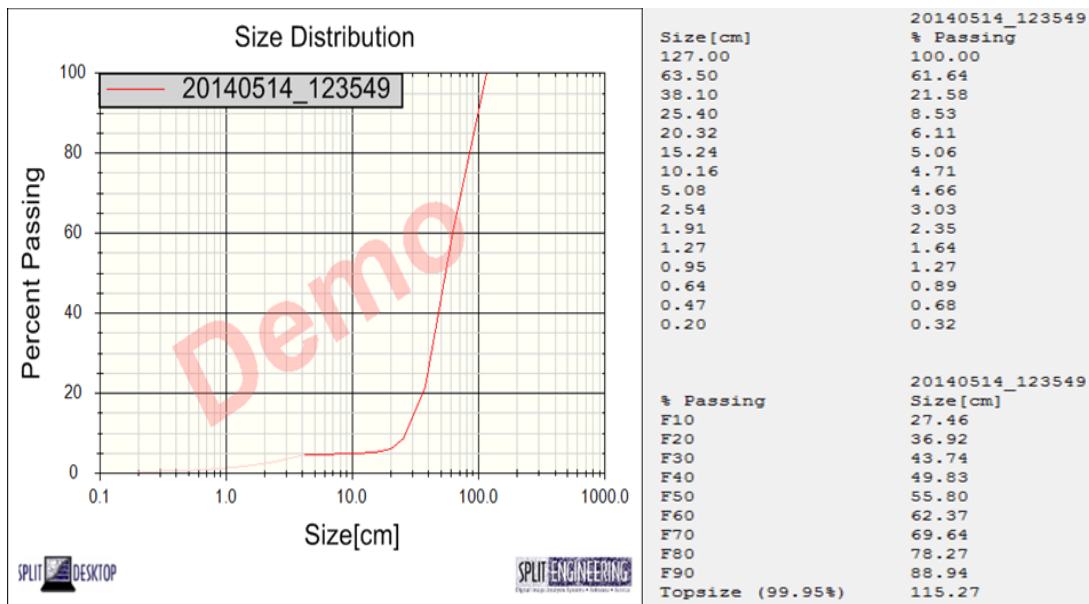
13 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.26). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.26'daki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.26 05.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.27'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 78,27 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 69,51 cm ve 72,27 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.27 05.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.16 14 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Siyenit			
Tarih : 06.05.2014			
Atım No : 14			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	12	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	9
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	10	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	5
Toplam Delik Boyu (m)	120	Ortalama Şarj Boyu (m)	5
Sıra Sayısı	4	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1296
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,092
Delik Düzeni	Dikdörtgen	Yığın Yayılımı (m)	22
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	22
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	90	1080	0,833
Dinamit Miktarı (kg)	1	12	0,009
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	16	Adet/m ³
Kapsül Adedi	12 3 1		0,012
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	68,11 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

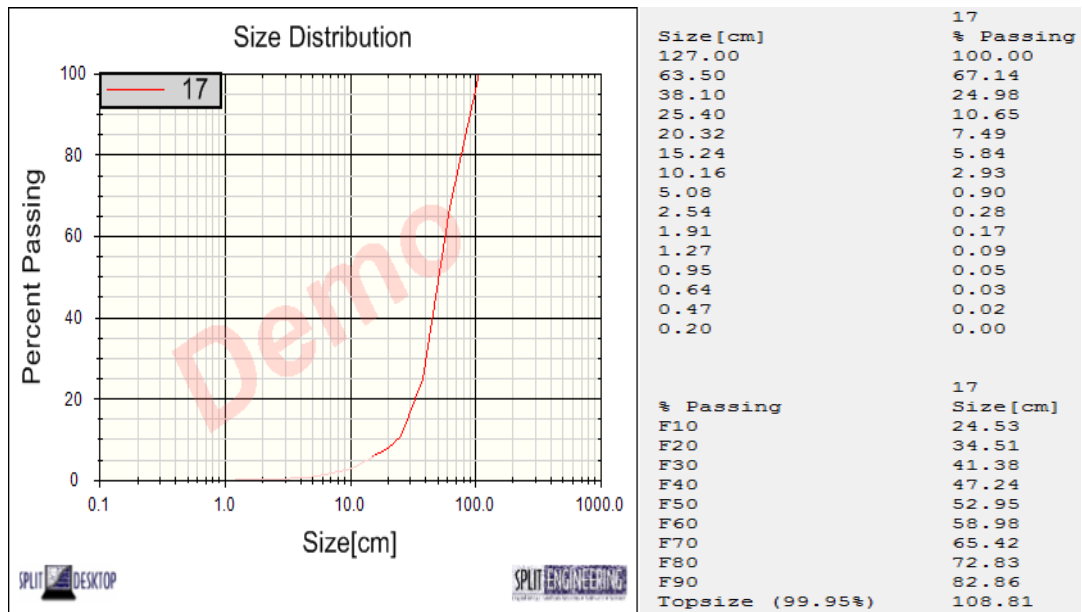
14 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.28). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.28'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.28 06.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.29'da gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 72,83 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 61,89 cm ve 69,61 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.29 06.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

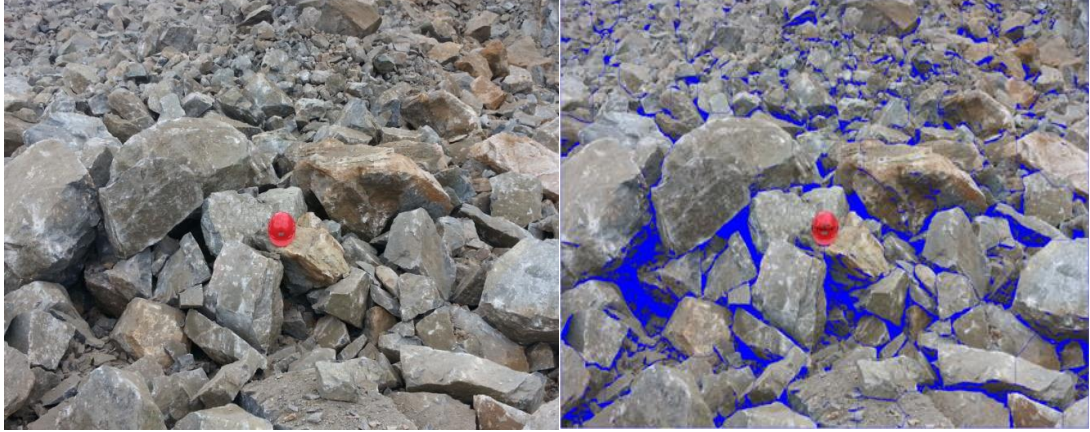
Çizelge 4.17 15 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Siyenit			
Tarih : 07.05.2014			
Atım No : 15			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	11	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	4
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	9
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	10	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4,5
Toplam Delik Boyu (m)	110	Ortalama Şarj Boyu (m)	5,5
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1584
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,069
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	26
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	27
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	100	1100	0,694
Dinamit Miktarı (kg)	1	11	0,006
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	13	Adet/m ³
Kapsül Adedi	11 1 1		0,008
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	71,87 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

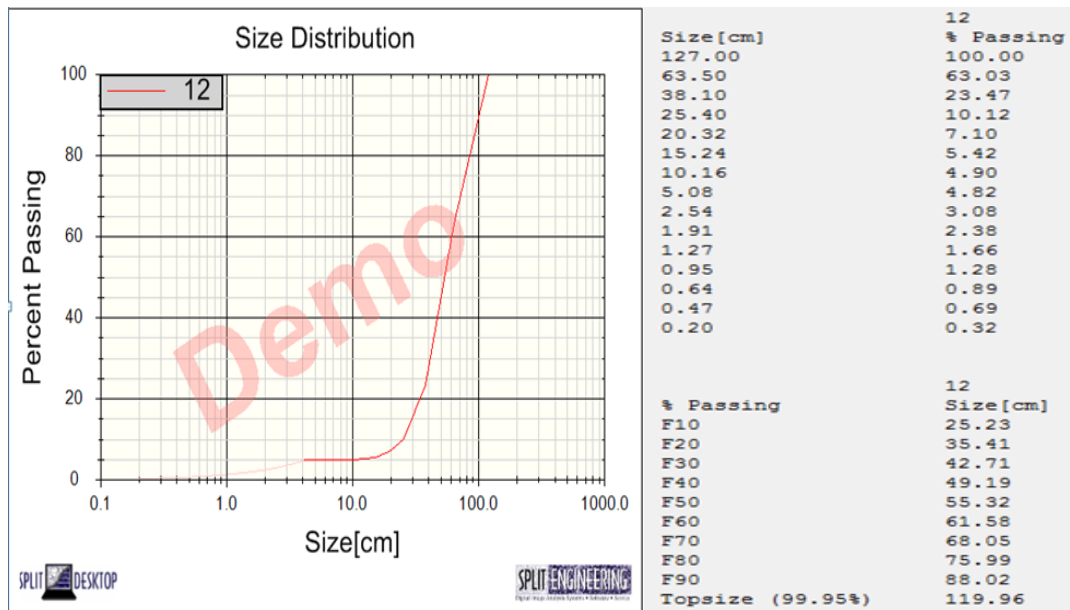
15 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.30). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.30'daki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.30 07.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.31'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 75,99 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 65,09 cm ve 74,53 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.31 07.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.18 16 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Siyenit			
Tarih : 08.05.2014			
Atım No : 16			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	9	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	9
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	10	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4
Toplam Delik Boyu (m)	90	Ortalama Şarj Boyu (m)	6
Sıra Sayısı	3	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	972
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,092
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	26
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	17,5
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	110	990	1,018
Dinamit Miktarı (kg)	1	9	0,009
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	12	Adet/m ³
Kapsül Adedi	9 2 1		0,012
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	62,79 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

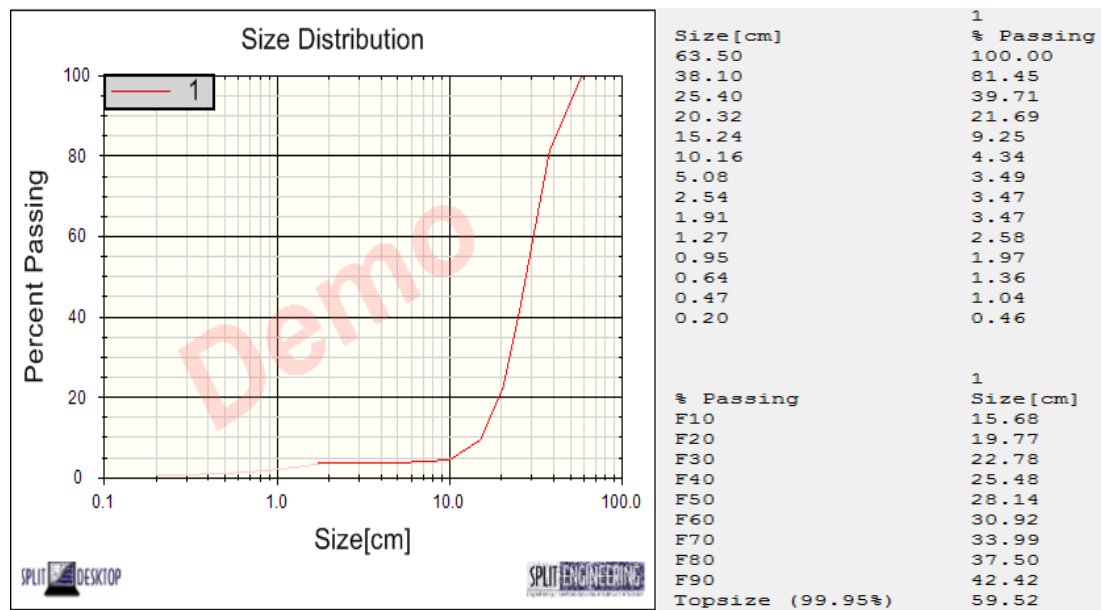
16 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.32). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.32'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.32 08.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.33'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 37,50 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 69,76 cm ve 81,11 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.33 08.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.19 17 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Siyenit			
Tarih : 09.05.2014			
Atım No : 17			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	7	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	10
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	11	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4,5
Toplam Delik Boyu (m)	77	Ortalama Şarj Boyu (m)	6,5
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	840
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,091
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	25
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	18,5
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	120	840	1,000
Dinamit Miktarı (kg)	1	7	0,008
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	9	Adet/m ³
Kapsül Adedi	7 1 1		0,010
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	63,61 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

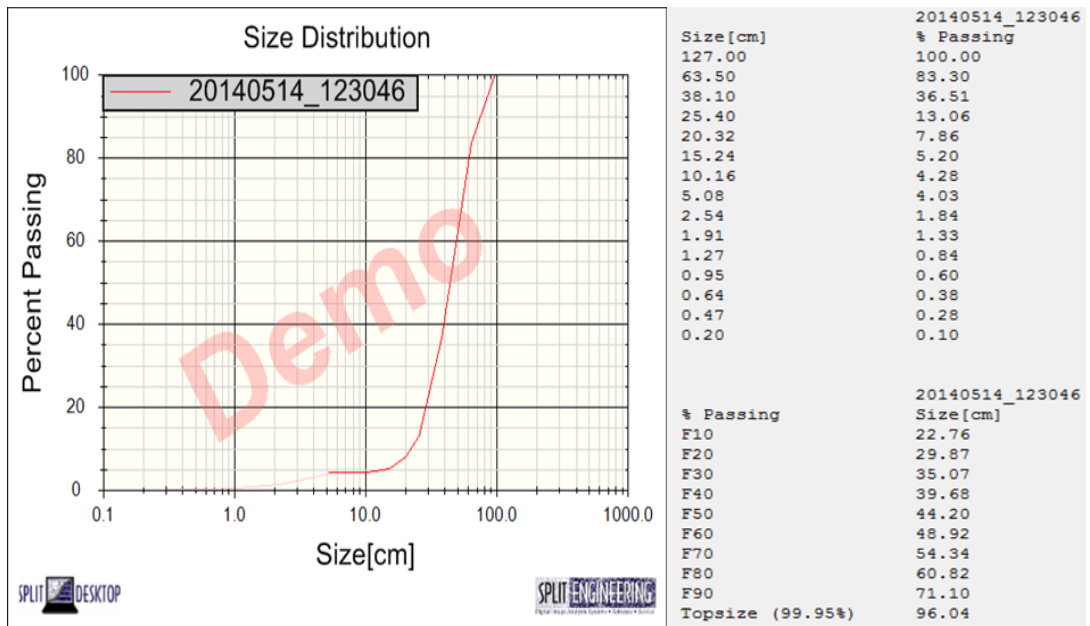
17 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.34). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.34'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.34 09.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.35'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 60,82 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 63,13 cm ve 66,88 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.35 09.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.20 18 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Siyenit			
Tarih : 12.05.2014			
Atım No : 18			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	6	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	4
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	9
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	10	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4
Toplam Delik Boyu (m)	60	Ortalama Şarj Boyu (m)	6
Sıra Sayısı	1	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	864
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,069
Delik Düzeni	Tek Sıra	Yığın Yayılımı (m)	20
Yükleyici Tipi	Ekskavator	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	25
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	110	660	0,763
Dinamit Miktarı (kg)	1	6	0,006
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	7	Adet/m ³
Kapsül Adedi	6 - 1		0,008
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	70,75 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

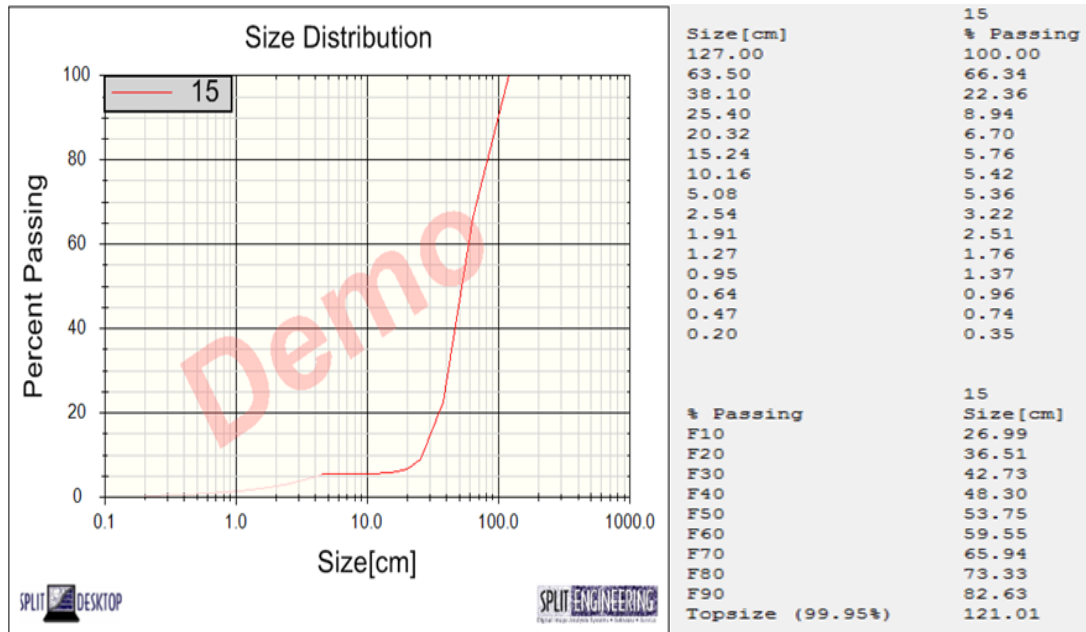
18 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.36). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.36'daki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.36 12.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.37'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 73,33 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 68,30 cm ve 70,62 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.37 12.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

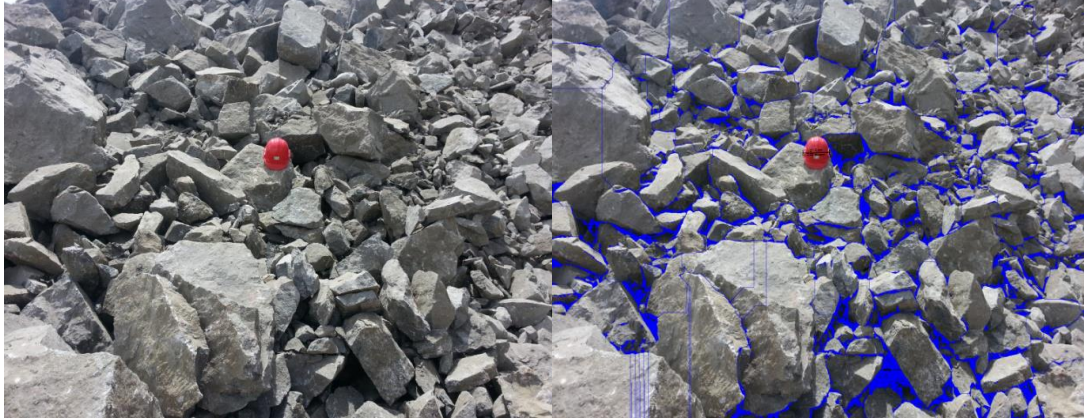
Çizelge 4.21 19 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Siyenit			
Tarih : 13.05.2014			
Atım No : 19			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	15	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	10
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	11	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	5
Toplam Delik Boyu (m)	165	Ortalama Şarj Boyu (m)	6
Sıra Sayısı	3	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1800
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,091
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	23
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	20
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	110	1650	0,916
Dinamit Miktarı (kg)	1	15	0,008
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	18	Adet/m ³
Kapsül Adedi	15 2 1		0,010
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	66,29 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

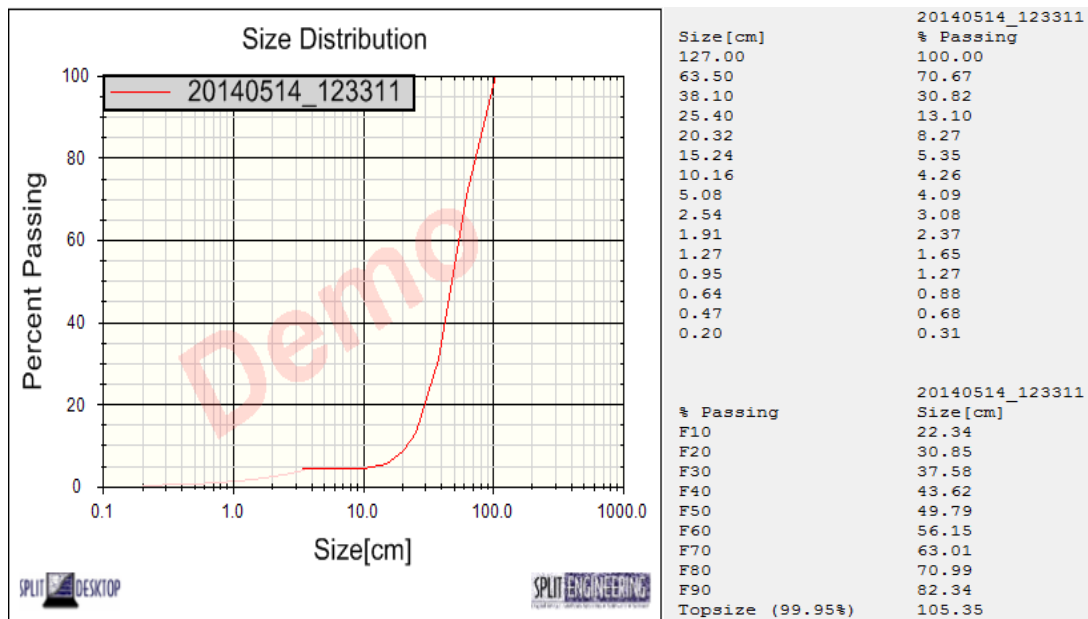
19 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.38). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.38'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.38 13.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.39'da gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 70,99 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 63,59 cm ve 64,29 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.39 13.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

4.3.2 Siyenit formasyonunda izlenen atımlarda F_{80} parça boyutlarının frekans dağılımı

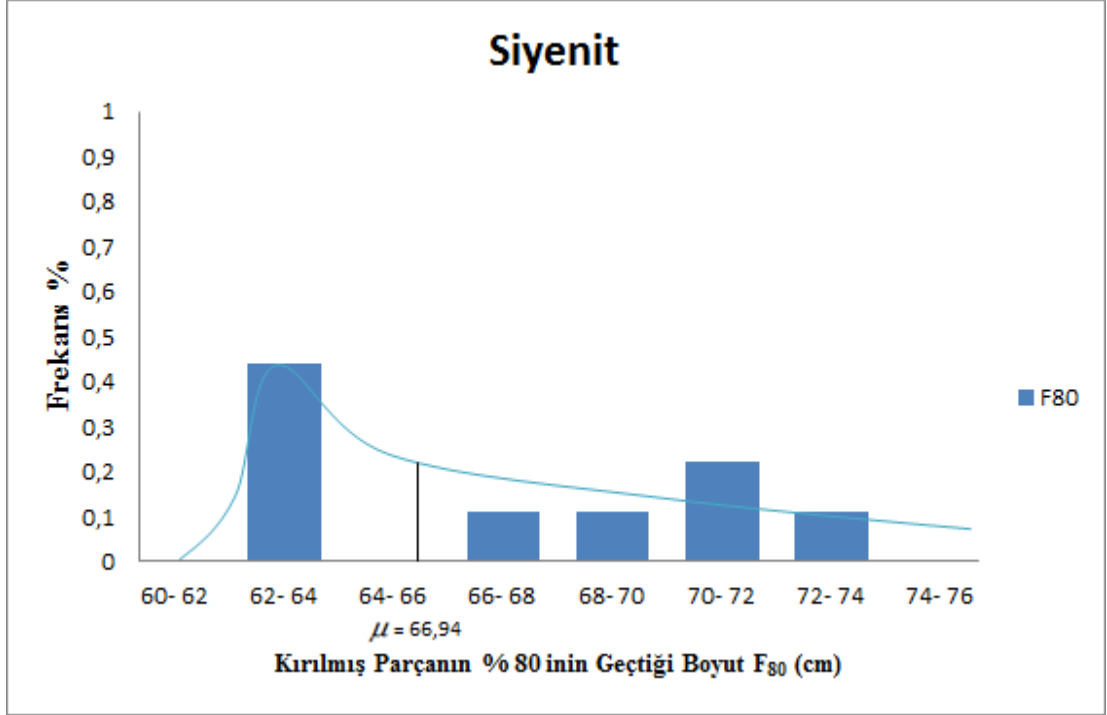
Siyenit kaya biriminde yapılan çalışmalar da görüldüğü gibi, uygulanan bütün delme patlatma işlemleri iyi bir şekilde gözlenmiş ve sonuçları izlenmiştir. Burada atımlar sonucu malzemenin geçtiği sınıf aralığı ve frekans değerleri belirlenmiş olup, (Çizelge 4.22) grafiksel olarak Şekil 4.40'da verilmiştir. İlgili kaya biriminde yapılan atımlarda belirlenen F_{80} değerlerinin ortalama tane boyutu $\mu = 66,94$ cm olarak bulunmuştur. Bu ortalamanın varyans değeri $\sigma^2 = 16,02$ cm, standart sapması ise $\sigma = 4$ cm olarak hesaplanmıştır.

Atımların frekans dağılımı Çizelge 4.22 bazına göre değerlendirildiğinde F_{80} boyutlarını oluşturan tane büyüklükleri Şekil 4.40'da görülen grafiği oluşturmaktadır. Bu grafiğe göre dağılımın, normal bir dağılım izlenimi vermediği görülmektedir. Genellikle sağa çarpık bir özellik arz etmektedir.

Çizelge 4.22 Siyenit kaya biriminde yapılan 9 tane atımın F_{80} değerlerinin sınıf aralığı ve frekans değerleri

Sınıf Aralığı (cm)	Frekans %
60-62	0
62-64	4
64-66	0
66-68	1
68-70	1
70-72	2
72-74	1

Bu tablo sonucu aşağıdaki grafik elde edilmiştir.



Şekil 4.40 Atımlarda F80' ler de yer alan en büyük parça boyutlarının istatistiksel dağılımı

4.4 Manyetit Formasyonunda İzlenen Atımlar

Maden yatağı örtüsünün bir bölümünü oluşturan siyenit formasyonunda basamak yüksekliği 12 m ve 14 m olarak belirlenmiştir. Bu basamaklarda 102 mm çaplı delikler delebilen bir adet delme makinası çalışmaktadır. Bu genel durum itibariyle söz konusu formasyonda her atımdaki delik sayısı 8 ile 17 arasında değişen 8 adet atım izlenmiştir. Patlatma sonrası elde edilen malzeme yığını fotoğraflanmış ve bir program yardımıyla parça boyutu dağılımı tespit edilmiştir.

4.4.1 Manyetit formasyonu atım verileri ve boyut dağılımları

Genel olarak siyenit formasyonuna dönük atımlar ile ilgili faaliyetlerin yürütülmesinde her atıma dönük delme-patlatma protokolü hazırlanmadığından bu formasyonda izlenen atımlarda ilgili parametreler Çizelge 4.1'de verilen veri formuna kaydedilmiştir. Genellikle dilim kalınlıkları 2 m ile 3 m arasında değişmiştir. Delikler arası mesafeler ise 3 m ile 5 m arasında değişen büyüklükler arz etmiştir. Atımlarda söz konusu olan özgül şarjlar $0,555 \text{ kg/m}^3$ ile $1,049 \text{ kg/m}^3$ mertebesinde seyretmiştir. Patlatma sonrası fotoğraflar üzerinde yapılan çalışmalarda F₁₀-F₉₀ parça boyutları bilgisayar programı yardımıyla tespit edilmiştir. Buna ilaveten yığının yayılımı ve yükleme süreleri ölçülmüştür.

İzlenen atımlardan görülebileceği gibi atım geometrisi parametreleri, kesin bir standarda bağlı olarak belirlenmemekte, muhtemelen ilgili operatörlerin tercihleri doğrultusunda oluşmaktadırlar. Bu durum Çizelge 4.23 – 4.30’da yer alan 8 atım verilerinin değerlendirilmesinden anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.23 20 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Manyetit			
Tarih : 14.05.2014			
Atım No : 20			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	17	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	2,5
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	3,5
Ortalama Su Seviyesi (m)	1,35	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	12
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	13	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	3
Toplam Delik Boyu (m)	221	Ortalama Şarj Boyu (m)	10
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1785
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,123
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	15
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	26,5
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)			Toplam
Anfo Miktarı (kg)			75
Dinamit Miktarı (kg)			1
Kapsül Cinsi	25 ms	42 ms	Elektrikli Kapsül
Kapsül Adedi	17	1	1
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *			71,63 *

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

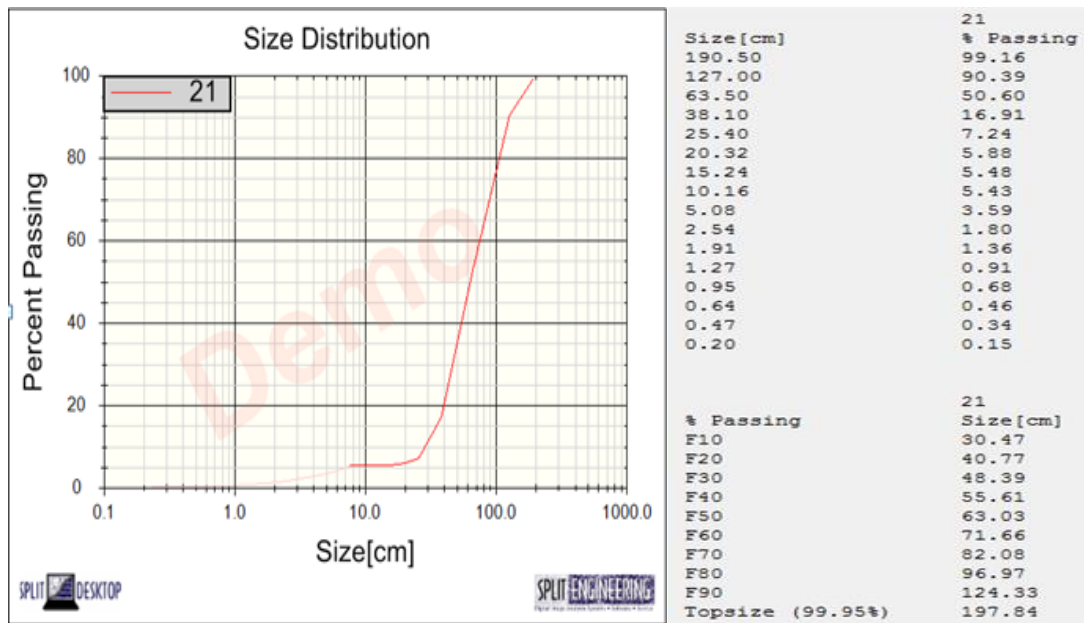
20 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.41). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.41'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.41 14.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.42'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 96,97 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 57,08 cm ve 60,84 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.42 14.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

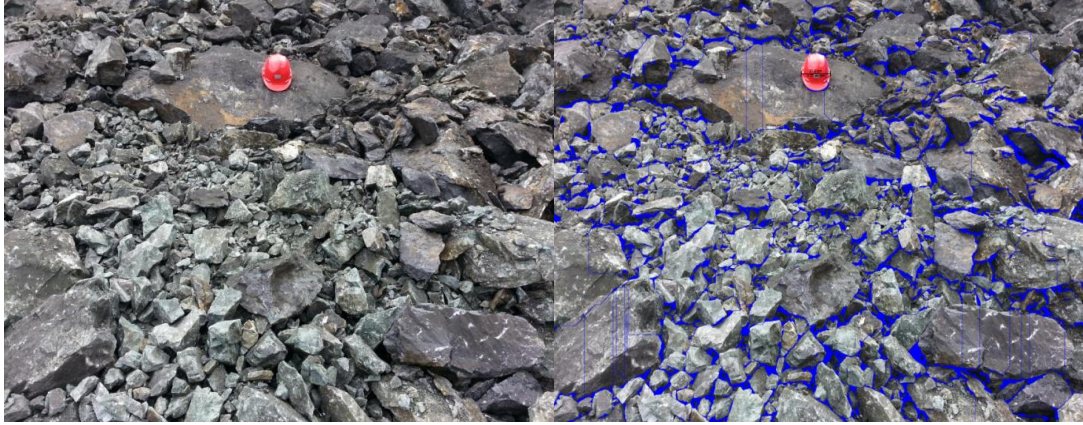
Çizelge 4.24 21 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Manyetit			
Tarih : 15.05.2014			
Atım No : 21			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	14	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	2
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	3
Ortalama Su Seviyesi (m)	1,5	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	14
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	15	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4
Toplam Delik Boyu (m)	210	Ortalama Şarj Boyu (m)	11
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1176
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,178
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	20
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	21
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	85	1190	1,011
Dinamit Miktarı (kg)	2	28	0,023
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	30	Adet/m ³
Kapsül Adedi	28 1 1		0,025
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	60,27 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

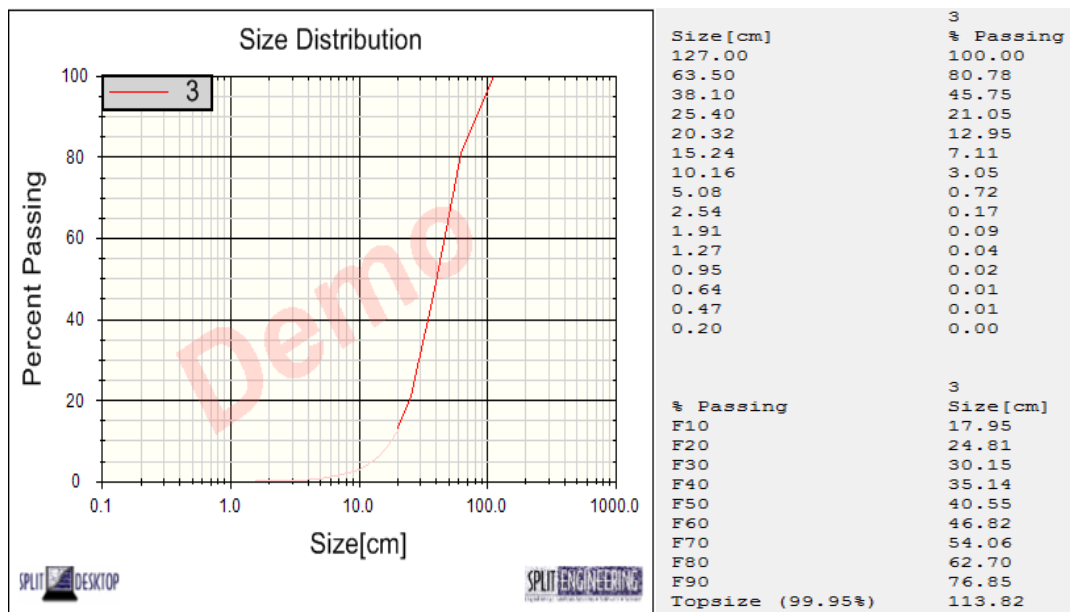
21 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.43). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.43'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.43 15.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.44'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 62,70 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 57,95 cm ve 60,16 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.44 15.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.24 22 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Manyetit			
Tarih : 16.05.2014			
Atım No : 22			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	16	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	2
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	3
Ortalama Su Seviyesi (m)	0,93	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	13,5
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	14,5	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	3,5
Toplam Delik Boyu (m)	232	Ortalama Şarj Boyu (m)	11
Sıra Sayısı	3	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1296
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,179
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	25
Yükleyici Tipi	Ekskavator	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	19
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	85	1360	1,049
Dinamit Miktarı (kg)	2	32	0,024
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	35	Adet/m ³
Kapsül Adedi	32 2 1		0,027
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	49,35 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

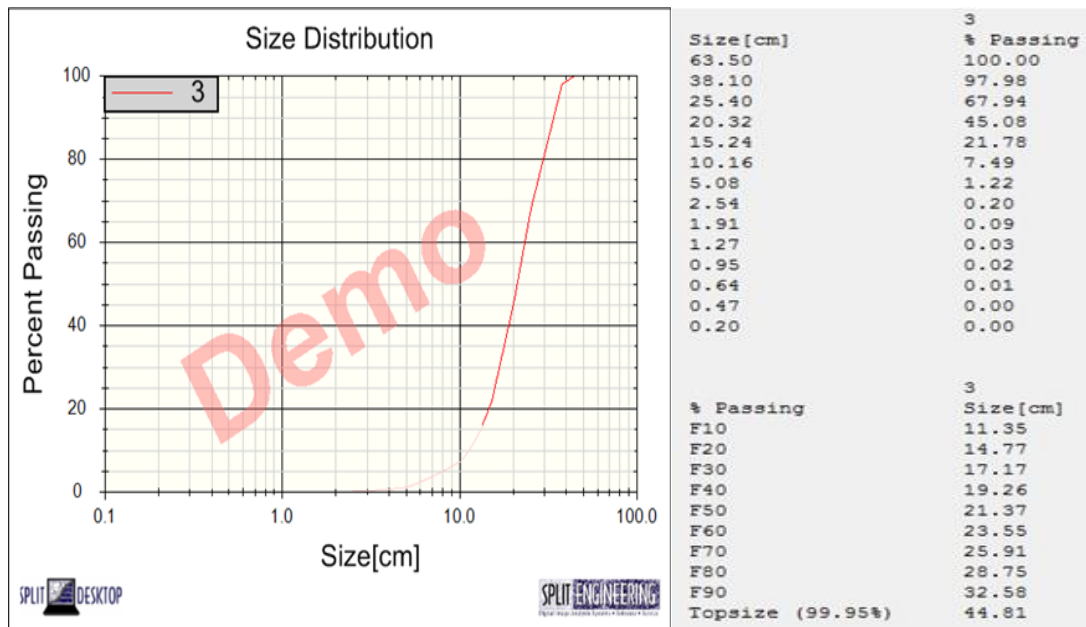
22 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.45). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.45'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.45 16.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.46'da gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 28,75 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 55,87 cm ve 63,43 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.46 16.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.25 23 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Manyetit			
Tarih : 19.05.2014			
Atım No : 23			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	15	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	3
Ortalama Su Seviyesi (m)	1	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	14
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	15	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4
Toplam Delik Boyu (m)	225	Ortalama Şarj Boyu (m)	11
Sıra Sayısı	3	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1890
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,119
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	14
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	30
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	85	1275	0,674
Dinamit Miktarı (kg)	1	15	0,007
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	18	Adet/m ³
Kapsül Adedi	15 2 1		0,009
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	79,44 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

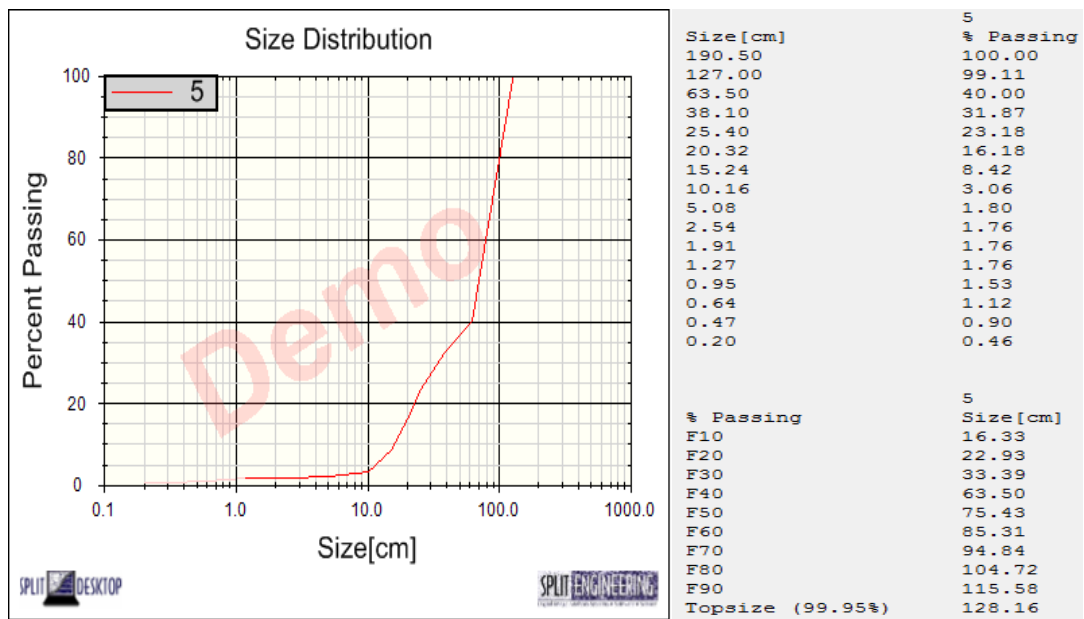
23 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.47). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.47'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.47 19.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.48'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 104,72 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 62,13 cm ve 71,47 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.48 19.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

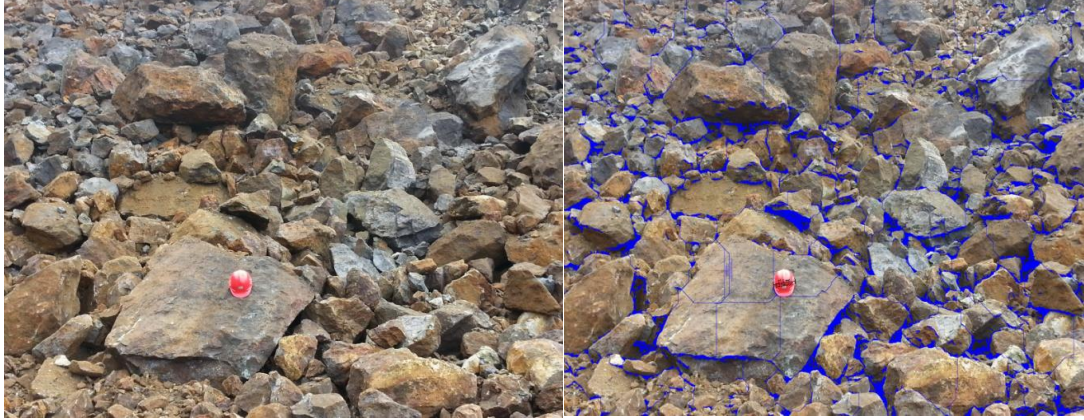
Çizelge 4.26 24 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Manyetit			
Tarih : 20.05.2014			
Atım No : 24			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	10	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	2
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	3
Ortalama Su Seviyesi (m)	1,20	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	13,5
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	14,5	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4,5
Toplam Delik Boyu (m)	145	Ortalama Şarj Boyu (m)	10
Sıra Sayısı	3	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	810
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,179
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	18
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	22
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	75	750	0,925
Dinamit Miktarı (kg)	1	10	0,012
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	13	Adet/m ³
Kapsül Adedi	10 2 1		0,016
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	63,77 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

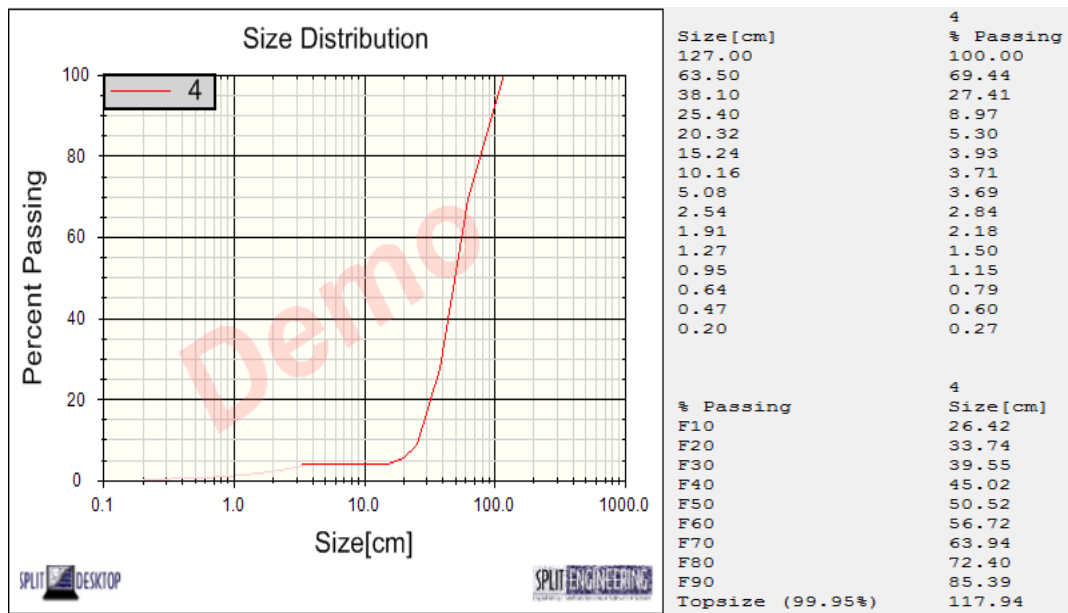
24 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.49). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.49'daki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.49 20.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.50'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 72,40 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 55,50 cm ve 63,41 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.50 20.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.28 25 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Manyetit			
Tarih : 21.05.2014			
Atım No : 25			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	13	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	3,5
Ortalama Su Seviyesi (m)	0,80	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	12
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	13	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	3,5
Toplam Delik Boyu (m)	169	Ortalama Şarj Boyu (m)	9,5
Sıra Sayısı	4	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1638
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,103
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	13
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	34
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	75	910	0,555
Dinamit Miktarı (kg)	1	13	0,007
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	17	Adet/m ³
Kapsül Adedi	13 3 1		0,010
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	88,54 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

25 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.51). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.51'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.51 21.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.52'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 106,04 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 75,19 cm ve 84,39 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.52 21.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.29 26 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi				
Kaya Birimi : Manyetit				
Tarih : 22.05.2014				
Atım No : 26				
Delik Nitelikleri			Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	12		Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	2,5
Çapı (mm)	102		Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	3,5
Ortalama Su Seviyesi (m)	1,6		Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	13,5
Eğim Açısı (Derece)	80		Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	14,5		Ortalama Sıkılama Boyu (m)	3,5
Toplam Delik Boyu (m)	174		Ortalama Şarj Boyu (m)	11
Sıra Sayısı	2		Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	1418
Delik Taban Payı (m)	1		Özgül Delik (m/m ³)	0,122
Delik Düzeni	Şeşbeş		Yığın Yayılımı (m)	16
Yükleyici Tipi	Ekskavator	Çevrim Açısı (Derece)	90	
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	25	
Kullanılan Patlayıcı Miktarı				
Bir Delikte (Ortalama)			Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	85		1020	0,719
Dinamit Miktarı (kg)	2		24	0,016
Kapsül Cinsi	25 ms	42 ms	Elektrikli Kapsül	Adet/m ³
Kapsül Adedi	24	1	1	0,018
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	69,16 *			

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

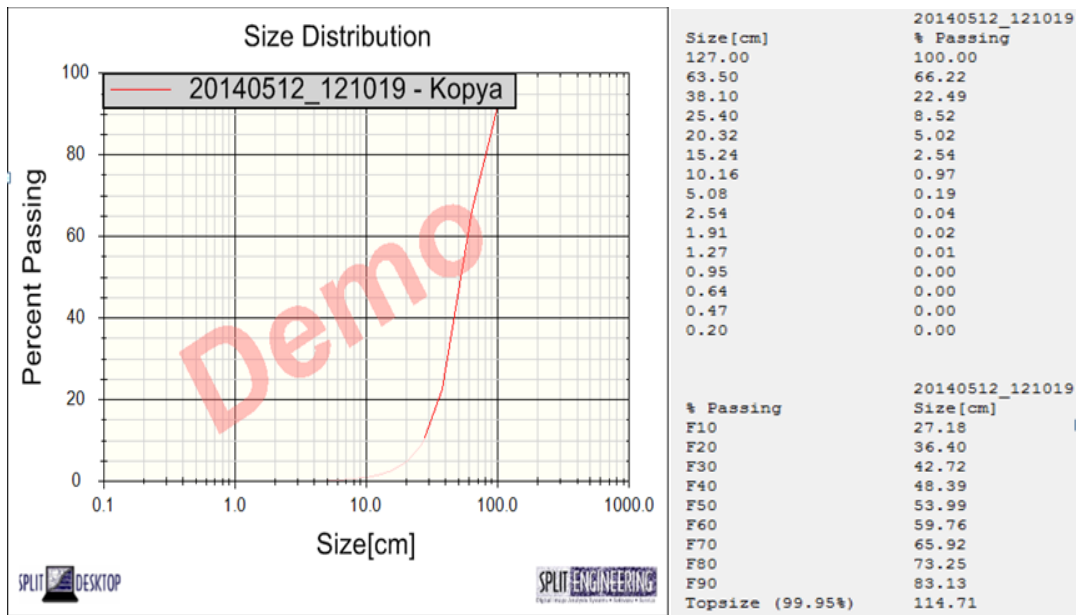
26 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.53). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.53'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.53 22.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.54'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 73,25 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 64,50 cm ve 69,73 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.54 22.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.30 27 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Manyetit			
Tarih : 23.05.2014			
Atım No : 27			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	8	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	2
Çapı (mm)	102	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	3
Ortalama Su Seviyesi (m)	1,45	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	12
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	13	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	3
Toplam Delik Boyu (m)	104	Ortalama Şarj Boyu (m)	10
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	576
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,180
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	23
Yükleyici Tipi	Ekskavator	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	20
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	75	600	1,041
Dinamit Miktarı (kg)	1	8	0,013
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	10	Adet/m ³
Kapsül Adedi	8 1 1		0,017
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	56,19 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

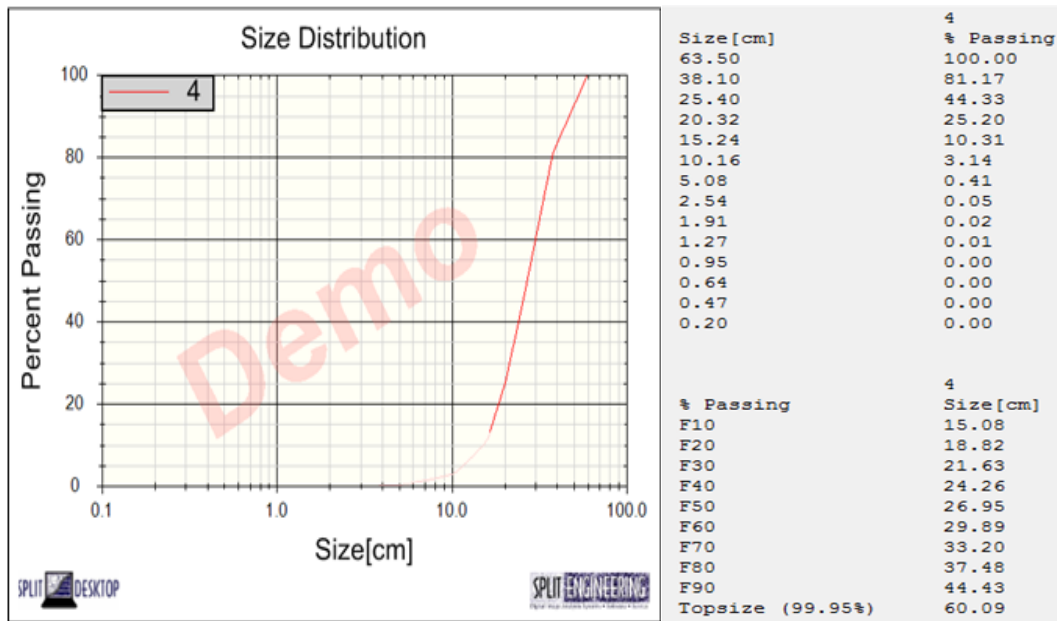
27 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.55). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.55'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.55 23.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.56'da gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 37,48 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 60,83 cm ve 70,26 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.56 23.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

4.4.2 Manyetit formasyonunda izlenen atımlarda F_{80} parça boyutlarının frekans dağılımı

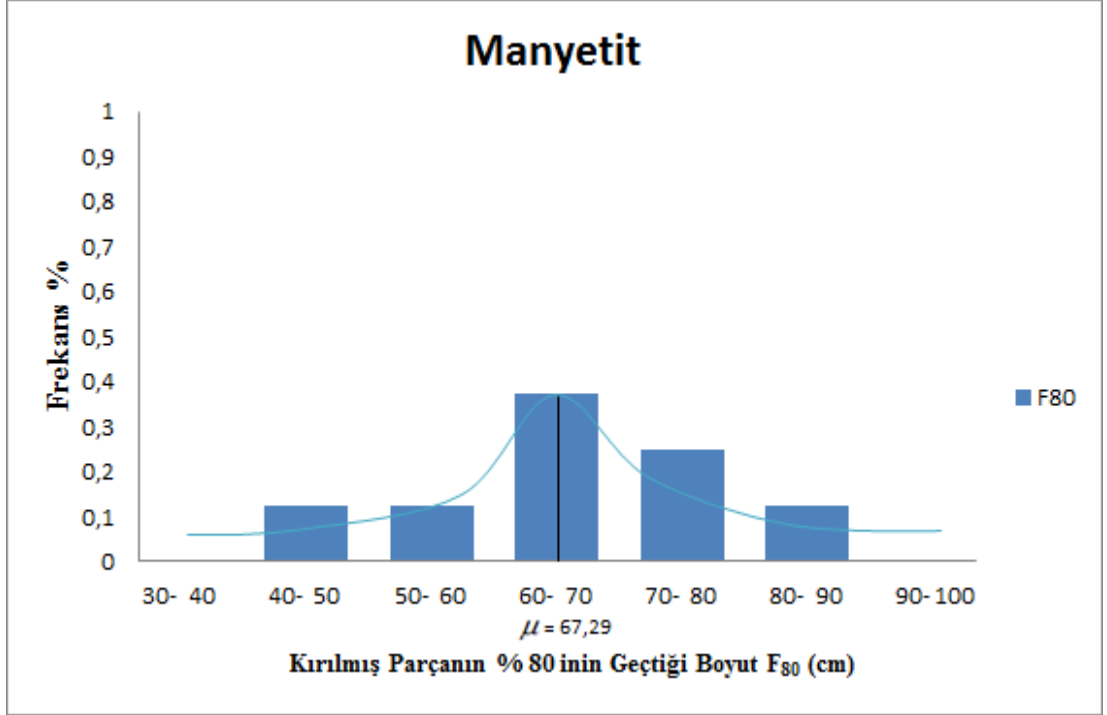
Manyetit kaya biriminde yapılan çalışmalar da görüldüğü gibi, uygulanan bütün delme patlatma işlemleri iyi bir şekilde gözlemlenmiş ve sonuçları izlenmiştir. Burada atımlar sonucu malzemenin geçtiği sınıf aralığı ve frekans değerleri belirlenmiş olup, (Çizelge 4.31) grafiksel olarak Şekil 4.57’de verilmiştir. İlgili kaya biriminde yapılan atımlarda belirlenen F_{80} değerlerinin ortalama tane boyutu $\mu=67,29$ cm olarak bulunmuştur. Bu ortalamanın varyans değeri $\sigma^2=141,02$ cm ve standart sapması da $\sigma=11,8$ cm olarak hesaplanmıştır.

Manyetit formasyonun da izlenen atımların F_{80} tane boyutu dağılımı normal bir dağılım izlenimi vermektedir. Ancak daha fazla atımın izlenmesi, normal dağılıma daha iyi bir yaklaşım gösterebilir. Diğer atımlarla mukayese edildiğinde cevherde yapılan atımlarla, serpantin ve siyenit atımlarının sonuçları ters bir işlem izlenimi vermektedir. Genelde cevherin küçük taneli, dekapajın büyük taneli kırılması hedeflenebilmeliydi. Burada yapılan atımlar farklı sonuçlar göstermektedir.

Çizelge 4.31 Manyetit kaya biriminde yapılan 8 tane atımın F_{80} değerlerinin sınıf aralığı ve frekans değerleri

Sınıf Aralığı (cm)	Frekans %
30-40	0
40-50	1
50-60	1
60-70	3
70-80	2
80-90	1

Bu tablo sonucu aşağıdaki grafik elde edilmiştir.



Şekil 4.57 Atımlarda F₈₀' ler de yer alan en büyük parça boyutlarının istatistiksel dağılımı

4.5 Diğer Formasyonlarda İzlenen Atımlar

Maden yatağı örtüsünün bir bölümünü oluşturan kil ve kireçtaşı formasyonunda basamak yüksekliği 12 m ve 14 m olarak belirlenmiştir. Bu basamaklarda 171 mm çaplı delikler delebilen bir adet delme makinası çalışmaktadır. Bu genel durum itibariyle söz konusu formasyonda her atımdaki delik sayısı 16 ile 51 arasında değişen 3 adet atım izlenmiştir. Patlatma sonrası elde edilen malzeme yığını fotoğraflanmış ve bir program yardımıyla parça boyutu dağılımı tespit edilmiştir.

4.5.1 Diğer formasyonlardaki atım verileri ve boyut dağılımları

Genel olarak kil ve kireçtaşı formasyonuna dönük atımlar ile ilgili faaliyetlerin yürütülmesinde her atıma dönük delme-patlatma protokolü hazırlanmadığından bu formasyonda izlenen atımlarda ilgili parametreler Çizelge 4.1'de verilen veri formuna kaydedilmiştir. Genellikle dilim kalınlıkları 3 m ile 4 m arasında değişmiştir. Delikler arası mesafeler ise 4 m ile 5 m arasında değişen büyüklükler arz etmiştir. Atımlarda söz konusu olan özgül şarjlar 0,553 kg/m³ ile 1,145 kg/m³ mertebesinde seyretmiştir. Patlatma sonrası fotoğraflar üzerinde yapılan çalışmalarda F₁₀-F₉₀ parça boyutları bilgisayar programı yardımıyla tespit edilmiştir. Buna ilaveten yığının yayılımı ve yükleme süreleri ölçülmüştür.

İzlenen atımlardan görülebileceği gibi atım geometrisi parametreleri, kesin bir standarda bağlı olarak belirlenmemekte, muhtemelen ilgili operatörlerin tercihleri doğrultusunda oluşmaktadırlar. Bu durum Çizelge 4.32 – 4.34’de yer alan 3 atım verilerinin değerlendirilmesinden anlaşılmaktadır.

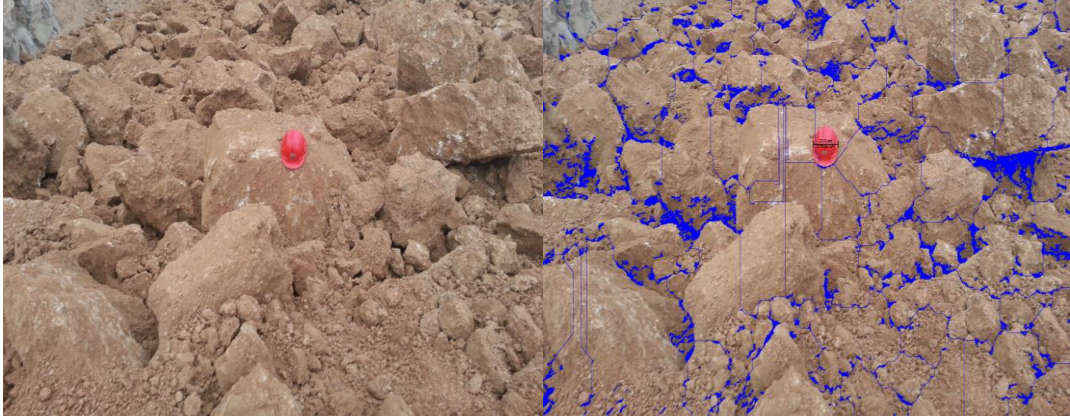
Çizelge 4.32 28 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Kıl			
Tarih : 26.05.2014			
Atım No : 28			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	16	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	4
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	5
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	14
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	15	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	6,5
Toplam Delik Boyu (m)	240	Ortalama Şarj Boyu (m)	8,5
Sıra Sayısı	3	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	4480
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,053
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	17
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	27
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	155	2480	0,553
Dinamit Miktarı (kg)	2	32	0,007
Kapsül Cinsi	25 ms	42 ms	Elektrikli Kapsül
Kapsül Adedi	32	2	1
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *		68,50 *	

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

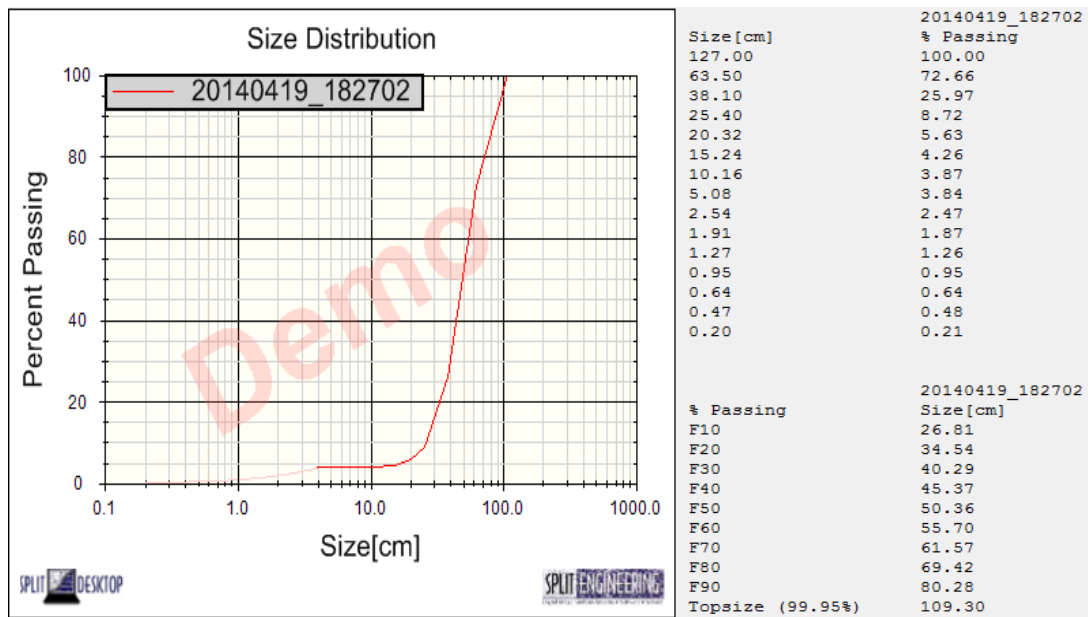
28 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.58). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.58'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.58 26.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.59'da gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 69,42 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 67,41 cm ve 68,67 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.59 26.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

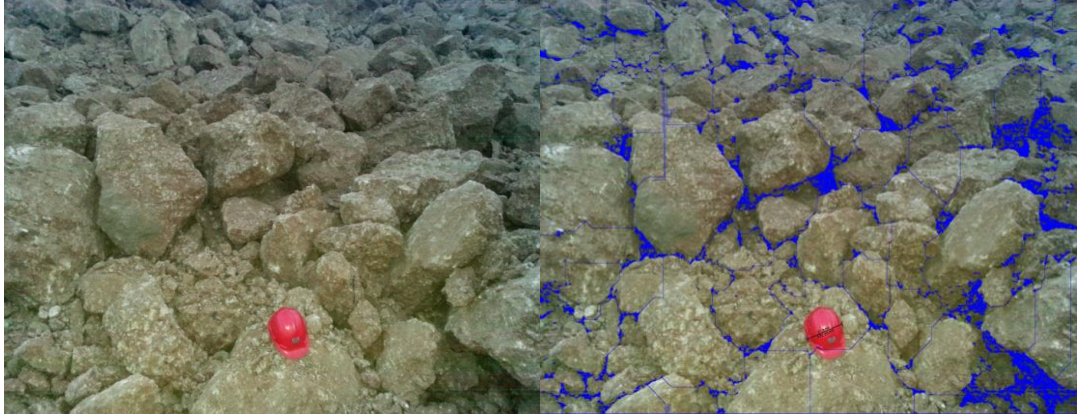
Çizelge 4.33 29 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Kil			
Tarih : 27.05.2014			
Atım No : 29			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	51	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	4
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	5
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	13,5
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	14,5	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	3,5
Toplam Delik Boyu (m)	739,5	Ortalama Şarj Boyu (m)	11
Sıra Sayısı	10	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	13770
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,053
Delik Düzeni	Kare	Yığın Yayılımı (m)	22
Yükleyici Tipi	Ekskavatör	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	4,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	24
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	200	10200	0,740
Dinamit Miktarı (kg)	2	102	0,007
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	112	Adet/m ³
Kapsül Adedi	102 9 1		0,008
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	54,27 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

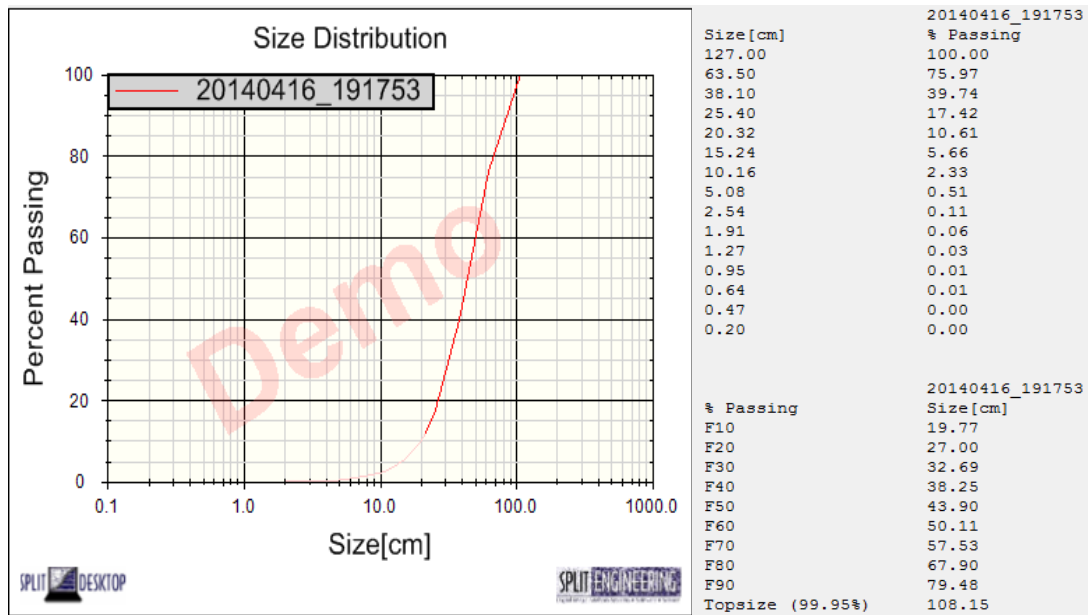
29 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.60). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.60'daki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.60 27.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.61'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 67,90 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 45,55 cm ve 49,36 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.61 27.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

Çizelge 4.34 30 No' lu atıma ait basamak patlatması veri formu

Bölge ve Ocağın Adı : Divriği A Kafa Açık İşletmesi			
Kaya Birimi : Kireçtaşı			
Tarih : 28.05.2014			
Atım No : 30			
Delik Nitelikleri		Atım Geometrisi	
Sayısı (Adet)	25	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	3
Çapı (mm)	171	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	4
Ortalama Su Seviyesi (m)	-	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	12
Eğim Açısı (Derece)	80	Basamak Eğim Açısı (Derece)	80
Ortalama Delik Boyu (m)	13	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	4
Toplam Delik Boyu (m)	325	Ortalama Şarj Boyu (m)	9
Sıra Sayısı	2	Patlatılan Malzeme Hacmi (m ³)	3600
Delik Taban Payı (m)	1	Özgül Delik (m/m ³)	0,090
Delik Düzeni	Şeşbeş	Yığın Yayılımı (m)	31
Yükleyici Tipi	Ekskavator	Çevrim Açısı (Derece)	90
Kepçe Büyüklüğü (m ³)	3,5	Ortalama Çevrim Süresi (sn)	33
Kullanılan Patlayıcı Miktarı			
Bir Delikte (Ortalama)		Toplam	Özgül Şarj Miktarı (kg/m ³)
Anfo Miktarı (kg)	165	4125	1,145
Dinamit Miktarı (kg)	1	25	0,006
Kapsül Cinsi	25 ms 42 ms Elektrikli Kapsül	27	Adet/m ³
Kapsül Adedi	25 1 1		0,007
Parça Boyutu (cm) (F ₈₀) *	79,17 *		

* 3 adet Split-Desktop çıktısının ortalamasıdır.

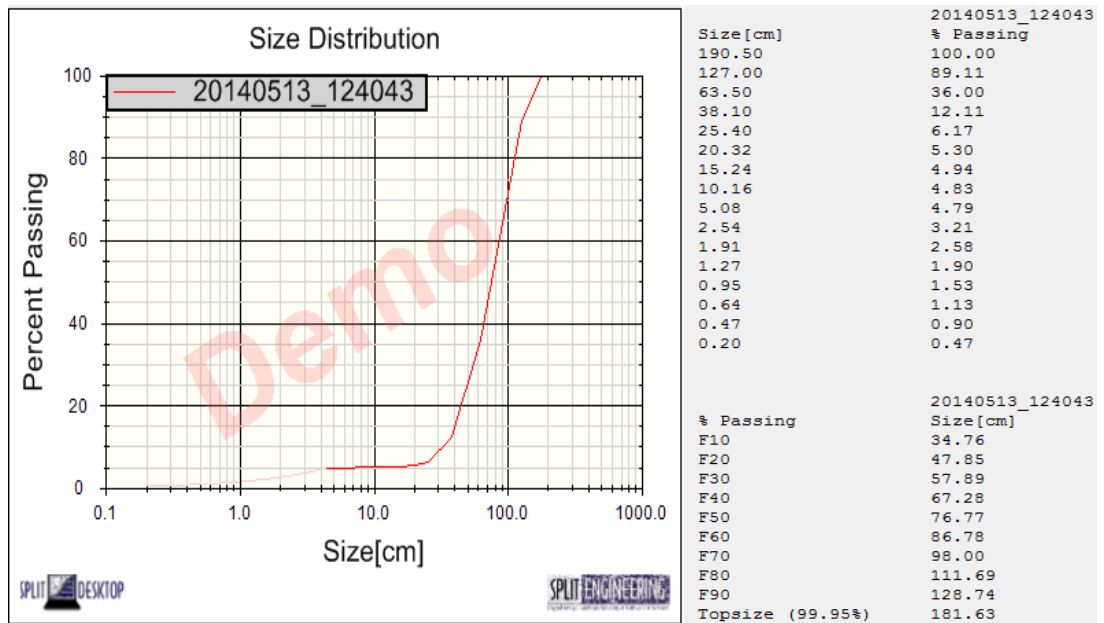
30 No' lu atıma ait patlatma sonrası parça boyut analizi

Yapılan patlatmadan sonra patlatma alanına 21 cm boyutunda baret yerleştirilerek dijital görüntüler elde edilmiştir (Şekil 4.62). Bu elde edilen dijital görüntüler bilgisayar ortamına aktarılıp, Split-Desktop programında işlenerek Şekil 4.62'deki görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.62 28.05.2014 tarihli patlatmaya ait dijital ve split görüntüleri

Elde edilen görüntülerden Şekil 4.63'de gösterilen parça boyut dağılımı grafiği sonucuna ulaşılmıştır. Split-Desktop programında patlatılan malzemenin % kaçının hangi boyutta olduğu tespit edilmiş, F80 değeri ise 111,69 cm olarak bulunmuştur. Aynı atıma ait diğer iki görüntünün F80 değerleri de sırasıyla 61,83 cm ve 63,99 cm olarak bulunmuştur.



Şekil 4.63 28.05.2014 tarihli patlatmaya ait parça boyutu dağılım grafiği

4.5.2 Diğer formasyonlarda izlenen atımlarda F₈₀ parça boyutlarının frekans dağılımları

Diğer kaya birimi olan kil ve kireç taşında izlenen atımların sayısı formasyonun küçük hacimli olması nedeniyle sınırlı kalmıştır. Kil kaya biriminde yapılan atımlarda F₈₀ değerlerinin ortalama tane büyüklüğü $\mu = 61,38$ cm olarak bulunmuştur. Bu ortalamanın varyans değeri $\sigma^2 = 50,62$ cm, standart sapması ise $\sigma = 7,11$ cm olarak hesaplanmıştır. Kireçtaşında ise F₈₀ değerinin ortalaması $\mu = 79,17$ cm olarak bulunmuştur.

5. İZLENEN ATIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yukarıdaki bölümlerde görüldüğü gibi Divriği A Kafa Açık İşletmesinde 5 kaya biriminde toplam 30 adet atım incelenmiştir. Bu atımların ortak değerlendirilmesi sonucunda malzemenin geçtiği sınıf aralığı ve frekans değerleri belirlenmiş olup (Çizelge 5.1), grafiksel olarak Şekil 5.1’de verilmiştir.

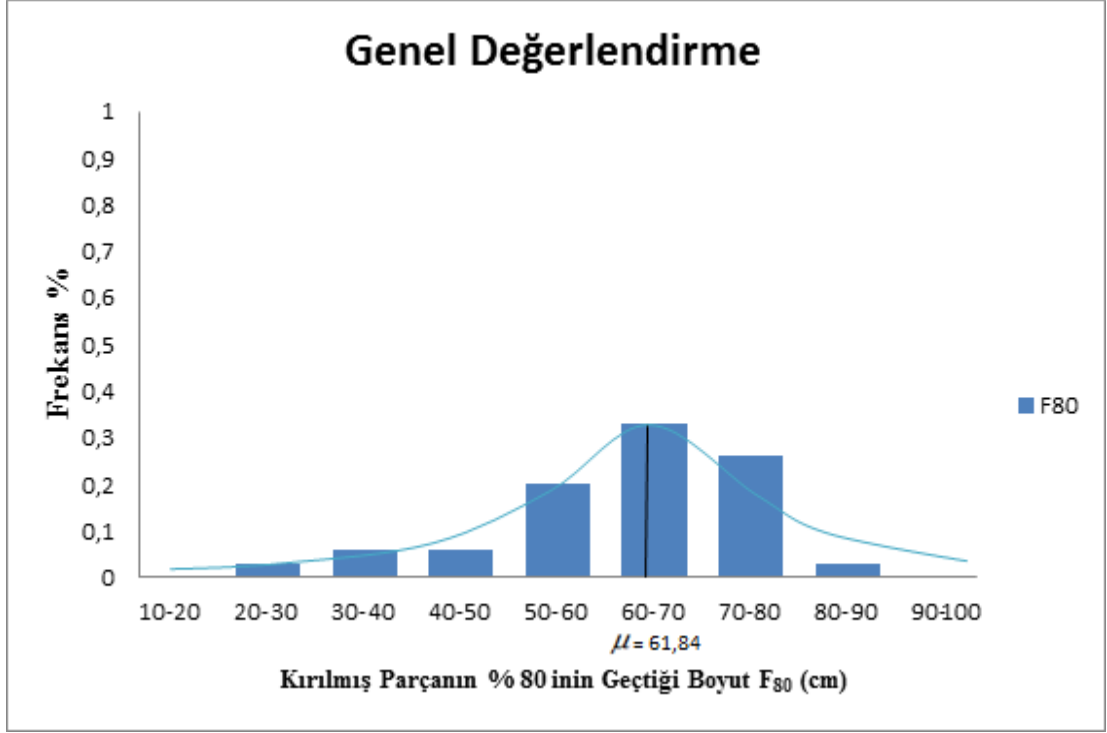
İlgili kaya birimlerinde yapılan atımlarda belirlenen F_{80} değerlerinin ortalama tane boyutu $\mu = 61,84$ cm olarak bulunmuştur. Bu ortalamanın varyans değeri $\sigma^2 = 182,03$ cm ve standart sapması ise $\sigma = 13,49$ cm olarak hesaplanmıştır.

Ortak değerlendirme sonucu bu atımların frekans dağılımları Çizelge 5.1 bazına göre değerlendirildiğinde F_{80} boyutlarını oluşturan tane büyüklükleri Şekil 5.1’de görülen grafiği oluşturmaktadır. Bu grafiğe göre dağılımın hafif sola çarpık olmasıyla beraber normal bir dağılıma yakın bir izlenim verdiği görülmektedir. Genel bir yaklaşımla delik ve atım geometrisi doğru seçilmesi koşuluyla bu dağılımın beklenmesi makul bir yaklaşım olabilmelidir.

Çizelge 5.1 İlgili kaya birimlerinde yapılan 30 tane atımın F_{80} değerlerinin sınıf aralığı ve frekans değerleri

Sınıf Aralığı (cm)	Frekans %
10-20	0
20-30	1
30-40	2
40-50	2
50-60	6
60-70	10
70-80	8
80-90	1

Tüm atımların ortak değerlendirmesi ile yukarıdaki tablo sonucunda Şekil 5.1’deki grafik elde edilmiştir.



Şekil 5.1 Atımlarda F_{80} ' ler de yer alan en büyük parça boyutlarının istatistiksel dağılımı

5.1 Toplu Ölçüm Sonuçları

Divriği A Kafa Açık İşletmesinde 5 kaya biriminde toplam 30 adet atım incelenmiş olup bu atımların geometrik büyüklükleri ve özgül tüketimleri ile tane dağılımları, yığın yayılımı ve yükleyici çevrim süreleri Çizelge 5.2'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Buna ilaveten Çizelge 5.3'de işaret edilen atımlarla ilgili büyüklüklerden faydalanarak söz konusu olan maliyetler tespit edilmiştir. Bu maliyetlerin hesaplanmasında sadece deliklerin delinmesi ve patlayıcı madde tüketim miktarlarıyla ilgili büyüklükler dikkate alınmıştır. Deliklerin delinmesinde delici makinanın metre başına yakıt tüketimi hesaplanmış, patlayıcı tüketimi olarak da deliklere yerleştirilen anfo, dinamit ve kapsüllerin atım başına maliyetleri hesaplanarak Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Bu büyüklüklerin hesaba katılması sonucu toplam patlatma maliyeti (TL), toplam patlatılmış malzeme miktarı (m^3) ve bunların sonucunda patlatma birim maliyetleri (TL/m^3) hesaplanarak Çizelge 5.3'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Çizelge 5.2 İlgili kaya birimlerinde izlenen toplam 30 adet atımın hesaplamaları ile verilmiş en genel sonuç listesi

DİVRİĞİ A KAFA AÇIK İŞLETMESİNDEKİ SERPANTİN, MANYETİT, SİYENİT, KİL VE KİREÇTAŞI KAYA BİRİMLERİNDE İZLENEN ATIM SONUÇLARI																										
Atım No	Kaya Birimi	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	Basamak Şev Açısı (°)	Delik Sayısı (adet)	Sıra Sayısı	Delik Çapı (mm)	Ortalama Delik Boyu (m)	Toplam Delik Boyu (m)	Ortalama Su Seviyesi (m)	Delik Eğimi (°)	Delik Taban Payı (m)	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	Ortalama Şarj Boyu (m)	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	Toplam Dinamit Miktarı (kg)	Toplam Anfo Miktarı (kg)	Toplam Patlayıcı Madde Miktarı (kg)	Toplam Kapsül Miktarı (adet)	Gecikme Başına Patlayıcı Madde Miktarı (kg)	Patlatılmış Malzeme Miktarı (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)	Özgül Delik (m/m ³)	Kırılmış Parçanın % 80'inin Geçtiği Boyut (F ₈₀) (cm)	Yığının Yayılımı (m)	Yükleyicinin Ortalama Çevrim Süresi (sn)
1	Serpantin	12	80	26	2	102	13	338	-	80	1	3	10	4	3	26	1950	1976	28	75	3744	0,520	0,090	70,37	26	30
2	Serpantin	9	80	16	3	171	10	160	-	80	1	4	6	5	5	32	1760	1792	35	110	3600	0,488	0,044	50,58	15	28
3	Serpantin	9	80	9	3	171	10	90	-	80	1	4	6	5	4	9	990	999	12	110	1620	0,611	0,055	39,75	19	21
4	Serpantin	12	80	24	4	102	13	312	-	80	1	2,5	10,5	4	3	24	1920	1944	28	80	3456	0,555	0,090	59,12	28	24
5	Serpantin	9	80	10	2	171	10	100	-	80	1	4,5	5,5	5	4	10	1000	1010	12	100	1800	0,555	0,055	45,46	17	26,5
6	Serpantin	9	80	11	2	171	10	110	-	80	1	4	6	4	3	11	1210	1221	13	110	1188	1,018	0,092	25,77	25	15,5
7	Serpantin	12	80	13	2	102	13	169	-	80	1	3,5	9,5	4	3	13	910	923	15	70	1872	0,486	0,090	79,26	23	31,5
8	Serpantin	9	80	18	5	171	10	180	-	80	1	4,5	5,5	4	3	18	1800	1818	23	100	1944	0,925	0,092	31,38	21	19
9	Serpantin	12	80	15	2	102	13	195	-	80	1	3	10	3	3	15	1125	1140	17	75	1620	0,694	0,120	57,23	30	18,5
10	Serpantin	12	80	7	1	102	13	91	-	80	1	3	10	3	2,5	7	525	532	8	75	630	0,833	0,144	53,60	33	17
11	Siyenit	9	80	8	2	171	10	80	-	80	1	4	6	4	3	8	880	888	10	110	864	1,018	0,092	62,23	26,5	17
12	Siyenit	10	80	5	1	171	11	55	-	80	1	4,5	6,5	4	3	5	600	605	6	120	600	1,000	0,091	63,46	25	18,5
13	Siyenit	10	80	13	3	171	11	143	-	80	1	5	6	4	4	13	1430	1443	16	110	2080	0,687	0,068	73,35	15	29,5
14	Siyenit	9	80	12	4	171	10	120	-	80	1	5	5	4	3	12	1080	1092	16	90	1296	0,833	0,092	68,11	22	22
15	Siyenit	9	80	11	2	171	10	110	-	80	1	4,5	5,5	4	4	11	1100	1111	13	100	1584	0,694	0,069	71,87	18,5	27
16	Siyenit	9	80	9	3	171	10	90	-	80	1	4	6	4	3	9	990	999	12	110	972	1,018	0,092	62,79	26	17,5
17	Siyenit	10	80	7	2	171	11	77	-	80	1	4,5	6,5	4	3	7	840	847	9	120	840	1,000	0,091	63,61	25	18,5
18	Siyenit	9	80	6	1	171	10	60	-	80	1	4	6	4	4	6	660	666	7	110	864	0,763	0,069	70,75	20	25
19	Siyenit	10	80	15	3	171	11	165	-	80	1	5	6	4	3	15	1650	1665	18	110	1800	0,916	0,091	66,29	23	20

Çizelge 5.2. İlgili kaya birimlerinde izlenen toplam 30 adet atımın hesaplamaları ile verilmiş en genel sonuç listesi (devam)

DİVRİĞİ A KAFA AÇIK İŞLETMESİNDEKİ SERPANTİN, MANYETİT, SİYENİT, KİL VE KİREÇTAŞI KAYA BİRİMLERİNDE İZLENEN ATIM SONUÇLARI																										
Atım No	Kaya Birimi	Ortalama Basamak Yüksekliği (m)	Basamak Şev Açısı (°)	Delik Sayısı (adet)	Sıra Sayısı	Delik Çapı (mm)	Ortalama Delik Boyu (m)	Toplam Delik Boyu (m)	Ortalama Su Seviyesi (m)	Delik Eğimi (°)	Delik Taban Payı (m)	Ortalama Sıklama Boyu (m)	Ortalama Şarj Boyu (m)	Ortalama Delikler Arası Mesafe (m)	Ortalama Dilim Kalınlığı (m)	Toplam Dinamit Miktarı (kg)	Toplam Anfo Miktarı (kg)	Toplam Patlayıcı Madde Miktarı (kg)	Toplam Kapsül Miktarı (adet)	Gecikme Başına Patlayıcı Madde Miktarı (kg)	Patlatılmış Malzeme Miktarı (m³)	Özgül Şarj (kg/m³)	Özgül Delik (m/m³)	Kırılmış Parçanın % 80'inin Geçtiği Boyut (F ₈₀) (cm)	Yığının Yayılımı (m)	Yükleyicinin Ortalama Çevrim Süresi (sn)
20	Manyetit	12	80	17	2	102	13	221	1,35	80	1	3	10	3,5	2,5	17	anfo: 850 sıvı emülsiyon: 425	1292	19	75	1785	0,714	0,123	71,63	15	26,5
21	Manyetit	14	80	14	2	102	15	210	1,5	80	1	4	11	3	2	28	anfo: 630 sıvı emülsiyon: 560	1218	30	85	1176	1,011	0,178	60,27	20	21
22	Manyetit	13,5	80	16	3	102	14,5	232	0,93	80	1	3,5	11	3	2	32	anfo: 800 sıvı emülsiyon: 560	1392	35	85	1296	1,049	0,179	49,35	25	19
23	Manyetit	14	80	15	3	102	15	225	1	80	1	4	11	3	3	15	anfo: 750 sıvı emülsiyon: 525	1290	18	85	1890	0,674	0,119	79,44	14	30
24	Manyetit	13,5	80	10	3	102	14,5	145	1,20	80	1	4,5	10	3	2	10	anfo: 550 sıvı emülsiyon: 200	760	13	75	810	0,925	0,179	63,77	18	22
25	Manyetit	12	80	13	4	102	13	169	0,80	80	1	3,5	9,5	3,5	3	13	anfo: 650 sıvı emülsiyon: 260	923	17	70	1638	0,555	0,103	88,54	13	34
26	Manyetit	13,5	80	12	2	102	14,5	174	1,6	80	1	3,5	11	3,5	2,5	24	anfo: 540 sıvı emülsiyon: 480	1044	26	85	1418	0,719	0,122	69,16	16	25
27	Manyetit	12	80	8	2	102	13	104	1,45	80	1	3	10	3	2	8	anfo: 360 sıvı emülsiyon: 240	608	10	75	576	1,041	0,180	56,19	23	20
28	Kil	14	80	16	3	171	15	240	-	80	1	6,5	8,5	5	4	32	2480	2512	35	155	4480	0,553	0,053	68,50	17	27
29	Kil	13,5	80	51	10	171	14,5	739,5	-	80	1	3,5	11	5	4	102	10200	10302	112	200	13770	0,740	0,053	54,27	22	24
30	Kireçtaşı	12	80	25	2	171	13	325	-	80	1	4	9	4	3	25	4125	4150	27	165	3600	1,145	0,090	79,17	31	33

Çizelge 5.3 İlgili kaya birimlerinde izlenen toplam 30 adet atımın maliyet analizi raporu

DİVRİĞİ A KAFA AÇIK İŞLETMESİNDEKİ SERPANTİN, MANYETİT, SİYENİT, KİL VE KİREÇTAŞI KAYA BİRİMLERİNDE İZLENEN ATIMLARIN MALİYET RAPORLARI																	
Atım No	Kaya Birimi	Kullanılan Delici	Toplam Delik Boyu (m)	Delme Maliyeti (TL)	Toplam Anfo Miktarı (kg)	Anfo Maliyeti (TL)	Toplam Sıvı Emülsiyon Miktarı (kg)	Sıvı Emülsiyon Maliyeti (TL)	Toplam Dinamit Miktarı (kg)	Dinamit Maliyeti (TL)	25 ms Kapsül (adet)	42 ms Kapsül (adet)	Elektrikli Kapsül (adet)	Toplam Kapsül Maliyeti (TL)	Toplam Patlatma Maliyeti (TL)	Toplam Patlatılmış Malzeme Miktarı (m³)	Patlatma Birim Maliyeti (TL/m³)
1	Serpantin	D7	338	2231	1950	2418	-	-	26	81	26	1	1	255	4985	3744	1,33
2	Serpantin	L8	160	1091	1760	2182	-	-	32	99	32	2	1	317	3689	3600	1,02
3	Serpantin	DM45	90	828	990	1228	-	-	9	28	9	2	1	96	2180	1620	1,34
4	Serpantin	D7	312	2059	1920	2381	-	-	24	74	24	3	1	244	4758	3456	1,37
5	Serpantin	L8	100	682	1000	1240	-	-	10	31	10	1	1	102	2055	1800	1,14
6	Serpantin	DM45	110	1012	1210	1500	-	-	11	34	11	1	1	111	2657	1188	2,23
7	Serpantin	D7	169	1115	910	1128	-	-	13	40	13	1	1	130	2413	1872	1,28
8	Serpantin	DM45	180	1655	1800	2232	-	-	18	56	18	4	1	190	4133	1944	2,12
9	Serpantin	D7	195	1287	1125	1395	-	-	15	47	15	1	1	150	2879	1620	1,77
10	Serpantin	D7	91	601	525	651	-	-	7	22	7	-	1	69	1343	630	2,13
11	Siyenit	DM45	80	736	880	1091	-	-	8	25	8	1	1	82	1934	864	2,23
12	Siyenit	L8	55	375	600	744	-	-	5	16	5	-	1	50	1185	600	1,97
13	Siyenit	DM45	143	1315	1430	1773	-	-	13	40	13	2	1	134	3262	2080	1,56
14	Siyenit	L8	120	818	1080	1339	-	-	12	37	12	3	1	129	2323	1296	1,79
15	Siyenit	DM45	110	1012	1100	1364	-	-	11	34	11	1	1	111	2521	1584	1,59
16	Siyenit	L8	90	614	990	1228	-	-	9	28	9	2	1	96	1966	972	2,02
17	Siyenit	DM45	77	708	840	1042	-	-	7	22	7	1	1	77	1849	840	2,20
18	Siyenit	L8	60	409	660	818	-	-	6	19	6	-	1	59	1305	864	1,51
19	Siyenit	DM45	165	1517	1650	2046	-	-	15	47	15	2	1	153	3763	1800	2,09
20	Manyetit	D7	221	1459	850	1054	425	1131	17	53	17	1	1	169	3866	1785	2,16
21	Manyetit	D7	210	1386	630	781	560	1490	28	87	28	1	1	274	4018	1176	3,41
22	Manyetit	D7	232	1531	800	992	560	1490	32	99	32	2	1	317	4429	1296	3,41

Çizelge 5.3 İlgili kaya birimlerinde izlenen toplam 30 adet atımın maliyet analizi raporu (devam)

DİVRİĞİ A KAFA AÇIK İŞLETMESİNDEKİ SERPANTİN, MANYETİT, SİYENİT, KİL VE KİREÇTAŞI KAYA BİRİMLERİNDE İZLENEN ATIMLARIN MALİYET RAPORLARI																	
Atım No	Kaya Birimi	Kullanılan Delici	Toplam Delik Boyu (m)	Delme Maliyeti (TL)	Toplam Anfo Miktarı (kg)	Anfo Maliyeti (TL)	Toplam Sıvı Emülsiyon Miktarı (kg)	Sıvı Emülsiyon Maliyeti (TL)	Toplam Dinamit Miktarı (kg)	Dinamit Maliyeti (TL)	25 ms Kapsül (adet)	42 ms Kapsül (adet)	Elektrikli Kapsül (adet)	Toplam Kapsül Maliyeti (TL)	Toplam Patlatma Maliyeti (TL)	Toplam Patlatılmış Malzeme Miktarı (m³)	Patlatma Birim Maliyeti (TL/m³)
23	Manyetit	D7	225	1485	750	930	525	1397	15	47	15	2	1	153	4012	1890	2,12
24	Manyetit	D7	145	957	550	682	200	532	10	31	10	2	1	106	2308	810	2,84
25	Manyetit	D7	169	1115	650	806	260	692	13	40	13	3	1	138	2791	1638	1,70
26	Manyetit	D7	174	1148	540	670	480	1277	24	74	24	1	1	236	3405	1418	2,40
27	Manyetit	D7	104	686	360	446	240	638	8	25	8	1	1	82	1877	576	3,25
28	Kil	DM45	240	2207	2480	3075	-	-	32	99	32	2	1	317	5698	4480	1,27
29	Kil	L8	739,5	5043	10200	12648	-	-	102	316	102	9	1	1016	19023	13770	1,38
30	Kireçtaşı	DM45	325	2989	4125	5115	-	-	25	78	25	1	1	245	8427	3600	2,34

MALİYETLER	
* Patlayıcı Madde Maliyeti ► Anfo: 1.24 TL/kg ► Dinamit : 3.10 TL/kg ► Sıvı Emülsiyon : 2.66 TL/kg ► 25 ms Gecikme Kapsülü : 9.59 TL/adet ► 42 ms Gecikme Kapsülü : 3.99 TL/adet ► Elektrikli Kapsül : 1.65 TL/adet	* Delme Maliyeti ► D7 (102 mm çaplı) delici için (1.5 lt/m) ► L8 (171 mm çaplı) delici için (1.55 lt/m) ► DM45 (171 mm çaplı) delici için (2.09 lt/m) ► Mazotun litre fiyatı: 4.40 TL (Mayıs 2014)

5.2 Değerlendirme Kriterlerinin Seçimi ve Kriter Ağırlıkları

Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3’de verilen büyüklüklerin ışığında ortak bir değerlendirme yapabilmek için aşağıda verilen hususların değerlendirme kriteri olarak göz önüne alınması makul bir yaklaşımdır:

- Özgül Şarj (kg/m^3)
- Özgül Delik (m/m^3)
- Kırılmış Parçanın % 80 ‘inin Geçtiği Boyut (F_{80})
- Yığının Yayılımı (m)
- Birim Maliyet (tl/m^3)
- Çevrim Süresi (sn)

Bu kriterler bazında değerlendirme yapabilmek için yapılmış olan atımlar ile münferit formasyonlar ayrı ayrı guruplar şekline getirilmiş ve değerlendirmeye sokulmuştur. İşaret edilen kriterlerin kendi aralarında tercih sırasını belirlemek için Çizelge 5.4’de verilen değerlendirme yapılmıştır. Bir yarım matrix sistemi bazında yapılan bu değerlendirmenin amacı kriterlerin kendi aralarında ordinal sıralamasını belirlemek ve bu sıralamayı matematiksel işlemlere tabi tutulacak ağırlıklara dönüştürmek olmuştur. Bu amaçla herhangi bir kriterin ağırlığı için;

$$G = [2*(n+1-r) / n(n+1)] \quad [5.1]$$

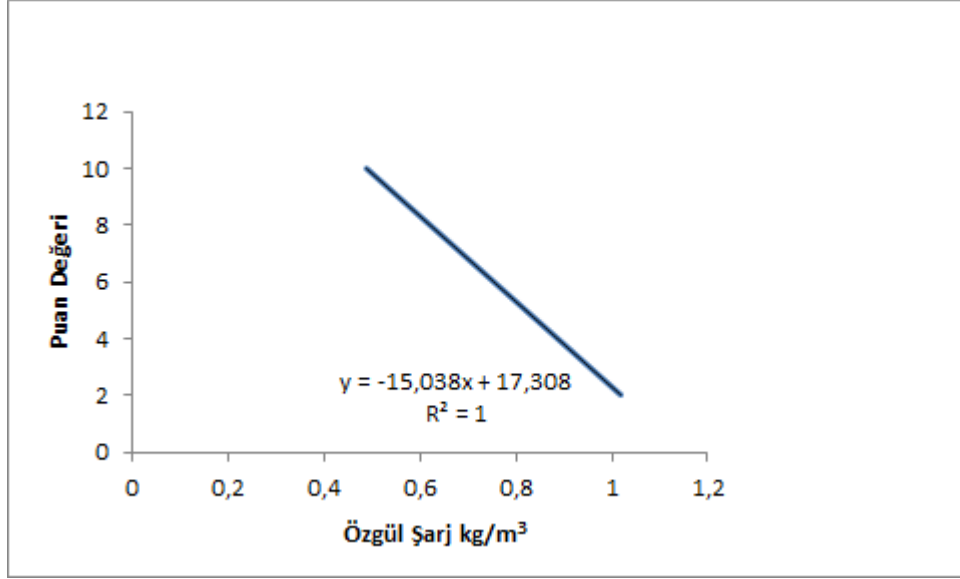
$$[R = n+1-w] \quad [5.2]$$

ilişkisi kullanılmıştır. Buna göre bir atımın başarısını gösterecek en önemli değerlendirme kriteri yükleyici çevrim süresi olurken en az önemdeki kriteri ise gecikme başına patlayıcı madde miktarı olmuştur. Bu ordinal sıralamaya göre belirlenen kriter ağırlıkları Çizelge 5.4’de verilmiştir. Hesaplamalar için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

Çizelge 5.4 Patlatma göstergeleri seçimine yönelik kriter öncelikleri ve ağırlıkları

Özgül Şarj (kg/m³)	Özgül Delik (m/m³)	Kırılmış Parçanın %80'ini Geçtiği Boyut (F ₈₀)	Yığının Yayılımı (m)	Patlatma Birim Maliyeti (tl/m³)	Yükleyici Çevrim Süresi (sn)		PATLATMA GÖSTERGELERİ	Tercih Frekansı W	Tercih Sırası R	Ağırlık (%) G
1	2	3	4	5	6					
1	1	1	1	5	6	1	Özgül Şarj (kg/m³)	4	3	19
	2	3	4	5	6	2	Özgül Delik (m/m³)	1	6	4,8
					6	3	Kırılmış Parçanın %80'ini Geçtiği Boyut (F ₈₀)	4	3	19
		3	3	3						
			4	5	6	4	Yığının Yayılımı (m)	2	5	9,6
				6		5	Patlatma Birim Maliyeti (tl/m³)	4	3	19
					6	6	Yükleyici Çevrim Süresi (sn)	6	1	28,6

Daha sonra izlenen atımlar her bir parametre açısından iyiden kötüye doğru verim değeri hesaplanarak sınıflandırılmıştır. Örneğin serpantin kaya biriminde özgül şarj açısından verim değeri hesaplanırken birim başına en az patlayıcı maddenin kullanıldığı 7 nolu atım için “10” verim değeri, birim başına en fazla patlayıcı maddenin kullanıldığı 6 nolu atım için ise “2” verim değeri verilmiş olup, diğer atımlar içinde aynı sistem uygulanarak ($y = ax + b$) grafiği ile değer atamaları yapılmıştır. Serpantin kaya biriminde özgül şarj için örnek grafik değerleri Şekil 5.2’de, verim değerleri ise Çizelge 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.2 Serpantin kaya biriminde özgül şarj için verim değer grafiği

Özgül şarj değerlerinden faydalanarak bulunan verim değerleri ile fayda değerleri aşağıdaki tabloda verilmektedir. Bu sonuçlar ışığında serpantin kaya biriminde özgül şarj değeri bazında en iyi atımın 7 nolu atım ve en kötü atımında 6 nolu atım olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.5 Serpantin kaya biriminde özgül şarj için verim değerleri

Kaya Birimi	Atım No	Özgül Şarj			En İyi Atım Sınıflaması
		Kriter Ağırlığı (% 19)			
		Amaç Verimi	Verim Değeri (y=-15,038.x + 17,308)	Fayda Değeri	
SERPANTİN	1	0,520	9,49	1,803	3
	2	0,488	9,97	1,894	2
	3	0,611	8,12	1,542	5
	4	0,555	8,96	1,702	4
	5	0,555	8,96	1,702	4
	6	1,018	2,00	0,38	9
	7	0,486	10,00	1,9	1
	8	0,925	3,40	0,646	8
	9	0,694	6,87	1,305	6
	10	0,833	4,78	0,908	7

5.3 Serpantin Atımlarının Genel Değerlendirilmesi

Çizelge 5.6’da yukarıda işaret edilen kriterler bazında serpantin kaya biriminde yapılan atımlar değerlendirmeye tutulmuştur. Bu değerlendirmede söz konusu 10 atımın amaç verimleri, en düşük amaç verimine “10” puan ve en yüksek amaç verimine “2” puan verilerek her kriterle göre verim değerleri $y = ax + b$ formülü ile grafikte yerine konularak ordinal önemi belirlenmiş ve bu önemler kriter aralıklarıyla çarpılarak en iyi atım sınıflandırması yapılmıştır.

Tam değerlendirmeye göre serpantin kaya biriminde yapılan atımlar içinde en iyi atımın 3 nolu atım olduğu, en kötü atımın ise 7 nolu atım olduğu görülmektedir. Buna göre serpantin formasyonunda en iyi atımda dilim kalınlığı 4 m, delikler arası mesafe 5 m ve özgül şarj $0,611 \text{ kg/m}^3$ mertebesinde dir. Bu haliyle F_{80} tane boyutu 39,75 cm’ dir.

Çizelge 5.6 Serpantin kaya birimindeki atımların patlatma göstergelerine göre sınıflandırılması

Kaya Birimi	Atım No	Özgül Şarj			Özgül Delik			Kırılmış Parçanın % 80'inin Geçtiği Boyut			Yığının Yayılmı			Patlatma Birim Maliyeti			Yükleyici Çevrim Süresi			Ağırlıklı Atım Sınıfı Değeri	En İyi Atım Sınıflaması
		Kriter Ağırlığı (% 19)			Kriter Ağırlığı (% 4,8)			Kriter Ağırlığı (% 19)			Kriter Ağırlığı (% 9,6)			Kriter Ağırlığı (% 19)			Kriter Ağırlığı (% 28,6)				
		Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-15,038.x + 17,308$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-80.x + 13,52$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-0,1486.x + 13,854$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-0,4444.x + 16,667$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-6,6116.x + 16,744$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-0,5.x + 17,75$)	Fayda Değeri		
SERPANTİN	1	0,520	9,49	1,803	0,090	6,32	0,303	70,37	3,40	0,646	26	5,11	0,490	1,33	7,95	1,510	30	2,75	0,786	5,538	8
	2	0,488	9,97	1,894	0,044	10,00	0,480	50,58	6,34	1,204	15	10,00	0,96	1,02	10,00	1,9	28	3,75	1,072	7,51	2
	3	0,611	8,12	1,542	0,055	9,12	0,437	39,75	7,95	1,510	19	8,22	0,789	1,34	7,88	1,497	21	7,25	2,073	7,848	1
	4	0,555	8,96	1,702	0,090	6,32	0,303	59,12	5,07	0,963	28	4,22	0,405	1,37	7,69	1,461	24	5,75	1,644	6,478	4
	5	0,555	8,96	1,702	0,055	9,12	0,437	45,46	7,10	1,349	17	9,11	0,874	1,14	9,21	1,750	26,5	4,5	1,287	7,399	3
	6	1,018	2,00	0,38	0,092	6,16	0,295	25,77	10,02	1,903	25	5,55	0,532	2,23	2,00	0,38	15,5	10,00	2,86	6,35	5
	7	0,486	10,00	1,9	0,090	6,32	0,303	79,26	2,08	0,395	23	6,44	0,618	1,28	8,28	1,573	31,5	2,00	0,572	5,361	10
	8	0,925	3,40	0,646	0,092	6,16	0,295	31,38	9,19	1,746	21	7,33	0,703	2,12	2,73	0,519	19	8,25	2,359	6,268	6
	9	0,694	6,87	1,305	0,120	3,92	0,188	57,23	5,35	1,016	30	3,33	0,319	1,77	5,04	0,956	18,5	8,5	2,431	6,215	7
	10	0,833	4,78	0,908	0,144	2,00	0,096	53,60	5,89	1,119	33	2,00	0,192	2,13	2,66	0,505	17	9,25	2,645	5,465	9

5.4 Siyenit Atımlarının Genel Değerlendirilmesi

Çizelge 5.7’de yukarıda işaret edilen kriterler bazında siyenit kaya biriminde yapılan atımlar değerlendirmeye tutulmuştur. Bu değerlendirmede söz konusu 9 atımın amaç verimleri, en düşük amaç verimine “10” puan ve en yüksek amaç verimine “2” puan verilerek, her kriterle göre verim değerleri $y = ax + b$ formülü ile grafikte yerine konularak ordinal önemi belirlenmiş ve bu önemler kriter aralıklarıyla çarpılarak en iyi atım sınıflandırması yapılmıştır.

Tam değerlendirmeye göre siyenit kaya biriminde yapılan atımlar içinde en iyi atımın 8 nolu atım olduğu, en kötü atımın ise 7 nolu atım olduğu görülmektedir. Buna göre siyenit formasyonunda en iyi atımda dilim kalınlığı 4 m, delikler arası mesafe 4 m ve özgül şarj $0,763 \text{ kg/m}^3$ mertebesinde dir. Bu haliyle F_{80} tane boyutu 70,75 cm’ dir.

Çizelge 5.7 Siyenit kaya birimindeki atımların patlatma göstergelerine göre sınıflandırılması

Kaya Birimi	Atım No	Özgül Şarj			Özgül Delik			Kırılmış Parçanın % 80'inin Geçtiği Boyut			Yığının Yayılımı			Patlatma Birim Maliyeti			Yükleyici Çevrim Süresi			Ağırlıklı Atım Sınıfı Değeri	En İyi Atım Sınıflaması
		Kriter Ağırlığı (% 19)			Kriter Ağırlığı (% 4,8)			Kriter Ağırlığı (% 19)			Kriter Ağırlığı (% 9,6)			Kriter Ağırlığı (% 19)			Kriter Ağırlığı (% 28,6)				
		Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-24,169.x + 26,604$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-333,33.x + 32,667$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-0,7194.x + 54,77$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-0,6957.x + 20,435$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-11,111.x + 26,778$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-0,64.x + 20,88$)	Fayda Değeri		
SİYENİT	11	1,018	2,00	0,38	0,092	2,00	0,096	62,23	10,00	1,9	26,5	2,00	0,192	2,23	2,00	0,380	17	10,00	2,86	5,808	7
	12	1	2,43	0,461	0,091	2,33	0,111	63,46	9,11	1,73	25	3,04	0,291	1,97	4,88	0,927	18,5	9,04	2,585	6,105	5
	13	0,687	10,00	1,9	0,068	10,00	0,48	73,35	2,00	0,38	15	10,00	0,96	1,56	9,44	1,793	29,5	2,00	0,572	6,085	6
	14	0,833	6,47	1,229	0,092	2,00	0,096	68,11	5,77	1,096	22	5,12	0,491	1,79	6,88	1,307	22	6,8	1,944	6,163	3
	15	0,694	9,83	1,867	0,069	9,66	0,463	71,87	3,06	0,581	18,5	7,56	0,725	1,59	9,11	1,730	27	3,6	1,029	6,395	2
	16	1,018	2,00	0,38	0,092	2,00	0,096	62,79	9,59	1,822	26	2,34	0,224	2,02	4,33	0,822	17,5	9,68	2,768	6,112	4
	17	1	2,43	0,461	0,091	2,33	0,111	63,61	8,97	1,704	25	3,04	0,291	2,20	2,33	0,442	18,5	9,04	2,585	5,594	9
	18	0,763	8,16	1,55	0,069	9,66	0,463	70,75	3,87	0,735	20	6,52	0,625	1,51	10,00	1,9	25	4,88	1,395	6,668	1
	19	0,916	4,46	0,847	0,091	2,33	0,111	66,29	7,08	1,345	23	4,43	0,425	2,09	3,55	0,674	20	8,08	2,31	5,712	8

5.5 Manyetit Atımlarının Genel Değerlendirilmesi

Çizelge 5.8’de yukarıda işaret edilen kriterler bazında manyetit kaya biriminde yapılan atımlar değerlendirmeye tutulmuştur. Bu değerlendirmede söz konusu 8 atımın amaç verimleri, en düşük amaç verimine “10” puan ve en yüksek amaç verimine “2” puan verilerek, her kritere göre verim değerleri $y = ax + b$ formülü ile grafikte yerine konularak ordinal önemi belirlenmiş ve bu önemler kriter aralıklarıyla çarpılarak en iyi atım sınıflandırması yapılmıştır.

Tam değerlendirmeye göre manyetit kaya biriminde yapılan atımlar içinde en iyi atımın 1 nolu atım olduğu, en kötü atımın ise 2 nolu atım olduğu görülmektedir. Buna göre manyetit formasyonunda en iyi atımda dilim kalınlığı 2,5 m, delikler arası mesafe 3,5 m ve özgül şarj 0,714 kg/m³ mertebesinde dir. Bu haliyle F₈₀ tane boyutu 71,63 cm’ dir.

Çizelge 5.8 Manyetit kaya birimindeki atımların patlatma göstergelerine göre sınıflandırılması

Kaya Birimi	Atım No	Özgül Şarj			Özgül Delik			Kırılmış Parçanın % 80'inin Geçtiği Boyut			Yığının Yayılımı			Patlatma Birim Maliyeti			Yükleyici Çevrim Süresi			Ağırlıklı Atım Sınıfı Değeri	En İyi Atım Sınıflaması
		Kriter Ağırlığı (% 19)			Kriter Ağırlığı (% 4,8)			Kriter Ağırlığı (% 19)			Kriter Ağırlığı (% 9,6)			Kriter Ağırlığı (% 19)			Kriter Ağırlığı (% 28,6)				
		Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-16,194.x + 18,988$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-103,9.x + 20,701$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-0,2041.x + 20,074$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-0,6667.x + 18,667$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-4,6784.x + 17,953$)	Fayda Değeri	Amaç Verimi	Verim Değeri ($y=-0,5333.x + 20,133$)	Fayda Değeri		
MANYETİT	20	0,714	7,42	1,409	0,123	7,92	3,380	71,63	5,45	1,035	15	18,65	1,790	2,16	7,84	1,489	26,5	6,00	1,716	10,819	1
	21	1,011	2,61	0,495	0,178	2,20	0,105	60,27	7,77	1,48	20	5,33	0,511	3,41	2,00	0,38	21	8,93	2,553	5,52	8
	22	1,049	2,00	0,38	0,179	2,10	0,100	49,35	10,00	1,9	25	2,00	0,192	3,41	2,00	0,38	19	10,00	2,86	5,812	6
	23	0,674	8,07	1,533	0,119	8,33	0,399	79,44	3,86	0,733	14	9,33	0,895	2,12	8,12	1,542	30	4,13	1,181	6,283	3
	24	0,925	4,00	0,76	0,179	2,10	0,100	63,77	7,05	1,339	18	6,66	0,639	2,84	4,66	0,885	22	8,40	2,402	6,125	5
	25	0,555	10,00	1,9	0,103	10,00	0,48	88,54	2,00	0,38	13	10,00	0,96	1,70	10,00	1,9	34	2,00	0,572	6,192	4
	26	0,719	7,34	1,394	0,122	8,02	0,384	69,16	5,95	1,130	16	7,99	0,767	2,40	6,72	1,276	25	6,80	1,944	6,895	2
	27	1,041	2,13	0,404	0,18	2,00	0,096	56,19	8,6	1,634	23	3,33	0,319	3,25	2,74	0,52	20	9,46	2,705	5,678	7

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Açık işletmelerde patlatma sonucu parçalanma derecesi birçok faktöre bağlıdır. İstenen parçalanma derecesini elde edebilmek için delme-patlatma tasarım parametrelerinin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Mümkün oldukça patar miktarının azaltılması ve optimum parça boyutunun sağlanması işletme maliyetleri açısından da önem arz etmektedir.

Patlatma performansı, patlatma öncesi ve sonrası ölçüm ve gözlemlerle saptanmaktadır. Yapılan çalışmada da görüldüğü gibi, uygulanan bütün delme-patlatma işlemleri gözlenmeli ve sonuçları izlenerek değerlendirilmelidir.

Değerlendirme aşamasında işletmede uygulanan delik düzenleri, ilk sıra deliklerin aynaya olan uzaklığı, delikler arası mesafeler, deliklerin eğimi ve boyu, delik çapı, patlayıcı madde cinsi ve miktarı gibi parametreler ölçülmeli ve patlatmaya etkileri incelenmelidir. Ayrıca her delikteki patlayıcı miktarı ile sıkılama boyları, sıkılama malzemesi cinsi ve boyutları, yemleme biçimi ve miktarı, atım grubunun şekli ve boyutunun etkileri, ateşleme şekli ve sırasının etkileri de incelenmelidir. Her patlatmadan sonra patlatmanın etkinliğinin değerlendirilmesi yapılarak müteakip atımlara referans olabilmelidir. Atım yığınının ötelenme mesafesi, patar adedi ve büyüklükleri not edilmelidir. Patlatılan malzemenin yüklenme zorluğu yani ekskavatörlerin performansı da ölçülmeli ve değerlendirilmesi yapılmalıdır. Ayrıca patlatma sonrası parça boyut dağılımı analizi yapılmalıdır.

Verimli bir patlatmadan beklenen en önemli husus, homojen parça boyut dağılımına sahip iyi ötelenmiş bir yığın elde edilmesi ve çevresel etkilerin en aza indirilmesidir. Optimum bir patlatma için patlatmayı etkileyen belli başlı parametrelerini belirlemek, patlatma tasarımlarını buna göre yapmak ve uygulamak gerekmektedir.

Bu tez kapsamında, verimli bir patlatma gerçekleştirmek için uygun delme-patlatma tasarım parametrelerini belirlemek ve aralarındaki ilişkiyi incelemek amacıyla 30 adet patlatma çalışması incelenmiş, patlatma parametreleri elde edilmiş, patlatma sonrasında oluşan veriler değerlendirilmiş ve birim maliyet hesaplamaları yapılmıştır.

İzlenen atım parametreleri ışığında her bir kaya birimi için en ideal atım belirlenmiştir. Bunlar;

- Serpantin kaya biriminde yapılan 10 adet atım içerisinde en ideal atımın 3 no'lu atım olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6.1, Çizelge 6.2).
- Siyenit kaya biriminde yapılan 9 adet atım içerisinde en ideal atımın 8 no'lu atım olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6.1, Çizelge 6.2).
- Manyetit kaya biriminde yapılan 8 adet atım içerisinde ise en ideal atımın 1 no'lu atım olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6.1, Çizelge 6.2).

Çizelge 6.1 Belirlenen en ideal atımların atım parametreleri

Atım No	Kaya Birimi	Delik Sayısı (adet)	Sıra Sayısı	Delik Çapı (mm)	Delik Boyu (m)	Delik Taban Payı (m)	Ortalama Sıkılama Boyu (m)	Ortalama Şarj Boyu (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Yemleme Miktarı (kg)	Gecikme Başına Patlayıcı Madde Miktarı (kg)
3	Serpantin	9	3	171	10	1	4	6	5	4	9	110
8	Siyenit	6	1	171	10	1	4	6	4	4	6	110
1	Manyetit	17	2	102	13	1	3	10	3,5	2,5	17	75

Çizelge 6.2 Belirlenen en ideal atımların atım sonuçları

Atım No	Kaya Birimi	Patlatılmış Malzeme Miktarı (m ³)	Özgül Şarj (kg/m ³)	Özgül Delik (m/m ³)	Kırılmış Parçanın % 80'inin Geçtiği Boyut (F ₈₀) (cm)	Yığının Yayılımı (m)	Patlatma Birim Maliyeti (TL/m ³)
3	Serpantin	1620	0,611	0,055	39,75	19	1,34
8	Siyenit	864	0,763	0,069	70,75	20	1,51
1	Manyetit	1785	0,714	0,123	71,63	15	2,16

Sonuç olarak yapılan tez çalışması kapsamında atım yapılan kaya birimleri içerisinde;

- ❖ Serpantin kaya biriminde yapılacak olan atımlar için 3 no'lu atım parametrelerinin kullanılması,
- ❖ Siyenit kaya biriminde yapılacak olan atımlar için 8 no'lu atım parametrelerinin kullanılması,
- ❖ Manyetit kaya biriminde yapılacak olan atımlar için ise 1 no'lu atım parametrelerinin kullanılması,

hem patlatma maliyeti hem de verimlilik açısından daha uygun olduğu anlaşılmıştır. Bununla beraber, bu sonuçların işletme için optimale yakın büyüklükler olduğu şüphelidir. Genel bir yaklaşımla dekapaj atımlarında tanelerin büyütülmesinde fayda olabileceği gibi, manyetit formasyonu sonuçları kaba kırıcı ve değirmen maliyetlerini de kapsayacak şekilde değerlendirilmelidir.

Tüm bu hususlar için parametreler değiştirilerek ilave arazi çalışmalarına ihtiyaç vardır. Ancak işletme mevcut koşullarda bu tür bir araştırmayı uygun bulmamıştır.

KAYNAKLAR

- Akyol, M.** (2010). Bir taş ocağında patlatmadan kaynaklanan titreşimler ile parça boyut dağılımı arasındaki ilişkinin araştırılması. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 187s, İstanbul.
- Alabaş, V.** (2010). Afşin-Elbistan linyitleri kışlaköy açık işletmesi gevşetme patlatması uygulamaları. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 162s, Adana.
- Arioğlu, E.** (1988). Çözümlü madencilik problemleri, *MMO Yayını*, 307s, Ankara.
- Arioğlu, E.** (1990). Açık işletmelerde patlatma tasarımında dilim kalınlığının belirlenmesine işletme ve jeomekanik büyüklükleri gözetten yarı analitik bir yaklaşım. 2. *Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 5-7 Kasım, 55-81, Ankara.
- Arpaz, E.** (2000). Türkiye'deki bazı açık işletmelerde patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin izlenmesi ve değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Doktora Tezi), 230s, Sivas.
- Ash, R.L.** (1990). Design of Blasting Rounds. Surface Mining, 2nd Edition, **Kennedy, B.A.** (Ed), Colorado, Usa.
- Atkinson, T.** (1971). Selection of Open-Pit Excavating and Loading Equipment, *Trans. Ins. Of Mining and Metallurgy*, 80, 101-129.
- Atlas Powder Company.** (1985). Handbook of explosives and rock blasting, Usa.
- Atlas Powder Company.** (1987). Explosives and rock blasting. *Field Technical Operation*, 174-177p, Usa
- Bayrakçı, E.** (2007). Aydın linyit işletmesinde delme patlatma işlemlerinin iyileştirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 82s, Isparta.
- Berber, M.** (2007). Dilim kalınlığının patlatma kaynaklı yer sarsıntıları ve saha sabitleri üzerindeki etkisinin araştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 81s, Kütahya.
- Bilgin, H.A.** (1986). Açık işletmelerde patlatma sorunları ve tasarımı. *TKİ Genel Müdürlüğü Yayını, ODDÜ Maden Mühendisliği Bölümü Seminerleri, Seminer No: 2*, Ankara.
- Bilgin, H.A., Paşamehmetoğlu, A.G., Özkahraman, H.T.** (1994). Effect of Dominant Discontinuity Orientation on Blasting. *Thirty International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection* 18-20 Ekim, İstanbul.
- Broadbent, Cd.** (1974). Predictable Blasting with In-situ Seismic Survey, *Mining Engineering*, April, SME, Usa.
- Ceylanoglu, A., Kahrıman, A., Demirci, A.** (1993). Delme-Patlatmanın önemi, kullanıldığı alanlar ve maden mühendisliği ile ilgisi. 1. *Delme ve Patlatma Sempozyumu*, 2-3 Aralık, 127-138, Ankara.
- Değerli, E.** (2012). Açık ocak işletmeciliğinde basamak patlatması tasarımı. *Süreli Yayın*, 63s, Ankara.
- (http://www.maden.org.tr/genel/ara.php?q=ersan_degerli). Erişim Tarihi: 10.03.2014.
- Dick, R.A., Fletcher, L.R., D'andrea, D.V.** (1983). Explosives and Blasting Procedures Manual, *USBM*, IC 8560, 44 p., Usa.

- Gustafsson, R.** (1973). Swedish Blasting Technique, Gothenberg, Sweden, 378p.
- Heinze, H.** (1974). Handbuch Spreng Techni. GDR, Leipzig, 543p.
- Hemphill, G.B.** (1981). Blasting operations, Mc Graw Hill.
- Hoek, E., Bray, J.** (1981). Rock Slope Engineering, *Institution of mining and metallurgy*, 3 rd Edition, 358p, London.
- Hoek, E., Bray, J.W.** (1991). Kaya Şev Stabilitesi, *TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını*, (Çeviri: Paşamehmetoğlu, A.G., Özgenoğlu, A., Karpuz, C.), Ankara.
- Kahriman, A.** (1999). Açık maden ve taş ocaklarında kaya patlatma teknolojisi eğitim semineri, 20-30s, İstanbul.
- Kalaycı, Ü.** (2011). Patlatmada harcanan faydalı enerji ile patlatma verimi arasındaki ilişkinin araştırılması. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 171s, İstanbul.
- Karadoğan, A.** (2008). Patlatmadan kaynaklanan titreşimler için ulusal yapı hasar kriterleri oluşturulabilirliğinin araştırılması. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Doktora Tezi), 251s, İstanbul.
- Konya, C.J., Walter, E.J.** (1990). Surface Blast Desing. *New Jersey*, 22p, Usa.
- Koruç, G.Ş.** (2010). Karstik boşluklu karlıktepe taş ocaklarında kontrollü patlatmalar ve maliyetleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 58s, Sivas.
- Kou, S., Rustan, A.** (1992). Burden Related to Blasthole Diameter in Rock Blasting, *Int. J. R. Mech. Min. Sci. & Geomech.* V.29, pp.543-553.
- Langefors, U., Kihlström, B.** (1978). Rock Blasting. *John Wiley and Sons*, New York.
- Larsson, B.** (1985). The role of correct interval times in rock blasting. *Given at the Swedish Rock Blasting Council*, Sweden.
- Leighton, J.C., Et. Al.** (1982). Development of a Correlation Between Rotary Drill Performance and Controlled Blasting Powder Factor, *CIM Bulletin*, Usa.
- Olofsson, S.O.** (1988). Applied Explosives Technology. *For Construction and Mining*, Sweden, 315p.
- Özdemir, K.** (2009). Basamak patlatmasında parça boyut dağılımının ardışık işlem faaliyetlerine olan etkilerinin araştırılması. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Doktora Tezi), 208s, İstanbul.
- Özkahraman, H.T.** (1994). Critical evaluation of blast desing parameters for discontinuous rocks by blasting. *Middle East Technical Universty*, (PhD. Thesis, 181s, Ankara.
- Paşamehmetoğlu, A.G., Et. Al.** (1986). Divriği Madenleri Müessesesi Açık Ocağında Patlatma Sorunlarının Etüdü, *ODTÜ*, Ankara
- Rustan, P.A.** (1993). Minimum distance between charged boreholes for safe detonation, *4. international symposium on rock fragmentation by blasting*. 5-8 July, Vienna, Austria.
- Sayınbatur, O.** (2011). Açık ocak maden işletmelerinde patlatma delikleri ve patern tasarımı üzerine bir araştırma. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 100s, Kütahya.
- Sing, S.P.** (1993). Prediction and Determination of Explosive Induced Damage, *4. international symposium on rock fragmentation by blasting*, 5-8 July, Vienna, Austria.
- Sül, Ö.L.** (1996). Patlatma çalışmalarında özgül şarj ile bond iş indeksi arasındaki ilişkilerin araştırılması. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Doktora Tezi) 146s, Sivas.

- Tamrock**, (1984). Handbook of surface drilling and blasting, 310p, Finland.
- Yılmaz, P.** (2010). Basamak ayna profilinin patlatma performansına etkilerinin araştırılması. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı* (Yüksek Lisans Tezi), 187s, İstanbul.
- Zeigler, K.** (1991). The blast design project, *Türkiye demir çelik işletmesi seminer notları*, Divriği, Sivas.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Kemal YILMAZ
Doğum Yeri ve Tarihi	Sivas, 25.07.1986
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Alperen Mahallesi, Yasemin Caddesi, No:1, 58580-Gemerek/SİVAS
E-posta Adresi	muhendis.kemal58@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Yeniçubuk Lisesi, 2004
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2012
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2015

Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

TMMOB/MMO	Asil Üye, 2013-
-----------	-----------------