

152262

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KBİ KARADENİZ BAKIR İŞLETMESİ MURGUL
OCAKLARI İÇİN PATLATMA FAALİYETLERİNDEKİ
BÜYÜK ATIMLARIN OPTİMUM ÇALIŞMA
ŞARTLARININ ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Türker HÜDAVERDİ
(505021003)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 Nisan 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 17 Mayıs 2004**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Cengiz KUZU
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Erkin NASUF
Prof.Dr. Ali KAHRİMAN**

152 262

MAYIS 2004

ÖNSÖZ

Bu çalışmada bana her türlü yardımı sağlayan değerli hocam Doç.Dr.Cengiz Kuzu'ya ve yakın ilgisini esirgemeyen tüm İTÜ Maden Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

KBİ Murgul işletmesinde gerçekleştirilen saha çalışması sırasında, bana her türlü kolaylığı sağlayan Maden Müh. Sinan Kabaloğlu'na ve diğer tüm tesis çalışanlarına teşekkür ederim.

Eğitim ve öğretim hayatım boyunca beni her konuda destekleyen aileme de en içten teşekkürlerimi sunarım.

Nisan 2004

Türker HÜDAVERDİ



İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÖZET	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2.KBİ MURGUL İŞLETMESİNİN TANITILMASI	2
2.1. Bölgenin Tarihçesi	2
2.2. Coğrafi Konum	2
2.3. Jeolojik Bilgiler	4
2.3.1. Formasyon özellikleri	4
2.3.2. Tektonik	6
2.3.3. Cevherleşme zonu	7
2.3.4. Cevherleşmiş ünitelerin bileşimi	7
2.3.5. Formasyonun jeoteknik özellikleri	8
3. İŞLETMEDE UYGULANAN ÜRETİM YÖNTEMİ	10
4. DELME İŞLERİNİN ETÜDÜ	12
4.1. Açık İşletmelerde Delme Metodları	12
4.1.1. Üstten darbeli (top- hammer) delme sistemi	12
4.1.2. Dipten darbeli (DTH) delme sistemi	13
4.1.3. Döner (rotary) delme sistemi	13
4.2. Murgul İşletmesinde Delme İşlerinin Etüdü	14
4.3. Delme İşlerinde Karşılaşılan Sorunlar	15
5. MURGUL İŞLETMESİNDE PATLATMA İŞLERİNİN ETÜDÜ	18
5.1. Emülsiyon Patlayıcı Ve Nonel Ateşleme Sisteminin Tanıtılması	18
5.1.1. Emülsiyon patlayıcılar	18
5.1.2. Nonel sistemi	18
5.1.3. Nonel united	19
5.2. Murgul İşletmesinde Kullanılan Patlayıcı Maddeler Ve Patlatma Tekniği	19
5.2.1. Üretim atımları	19
5.2.2. Üretim atımlarında karşılaşılan sorunlar	23
5.2.3. İkincil atımlar	24
5.2.4. İkincil atımlarda karşılaşılan sorunlar	25

6. MURGUL İŞLETMESİNDE PATLATMA İŞLERİNİN OPTİMİZASYON ÇALIŞMALARI	26
6.1. Ön Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi	28
6.2. I.Örnek Atım (4,5x4,5)	32
6.3. II.Örnek Atım (4,5x4,75)	35
6.4. III.Örnek Atım (5x5)	38
6.5. IV.Örnek Atım (5x5,5)	40
6.6. Yükleme Performans Analizi	43
7. PARÇA BOYUT ANALİZİ	45
8. MALİYET ANALİZİ	51
8.1. Ortalama Birim Delik Delme Maliyeti (Delici Dm45)	52
8.2. I.Atım Maliyet Analizi (4,5x4,5)	53
8.3. II.Atım Maliyet Analizi (4,5x4,75)	55
8.4. III.Atım Maliyet Analizi (5x5)	56
8.5. IV.Atım Maliyet Analizi (5x5,5)	58
9. ÇEVRESEL ETKİLER	61
9.1. Taş Savrulması	61
9.2. Yer Sarsıntısı Ve Hava Şoku Ölçümleri	64
9.2.1. Ölçüm yöntemi ve cihazın tanıtılması	64
9.2.2. Üretim atımlarında yer sarsıntısı ölçümleri	65
9.2.3. İkincil atımlarda hava şoku ölçümü	68
9.2.4. Ölçümlerin değerlendirilmesi	67
9.2.4.1. Yer sarsıntısı ölçümlerinin değerlendirilmesi	69
9.2.4.2. Hava şoku ölçümlerinin değerlendirilmesi	70
10. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	73
KAYNAKLAR	75
EKLER	77
ÖZGEÇMİŞ	92

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Cevherin kimyasal özellikleri	3
Tablo 2.2. Stratigrafik kesit	5
Tablo 2.3. Damar sahası formasyonlarına ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri	8
Tablo 2.4. Damar sahası formasyonlarının yoğunluk değerleri.....	8
Tablo 2.5. Damar sahası formasyonlarına ait çekme dayanımı değerleri	9
Tablo 2.6. Damar sahası formasyonları için elastisite modülü değerleri	9
Tablo 3.1. Açık ocak makine parkı ve kapasitesi	10
Tablo 4.1. DM45 delicisine ait teknik özellikler	14
Tablo 4.2. İşletmede ölçülen matkap çapları ve bileme sonucu oluşan kayıplar.....	17
Tablo 4.3. Delik çapındaki değişimin kullanılan patlayıcı miktarı üzerindeki etkisi.....	17
Tablo 5.1. Kullanılan patlayıcı maddelerin teknik özellikleri.....	20
Tablo 5.2. İşletmede kullanılan kapsül tipleri.....	20
Tablo 6.1. Farklı bağıntılardan elde edilen delik yükü ve delikler arası mesafe değerleri.....	31
Tablo 6.2 I.Örnek atıma ait patlatma parametreleri.....	32
Tablo 6.3 II.Örnek atıma ait patlatma parametreleri.....	35
Tablo 6.4 III.Örnek atıma ait patlatma parametreleri.....	38
Tablo 6.5 IV.Örnek atıma ait patlatma parametreleri.....	41
Tablo 6.6. Yükleme performans analizi.....	44
Tablo 9.1. Instantel Minimate Plus cihazının teknik özellikleri.....	64
Tablo 9.2. I.Atım ölçüm değerleri	65
Tablo 9.3. II.Atım ölçüm değerleri.....	66
Tablo 9.4. III.Atım ölçüm değerleri.....	66
Tablo 9.5. IV.Atım ölçüm değerleri.....	66
Tablo 9.6. Langefors, Khilstörm and Westerberg'e göre parçacık hızına bağlı hasar sınıflandırması.....	68
Tablo 9.7. Edwards and Northwood göre parçacık hızına bağlı hasar sınıflandırması.....	68
Tablo 9.8. USBM'nin geliştirdiği parçacık hızına bağlı hasar sınıflandırması.	68
Tablo 9.9. Hava şoku seviyelerinin çevresel etkisi.....	69

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Yer bulduru haritası.....	3
Şekil 3.1 : Damar sahasının genel görünümü.....	11
Şekil 3.2 : 6.75 yd ³ 'lük ekskavatör.....	11
Şekil 3.3 : Basamakta yükleme yapan loder.....	11
Şekil 4.1 : Basamakta Çalışan DM45 Delicisi.....	16
Şekil 4.2 : İşletmede çapları ölçülen aşınmış uçlar.....	16
Şekil 5.1 : Emülite 1200 patlayıcının üretim şeması.....	18
Şekil 5.2 : Damar sahasında 06.05.2003 tarihinde gerçekleştirilmiş atım.....	21
Şekil 5.3 : a)Murgul işletmesinde kullanılan nonel yüzey kapsülleri b)U500 kapsül yerleştirilmiş Emülite 100 yemlemeler.....	22
Şekil 5.4 :Murgul'daki çok sıralı patlatmalarda delik içi geometri.....	22
Şekil 5.5 :Sulu deliğe emülsiyon şarjı ve kontrol b)Emülsiyon patlayıcının akış görüntüsü	24
Şekil 5.6 :a)Basamakta patlama anının görüntüsü b)Hidrolik kırıcı.....	24
Şekil 5.7 :İkincil atım delik geometrisi ve infilaklı fitil bağlantısı.....	24
Şekil 5.8 :a) ROC 701 delme makinesi b)İkincil atım deliği ve delici uç.....	25
Şekil 5.9 :a)İnfilaklı fitil ana hattı ve şube hatlar b)İnfilaklı fitil ve Emülite 100 patlayıcı.....	26
Şekil 6.1 : I.Örnek atımın atım şekli ve yüzey bağlantıları.....	32
Şekil 6.2 : Atım öncesi aynanın görünümü.....	33
Şekil 6.3 : Atım grubunun sağındaki çift snapline bağlantısı.....	34
Şekil 6.4 : Atım sonrası pasanın yayılışı.....	34
Şekil 6.5 : II.Örnek atımın atım şekli ve yüzey bağlantıları.....	35
Şekil 6.6 : Atım öncesi aynanın görünümü.....	36
Şekil 6.7 : Atım sonrası yeni aynanın görünümü.....	36
Şekil 6.8 : Patlatma sonrası ortaya çıkan iri bloklar.....	37
Şekil 6.9 : Atım sonrası aynanın ortasındaki tam kopmamış kısım.....	37
Şekil 6.10 : III.Örnek atımın atım şekli ve yüzey bağlantıları.....	38
Şekil 6.11 : Atım öncesi aynanın görünümü.....	39
Şekil 6.12 : Atım sonrası oluşan yeni ayna.....	39
Şekil 6.13 : Atım sonrası ayna arkasında oluşan çatlaklar.....	40
Şekil 6.14 : IV.Örnek atımın atım şekli ve yüzey bağlantıları.....	40
Şekil 6.15 : Atım öncesi aynanın görünümü.....	41
Şekil 6.16 : Atım sonrası oluşan yeni ayna.....	42
Şekil 6.17 : 165 mm delik çapı için atılan kayaç miktarına karşılık gelen toplam patlayıcı tüketimi.....	42
Şekil 6.18 : 165 mm delik çapı için atılan kayac miktarına karşılık gelen toplam delik delme miktarı.....	43
Şekil 7.1 : I.Atım parça adet dağılımı.....	47
Şekil 7.2 : I.Atım parça yüzde dağılımı.....	47

Şekil 7.3	: II Atım parça adet dağılımı.....	48
Şekil 7.4	: II.Atım parça yüzde dağılımı.....	48
Şekil 7.5	: III.Atım parça adet dağılımı.....	49
Şekil 7.6	: III.Atım parça yüzde dağılımı.....	49
Şekil 7.7	: IV.Atım parça adet dağılımı.....	50
Şekil 7.8	: IV.Atım parça yüzde dağılımı.....	50
Şekil 8.1	: 2002 verilerine göre açık ocak sarf malzemesi maliyet unsurları.	51
Şekil 8.2	: Birim delme maliyet dağılımı.....	60
Şekil 8.3	: Birim patlatma maliyet dağılımı.....	60
Şekil 8.4	: Birim delme-patlatma maliyet dağılımı.....	60
Şekil 9.1	: KBİ Murgul İşletmesi ve çevresini gösteren harita.....	62
Şekil 9.2	: Parça boyutu ve delik çapı parametrelerine karşılık gelen maksimum taş savrulma mesafesi.....	63
Şekil 9.3	: I.Atım için parçacık hızı-frekans ikilisi.....	71
Şekil 9.4	: II.Atım için parçacık hızı-frekans ikilisi.....	71
Şekil 9.5	: III.Atım için parçacık hızı-frekans ikilisi.....	72
Şekil 9.6	: IV.Atım için parçacık hızı-frekans ikilisi.....	72



KBİ KARADENİZ BAKIR İŞLETMELERİ MURGUL OCAKLARI İÇİN PATLATMA FAALİYETLERİNDEKİ BÜYÜK ATIMLARIN OPTİMUM ÇALIŞMA ŞARTLARININ ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Açık ocak madenciliğinde kaya ve cevher basamaklarında kazı genellikle delme-patlatma yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Uygun olmayan delme-patlatma tasarımı hem maliyetlerin yükselmesine, hem de delme-patlatma sonrasında gerçekleştirilen kazı-yükleme ve nakliyat işlerinde verimliliğin düşmesine neden olmaktadır. Optimum delme-patlatma tasarımının uygulanması verimli ve düşük maliyetle çalışmanın ilk anahtarı olacaktır.

Delme-patlatma tasarımı sırasında göz önüne alınması gereken birçok parametre mevcuttur. Bu parametrelerin bir kısmı kontrol edilebilir parametreler, bir kısmı kontrol edilemeyen parametrelerdir. Kontrol edilebilen parametreler arasında delik çapı, delik boyu, delik yükü, delik eğimi, sıkılama, delik düzeni, atım grubunun boyutları, kullanılan patlayıcı ve ateşleme sistemi sayılabilir. Kontrol edilemeyen parametreler olarak kaya kütle özellikleri (yoğunluk, basınç dayanımı, çekme dayanımı, süreksizlikler), hava durumu sayılabilir. Optimum çalışma şartlarının elde edilebilmesi için tasarım aşamasında bütün bu parametrelerin mümkün olduğunca göz önüne alınarak değerlendirilmesi gerekir.

KBİ Murgul işletmesinde gerçekleştirilen bu çalışmada, öncelikle çalışılan sahaların jeolojik yapısı ve kayacın jeoteknik özellikleri ortaya konmuştur. Bölüm 3’de işletmede uygulanan üretim yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. 4. bölümde ise delme işleri ayrıntılı olarak analiz edilmiş, delme verimliliğinin çok sıralı patlatmalar üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. 5. bölümde patlatma işlerinin ayrıntılı etüdü gerçekleştirilmiş, ardından delme patlatma tasarım parametrelerinin analizi yapılmış ve araştırmacılar tarafından daha önce gerçekleştirilmiş çalışmalarda varılan sonuçlar, Murgul işletmesi için en uygun patlatma tasarımının bulunmasında kullanılmıştır.

Yapılan bu gözlemler ve analitik çalışmalar ışığında işletmede delme-patlatma işlerinin iyileştirilmesi amacıyla uygun alternatif patlatma yöntemleri seçilerek deneme atımları gerçekleştirilmiştir. Atım sonuçları arazide ayrıntılı olarak irdelenmiş ayrıca patlatma performans analiz yöntemleri (Patar sayımı, ekskavatör yüklem performans analizi, parça boyut dağılım analizleri) kullanılarak atımlar değerlendirilmiştir. İşletmede uygulanmakta olan delme patlatma tasarımı ve gerçekleştirilen deneme atımları için ayrıntılı maliyet analizleri yapılmıştır.

Madencilik amaçlı patlatma faaliyetleri incelenirken üzerinde durulması gereken bir diğer konu çevresel etkilerdir. Murgul işletmesinde çalışma yapılan sahaların yakınında yerleşim birimlerinin bulunması sebebiyle patlatma faaliyetlerinin çevresel etkileri bölüm 9’da değerlendirilmiştir. Bu amaçla patlatma kaynaklı yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümleri gerçekleştirilmiş, sonuçlar ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

Sonuç olarak, yapılan teknik, ekonomik, ve çevresel değerlendirmeler ışığında bir patern rneği üzerinde karar kılınmış (4,5x4,5) ve bu patern Murgul rneği bir saha için en uygun çözüm olarak seçilmiştir.



THE INVESTIGATION OF THE OPTIMUM PARAMETERS IN LARGE SCALE BLASTING AT KBI BLACK SEA COPPER WORKS – MURGUL OPEN-PIT MINE

SUMMARY

Drilling and blasting is the main operation for excavation of the rock and ore in open pit mining. Inappropriate blasting pattern causes high operational costs and loss of productivity during excavation-loading-transportation operation. Applying optimum drilling-blasting pattern is the first key to work productively and profitably.

So many parameters affect the design of drilling and blasting. While some of these parameters can be controlled other cannot be. Parameters that can be controlled are design parameters (hole diameter, hole length, burden, hole inclination, stemming, dimension of blasting group, explosive type, ignition). Parameters that cannot be controlled are rock features and mass characteristics (density, compressive strength, tensile strength, joints). During design stage all parameters should be considered and evaluated to obtain optimum working conditions.

Firstly in this study geological and geotechnical parameters of working site had been investigated. In section 3, the production technique of Murgul Copper Mine had been analysed. Drilling works had been observed and the effect of the drilling efficiency on multi-row blasting had been evaluated in section 4. In section 5, blasting technique had been analysed and appropriate blasting design parameters had been investigated using the approaches of blasting researchers.

As a result of on-site observations as well as analytical studies, experimental blasts had been performed in order to improve drilling-blasting works. On-site results of experimental studies had been analysed and assessments had been carried out by using proposed performance analysis methods (boulder counting, excavator loading performance analysis, particle size distribution analysis) in order to evaluate blasting results. There are also drilling-blasting cost analysis for current drilling-blasting design and experimental cases.

Another important object is environmental effect of blasting. Because of there is centre of population around the Murgul Copper Mine, environmental effects of the blasting activities had been evaluated in section 9. Blasting induced vibrations and air blast had been measured and the results had been examined.

As a result, economical, technical, and environmental outcomes had been evaluated and most appropriate pattern(4,5x4,5) had been suggested as a solution for Murgul Copper Mine.

1. GİRİŞ

Patlayıcı maddelerin kullanımı teknolojinin ilerlemesiyle gittikçe yaygınlaşmaktadır. Gelişmiş kaya delme ekipmanlarının ortaya çıkışı, ucuz ve daha etkin ticari patlayıcıların üretimi madencilik ve inşaat sektöründe delme-patlatma operasyonlarının verimliliğini gün geçtikçe artırmaktadır.

Delme patlatma işlerinde optimum çalışma şartları sağlanırsa yükleme, nakliyat ve kırma-öğütme işlemlerinde de buna paralel olarak verimlilik artacak, işletmelerin üretim maliyeti düşecektir. Bunun için öncelikle uygun delme patlatma tasarımının belirlenmesi gerekir. Bu amaçla delici ekipmanın seçiminden, kullanılacak patlayıcı maddenin ve ateşleme sisteminin seçimine kadar bir çok hususu göz önüne almak gerekir. Çalışılan kayacın tipi ve özellikleri, hedeflenen üretim miktarı, ve son yıllarda ön plana çıkan çevresel etkiler gibi parametreler tasarım aşamasında dikkatle değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada öncelikle işletmedeki delme patlatma işlerinin ayrıntılı etüdü gerçekleştirilmiştir. Daha sonra literatürden de yararlanarak işletme için uygun delme patlatma tasarımı araştırılmıştır. Arazide deneme atımları gerçekleştirilmiş, atım sonuçları temel performans kriterleri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Bu amaçla patar sayımı, kepçe yükleme performans analizi, ve parça boyut dağılım analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bunlara ek olarak atımların ayrıntılı maliyet analizleri yapılmış, işletmede gerçekleştirilen deneme atımları maliyet yönünden karşılaştırılmıştır. Patlatma faaliyetlerinin çevresel etkilerinin tespiti amacıyla patlatma sırasında taş fırlaması sorunu irdelenmiş, işletmede patlatma kaynaklı yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçları ayrıntılı değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

2. KBİ MURGUL İŞLETMESİNİN TANITILMASI

2.1 Bölgenin Tarihçesi

Murgul bakır yataklarının çok eski yıllarda ve Cenevizliler tarafından ilkel usullerle işlendiğini kanıtlayan bulgulara rastlanmıştır. Yakın zamanda ise 1878 Osmanlı –Rus savaşında Rusya'ya geçen bölgede kalan bakır yatakları, bir İngiliz şirketine devredilmiş ve şirket 1907-1914 yılları arasında toplam 15000 ton bakır üretimi yapmıştır. 7 Mart 1922 yılında Batum antlaşmasıyla bölgenin tekrar hudutlarımıza katılmasıyla birlikte İngiliz şirketinin tasfiyesine gidilmiştir. M.T.A'nın kurulmasıyla birlikte 1937 yılına kadar aramalar yapılmış ve bulunan yatakların imtiyazı çalıştırılmak üzere 1938 yılında Etibank'a devredilmiştir.

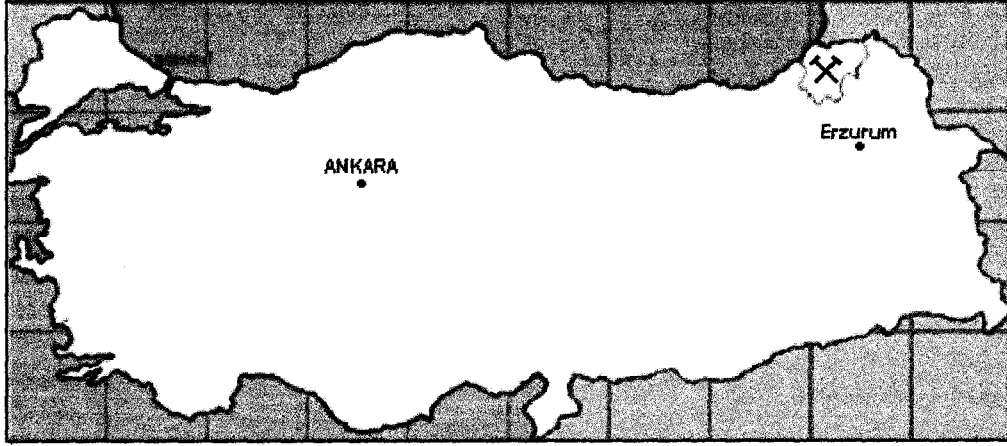
Etibank yeniden tesislerin kurulması için gerekli girişimlere başlamıştır. II.Dünya savaşı nedeniyle bu girişimler aksamış ise de, sonuçta 25 Mart 1951 yılında tesislerde bilister bakır üretimine başlanmıştır. Etibank bu bölgede faaliyetini sürdürürken 25.08.1968 tarihinde Türkiye'nin bakır ihtiyacını karşılamak üzere Karadeniz Bakır İşletmeleri A.Ş. kurulmuştur.

1968 Yılından itibaren K.B.İ A.Ş. ve Etibank bölgede ayrı ayrı faaliyet gösterirken 1983 tarih ve 99 sayılı KHK ile Etibank Murgul tesisleri K.B.İ-A.Ş'ye devredilmiştir. Bu tarihten itibaren K.B.İ A.Ş. Murgul İşletme Müdürlüğü bölgede faaliyetlerini sürdürmektedir. Tablo 2.1' de Murgul cevherinin kimyasal özellikleri gösterilmektedir.

2.2. Coğrafi Konum

Murgul Bakır işletmeleri Artvin ili Murgul ilçesi sınırları içerisinde olup madencilik ve cevher hazırlama tesisleri Damar bölgesi hudutları içerisindedir. Konsantrelerin depolama, filtrasyon, kurutma, stok, ve gemi yükleme tesisleri ile sülfirik asit stok ve yükleme tesisleri ise Hopa İlçesi limanının yanında bulunmaktadır. Murgul İlçesi, doğuda Artvin İli, batıda Arhavi İlçesi (Acıgöl Tepesi), Kuzeyde Borçka İlçesi (Balıklı Tepe), güneyde Yusufeli İlçesi ile çevrili bulunmaktadır. İlçe 41 derece 11

Kuzey enlemi, 41 derece 43 Doğu boylamı üzerinde yer almaktadır. İlçenin deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 450 m, yüzölçümü 406 km² 'dir. Çalışmanın yapıldığı Damar beldesinin yüksekliği 1100 metredir. Şekil 2.1'de çalışma yapılan bölge için yer bulduru haritası görülmektedir.



Şekil 2.1 Yer bulduru haritası

Tablo 2.1 Cevherin kimyasal özellikleri

ADI	KİMYASAL FORMÜLÜ	MİKTARI (%)
BAKIR	Cu	0,600-0,800
SİLİS	SiO ₂	82,000-85,000
KÜKÜRT	S	6,240
DEMİR	Fe	5,860
ALÜMİNYUM	Al	1,450
MAGNEZYUM	MgO	0,060
KALSİYUM	CaO	2,010
ÇİNKO	Zn	0,240
KURŞUN	Pb	0,070
KOBALT	Co	0,000-0,070
GÜMÜŞ	Ag	Eser
ALTIN	Au	Eser

Murgul ilçesinin Damar, Borçka, Hopa ilçe merkezlerine uzaklığı sırasıyla 11, 16, 54 km olup; Trabzon, Erzurum Ankara gibi merkezlere olan uzaklığı ise sırasıyla 237, 260, 1020 km.'dir

2.3. Jeolojik Bilgiler

2.3.1 Formasyon özellikleri

Murgul civarı Alp orojenezi ile etkilenmiş olan panditlerin kuzey doğu kenarındadır. Bu civarda en eski kayalar Artvin – Yusufeli arasında Çoruh vadisi boyunca görülen Paleozoik yaşlı metamorfiklerdir. Bunları kesen granitler kuvvetli denizaltı volkanizmasıyla oluşan kretase-üstkrete yaşlı formasyonlarla örtülmüşlerdir. Bu volkanizmayla oluşan birimler burada aşağıdan yukarı doğru alt bazik seri, alt dasitik seri, üst bazik seri, marn-kireçtaşı serisi, üst volkanik seri adları altında toplanırlar. Bu seriler kuvars diyorit, granodiyorit, granit, v.b. gibi intrusitlerle kesilmiştir. Civarın tipik bir stratigrafik kesiti Tablo 2.2 'de verilmiştir.

Alt Bazik Seri : Bu serinin üst seviyelerini oluşturan kuvars-keratofirler güneyde lebiskür dere içinde görülürler. Alt seviyeleri sütunsal eklemlili kompakt lavdan oluşan bir birim az miktarda kuvars ve plajioloklas fenokristalleri içerir. Bu birimin üst seviyelerine oldukça fazla kalınlığa ulaşan tuf ve tuf breşleri gelmiştir.

Alt Dasitik Seri : Bu seriler Murgul yatakları civarında çok iyi gelişmişlerdir. Alt seviyeleri sünger tuf, üst seviyeleri dasitik lavından ibaret olup iki seviye arasında diğer ince tip tuf formasyonları bulunmaktadır. Sünger tüfleri sahada 300 m'ye yakın bir kalınlık gösterip kuzeyden güneye doğru inceliyorlar. Bu birimin en alt seviyelerinde alt bazik seriyi örten dasit bileşimli volkanik çakıltası bulunmaktadır.

Sünger Tüfler : Başlıca üç birimden meydana gelirler. Sünger tüfün alt seviyelerinde fazla basınç nedeniyle uzun eksenli 30 cm'yi bulan yaprak şeklinde çok fazla pümis parçaları vardır. Üst seviyelerinde ise pümis parçaları ve uzun eksenlerin boyları azalmaktadır. Sünger tüfler büyük volkanik püskürmelerin ürünüdürler. Orta seviyeleri, sünger seviyeleri dıştan volkanik püskürmenin sona ermesinden dasit lavının oluşmasına kadar geçen sürede oluşmuşlardır. Kendi aralarında alt, orta ve üst seviye olmak üzere ayrılırlar. Alt seviye kumlu dasitik tuf (tüflü kumtaşı), orta seviye mor dasitik tuf, üst seviye ise banlı dasitik tuf olarak tanımlanmışlardır. Alt seviyesi sünger tüfün tekrar çökmesi ürünüdür. En üst seviyelerinde marn, kireçtaşı, katabaneli kumtaşı ve çakıl taşı bulunmaktadır.

Tablo 2.2 Stratigrafik kesit [1]

K R E T A S E	Ü S T D A S İ T İ K S E R İ		Andezit – Bazalt, Dayk ve Silt
			Marn ve Kireçtaşı Serisi
			Riyolit, Riyodasit
	Ü S T B A Z İ K S E R İ		Andezit Anglomera
		500 m	Tüf-Kumtaşı, Kireçtaşı ve Dasitik Pümis Tüf Ardalanması
			Volkanik Konglomera
	DİSKORDANS		
	A L T D A S İ T İ K S E R İ		Dasit (yeşil)
		850 m	Tüf, Tüf-Kumtaşı, Kireçtaşı (cevherleşme) -Bantlı Dasitik Tüf -Mor Dasit -Kumlu Dasitik Tüf
			Sünger Tüf (cevherleşme)
		200-700m	Kuvars Keratofir

Dasit : Küçük bir bacadan çıkmış ve kenarlara doğru yayılmıştır. Baca civarında kalınlığı 500 m’ye yakındır. Bacadan uzaklara doğru incelir. Kenar kısımlarda anglomeraya geçiş gösterir. Üst bazik seriyi oluşturan andezit proklastlardan genç olduğu kabul edilmekteyse de, belirgin olarak üst bazik seri tarafından örtülmektedir.

Genel olarak kloritleşme ve albitleşme nedeniyle yeşil renkli olup, cevher yatakları civarında mor kahverengidir.

Üst Bazik Seri : Diskordans olarak dasitik serinin üstüne gelir. Bu serisinde fasiyes değişimi çok belirgindir. Genel olarak Ana yatak-Karagöl-Triyal hattının kuzey ve kuzey doğusunda iyi gelişmiştir. Murgul civarında andezik breşlerin üzerinde kireçtaşı arakatlı spilitleşmiş bazalt ve bazalt anglomeraları yer almaktadır.

Dasitik Pümis Tüf : Pümis Tüflü kumtaşı ve ara tabanda damarda bulunan kırmızı kireçtaşından ibarettir. Alt dasitik seriden türemiş olmalıdır. Damar köyünün kuzeybatısına doğru kıltaşı arakatlar içerir. Kalınlıkları burada daha fazladır.

Volkanik Çakıtaşı : Alt seviyelerinde fazla dasitik malzeme vardır. Üste doğru andezitik materyal artmaktadır. İçinde birkaç cm büyüklükte fazla yuvarlaklaşmış kuvars diyorit çakıllarıyla, hematit-kuvars ve dissemine kalkopirit içeren silisleşmiş kayaç çakılları cevherleşme yönünden Anayatak ve Çakmakaya'ya benzerlik gösterirler.

Porfiri Piroksen-Andezit-Andezitik Breş Anglomeraları : Damarköy civarında iyi gelişmişlerdir. Murgul andezitik breşlerin üzerinde bazalt sipilitik ve bunlara ara tabakalı olarak kireçtaşları bulunmaktadır. Çakmakaya'nın batı ve güneyinde alt dasitik seri içinde görülen diabaz, bazalt, dayk ve silisleri bu bazaltik kayaçlarla aynı zamanda oluşmuş olmalıdırlar.

Marn Kireçtaşı Serisi : Bu seri Damar köyünün kuzeyinde riyodasit ve riyolitlerle beraber oldukça fazla bir kalınlık gösterir. Bu seri kuvvetli bir transgresyonu ve bu serinin üstüne gelen volkanik kompleks ile regresyonu göstermektedir [1].

2.3.2 Tektonik

Murgul çevresi tektoniği olarak Hopa-Artvin arasındaki marn kireçtaşı serisinin tabanını teşkil eden kireçtaşının dağılmasına göre, büyük domun NW kanalında yer almaktadır. Bu dom basit bir yapıya sahip olmayıp, bir çok küçük domu içermektedir. Formasyon, fasiyes ve kalınlık değişiminden anlaşıldığına göre domun oluşum başlangıcının alt bazik serisinin son safhasında olması mümkündür. Büyük domun N kenarında N-S veya NE-SW itikametli büyük senklinal yer almakta, Murgul dere de bu yapıya uygun bir durum göstermektedir. Bu bölgede genellikle NE-SW ve NW-SW doğrultularında antiklinal teşekkül etmişse de NW-SE ve NE-

SW doğrultularında gelişmiştir. Kıvrımlanmanın aksine faylanmadaki esas doğrultu NE-SW dir.

2.3.3. Cevherleşme zonu

Murgul bakır yatakları sayısız damardan meydana gelen subvolkanik tipte bakır yataklarıdır. Bu yataklar dasitik serinin içindeki sünger tuf (eski adı; dasit veya cevherli dasit) ve bunun üzerindeki diğer tuf seviyeleri içinde yer almaktadır. Bu yataklar dasitik volkanik aktiviteye bağlıdır. Esas cevherleşme zonu Hopa-Artvin arasındaki uzun eksenli NE doğrultulu büyük domun NW kenarında yer almıştır. Murgul bakır yatakları bu esas zon içinde bulunan birkaç cevherleşme ünitesi içindedir. Kuzeyde güneye doğru Aduca dere (Kızılkaya) anayatağı, Çakmakaya, Çarkbaşı, Kilistepe ve ayrıca Gölbaşı, cevherleşmiş üniteler olarak bulunmaktadır. Bütün bu üniteler esas mineralizasyon zonu içerisinde uzun eksenli NW doğrultulu tektoniği küçük domlarla kontrol edilmiştir. Bu küçük domlar esas mineralizasyon zonu içersinden kuzeyden güneye doğru ‘echolen’ olarak yer almaktadır. Cevherleşmiş üniteler NE doğrultulu tektoniğin fazla geliştiği uzun eksenli NW-SE doğrultulu küçük domların incelendiği yerde sınırlanmaktadır. Domun yükseldiği ve alçaldığı yerlerde tuf formasyonunun fasiyes ve kalınlık değişimine göre gayet iyi anlaşılmaktadır. Bu küçük domların arasında bunların uzun eksen doğrultusuna uygun olarak küçük senklinal ve antiklinal yaratmaktadır. Senklinalde orta tuf formasyonunun tüflü kısım ve silttaşı seviyesinin kalınlığının domların tepelerine oranla fazlaştığı ifade edilmektedir [1, 2].

2.3.4 Cevherleşmiş ünitelerin bileşimi

Anayatak ve Çakmakaya gibi her bir cevherleşmiş ünite sayısız damardan meydana gelmiş stockwork şeklindedir. Cevherleşmiş ünitelerin kenarında fazla miktarda jips yer almaktadır. Stockwork’u oluşturan çeşitli damarlar; siyah kuvars-pirit-kalkopirit, pirit-kalkopirit, kalkopirit, karbonat-kalkopirit’dir. Genel olarak kuvars, barit-galenit-sfalerit, kalkopirit damarları stratigrafik olarak üst seviyelerde, pirit-kalkopirit, siyah kuvars-pirit damarları ise alt seviyelerde yer almaktadır [1, 2].

2.3.5 Formasyonun jeoteknik özellikleri

Murgul Damar sahasına ait, diğer araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen kaya mekaniği deney sonuçları Tablo 2.3, 2.4, 2.5, 2.6’da verilmiştir. İncelemenin

yapıldığı Damar sahasının Bognori bölümünde cevherli dasit formasyonunda çalışma yapılmaktadır.

Tablo 2.3 Damar sahası formasyonlarına ait tek eksenli basınç dayanımı değerleri [1]

Numune	Çap (cm)	Basınç Dayanımı (kg/cm ²)
Altere Mor Dasit	5,46	374
	5,46	364
	5,46	275
	5,46	301
	5,46	353
	5,46	353
ORTALAMA	5,46	336,7± 35,9
Mor Dasit	3,32	775
	3,32	474
	3,32	370
	3,32	647
	3,32	485
	3,32	786
ORTALAMA	3,32	809
	3,32	620,9± 164,8
	3,32	
	3,32	
	3,32	
	3,32	
Yeşil Dasit	4,25	641
	4,25	334
	4,25	460
	4,25	474
ORTALAMA	4,25	477,3±109,1
Cevherli Dasit	3,32	632
	3,32	632
	3,32	843
	3,32	462
	3,32	739
	3,32	624
ORTALAMA	3,32	655,3± 116,7
Kloritleşmiş Tüf	3,32	300
	3,32	508
ORTALAMA	3,32	404

Tablo 2.4 Damar sahası formasyonlarının yoğunluk değerleri [1]

Numune	Yoğunluk (gr/cm ³)
Altere Mor Dasit	2,58
Mor Dasit	2,64
Yeşil Dasit	2,60
Cevherli Dasit	2,85

Tablo 2.5 Damar sahası formasyonlarına ait çekme dayanımı değerleri [1]

Numune	Çekme Dayanımı (kg/cm ²)
Altere Mor Dasit	31,3 44,3 25,0 29,0 72,0
ORTALAMA	40,3± 17,1
Mor Dasit	45,4 43,9 105,0 105,0
ORTALAMA	74,8± 30,1
Yeşil Dasit	44,1 43,7 98,0 77,0
ORTALAMA	65,7± 23
Cevherli Dasit	38,4 37,3 67,2 125,0 96,0 107,0
ORTALAMA	78,5± 33,5
Kloritleşmiş Tüf	40,2 39,1 40,3 38,7
ORTALAMA	39,6± 0,7

Tablo 2.6 Damar sahası formasyonları için elastisite modülü değerleri [1]

Numune	Elastisite Modülü (kg/cm ²)
Altere Mor Dasit	47500
Mor Dasit	86300
Yeşil Dasit	37420
Cevherli Dasit	52300

3. İŞLETMEDE UYGULANAN ÜRETİM YÖNTEMİ

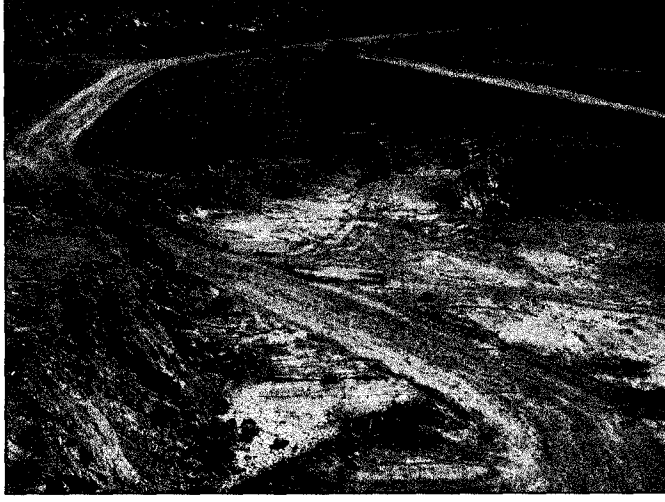
Murgul İşletmesinde Damar, Çakmakkaya, Çarkbaşı olmak üzere üretim yapılan üç saha mevcuttur. Bu çalışma, Damar sahasının Bognori adı verilen bölümünde yapılmıştır.

Basamaklar halinde oluşturulan aynaların yüksekliği 12 m'dir. Delme ve patlatma işlemleri sonrası açığa çıkan malzeme 6.75 yd³'lük ekskavatör ve loderle kamyonlara yüklenerek, 500 m mesafedeki cevher hazırlama tesisi silolarına nakledilmektedir. Nakliyatta 30 ton kapasiteli 405 hp gücünde Cat 769 C model kamyonlar kullanılmaktadır. Tablo 3.1'de Murgul işletmesinde kullanılan ekipman özetlenmiştir. Şekil 3.1'de çalışma yapılan Damar sahası görülmektedir. Şekil 3.2 ve 3.3 yüklemede kullanılan ekipmanları göstermektedir.

İşletmede kullanılmakta olan halatlı ekskavatör 405 hp gücünde ve dizel motora sahiptir. Paletler üzerinde hareket etmekte olan ekskavatör 7,5 m yüksekliğinde ve 1000 lt yakıt kapasitesine sahiptir. Basamakta düzeltme ve yükleme amacıyla kullanılan loder ise lastik tekerlekli olup 335 hp gücünde dizel motora sahiptir. Patlatma sonrası ortaya çıkan patarların parçalanması için hidrolik kırıcı kullanılmaktadır. Dozer ve greyderler ise kanal açma, yol yapımı, yol düzeltme gibi görevlerde kullanılırlar. Ayrıca işletmede personel malzeme taşınması amacıyla kullanılan çeşitli model ve tipte kamyonetler ve arazi taşıtları mevcuttur.

Tablo 3.1. Açık ocak makine parkı ve kapasitesi

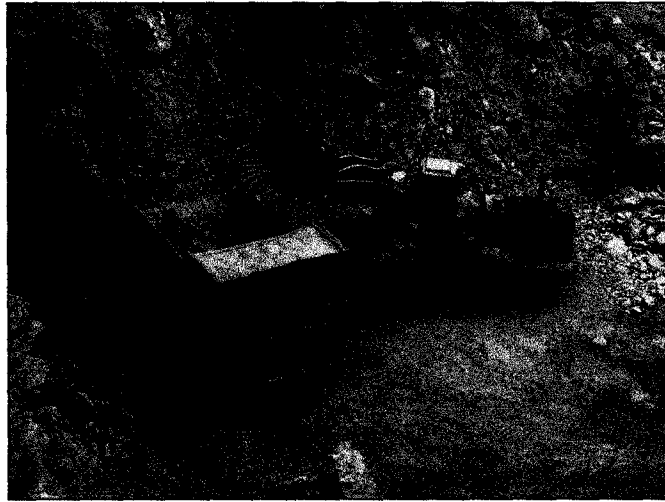
MAKİNE CİNSİ	MEVCUT MİKTAR (adet)	KAPASİTE
Ekskavatör	2	6,75 yd ³
Kamyon	10	30 ton
Loder	7	0,8 yd ³ -7 yd ³
Dozer	3	335 hp
Grayder	2	197 hp
Delik Makinası	5	6,5-6,75 inch
Hidrolik Kırıcı	2	195 hp
Kompresör	3	—



Şekil 3.1.Damar sahasının genel görünümü



Şekil 3.2 6,75 yd³'lük ekskavatör



Şekil 3.3 Basamakta yükleme yapan loder

4. DELME İŞLERİNİN ETÜDÜ

4.1 Açık İşletmelerde Delme Metodları

Delici makineler çeşitli tiplerde ve farklı çalışma prensiplerinde imal edilirler. Delici makineleri çalışma prensiplerine göre üç grupta incelemek mümkündür.

- 1.Üstten darbeli (Top–hammer) delme sistemi
- 2.Dipten darbeli-çekiçli (DTH) delme sistemi
- 3.Döner (Rotary) delme sistemi

Bu sistemlerden hangisinin işletme için uygun olduğu belirlenirken, kayaçların jeolojik ve jeoteknik özellikleri, çalışma şartları, iş hacmi gibi hususlar göz önünde bulundurulur [3, 4].

4.1.1 Üstten darbeli (top–hammer) delme sistemi

Bu sistemde makine tarafından üretilen enerji matkaba, buradan uca ve son olarak kayaca iletilerek delme işlemi gerçekleştirilir. Bu esnada bir kısım şok dalgası matkaba geri yansır. Bu tip makineler paletli veya tekerlekli olarak üretilebilirler. Üstten darbeli deliciler yumuşak kayaktan sert kayaca kadar çok çeşitli formasyonlarda kullanılmakta olup, 22 mm'den 254 mm'ye kadar patlayıcı deliği delebilirler.

Delme sırasında formasyona göre matkaba bir baskı kuvveti uygulanır. Aynı zamanda ilerlemeyi sağlamak için matkaba dönüş hareketi yaptırılır. Böylece delik içindeki uçların aynı noktaya birkaç defa vurması engellenir. Delme sırasında delik içerisindeki kesilmiş ve kırılmış taş parçalarının delikten uzaklaştırılarak deliğin temizlenmesi gerekir. Bu amaçla kompresörde üretilen hava, tijlerin içinden delik dibine doğru ilerler ve matkabın içindeki deliklerden dışarı çıkar. Burada kayaç parçalarıyla karışan hava tij ile delik duvarı arasında yukarı doğru ilerleyerek kayaç parçalarıyla beraber dışarı çıkar.

Darbeli delmede genellikle iki tip matkap kullanılır. Bunlar kabaralı (button) matkaplar ve keski şekilli matkaplardır [4, 5].

4.1.2 Dipten darbeli (DTH) delme sistemi

Bu sistemde darbeyi meydana getiren çekiç matkabın üstünde matkapla birlikte deliğe indirilmektedir. Tijlerde darbe enerjisi kaybı olmadığından üstten darbeli delicilere göre daha hızlı delik delinebilir. Bu tür delicilerle 89-165 mm çapında ve 15-30 m delik boyuna kadar delme işlemi gerçekleştirilebilir.

Delik dibi tabancaları basınçlı hava ile çalışır. Tabancadan dışarı atılan hava aynı zamanda delik temizliğine yardımcı olur. Dipten darbeli delicilerde matkaplar kabaralı (button), keski şekilli olabilmektedir. Matkaplar tij yerine tabancaya bağlandığı için bağlantı kısımları daha farklıdır. Uç seçilirken çalışılan kayanın yapısı, aşındırıcılığı ve mineral kompozisyonu göz önünde bulundurularak en uygun tip ve çap belirlenir.

Dipten darbeli deliciler lastik tekerlekli yada paletli olarak üretilirler. Hava kompresörünü üzerinde taşıyan paletli türler daha yaygındır [3, 4, 5].

4.1.3 Döner (rotary) delme sistemi

Genellikle açık ocak madenciliğinde kullanılan döner deliciler paletli ve lastik tekerlekli olarak iki gruba ayrılır. Normalde dizel olan güç ünitesi paletli büyük delicilerde elektrikli. Döner deliciler 102 ile 445 mm arasında delik delerler. Delik uzunlukları 50 m.'ye kadar olabilmektedir.

Döner delicilerde ana tahrik üniteleri dizel veya elektrikli. Elektrik enerjisi en verimli enerji kaynağı olmasına rağmen teminindeki güçlük nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Elektrik enerjisi genellikle büyük delici makinelerde (230 mm delik çapından daha büyük) tercih edilmektedir.

Döner delmede uygulanacak baskı kuvveti genellikle kayaların basınç dayanımları dikkate alınarak belirlenir. Aşırı matkap yükleri uygulanırsa delik içinde kayalardan kopan kırıntılar sıkışır ve böylece bir yandan matkapta aşınma artarken diğer yandan delme hızında düşüşler görülür. Döner delmede matkap dönme hızı baskıya bağlı olarak sert formasyondan yumuşak formasyona doğru artış gösterir. Genellikle matkap dönüş hızları 30-40 devir/dak arasındadır.

Döner delicilerde yaygın olarak konili matkaplar (3 konili) kullanılır. Konili matkap gövde, koni yatakları ve koniler olmak üzere üç ana birimden oluşur. Gövde Ni-Cr-Mo alaşımlı çelikten, koniler ise Ni-Mo alaşımlı çelikten üretilir. Koniler üzerinde

bulunan dişler sert çelik veya tungsten karbid kullanılarak imal edilir. Üreticiler tarafından yumuşak, orta sert ve sert formasyonlar için farklı tipte matkaplar üretilmektedir [3, 4, 5].

4.2 Murgul İşletmesinde Delme İşlerinin Etüdü

Murgul işletmesinde iki adet Ingersoll-Rand marka DM45 model delici makine ile delme işlemi gerçekleştirilmektedir. DM45'lerde 4 adet hidrolik sistemle çalışan motor ve 4 adet kompresör bulunmaktadır. Bu motor ve kompresörler DM45'lerin baskı gücü ve her türlü hareketini sağlarlar (Tablo 4.1).

Tij-tabanca-matkap düzeninde çalışan DM45'lerin tij uzunluğu 7.5 m'dir. Delik dibi tabanca vasıtasıyla hem rotary hem de darbeli delme yapmaktadır. Delme sırasında açığa çıkan kayaç parçaları kompresörün ürettiği hava ile delik dışına alınır.

DM45'lerin delme hızı formasyona göre 7 m/saat ile 14 m/saat arasında değişir. Makinelerin bir deliği delme süresi cevher üretiminde fiili olarak ortalama 1 saat 45 dakika olarak ölçülmüştür. Delme işlemi sırasında formasyon özelliklerinden dolayı 1. tijin ilerlemesi (ilk 7 m) 30-45 dakika, 2. tijin ilerlemesi (ikinci 7 m' lik kısım) 60-75 dakika arasında gerçekleşmektedir. İşletmede Halco marka 6,5 inch çapında button uçlu matkaplar kullanılmaktadır. Matkap ömrü işletme şartlarında 210 m'dir.

Tablo 4.1 DM45 delicisine ait teknik özellikler

	Ingersoll-Rand DM45
Makinenin geliş tarihi	1985
Fiyatı	681980 \$
Motor Devri	1800 rpm
Maksimum delme çapı	7 inch
Dönme hızı	0-200 rpm
Tij boyu	7,5 m
Yürüyüş	Paletli
Tahrik	Dizel
Tij kapasitesi	3
Makine boyu	31 ft. 10 in.
Çalışma ağırlığı	34020kg – 35400kg
Tork	4,000 ft-lb / (5,424 N-m)
Baskı kuvveti	11340 kg
Yükseklik	23,3 m

İşletmede iki vardiyada delme işlemi yapılmaktadır. Genellikle iki makinede aynı anda çalışmaktadır. Her makine için bir yağcı ve bir operatör olmak üzere iki personel görevlidir.

4.3 Delme İşlerinde Karşılaşılan Sorunlar

Delmede karşılaşılan en önemli sorun makine arızalarıdır. Makineler işletmeye 1985 girişli olduğu için sık sık arızalarla karşılaşılmaktadır. Bir diğer sorun tijlerin ezilmesi ve delik içerisinde sıkışmasıdır. Delme sırasında özellikle sert formasyonlarda sıkışma sonunda ezilen, kırılan tijler bir daha kullanılamadığından önemli zararlara yol açarlar. İşletmede inceleme yapılan yaz aylarında, havanın sıcak oluşu nedeniyle makinelerde fazla ısınma gerçekleştiği ve bu nedenle çalışmalara ara verildiği gözlenmiştir.

Karşılaşılan belli başlı arızalar;

- 1.Pompalar ve hidrolik motor arızaları
- 2.Hidrolik hortum aşınma ve patlamaları
- 3.Tij ve dönüş şanzuman arızaları
- 4.Yürüyüş aksamındaki (palet zinciri, aktarma zinciri, yürüyüş makaraları, istikamet tekeri) arızalar
- 5.Bom zinciri kesmeden dolayı gelen arızalar
6. Hidrolik silindir arızaları, olarak sıralanabilir.

Makinenin üzerine eklenmiş olan bir su tankı vasıtasıyla delme sırasında ortaya çıkan toz sorunu kısmen çözülmüştür. Delme işlemi sırasında uç aşınmasının önüne geçmek ve verimli bir delme gerçekleştirmek için, matkaba yeterli baskı kuvveti uygulanmalı ve delik dibine yeterli hava verilerek delme sırasında oluşan kırıntılar hızla delik dışına alınmalıdır.

Matkaplardaki aşınma işletme için önemli bir maliyet unsurudur. Matkaplar yaklaşık bir delik deldikten sonra bileme atölyesinde bilenmektedir. Aşınma nedeniyle matkap çapındaki küçülme delinen delik çapını da küçültmekte, dolayısıyla bir deliğin aldığı patlayıcı miktarı azalmaktadır. Patlatma verimliliğini etkileyen bu durumu incelemek amacıyla, işletmede kullanımda olan bütün matkapların çapları ölçülmüş ve her bir matkabin bileme sayısı tespit edilmiştir. Şekil 4.1’de basamakta çalışmakta olan DM45 delme makinesi, Şekil 4.2’de işletmede ölçülen matkaplar

görülmektedir. Tablo 4.2 ölçüm sonucu tespit edilen matkap çapları ve bileme sonrası görülen çaptaki daralmayı, Tablo 4.3 delik çapındaki daralmanın kullanılan patlayıcı miktarı üzerine etkisini göstermektedir. 30 delikten oluşan bir atım grubu esas alınarak, matkap çapındaki küçülme ile kullanılan patlayıcı miktarının değişimi arasında ilişki kurulmuştur.



Şekil 4.1 Basamakta çalışan DM45 delicisi



Şekil 4.2 İşletmede çapları ölçülen aşınmış uçlar

Tablo 4.2 İşletmede ölçülen matkap çapları ve bileme sonucu oluşan kayıplar

Matkap No	Bileme Adedi	Fiili çap(mm)	Bir Bilemedeki kayıp (mm)
314	2	162	1,5
305	8	149	2
308	8	148	2,12
309	7	149	2,28
328	13	142	1,77
310	7	150	2,14
364	9	149	1,78
374	3	158	2,33
357	2	160	2,5
355	11	144	1,91
368	7	153	1,71
358	6	156	1,5
Ortalama		151,7	1,96

Tablo 4.3 Delik çapındaki değişimin kullanılan patlayıcı miktarı üzerindeki etkisi

(1) Delik Çapı (cm)	(2) 1m'lik delikte 165 mm delik çapına oranla eksik olan patlayıcı miktarı (kg)	(3) 10 m'lik şarjdaki patlayıcı miktarı (kg)	(4) 30 delgilik bir atımdaki toplam patlayıcı miktarı (kg) (3)x30	(5) Paterne göre olması gereken şarjdan eksik patlayıcı miktarı (kg)
14	7,18	184,6	5538	2154
14,1	6,92	187,2	5616	2076
14,2	6,65	189,9	5697	1995
14,3	6,38	192,6	5778	1914
14,4	6,11	195,3	5859	1833
14,5	5,84	198	5940	1752
14,6	5,57	200,7	6021	1671
14,7	5,29	203,5	6105	1587
14,8	5,01	206,3	6189	1503
14,9	4,73	209,1	6273	1419
15	4,45	211,9	6357	1335
15,1	4,17	214,7	6441	1251
15,2	3,88	217,6	6528	1164
15,3	3,59	220,5	6615	1077
15,4	3,3	223,4	6702	990
15,5	3,01	226,3	6789	903
15,6	2,72	229,2	6876	816
15,7	2,43	232,1	6963	729
15,8	2,13	235,1	7053	639
15,9	1,83	238,1	7143	549
16	1,53	241,1	7233	459
16,1	1,23	244,1	7323	369
16,2	0,92	247,2	7416	276
16,3	0,62	250,2	7506	186
16,4	0,31	253,3	7599	93
16,5	0	256,4	7692	0

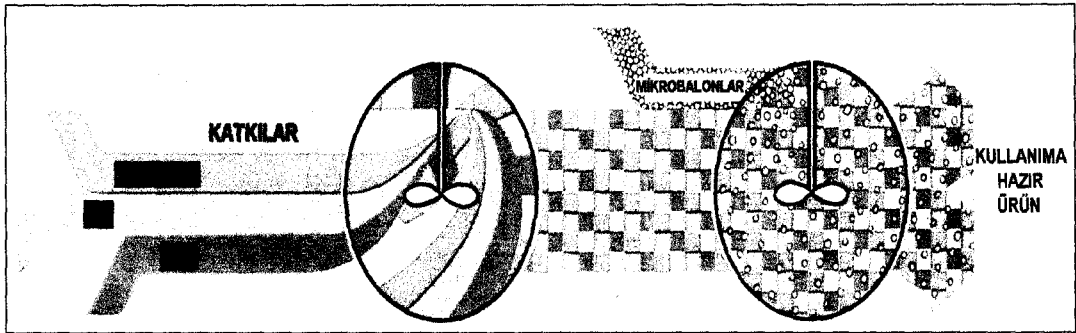
5. MURGUL İŞLETMESİNDE PATLATMA İŞLERİNİN ETÜDÜ

5.1. Emülsiyon Patlayıcı Ve NONEL Ateşleme Sisteminin Tanıtılması

5.1.1 Emülsiyon patlayıcılar

Emülsiyonlar iki türde oluşurlar. Birinci türde esas ortam sudur ve yağ zerrecikleri bu ortam içerisinde bulunur (su içinde yağ emülsiyonu). İkinci türde ise esas ortam yağdan oluşur ve su zerrecikleri bu ortam içerisinde bulunur (yağ içinde su emülsiyonu). Yüksek konsantrasyona sahip amonyum nitrat çözeltisi yağ veya mazot içerisinde ikinci bir tür emülsiyon haline getirilirse suya dayanıklı bir karışım elde etmek mümkün olur. Yağ ve emülsiyon ajanının oranı ile oynanarak emülsiyon patlayıcının kıvamı değiştirilebilir. Şekil 5.1 Murgul İşletmesinde kullanılan Emülite 1200 patlayıcının üretim şemasını göstermektedir [6].

Emülsiyon patlayıcıları duyarlı hale getirmek ve enerjilerini artırmak için mikro balonlar ve alüminyum tozu kullanılır. Emülsiyon patlayıcılar doğrudan deliğe pompalanarak veya kartuşlar halinde kullanılabilir. Yemlemeye duyarlı veya kapsüle duyarlı şekilde üretmek mümkündür [7, 8].



Şekil 5.1 Emülite 1200 patlayıcının üretim şeması

5.1.2 NONEL sistemi

NONEL tüpü elektriksiz bir sinyal iletim sistemidir. Nonel tüpünün dış çapı 3,2 mm, iç çapı 1,5 mm kalınlığındadır ve esnek plastik bir malzemeden üretilmiştir. Tüpün içi reaktif bir madde (örneğin oktojen ve % 20 Al tozu karışımı) ile doludur. Bu

reaktif madde şok sinyalinin 2000 m/sn hızla iletir. Tüpün ucunda alüminyumdan yapılmış NONEL kapsülü bulunur. Yeraltı patlatmaları ve açık ocak patlatmaları için farklı NONEL sistemleri geliştirilmiştir (Nonel LP, Nonel United). NONEL tüpü emniyetli fitil, elektrikli kapsül, tahrip kapsülü veya üreticinin kendi ürünü olan başlatıcı ile ateşlenebilir. NONEL sistemi kullanılarak sınırsız gecikme aralığı elde etmek mümkündür. Aynı zamanda elektrikli ateşlemeden kaynaklanan kaza riskleri büyük ölçüde ortadan kaldırılabilir [9, 10].

5.1.3 Nonel united

Bu sistemde delik içi kapsüller ile yüzey bağlantı blokları birlikte kullanılmaktadır. Atım grubundaki bütün deliklerdeki yemlemelere aynı gecikme aralığına sahip delik içi kapsüller takılmaktadır. Deliklerin ateşleme sırası, yüzey bağlantı bloğunda bulunan gecikmeler ile belirlenir. Kapsüller 475 ms veya 500 ms gecikmeye sahiptir. Yüzey bağlantı blokları (SL) 0, 17, 25, 42, 67 ms gecikmeye sahiptir. Bu sistem özellikle açık ocak ateşlemeleri için dizayn edilmiştir [11].

5.2 Murgul İşletmesinde Kullanılan Patlayıcı Maddeler Ve Patlatma Tekniği

5.2.1 Üretim atımları

Üretim atımlarında ana şarj Emülite 1200 tipi emülsiyon patlayıcıdır. Yemleme olarak 2 kg'lık EMÜLİTE 100 delik dibine yerleştirilmektedir. Ayrıca yedek yemleme olarak 1 kg'lık Emülite 100 hemen sıkılamanın altına yerleştirilmektedir. Tablo 5.1'de Murgul işletmesinde kullanılan patlayıcı maddelerin teknik özellikleri özetlenmiştir.

Genellikle bir atımda delinen delik sayısı 18-40 arasında değişmekte, delikler 3-5 sıra halinde delinmektedir. Deliklerin boyu 14 m, eğimi 90^0 'dir. Delik yükü 5 m, delikler arası mesafe 5 m olarak uygulanmaktadır. İlk sıra ile ayna arasındaki mesafe 2,5-3 m arasında tutulmaktadır. İşletmede delme işlemi iki vardiyada gerçekleştirilmekte, atımlar sadece gündüz vardiyasında yapılmaktadır.

Patlayıcı, deliklere şarj kamyonları tarafından şarj edilir. Şarj yüksekliği su içine batabilen ama emülsiyon içine batmayan özel bir düzenele kontrol edilir. Sıkılama malzemesi olarak delik kırıntıları kullanılmaktadır. Delik yükünün kısa tutulduğu ön

sırada taş fırlamasını önlemek amacıyla normalde 4 m olarak gerçekleştirilen sıkılama boyu 5 m'ye çıkarılmaktadır.

Tablo 5.1. Kullanılan patlayıcı maddelerin teknik özellikleri

Teknik Özellikler	Emülite 1200	Emülite 100
Yoğunluk	1,20 gr/cm ³	1,15 gr/cm ³
Patlama Hızı	5500-6000 m/sn	5500-5800 m/sn
Duyarlılık	Yemlemeye duyarlı	Kapsüle duyarlı
Suya Dayanıklılık	Mükemmel	Mükemmel
Standart Boyut ve Ağırlık	Dökme	90x270 mm - 2 kg

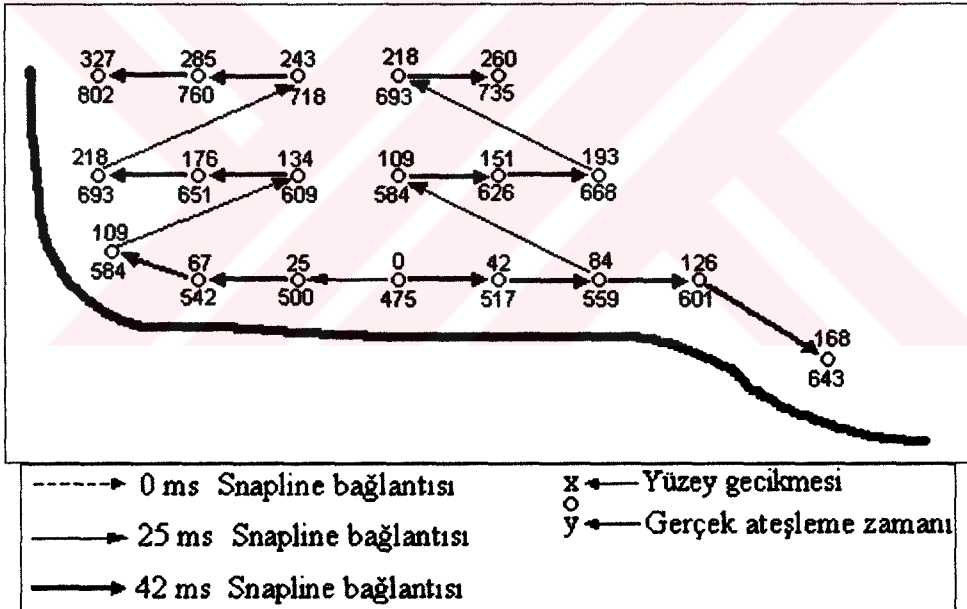
İşletmede ateşleme sistemi olarak NONEL United kullanılmaktadır. Delikler arası gecikme 42 ms, sıralar arası gecikme 109 ms olarak uygulanmaktadır. Delik dibine yerleştirilen yemleme 475 ms gecikmeli kapsül ile ateşlenmektedir. Şarj kolonunda sıkılmanın altına yerleştirilen yedek yemlemeye ise 500 ms gecikmeli kapsül bağlanmaktadır. 475 ms kapsüle bağlanan yemleme bir hatadan dolayı patlamazsa, 500 ms kapsüle bağlı yemleme delik içi şarjı patlatmaktadır. İşletmede kullanılmakta olan delik içi kapsüller ve yüzey kapsülleri Tablo 5.2'de gösterilmektedir. Şekil 5.3 Murgul işletmesinde kullanılan yüzey kapsüllerini ve 500 ms delik içi kapsül bağlanmış yemlemeyi göstermektedir. Şekil 5.4'de ise Murgul'da çok sıralı patlatmalarda uygulanan delik içi geometri görülmektedir.

Tablo 5.2 İşletmede kullanılan kapsül tipleri

Kapsül Tipi	Tüp Boyu	Gecikme Süresi
U 475	15 m	475 ms
U 500	7.8 m	500 ms
SL 0	4,8 m	0 ms
SL 17	7,8 m	17 ms
SL 25	15,0 m	25 ms
SL 42	7,8 m	42 ms
U : Nonel United delik içi kapsül, SL: Snapline yüzey bağlantı bloğu		

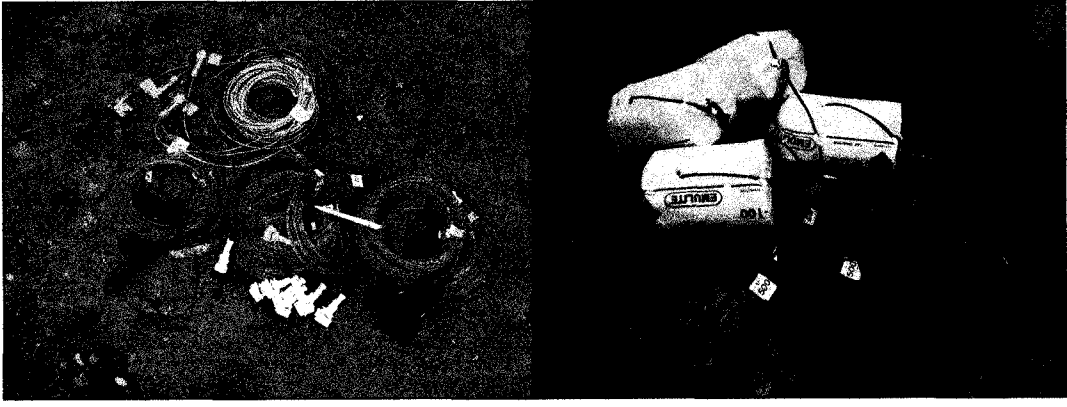
Nonel United ateşleme sistemi kullanılırken delik içi kapsüllerin gecikme zamanının 475 ms olarak seçilmesindeki amaç, yüzey bağlantı kapsüllerinden tüm deliklere sinyal iletilmeden deliklerin patlamasını önlemektir. Böylece tüm delikler

ateşlenmeden gerçekleşecek bir patlamanın yüzeydeki NONEL tüplerini kesip koparması ve ateşleme devresinin hasara uğraması önlenir. Şekil 5.2’de Murgul işletmesi Damar sahasında 06.05.2003 tarihinde gerçekleştirilmiş bir atım görülmektedir. Bu atımda yüzey gecikme zamanı son delikte 327 ms olarak gerçekleşmiştir. Bu değer 475 ms delik içi gecikme zamanının altındadır. Böylece atım grubunda patlama başlamadan bütün delik içi kapsüllere ateşleme sinyali iletilmiş olmaktadır. Sıralı ateşlemeyi özellikle elektrikli kapsülle yapılan ateşlemelerde sıkça ortaya konduğu gibi iki gruba ayırmak mümkündür. Eğer hiçbir delik patlamadan önce bütün kapsüller ateşlenir ise bu durum, ‘tam olarak aktive edilmiş sıralı zamanlama’ (FAST, Fully Activated Sequential Timing) olarak tanımlanır. Eğer bütün kapsüllere ateşleme sinyali iletilmeden deliklerde patlatma başlatılırsa bu durumda, ‘kısmen aktive edilmiş sıralı zamanlama’ (PAST, Partially Activated Sequential Timing) söz konusudur. Murgul işletmesinde gerçekleştirilmiş örnek atımlar Ek A’da verilmiştir [12].

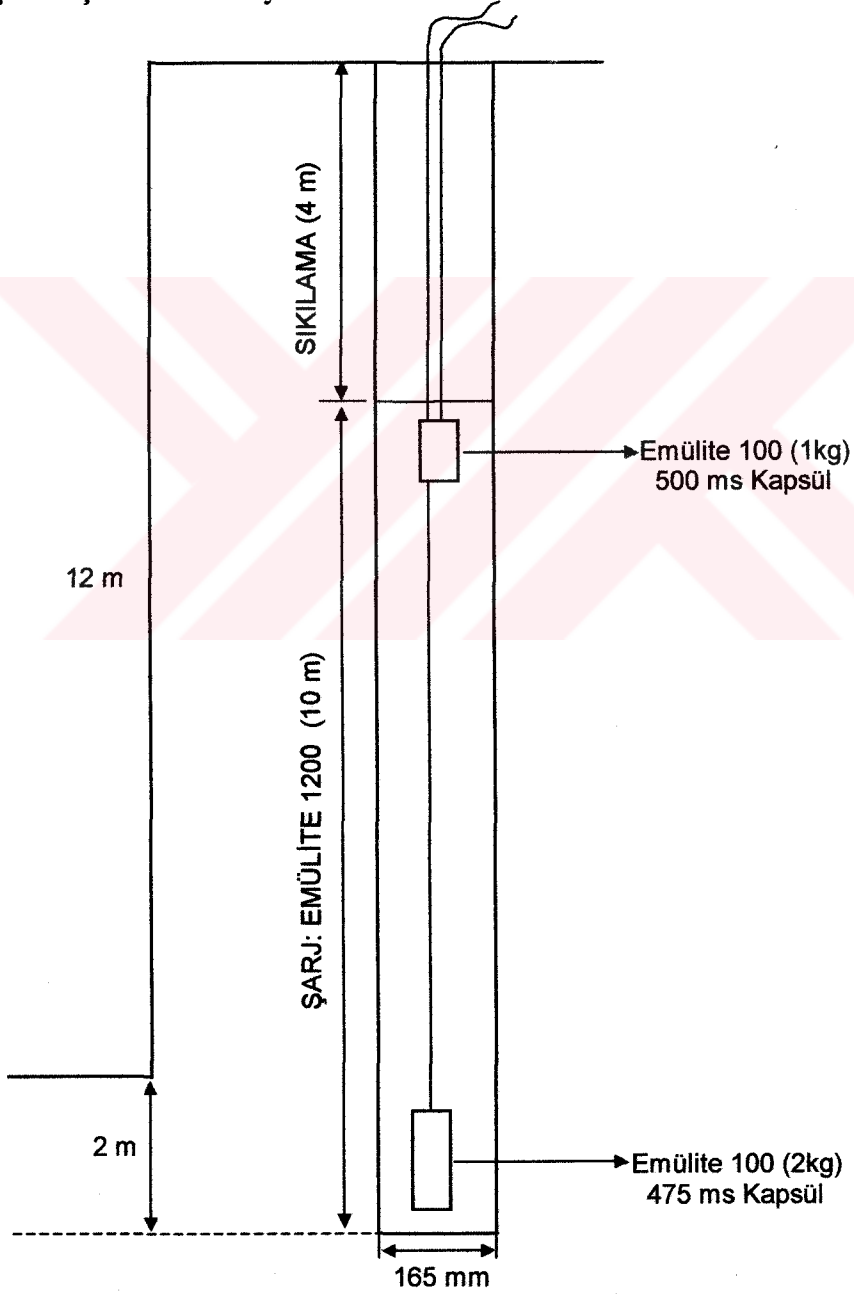


Şekil 5.2 Damar sahasında 06.05.2003 tarihinde gerçekleştirilmiş atım

Ateşleme devresi adi kapsül (8 no’lu tahrip kapsülü) ve emniyetli fitil yardımıyla ateşlenmektedir. Bir metresi yaklaşık olarak 115 s.’de yanan emniyetli fitilin boyu 1,6 m. ile 2 m. arasındadır. Genellikle aynı boyda emniyetli fitil bağlanmış iki adet adi kapsül hazırlanmaktadır. Bu iki kapsül NONEL tüpüne birlikte bağlanarak, bir hatadan dolayı ateşlemenin gerçekleşmemesi olasılığı ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır.



Şekil 5.3 a) Murgul işletmesinde kullanılan NONEL yüzey kapsülleri b) U500 kapsül yerleştirilmiş Emülite 100 yemlemeler



Şekil 5.4 Murgul'daki çok sıralı patlatmalarda delik içi geometri

5.2.2 Üretim atımlarında karşılaşılan sorunlar

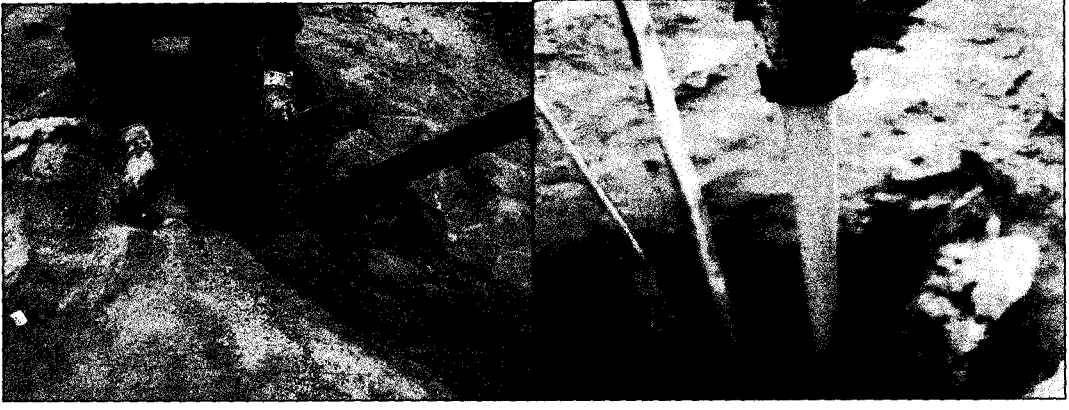
Yerinde yapılan gözlemlerde patlatma yapılacak aynaların düzgün olmadığı tespit edilmiştir. İkincil atımlar yoluyla ayna ve zemin düzeltilmektedir. Ancak bu da ek maliyet unsuru oluşturmaktadır.

İşletmede yer altı su seviyesi nedeniyle aynada ve deliklerde su bulunmaktadır. Ancak patlayıcı şarjı olarak emülsiyonun kullanımı nedeniyle suyun patlatma verimliliğini etkilemesi gibi bir sorun söz konusu değildir. (Şekil 5.5) Ayrıca emülsiyon patlayıcının deliklerin hacmini tam kaplaması, hatta çatlakları sıvaması patlayıcının gücünden tam yararlanılmasını sağlamaktadır [3].

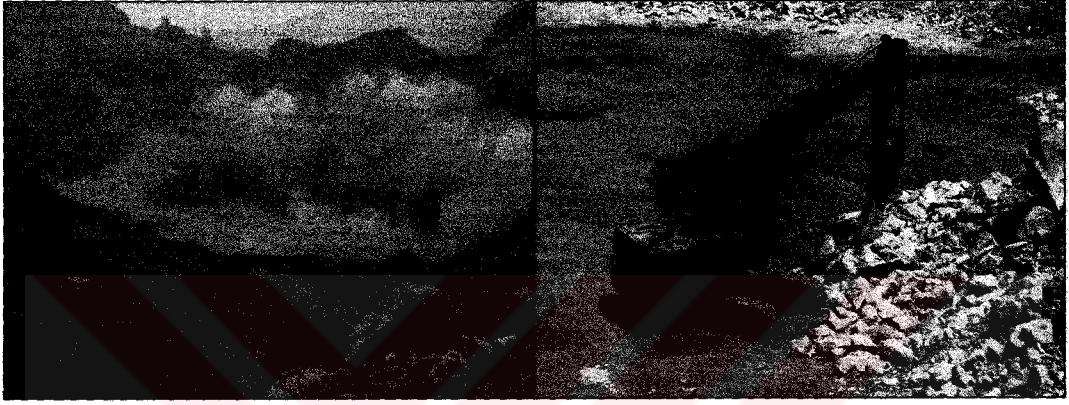
Çalışma yapılan Damar sahasının Bognori bölümünün, yerleşim yerlerine çok yakın olması, patlatma emniyetini önemli kılmaktadır. Nonel sistemi kullanıldığından bir atım grubu içinde aynı anda patlayan ikiden fazla delik olmamaktadır. Bu durum yer sarsıntısı seviyelerinin düşürülmesi açısından önem taşır. İşletmede yer sarsıntısı seviyelerinin tespiti için belirli bölgelerde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bölüm 9’da ölçüm sonuçları ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

İşletmede atım yapıldıktan sonra büyük boyutlu patarların ortaya çıktığı, aynada tam ayrılmamış kısımların olduğu görülmüştür. Pasanın içinde bulunan büyük bloklar ekskavatör ve loderin çalışmasını güçleştirmektedir. Ekskavatör yükleme sırasında büyük blokları, ayrı bir kenara ayırmak zorundadır. Daha sonra ortaya çıkan büyük bloklar hidrolik kırıcı yardımıyla kırılmakta, patar atımı gerçekleştirilmemektedir. Ancak bu durum da zaman kaybına ve verimliliğin düşmesine neden olmaktadır. Şekil 5.6’da patlama anının görüntüsü ve patarların parçalamasında kullanılan hidrolik kırıcı görülmektedir.

Açık ocak işletmeciliğinde verimli bir çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için delme-patlatma ve yükleme-taşıma işlerinin birbirleriyle uyumlu olması gerekmektedir. Basamağın bir bölümünde patlatma işlemi gerçekleştirildikten sonra, ekskavatör bu bölgeye yaklaşmalı pasa hemen yüklenmeye başlanmalıdır. Bu sırada delme işlemi basamağın diğer bölümünde devam etmelidir. Murgul işletmesinde ekipmanın eski ve yıpranmış olması çalışma verimliliğini etkilemektedir. Ekskavatör arızalarıyla çok sık karşılaşılmakta yükleme çoğu zaman loderle gerçekleştirilmektedir.



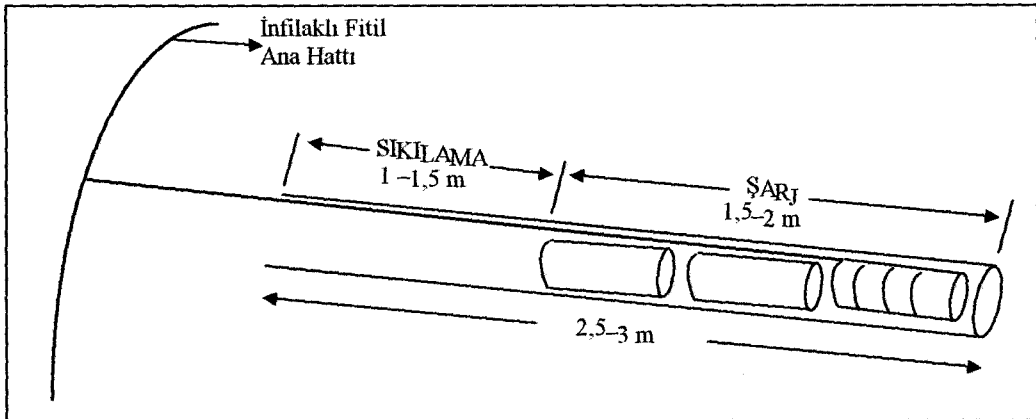
Şekil 5.5 a) Sulu deliğe emülsiyon şarjı b) Emülsiyon patlayıcının akış görüntüsü



Şekil 5.6 a) Basamakta patlama anının görüntüsü b) Hidrolik kırıcı

5.2.3 İkincil atımlar

İşletmede aynayı ve zemini düzeltmek için ikincil atımlar (trackdrill atımları) gerçekleştirilmektedir. İkincil atımlarda delik çapı 3 inch, delik boyu 2,5–3 m'dir. Delikler zemin ve ayna yüzeyine açılı olarak delinir. Bir atımda kullanılan patlayıcı miktarı genellikle 100 kg'ı geçmez. Delik şarjı olarak 50 mm çaplı, 270 mm boyunda ve 625 gr ağırlığında kapsüle duyarlı Emülite 100 kullanılmaktadır. (Şekil 5.7)



Şekil 5.7 İkincil atım delik geometrisi ve infilaklı fitil bağlantısı

Ateşleme sistemi olarak infilaklı fitil kullanılmaktadır. Ateşlemenin başlangıcı adi kapsül ve emniyetli fitil ile sağlanmaktadır (Şekil 5.8, 5.9).

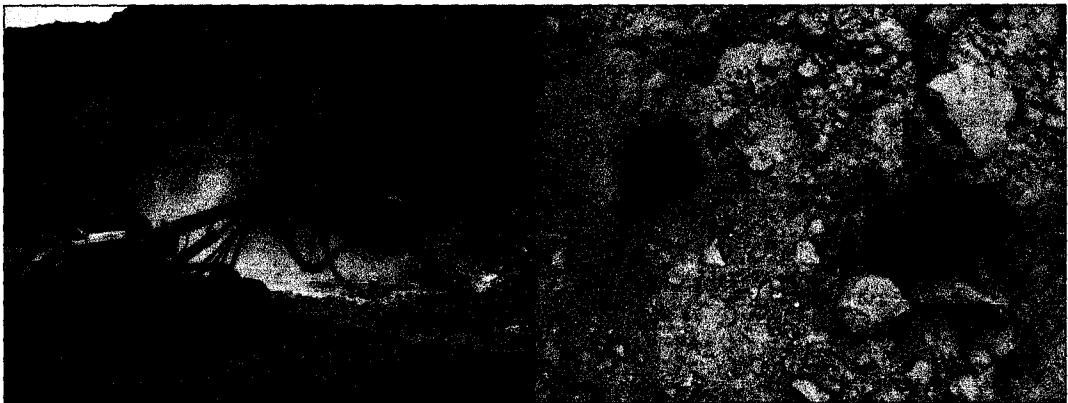
Delme makinesi Caterpillar ROC 701'dir. Delik üstü tabanca (top-hammer) sistemiyle çalışmaktadır. Bu sistemde tabanca darbeyi tijler aracılığıyla matkaba iletir. Delik içersinde sadece tabanca ve matkap bulunur. Tabanca dönmezken tijler ve matkap döner. Tabanca için gerekli hava seyyar kompresörler vasıtasıyla sağlanmaktadır. Delici uç olarak Sigma marka button uçlu matkaplar kullanılmaktadır.

5.2.4 İkincil atımlarda karşılaşılan sorunlar

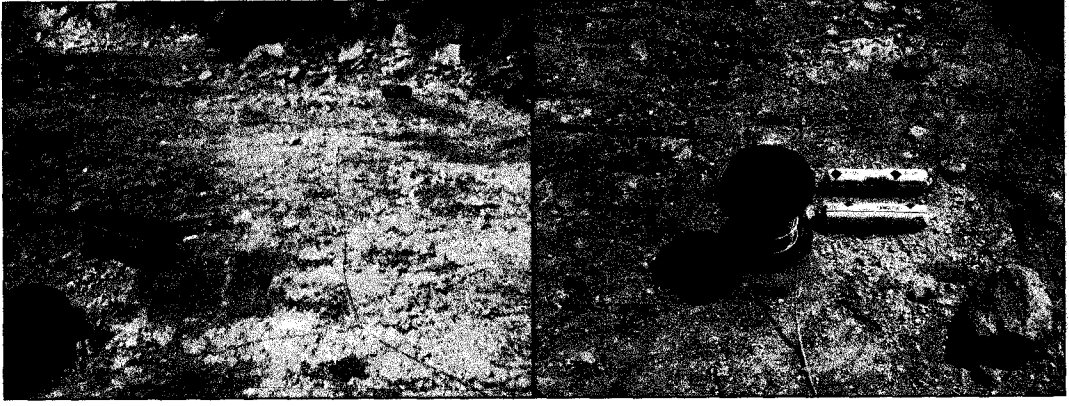
İkincil atımlarda delikler açılı delindiği için tij sıkışması sıkça görülen bir sorundur. Bunun yanında delici makinenin palet atlatması, hortum patlatma ve tabancadan kaynaklanan sorunlar ve mekanik arızalar sıkça görülmektedir.

İkincil atımlarda karşılaşılan bir diğer sorun infilaklı fitilin yüzeyde patlaması nedeniyle oluşan hava şokudur. İşletmenin çok yakınında yerleşim yerleri bulunduğu için hava şoku dikkate alınması gereken bir sorundur. İşletmede bu durumun tespiti için ikincil atımlarda hava şoku ölçümü gerçekleştirilmiştir (Bölüm 9).

İnfilaklı fitilin bağlantı şekli de bir diğer önemli konudur. Patlama sırasında ana hattın şube hatları kesmesini önlemek için şube hatların ana hatta bağlantısı dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Bağlantı sırasında şube hatlar ile ana hat arasındaki açı mümkün olduğunca 90^0 'ye yakın olmalıdır. Aksi halde ateşleme sonrası ana hatta ilerleyen yüksek infilak dalgası düğüm noktasına ulaşmadan, şube hattı koparıp fırlatabilir. Bu durumda şube hattın ateşlediği delikte patlama gerçekleşmeyecektir [13].



Şekil 5.8 a) ROC 701 delme makinesi b) İkincil atım deliği ve delici uç



Şekil 5.9 a) İnfilaklı fitil ana hattı ve şube hatlar b) İnfilaklı fitil ve Emülite 100 patlayıcı

6. MURGUL İŞLETMESİNDE PATLATMA İŞLERİNİN OPTİMİZASYON ÇALIŞMALARI

Delme–patlatma tasarımında bir çok parametreyi göz önüne almak gerekir. Patlatma performansını etkileyen parametreleri genel olarak kontrol edilebilen parametreler ve kontrol edilemeyen parametreler olarak ikiye ayırmak mümkündür. Delik geometrisi, patlayıcı tipi ve özellikleri, ateşleme sistemi kontrol edilebilen parametreler olarak sıralanabilir. Kayaç kütleinin jeomekanik özellikleri, süreksizlikler, atmosferik koşullar ise kontrol edilemeyen parametreler arasındadır.

Her araştırmacı patlatma tasarımı için özgün bir yaklaşım geliştirmiştir. Literatürde yer alan patlatma tasarım formüllerinin büyük bölümü ön tasarım formülleridir. Ön tasarım formülleri arazide uygulanarak deneme yanılma yoluyla mükemmel yaklaştırılmalıdır. Her ocaktaki koşulların farklı olduğu düşünülürse arazi uygulamalarının önemi ortaya çıkar.

Patlatma tasarımında maksimum verimlilik elde etmek için patlatma sonuçlarını etkileyen bütün parametreler dikkate alınmalıdır. Bununla birlikte kontrol edilemeyen parametrelerin sabit kaldığı düşünülürse, patlatma verimliliğini etkileyen üç önemli parametre ortaya çıkar. Bunlar delik yükü, delikler arası mesafe ve spesifik şarjdır. Bu üç parametre uygun seçilirse, diğer parametreleri de bunlara bağlı olarak belirlemek ve doğru bir patlatma tasarımı gerçekleştirmek mümkündür [14].

Murgul işletmesinde delik yükü ve delikler arası mesafe değiştirilerek deneme atımları gerçekleştirilmiş, sonuçlar patlatma verimliliği açısından değerlendirilmiştir. Patlatma performansının incelenmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan yöntemler;

- Görsel–gözlemsel analiz
- Fotoğraflama metodu
- Patar sayımı
- Kepçe yükleme oranı
- İkincil atımlarda patlayıcı tüketimi
- Geleneksel ve hızlı fotogrametri

- Eleme olarak sayılabilir [15,16].

Murgul işletmesinde gerçekleştirilen çalışmalarda patar sayımı, ekskavatör yükleme performans analizi ve parça boyut dağılım analizi (image analysis) yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca deneme atımlarına ait maliyet analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar irdelenmiştir. İşletmede her atımda atım şeklinin ve büyüklüğünün değiştiği göz önüne alınırsa, gerçekleştirilen deneme atımları aynı zamanda Murgul İşletmesi'ndeki atımların incelenebilmesi açısından örnek teşkil edecektir.

6.1 Ön Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi

Öncelikle literatürde yer alan formüllerden yararlanarak delik yükü ve delikler arası mesafe değerleri belirlenmiştir. Bu amaçla sekiz ayrı araştırmacının geliştirdiği bağıntılar (6.1–6.18) göz önüne alınmıştır. Sonuçlar Tablo 6.1'de özetlenmiştir.

- Vutukuri ve Bhandari (1973)

$$B = 0,024D + 0,85 \quad (6.1)$$

B = Delik yükü (m)

D = Delik çapı (mm)

$$B = 0,024.165 + 0,85 = 4,81 \text{ m}$$

$$S = 0,9B + 0,91 \quad (6.2)$$

S = Delikler arası mesafe (m)

B = Delik yükü (m)

$$S = 0,9 \times 4,81 + 0,91 = 5,24 \quad [7]$$

- Atlas Powder Company (1987)

$$B = \frac{25 - 35 \times D_e}{12} \quad (6.3)$$

B = Delik yükü (feet)

D_e = Delik Çapı (inç)

$$B = \frac{25 - 35 \times 6,50}{12}$$

$$B = 13,54 - 18,96 \text{ feet} = 4,13 - 5,78 \text{ m}$$

$$S = (1 - 1,8) \times B \quad (6.4)$$

S = Delikler arası mesafe (feet)

B = Delik yükü (feet)

$$S = (1 - 1,8) \times 13,54$$

$$S = 13,54 - 24,37 \text{ feet} = 4,13 - 7,43 \text{ m} \quad [12]$$

• Konya (1983)

$$B = [(2SG_e / SG_r + 1,5)]D_e \quad (6.5)$$

B = Delik yükü (feet)

SG_e = Patlayıcının yoğunluğu (gr/cm^3)

SG_r = Kayacın yoğunluğu (gr/cm^3)

D_e = Patlayıcı çapı (inç.)

$$B = [(2 \times 1,20 / 2,85 + 1,5)] \times 6,5$$

$$B = 15,22 \text{ feet} = 4,64 \text{ m}$$

$$S = (L + 7B) / 8 \quad (6.6)$$

S = Delikler arası mesafe (feet)

B = Delik yükü (feet)

L = Basamak yüksekliği (feet)

$$S = (39,37 + 7 \times 15,22) / 8$$

$$S = 18,24 \text{ feet} = 5,56 \text{ m} \quad [9]$$

• Olafsson (1988)

$$B_{\max} = 1,45 \times \sqrt{lb} \times R_1 \times R_2 \quad (6.7)$$

$B_{\max}$ = Maksimum delik yükü (m)

lb = Şarj konsantrasyonu (kg/m)

R_1 = Delik eğimine göre düzeltme faktörü (dik delik için 0,95)

R_2 = Kayaç yapısına göre düzeltme faktörü (Murgul için 0,90)

$$B_{\max} = 1,45 \times \sqrt{25,64} \times 0,95 \times 0,90$$

$$B_{\max} = 6,28 \text{ m}$$

$$E = (d / 1000) + 0,03 \times h \quad (6.8)$$

E = Delmedeki sapma (m)

d = Delik çapı (mm)

h = Delik boyu (m)

$$E = (165 / 1000) + 0,03 \times 14$$

$$E = 0,58 \text{ m}$$

B = Pratik delik yükü (m)

$$B = B_{\max} - E \quad (6.9)$$

$$B = 6,28 - 0,58 = 5,7 \text{ m}$$

$$S = 1,25 \times B \quad (6.10)$$

S = Pratik delikler arası mesafe (m)

B = Pratik delik yükü (m)

$$S = 1,25 \times 5,7 = 7,12 \text{ m} \quad [8]$$

• Arıoğlu 1990

$$a = 0,026 \times d + 0,41 \quad (6.11)$$

a = Delik yükü (m)

d = Delik çapı (mm)

$$a = 0,026 \times 165 + 0,41 = 4,7 \text{ m}$$

$$b = 0,97 \times a + 0,25 \quad (6.12)$$

a = Delik yükü (m)

b = Delikler arası mesafe (m)

$$b = 0,97 \times 4,7 + 0,25 = 4,81 \text{ m} \quad [17]$$

• Tamrock (1988)

$$B = (25 - 40) \times D \quad (6.13)$$

D = Delik çapı (m)

B = Delik yükü (m)

$$B = (25 - 40) \times 0,165 = 4,12 - 6,6 \text{ m}$$

$$S = 1,25 \times B \quad (6.14)$$

S = Delikler arası mesafe (m)

B = Delik yükü (m)

$$S = 1,25 \times (4,12 - 6,6) = 5,15 - 8,25 \text{ m} \quad [4]$$

- Hagan (Bilgin, 1986)

$$B = (20-30) \times D \quad (6.15)$$

B = Delik yükü (m)

D = Delik çapı (m)

$$B = (20-30) \times 0,165 = 3,3-4,95 \text{ m}$$

$$S = 40 \times D \quad (6.16)$$

S = Delikler arası mesafe (m)

D = Delik Çapı (m)

$$S = 40 \times 0,165 = 6,6 \text{ m} \quad [18]$$

- Ash (1963)

$$B = \frac{K_B \times D_E}{12} \quad (6.17)$$

B = Delik yükü (feet)

K_B = Delik yükü için katsayı (35)

D_E = Delik Çapı (inch)

$$B = \frac{35 \times 6,5}{12} = 18,96 \text{ ft} = 5,78 \text{ m}$$

$$S = K_S \times B \quad (6.18)$$

K_S = Delikler arası mesafe için katsayı (1–2 arasında)

S = Delikler arası mesafe (m)

B = Delik yükü (m)

$$S = (1-2) \times 18,96 = 18,96-37,92 \text{ ft} = 5,78-11,56 \text{ m} \quad [19]$$

Tablo 6.1 Farklı bağıntılardan elde edilen delik yükü ve delikler arası mesafe değerleri

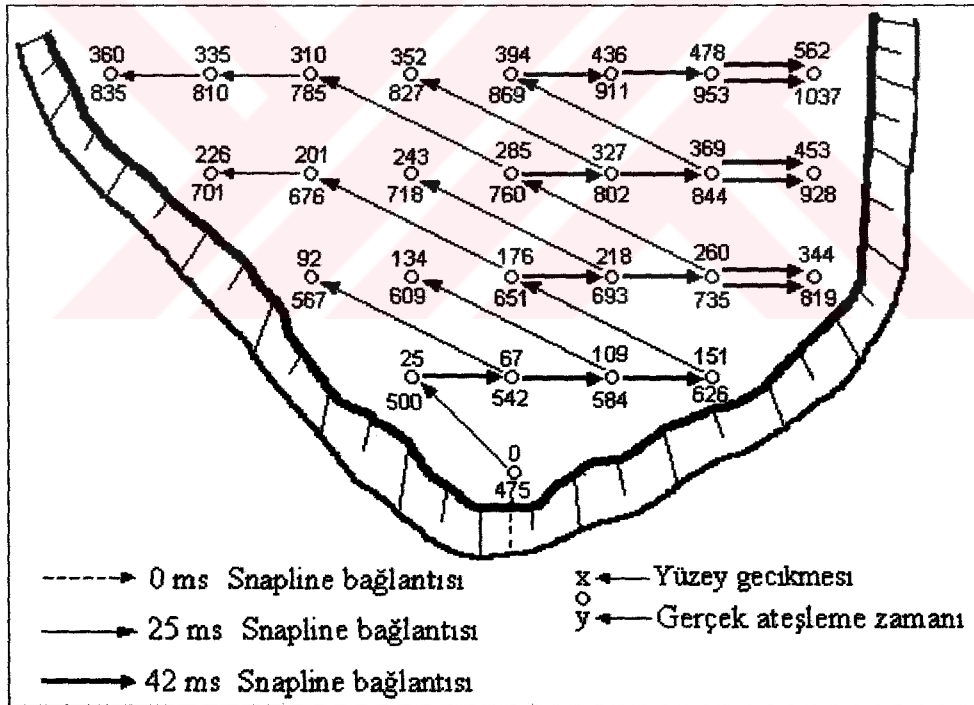
	Bhandari	Atlas Powder	Konya	Olofsson	Arıoğlu	Tamrock	Hagan	Ash
Delik yükü (B)	4,81	4,13-5,78	4,64	5,7	4,7	4,12-6,6	3,3-4,95	5,78
Delikler arası mesafe (S)	5,24	4,13-7,43	5,56	7,12	4,81	5,15-8,25	6,6	5,78 - 11,56

Murgul İşletmesi'ndeki atımlarda uygulanan 5 m delik yükü mesafesi literatürdeki değerlerle büyük ölçüde uyumludur. Yalnızca Olofsson'un ve Ash'in bağıntısından sırasıyla 5,7 ve 5,78 m'lik yüksek değerler elde edilmiştir. Delikler arası mesafe değerleri olarak Bhandari, Konya, Atlas Powder ve Arıoğlu'nun yaklaşımları işletmede uygulanan 5 m değerine yakındır. Buna karşın Olofsson 7,12 m, Tamrock 5,15–8,25 m, Hagan 6,6 m, Ash 5,78–11,56 m değerlerini önermektedir.

Delik yükü ve delikler arası mesafe değerleri sırasıyla 4,5x4,5; 4,5x4,75; 5x5; 5x5,5 olan dört deneme atımı gerçekleştirilmiştir. Bu örnek atımlar yoluyla işletmedeki patlatma verimliliği incelenecektir.

6.2 I.Örnek Atım (4,5x4,5)

Atım grubu 1084-1072 basamağında bulunmaktadır. Toplam 26 adet delik mevcuttur. Şekil 6.1, atım şeklini ve deliklerin gecikme sürelerini, Tablo 6.2 atıma ait patlatma parametrelerini göstermektedir.



Şekil 6.1 I.Örnek atımın atım şekli ve yüzey bağlantıları

Tablo 6.2 I.Örnek atıma ait patlatma parametreleri

Dilim Kalınlığı	(m)	4,5
Delikler Arası Mesafe	(m)	4,5
Basamak Yüksekliği	(m)	12

Tablo 6.2 Tablonun devamı

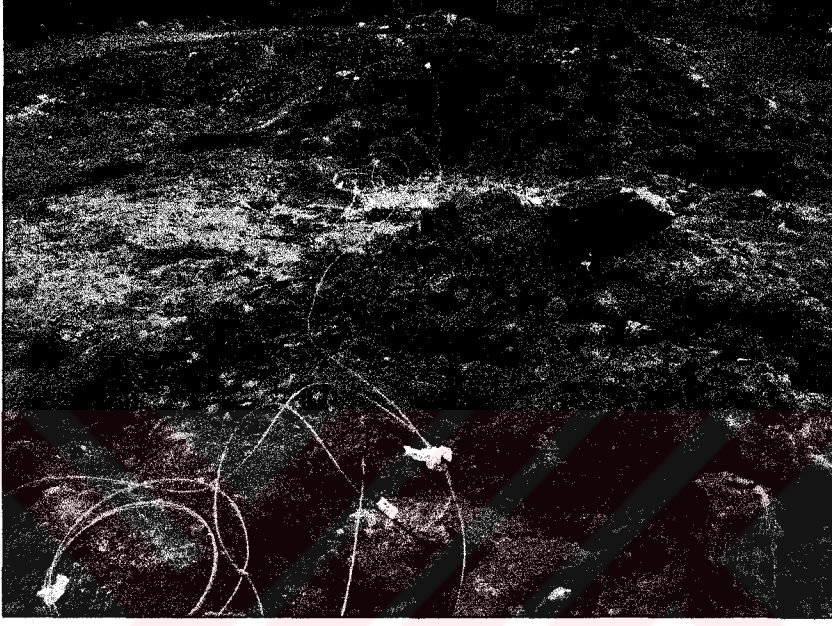
Teorik Kübaj	(m ³)	5400
Atım Tonajı	(ton)	15390
Emülite 1200	(kg)	6436
Emülite 100	(kg)	78
Spesifik Şarj (6,5")	(kg/m ³)	1,19
Spesifik Delme	(m/m ³)	0,067
Nonel Kapsülleri:		
U 475	(ad)	26
U 500	(ad)	26
SL 0	(ad)	1
SL 25	(ad)	13
SL 42	(ad)	15
Saniyeli Fitol	(m)	3,6
Adi Kapsül	(ad)	2
Delik çapı 151,7 mm alınır (Tablo 4.2);		
Spesifik Şarj	(kg/m ³)	1,01

Bu atımda 1084 basamağının burun şeklindeki bir bölümü patlatılmaktadır. Açılış delgisi burnun en ucundaki delgidir. Ateşleme düzeni, kısmen aktive edilmiş sıralı ateşleme (PAST) düzenindedir. Atım grubunun sağ tarafında patlama esnasında yenilmesi güç olan ve basamak tabanına doğru genişleyen 5 m'lik bir delik yükü vardır. Bu nedenle son üç sıranın sağındaki delgiler 42 ms'lik çift snapline bağlantılarıyla bağlanmıştır. Şekil 6.2 atım öncesi aynanın görünümünü göstermektedir.



Şekil 6.2 Atım öncesi aynanın görünümü

Atım grubunda her deliğin patlama zamanı farklıdır. Arka kesme düzgün, taban kesmesi iyi gerçekleşmiştir. Son sıradan itibaren 0,5 m'lik bir kısım alınmıştır. Patlatma sonrası ayna arkasında 2 m mesafeye kadar çatlaklar oluşmuştur. Pasa içinde boyutu 1 m.'den büyük 39 adet patar sayılmıştır. Şekil 6.3 atım grubunun sağındaki çift snapline bağlantısını göstermektedir. Şekil 6.4'de ise atım sonrası pasanın yayılışı gösterilmektedir.



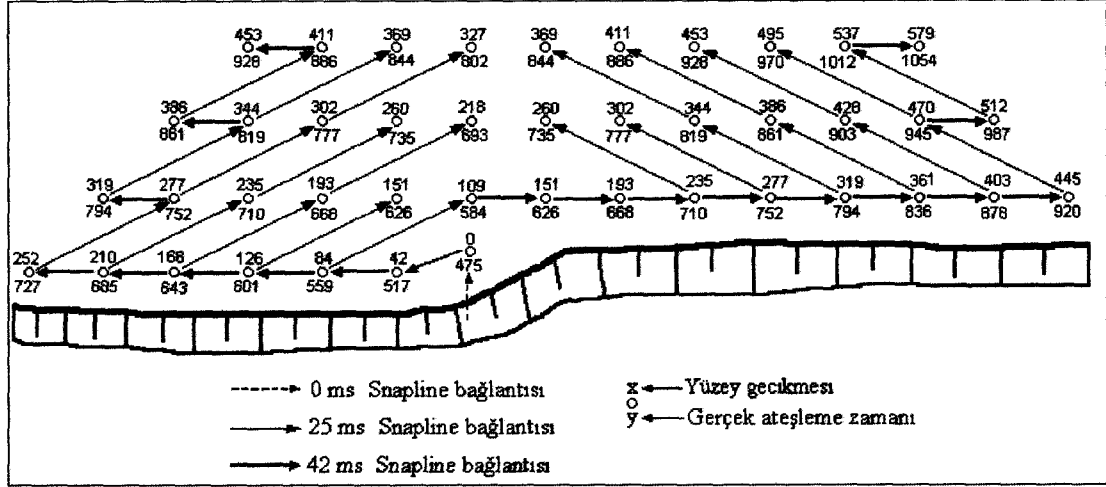
Şekil 6.3 Atım grubunun sağındaki çift snapline bağlantısı



Şekil 6.4 Atım sonrası pasanın yayılışı

6.3 II.Örnek Atım (4,5x4,75)

Atım grubu 1084–1072 basamağında bulunmaktadır. Toplam 43 adet delik mevcuttur. Şekil 6.5, atım şeklini ve deliklerin gecikme sürelerini, Tablo 6.3 atıma ait patlatma parametrelerini göstermektedir.



Şekil 6.5 II.Örnek atımın atım şekli ve yüzey bağlantıları

Tablo 6.3 II.Örnek atıma ait patlatma parametreleri

Dilim Kalınlığı	(m)	4,5
Delikler Arası Mesafe	(m)	4,75
Basamak Yüksekliği	(m)	12
Teorik Kübaj	(m ³)	8607
Atım Tonajı	(ton)	24530
Emülide 1200	(kg)	10640
Emülide 100	(kg)	129
Spesifik Şarj (6,5 ^u)	(kg/m ³)	1,24
Spesifik Delme	(m/m ³)	0,07
Nonel Kapsülleri:		
U 475	(ad)	43
U 500	(ad)	43
SL 0	(ad)	1
SL 25	(ad)	23
SL 42	(ad)	19
Saniyeli Fitol	(m)	3,6
Adi Kapsül	(ad)	2
Delik çapı 151,7 mm alınrsa (Tablo 4.2);		
Spesifik Şarj	(kg/m ³)	1,04

Aynanın özellikle basamak üstünden itibaren ilk 7 m'si son derece kırıklı çatlaklı bir yapı göstermektedir. İlk sıralarda sıkılama 5m'dir. Aynı anda patlayan en fazla iki delik vardır. Pasa ortaya doğru yığılmış, taban kesmesi düzgün gerçekleşmiştir. Ancak patlatma sonrası aynanın arkasında tam kopmayan bir kısım kalmıştır. Atım sonrası en arka sıranın gerisinden 30 santimlik fazladan bir kısım alınmış ve ayna arkasında 1,5 m mesafeye kadar çatlaklar oluşmuştur. Ateşleme, kısmen aktive edilmiş sıralı ateşleme (PAST) karakteri taşımaktadır. Şekil 6.6 atım öncesi aynanın görünümünü, Şekil 6.7 atım sonrası oluşan yeni aynayı göstermektedir.



Şekil 6.6 Atım öncesi aynanın görünümü

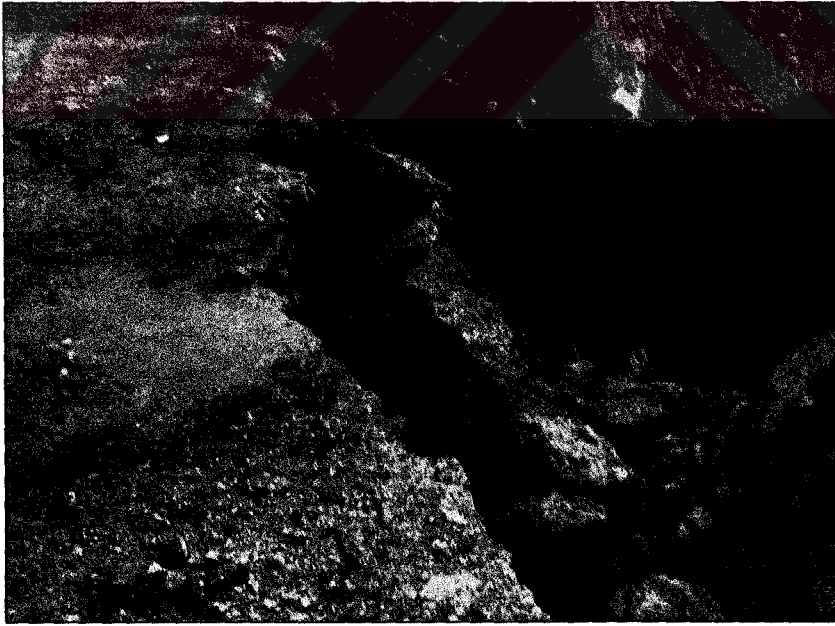


Şekil 6.7 Atım sonrası yeni aynanın görünümü

Pasanın sağ ve sol tarafında boyutları 3 m'yi bulan büyük bloklar açığa çıkmıştır. Bu blokların atım grubunun içinden gelmediği, atım sırasında atım grubunun sağ ve sol uç kısımlarından koptuğu gözlenmiştir. Pasa içinde boyutu 1 m'den büyük 56 adet patar sayılmıştır. Şekil 6.8 patlatma sonrası ortaya çıkan iri blokları göstermektedir. Şekil 6.9'da ise atım sonrası aynanın ortasındaki tam kopmamış kısım görölmektedir.



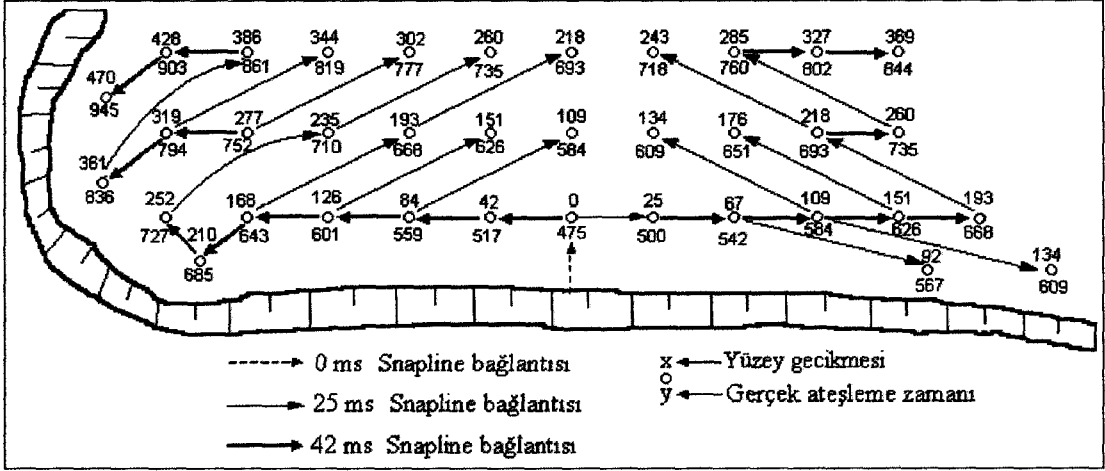
Şekil 6.8 Patlatma sonrası ortaya çıkan iri bloklar



Şekil 6.9 Atım sonrası aynanın ortasındaki tam kopmamış kısım

6.4 III.Örnek Atım (5x5)

Atım grubu 1098–1086 basamağında bulunmaktadır. Toplam 36 adet delik mevcuttur. Şekil 6.10 atım şeklini ve deliklerin gecikme sürelerini, Tablo 6.4 atıma ait patlatma parametrelerini göstermektedir.

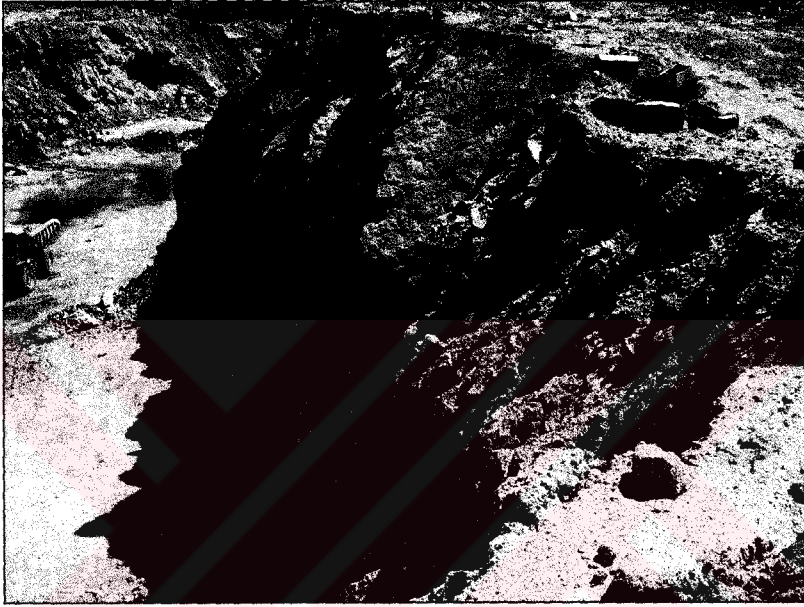


Şekil 6.10 III.Örnek atımın atım şekli ve yüzey bağlantıları

Tablo 6.4 III.Örnek atıma ait patlatma parametreleri

Dilim Kalınlığı	(m)	5
Delikler Arası Mesafe	(m)	5
Basamak Yüksekliği	(m)	12
Teorik Kübaj	(m ³)	8118
Atım Tonajı	(ton)	23136
Emülide 1200	(kg)	8820
Emülide 100	(kg)	108
Spesifik Şarj (6,5")	(kg/m ³)	1,09
Spesifik Delme	(m/m ³)	0,06
Nonel Kapsülleri:		
U 475	(ad)	36
U 500	(ad)	36
SL 0	(ad)	1
SL 25	(ad)	17
SL 42	(ad)	17
Saniyeli Fitol	(m)	3,6
Adi Kapsül	(ad)	2
Delik çapı 151,7 mm alınır (Tablo 4.2);		
Spesifik Şarj	(kg/m ³)	0,92

Ön sıralardaki deliklerde sıkılama 5 m'ye çıkarılmış, açılış ön sıranın tam ortasından gerçekleştirilmiştir. Ateşleme düzeni, tam olarak aktive edilmiş sıralı ateşleme (FAST) düzenindedir. Aynı anda patlayan en fazla iki delik mevcuttur. Ayna arkasında 1-1,5 m mesafeye kadar çatlaklar oluşmuştur. Arka kesme ve taban kesmesi düzgündür ve pasa ortaya doğru yığılmıştır. Atım sonrası 1 m'den büyük 65 adet patar sayılmıştır. Şekil 6.11'de atım öncesi ayna, Şekil 6.12'de atım sonrası oluşan yeni ayna ve Şekil 6.13'de atım sonrası ayna arkasında oluşan çatlaklar görülmektedir.



Şekil 6.11 III.Atım öncesi aynanın görünümü



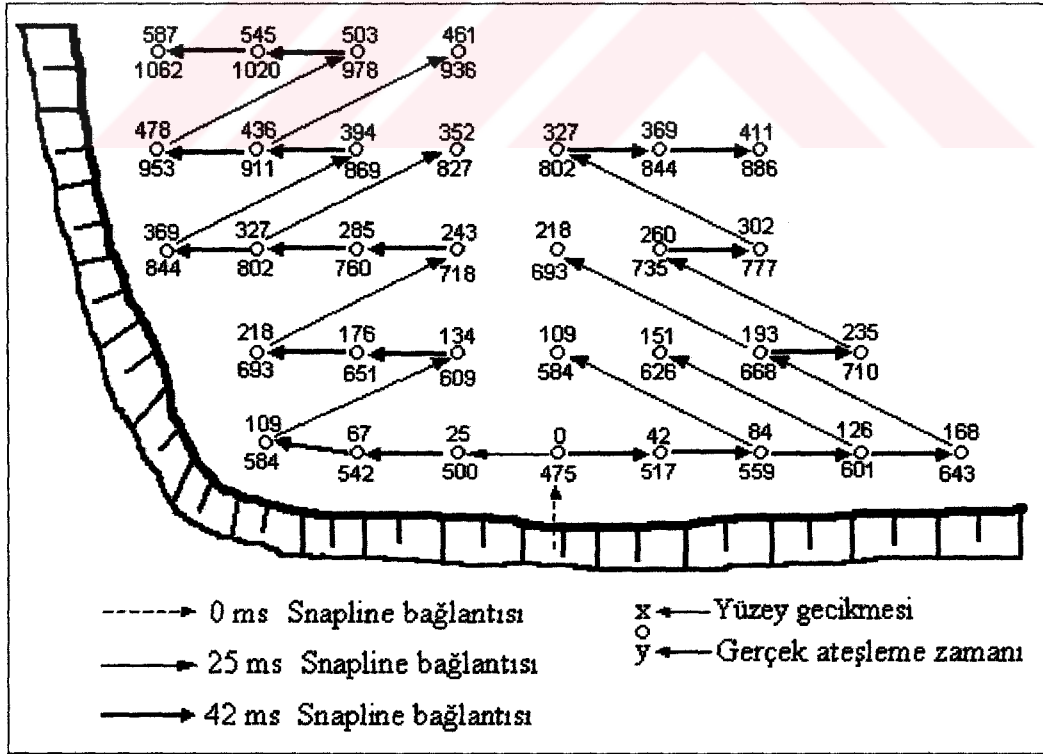
Şekil 6.12 Atım sonrası oluşan yeni ayna



Şekil 6.13 Atım sonrası ayna arkasında oluşan çatlaklar

6.5 IV.Örnek Atım (5x5,5)

Atım grubu 1084-1072 basamağında bulunmaktadır. Toplam 33 adet delik mevcuttur. Şekil 6.14 atım şeklini ve deliklerin gecikme sürelerini, Tablo 6.5 atıma ait patlatma parametrelerini göstermektedir.



Şekil 6.14 IV.Örnek atımın atım şekli ve yüzey bağlantıları

Tablo 6.5 IV.Örnek atıma ait patlatma parametreleri

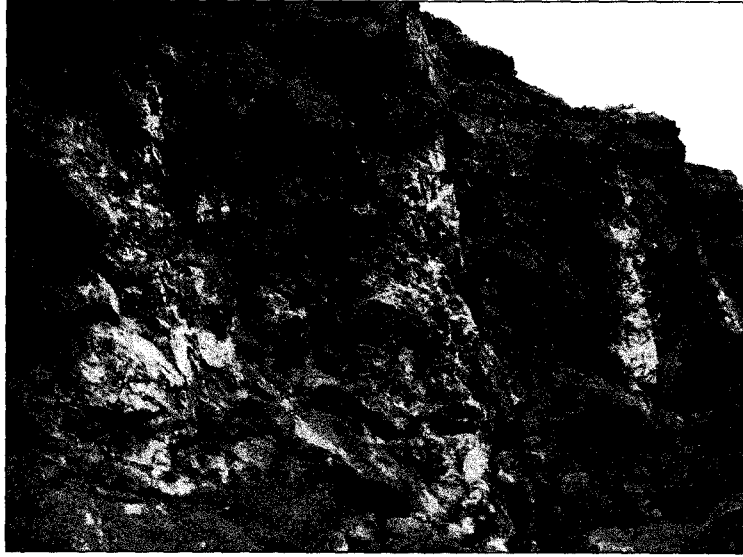
Dilim Kalınlığı	(m)	5
Delikler Arası Mesafe	(m)	5,5
Basamak Yüksekliği	(m)	12
Teorik Kübaj	(m ³)	8860
Atım Tonajı	(ton)	25251
Emülide 1200	(kg)	8256
Emülide 100	(kg)	99
Spesifik Şarj (6,5")	(kg/m ³)	0,93
Spesifik Delme	(m/m ³)	0,046
Nonel Kapsülleri:		
U 475	(ad)	33
U 500	(ad)	33
SL 0	(ad)	1
SL 25	(ad)	13
SL 42	(ad)	19
Saniyeli Fitol	(m)	3,6
Adi Kapsül	(ad)	2
Delik çapı 151,7 mm alınırsa (Tablo 4.2);		
Spesifik Şarj	(kg/m ³)	0,79

Açılış en ön sıranın ortasından gerçekleştirilmiştir. Ateşleme düzeni, kısmen aktive edilmiş sıralı ateşleme (PAST) düzenindedir. Aynı anda patlayan en fazla iki delik mevcuttur. Şekil 6.15’de atım öncesi ayna görülmektedir.



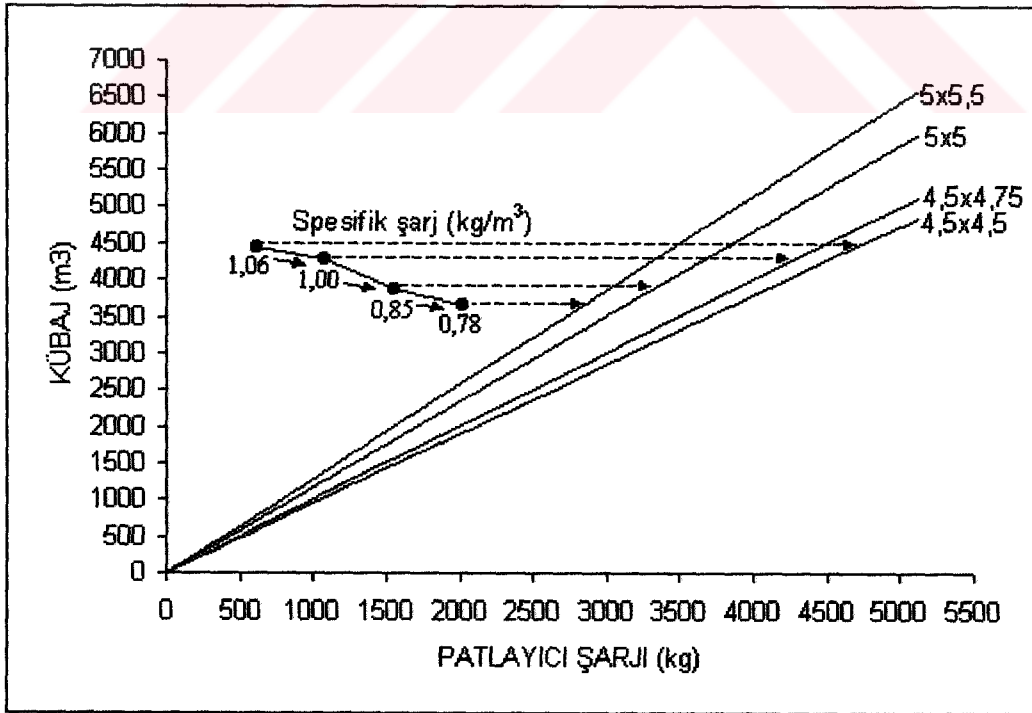
Şekil 6.15 Atım öncesi aynanın görünümü

Taban kesmesi ve arka kesme düzgün gerçekleşmiştir. Aynanın arkasında 2 m mesafeye kadar çatlaklar oluşmuştur. Toplam 71 adet boyu 1 m'den büyük patar sayılmıştır. Şekil 6.16'da atım sonrası oluşan yeni ayna görülmektedir

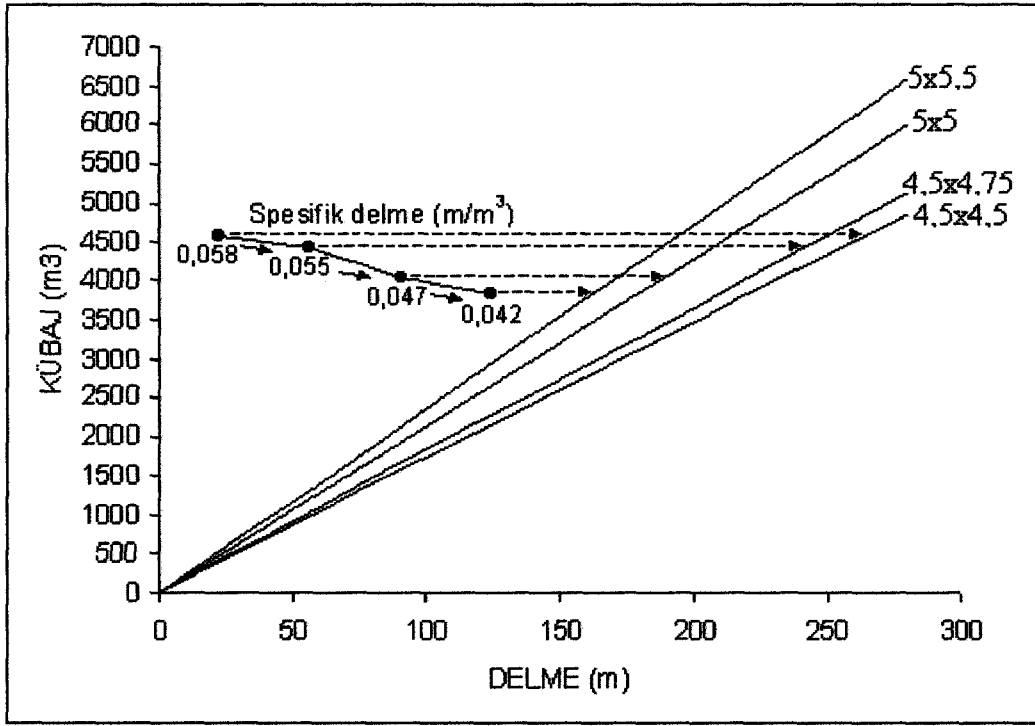


Şekil 6.16 Atım sonrası oluşan yeni ayna

Şekil 6.17 Murgul işletmesinde dört farklı patern için atılan kayaç miktarına karşılık gelen toplam patlayıcı tüketimini göstermektedir. Şekil 6.18 ise atılan kayaç miktarına karşılık gelen toplam delik delme miktarını göstermektedir.



Şekil 6.17 165 mm delik çapı için atılan kayaç miktarına karşılık gelen toplam patlayıcı tüketimi



Şekil 6.18 165 mm delik çapı için atılan kayaç miktarına karşılık gelen toplam delik delme miktarı

Yukarıda deneme atımları incelenen dört farklı patern genelleştirilerek değerlendirildiğinde, atılan m³ kayaç başına en yüksek patlayıcı tüketiminin delik yükünün 4,5 m, delikler arası mesafenin 4,5 m olduğu paternde gerçekleştiği görülür. En düşük patlayıcı tüketimi ise delik yükünün 5 m, delikler arası mesafenin 5,5 m olduğu paternde gerçekleşir. Atılan m³ kayaç başına en yüksek delme miktarı delik yükünün 4,5 m, delikler arası mesafenin 4,5 m olduğu paternde, en düşük delme miktarı ise delik yükünün 5 m, delikler arası mesafenin 5,5 m olduğu paternde gerçekleşir.

6.6 Yükleme Performans Analizi

Parçalanmanın kestirimi için daha hızlı yüklenen yığının daha iyi parçalanmaya sahip olduğu düşünülebilir. Yükleme performans analizi özellikle birden fazla atımın yığın kalitesinin (parçalanmanın) karşılaştırılması için kullanılır. Yapılan atımların her biri için ekskavatör yığını yüklerken kepçe dolma süresi, kepçe periyodu, ölçülmüştür. Kepçe periyodu ekskavatörün aynada kazıyı gerçekleştirmesi, dönüp malzemeyi kamyon üzerine boşaltması ve tekrar aynaya dönme süresini içerir. Kepçe dolma süresi parçalanmış malzemenin kepçeye alındığı fiili süredir. Kazı kapasitesi

ise ekskavatörün bir saatte yüklediği malzeme miktarını göstermektedir. Kazı kapasitesinin (A) bulunması için formül 6.19 kullanılmıştır. Tablo 6.2 ekskavatör performans sonuçlarını göstermektedir. En iyi performans I.Atımda elde edilmiştir.(20, 21)

Tablo 6.2 Yükleme performans analizi

Atım No	Kepçe periyodu (sn)	Kazı süresi (sn)	Kazı kapasitesi (m ³ /hr)
I	41,56	14,2	190,1
II	42,5	14,6	185,9
III	43,75	17,4	180,6
IV	44,2	15,3	178,8

$$A = \frac{v \times n \times 3600 \times i}{k \times p} \quad (6.19)$$

v = Kepçe hacmi (m³)

n = Kepçe dolma faktörü (0,90)

i = İşyeri randımanı (50/60)

k = Kayaç kabarma faktörü

p = Kepçe periyodu (sn)

7. PARÇA BOYUT ANALİZİ

Kayaç parçalarının boyut dağılımının belirlenebilmesi için, boyutları belirli sınırlar içerisinde bulunan parçacıkların yığın içinde hangi oranlar dahilinde bulunduğu belirlenmelidir. Daha sonra yığının parça boyut dağılım eğrisi (granülometri eğrisi) çıkarılır. Bu eğri vasıtasıyla pasa içinde belirli boyutların altında kalan parçacıkların yüzdeleri belirlenir. Parça boyut dağılım eğrisini elde edebilmek için doğrudan ve dolaylı olmak üzere birkaç yöntem kullanılabilir.

Doğrudan yöntemlerin başında elek analizi gelir. Bu yöntem en doğru ve güvenilir boyut dağılımı analiz yöntemidir. Ancak zaman alıcı ve pahalı olduğu için pratik uygulaması güçtür. Diğer bir doğrudan yöntem ise büyük parçaların sayılıp ölçülmesidir.

Dolaylı yöntemler arasında ampirik parçalanma modelleri sayılabilir. Parçalanma boyutu ve patlatma parametreleri arasında matematiksel bir ilişki kurmak amacıyla araştırmacılar tarafından denemeler yapılmış ve bir çok formül ortaya konmuştur. (Kuz-Ram, SveDeFo) Bir başka dolaylı yöntem fotogrametri yöntemidir. Bu yöntemle üç boyutlu görüntüler elde edilir. Fotogrametri yönteminin doğruluk payı yüksektir ancak ölçüm için gerekli teçhizatın pahalı olması ve ölçüm işleminin çok zaman alması nedeniyle kullanışlı değildir. (22,15)

En son dolaylı yöntem ise sayısal görüntü işleme yöntemidir. Bu yöntemde yığın fotoğraflanır ve elde edilen görüntüler bilgisayar yazılımları vasıtasıyla görüntü işleme teknikleri kullanılarak analiz edilir. Günümüzde kullanılmakta olan görüntü işleme sistemleriyle boyut dağılımını belirleyen yazılımlar arasında FragScan, WipFrag, Split, Tucips, Leica Qwin, CIAS, ve IPACS sayılabilir.

Parça boyut analizi için örnek resimler, patlatma sonrası direkt olarak yığından, bant nakliyatı sırasında bant üzerinden veya kamyonu yüklenmiş malzemeden alınabilir. Bunların içinde en kolay ve esnek olan yığının fotoğraflanmasıdır.

Fotografik görüntü kullanılarak parçalanmanın değerlendirilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken bir çok husus vardır. Alınan fotoğraflarda mümkün olduğunca

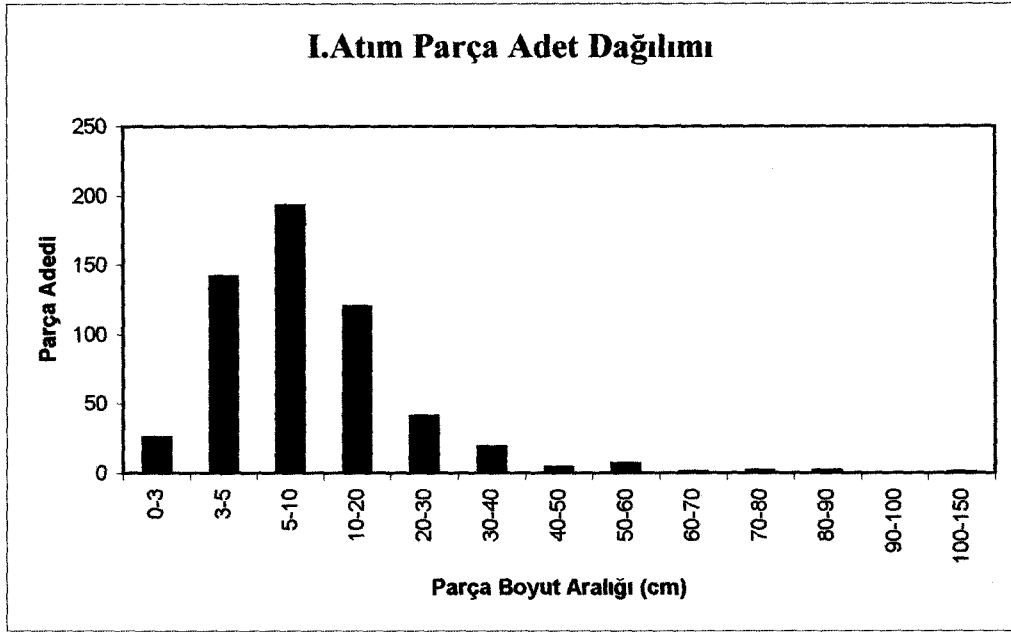
geniş açıdan kaçınılmalı, fotoğrafta kullanılan ölçeğin biçiminin bozulmamasına dikkat edilmelidir. Örnek resimlerin yığını temsil edebilmesi için mümkünse birden fazla resmin yığının farklı bölgelerinden alınması gerekir. Yığını temsil edecek fotoğraflar çekilirken, büyük parçaların gravite nedeniyle yığının kenarlarına doğru yayılma eğiliminde olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca toz olarak ifade edilebilecek çok ince parçaların iri parçaların yüzeyini kaplayarak etkin bir değerlendirme yapılmasını güçleştirebileceği göz önüne alınmalıdır. Örneklemeye sayısının artması sonucun doğruluğu açısından önem taşır. (23, 24, 25, 26)

Görüntü işleme sırasında her bir kaya parçacığı birbirinden ayrılmış olmalıdır. Fotoğraftaki düzensiz ışıklandırma, gölgeler, parazit gibi sorunlar bu işlemi güçleştirir. Ayrıca fotoğraf karesinde parçacıklar birbirinin üstüne gelmekte veya birbirine dokunmaktadır. Bu durum parçacıkların bölütlenmesini (birbirinden ayrılmasını) zorlaştırmaktadır.

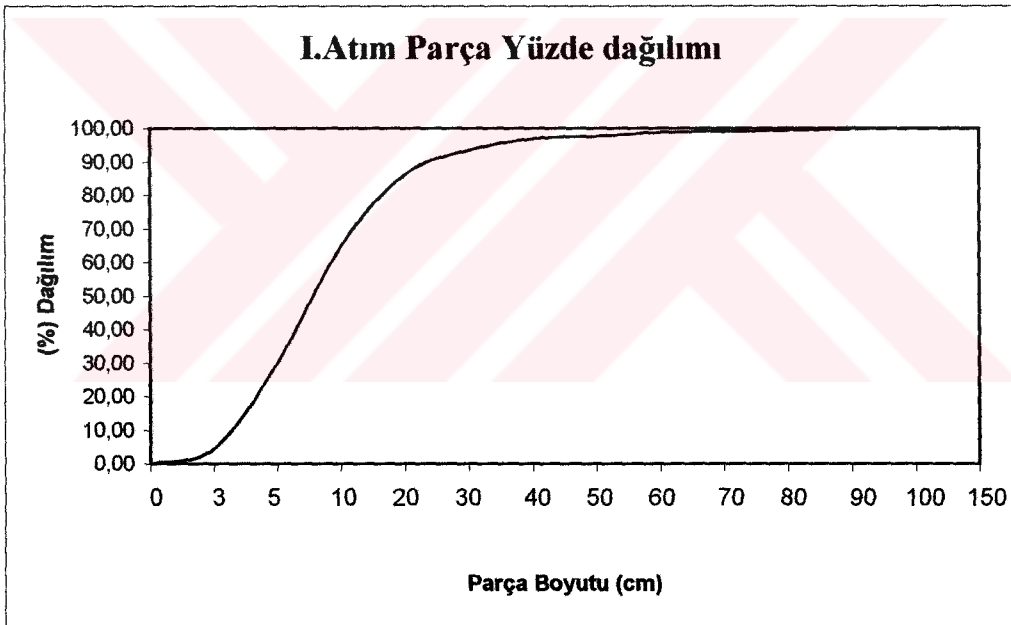
Murgul'da gerçekleştirilen atımlarda, parça boyut dağılımını belirlemek amacıyla atım sonrası her bir yığından en az üç fotoğraf alınmıştır. (Ek B) Fotoğraflarda açılı oluşturmamak için yığın tam üstten fotoğraflanmış, ölçek olarak 23x10 cm boyutlarında bir araç filtresi ve 40x33 cm ebatlarında bir çanta kullanılmıştır. İTÜ Maden Fakültesine getirilen fotoğraflar, Leica Imaging Systems şirketinin geliştirdiği Leica Qwin programı vasıtasıyla değerlendirilmiştir. Analiz sırasında mouse yardımıyla parçalar sınırlandırılarak bölütlenmiştir. Bölütleme gerçekleştirilirken parçaların sınırlarının birbirlerine değmemesine önem verilmiştir. Bütün parçalar birbirine değmeyecek şekilde bölütlendikten sonra program otomatik olarak parçaların sayısını ve her bir parçanın boyutunu vermektedir.

Parça boyut analizi yoluyla 6. bölümde incelenen dört atıma ait parça adet dağılımları ve parça yüzde dağılımları elde edilmiştir. Her atıma ait parça adet dağılımları Şekil 7.1, 7.3, 7.5 ve 7.7'de verilmiştir. Şekil 7.2, 7.4, 7.6 ve 7.8'de ise parça yüzde dağılımları gösterilmektedir.

Parça adet dağılımı grafikleri yoluyla belirli boyut grubu arasındaki parçaların sayısını görmek ve boyut grupları arasında mukayese yapmak mümkündür. Parça yüzde dağılımı grafikleri yoluyla da belirli bir boyutun altındaki parçaların toplam yığın içindeki yüzdesel miktarı belirlenebilir. Ek B'de belirli boyut aralığındaki parçaların yığın içindeki yüzdesel dağılımları ayrıntılı olarak verilmiştir.

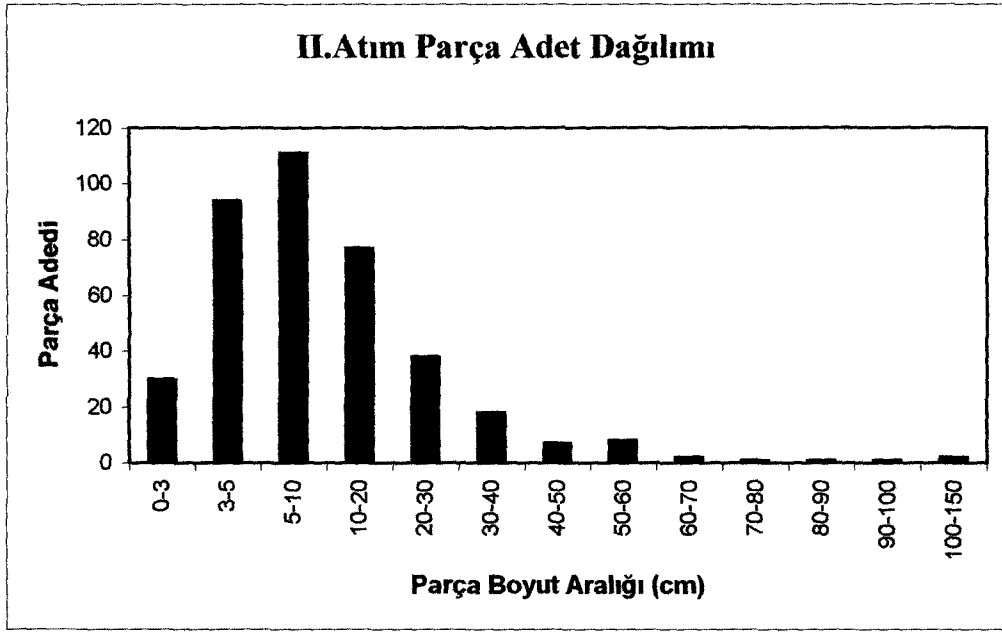


Şekil 7.1 I.Atım parça adet dağılımı

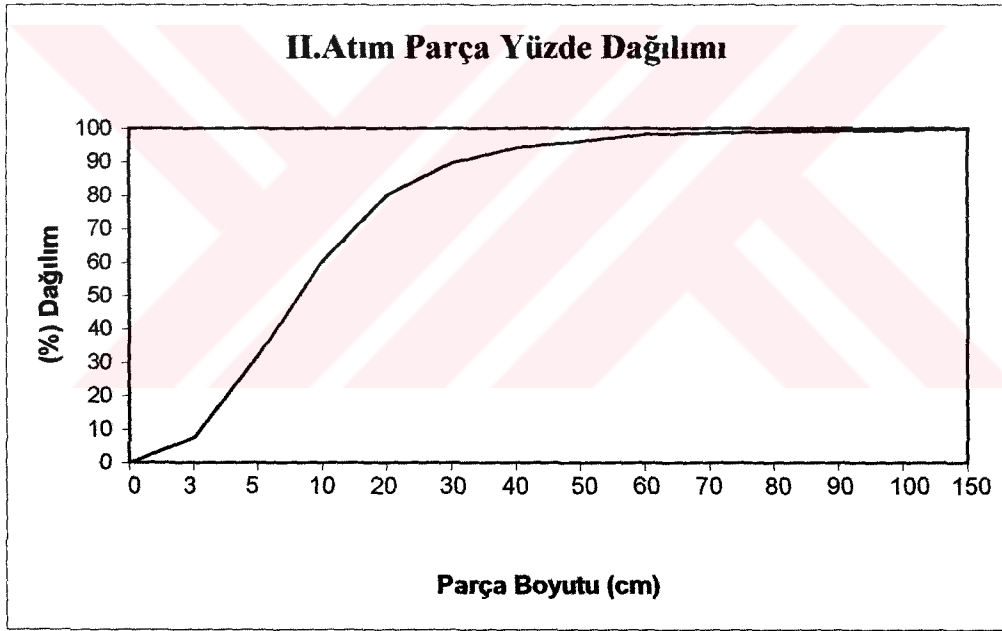


Şekil 7.2 I.Atım parça yüzde dağılımı

Toplam 558 adet parça sayılmıştır. Parçaların % 50’si 7,28 cm’nin altındadır. Sayılan parçaların % 81,5’i 3–20 cm boyut aralığındadır.

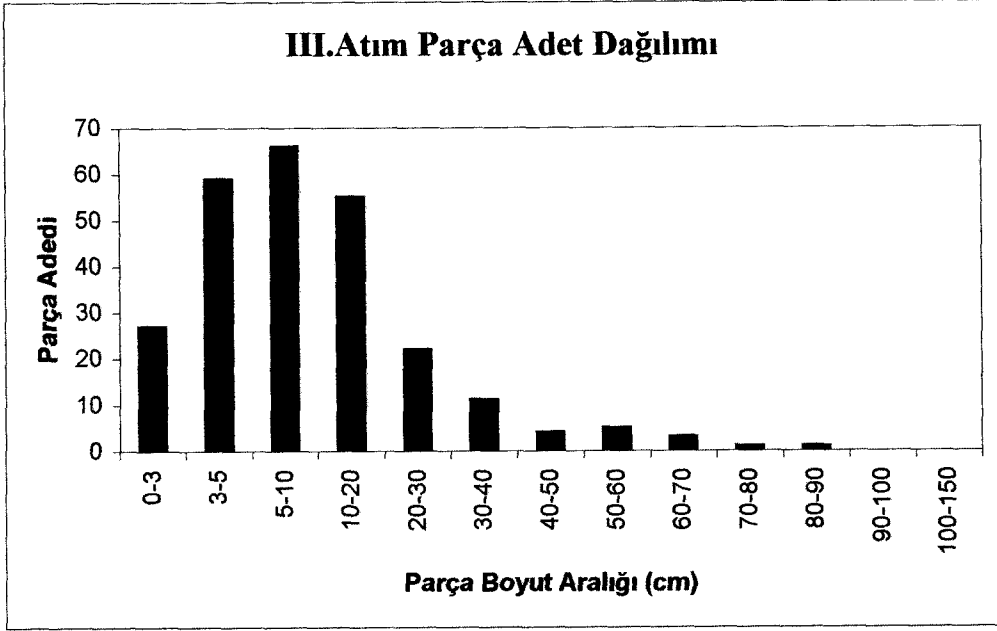


Şekil 7.3 II.Atım parça adet dağılımı

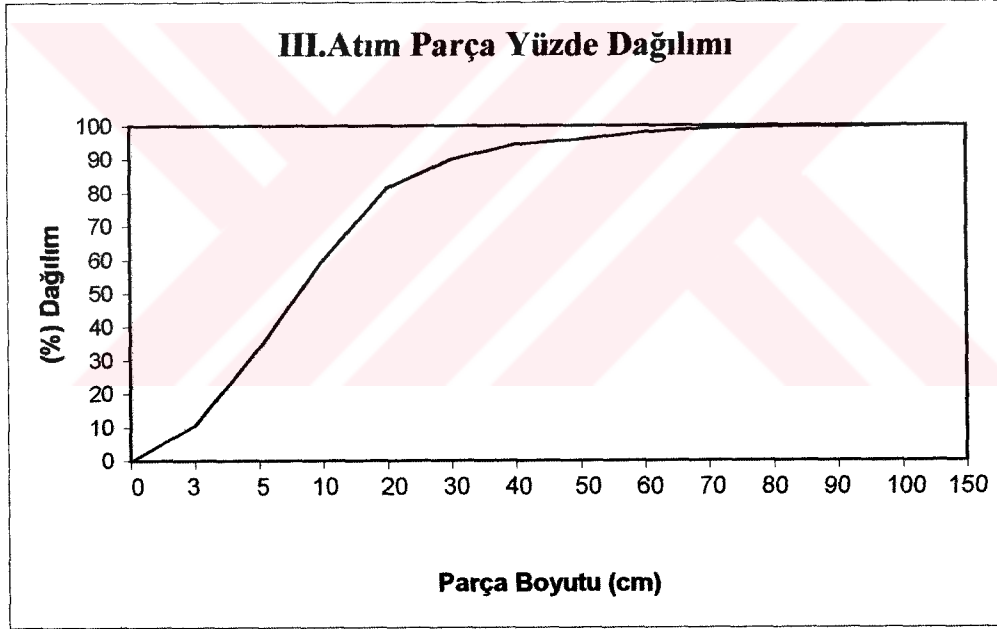


Şekil 7.4 II.Atım parça yüzde dağılımı

Toplam 390 adet parça sayılmıştır. Parçaların % 50'si 7,71 cm'nin altındaki parçalardan oluşmuştur. Sayılan parçaların % 72,3'ü 3–20 cm boyut aralığındadır.

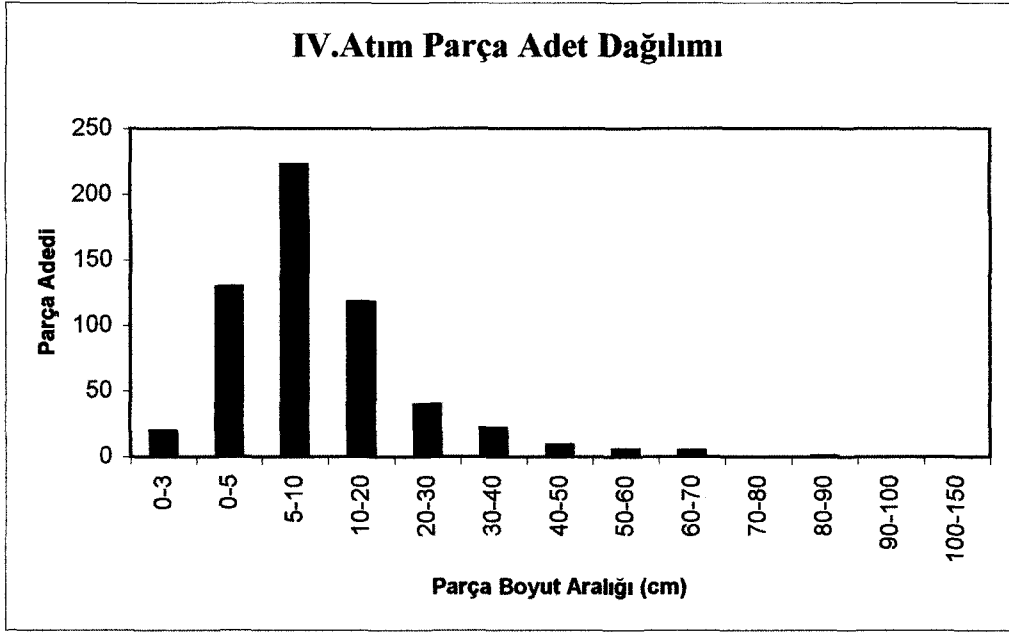


Şekil 7.5 III.Atım parça adet dağılımı

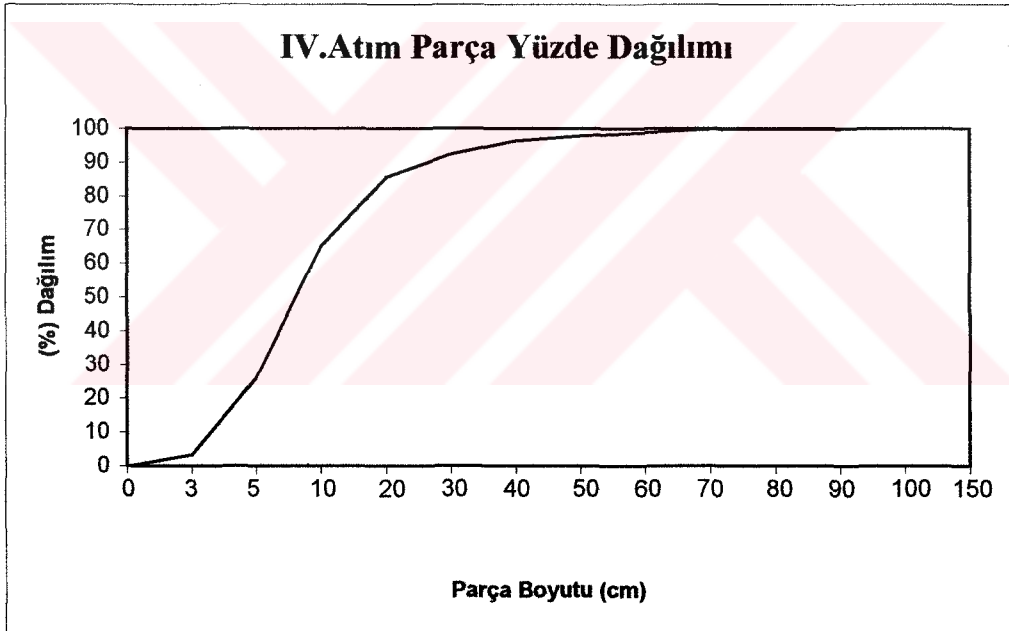


Şekil 7.6 III.Atım parça yüzde dağılımı

Yapılan analiz sonucunda toplam 254 adet parça sayılmıştır. III.Atım'da parçaların %50'sinin 7,36 cm'nin altında olduğu tespit edilmiştir. Sayılan parçaların % 70,87'si 3–20 cm boyut aralığındadır.



Şekil 7.7 IV.Atım parça adet dağılımı



Şekil 7.8 IV.Atım parça yüzde dağılımı

Toplam 574 adet parça sayılmıştır.Parçaların % 50'si 7,55 cm'nin altındadır. Sayılan parçaların % 82,6'sı 3–20 cm boyut aralığındadır.

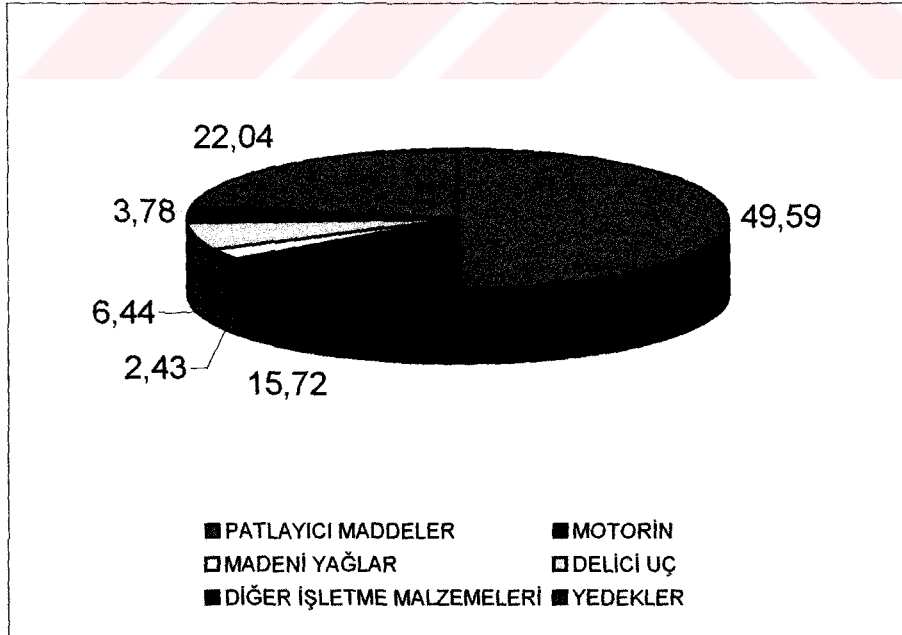
Yapılan analizler ışığında en düşük d50 boyutu 7,28 cm ile I.Atımda elde edilmiştir. En yüksek d50 boyutu ise 7,71 cm ile II.Atımda elde edilmiştir.

8. MALİYET ANALİZİ

2002 Verilerine göre işletme 1677500 ton cevher üretimi gerçekleştirmiştir. Açık ocak üretiminde patlayıcı madde maliyeti 381802 TL/ton'dur. Delici uç maliyeti 49621 TL/ton'dur. (2002 Ocak 1\$ = 1.447.714 TL, Haziran 1\$ = 1.422.203 TL)

İşletmede bir deliğin patlayıcı madde ve ateşleme sistemi maliyeti 277 \$/delik'tir. Emülsiyon patlayıcı ve nonel ateşleme sistemi yüksek verimlilik sağlamakla birlikte nisbi olarak yüksek bir maliyet şarjı oluşturmaktadır. Bir örnek vermek gerekirse, aynı delik çapında patlayıcı olarak ANFO, ateşleme sistemi olarak elektrikli kapsül kullanılması durumunda maliyet 80,7 \$/delik olarak gerçekleşecektir.

İşletmede gözlenmiş örnek atımlar için ayrıntılı maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu yolla atımları maliyet açısından karşılaştırmak mümkün olacaktır. Maliyet analizi aşamasında öncelikle Murgul işletmesi için birim delme maliyeti hesaplanmış, daha sonra her bir atım için ayrıntılı maliyet analizine geçilmiştir. (27)



Şekil 8.1 2002 verilerine göre açık ocak sarf malzemesi maliyet unsurları

8.1 Ortalama Birim Delik Delme Maliyeti (Delici Dm45)

a) Amortisman

Makine fiyatı : 681.980 \$

Çalışma periyodu : 4000 hr/yıl

Ekonomik ömür : 24000 hr / 4000 hr = 6 yıl

Yıllık deldiği delik metraji : 32000 m

Etkin amortisman : $681980 \$ / (6 \times 32000 \text{ m}) = 3,55 \$/\text{m}$

b) Sabit sermaye faizi

Oran : %3,25

Sabit sermaye Faizi : $(681980 \$ \times 0,0325) / 32000 \text{ m/yıl} = 0,69 \$/\text{m}$

c) Sarf malzemesi

•Matkap

Matkap fiyatı : 450 \$ (6,5 inch button bit)

Matkap ömrü : 210 m (orta sert formasyon)

Matkap şarjı : $450 \$ / 210 \text{ m} = 2,14 \$/\text{m}$

•Tij

Tij fiyatı : 800 \$

Tij ömrü : 2460 m

Tij şarjı : $800 \$ / 2460 \text{ m} = 0,33 \$/\text{m}$

Toplam şarj : $2,14 \$/\text{m} + 0,33 \$/\text{m} = 2,47 \$/\text{m}$

d) Enerji maliyeti

Mazot fiyatı : 0,73 \$/lt

Yakıt kapasitesi : 960 lt

Yakıt sarfiyatı : 60 lt/hr

Saatlik mazot şarjı : $60 \text{ lt/hr} \times 0,73 \$/\text{lt} = 43,80 \$/\text{hr}$

Delme kapasitesi : 8 m/hr

Mazot şarjı : $43,80 \$/\text{hr} / 8 \text{ m/hr} = 5,47 \$/\text{m}$

e) Bakım (0,02xMakine fiyatı)

$(0,02 \times 681980 \$) / (6 \text{ yıl} \times 32000 \text{ m/yıl}) = 0,07 \$/\text{m}$

f) Yağlama (0,01 x Mazot şarjı)

$0,01 \times 5,47 \$/\text{m} = 0,05 \$/\text{m}$

g) İşçilik

Operatör yevmiyesi : 29,76 \$/gün

Yağcı yevmiyesi : 28,4 \$/gün

Makinanın yaptığı metraj : = 96 m/gün

İşçilik maliyeti : $(29,76 \text{ \$/gün} + 28,4 \text{ \$/gün}) / 96 \text{ m/gün} = 0,61 \text{ \$/m}$

Amotisman : 3,55 \$/m

Faiz : 0,69 \$/m

Sarf : 2,47 \$/m

Enerji : 5,47 \$/m

Bakım : 0,07 \$/m

Yağlama : 0,05 \$/m

İşçilik : 0,61 \$/m

Toplam birim delme maliyeti : 12,91 \$/m

8.2 I.Atım Maliyet Analizi (4,5x4,5)

a) Delme Maliyeti

Delik boyu : 14 m

Delik sayısı : 26

Delme maliyeti : $26 \times 14 \text{ m} \times 12,91 \text{ \$/m} = 4699,24 \text{ \$}$

b) Patlayıcı maliyeti

• Ana Şarj

Emülite 1200 miktarı : 6436 kg

Emülite 1200 fiyatı : 1,02 \$/kg

Emülite 1200 maliyeti = $1,02 \text{ \$/kg} \times 6436 \text{ kg} = 6564,72 \text{ \$}$

• Yemleme

Emülite 100 miktarı : 78 kg

Emülite 100 fiyatı : 1.9 \$/kg

Emülite 100 maliyeti : $1,9 \text{ \$/kg} \times 78 \text{ kg} = 148,2 \text{ \$}$

■ Toplam patlayıcı maliyeti = 6712,92 \$

c) Ateşleme sistemi

• 475 ms kapsül -15,0 m : 26 adet

Birim fiyatı : 4,06 \$

Toplam maliyet = $26 \times 4,06 \text{ \$} = 105,56 \text{ \$}$

• 500 ms kapsül -7,8 m : 26 adet

Birim fiyatı : 2,93 \$

Toplam maliyet = $26 \times 2,93 \$ = 76,18 \$$

- SL 25 -15,0 m : 13 adet

Birim fiyatı : 4,06 \$

Toplam maliyet = $13 \times 4,06 \$ = 52,78 \$$

- SL 42-7,8 m : 15 adet

Birim fiyatı : 2,93 \$

Toplam maliyet = $15 \times 2,93 \$ = 43,95 \$$

- SL 0-4,8 m : 1 adet

Birim fiyatı : 2,20 \$

Toplam maliyet = $1 \times 2,20 \$ = 2,20 \$$

- Tahrip Kapsülü : 2 adet

Birim fiyatı : 0,20 \$

Toplam maliyet = $2 \times 0,20 \$ = 0,40 \$$

- Emniyetli fitil : 3,6 m

Birim fiyatı : 0,05 \$/m

Emniyetli fitil maliyeti = $3,6 \text{ m} \times 0,05 \$/\text{m} = 0,18 \$$

- Toplam ateşleme sistemi maliyeti = 281,25 \$

d) İşçilik

Baş barutçu 29,84 \$/gün

Ateşçi 29,84 \$/gün

Ateşçi 29,84 \$/gün

Ateşçi 29,84 \$/gün

119,36 \$/gün

İşletme üretimi : $561403 \text{ m}^3/\text{yıl} / 365 \text{ gün/yıl} = 1538 \text{ m}^3/\text{gün}$

Birim işçilik maliyeti : $119,36 \$/\text{gün} / 1538 \text{ m}^3/\text{gün} = 0,078 \$/\text{m}^3$

Atım kübajı : 5400 m^3

Toplam işçilik maliyeti : $5400 \text{ m}^3 \times 0,078 \$/\text{m}^3 = 421,2 \$$

Emülsiyon patlayıcı : 6712,92 \$

Ateşleme elemanları : 281,25 \$

İşçilik : 421,2 \$

Toplam patlatma maliyeti : 7415,37 \$

Birim Delme Patlatma Maliyeti : $(7415,37 \$ + 4699,24 \$) / 5400 \text{ m}^3 = 2,24 \$/\text{m}^3$

8.3 II.Atım Maliyet Analizi (4,5x4,75)

a) Delme Maliyeti

Delik boyu : 14 m

Delik sayısı : 43

Delme maliyeti : $43 \times 14 \text{ m} \times 12,91 \text{ \$/m} = 7771,82 \text{ \$}$

b) Patlayıcı maliyeti

- Ana Şarj

Emülide 1200 miktarı : 10640 kg

Emülide 1200 fiyatı : 1,02 \\$/kg

Emülide 1200 maliyeti = $1,02 \text{ \$/kg} \times 10640 \text{ kg} = 10852,8 \text{ \$}$

- Yemleme

Emülide 100 miktarı : 129 kg

Emülide 100 fiyatı : 1.9 \\$/kg

Emülide 100 maliyeti : $1,9 \text{ \$/kg} \times 129 \text{ kg} = 245,1 \text{ \$}$

- Toplam patlayıcı maliyeti = 11097,9 \\$

c) Ateşleme sistemi

- 475 ms Kapsül -15,0 m : 43 adet

Birim fiyatı : 4,06 \\$

Toplam maliyet= $43 \times 4,06 \text{ \$} = 174,58 \text{ \$}$

- 500 ms Kapsül -7,8 m : 43 adet

Birim fiyatı : 2,93 \\$

Toplam maliyet = $43 \times 2,93 \text{ \$} = 125,99 \text{ \$}$

- SL 25-15,0 m : 23 adet

Birim fiyatı : 4,06 \\$

Toplam maliyet = $23 \times 4,06 \text{ \$} = 93,38 \text{ \$}$

- SL 42-7,8 m : 19 adet

Birim fiyatı : 2,93 \\$

Toplam maliyet = $19 \times 2,93 \text{ \$} = 55,67 \text{ \$}$

- SL 0-4,8 m : 1 adet

Birim fiyatı : 2,20 \\$

Toplam maliyet = $1 \times 2,20 \text{ \$} = 2,20 \text{ \$}$

- Tahrip kapsülü : 2 adet

Birim fiyatı : 0,20 \\$

Toplam maliyet = 2 x 0,20 \$ = 0,40 \$

- Emniyetli fitil : 3,6 m

Birim fiyatı : 0,05 \$/m

Emniyetli fitil maliyeti = 3,6 m x 0,05 \$/m = 0,18 \$

- Toplam ateşleme sistemi maliyeti = 452,4 \$

d) İşçilik

Baş barutçu 29,84 \$/gün

Ateşçi 29,84 \$/gün

Ateşçi 29,84 \$/gün

Ateşçi 29,84 \$/gün

119,36 \$/gün

İşletme üretimi : 561403 m³/yıl / 365 gün/yıl = 1538 m³/gün

Birim işçilik maliyeti : 119,36 \$/gün / 1538 m³/gün = 0,078 \$/m³

Atım kübajı : 8607 m³

Toplam işçilik maliyeti : 8607 m³ x 0,078 \$/m³ = 671,35 \$

Emülsiyon Patlayıcı : 11097,9 \$

Ateşleme Elemanları : 452,4 \$

İşçilik : 671,35 \$

Toplam Patlatma Maliyeti : 12221,65 \$

Birim Delme Patlatma Maliyeti : (12221,65 \$ + 7771,82 \$) / 8607 m³ = 2,32 \$/m³

8.4 III. Atım Maliyet Analizi (5x5)

a) Delme Maliyeti

Delik boyu : 14 m

Delik sayısı : 36

Delme maliyeti : 36 x 14 m x 12,91 \$/m = 6506,64 \$

b) Patlayıcı maliyeti

- Ana Şarj

Emülite 1200 miktarı : 8820 kg

Emülite 1200 fiyatı : 1,02 \$/kg

Emülite 1200 maliyeti = 1,02 \$/kg x 8820 kg = 8996,4 \$

- Yemleme

Emülite 100 miktarı : 108 kg

Emülite 100 fiyatı : 1.9 \$/kg

Emülite 100 maliyeti : 1,9 \$/kg x 108 kg = 205,2 \$

- Toplam patlayıcı maliyeti = 9201,6 \$

c) Ateşleme sistemi

- 475 ms kapsül -15,0 m: 36 adet

Birim fiyatı : 4,06 \$

Toplam maliyet = 36 x 4,06 \$ = 146,16 \$

- 500 ms kapsül -7,8 m : 36 adet

Birim fiyatı : 2,93 \$

Toplam maliyet = 36 x 2,93 \$ = 105,5 \$

- SL 25-15,0 m : 17 adet

Birim fiyatı : 4,06 \$

Toplam maliyet=17x4,06 \$ = 69,025 \$

- SL 42-7,8 m : 17 adet

Birim fiyatı : 2,93 \$

Toplam maliyet = 17x2,93 \$= 49,81 \$

- SL 0 – 4,8 m : 1 adet

Birim fiyatı : 2,20\$

Toplam maliyet = 1x2,20 \$ = 2,20 \$

- Tahrip kapsülü : 2 adet

Birim fiyatı : 0,20 \$

Toplam maliyet = 2 x 0,20 \$= 0,40 \$

- Emniyetli fitil : 3,6 m

Birim Fiyatı : 0,05 \$/m

Emniyetli fitil maliyeti = 3,6 m x 0,05 \$/m = 0,18 \$

- Toplam ateşleme sistemi maliyeti = 373,27 \$

d) İşçilik

Baş barutçu 29,84 \$/gün

Ateşçi 29,84 \$/gün

Ateşçi 29,84 \$/gün

Ateşçi 29,84 \$/gün

119,36 \$/gün

İşletme üretimi : 561403 m³/yıl / 365 gün/yıl = 1538 m³/gün

Birim işçilik maliyeti : 119,36 \$/gün / 1538 m³/gün = 0,078 \$/m³

Atım kübajı : $8118 \text{ m}^3 \times 0,078 \text{ \$/m}^3 = 633,2 \text{ \$}$

Toplam işçilik maliyeti : $8118 \text{ m}^3 \times 0,078 \text{ \$/m}^3 = 633,2 \text{ \$}$

Emülsiyon patlayıcı : 8996,4 \$

Ateşleme elemanları : 373,27 \$

İşçilik : 633,2 \$

Toplam patlatma maliyeti : 10002,87 \$

Birim Delme Patlatma Maliyeti : $(10002,87 \text{ \$} + 6506,64 \text{ \$}) / 8118 \text{ m}^3 = 2,03 \text{ \$/m}^3$

8.5 IV.Atım Maliyet Analizi (5x5,5)

a) Delme Maliyeti

Delik boyu : 14 m

Delik sayısı : 33

Delme maliyeti : $33 \times 14 \text{ m} \times 12,91 \text{ \$/m} = 5964,42 \text{ \$}$

b) Patlayıcı maliyeti

• Ana Şarj

Emülite 1200 miktarı : 8256 kg

Emülite 1200 fiyatı : 1,02 \$/kg

Emülite 1200 maliyeti = $1,02 \text{ \$/kg} \times 8256 \text{ kg} = 8421,12 \text{ \$}$

• Yemleme

Emülite 100 miktarı : 99 kg

Emülite 100 fiyatı : 1.9 \$/kg

Emülite 100 maliyeti : $1,9 \text{ \$/kg} \times 99 \text{ kg} = 188,1 \text{ \$}$

■ Toplam patlayıcı maliyeti = 8609,22 \$

c) Ateşleme sistemi

• 475 ms Kapsül-15,0 m : 33 adet

Birim fiyatı : 4,06 \$

Toplam maliyet = $33 \times 4,06 \text{ \$} = 133,98 \text{ \$}$

• 500 ms Kapsül-7,8 m : 33 adet

Birim fiyatı : 2,93 \$

Toplam maliyet = $33 \times 2,93 \text{ \$} = 96,69 \text{ \$}$

• SL 25-15,0 m : 13 adet

Birim fiyatı : 4,06 \$

Toplam maliyet = $13 \times 4,06 \text{ \$} = 52,78 \text{ \$}$

- SL 42-7,8 m : 19 adet
Birim fiyatı : 2,93 \$
Toplam maliyet = 19 x 2,93 \$ = 55,67 \$
- SL 0-4,8 m : 1 adet
Birim fiyatı : 2,20 \$
Toplam maliyet = 1 x 2,20 \$ = 2,20 \$
- Tahrip kapsülü : 2 adet
Birim fiyatı : 0,20 \$
Toplam maliyet = 2 x 0,20 \$ = 0,40 \$
- Emniyetli fitil : 3,6 m
Birim fiyatı : 0,05 \$/m
Emniyetli fitil maliyeti = 3,6 m x 0,05 \$/m = 0,18 \$
- Toplam ateşleme sistemi maliyeti = 341,9 \$

d) İşçilik

Baş barutçu	29,84 \$/gün
Ateşçi	29,84 \$/gün
Ateşçi	29,84 \$/gün
Ateşçi	29,84 \$/gün
	119,36 \$/gün

İşletme üretimi : $561403 \text{ m}^3/\text{yıl} / 365 \text{ gün/yıl} = 1538 \text{ m}^3/\text{gün}$

Birim işçilik maliyeti : $119,36 \text{ $/gün} / 1538 \text{ m}^3/\text{gün} = 0,078 \text{ $/m}^3$

Atım kübajı = 8860 m^3

Toplam işçilik maliyeti : $8860 \text{ m}^3 \times 0,078 \text{ $/m}^3 = 691,08\$$

Emülsiyon patlayıcı : 8609,22\$

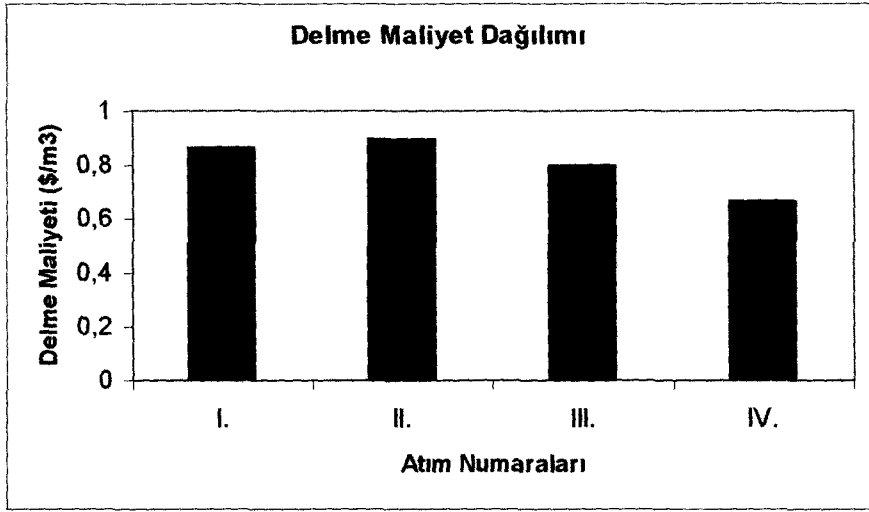
Ateşleme elemanları : 341,9 \$

İşçilik : 691,08 \$

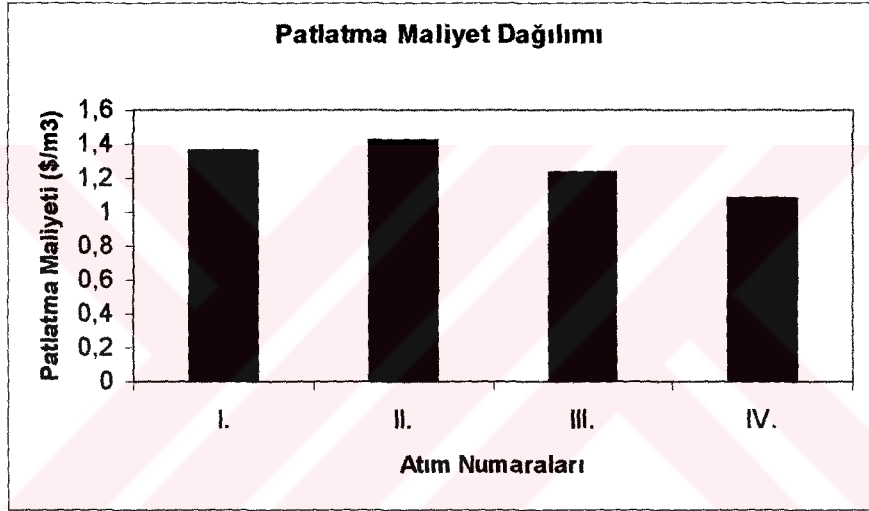
Toplam patlatma maliyeti : 9642,2 \$

Birim Delme Patlatma Maliyeti : $(9642,2 \$ + 5964,42 \$) / 8860 \text{ m}^3 = 1,76 \text{ $/m}^3$

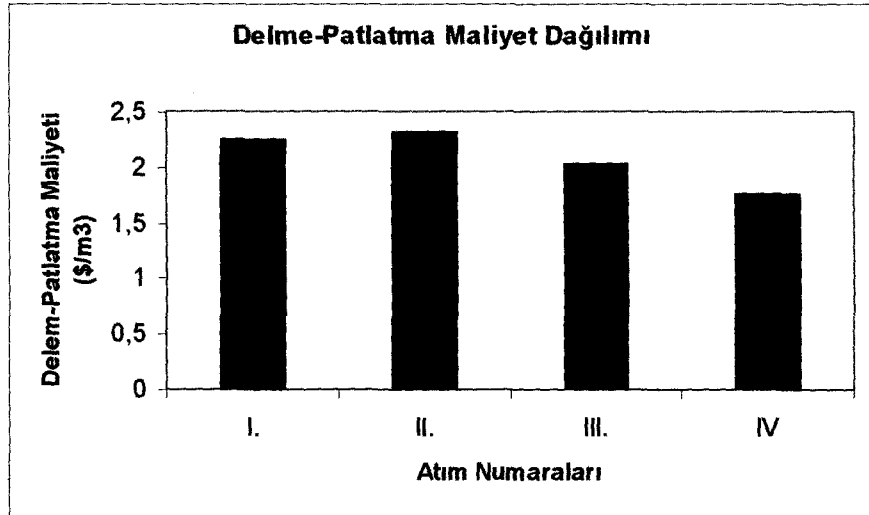
Dört ayrı atımın birim delme–patlatma maliyeti karşılaştırıldığında en düşük maliyet $1,76 \text{ $/m}^3$ değer ile IV.Atım'da en yüksek maliyet $2,32 \text{ $/m}^3$ değer ile II.Atımda gerçekleşmiştir. Şekil 7.1 birim delme maliyet dağılımını, Şekil 7.2 birim patlatma maliyet dağılımını, Şekil 7.3 ise birim delme–patlatma maliyet dağılımını göstermektedir.



Şekil 8.2 Birim delme maliyet dağılımı



Şekil 8.3 Birim patlatma maliyet dağılımı



Şekil 8.4 Birim delme-patlatma maliyet dağılımı

9. ÇEVRESEL ETKİLER

Patlatma işlemi sırasında patlayıcı enerjisinin bir kısmı kayaçta bir çatlak şebekesi oluşturmak ve oluşan bu yapıyı ileriye doğru ötelemek amacıyla kullanılır. Patlatma enerjisinin göz önünde bulundurulması gereken diğer bir kısmı ise iş yapmakta kullanılamaz ve sismik, ısı, ışık, ses enerjisi olarak harcanarak; yer sarsıntısı, hava şoku, taş savrulması, gaz emisyonu gibi çevresel olumsuzluklara neden olur. Bu etkiler ise işletme, çalışanlar ve işletme yakınındaki yerleşim yerleri için problemler doğurur. Günümüzde çevre bilincinin gittikçe önem kazanması patlatma kaynaklı olumsuz çevresel etkilerin minimize edilmesi zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. KBİ Murgul açık işletmesinde patlatma kaynaklı çevresel etkileri değerlendirmek amacıyla yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümleri gerçekleştirilmiş, taş savrulması, olgusu yerinde gözlemlenmiştir. Bu bölümde arazide gerçekleştirilen incelemeler ayrıntılı olarak değerlendirilecektir [7, 28, 29].

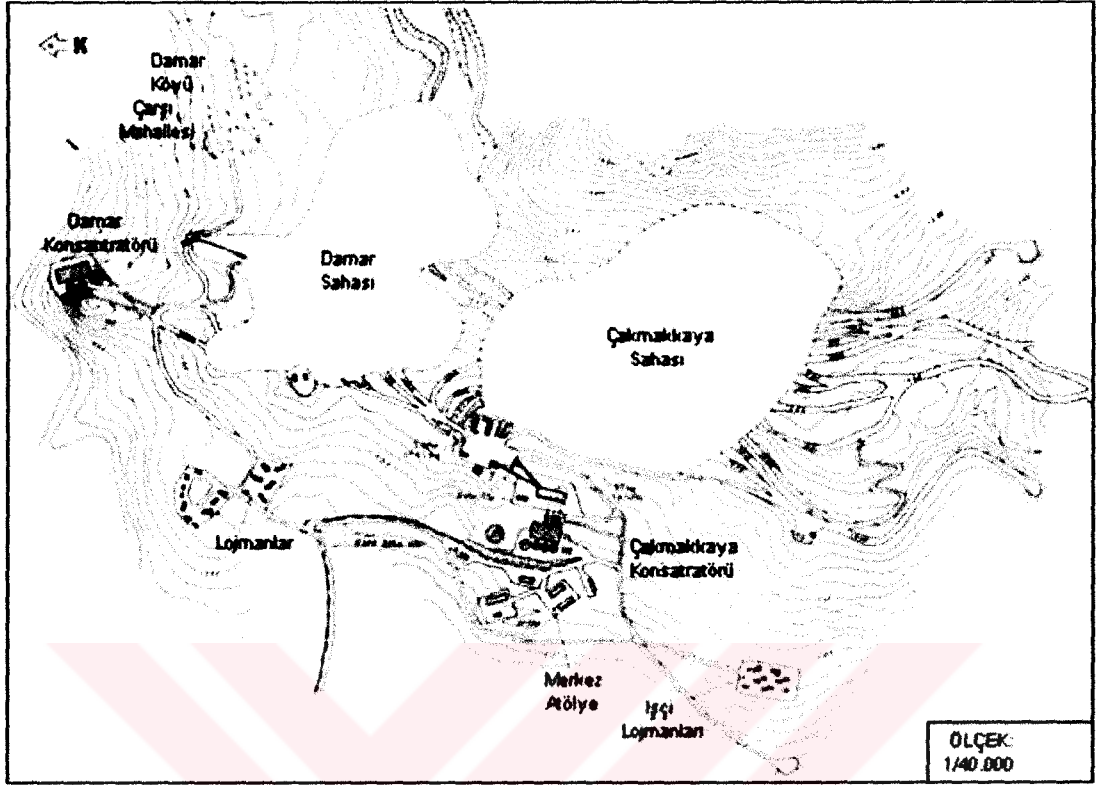
9.1 Taş savrulması

Patlatma işlemi sırasında patlayıcı madde kaya kütlesi içinde yeterince hapsedilemezse reaksiyon sonucu oluşan yüksek basınçlı gazlar atmosfere erken deşarj olur. Bu yüksek hızlı gaz boşalımının etkisiyle bazı kayaç parçaları kaya kütlesinden ayrılır ve çok uzak mesafelere savrulabilir. Savrulan taş parçaları insan yaralanmalarına ve yapılarda ciddi hasarlara neden olabilir [28].

Murgul'daki patlatma faaliyetlerinde patlatma sırasında oluşacak taş savrulmaları işletmede üzerinde önemle durulan konulardan biridir. İşletmede çalışılan Bognori sahasının çevresinde yerleşim birimleri vardır. Taş savrulmalarına sebebiyet vermemek için atım grubunun atım yönüne göre ön sırasındaki deliklerde sıkılama genellikle 5 m'ye çıkarılmaktadır.

Ayrıca işletmede atım sırasında güvenlik önlemleri çok titiz bir şekilde uygulanmaktadır. Yakın yerleşim yerlerindeki sakinler uyarılmakta, atım sahasına

personel girişi engellenmektedir. şekil 9.1’de Murgul İşletmesi’nde çalışılan sahaların çevresindeki tesisler ve yerleşim yerleri gösterilmektedir.



şekil 9.1 KBİ Murgul İşletmesi ve çevresini gösteren harita

Patlatma sırasında izin verilen taş savrulma mesafesini belirlemek için OSMRE’nde önerdiği ABD’de uygulanmakta olan federal yönetmelik düzenlemeleri (30 CFR Sec. 816.67 c) esas alınabilir. Buna göre; havada hareket etmekte olan veya zemin üzerinde yuvarlanan taş parçacıklarının savrulma mesafesi, patlatma yapılan alana en yakın yerleşim noktası ile patlatma yapılan alan arasındaki mesafenin yarısından fazla olmamalıdır. Ayrıca görevli personel tarafından kontrol edilmekte olan güvenli alanın dışına taş savrulması istenmemektedir [30].

Patlatma sırasında taş savrulma mesafesinin tahmini için literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur. Burada SVEDEFO tarafından geliştirilen eşitlik kullanılarak Murgul İşletmesi için bir n tahmin gerçekleştirilecektir. Bu eşitlik yoluyla maksimum taş savrulma mesafesi ve savrulan kaya parçalarının boyutu öngörülebilir. şekil 9.2 yardımıyla da bu değerler elde edilebilir [8, 16].

$$L_m = 260 \times d^{2/3} \quad (9.1)$$

L_m = Maksimum taş savrulma mesafesi (m)

9.2 Yer Sarsıntısı Ve Hava Şoku Ölçümleri

Murgul işletmesinde patlatma kaynaklı yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Özellikle çalışma yapılan Damar sahası yerleşim birimleri ile çevrilidir. Damar sahasının çevresinde Damar köyü, Çarşı mahallesi ve Murgul İşletmesi'nin lojmanları bulunmaktadır (Şekil 9.1). İşletmede yer sarsıntısı ve hava şoku tespiti amacıyla altı ayrı ölçüm alınmıştır (03.07.2003, 10.07.2003, 11.07.2003, 14.07.2003, 16.07.2003, 19.07.2003).

9.2.1 Ölçüm yöntemi ve cihazın tanıtılması

Murgul işletmesinde yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümleri için Instantel firmasının ürettiği MiniMate Plus™ cihazı kullanılmıştır. Instantel MiniMate Plus™ cihazı hem zemin vibrasyonunu hem de hava şokunu (air pressure) ölçer. Cihaz enine, düşey ve boylamsal zemin vibrasyonunu ölçebilir. Cihaz sahip olduğu sekiz kanal vasıtasıyla ölçüm yapabilir. Çalışmalar sırasında cihazın dört kanalı açıktır ve bu kanallar boyuna, enine ve düşey jeofonlar ile mikrofon tarafından kullanılmaktadır. Patlatma sonucu oluşan hava şoku doğrusal sıklada (L) ölçülebilir.

Cihaz jeofonlar ve mikrofon vasıtasıyla ölçümü gerçekleştirir ve verileri bellekte depolar. Kaydedilen verilerin analizi için BlastWare III adı verilen yazılım kullanılmaktadır. PC bağlantısı COM1 veya COM2 seri ara yüzeylerinden biri kullanılarak gerçekleştirilir. PC ortamında gerçekleştirilen analizde, ölçümlerin 27 farklı standarda (USBM, OSMRE, DIN, Swiss Mining Standart, British Standart vd.) göre irdelenmesi mümkün olabilmektedir [31].

Cihaz jeofonu vasıtasıyla 254 mm/s'ye kadar parçacık hızını ölçebilir. Hava şoku ölçümünü ise doğrusal sıklada 88 ile 148 decibel arasında gerçekleştirebilir. Tablo 9.1'de Instantel MiniMate Plus cihazının teknik özellikleri verilmiştir.

Tablo 9.1 Instantel Minimate Plus cihazının teknik özellikleri [31]

Yer sarsıntısı	Aralık	10 in./sn. (254 mm/sn.)
Yer sarsıntısı	Çözünürlük	0,005 in./sn. (0,127 mm/sn.)-0,000625 in./sn. (0,0159 mm/sn.)
Yer sarsıntısı	Ölçüm Aralığı	0,005 –10 in. /sn. (0,127-254 mm/sn.) 0,001 in./sn. (0,01 mm)' lik adımlarla
Yer sarsıntısı	Frekans analizi	uluslararası
Yer sarsıntısı	Doğruluk	15 Hz' de %3

Tablo 9.1 Tablonun devamı

Hava şoku	Aralık	88-148 dB (500 Pa)
Hava şoku	Çözünürlük	120 dB (0,25 Pa) üzerinde 0,1 dB
Hava şoku	Tetikleme seviyeleri	100-148 dB, 1 dB' lik adımlarla
Hava şoku	Hassasiyet	30 Hz ve 127 dB' de 0,2 dB
Boyutlar ve ağırlık	Boyutlar	3.2" x 3.6" x 6.3" (81 mm x 91 mm x 165 mm)
Boyutlar ve ağırlık	Ağırlık	3 lbs. (1.4 kg)

9.2.2 Üretim atımlarında yer sarsıntısı ölçümleri

a) I.Atım ölçüm değerleri

Ölçüm tarihi	: 16.07.2003
Kayıt saati	: 15:27:32
Delik sayısı	: 26 ad
Toplam şarj	: 6436 kg / 256,4 kg
Dilim kalınlığı	: 4,5 m
Delikler arası mesafe	: 4,5 m
Atım yeri	: 1084-1072 Bognori
Ölçüm mesafesi	: 350 m

Tablo 9.2 I.Atım ölçüm değerlerini göstermektedir. Ek C'de verilmiş olan Şekil C.1 I.Atıma ait ölçüm krokiğini göstermektedir.

Tablo 9.2 I.Atım ölçüm değerleri

	Enine en yüksek parçacık hızı (Trans PPV)	Düşey en yüksek parçacık hızı (PPV Vert)	Boyuna en yüksek parçacık hızı (PPV Long)	Bileşke parçacık hızı (PVS)	Hava şoku (decibel)
Parçacık Hızı (mm/s)	2,03	1,65	2,67	3,22	120
Frekans (Hz)	10	10	8,8		4,1

b) II.Atım ölçüm değerleri

Ölçüm tarihi	: 11.07.2003
Kayıt saati	: 15:32:21
Delik sayısı	: 43 ad
Toplam şarj	: 10640 kg / 512,8 kg
Dilim kalınlığı	: 4,5 m
Delikler arası mesafe	: 4,75 m

Atım yeri : 1084-1072 Bognori

Ölçüm mesafesi : 135 m

Tablo 9.3 II.Atım ölçüm değerlerini göstermektedir. Ek C’de, Şekil C.2 II.Atıma ait ölçüm krokisini göstermektedir.

Tablo 9.3 II.Atım ölçüm değerleri

	Enine en yüksek parçacık hızı (Trans PPV)	Düşey en yüksek parçacık hızı (PPV Vert)	Boyuna en yüksek parçacık hızı (PPV Long)	Bileşke parçacık hızı (PVS)	Hava şoku (decibel)
Parçacık Hızı (mm/s)	19,4	17,9	22,5	28,3	140
Frekans (Hz)	34	37	43		30

c)III.Atım ölçüm değerleri

Ölçüm tarihi : 03.07.2003

Kayıt saati : 15:15:03

Delik sayısı : 36 ad

Toplam şarj : 8820 kg / 512,8 kg

Dilim kalınlığı : 5 m

Delikler arası mesafe : 5 m

Atım yeri : 1098-1086 Bognori

Ölçüm mesafesi : 255 m

Tablo 9.4 III.Atım ölçüm değerlerini göstermektedir. Ek C’de yer alan Şekil C.3, III.Atıma ait ölçüm krokisini göstermektedir.

Tablo 9.4 III.Atım ölçüm değerleri

	Enine en yüksek parçacık hızı (Trans PPV)	Düşey en yüksek parçacık hızı (PPV Vert)	Boyuna en yüksek parçacık hızı (PPV Long)	Bileşke parçacık hızı (PVS)	Hava şoku (decibel)
Parçacık Hızı (mm/s)	1,52	1,90	1,90	2,35	125
Frekans (Hz)	17	43	37		16

d) IV.Atım ölçüm değerleri

Ölçüm tarihi : 19.07.2003

Kayıt saati : 15:13:21

Delik sayısı : 33 ad

Toplam şarj : 8256 kg / 512,8 kg

Dilim kalınlığı : 5 m

Delikler arası mesafe : 5.5 m

Atım yeri : 1084-1072 Bognori

Ölçüm mesafesi : 210 m

Tablo 9.5 IV.Atım ölçüm değerlerini göstermektedir. Ek C'de yer alan Şekil C.4, IV.Atıma ait ölçüm krokisini göstermektedir.

Tablo 9.5 IV.Atım ölçüm değerleri

	Enine en yüksek parçacık hızı (Trans PPV)	Düşey en yüksek parçacık hızı (PPV Vert)	Boyuna en yüksek parçacık hızı (PPV Long)	Bileşke parçacık hızı (PVS)	Hava şoku (decibel)
Parçacık Hızı (mm/s)	11,2	12,7	11,3	14,8	128
Frekans (Hz)	15	16	14		5,5

9.2.3 İkincil atımlarda hava şoku ölçümü

İkincil atımlarda ateşleme sistemi olarak kullanılan infilaklı fitil yüzeyde patladığı için, patlatma sırasında yüksek miktarda ses açığa çıkmaktadır. Bu durumu tespiti amacıyla Murgul işletmesinde ikincil atımlarda hava şoku ölçümü gerçekleştirilmiştir. İkincil atımlarda kullanılan patlayıcı miktarı çok düşük olduğu için yer sarsıntısı açısından önemsenecek değerler elde edilmemiştir.

a) 1.Trakdrill atımı

Ölçüm tarihi : 10.07.2003

Kayıt saati : 15.37.23

Delik sayısı : 61 ad

Toplam şarj : 140 kg

Atım yeri : 1072 Bognori

Ölçüm mesafesi : 450 m

Toplam kullanılan infilaklı fitil : 450 m

Ölçüm atım yapılan noktaya 450 m. mesafede bulunan maden bürolarından alınmıştır. Hava şoku 127 decibel olarak ölçülmüştür. Frekans 17 Hz'dir. Bileşke parçacık hızı (PVS) 0,508 mm/s olarak ölçülmüştür. Ek C'de yer alan Şekil C.5, atıma ait ölçüm krokisi göstermektedir.

b) 2.Trakdrill atımı

Ölçüm tarihi : 14.07.2003

Kayıt saati : 15.16.19

Delik sayısı : 34 ad
Toplam şarj : 81 kg
Atım yeri : 1072 Bognori
Ölçüm mesafesi : 230 m
Toplam kullanılan infilaklı fitil : 250 m

Ölçüm atım yapılan noktaya 230 m. mesafede bulunan İlköğretim okulundan alınmıştır. Hava şoku 148 decibel olarak ölçülmüştür. Frekans 9,3 Hz'dir. Bileşke parçacık hızı (PVS) 0,524 mm/s olarak ölçülmüştür. Bu atıma ait ölçüm krokisi Ek C'de, Şekil C.6'da verilmiştir.

9.2.4 Ölçümlerin değerlendirilmesi

Yer sarsıntısı ölçümlerinin değerlendirilmesi amacıyla bir çok araştırmacı tarafından parçacık hızına göre hasar sınıflandırmaları geliştirilmiştir. Tablo 9.5, 9.6, ve 9.7 farklı araştırmacıların geliştirdiği hasar sınıflandırmalarını göstermektedir. Tablo 9.8 de ise belirli hava şoku seviyelerinin çevresel etkisi gösterilmektedir.

Tablo 9.6 Langefors, Khilstörn and Westerberg'e göre parçacık hızına bağlı hasar sınıflandırması (1957)

Parçacık Hızı	Hasar
2,8 in./sn	Dikkate Değer Hasar Yok
4,3 in./sn	İnce Çatlaklar ve Sıvalarda Dökülmeler
6,3 in./sn	Sıva ve Duvarlarda Çatlaklar
9,1 in./sn	Büyük Ölçekli Çatlaklar

Tablo 9.7 Edwards ve Northwood göre parçacık hızına bağlı hasar sınıflandırması (1959)

Parçacık Hızı	Hasar
≤ 2 in./sn	Güvenli; Hasar yok
2-4 in./sn	Dikkatli olunması Gereken Durum
> 4 in./sn	Hasar

Tablo 9.8 USBM'nin geliştirdiği parçacık hızına bağlı hasar sınıflandırması (1971)

Parçacık Hızı	Hasar
< 2 in./sn	Hasar yok
2,0-4,0 in./sn	Sıva Çatlakları
4,0-7,0 in./sn	Küçük çaplı Hasar
$> 7,0$ in./sn	Yapılarda Önemli Hasarlar

Tablo 9.9 Hava şoku seviyelerinin çevresel etkisi

dB	psi	
180	3,0	Binalarda Hasar
170	0,95	Pencere Camlarının Çoğu Kırılır
160	0,30	
150	0,095	Bazı Pencere Camı Kırılmaları
140	0,030	Ani (impulsive) Ses İçin Maksimum Seviye
128	0,0070	Emniyetli Seviye
120	0,0030	Rahatsız Edici Sürekli Ses Sınırı 15 Dakika Süreli Şok Dalgaları Halinde Şikayetler
110	0,00095	
100	0,00030	
90	0,000095	8 Saatlik Sürekli Seste Rahatsız Olma
80	0,000030	

9.2.4.1 Yer sarsıntısı ölçümlerinin değerlendirilmesi

Birinci atım ölçümü, patlama noktasına 350 m. mesafeden nakliyat yolu üzerinde gerçekleştirilmiştir. Gecikme başına maksimum şarj 256,4 kg'dır. Aynı anda patlayan delik yoktur. En yüksek parçacık hızı 3,22 mm/s olarak tespit edilmiştir. Ölçülen değer yer sarsıntısı limitlerinin altındadır.

İkinci atım ölçümü, patlama noktasına 135 m. mesafeden Bognori sahasının içinde gerçekleştirilmiştir. Gecikme başına maksimum şarj 512,8 kg'dır. Aynı anda patlayan en fazla iki delik mevcuttur. En yüksek parçacık hızı 28,3 mm/s olarak tespit edilmiştir. Bu değer de yer sarsıntısı limitlerinin altındadır.

Üçüncü atımda en yüksek parçacık hızı 2,35 mm/s olarak tespit edilmiştir. Bu değer standartlara uygundur. Ölçüm atım noktasına 255 m mesafedeki bekçi kulübelerinden gerçekleştirilmiştir. Bu atımda gecikme başına maksimum şarj 512,8 kg'dır. Aynı anda patlayan en fazla iki delik mevcuttur.

Dördüncü atım ölçümü, patlama noktasına 210 m. mesafeden Bognori sahasının içinde gerçekleştirilmiştir. Gecikme başına maksimum şarj 512,8 kg'dır. En yüksek parçacık hızı 14,8 mm/s olarak tespit edilmiştir. Ölçülen değer yer sarsıntısı limitlerinin altındadır.

Yer sarsıntısı analizinde parçacık hızı kadar, frekans değerleri de önem taşır. İnsanlar düşük frekanslı dalgaları kolayca hissedebilirler. Frekans yüksek olduğunda insanların bunları algılaması daha güçtür. Ayrıca 10 Hz değerinin altındaki frekanslar

zeminde büyük yer değiştirmeler ve yüksek düzeyli birim deformasyonlar yarattığı için hasar olasılığını artırır [32].

Yapılarda hasar olasılığı patlatma kaynaklı dalğanın frekansı ile söz konusu yapının doğal (özyapısal) frekansının birbirleriyle olan ilişkisine de bağlıdır. Bir veya iki katlı binalarda, bina özyapısal frekansı genellikle 5–10 Hz arasında değişir. Patlatmalarda en kritik durum zemindeki uyarıcı dalğanın frekansının bu değere yakın olduğu durumdur. Bu durumda bina rezonansa girer ve uyarıcı dalga geçip gittiği halde bina sarsılmaya devam eder. Bina rezonans halinde iken parçacık hızı da yeterli büyüklükte ise binada hasar oluşur [32].

Murgul işletmesinde gerçekleştirilen ölçümlerde II., III. ve IV. Atım ölçümlerinde tespit edilen frekanslar 10 Hz değerinin üstündedir. Yalnızca I. Atım ölçümünde 10 Hz ve altında frekans değerleri elde edilmiştir.

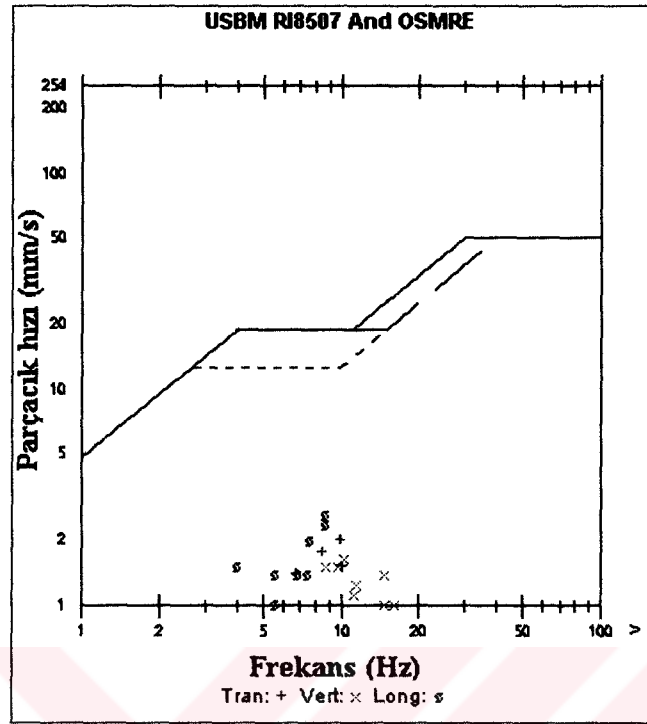
Patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının değerlendirilmesinde OSMRE tarafından da önerilen Parçacık hızı–frekans ikilisi değerlendirmesi sıkça kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde maksimum parçacık hızına ek olarak her bir maksimum parçacık hızının sahip olduğu frekans değerleri de sorgulanmaktadır. Binalardaki rezonans frekansları da göz önüne alınarak düşük frekanslar için düşük parçacık hızlarına izin verilmekte ve 2 in./sn'lik (50,8 mm/sn) parçacık hızı üst sınır olarak alınmaktadır. Şekil 9.3, 9.4, 9.5, 9.6 yukarıda yer sarsıntısı açısından değerlendirilen I., II., III. ve IV. atımların maksimum parçacık hızı-frekans bakımından sorgulandığı merdiven diyagramları göstermektedir. Bu sorgulama yönteminden bakıldığında da parçacık hızı bileşenlerinin sınır değerlerin altında olduğu görülür [12,33].

9.2.4.2 Hava şoku ölçümlerinin değerlendirilmesi

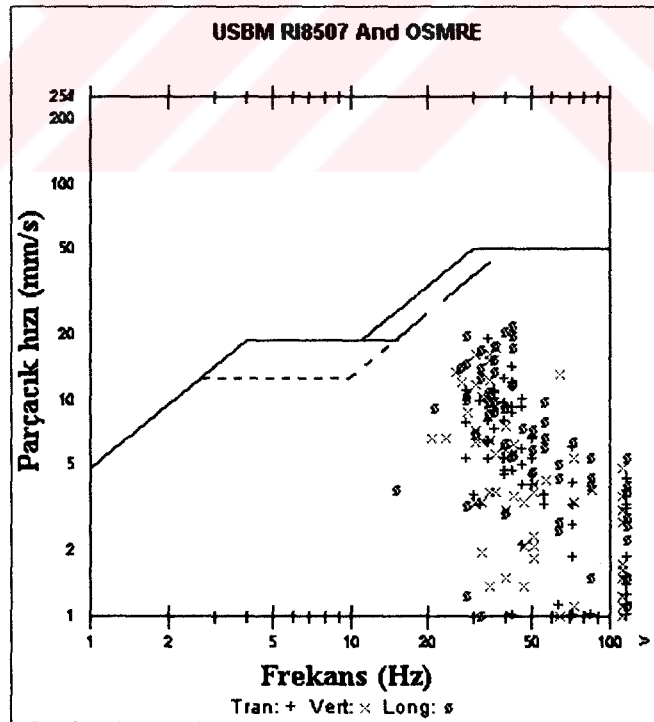
Büyük atımlara da ölçülen hava şoku değerleri sırasıyla 120, 140, 125 ve 128 decibeldir. Birinci, üçüncü ve dördüncü atımlarda ölçülen değerler emniyetli seviye olan 128 decibel'i aşmamıştır. İkinci atımda 140 decibel'lik nispeten yüksek bir değer ölçülmüştür. Ancak bunun sebebi bu atımda, atım sırasında dışarıda eski yemlemelerin patlatılmasıdır.

İnfilaklı fitil kullanılan ikincil atımlarda tespit edilen hava şoku ölçüm değerleri mesafelere göre incelenirse, bu değerlerin üretim atımlarına göre daha yüksek olduğu görülür. Maden yönetim binalarından gerçekleştirilen ölçümde 127 decibel değeri elde edilmiştir. Bu değer emniyetli seviyenin altındadır. İlköğretim binasında

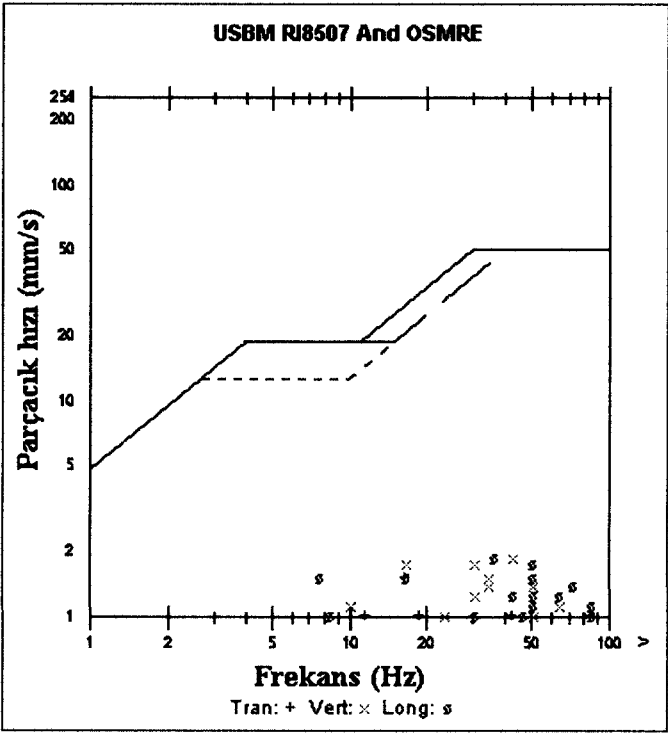
gerçekleştirilen ölçümde ise 148 decibel değeri tespit edilmiştir. Bu değer izin verilen maksimum seviyenin üstündedir.



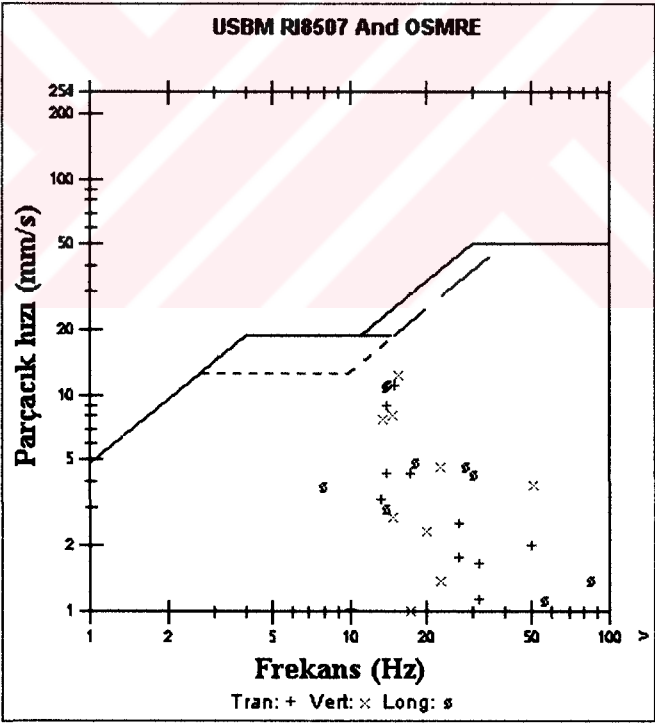
9.3 I.Atım için parçacık hızı-frekans ikilisi



9.4 II.Atım için parçacık hızı-frekans ikilisi



9.5 III.Atım için parçacık hızı-frekans ikilisi



9.6 IV.Atım için parçacık hızı-frekans ikilisi

10. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada öncelikli olarak emülsiyon patlayıcı ve şok tüp ateşleme sisteminin kullanım teknikleri irdelenmiş, yeni nesil patlayıcılar olarak adlandırılan emülsiyon patlayıcının kullanımı ve şok tüp ateşleme sisteminin patlatma verimliliği açısından getirdiği yenilikler üzerinde durulmuştur.

İşletmede yapılan çalışmaların ilk adımında mevcut patlatma tasarım parametreleri korunarak yapılan işlerin ve sonuçların yerinde gözlemi gerçekleştirilmiştir. Delme verimliliği arazi gözlemleri yoluyla irdelenmiş, verimli bir delik delmenin gerçekleşmesi için dikkat edilmesi gerekli parametreler üzerinde durulmuş ve delici makinalardaki uç sarfiyatı gözlenmiştir. Patlatma sırasında kimi zaman büyük blokların açığa çıktığı, işletmedeki ekipmanın eskiliği nedeniyle pasanın yükleme çalışmalarının hızlı bir şekilde ilerlemediği gözlenmiştir. Aynayı ve yükleme araçlarının çalıştığı zemini düzeltmek amacıyla kimi zaman ikincil atımlara gerek duyulmaktadır.

Patlatma verimliliğinin iyileştirilmesi amacıyla literatürdeki yaklaşımlardan yararlanarak Murgul işletmesi için delik yükü ve delikler arası mesafe değerleri belirlenmiş ve deneme atımları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen dört örnek atım üzerinden patlatma performansı incelenmiştir.

Örnek atımlar üzerinden gerçekleştirilen parça boyut analizlerinde I.Atımda (4,5x4,5) parçaların %50'sinin 7,28 cm'nin altında olduğu tespit edilmiştir. II.Atımda (4,5x4,75) pasanın % 50'si 7,71 cm' nin altındaki parçalardan oluşmuştur. III.Atımda (5x5) parçaların %50'si 7,36 cm'nin altında, IV.Atımda(5x5,5) parçaların % 50'si 7,55 cm'nin altındadır. Buna ek olarak I.Atımda 40 cm den büyük parçalar toplam parçaların %3,05'ini oluşturur. II.Atımda bu değer %5,64, III.Atımda %5,51, IV.Atımda %3,66 olarak gerçekleşmiştir.

I.Atımda (4,5x4,5) kepçe periyodu 41,56 sn olarak ölçülmüş, boyutu 1 m'den büyük patar sayısı 39 adet olarak tespit edilmiştir. II.Atımda (4,5x4,75) kepçe periyodu 42,5 sn, patar sayısı 56 adettir. III.Atımda (5x5) kepçe periyodu 43,75 sn, patar sayısı 65

adettir. IV.Atımda (5x5,5) ise kepçe periyodu 44,2 sn, boyutu 1 m'den büyük patar sayısı ise 71 adet'tir.

Yapılan analizler ışığında 4,5x4,5 paterne sahip I.Atımın kepçe periyodu ölçümleri, patar sayımı ve parça boyut dağılım analizleri ışığında en yüksek verimliliği sağladığı görülmektedir. Ancak maliyet analizleri göz önüne alındığında I.Atımın 2,24 \$/m³'lük değer ile ikinci en yüksek delme patlatma maliyetini oluşturduğu gözlenmiştir. Buna karşılık patar sayısı, kepçe yükleme periyodu en yüksek olan ve ikinci en iri parça boyut dağılımını veren IV.Atımın 1,76 \$/m³'lük değer ile en düşük maliyetli atım olduğu görülmüştür. Paternin daraltılması parça boyutunun küçülmesine, yığının yükleme verimliliğinin artmasına imkan vermekte ve patar oluşumu nisbi olarak azalmaktadır. Ancak bununla birlikte delik yükü ve delikler arası mesafenin küçültülmesi birim delme-patlatma maliyetinin yükselmesine neden olmaktadır.

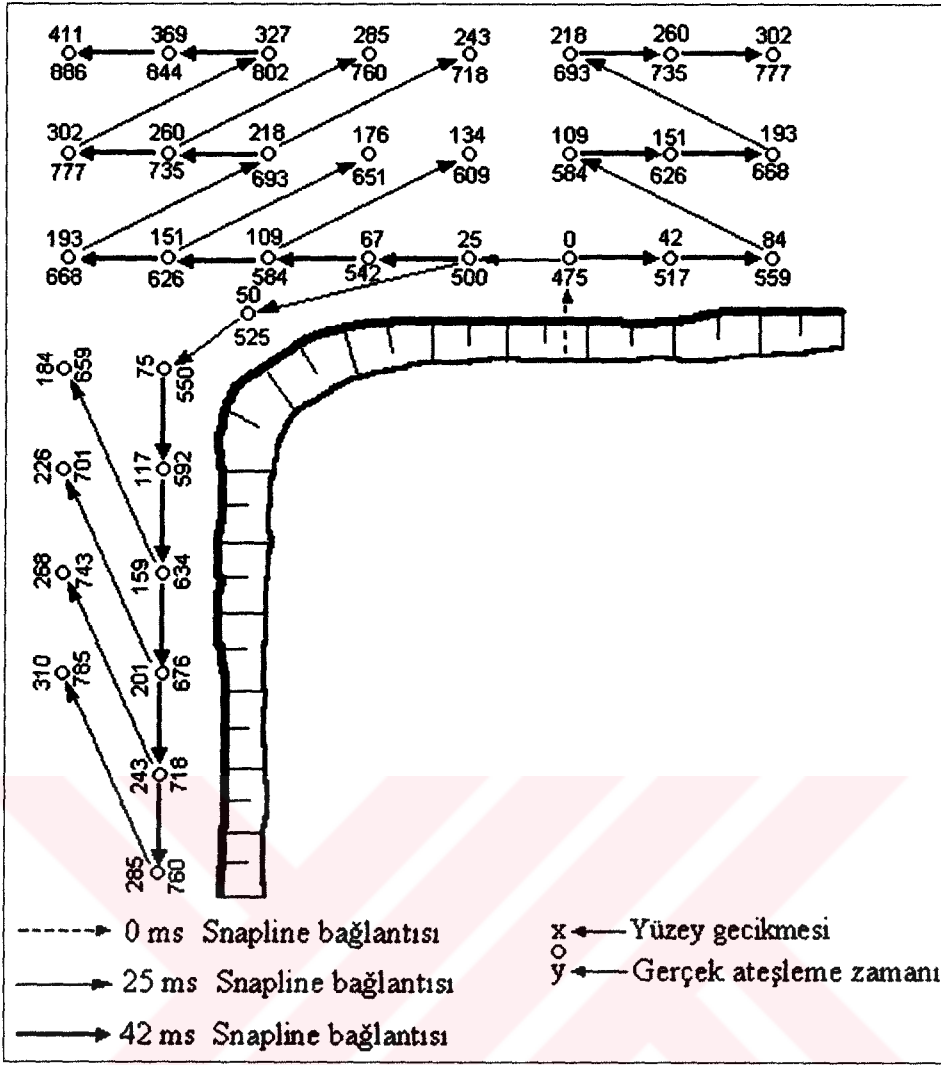
İşletmede patlatma faaliyetlerinin çevresel etkilerini değerlendirmek amacıyla yer sarsıntısı ve hava şoku ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre yer sarsıntısı ve hava şoku değerlerinin izin verilen sınırlar içinde kaldığı görülmüştür. Bunun en önemli sebebi NONEL ateşleme sistemi kullanılması ve bir gecikme aralığında patlayan patlayıcı miktarının düşük olmasıdır. İşletmede çalışma yapılan Damar ve Çakmakkaya sahalarının yakınında yerleşim yerlerinin bulunması patlatma güvenliğinin ön planda tutulması zorunluluğunu doğurmaktadır.

KAYNAKLAR

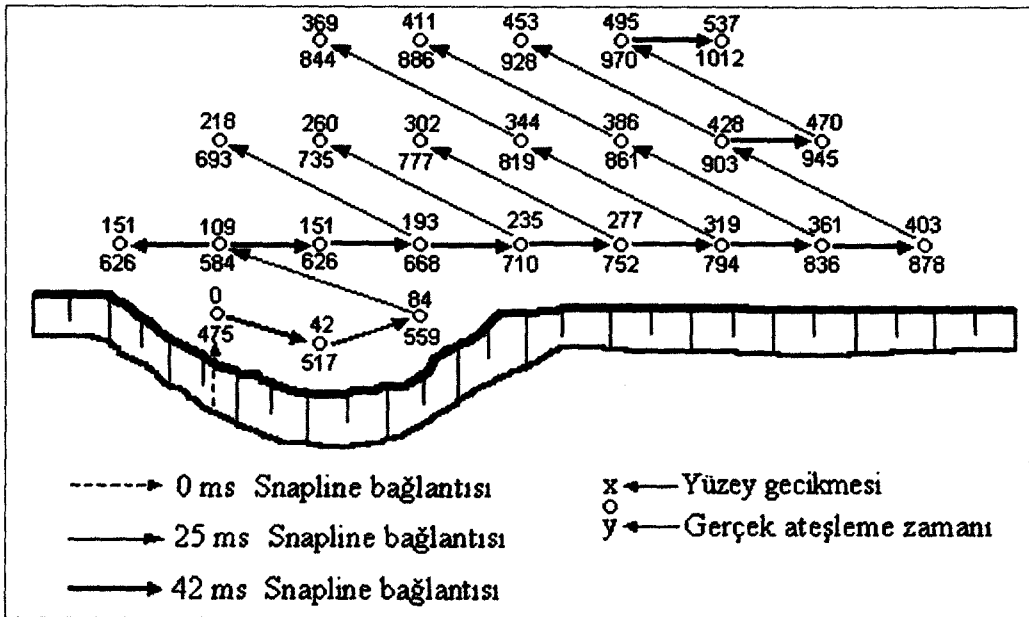
- [1] **Eskikaya Ş. ve diğerleri**, 1992. KBİ Çakmakaya ve Damar Sahalarının Kısa ve Uzun Vadeli Maden Planlaması İçin Jeostatistiksel Olarak İncelenmesi ve Sahada Oluşabilecek Şevlerin Stabilizasyonu Etüdü Projesi- Nihai Rapor, İTÜ Yer. Bil. Uyg. Ve Araş. Mer. Projesi.
- [2] **MTA Genel Müdürlüğü**, 1996 Artvin-Murgul, Çakmakaya ve Damar Sahalarında Yürütülen Şev Stabilitesi Etüdü 2. faaliyet raporu. Aralık-1995-nisan 1996 dönemi, Ankara.
- [3] **Dinçer H.**, 1993. Murgul Açık İşletmelerindeki Delme-Patlatma İşlerinin Etüdü ve İyileştirme Olanaklarının Araştırılması, *Doktora tezi*. DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [4] **Naapuri J.**, 1988. Tamrock - Surface Drilling and Blasting, USA. s. 285, 359,371
- [5] **Kahraman S.**, 1997. Açık İşletmelerde Uygun Delme Patlatma Şartlarını Veren Bir Modelin Geliştirilmesi, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] **Erkoç Ö.Y.**, 1990. Kaya Patlatma Tekniği, Çeliker Matbaacılık, İstanbul. s. 27
- [7] **Bhandari, S.**, 1997. Engineering Rock Blasting Operations, A.A.Balkema, Rotterdam. s. 22-23, 94-95, 193-199
- [8] **Olofsson S.O.**, 1990. Applied Explosives Technology For Construction And Mining, Applix, Sweden. s. 22-24, 63-73, 110-112
- [9] **Konya C.J., Walter E.J.**, 1990. Surface Blast Design, Prentice Hall, New Jersey. s. 100-101, 266
- [10] **Vogel G.**, 2000. Zünden Von Sprengladungen, Verlag Leopold Hartman, Sondheim.v.d.Rhön. s. 479
- [11] **Nitromak Katoloğu**, 2003.
- [12] **Atlas Powder Company**, 1987. Explosives And Rock Blasting, USA. s. 245, 297-300, 347, 367.
- [13] **Kömürcügil T.**, 1969. Patlayıcı Maddeler ve Atım Tekniği DSİ Matbaası, Ankara. s. 81
- [14] **Dojcar O.**, 1991. Investigation of Blasting Parameters to Optimize Fragmentation, Trans. Instu. Min. Metall. (Sec. A: Mining Industry), Jan-Apr 1991. s. 100
- [15] **Singh B. & Pal Roy P.**, 1993. Blasting ın Ground Excavations and Mines, Balkema, Roterdam. s. 114-116
- [16] **Jimeno C.L., Jimeno E.L., Carcedo F.J.A.**, 1995. Drilling And Blasting of Rocks, A.A.Balkema, Rotterdam. s. 290-291, 366-367
- [17] **Arioğlu E.**, 1990. Açık İşletmelerde Patlatma Tasarımında 'Dilim Kalınlığı'nın Belirlenmesinde İşletme ve Jeomekanik Büyüklükleri Gözetten Yarı-Analitik Yaklaşım, 2. *Ulusal Kaya Mekaniği Sempozyumu*, 5-7 Kasım, Ankara. s. 55-83

- [18] **Özer Ü., Anıl M.**, 1996. Delme-Patlatma Tasarımı İçin Kullanılan Bazı Yaklaşımların Ampirik Olarak İncelenmesi, 2. *Delme Patlatma Sempozyumu*, 16-18 Ocak, Ankara. s. 107-113
- [19] **Bise Christopher j.**, 1986. Mining Engineering Analysis, Society of Mining Engineers, Colarado, USA. s. 140
- [20] **Rzhevsky V.V.**, 1985. Opencast Mining Unit Operations, Mir Publishers, Moscow. s. 193
- [21] **Saltoğlu S.**, 1992. Açık İşletmeler, Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul. s.117
- [22] **Esen S., Öcal A., Atalay V.**, 1996. Sayısal Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Parça Boyut Dağılımının Belirlenmesi, 2.*Delme patlatma sempozyumu*, 16-18 Ocak, Ankara. s. 41-47
- [23] **Palangio T.C. and Franklin J.A.**, 1996. Practical Guidelines For Lighting And Photography, *The 5. International Syposium Rock Fragmentation By Blasting Fragblast-5*, Montreal, Quebec-Canada, August. s. 111-115
- [24] **Maerz N.H.**, 1996. Image Sampling Techniques And Requirements For Automated Image Analysis Of Rock Fragmentation, *The 5. International Syposium Rock Fragmentation By Blasting Fragblast-5*, Montreal, Quebec-Canada, August, s. 115-121
- [25] **SCHLEIFER J. and TESSIER B.**, 2000. Fragmentation Assesment Using The Fragscan System: Quality of A Blast, *The First World Conference On Explosives And Blasting Technique*, Munich, Germany, 6-8 Sep. s. 165-174
- [26] **Liu Q., and Tran H.**, 1996. Comparing systems-Validation of Fragscan, Wipfrag and Split, *The 5. International Syposium Rock Fragmentation By Blasting Fragblast-5* Montreal, Quebec, Canada, August , s. 151-157
- [27] **KBİ Murgul İşletme Müdürlüğü Muhasebe Şefliği**, 2003. Murgul İşletmesi 2002 Yılı Bilançosu, Murgul, Artvin
- [28] **Bilgin H. A.**, 1999. Patlatma Kaynaklı Çevre Sorunları, *Barutsan dergisi*. s. 38-40
- [29] **Sen Gour C.**, 1995. Blasting Technology for Mining And Civil Engineers, UNSW Press, Sydney, Australia. s. 115
- [30] **OSMRE Web Sayfası**, www.osmre.gov, 2003.
- [31] **Instantel MiniMate Plus Cihaz Kataloğu**, 1998.
- [32] **Bilgin H.A., Esen M., Kılıç M., Aldaş G.G.U.**, 2000. Yeniköy Linyit İşletmesinde Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının İncelenmesi, 4.*Delme Patlatma Sempozyumu*, Ankara, 18-19 Nisan. s. 147-159.
- [33] **Kuzu C., Hüdaverdi T., Öztürk Ö.**, 2003. Patlatma Kaynaklı Titreşimlerde OSMRE Çözümleri-2 İstanbul-Büyükmece Gölü Batısı Taş Ocakları Uygulama Örneği, 3. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul 3-4 Aralık. s. 257-265

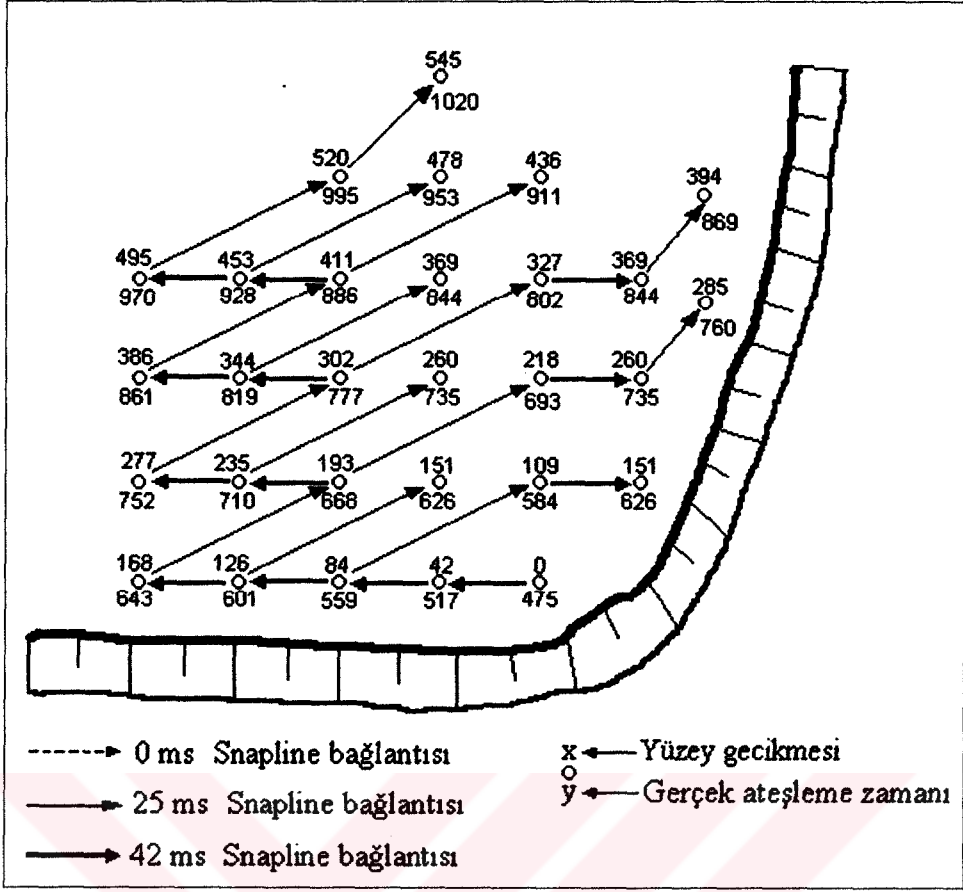
Ek A: KBİ Murgul İşletmesinde Gerçekleştirilmiş Örnek Atımlar



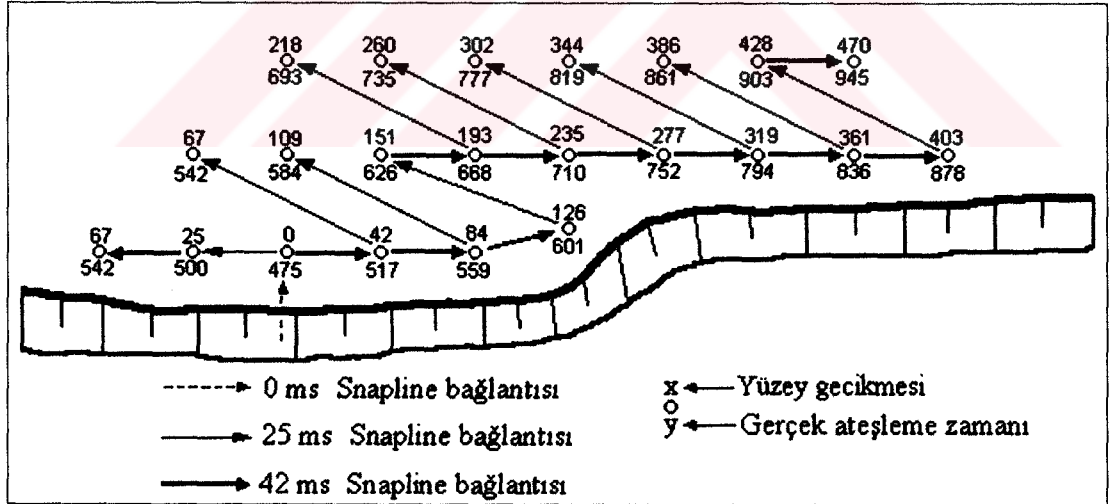
Şekil A.1 25.06.2003 tarihinde gerçekleştirilmiş atım



Şekil A.2 28.04.2003 tarihinde gerçekleştirilmiş atım



Şekil A.3 23.06.2003 tarihinde gerçekleştirilmiş atım



Şekil A.4 16.06.2003 tarihinde gerçekleştirilmiş atım

Ek B: Parça Boyut Dağılımını Belirlemek Amacıyla Kullanılan Fotoğraflar Ve Parça Boyut Dağılım Tabloları



Şekil B.1 I.Atım için çekilen 1. resim



Şekil B.2 I.Atım için çekilen 2. resim



Şekil B.3 I.Atım için çekilen 3. resim



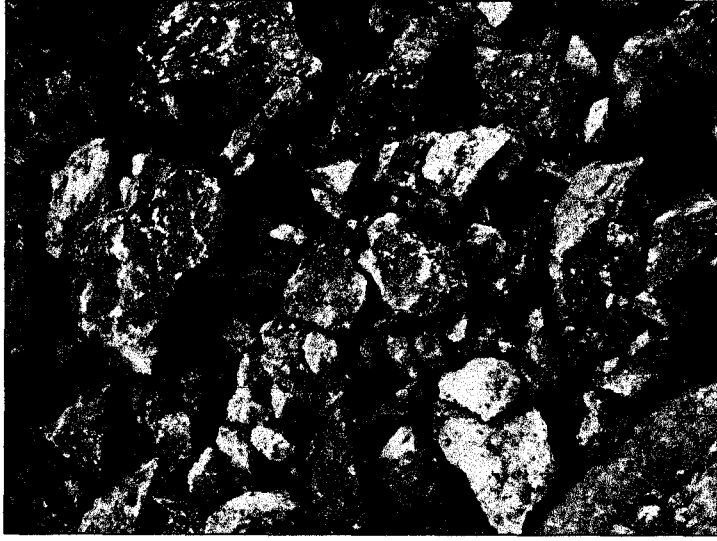
Şekil B.4 I.Atım için çekilen 4. resim



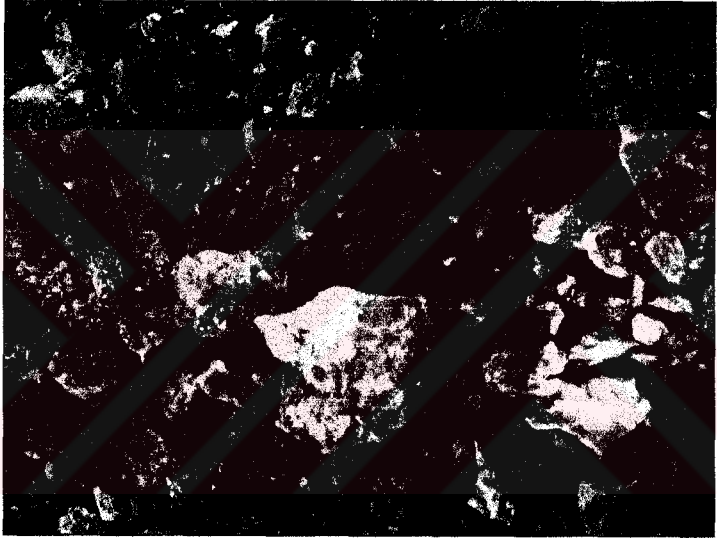
Şekil B.5 II.Atım için çekilen 1. resim



Şekil B.6 II.Atım için çekilen 2. resim



Şekil B.7 II.Atım için çekilen 3. resim



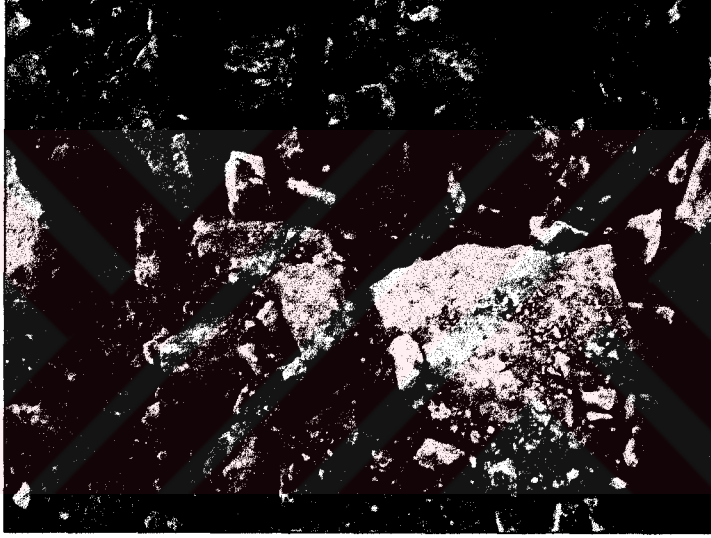
Şekil B.8 III.Atım için çekilen 1. resim



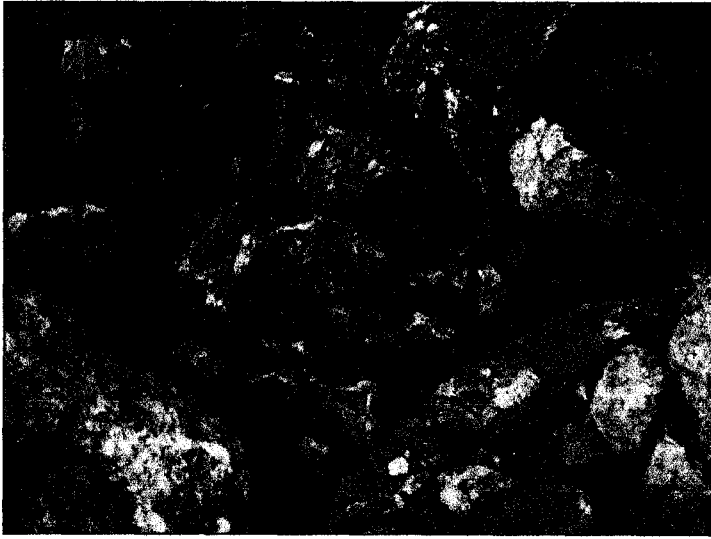
Şekil B.9 III.Atım için çekilen 2. resim



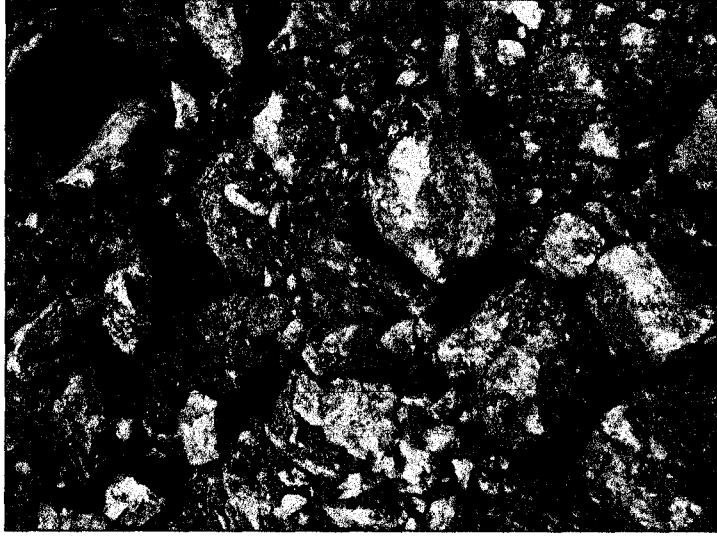
Şekil B.10 III.Atım için çekilen 3. resim



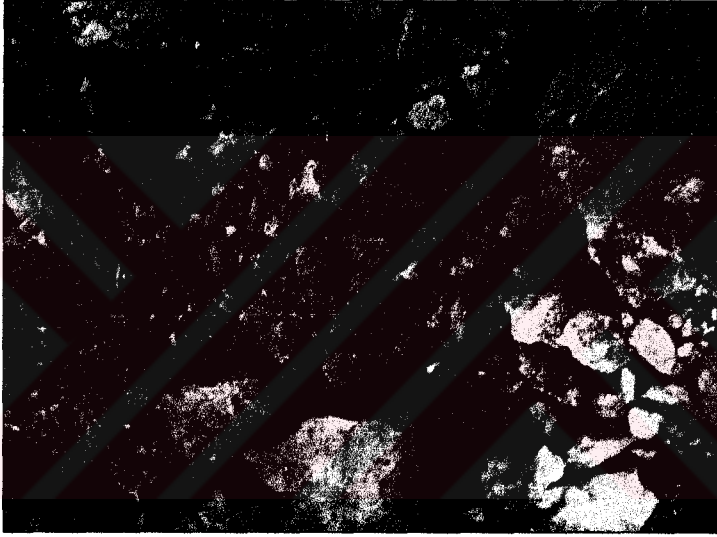
Şekil B.11 III.Atım için çekilen 4. resim



Şekil B.12 IV.Atım için çekilen 1. resim



Şekil B.13 IV.Atım için çekilen 2. resim



Şekil B.14 IV.Atım için çekilen 3. resim

Tablo B.1 I.Atım parça boyut dağılımı (4,5x4,5)

Boyut Aralığı (cm)	Parça adedi	Yüzde dağılım
0-3	26	4,66
3-5	142	25,45
5-10	193	34,59
10-15	66	11,83
15-20	54	9,68
20-25	25	4,48
25-30	16	2,87
30-35	17	3,05
35-40	2	0,36
40-45	4	0,72
45-50	0	0,00
50-55	2	0,36
55-60	5	0,90
60-65	0	0,00
65-70	1	0,18
70-75	2	0,36
75-80	0	0,00
80-85	1	0,18
85-90	1	0,18
90-95	0	0,00
95-100	0	0,00
100-150	1	0,18

Tablo B.2 II.Atım parça boyut dağılımı (4,5x4,75)

Boyut Aralığı (cm)	Parça adedi	Yüzde dağılım
0-3	30	7,69
3-5	94	24,10
5-10	111	28,46
10-15	49	12,56
15-20	28	7,18
20-25	25	6,41
25-30	13	3,33
30-35	7	1,79
35-40	11	2,82
40-45	4	1,03
45-50	3	0,77
50-55	4	1,03
55-60	4	1,03
60-65	1	0,26
65-70	1	0,26
70-75	1	0,26
75-80	0	0,00
80-85	1	0,26
85-90	0	0,00
90-95	0	0,00
95-100	1	0,26
100-150	2	0,51

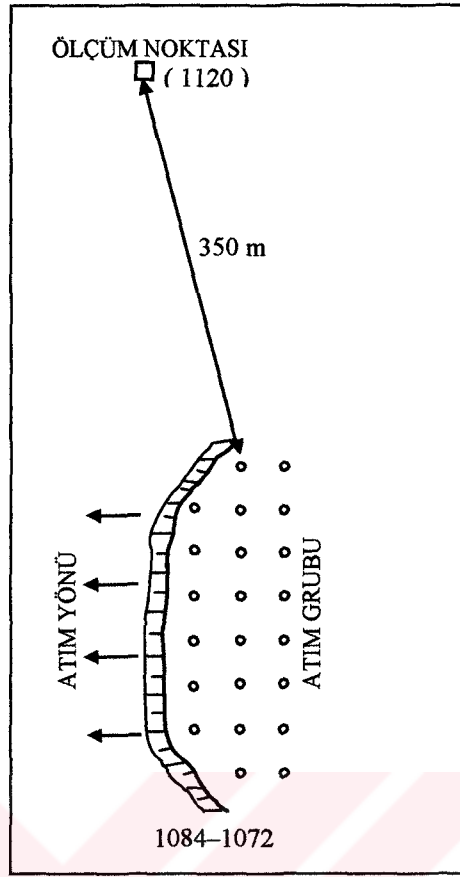
Tablo B.3 III.Atım parça boyut dağılımı (5x5)

Boyut Aralığı (cm)	Parça adedi	Yüzde dağılım
0-3	27	10,63
3-5	59	23,23
5-10	66	25,98
10-15	39	15,35
15-20	16	6,30
20-25	15	5,91
25-30	7	2,76
30-35	7	2,76
35-40	4	1,57
40-45	3	1,18
45-50	1	0,39
50-55	4	1,57
55-60	1	0,39
60-65	2	0,79
65-70	1	0,39
70-75	1	0,39
75-80	0	0,00
80-85	1	0,39
85-90	0	0,00
90-95	0	0,00
95-100	0	0,00
100-150	0	0,00

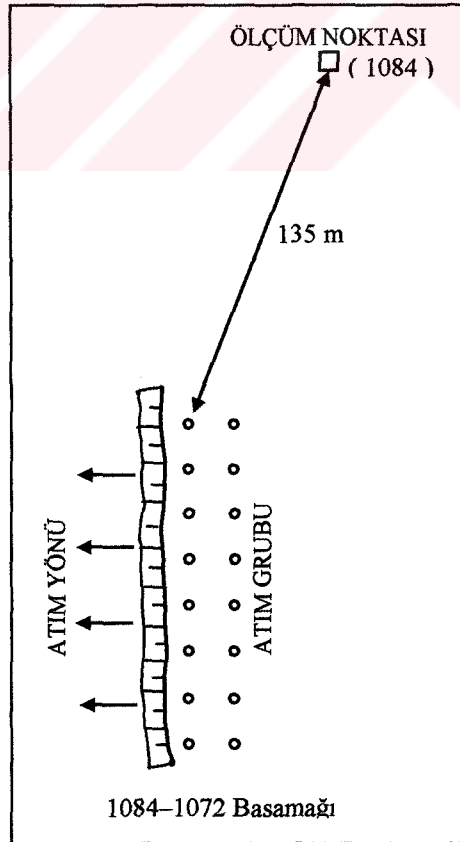
Tablo B.4 IV.Atım parça boyut dağılımı (5x5,5)

Boyut Aralığı (cm)	Parça adedi	Yüzde dağılım
0-3	20	3,48
3-5	130	22,65
5-10	223	38,85
10-15	78	13,59
15-20	40	6,97
20-25	25	4,36
25-30	15	2,61
30-35	13	2,26
35-40	9	1,57
40-45	5	0,87
45-50	4	0,70
50-55	2	0,35
55-60	4	0,70
60-65	3	0,52
65-70	2	0,35
70-75	0	0,00
75-80	0	0,00
80-85	1	0,17
85-90	0	0,00
90-95	0	0,00
95-100	0	0,00
100-150	0	0,00

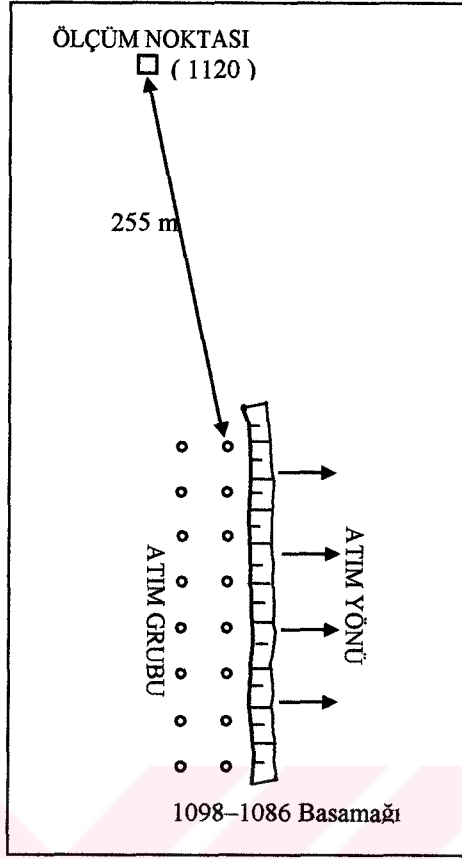
Ek C: Yer Sarsıntısı Ve Hava Şoku Ölçümlerinin Krokileri



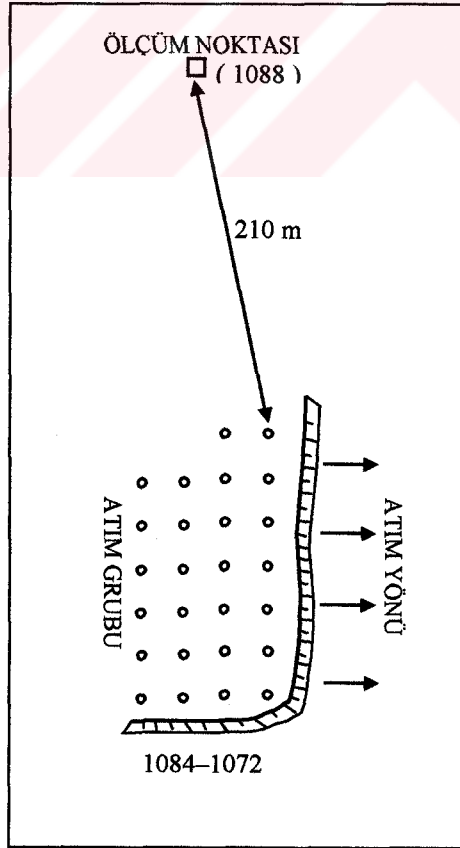
Şekil C.1 I. Atım ölçüm krokisi



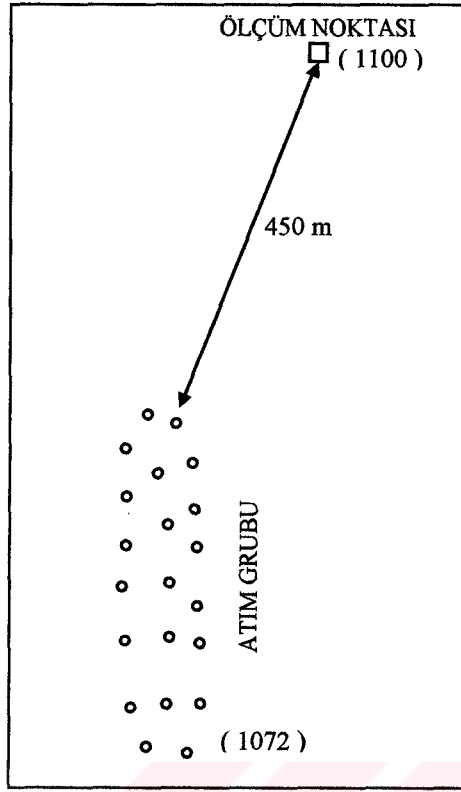
Şekil C.2 II. Atım ölçüm krokisi



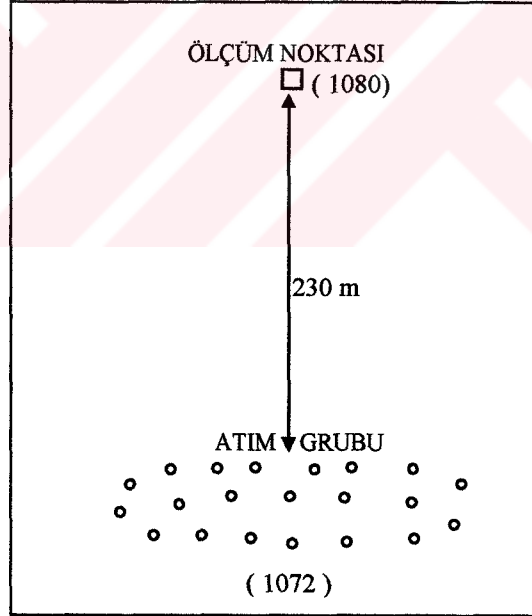
Şekil C.3 III.Atım ölçüm krokisi



Şekil C.4 IV.Atım ölçüm krokisi



Şekil C.5 1.Trakdrill atımı ölçüm krokisi



Şekil C.6 2.Trakdrill atımı ölçüm krokisi

ÖZGEÇMİŞ

06.02.1976 tarihinde İstanbul'da doğdu. 1993 yılında Yenilevent Lisesi'nden (Beşiktaş-İstanbul) mezun oldu. Aynı yıl İTÜ Maden Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1998 yılında İTÜ Maden Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2002 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Programında öğretime başladı. Halen İTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Yer Altı Maden İşletme Anabilim Dalında araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

