

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KÖMÜR DEKAPAJINDA OPTİMUM DELME-PATLATMA
TASARIMI-GARP LİNYİT İŞLETMESİNDE BİR SAHA
ÇALIŞMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mad. Müh. Bülent BAYRAKTAROĞLU**

**Anabilim Dalı : MADEN MÜHENDİSLİĞİ
Programı : AÇIK İŞLETME**

OCAK 2003

**KÖMÜR DEKAPAJINDA OPTİMUM DELME-PATLATMA
TASARIMI-GARP LİNYİT İŞLETMESİNDE BİR SAHA
ÇALIŞMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mad. Müh. Bülent BAYRAKTAROĞLU
505981004**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Ocak 2003**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hasan ERGİN
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Mete GÖKTAN
Doç. Dr. Cengiz KUZU**

ŞUBAT 2003

ÖNSÖZ

Bu çalışmamda bana teknik bilgilerde yardımcı olan değerli hocam Doç. Dr. Hasan ERGİN'e, Doç. Dr. Cengiz KUZU'ya ve Doç. Dr. Ali KAHRİMAN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Garp Linyit İşletmelerinde her türlü kolaylığı sağlayan Açık Ocak Baş Mühendisi İlhan CAN'a, Hazırlık İşleri Mühendisi Mustafa CİRİK'e, Saha Mühendisleri Fatih BİLGE ve Mehmet TAKSUK'a, Vardiya Mühendisleri Ayhan SEZGİN ve Ercan İPEK'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme de teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Şubat 2003

Bülent BAYRAKTAROĞLU

TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
FOTOĞRAF LİSTESİ.....	ix
ÖZET	x
SUMMARY.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. AÇIK İŞLETMELERDE KULLANILAN DELİK DELME VE PATLATMA SİSTEMLERİ	3
2.1 Delik Delme Makineleri.....	3
2.1.1 Döner Delik Delme Makineleri.....	3
2.1.2 Darbeli Delik Delme Makineleri.....	6
2.1.3 Delici Makine Seçimini Etkileyen Parametreler ve Yöntemler	9
2.2 Patlatma ve Ateşleme Sistemleri.....	14
2.2.1 Patlamanın Tanımı	14
2.2.2 Patlayıcı Maddeler.....	18
2.2.3 Ateşleme Sistemleri.....	27
2.2.4 Patlatma Performansını Etkileyen Parametreler.....	28
3. DELME-PATLATMA TASARIM PARAMETRELERİNİN ANALİZİ VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	35
3.1 Delme-Patlatma Parametreleri Etkileri	35
3.1.1 Basamak Yüksekliği.....	36
3.1.2 Delik Çapı	37
3.1.3 Dilim Kalınlığı	39
3.1.4 Delikler Arası Mesafe	43
3.1.5 Delik Taban Payı.....	44
3.1.6 Delik Boyu	45

3.1.7 Delik Eğimi	47
3.1.8 Delik Düzeni	48
3.1.9 Özgül Şarj.....	49
3.1.10 Yemleme ve Sıkılama	53
3.1.11 Dip Şarj	54
3.1.12 Kolon Şarj	54
3.1.13 Şarj Hesabı	56
3.1.14 Özgül Delme	61
3.1.15 Ateşleme Sırası.....	61
3.2 Patlatma Performansının İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler	63
3.2.1 Patar Sayım Yöntemi	64
3.2.2 İkincil Atımlarda Patlayıcı Tüketimi.....	64
3.2.3 Ekskavatör Yükleme Performans Analizi	64
3.2.4 Boyut Dağılım Analizleri	65
3.2.4.1 Görsel-Gözlemsel Analizler	65
3.2.4.2 Elek Analizleri.....	65
3.2.4.3 Fotoğraflama Tekniği	65
3.2.4.4 Geleneksel ve Yüksek Hızlı Fotogrametri	67
3.2.4.5 Matematiksel Parçalanma Modelleri.....	67

4. GARP LİNYİTLERİ İŞLETMESİNDE DELME-PATLATMA

PERFORMANS ANALİZİ VE OPTİMİZASYON ÇALIŞMALARI69

4.1 İşletmenin Tanıtılması.....	69
4.1.1 Genel Bilgiler	69
4.1.2 Jeolojik Bilgiler	70
4.1.3 Dekapaj Formasyonlarının Jeoteknik Özellikleri.....	75
4.2 İşletmede Uygulanan Dekapaj Yöntemlerinin Tanıtılması	76
4.2.1 İşletmede Kullanılan Delik Delme Makineleri ve Delme Parametreleri	76
4.2.2 İşletmede Uygulanan Ekskavatör-Kamyon Sistemi.....	78
4.2.3 İşletmede Uygulanan Draglayn Sistemi	81
4.3 Sahada Tespit Edilen Problemler, Yapılan Çalışmalar ve Sonuçları	89
4.3.1 Sahada Tespit Edilen Problemler	89
4.3.2 Sahada Yapılan Deneysel Çalışmalar.....	95

4.3.2.1 Uygulanan Çalışma Metodu.....	95
4.3.2.2 Ön Tasarımların Belirlenmesi	96
4.3.2.3 Deneme Çalışmaları ve Sonuçlarının Analizi	114
4.3.2.4 Deneme Çalışmalarındaki Maliyet Analizleri.....	125
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	145
KAYNAKLAR.....	147
EKLER.....	153

TABLO LİSTESİ**Sayfa No**

Tablo 2.1 : Farklı Kayaçlarda Kullanılan Üç Konili Matkap Tipleri	6
Tablo 4.1 : Tunçbilek Bölgesi Kömürlerinin Teknik Özellikleri	70
Tablo 4.2 : G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Kaya Birimlerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları.....	75
Tablo 4.3 : Delik Delme Makineleri Teknik Özellikleri	77
Tablo 4.4 : Açık Ocak Makine Parkı ve Kapasitesi.....	79
Tablo 4.5 : Ekskavatör-Kamyon Yöntemi Delik Geometrisi.....	80
Tablo 4.6 : Draglayn Yöntemi Delik Geometrisi	82
Tablo 4.7 : Kullanılan Patlayıcıların Teknik Özellikleri.....	83
Tablo 4.8 : Ön Tasarım Parametreleri	107
Tablo 4.9 : Deneme I Çalışmasında Ortaya Çıkan Patar Ölçüleri.....	116
Tablo 4.10 : Deneme I Sonucu İkincil Atımlarda Gerekli Olan Patlayıcı Tüketimi.....	116
Tablo 4.11 : Yapılan Deneme Çalışmaları Sonucu Ekskavatör Performans Sonuçlar	117

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	: Döner Delik Delme Makinesi Donanımları	4
Şekil 2.2	: Üç Konili Matkap Yapısı.....	5
Şekil 2.3	: Farklı Formasyonlara Göre Diş Çeşitleri	5
Şekil 2.4	: Darbeli Delik Delme Makinelerinde Kullanılan Matkaplar	7
Şekil 2.5	: Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delik Delme Makinesinin Ana Elemanları.....	8
Şekil 2.6	: Çeşitli Delik Delme Makinelerinin Seçim Kriterleri.....	9
Şekil 2.7	: Sonsuz Kayaç Ortamı İçindeki Patlatma Deliği Çevresinde Parçalanma Olayı.....	14
Şekil 2.8	: a) Üçgen Basınç Birim Deformasyon Dalgasının (BDD) Yansıması b) BDD'nin Yansımasıyla Çekme Çatlağı Oluşumu.....	16
Şekil 2.9	: Gaz Basıncı İle Çatlak Oluşumu	17
Şekil 2.10	: Basamak Düşey Kesitinde Patlatma	18
Şekil 2.11	: Amonyum Nitratın Fuel Oil İçeriği	23
Şekil 2.12	: Amonyum Nitratın Tane Çapının Patlama Hızına Etkisi	24
Şekil 2.13	: Anfonun Nem İçeriği.....	24
Şekil 2.14	: Patlatmayı Etkileyen Parametreler	29
Şekil 2.15-a	: Tabakaların Şev Yüzeyine Doğru Eğimli Olduğu Durum	33
Şekil 2.15-b	: Tabakaların Yana Doğru Eğimli Olduğu Durum.....	33
Şekil 2.15-c	: Tabakaların Geriye Doğru Eğimli Olduğu Durum.....	34
Şekil 3.1	: Delik Düzeni Parametreleri	36
Şekil 3.2	: Açık İşletmelerde Uygulanan Delik Düzenleri	48
Şekil 3.3	: Düşey Bir Delikte Kullanılan Atım	55
Şekil 3.4	: Değişik Gecikmeli Ateşleme Şekilleri	62
Şekil 3.5	: Patlatma Tasarımında İzlenecek Yöntem	63
Şekil 4.1	: Patlatma Enerjisinin Kayaç İçinde Dağılımı	90
Şekil 4.2	: Delik Delme Hatalarının Patlatmaya Etkisi	90
Şekil 4.3	: Deneme 2 Çalışmasının Delik Geometrisi	108
Şekil 4.4	: Deneme 3 Çalışmasının Delik Geometrisi	109
Şekil 4.5	: Deneme 4 Çalışmasının Delik Geometrisi	110
Şekil 4.6	: Deneme 5 Çalışmasının Delik Geometrisi	111
Şekil 4.7	: Deneme 6 Çalışmasının Delik Geometrisi	112

Şekil 4.8	: Deneme 7 Çalışmasının Delik Geometrisi	113
Şekil 4.9	: İşletmede Yapılan Patlatma Şekli.....	114
Şekil 4.10	: Deneme Çalışmalarında Yapılan Patlatma Şekli.....	115
Şekil 4.11	: Deneme 2 Çalışması Parça Adet Dağılımı	119
Şekil 4.12	: Deneme 2 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı.....	119
Şekil 4.13	: Deneme 3 Çalışması Parça Adet Dağılımı	120
Şekil 4.14	: Deneme 3 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı.....	120
Şekil 4.15	: Deneme 4 Çalışması Parça Adet Dağılımı	121
Şekil 4.16	: Deneme 4 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı.....	121
Şekil 4.17	: Deneme 5 Çalışması Parça Adet Dağılımı	122
Şekil 4.18	: Deneme 5 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı.....	122
Şekil 4.19	: Deneme 6 Çalışması Parça Adet Dağılımı	123
Şekil 4.20	: Deneme 6 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı.....	123
Şekil 4.21	: Deneme 7 Çalışması Parça Adet Dağılımı	124
Şekil 4.22	: Deneme 7 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı.....	124
Şekil 4.23	: Birim Delme Maliyet Dağılımı	143
Şekil 4.24	: Birim Patlatma Maliyet Dağılımı	143
Şekil 4.25	: Birim Delme-Patlatma Maliyet Dağılımı	144

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa No

Fotoğraf 4.1 : Şantiyedeki Delik Delme Makinesi	78
Fotoğraf 4.2 : Deliklerin Doldurması.....	84
Fotoğraf 4.3 : Deliklerin Birbirlerine Bağlanması	85
Fotoğraf 4.4 : Patlatmanın Görünüşü	85
Fotoğraf 4.5 : Patlatma Anının Görünüşü	86
Fotoğraf 4.6 : Aynanın Görünüşü	86
Fotoğraf 4.7 : Kömür Damarı	87
Fotoğraf 4.8 : Ekskavatör Kamyon Yönteminin Görünüşü	87
Fotoğraf 4.9 : Ekskavatör Kamyon Yönteminin Yukarıdan Görünüşü	88
Fotoğraf 4.10 : 20 yd ³ lük Draglayn Kepçesinin Görünüşü	88
Fotoğraf 4.11 : Dozer Çalışmasının Görünüşü	89
Fotoğraf 4.12 : Hatalı Deliklerin Görünüşü	91
Fotoğraf 4.13 : Atım Sonrası Kabarma	92
Fotoğraf 4.14 : Patlatma Sonrası Tam Ayrılmamış Basamak Üst Kısımının Görünüşü.....	93
Fotoğraf 4.15 : Patlatma Sonrası Tam Ayrılmamış Basamak Üst Kısımının Yandan Görünüşü.....	94
Fotoğraf 4.16 : Patlatma Sonrası İri Parça Boyutunun Görünüşü.....	94

KÖMÜR DEKAPAJINDA OPTİMUM DELME-PATLATMA TASARIMI-GARP LİNYİT İŞLETMESİNDE BİR SAHA ÇALIŞMASI

ÖZET

Açık işletmecilikte kaya ve cevher basamaklarında kazı genellikle delme-patlatma yöntemi ile yapılmaktadır. Bu amaçla sırasıyla; delik delme, patlatma, kazı-yükleme ve nakliyat işlemlerinin yapılması gerekir. Uygun olmayan delme-patlatma tasarımı hem kendi maliyetlerini olumsuz etkilemekte hem de daha sonraki izleyen işlemler olan kazı-yükleme ve nakliyat işlerinde sorunların oluşmasına, verim düşüklüğüne ve maliyet artışlarına yol açmaktadır. Bu bakımdan delme-patlatma işleri, kazı-yükleme ve nakliyat işleri ile bir bütün olarak değerlendirilmelidir. Delme-patlatma maliyetlerini düşürmek amacıyla, optimum olmayan bir delme-patlatma tasarımı sonunda oluşacak iri parçalar, kazı-yükleme ve nakliyat maliyetlerini etkileyerek genel maliyetlerde artışa neden olur.

Delme-patlatma tasarımını bir çok parametre etkilemektedir. Bu parametrelerin bir kısmı kontrol edilebilir, bir kısmı da kontrol edilemeyen parametrelerdir. Kontrol edilebilen parametreler-delme ve patlama geometrisi; delik çapı, delik yeri, delik eğimi, delik boyu, delik düzeni, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe, basamak aynası şekli, basamak yüksekliği, basamak eğimi, sıkılama, delik taban payı, atım grubu boyutları, yemleme, ateşleme ve gecikme süresi gibi parametrelerdir. Kontrol edilemeyen parametreler-kayaç birimlerinin madde ve kütle özellikleri; kayaç dayanımları, kütleli olarak sağlamlık derecesi, kayaç sertliği, su durumu ve hava şartları gibi parametrelerdir. Delme-patlatma çalışmasında çok sayıda parametrelerin mevcut olması nedeni ile optimum şartların elde edilmesi oldukça zor bir durumdur. Ancak, yapılacak analitik çalışmalar sonucunda, optimuma en yakın değerleri elde etmek çalışma yapılan işletme açısından faydalı sonuçlar üretilmesine katkıda bulunabilir.

Yapılan bu çalışmada öncelikli olarak literatürde yer alan delik delme ve patlatma sistemleri incelenmiş ve Bölüm 2’de sunulmuştur. Bölüm 3’de delme-patlatma tasarım parametrelerinin analizi yapılarak performans değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler sunulmuştur. Bölüm 4’de Garp Linyitleri İşletmesi’nde (G.L.İ.) delme-patlatma işlerinin optimizasyonu için saha çalışmaları ve analitik çalışmalar sunulmaktadır. Öncelikli olarak G.L.İ.’de mevcut işletme sistemi etüdü yapılmıştır. Daha sonra, çalışma yapılan bölgeye ait formasyonların jeomekanik özellikleri tespit edilerek hali hazırda yürütülen delme ve

patlatma işlerinin yerinde ayrıntılı etüdü gerçekleştirilmiştir. Mevcut delme-patlatma tasarım parametrelerinin literatürde önerilen formüllerden yararlanılarak elde edilen sonuçlarla uygunluğunu araştırmak için analitik çalışmalar yapılmıştır.

Gerek yerinde yapılan gözlemlerde ve gerekse analitik çalışmalar sonucunda, işletmede delme-patlatma işlerinin iyileştirilmesi amacıyla sistematik denemeler gerçekleştirilmiştir.

Literatürde bulunan delme-patlatma optimizasyonu için önerilen formüllerden yararlanılarak 7 adet ön tasarım modeli belirlenmiş olup, bu doğrultuda denemeler gerçekleştirilmiştir. Sonuçların irdelenmesi için önerilen performans analiz yöntemleri (patar sayım yöntemi, ikincil atımlarda patlayıcı tüketimi, ekskavatör yükleme performans analizi ve boyut dağılım analizleri) kullanılarak değerlendirilmeler yapılmıştır. Bu denemelerde ekskavatör yükleme performans analizi ve boyut dağılım analizlerinin bir paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

İşletmedeki mevcut delme-patlatma tasarımı ve deneme yapılan 7 durum için de ayrıntılı delme-patlatma maliyet analizleri yapılarak sonuçlar sunulmuştur. Delme-patlatma maliyetleri yanında kazı-yükleme ve nakliyat maliyetlerinin de analizi yapılarak çalışma yapılan işletme için optimum durum tespit edilebilir.

Şüphesiz; çok parametrelili ve kompleks bir proses olan delme-patlatma tasarımı ve optimizasyonunda daha kapsamlı çalışmalar yapılarak elde edilen sonuçların desteklenmesi gerekir.

OPTIMUM DRILLING AND BLASTING DESIGN IN COAL STRIPING – A FIELD STUDY AT GARP LIGNITE OPEN PIT MINE

SUMMARY

Generally the excavation in rock and ore benches are carried out by drilling-blasting method for open pit mining. For such purpose, drilling-blasting, excavation-loading and transportation works are needed to be carried out in respective order. Improper drilling-blasting designs not only affect their own costs negatively but also cause troubles in the following excavation-loading and transportation works, leading to decreased productivity and increased costs. Hence, drilling and blasting works need to be assessed together with excavation, loading and transportation works as a whole. In order to reduce costs of drilling-blasting activities, large pieces of debris created due to a random drilling-blasting design will affect excavation, loading and transportation costs and thus shall cause an increase in overall costs.

Various parameters affect the design of drilling-blasting. Whilst some of these parameters can be controlled the others cannot be. Parameters that can be controlled are the drilling and blasting design parameters (hole diameter, hole location, hole inclination, hole length, burden, drilled spacing, shape of bench wall, bench height, bench inclination, stemming, subdrilling, dimensions of blasting group, primer blasting elements, ignition and delay time). Parameters that can not be controlled are rocks features and mass characteristics (rock strength, mass characteristics, rock hardness, water condition and atmospheric conditions). Due to the number of parameters involved in drilling-blasting task, it is extremely difficult to obtain optimum conditions. However, following analytical studies performed, obtaining values at the closest proximity to optimum may contribute to production of results that are beneficial on enterprise's account.

Firstly in this study, drilling and blasting systems existing in literature have been sought, and the conclusions were presented in Section II. In Section III, design parameters of drilling-blasting have been analyzed and methods that are used to determine these parameters were presented. In Section IV, the field studies and analytic studies for optimizing drilling-blasting tasks in Garp Lignite Enterprise (G.L.İ.), these studies were presented. First of all a research was carried out regarding existing operating system in G.L.İ. Afterwards, geo-

mechanical features of formations of the study area had been determined and on-site experiments of drilling-blasting parameters have been performed. Analytical studies regarding the compliance of existing drilling-blasting design parameters to those given in literature has been carried out using data of G.L.İ.

As a result of on-site observations as well as analytical studies, systematic experiments had been performed in order to improve drilling-blasting works in G.L.İ.

Making use of formulas regarding drilling-blasting optimizations readily proposed in literature, 7 different preliminary design models have been determined and the experiments are carried out to that direction. Assessments are carried out by using proposed performance analysis methods (boulder count methods, explosive consumption in secondary blasting, excavator loading performance analysis, size distribution analysis) in order to study the results thoroughly. In these experiments it is determined that the excavator loading performance analysis and size distribution analysis denote a great parallelism.

There are also drilling-blasting cost analysis and their results for current drilling-blasting design and 7 other cases examined. As well as the analysis for drilling-blasting costs, those for excavation loading and transportation costs are needed to be carried out and then the optimum state for the operations can be determined.

With no doubts, more detailed and complex studies must be performed in order to support the results of this study regarding drilling-blasting design that is a multi-parametered and a rather complex process.

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Delme-patlatma teknolojisi, geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu teknolojinin kullanıldığı faaliyetlerde, gerek planlama gerekse uygulama işlemleri, diğer kazı sistemlerine göre farklı bir boyut almaktadır. Delme-patlatma teknolojisi genel anlamda aşağıdaki teknolojik işlemleri içermektedir. Bunlar :

- a) Deliklerin delinmesi
- b) Şarj ve patlatma
- c) Yükleme
- d) Taşıma
- e) Kırma ve öğütme

Bu faaliyetlere paralel olarak yürütülen diğer tüm işlemler ise, yardımcı prosesler olarak planlama kapsamında yer almaktadır.

Delme-patlatma faaliyetleri optimal koşullarda gerçekleştiğinde; yükleme, taşıma, kırma-öğütme ve hatta reklamasyon işlemlerinde maliyetlerin azalmasına, dolayısıyla işlemlerin toplam sonucunun pozitif bir gelişim göstermesine neden olmaktadır.

Bu konunun önemini, bir yandan işletme faaliyetlerinin göstergesini oluşturan maliyet analizlerinde, öte yandan söz konusu faaliyetlerin hızlı bir şekilde yapılabilmesinde görmek mümkündür. Ancak, işletmelerdeki maliyet analizlerinde, delme ve patlatma maliyetlerinin tek başına değerlendirilmesi; elde edilen başarının açık bir şekilde gösterilmesine yetmemektedir. Faaliyetler ardışık olarak gerçekleştiğinden dolayı; delme ve patlatma etkisinin diğer işlemlerde de analiz edilmesi zorunludur. Bu husus ise; ancak teknolojik işlemde görev alan makine ve ekipmanlara ait performansların ayrı ayrı değişik durumlar için analiz edilmesiyle mümkün olmaktadır. Sadece delme ve patlatma faaliyetlerinde hedeflenecek maliyet optimizasyonu düşüncesi, birbirini izleyen teknolojik işlemlerin maliyetinde önemli artışların olmasını görmezlikten gelecektir.

Bu çalışmada optimum delme ve patlatma koşullarını elde etmek için, öncelikle işletme şartları incelenmiştir. Daha sonra, literatürde verilen patlatma tasarım formüllerinden

yararlanılarak ön tasarımlar belirlenmiştir. Bu ön tasarımlar ocakta tek tek denenmiştir. Her bir tasarım için, patlatma performansının incelenmesinde kullanılan yöntemler olan; patar sayımı, ikincil atımlarda patlayıcı tüketimi, ekskavatör yükleme performans analizleri teker teker ölçülmüştür. Ayrıca, boyut dağılım analizlerinin incelenmesinde; fotoğraflama tekniği yönteminden yararlanılmıştır. Bu iş için Leica Qwin programı kullanılmış ve çıkan sonuçlar istatistiksel olarak verilmiştir.

En son olarak da; her bir ön tasarımın delme-patlatma maliyet analizleri incelenmiş ve yapılan ölçümler sonucunda işletme için en uygun tasarım belirlenmiştir.

BÖLÜM 2

2. AÇIK İŞLETMELERDE KULLANILAN DELİK DELME VE PATLATMA SİSTEMLERİ

2.1 Delik Delme Makineleri

Açık işletmelerde, kazı-yükleme makinelerinin randımanlı ve ekonomik olarak çalıştırılabilmesi için sert yapıdaki formasyonların patlayıcılar ile gevşetilmesi yoluna gidilmektedir. Patlayıcıların yerleştirildikleri belirli çap ve uzunluktaki delikler, bu amaçla kullanılan delik delme makineleri tarafından açılmaktadır.

Patlatma deliklerinin açılmasında başlıca, döner ve darbeli delik delme makineleri kullanılmaktadır.

2.1.1 Döner Delik Delme Makineleri

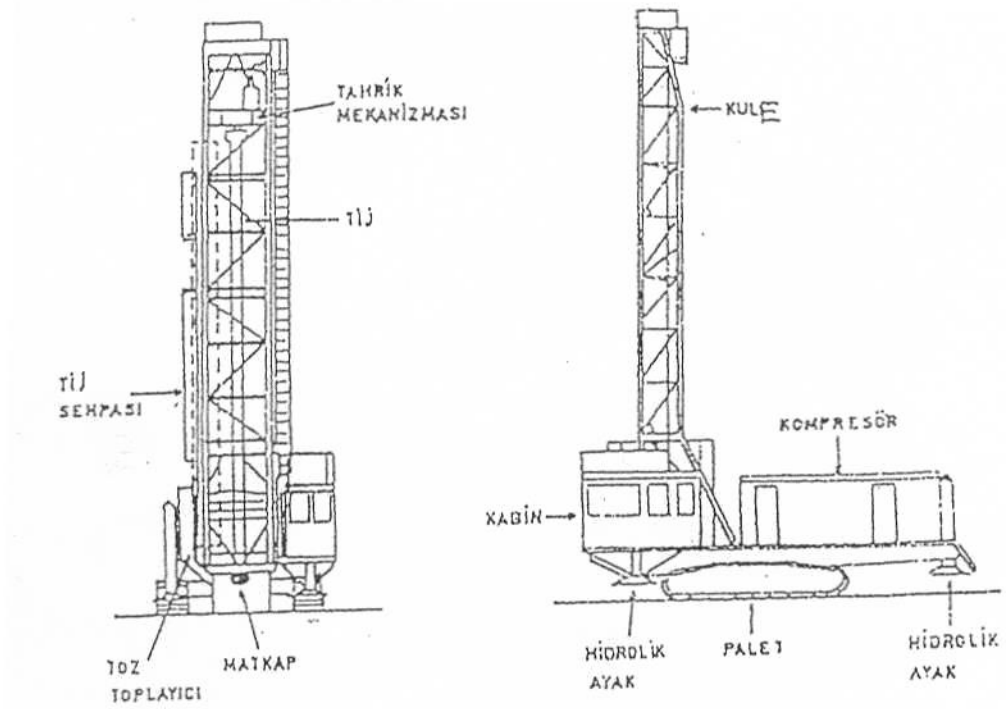
1949 yılına kadar bütün delikler darbeli delik delme makineleri ile delinmekteydi. Sadece, çok yumuşak formasyonlar döner delik delme makineleri tarafından delinmekteydi. ANFO gibi, ucuz maliyetli patlayıcıların madencilik pazarına girmesiyle A.B.D’de 40 m. ya da daha fazla dekapaj yapan büyük açık ocak kömür madenleri işletilmeye başlandı. Böylece, yüksek penetrasyon oranlarını veren büyük kapasiteli döner delik delme makinelerinin üretimine başlandı.

Döner delik delme makineleri bugünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dik yada eğik delik delinirler. Çok yumuşaktan çok sert kayaç formasyonlara kadar geniş uygulama alanlarına sahiptirler. Delik çapları ve uzunlukları geniş sınırlar içindedir. Dizel yada elektrik motorludurlar.

Delik çapları 50-444 mm. arasında değişmelerine rağmen, genelde açık ocaklarda 152-310 mm. arası çaplar kullanılmaktadır. Daha büyük üretimlerde daha büyük çaplar kullanılabilir. (30)

Delik boyları 60 m.'ye kadar olabilmektedir. Patlatma tasarımı gereği, makinenin kulesi 0°-30° arasında (genelde 5° aralıklarla) düşeyden saptırılabilir. (26)

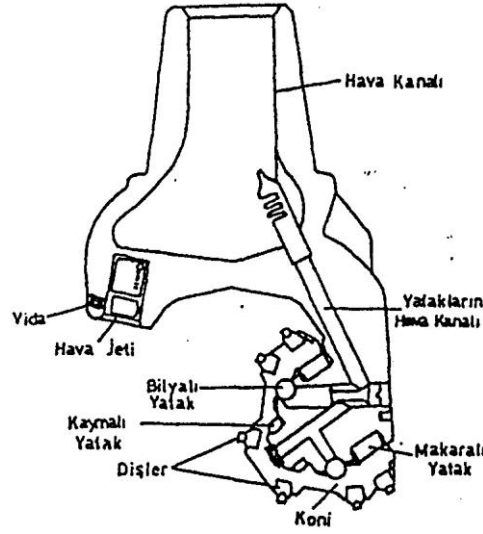
Başlıca elemanları; taşıyıcı, güç kaynağı, baskı sistemi, döndürme sistemi, delik kırıntılarını temizleme sistemi, toz toplama sistemi, matkap ve tijlerdir. Döner delik delme makinesi donanımları Şekil 2.1'de görülmektedir.



Şekil 2.1 Döner Delik Delme Makinesi Donanımları (26,30)

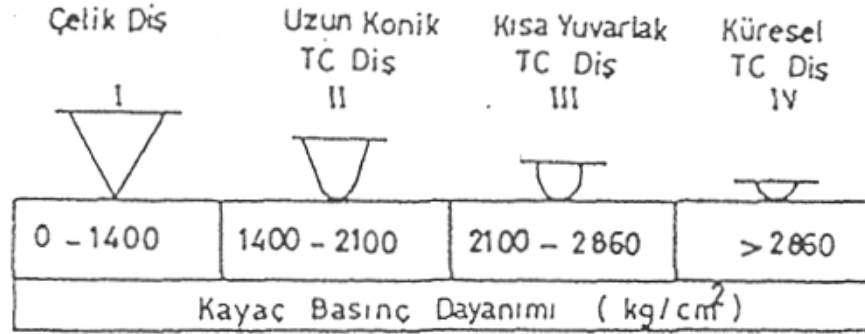
Matkaplar, tijlerin uç kısımlarını takılan kesici elemanlardır. Kullanılacak matkap tipi, delinecek formasyonun karakteristiklerine uygun olarak seçilir.

Döner delik delme makinelerinde kesici ve konili olmak üzere iki tip matkap kullanılır. Çok yumuşak formasyonlar için uygun olan kesici matkaplar fazla yaygın değildir. Döner delik makinelerinde genelde yaygın olarak üç konili matkaplar kullanılmaktadır. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi üç konili matkaplar; gövde, koniler ve koni yatakları olmak üzere üç ana birimden oluşur.



Şekil 2.2 Üç Konili Matkap Yapısı (30)

Ni-Mo alaşımlı çelikten yapılan koniler bir mile geçirilmiş olup, matkap dönerken kendi eksenleri etrafında dönerler. Koniler üzerinde bulunan dişler ya sert çelikten ya da tungsten karbitten (TC) imal edilirler. Şekil 2.3’de değişik formasyonlar için farklı diş şekilleri mevcuttur.



Şekil 2.3 Farklı Formasyonlara Göre Diş Çeşitleri (30)

Çeşitli üreticiler tarafından piyasaya sürülen üç konili matkap çapları 76-444 mm. arasındadır. (30)

Matkap ömrü üzerine kayacın aşındırıcılığı, uygulanan baskı kuvveti, delikteki su durumu, eklem ve katmanlaşma düzlemlerindeki yönlenmeler, kayacın mekanik dayanımı ve operatör becerisi gibi bir çok parametre rol oynar. Tablo 2.1’de farklı kayalarda kullanılan üç konili matkap tipleri görülmektedir.

Tablo 2.1 Farklı Kayaçlarda Kullanılan Üç Konili Matkap Tipleri (26)

KAYAÇ	MATKAP TİPİ
Yumuşak şeyl, kil, silt kalsit	Geniş aralıklarla yerleştirilmiş uzun dişler; kesme hareketi sıyırma ve oluk açma şeklinde
Jips, tuz, tebeşir, kumtaşı	Orta sıklıkla yerleştirilmiş, orta uzunlukta dişler, kesme hareketi sıyırma, yontma ve ezme şeklinde
Sert silttaşı, sert kireçtaşı, dolomit, bazalt, sert kumtaşı	Sık aralıklı kısa, yarı küresel yada konik dişler; kesme hareketi yontma ve ezme şeklinde
Granit, demir cevherleri, takonit, kuvarsit	Çok sık aralıklı ve yarı küresel çok kısa dişler; kesme işlemi öğütme şeklinde

2.1.2 Darbeli Delik Delme Makineleri

Darbeli delik delme makineleri, yumuşaktan sert kadar her türlü kayaç tipinde uygulanmaktadır. Delik çapları geniş sınırlar içindedir. Çok yönlü ekipman ve farklı şartlara iyi adapte olur. Sadece tek operatör yeterlidir. Bakımı çabuk ve kolaydır. İlk yatırım maliyeti çok yüksek değildir. Darbeli delik delme makinelerinde aşağıdaki fonksiyonlar sağlanmaktadır.

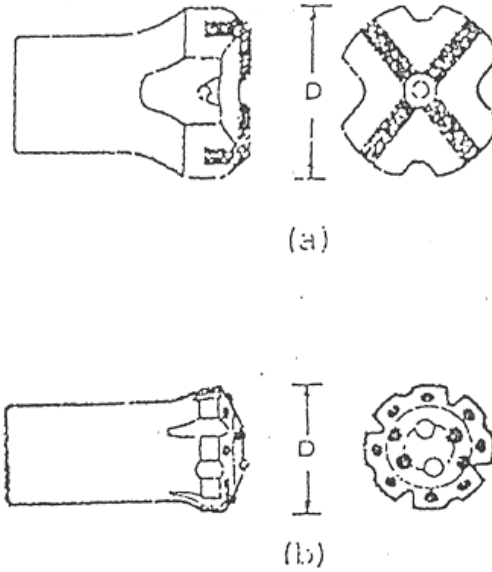
a) Darbe: Delik içinde yada delik dışında tekrarlanan piston darbelerinin oluşturduğu şok dalgalarının tij vasıtasıyla matkap üzerine direkt olarak iletilmesiyle oluşturulur.

b) Dönme: Kayaçta farklı yüzeylerle temas için matkap bir miktar döndürülür.

c) Matkap Yüğü: Kayaç ile matkabin devamlı temasını sağlamak için matkap yüğü delme dizisine uygulanır.

d) Temizleme: Patlatma deliğinden kırıntıların uzaklaştırılmasıdır.

Şekil 2.4’de görüldüğü gibi kesici elemanın şekline göre isimlendirilen haç, çapraz yada düğmeli matkaplar kullanılmaktadır.



Şekil 2.4 Darbeli Delik Delme Makinelerinde Kullanılan Matkaplar;

a) Çapraz Matkap, b) Düğmeli Matkap (26)

Haç matkaplarda birbirleriyle 90° açı yapan dört adet tungsten karbid gömme bıçaklar bulunur. Çapraz matkaplarda, tungsten karbid bıçaklar (X) şeklindedir. Düğmeli matkaplarda düz bir yüzey üzerine belirli sayıda yarı silindirik tungsten karbid dişler bulunur. Düğmeli matkapların en önemli avantajı sık sık bilenme gerektirmemeleridir.

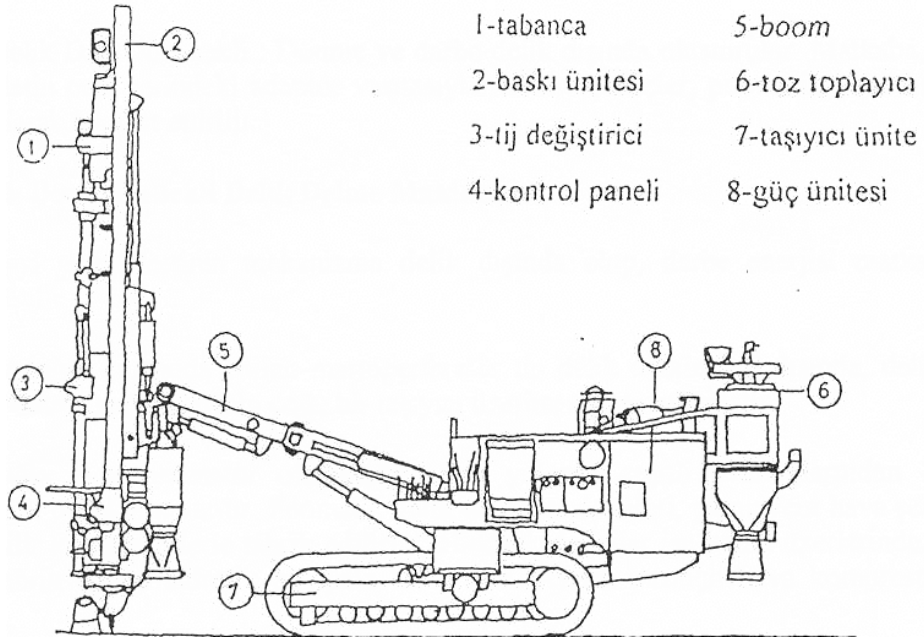
Delme prensibi bir çelik pistonun matkaba vurarak, enerjiyi aynı anda patlatma deliği dibine iletmesi temeline dayanır. Çekicinin yerleştirilmesine göre iki büyük gruba ayrılır.

Bunlar :

a) Delik İçi Düzenekli: Darbe matkaba direkt olarak gönderilirken, dönme delik dışından sağlanır. Dönme hidrolik yada pnömatik olarak hareket ettirilir.

b) Delik Dışı Düzenekli: Dönme ve darbe delik dışında oluşturulur. Matkaba, tij ve aletin orta yerindeki adaptör vasıtasıyla iletilir. Çekiçler, pnömatik yada hidrolik olarak hareket ettirilir.

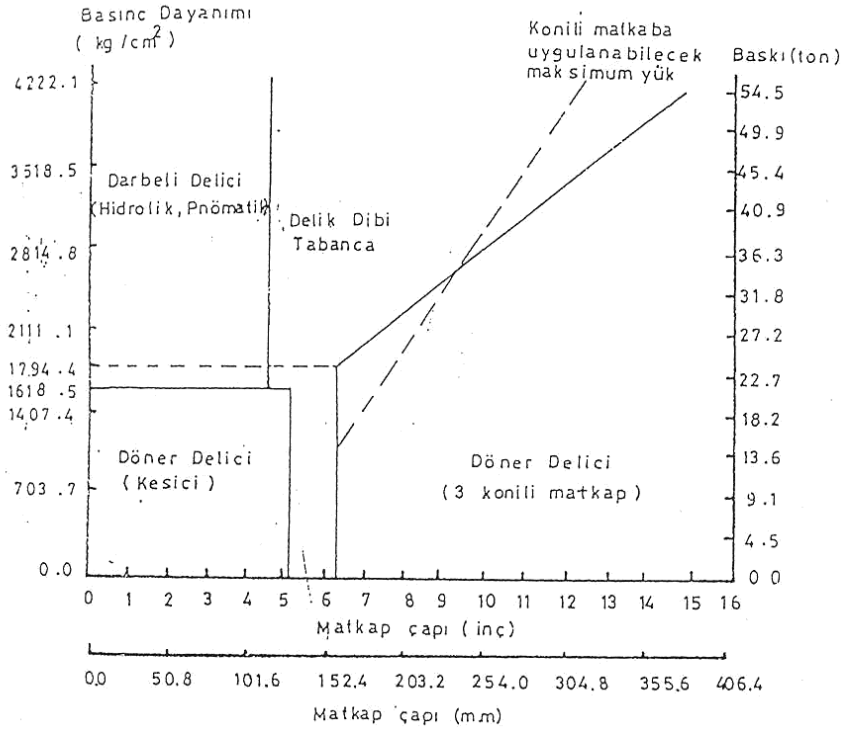
Taş ocaklarında ve açık ocaklarda arazi düzgün olmadığı için yerüstünden darbeli delik delme makinelerinin çoğu paletli olarak imal edilmektedir. Taşıyıcı ağırlıkları 8-15 ton arasındadır. Yumuşaktan sert formasyona kadar geniş kullanım alanı vardır. Şekil 2.5’de yerüstünden darbeli hidrolik bir delik delme makinesinin ana elemanları görülmektedir.



Şekil 2.5 Yerüstünden Darbeli Hidrolik Delik Delme Makinesinin Ana Elemanları (30)

2.1.3 Delici Makine Seçimini Etkileyen Parametreler ve Yöntemler

Delik delme makinesi seçiminde birincil faktörler; delik çapı, formasyon özellikleri ve üretim miktarıdır. Şekil 2.6'da matkap çapı, basınç dayanımı ve baskı kuvvetine göre delik delme makinesi seçim kriterleri görülmektedir.



Şekil 2.6 Çeşitli Delik Delme Makinelerinin Seçim Kriterleri (30)

Delik Delme Makine Seçimini Etkileyen Kriterler

- Basamak Yüksekliği
- Parça Boyutu
- Arazi Şartları
- Çevre Sınırlamalarıdır.

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

Genelde yükleyicinin kepçe boyutuna ve kırıcının ağız açıklığına uygun parça boyutu istenir. Çoğunlukla büyük çaplı delikler iri parça boyutunu arttırır, fakat şarj miktarı arttırılarak bu önlenabilir. Ancak, şarjın attırılması parçaların fırlama mesafesini arttıracaktır. Çatlaklı ve sert kayalarda küçük çaplı ve sık deliklerle az patlayıcı kullanılarak ince parça elde edilir.

Arazi durumu ekipman seçiminde önemli etkiye sahiptir. Arazi genelde düzensiz olduğundan paletli makineler tercih edilirler. Paletli makineler, taş ocağı ve açık ocaklarda daha yaygındır. Fakat, zemin iyi düzeltilmiş ve delik makinesinin uzak mesafelere gitmesi gerekiyorsa lastik tekerlekli delik delme makineleri daha avantajlıdır.

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

Delme-Patlatma Optimizasyonunda Kullanılan Delik Parametreleri

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

Döner Delmede Delme Hızı Bağlıları

Döner delik delme makinelerine ait literatürde çok sayıda bağıntı mevcuttur. Aşağıda bunlardan bir kısmı verilmektedir.

1- Morris Bağıntısı (30)

$$DH = 17 N \frac{P'W}{FC} \quad (2.1)$$

DH = Delme Hızı (m/h)

N = Dönme Hızı (dv/dk)

P' = Penetrasyon deneyinde matkap dişinin batma miktarı (mm)

F = Parça oluşturmak için gerekli kuvvet (kg)

W = Matkap baskısı (kg)

C = Diş Sayısı

2- Warren Bağıntısı (30)

$$DH = \left(\frac{aS_d D^3}{N^b W^2} + \frac{c}{ND} \right)^{-1} \quad (2.2)$$

DH = Delme hızı (m/h)

a,b,c = Sabitler

S_d = Delinebilirlik direnci (kPa)

D = Matkap çapı (cm)

N = Dönme hızı (dv/dk)

W = Matkap baskısı (N)

3- Praillet Bağıntısı (30)

$$DH = \frac{835.2 W N}{\sigma_c^2 D^{0.9}} \quad W = \frac{\sigma_c D}{2} \quad (2.3)$$

DH = Delme hızı (m/h)

W = Matkap baskısı (N)

N = Dönme hızı (dv/dk)

σ_c = Basınç dayanımı (kg/cm²)

D = Matkap çapı (cm)

4- Pandey Bağintısı (30)

$$DH = 2544.94 - 306.7381 \log_e \sigma_c \quad (2.4)$$

$$DH = 103.51 - 5.71 \log_e \sigma_\tau \quad (2.5)$$

$$DH = 941.12 - 71.02 \log_e \tau \quad (2.6)$$

$$DH = 690.63 - 88.32 \log_e f \quad (2.7)$$

DH = Delme hızı (cm/dk)

σ_c = Basınç dayanımı (kg/cm²)

σ_τ = Çekme dayanımı (kg/cm²)

τ = Kesme dayanımı (kg/cm²)

f = Kayaç dayanım katsayısı

5- Baver Bağintısı (30)

$$DH = \frac{(61 - 28 \log_{10} \sigma_c) NW}{300D} \quad (2.8)$$

DH = Delme hızı (ft/h)

σ_c = Basınç dayanımı (psi)

N = Dönme hızı (dv/dk)

W = Matkap baskısı (lb)

D = Matkap çapı (inç)

Darbeli Delmede Delme Hızı Bağlıları

1- Prodolyakonov Bağlısı (30)

$$DH = \frac{d^2 (f + 8.6)}{3000G} \quad (2.9)$$

DH = Delme hızı (m/dk)

d = Delik çapı (mm)

f = Kayaç dayanım katsayısı

G = Pnömatik tabanca gücü (kW)

2- Tandanand ve Unger Bağlısı (30)

$$DH = \frac{G}{AK_d (3860 + 2744 \ln f^i)} \quad (2.10)$$

$$\ln K_d = 0,47(d - 1,5) \quad (2.11)$$

DH = Delme hızı (inç/dk)

G = Piston gücü (ft lb/dk)

A = Delik kesit alanı (inç²)

K_d = Düzeltme Faktörü

fⁱ = Kayaç dayanım katsayısı

d = Delik çapı (inç)

3- Pathinkar ve Misra Bağlısı (30)

$$\log DH = (0,04 - 0,00094\phi) \log SE + 0,0089\phi + 2,544 + \log \left(\frac{E_p b_{pm}}{12,465A} \right) \quad (2.12)$$

DH = Delme hızı (cm/dk)

φ = Matkap uç açısı

E_p = Piston enerjisi (kgm)

SE = Spesifik enerji (kgm/cm³)

b_{pm} = Darbe frekansı (db/dk)

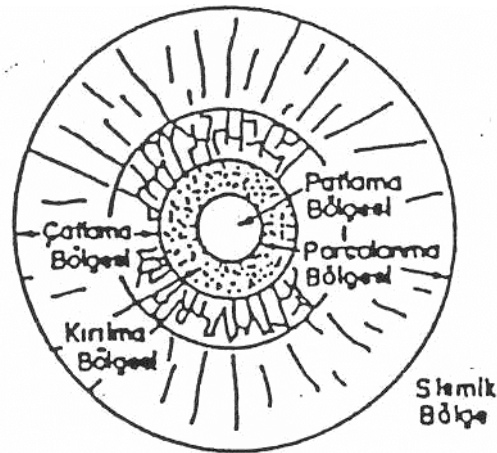
A = Delik kesit alanı (mm²)

2.2 Patlatma ve Ateşleme Sistemleri

2.2.1 Patlatmanın Tanımı

Kayaçların parçalanmasında bir araç olarak patlayıcıların istenen sonucu yaratması, onların kayacın belirli bir bölümüne aniden ve çok büyük bir miktarda enerji verebilme yeteneğinde yatar. Delikteki patlayıcı ateşlediğinde, saniyenin binde biri gibi çok kısa bir sürede hidrodinamik reaksiyon sonucu patlayıcı enerjisi çok yüksek basınç ve sıcaklıktaki gaz şeklinde açığa çıkar.

Delikteki patlayıcı ateşlendiğinde gaz şeklinde ortaya çıkan enerji, deliği çevreleyen kayaç üzerinde dev bir varyoz darbesi şeklinde etki yapar. Böylece deliği çevreleyen kayaca uygulanan çok büyük basınçlar kayacın kırılıp parçalanmasına yol açar. İlk aşamada yer olan parçalanma olaylarını (birincil parçalanma mekanizmalarını) daha iyi anlayabilmek için deliğin basamak aynaları gibi serbest yüzeyden uzakta, diğer bir deyişle sonsuz bir kayaç ortamı içinde açıldığı düşünüldüğünde, böyle bir delik kesiti Şekil 2.7’de görülmektedir.



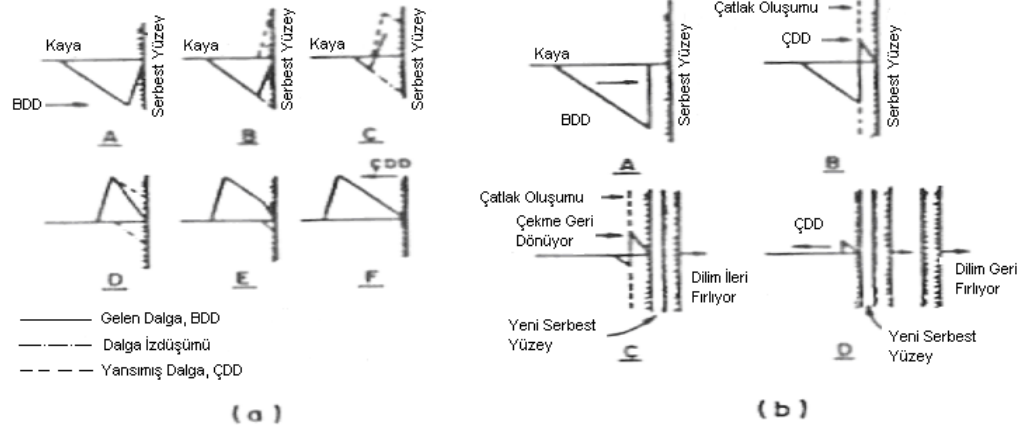
Şekil 2.7 Sonsuz Kayaç Ortamı İçindeki Patlatma Deliği Çevresinde Parçalanma Olayı (31)

Ortada görülen kısım patlayıcının yerleştirildiği deliktir (patlama bölgesi). Bu deliğin cidarı darbenin etkisiyle plastik deformasyona uğrar. Diğer bir deyişle delik cidarı yoğrulmuş bir hamur gibi şekil değiştirir. Plastik deformasyon bölgesi genelde kayaç özelliklerine göre bir ya da birkaç milimetre genişliğindedir. Kıl gibi plastik formasyonlarda kırılma olmaksızın deliğin genişlemesi şeklinde görülen bir deformasyon, deliğin kovan yapması olarak adlandırılır.

Patlatma boşluğu ve plastik deformasyon bölgesini parçalanma bölgesi (geçiş bölgesi) çevreler. Bu bölge iki alt bölgeden oluşur. Kırılma bölgesinde kayaç tamamen parçalanmıştır. Bu bölgedeki parçalanma darbe sonucu oluşan basınç birim deformasyon dalgasının (BDD), kayacın dinamik basınç birim deformasyon limitinden (plastic yield) fazla olması nedeniyle oluşur. Kırılma bölgesinin genişliği genelde delik çapının iki katından küçüktür. Bazı çok gözenekli kayalarda çok güçlü patlayıcılar kullanıldığında, delik çapının 7.5 katına kadar genişlediği görülmüştür. Kırılma olayını yaratan BDD'nin şiddeti gittikçe azalır ve daha fazla kırılma yaratmaz. Ancak yoğun ışınsal (yarıçap yönünde) basınç sonucu dalga çeperine teğet yönde dinamik çekme birim deformasyon dalgaları (ÇDD) oluşur. ÇDD dalgaları da kayacın dinamik çekme birim formasyon limitini aştığı sürece ışınsal çatlamlar devam eder. Hem ışınsal (radyal) hem de teğet çatlakların olduğu çatlama bölgesi, ışınsal çatlakların ucu ile sınırlanır. Çatlama bölgesinin genişliğinin delik çapının on iki katına kadar ulaştığı görülmüştür.

Patlamanın yarattığı basınç dalgası parçalanma bölgesindeki kırılma ve çatlama olaylarında enerjisinin bir kısmını harcadığından, şiddetinin düşmesi sonucu (sönmesi) ve yakında serbest yüzey bulunmadığından elastik titreşim dalgası olarak sonsuz kayaç ortamı içinde dağılır gider. Titreşimlerin olduğu bu bölgeye sismik bölge adı verilir. Eğer yakında basamak aynası ya da açık fay, açık eklem gibi süreksizlikler varsa bunlar birer serbest yüzey olarak etkiler.

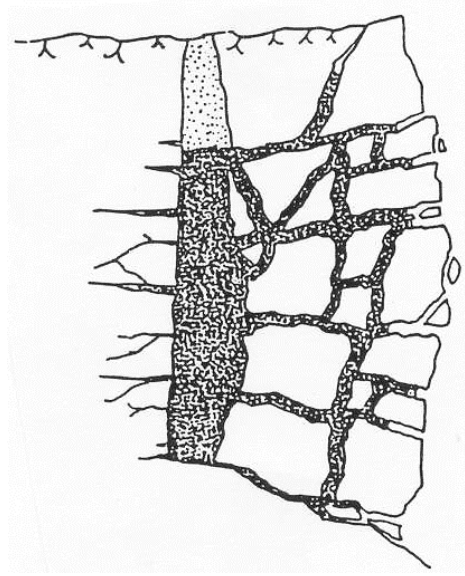
Sismik bölgede titreşimlere neden olan BDD bu serbest yüzeye geldiğinde, hava boşluğunu geçemeyerek yansır ve ÇDD'ye dönüşür. Şekil 2.8-a'da üçgen basınç birim deformasyon yansıması ve 2.8-b'de BDD'nin yansımasıyla çekme çatlak oluşumu görülmektedir.



Bu yansıyan dalga yeterli şiddette ve genelde kayaların çekme dayanımları çok düşük olduğundan kayaç yaprak yaprak parçalanmaya başlar. Birbiri peşi sıra gelen BDD'leri haline dönüştükçe dilim dilim koparılma olayı da devam eder. Dilimlenme olayı ikincil parçalanma mekanizmalarının ilkidir.

İkincil parçalanma mekanizmalarının ikincisi ise formasyon kontakt ve dokanaklarında görülür. İki ayrı cins kayacın deformasyon modülleri arasındaki fark arttıkça gelen BDD'sinin bu formasyonlarda yarattığı deformasyonlar da farklı olur. Birim deformasyon farklılığının büyüklüğü tabakaların farklı hareketi sonucu makaslama çatlama yaratır.

İkincil parçalanma mekanizmalarının üçüncü çatlakların gaz basıncı ile açılıp uzamasıdır. Patlayıcının meydana getirdiği basınç altındaki gaz hem doğal hem de patlatmayla yaratılmış çatlaklara girerek onları yarar ve kama etkisi yaratarak çatlakların uzamasına yol açar. Şekil 2.9'da gaz basıncı ile çatlak oluşumu görülmektedir.

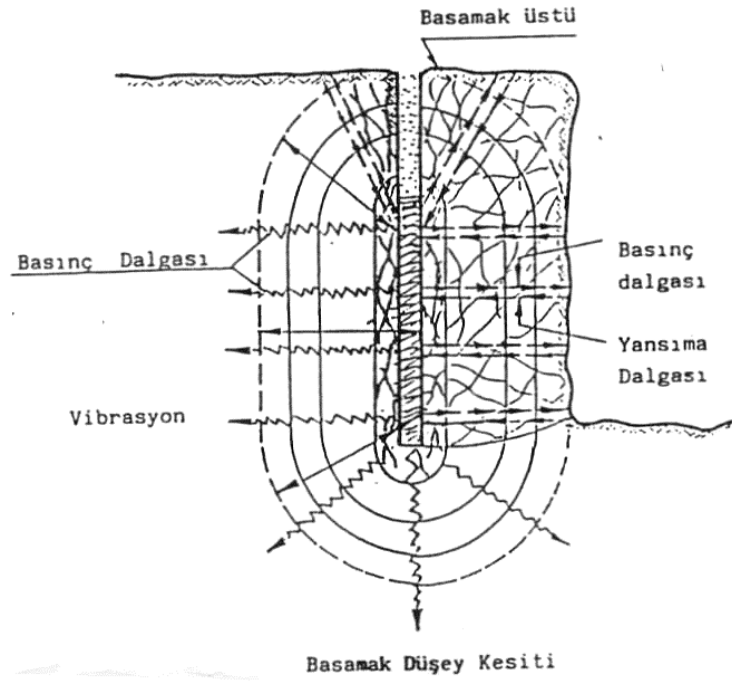


Şekil 2.9 Gaz Basıncı İle Çatlak Oluşumu (31)

Hem deliği çevreleyen çatlakların uzaması ve hem de serbest yüzeyde deliğe doğru, dilim dilim parçalanma sonucu arada çok dar bir kayaç bölümü parçalanmamış olarak kalır. Bu kısım ise deliği çevreleyen çatlakları dolduran fakat hala yeterli düzeyde olan gaz basıncı ile ileri doğru püskürtülerek parçalanır. İkincil parçalanma mekanizmalarının dördüncüsü olan gaz basıncının püskürtülmesiyle parçalama ile delik grubunun yer aldığı basamak bölümü tamamen parçalanmış ve kabarak öne (ocak içine) doğru ötelenmiş olur. Böylece patlatılan kısmın parçalanması tamamlanır. Daha sonra son sıra (en gerideki) deliklerin gerisinde bulunan ve patlama sonucu basınç birim deformasyona maruz kalmış (sıkışmış olan) basamak bölümü önündeki yükün aniden kalkması sonucu birden ferahlar ve bunun sonucu olarak patlamanın gerisinde kalan basamakta dik ve dike yakın çatlaklar oluşur. Sıkıştırılmış bir yayın aniden serbest bırakılması sonucu geri uzamasına benzer bir yolla basamağın arka kısımlarında paralel

çatlakların oluşumu yük boşalmasıyla çatlama olarak adlandırılır. Böylece ikincil parçalanma mekanizmaları da sona erer.

Basamaklarda açılan deliklerin şarjı silindirik olduğundan, dalgaların yayılımı şarjın taban ve tavan kısmında küresel olurken, orta kısmında silindirik bir hal alır. Şekil 2.10'da basamak düşey kesitinde patlatma görülmektedir.



Şekil 2.10 Basamak Düşey Kesitinde Patlatma (31)

2.2.2 Patlayıcı Maddeler

Patlayıcı maddeler, ısı, darbe, sürtünme ya da bunların bileşimi ile dışarıdan herhangi bir elemanın kimyasal katkısı olmaksızın çok hızlı reaksiyona giren ve genelde gaz ürünler veren organik ya da inorganik bileşimlerdir. Reaksiyon sonucu 4500 °C civarında yüksek bir ısı ve 250000 bar civarında gaz çıkışı olur. Bu yüksek basınçlı gaz parçalanma, kesme ve çatlama sebepleri olur. Eğer reaksiyon alev alacak olursa ve ses hızının altında bir yayılma hızına sahipse buna yanma ya da deflagrasyon, reaksiyon bir

sıkıştırma darbesi oluşturuyorsa ve yayılma hızı ses hızının üstünde ise buna patlama ya da detonasyon denir. (30)

Patlayıcı Maddelerin Teknik Özellikleri

a) Detonasyon Hızı

Detonasyon bir anlamda şok dalgasıdır. Reaksiyonla oluşan şok dalgalarının patlayıcı içindeki hızına “detonasyon hızı” denir ve m/sn cinsinden ifade edilir. Gerçekte patlayıcı gücünü ortaya koyan detonasyon hızıdır. Patlayıcının detonasyon hızı arttıkça parçalama ve kırma özelliği artar. Bu hız, ürün tipi ve birikimi, tane boyutu, yoğunluk, çap, doldurma oranı, ısı ve ateşleme derecesi gibi bir çok faktörlere bağlıdır.

Genelde ticari patlayıcıların patlama hızları 1500-7900 m/sn arasındadır. Yüksek patlama hızlı patlayıcılar sert kayalar için uygundur. Yumuşak formasyonlarda ise düşük patlama hızlı patlayıcılar daha iyi sonuç verir. (30)

Patlayıcı türüne göre belirli bir çapa kadar ürün çapı patlama hızını etkiler. Genelde çap büyüdükçe patlayıcının hidrodinamik hızına ulaşıncaya kadar patlama hızı yükselir. Ayrıca, her patlayıcı için kritik bir çap vardır ki bu çap reaksiyon başlaması ve devamı için gerekli minimum çaptır. Bu çapın altında patlama olmaz ya da çok yavaş olur.

b) Detonasyon Basıncı

Patlayıcı içinde yayılan şok dalgasından kaynaklanan ani bir basınçtır. Kilobar olarak ölçülür. Detonasyon basıncı patlayıcı yoğunluğu ve reaksiyon hızı ile ilgilidir. Genelde artan yoğunlukla, patlama basıncı dolayısıyla performans artar. Eğer patlayıcı yemleme olarak kullanılacaksa, yüksek patlama basıncı önemli bir kriterdir.

c) Kuvvet

Patlayıcı maddenin kuvveti kapsadığı enerjinin, ağırlığına bağlı olarak ifade edilen bir büyüklüktür. Örneğin; nitrogliserin esaslı patlayıcı maddelerin kuvveti, bünyesinde bulunan nitrogliserin yüzdesi ile ifade edilir. Ancak iş yapma gücü kapsadığı nitrogliserin yüzdesi ile orantılı artmaz. Bunun nedeni, bünyesine girmiş diğer maddelerin değişik özellikleri bu orantıyı değiştirmektedir.

d) Yoğunluk

Birim hacme düşen patlayıcı ağırlığı olarak tanımlanabilir. Ticari patlayıcıların özgül ağırlıkları $0.7\sim 1.7 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişmektedir. Bir kaç istisna dışında, daha yoğun patlayıcılar, daha yüksek patlama hızına ve patlama basıncına sahiptirler. (25)

Sert kayaçlarda, maliyeti yüksek olmasına rağmen yoğunluğu yüksek patlayıcılar tercih edilmelidir. Sulu ortamlarda çalışırken ise, yine patlayıcının yoğunluğu önem kazanmaktadır. Kullanılan patlayıcıların yoğunluğu sudan düşük olursa patlayıcı maddenin suda batmaması gibi problemlerle karşılaşılabilir.

e) Duyarlılık

Patlayıcının detonasyona girmesi için gerekli olan fiziksel etkidir. Ticari patlayıcılar; kapsüle duyarlı olanlar ve yelmeme şarjına duyarlı olanlar diye iki temel gruba ayrılabilirler.

Delik dibindeki su, uygun olmayan şarj çapı, aşırı sıcaklık değişimleri gibi faktörler patlayıcıların duyarlılığını azaltırlar.

Anfo, amonit ve sulu çamur tipi (Slurry) dışındaki patlayıcılar kapsüle duyarlıdır. Bazı durumlarda anfo ve amonit de kapsülle patlayabilir. Fakat, çoğunlukla yelmeye ihtiyaç duyarlar. Genelde dinamit gibi yüksek patlama hızına sahip yemlemeler tercih edilmektedir.

Duyarlılığın düşük olması halinde, eğer patlayıcı kolonunda boşluk ya da bir engel varsa reaksiyon kesilebilir. Duyarlılığın fazla olması durumunda, eğer delikler birbirlerine çok yakınsa, bir delikteki patlama şoku, komşu delikteki patlayıcıyı da etkileyebilir. Bu durumda düzen bozulur ve bütün parçalanma, aşırı hava şoku ve titreşim olur.

f) Suya Dayanıklılık

Patlayıcının sulu deliklerde kullanılıp kullanılmayacağını gösteren parametredir. Anfo gibi suya direnci olmayan patlayıcılara su sızması sonucunda, patlayıcının verimi düşer, duyarlılığı azalır ve patlama özelliği yok olur. Bu tür patlayıcılar, suya dayanıklı malzeme ile kaplanarak suya dirençleri arttırılabilir. Özellikle sulu deliklerde, suya karşı direnci yüksek olan plastik patlayıcılar kullanılmalıdır.

g) Depolama Özellikleri

Patlayıcılar nem, yüksek ve düşük ısı gibi olumsuz şartlarda bile uzun süre kimyasal yapılarını koruyabilmelidirler. Depolardaki patlayıcılar sürekli yenilenmelidir. Yani depoya önce gelenler öncelikli kullanılmalıdır. Ayrıca, depolar temiz ve kuru olmalı, depolama süresi kısa olmalıdır.

Patlayıcı Çeşitleri

Patlayıcı maddeler üç temel gruba ayrılmaktadır. Yüksek patlayıcı maddeler, düşük patlayıcı maddeler ve ateşleyici patlayıcılardır.

Yüksek Patlayıcı Maddeler

Ateşlendiğinde kimyasal reaksiyon sonucu oldukça yüksek bir enerji ve şok dalgası ortaya çıkar. Ateşleme için küçük bir enerji (kapsül) yeterlidir. En belli başlıları dinamitlerdir.

Dinamitler

Açık işletmelerde en yaygın olarak kullanılan dinamitler nitrogliserin ve amonyum nitrat esaslılar olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Nitrogliserin esaslı dinamitler, nitrogliserinin sodyum nitrat, potasyum nitrat, selüloz, barut ve amonyum nitrat gibi yanıcılarla belirli oranlardaki karışımlarından elde edilirler. Bu tip dinamitlerin kuvveti nitrogliserinin ağırlıkça yüzdesi ile belirtilmekte olup, bu oran %10-92 arasındadır. Nitrogliserin esaslı dinamitler genelde parafinli kağıda sarılmış 20 cm. boyutunda ve 2,5-3,2 cm. çapında kartuşlar halinde piyasaya sürülürler. (9,26)

Nitrogliserin kökenli dinamitlerde uygun koşullarda depolanmadığında ve uzun süre bekletildiğinde, nitrogliserin kusması görülür ve serbest kalan nitrogliserin en ufak bir darbeye karşı duyarlıdır. Bu tehlikeli durumun yanında nitrogliserinin buharlaşması olayı da insanlarda şiddetli baş ağrılarına sebep olur.

Ana katkı maddesi amonyum nitrat olan dinamitler, nitrogliserin esaslılarına göre daha emniyetlidirler. Amonyum nitratın, TNT ile karıştırılmasıyla genelde toz halinde bulunan ve yanmayan elemonit ve grizotin tip dinamitler yapılmaktadır.

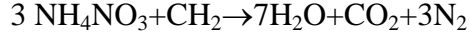
Dinamitler genelde, açık işletmelerde asıl patlayıcı maddelerin ateşlenmesinde yemleyici olarak kullanılmaktadır.

Düşük Patlayıcı Maddeler

Kimyasal reaksiyon olarak çok hızlı yanma sonucu enerji açığa çıkar. Ateşleme için yüksek patlayıcı maddelerin (dinamitler) kullanılması gereklidir. Patlayabilir karışımlar olarak da adlandırılan bu gruba, kuru bir patlayıcı karışım olarak anfo ve sıvı patlayıcı karışımlar olarak da emülsiyon ve sulu çamur tipi (Slurry) gibi çamursu patlayıcılar girmektedir.

a) Anfo (Teknik Amonyum Nitrat)

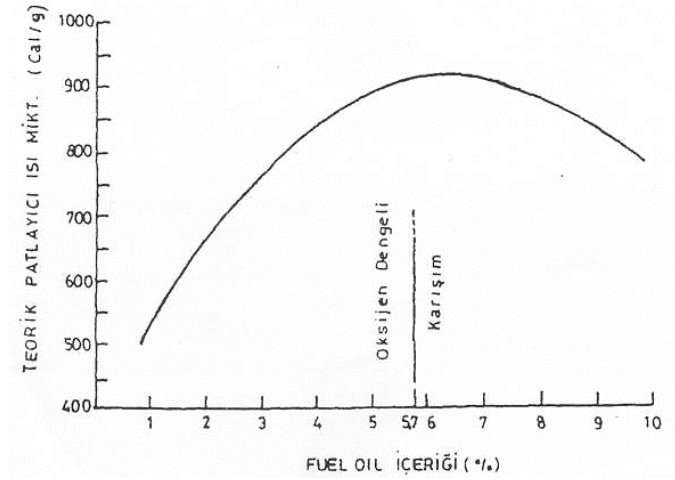
Yakıtın (mazot), amonyum nitrat ile belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilirler. Anfo için gerekli oksijen amonyum nitrattan sağlanmaktadır. Reaksiyon sonucu;



yukarıdaki denklem oluşur ve 920 kcal/kg civarında enerji açığa çıkar. (30)

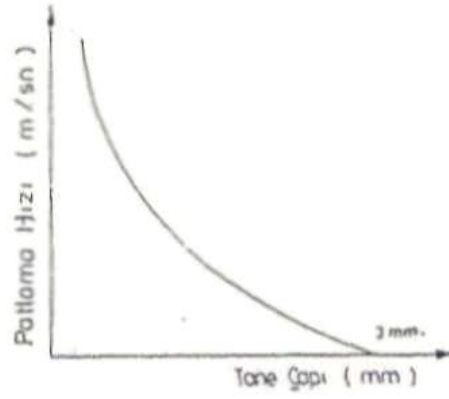
Amonyum nitrat içindeki mazot miktarı, tane çapı, nem oranı ve gözeneklilik patlatma verimini etkilemektedir.

Amonyum nitrat içindeki mazot miktarı maksimum %5,7 olmalıdır. %5,7'den az olduğunda enerji kaybı görülür. %5,7'nin altında ya da üstünde olursa oksijen dengesi kurulamamaktadır. Şekil 2.11'de amonyum nitratın Fuel Oil içeriği görülmektedir. (30)



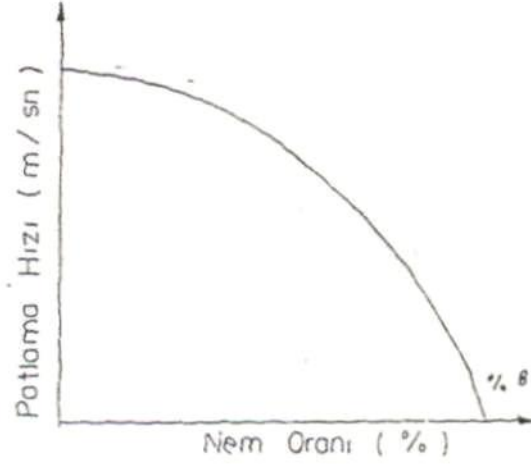
Şekil 2.11 Amonyum Nitratın Fuel Oil İçeriği (26,30)

Karışımındaki amonyum nitrat tanelerinin çapı, patlama hızının değişimini önemli derecede etkilemektedir. Tane çapı irileştikçe patlama hızı azalmakta ve 3 mm. boyutunda en düşük değeri almaktadır. Şekil 2.12'de amonyum nitratın tane çapının patlama hızına etkisi görülmektedir.



Şekil 2.12 Amonyum Nitrat Tane Çapının Patlama Hızına Etkisi (26)

Anfo içindeki nem de patlama hızını azaltmaktadır. %8'in üzerinde nem içeren anfonun patlama özelliğini kaybolmaktadır. Şekil 2.13'de anfonun nem içeriği görülmektedir. (26)



Şekil 2.13 Anfonun Nem İçeriği (26,30)

Anfo açılan deliklere kürekle ya da nemli ortamlarda plastik torbalara doldurulduktan sonra yerleştirilir. Özellikle, deliklere doğrudan boşaltmadan önce delikteki nem ve su durumu kontrol edilmelidir.

Patlayıcının iş yapabilmesi için belirli bir şarj çapının altına düşmemelidir. Patlayıcının duyarlılığının artması ile birlikte daha küçük çaplı şarjlar kullanılabilir. Anfo için kritik çap 50 mm'dir. (25,30,32)

Anfo açık işletmelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Anfonun verimini arttırmak için bazı işletmelerde, bünyesindeki amonyum nitrat yüzdeleri düşürülerek alüminyum ya da alüminyum alaşımları ilave edilerek, daha fazla enerji kazandırılıp patlatma gücü arttırılmaktadır. Alüminyumun pahalı olmasından dolayı alüminyumlu anforun Türkiye'de kullanımı pek yaygın değildir.

Anfonun Avantajları

- a) Ekonomiktir,
- b) Donmaya karşı dayanıklıdır,
- c) Kullanışlıdır.

Anfonun Dezavantajları

a) Suya karşı dayanımı çok zayıftır. Bu nedenle nemli deliklerde kullanılacaksa, madeni kutular ya da plastik torbalarla ambalajlanmalıdır.

b) Buharlaştırma ve çatlaklara sızma sonucu oluşan mazot kaybı nedeniyle gücü zayıflayabilir. Bunu önlemek için anfo içerisine %1 oranında odun talaşı eklenebilir. (43)

c) Çok sıcak hava şartlarında anfo karışımı ile sülfürlü mineraller arasında ekzotermik reaksiyonlar oluşabilir.

b) Ağır Anfo

Şu anki patlatma teknolojisinde, temel patlayıcı olan anfonun yeri tartışılmazdır. Yüksek yoğunluklu amonyum nitrat taneleri içine çeşitli maddelerin karıştırılmasındaki amaç, bu patlayıcıdan daha fazla enerji elde etmek içindir. Bu arada işin ticari boyutunun da düşünülmesi gerekmektedir.

Ağır anfo, anfo ve emülsiyon patlayıcıların karışımından oluşur. Anfo prilleri arasındaki boşluklar emülsiyon ile doldurularak yoğunluk, enerji ve su direnci arttırılır. Saf emülsiyon patlayıcılar kadar etkili ve ucuz olduklarından uygulanması gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Maksimum güç %30 emülsiyon oranında elde edilmektedir. Emülsiyon arttıkça yoğunluk da artar ve maksimum 1.3 gr/cm³ olur. (25,30)

c) Sulu Çamur Tipi (Slurry) Patlayıcılar

Anfo suya karşı dayanıksız olduğundan, sulu deliklerde bu problemi çözmek için temel maddesi amonyum nitrat olan sulu çamur tipi (Slurry) patlayıcılar kullanılmıştır. Çok yüksek konsantrasyonlardaki amonyum nitrat çözeltisi içine bazı bitkisel zamların katılmasıyla suya karşı dirençli karışımların elde edildiği gözlenmiştir. Karışıma önceleri yakıt olarak TNT katılırken, daha sonra karışıma alüminyum tozu katılmaya başlanmıştır.

Sulu çamur tipi (Slurry) patlayıcılar, kapsüle duyarlı olmayıp yemlemeye gerek duyarlar. Plastik torbalar halinde imal edildikleri gibi direkt olarak deliğe pompalanabilirler.

Patlama için kritik çap 102 mm.'dir. TNT oranı %30-35'e çıkarılırsa kritik çap 51 mm.'ye düşebilir. (9)

d) Emülsiyon Patlayıcılar

Günümüzde yaygın olarak kullanılan patlayıcı tiplerindendir. Slurry patlayıcıların ana özelliklerinden olan, dayanım ve suya karşı direnç bu patlayıcılarda daha da geliştirilmiştir.

Emülsiyonlar, yakıt ve oksitleyici karışımlardan oluşurlar. Başlıca oksitleyiciler nitratlardır. Yakıtlar ise, çoğunlukla mineral hidrokarbonları ya da organik türevlerdir. Oksitleyici/yakıt oranı yaklaşık 10:1'dir.

Emülsiyonlar, diğer patlayıcılardan daha küçük (0,001 mm.) dağılmış nitrat çözeltilisi damlacıkları içerdikleri ve her iki fazda sıvı olduğundan yüzey alanını arttırlar. Buna bağlı olarak reaksiyon verimi yükselir.

Yakıt ve oksitleyici karışımın oranını değiştirerek reaksiyon gücü ayarlanabilir. Diğer patlayıcıların aksine emülsiyonlarda kimyasal duyarlaştırıcı kullanılmaz. Anfoda ortalama 3200 m/sn olan patlama hızı, bu patlayıcılarda 5000-6000 m/sn'ye çıkmıştır. Bu da özellikle sert kayalar için gerekli olan yüksek şok enerjisi sağlar.

Farklı firmalara ait emülsiyon patlayıcılar mevcuttur. Emülite, emülan ve kemiitti bunlardan bir kaçıdır.

Emülsiyon patlayıcıların en önemli özellikleri emniyetli olmalarıdır.

Ateşleyici Patlayıcılar

Daha çok kapsül imalatında kullanılan kurşun azit, PETN gibi patlayıcılarıdır.

2.2.3 Ateşleme Sistemleri

Delikler doldurulduktan sonra ve sıkılandıktan sonra ateşleme bağlantıları yapılmaktadır. Ateşlemede değişik ateşleyiciler kullanılabilir. Ateşleme sistemleri esas olarak iki gruba ayrılırlar.

a) Elektrikli Ateşleyiciler :

- 1- Gecikmesiz elektrikli kapsüller
- 2- Yarım saniye gecikmeli kapsüller

3- Milli saniye gecikmeli kapsüller

b) Elektriksiz Ateşleyiciler :

1- Adi kapsül, emniyetli fitil

2- İnfilaklı fitil

3- Nonel (patlayıcı sıvanmış şok tüpü)

4- Gaz patlamalı şok tüpü

5- Yeni geliştirilmekte olan çok kısa gecikme süreli elektronik kapsüller

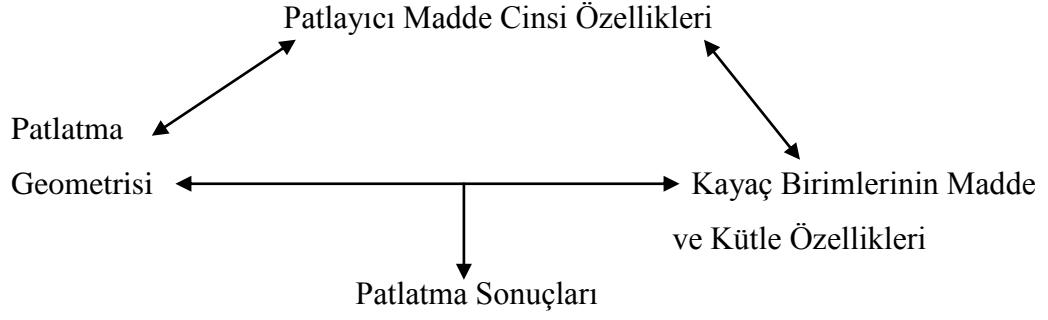
En yaygın kullanılanlar, elektrikli patlatma kapsülleri ve ateşleme kablolarıdır. Her iki türün de gecikmeli tipleri vardır. Bu yöntemin pratiklik ve ekonomikliğine rağmen en önemli dezavantajı patlama riski taşımasıdır.

Elektrikli ateşlemeler gecikmeli ve anlık olarak iki türde yapılırlar. Anlık ateşlemede, tüm delikler aynı anda ateşlenmekte, gecikmeli de ise bir kaç milisaniye aralıklarla sıra sıra ateşlenmektedir. Anlık ateşlemede emniyet açısından tüm delikler seri bağlanmalıdır. Gecikmeli ateşlemede ise her sıra kendi içinde seri, daha sonra da sıralar paralel olarak bağlanır.

Gecikmeli ateşlemenin amacı, her sıra için fazladan serbest yüzey oluşturmaktadır. Patlatmada serbest yüzeylerin fazla olması patlatma verimini artırır. Ayrıca, büyük bir patlama yerine ard arda yapılan küçük patlamalarla, yer sarsıntılarının şiddeti azalmakta, şevlere ve yapılara daha az zarar verilmektedir.

2.2.4 Patlatma Performansını Etkileyen Parametreler

Teknik, ekonomik ve emniyetlilik açısından iyi ve güvenilir bir patlatma tasarımı üzerinde etkili olan pek çok parametre söz konusudur. Bu parametreler Şekil 2.14'de görüldüğü gibi birbirleriyle ilişkilidir.



Şekil 2.14 Patlatmayı Etkileyen Parametreler (45)

a) Çalışılan Kaya Birimlerinin Madde ve Kütle Özellikleri :

- Yoğunluk
- Basınç, çekme, darbe dayanımları
- Sismik dalga hızı
- Empedans
- Kütleli olarak sağlamlık derecesi
- Su durumu
- Elastik Modül
- Poisson oranı
- Değişkenlik durumu (homojenlik, izotropiklik)
- Sertlik

b) Kullanılan Patlayıcı Madde Cinsi Özellikleri :

- Yoğunluk
- Patlama Hızı
- Güç
- Hassasiyet
- Suya dayanım
- Dona dayanım
- Gaz özellikleri
- Patlama ısı ve özgül gaz hacmi

- Depolanabilirlik
- Şarj şekli, delik içi dağılımı

c) Patlatma Geometrisi :

- Delik çapı, yeri, eğimi ve boyu
- Delik düzeni
- Dilim kalınlığı, delikler arası mesafe
- Basamak aynası şekli, yüksekliği ve eğimi
- Sıkılama
- Delik taban payı
- Atım grubu boyutları
- Yemleme ve ateşleme
- Gecikme süresi

Arzu edilen sonuçları sağlayacak bir tasarım için, yukarıda özetlenen tüm parametreler önemlidir. Fakat, bir çok araştırmacının kabul ettiği ve yanıt aradığı iki anahtar parametre öne çıkmaktadır. Bu iki parametre; özgül şarj ve en uygun dilim kalınlığıdır. Bu iki parametreye (herhangi bir kayaç birimi için) yanıt verildiği takdirde, diğer tasarım parametreleri bunlara bağlı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım tamamlanabilmektedir. (31)

Kayaç Özellikleri

Kayaç özellikleri atım sonucunu önemli ölçüde etkiler. Deneyimler sonucunda, patlatma performansında en büyük etkiye sahip üç önemli jeolojik özellik; kayaç dayanımı, kayaç dokanakları, faylar ve çatlaklardır. Yataklanma düzlemleri, eğim ve doğrultu da önemli etkilere sahiptir. (30,45)

a) Kayaç Dayanımı

Eklem durumuna bakılmaksızın, üniform kayaç parçasının dayanımına göre, kayaçlar; sert, orta sert ve yumuşak olarak sınıflandırılabilir. Kayaç gözenekliliği, yoğunluk, elastik sabitler ve tek eksenli basınç dayanımından da bir değer elde edilebilir.

Sert kayaçla daha düşük delme oranı ve muhtemelen daha fazla patlayıcı gerekir. Mikalı şist gibi belirli kayaç tipleri, fiziksel olarak zayıftır ve kolay delinebilir. Fakat gevrek yapısından ayrı plastikliğe eğilim ve yüksek gözenekliliğinden dolayı iyi patlamazlar.

Özellikle sert kayaçlar, kötü patlatma ya da yetersiz patlayıcı kullanımı kötü parçalanmayı oluşturur. İkincil kırmaya yol açar ya da yükleme kırma gibi işlemlerde ekstra maliyet oluşturur.

Daha yumuşak kayaçlarda, aynı miktarda parçalanmayı sağlamak için az delme ve patlayıcı gerekir. Kırma ve parçalama evresi boyunca süreç daha kolaydır. Sonuç olarak patlatma maliyeti, sert kayaçtan daha azdır.

Enerji iki tipe ayrılabilir. İlki, boyunca şok dalgalarından oluşan şok enerjisi ve ikincisi kayacı genişleten gaz enerjisidir. Sert kayaçta, şok dalgasıyla ilk parçalanmayı oluşturmak için şok enerjisi gerekir, oysa yumuşak kayaçta bu enerji delik çevresinde absorbe olur. Bu yüzden yumuşak kayaçta bu enerji daha az önemlidir.

b) Kayaç Dokanıkları

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

c) Faylar

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

d) Çatlaklar

Çatlakların en önemli özelliği, çekme gerilmelerini iletmemeleridir. Bu dezavantaja rağmen iyi bir planlama ile çatlak sistemi faydalı duruma getirilebilir.

Ayna düzlemini ana çatlak sistemine paralel düzenlemek iyi bir yöntemdir. Bu durumda genişleyen gazlar önce ana çatlaklara, sonra da küçük çatlaklara yayılır. Yüzeyle paralel çatlaklar patlatıldığında delik başına daha fazla kayaç hacmi elde edilir. (45)

Çatlaklar yüzeyle dikey olduğunda, çatlak boyunca kırılma gerçekleşir. Gerekli pasayı elde etmek için daha fazla delik gerekir ve daha pürüzlü yüzey olur.

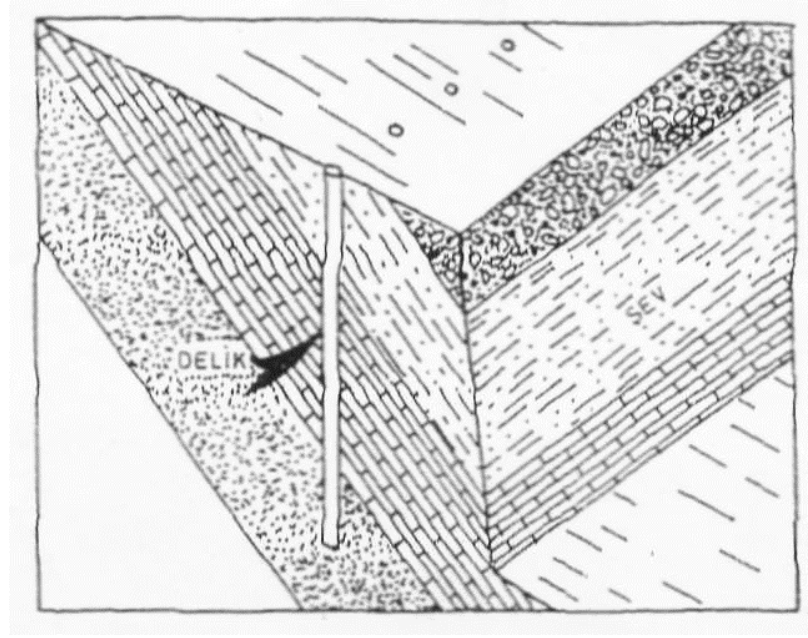
e) Yataklanma Düzlemleri ve Şistozite

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

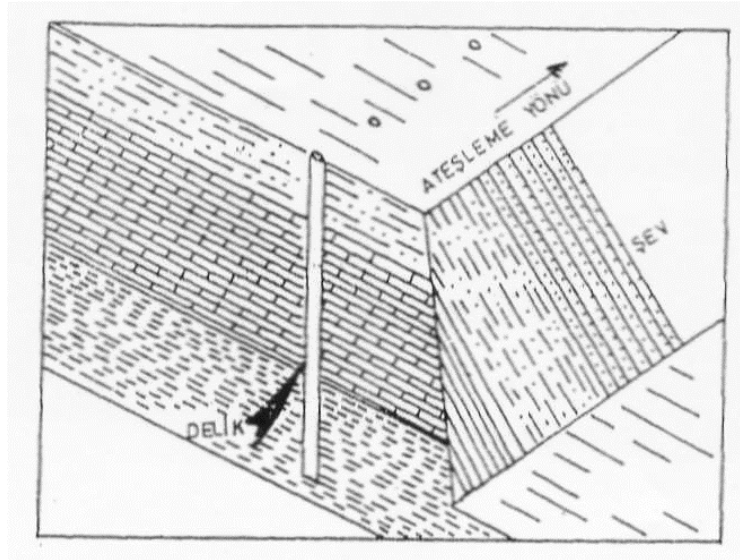
f) Eğim ve Doğrultu

Patlatma düzenini etkileyen diğer bir faktör tabakaların eğim ve doğrultusudur. Şekil 2.15-a'daki gibi bir düzenlemede hem geri kırılma fazla olur, hem de şist kaymaları oluşur. Şekil 2.15-b'deki gibi uygulamada geri kırılma az olur, fakat tırnak

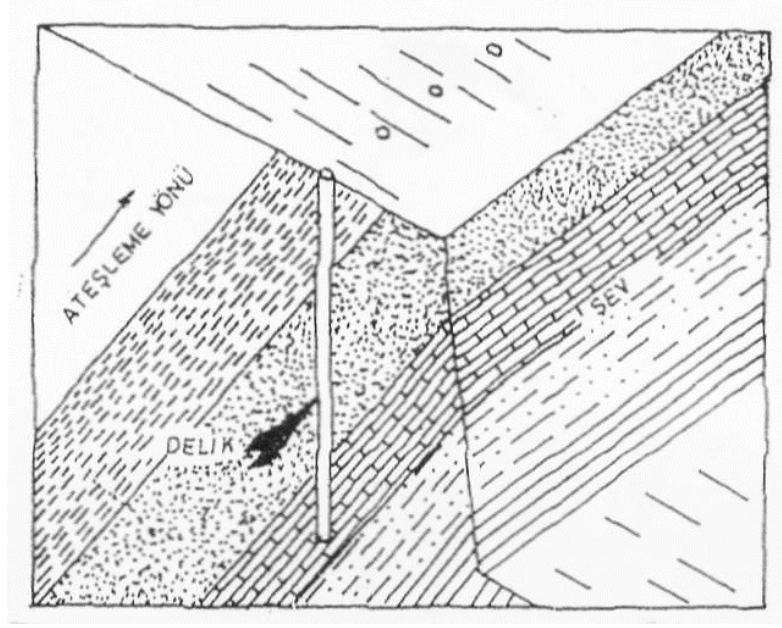
çıkma ve büyük parça boyut ihtimali fazladır. Şekil 2.15-c’de ise taban düzensiz olabilir ve ateşleme yanlış yönden yapılırsa şev düzensiz çıkabilir.



Şekil 2.15-a Tabakaların Şev Yüzeyine Doğru Eğimli Olduğu Durum (30)



Şekil 2.15-b Tabakaların Yana Doğru Eğimli Olduğu Durum (30)



Şekil 2.15-c Tabakaların Geriye Doğru Eğimli Olduğu Durum (30)

Patlayıcı Madde Cinsi Özellikleri ve Patlatma Geometrisi

Kırıcı ve ezici olan patlayıcılar toz (ince parça) miktarını attırmakta, daha yavaş itici ve koparıcı patlayıcılar ise iri parça boyutunu arttırmaktadır.

Patlayıcı madde miktarı ise gereğinden fazla arttırıldıkça ufalanma fazlalaşmakta, yeni patlayıcı miktarı arttıkça ince parça boyutu da artmaktadır.

Delik çapı, dilim kalınlığı ve delik aralıkları birbirlerine bağlı parametrelerdir. Delik çapı arttıkça, dilim kalınlığı ve delik aralıkları da artar, azaldıkça ise azalır. Delik aralıkları ve dilim kalınlığı mesafesi arttıkça ise patlatma sonrası açığa çıkan parçalarda iri boyut oranı artar.

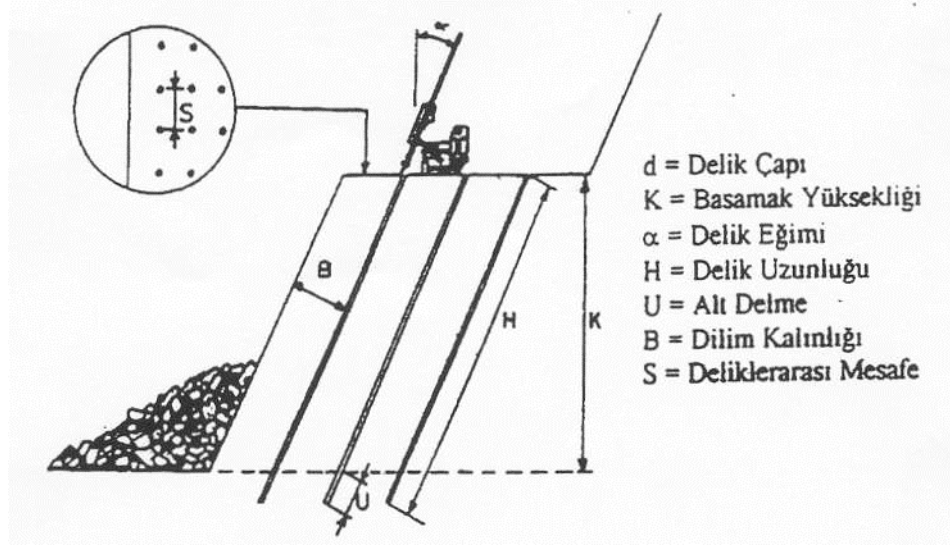
Delik boyu ise basamak yüksekliğine ve dilim kalınlığına bağlı olarak değişir. Dilim kalınlığı arttıkça delik taban payı da artacağından, delik boyu da artar. Bu nedenle, dilim kalınlığına bağlı olarak delik boyu arttıkça, iri parça boyutu da artmaktadır.

BÖLÜM 3

3. DELME-PATLATMA TASARIM PARAMETRELERİNİN ANALİZİ VE PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

3.1 Delme-Patlatma Parametreleri Etkileri

Açık maden işletmelerinde kazı sırasında oluşturulan ayrı kotlardaki her kademeye basamak, burada yapılan atımlara da basamak patlatması denilmektedir. Her basamağın bir üst ve bir de alt kotu olup, bunların farkı basamak yüksekliğini belirlemektedir. Basamak alını kayacın sağlamlığına ve yapısına (fay, eklem, tabakalanma v.b.) ve delik eğimine bağlı olarak dik yada 90°'den az eğimli şev oluşturur. Bu şev, basamağı oluşturan kayacın parçalanmasını özendiren ve parçalanmış kayacın ileri fırlatabilmesine imkan veren bir serbest yüzey olarak tanımlanmaktadır. Serbest yüzey ile birinci sıra delikler ya da delik sıraları arası uzaklıklara dilim kalınlığı adı verilmektedir. Bir atımın basamak patlatması olarak adlandırılabilmesi için dilim kalınlığı (B), en fazla basamak yüksekliğinin (K) yarısına ($B \leq K/2$) eşit olmalıdır. Aynı sıradaki deliklerin birbirlerine olan uzaklıkları ise delikler arası mesafe olarak bilinmektedir. Delik boyları basamak tabanının düzgün ve tırnaksız olmasını sağlamak için basamak yüksekliğinden biraz fazla delinir ve bu fazla kısım delik taban payı olarak adlandırılmaktadır. Deliğin dip kısmına konulan patlayıcı maddeye dip şarjı, bunun üzerinde bulunan şarja ise kolon şarjı denilmektedir. Deliğin ağız tarafına patlayıcı maddeyi örtmek üzere ve deliği tamamen dolduracak şekilde konulan ve patlayıcı olmayan maddeden oluşan tıkaca ise sıkılama denilmektedir. Basamak patlatmasında delik düzeni ile ilgili parametreler şekil 3.1'de görülmektedir. (31)



Şekil 3.1 Delik Düzeni Parametreleri (30)

3.1.1 Basamak Yüksekliği

Basamak yüksekliğinin hem delme, hem patlatma hem de yükleyici makineler için önemi vardır.

Açık işletmelerde basamaklar cevherin ya da kayaların özelliklerine bağlı olarak emniyetli bir yükseklikte olmalıdır. Bunun yanında kullanılan ekskavator ya da yükleyicinin kepçesi, basamağın en yüksek noktalarına kadar ulaşabilmelidir.

Basamak yüksekliği küçük seçilirse; iş emniyeti artar. Fakat delik delme makinesinin delme hızı düşer, delgi ve patlayıcı madde doldurma hataları artar. Detonatör ve patlayıcı tüketimi fazlalaşır. Delme maliyeti yükselir. (26,30,36)

Basamak yüksekliği büyük seçilirse; verimlilik artar. Fakat delik sapmaları artar, basamak yüksekliğinin artmasıyla delik geometrisi de artacağından daha iri parçalar elde edilir. (4,26,28,29)

Basamak yüksekliği genelde 10-30 m. arasında değişmektedir. (26)

Basamak yüksekliği ile ilgili önerilen formüller aşağıda sunulmaktadır;

1- Tamrock Bağıntısı (25,29,30)

$$K = (0.1\sim 0.15) d \quad (3.1)$$

K = Basamak yüksekliği (m)

d = Delik apı (m)

2- Jimeno ve Carcedo Bağıntıları (28)

$$\text{Hidrolik ekskavatörle yüklemde} \rightarrow K = 4+0,45 C_c \quad (3.2)$$

$$\text{Halatlı ekskavatörle yüklemde} \rightarrow K = 10+0,57 (C_c-6) \quad (3.3)$$

$$\text{Loder ile yüklemde} \rightarrow K = (5\sim 10)m. \quad (3.4)$$

K = Basamak yüksekliği (m)

C_c = Kepçe boyutu (m^3)

3.1.2 Delik apı

Delik apı; formasyonun özellikleri, istenen parça boyutu, yükleyici ve taşıyıcı ekipman, delici ve kırıcı makineye göre belirlenmektedir. (0-165) mm. arası değerler küçük delik çapı, (165-450) mm. arası değerler büyük delik çapı olarak kabul edilmektedir. (28)

Küçük delik çapı seçildiğinde; özgül şarj düşüktür. Patlayıcı dağılımı daha iyidir. İnce ve kolay yüklenebilir malzeme elde edilir. Titreşim sınırları daha azdır. Sert ve masif kayalara daha uygundur. Buna rağmen; delme maliyeti artar. Patlatma maliyeti artar. İşçilik fazla zaman alır ve detonasyon hızı düşer. (15,16,28,29,36,)

Delik çapı büyük seçildiğinde; detonasyon hızı artar. Üretim artar [(m³) patlatma/m delme]. Delme maliyeti düşer. Yumuşak ve orta sert kayalarla çok çatlaklı kayalarda daha uygundur. Fakat; iri taneli ve zor yükselebilir malzeme elde edilir. Patlayıcı tüketimi artar. Patarlama artar ve delik başına (m), maliyet artar. (15,16,29,26,30,36)

Delik çapı ile ilgili önerilen formüller aşağıda sunulmaktadır;

1- Tamrock Bağıntısı (25,32)

$$d = \frac{K}{100 - 200} \quad (3.5)$$

d = Delik çapı (m)

K= Basamak yüksekliği (m)

2- Langefors Bağıntısı (26)

$$d \leq bK \sqrt{\frac{m}{\rho_e \cdot \delta}} \quad (3.6)$$

d = Delik çapı (mm)

b = Kayaçtaki sismik hızlara, patlatmadan istenen parça boyutuna ve patlamanın çevreye etkileşime bağlı olarak 12 ile 30 arasında değişen düzeltme faktörüdür. (Normal şartlarda b=20)

K = Basamak yüksekliği (m)

m = Kayaç sabiti

ρ_e = Patlayıcının delikteki yoğunluğu (kg/dm³)

δ = Patlayıcı madde faktörü (%80'lik jelatinit için=1)

3.1.3 Dilim Kalınlığı

Dilim kalınlığı, serbest yüzey ile birinci sıra delikler ya da delik sıraları arası uzaklıktır. Dilim kalınlığı diğer tüm tasarım parametreleri üzerinde etkindir. Bir başka ifade ile, delik aralıkları, sıkılama boyu, delik taban payı, gecikme aralığı, dip şarj boyu, kolon şarj boyu gibi diğer tasarım büyüklüklerinin, dilim kalınlığının fonksiyonu olarak ifade edildiği ve bu şekilde anlamlı tasarımlar yapılabileceği konusu çoğu araştırmacılar tarafından kabul edilmiştir. (31)

Her patlatma tasarımı için uygun bir dilim kalınlığı değeri vardır. Optimumun altında dilim kalınlığı seçildiğinde; gazlar yüksek hızda serbest yüzeye doğru genişler ve kaçar. Kayaç fırlamaları ve hava şoku olur. Pasa dağılımı kontrol edilemeyebilir. Parçalanma aşırı ince taneli olabilir. Fazla gürültü ve toz oluşabilir. (16,26,28,30,34)

Optimumun üzerinde dilim kalınlığı seçildiğinde; titreşim sınırları artar. Yığın sıkışık olur. Malzeme yukarı doğru kabarıp. Yetersiz parçalanma elde edilir. Tırnak oluşur. (16,28,30,34)

Dilim kalınlığı ile ilgili önerilen formüller aşağıda sunulmaktadır;

1- Andersen Bağlantısı (28)

(Sert kayaçlar için)

$$B = k \sqrt{dH} \quad (3.7)$$

B = Dilim kalınlığı (feet)

k = Sabit

d = Delik çapı (feet)

H = Delik boyu (feet)

k = 1 olursa ve delik çapı (inç) alınır;

$$B = \sqrt{dH} \quad (3.8)$$

2- Fraenkel Bağıntısı (28)

$$B = \frac{R_v H^{0.3} I^{0.3} d^{0.8}}{50} \quad (3.9)$$

B = Dilim kalınlığı (m)

R_v = Kayaç tipine göre (1~6) arasında değişen katsayıdır. Yüksek basınçlı kayalarda (1~5), düşük basınçlı kayalarda (6) alınır.

H = Delik boyu (m)

I = Şarj boyu (m)

d = Delik çapı (mm)

3- Pearse Bağıntısı (10,28,31,32)

$$B = K_r 10^{-3} d \sqrt{\frac{Pd}{\sigma_c}} \quad (3.10)$$

B = Dilim kalınlığı (m)

K_r = Kayaç faktörü

d = Delik çapı (mm)

Pd = Delikteki patlama basıncı (MPa)

σ_c = Kayaç çekme direnci (MPa)

4- Ash Bağıntısı (42)

$$B_{\max} = K_b d \quad (3.11)$$

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

K_b = Patlayıcı özelliklerine ve kayaca bağlı (20-40) arasında değişen oransal faktör

d = Delik çapı (m)

5- Konya Bağıntısı (42)

$$B_{\max} = 38 d \sqrt{\frac{\rho_e}{\rho_r}} \quad (3.12)$$

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

d = Delik çapı (m)

ρ_e = Patlayıcı yoğunluğu (gr/cm^3)

ρ_r = Kayaç yoğunluğu (gr/cm^3)

6- Konya Bağıntısı (32,34)

$$B = 3.15 d (\rho_e/\rho_r)^{0.33} \quad (3.13)$$

B = Dilim kalınlığı (feet)

d = Patlayıcı çapı (inç)

ρ_e = Patlayıcı yoğunluğu (gr/cm^3)

ρ_r = Kayaç yoğunluğu (gr/cm^3)

7- Konya Bağıntısı (2,34)

$$B = [2\rho_e/\rho_r+1.5] d \quad (3.14)$$

B = Dilim kalınlığı (feet)

ρ_e = Patlayıcı yoğunluğu (gr/cm^3)

ρ_r = Kayaç yoğunluğu (gr/cm^3)

d = Patlayıcı çapı (inç)

8- Konya ve Walter Bağıntısı (34)

$$B = 0.67 d (Stv/\rho_r)^{0.33} \quad (3.15)$$

B = Dilim kalınlığı (feet)

d = Patlayıcı çapı (inç)

Stv = Karşılaştırmalı hacimce kuvvet (ANFO için 100)

ρ_r = Kayaç spesifik yoğunluğu (gr/cm^3)

9- Pearse Bağıntısı (30)

$$B = 3.48 \cdot 10^{-5} qd \left(\frac{\rho_e (Vd)^2}{\sigma_t} \right) \quad (3.16)$$

B = Dilim kalınlığı (m)

q = Özgül şarj (kg/m^3)

d = Delik çapı (mm)

ρ_e = Patlayıcı yoğunluğu (gr/cm^3)

Vd = Detonasyon hızı (m/sn)

σ_t = Çekme direnci (Mpa)

10- Vutukari-Bhandari Bağıntısı (30,31,32)

$$B = 0.024d + 0.85 \quad (3.17)$$

B = Dilim kalınlığı (m)

d = Delik çapı (m)

11- Atlas Powder Company Bağıntısı (42)

$$B = 19.7 d^{0.79} \quad (3.18)$$

B = Dilim kalınlığı (m)

d = Delik apı (m)

12- Langefors Bağıntısı (29,30,42)

$$B = (14 \sim 76) d \quad (3.19)$$

B = Dilim kalınlığı (m)

d = Delik apı (m)

3.1.4 Delikler Arası Mesafe

Aynı sıradaki deliklerin birbirlerine olan uzaklıkları delikler arası mesafe olarak bilinmektedir.

Uygun değerin altında delikler arası mesafe seçildiğinde; tırnak problemi oluşur. Yüzeysel kırılma ve şarjlar arasında aşırı parçalanma olur. Delik önünde büyük bloklar oluşur. (28)

Uygun değerin üzerinde delikler arası mesafe seçildiğinde; tırnak problemi oluşur. İri parça elde edilir. Aynada düzensiz şekil olur. şarjlar arasında yetersiz parçalanma oluşur. (28,30)

Delikler arası mesafe ile ilgili önerilen formüller aşağıda sunulmaktadır;

1- Atlas Powder Company Bağıntısı (9,25,26,28,30)

$$S = (1\sim 2)B \quad (3.20)$$

S = Delikler arası mesafe (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

2- Hemphill Bağıntısı (32)

Çok sıralı ve gecikmesiz atımlarda;

$$(hp+hb) \leq 4 \Rightarrow S = [Bx(hb+hp)]^{0.5} \quad (3.21)$$

S = Delikler arası mesafe (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

hb = Dip şarj boyu (m)

hp = Kolon şarj boyu (m)

3.1.5 Delik Taban Payı

Delik dibinde parçalanmamış kayaçların kalmaması için delik bir miktar uzun delinir. Delik dibinde delinen bu uzunluğu delik taban payı denilir.

Delik taban payı gereğinden kısa tutulursa; kayaç basamaktan tam ayrılmaz. Tırnak oluşur. Yükleme maliyeti artar. İkincil patlatmaya ve ekipman yıpranmasına sebep olur. (28,30)

Delik taban payı gereğinden uzun tutulursa; delme-patlatma maliyeti artar. Titreşim sınırı artar. Delik tabanında aşırı parçalanma olur, ayna stabilitesini etkiler. (26,28,30)

Delik taban payı ile ilgili önerilen formüller aşağıda sunulmaktadır;

1- Atlas Powder Company Bağıntısı (9,25,30,34,36)

$$U = (0\sim 1) B \quad (3.22)$$

U = Delik taban payı (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

2- V.V. Rzhevsky Bağıntısı (25,36)

$$U = (8\sim 15)d \quad (3.23)$$

U = Delik taban payı (m)

d = Delik çapı (m)

3.1.6 Delik Boyu

Kısa delik boylarında delik delme makinesinden tam verim alınamaz.

Aşırı uzun delinen deliklerde ise; delik sapması artar. Delme hızı düşer. Delgi hatası artar. Patlayıcı doldurma hatası artar.

Delik boyu ile ilgili önerilen formüller aşağıda sunulmaktadır;

1- Olofsson Bağıntısı (2,10,36)

$$\text{Dik deliklerde} \rightarrow H = K+U \quad (3.24)$$

$$\text{Eğimli deliklerde} \rightarrow H = (K+U) k \quad (3.25)$$

H = Delik boyu (m)

K = Basamak yüksekliği (m)

U = Delik taban payı (m)

k = Trigonometrik katsayı

2- Jimeno ve Carcedo Bağıntısı (28)

$$H = \frac{K}{\cos\beta} + \left(1 - \frac{\beta}{100}\right)U \quad (3.26)$$

H = Delik boyu (m)

K = Basamak yüksekliği (m)

β = Delik eğimi (°)

U = Delik taban payı (m)

3- Jimeno ve Carcedo Bağıntısı (28)

$$H = (1.5 \sim 4)B \quad (3.27)$$

H = Delik boyu (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

4- Jimeno ve Carcedo Bağıntısı (28)

$$H = [(2.5 V_d B)/V_k] \quad (3.28)$$

H = Delik boyu (m)

V_d = Patlayıcı patlama hızı (m/sn)

B = Dilim kalınlığı (m)

V_k = Kayacın sismik dalga hızı (m/sn)

3.1.7 Delik Eğimi

Açık işletmelerde delikler basamak yüzeyine dik ya da eğimli delinirler. Açık işletmelerde dik delik delme kolay olması ve delik boylarının daha kısa olması sebebiyle genelde tercih edilen bir yöntemdir.

Dik Delik Delme Yönteminin Avantajları

- a) Daha kolaydır. (26)
- b) Delik boyu daha kısadır. (26)
- c) Patlayıcı daha iyi şarj edilir. (6)

Dezavantajları

- a) Basamağın üst kısımlarında kayaçlar istenen parçalanma olmadan büyük bloklar halinde parçalanırlar. (26)
- b) Basamağın üst kısımlarında delik ile şev yüzeyi arası mesafe daha küçük olduğundan, patlama işlemini tam olarak yapamadan atmosfere kaçar. Bunun sonucunda da, basamağın üst kısımlarında gürültü, hava şoku ve kayaç fırlamaları olabilir. (26)
- c) Basamağın alt kısımlarında da, delik ile şev yüzeyi arası mesafe çok büyük olması nedeniyle, basamağın alt kısımlarında tırnak oluşabilir. (26)

Eğik Delik Delme Yönteminin Avantajları

- a) Daha iyi parçalanma ve delik boyunca dilim değeri korunur. (26,36)
- b) Tırnak problemi azalır. (28)
- c) Delik başına üretim artar. (28)
- d) Basamak tabanında ve üst kısmında iyi parçalanmamış malzeme kalması önlenir. (26)
- e) Gürültü, hava şoku ve kayaç fırlamalarının olumsuz etkileri azalır. (26)
- f) İyi pasa geometrisi elde edilir. (4)

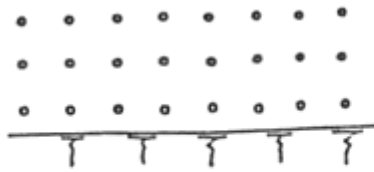
Dezavantajları

- a) Delik boyu artar. (5,6,15)
- b) Delik sapmaları artar. (15)
- c) Tij ve matkapta aşınmalar artar. (15)
- d) Patlayıcı şarjı daha zordur. (3,15)

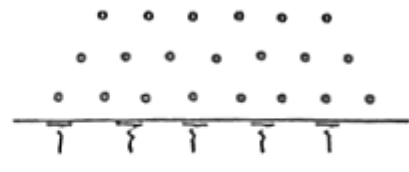
3.1.8 Delik Düzeni

Kare, dikdörtgen ve şeşbeş düzende olmak üzere genelde üç tip delik düzeni kullanılmaktadır. Şeşbeş delik düzeni en yaygın kullanılan delik düzenidir.

Kare düzeninde, delikler arasındaki kare boşlukların dört deliğin birden etki alanına girmesiyle, parçalanma derecesi arttırılabilir. İsveç düzeni, formasyonun patlamaya karşı direnci basamak aynasına dik ve paralel yönlerde değişiyorsa kullanılabilir. Ayna çizgisinin düzensiz olduğu durumlarda ise, normal düzene ek yardımcı deliklerin kullanılması yararlıdır. Şekil 3.2’de uygulanan delik düzenleri görülmektedir.



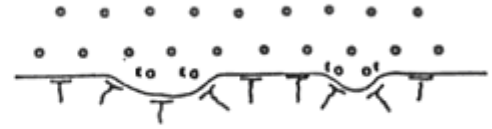
a) Kare Düzeni , B/S = 1 : 1



b) Şeşbeş Düzeni , B/S = 1 : 1.15



c) İsveç Düzeni , B/S = 1 : 4



d) Fazla Dilim Kalınlıklarını Almak İçin Yardımcı Delik (E) Kullanımı

Şekil 3.2 Açık İşletmelerde Uygulanan Delik Düzenleri (31)

3.1.9 Özgül Şarj

Herhangi bir kayada istenen parçalanma derecesini elde etmek için bir deliğe konulacak patlayıcı miktarının (esasen özgül şarjı belirleyen unsur) çok büyük oranda kayacın özelliklerine bağlı olduğu bilinmekle birlikte, bu kritik ilişki bir çok kayaç özelliklerinin birlikte etkili olması nedeniyle oldukça karmaşıktır. Bu nedenle tam olarak ortaya konulamamıştır. Günümüzde de çoğunlukla, herhangi bir kaya birimi için deneme ve yanılma yöntemiyle belirlenmektedir. Bu yüzden de kayacın madde ve kütle özellikleriyle, optimum özgül şarj arasında güvenilir bir ilişki geliştirmek önemini korumaktadır. (51)

Konuyla ilgili ilk çalışmalar, Frankel, Langefors ve Kihlström tarafından yapılmıştır. (51)

1- Leighton Bağntısı (31)

$$q = \frac{RQI - 24.9}{7.1} \quad (3.29)$$

q = Özgül Şarj (kg/m³)

RQI = Kayaç kalite indeksi

2- Ark Bağntısı (31)

$$q = 0.02 + 3.97 \times 10^{-8} \times I \quad (3.30)$$

q = Özgül şarj (kg/m³)

I = Empedans ((MN-m) / (m³-sn))

3- Jimeno Bağıntısı (31)

$$q = 1.124x e^{(-0.5727xI_p)} \quad (3.31)$$

q = Özgül şarj (kg/m^3)

I_p = Delinebilirlik İndeksi

4- Toper Bağıntısı (31)

$$q = 0.1166 e^{(\sigma_c x 0.1014)} \quad (3.32)$$

q = Özgül şarj (kg/m^3)

σ_c = Kayacın endirekt çekme dayanımı (MPa)

5- Toper Bağıntısı (31)

$$q = 0.2349x(\text{tg}\phi)^{0.5570} \quad (3.33)$$

q = Özgül şarj (kg/m^3)

ϕ = İçsel sürtünme açısı ($^\circ$)

6- Toper Bağıntısı (31)

$$q = 0.1156 + cx0.0072 \quad (3.34)$$

q = Özgül şarj (kg/m^3)

c = Kayaç kohezyonu (MPa)

7- Toper Bağıntısı (31)

$$q = 0.0759 + 0.0111 \times DD \quad (3.35)$$

q = Özgül şarj (kg/m^3)

DD = Kayacın darbe dayanımı ($\text{kg} \cdot \text{m}/\text{m}^3 \times 10^{-5}$)

8- Toper Bağıntısı (31)

$$q = 0.0753 \times e^{(I \times 0.0213)} \quad (3.36)$$

q = Özgül şarj (kg/m^3)

I = Empedans ($(\text{MN} \cdot \text{m})/(\text{m}^3 \cdot \text{sn})$)

9- Toper Bağıntısı (31)

$$q = -1.9928 + 0.2904 \times \ln V_p \quad (3.37)$$

q = Özgül şarj (kg/m^3)

V_p = Sismik (P-Dalga) hızı (m/sn)

10- Toper Bağıntısı (31)

$$q = (0.0225 \times RQI)^{0.4656} \quad (3.38)$$

q = Özgül şarj (kg/m^3)

RQI = Kayaç kalite indeksi

11- Toper Bağıntısı (31)

$$q = 0.472xI_p^{(-0.4538)} \quad (3.39)$$

q = Özgül şarj (kg/m³)

I_p = Delinebilirlik İndeksi

12- Olofsson Bağıntısı (31,36)

$$q = \frac{Q_T}{B.S.K} \quad (3.40)$$

q = Özgül şarj (kg/m³)

Q_T = Deliğe konulan toplam patlayıcı miktarı (kg)

B = Dilim kalınlığı (m)

S = Delik aralıkları (m)

K = Basamak yüksekliği (m)

13- Langefors Bağıntısı (10,31)

$$q = \frac{[1.4cB^3 + 04cB^2(K - 2B)]}{nHB^2} \quad (3.41)$$

q = Özgül şarj (kg/m³)

c = kayaç kohezyonu (MPa)

B = Dilim kalınlığı (m)

K = Basamak yüksekliği (m)

n = Delikler arası mesafe, dilim kalınlığı oranı

H = Delik boyu (m)

14- Ashby Bağıntısı (28,31,32,37)

$$q = \frac{1.4 \tan(\phi + i)}{(\text{çatlaksayısı/metre})^{1/3}} \quad (3.42)$$

q = Özgül şarj (kg/m³)

φ+i = Etkin içsel sürtünme açısı

3.1.10 Yemleme ve Sıkılama

Yemlemenin amacı, delikteki ana şarjı ateşlemektir. İyi şartlarda yemleme, kayacı istenilen delikte kesmek için yeterli olabilir. Yemlemenin cinsi ve miktarı kayaç şartlarına, mevcut patlayıcıya ve maliyete bağlıdır. Dinamit, jelatin dinamit ve slurry yemlemeler tipik örneklerdir.

Kolon şarjından itibaren delik ağzına kadar patlayıcı maddeyi örtmek üzere konulan ve patlayıcı olmayan maddeden oluşan tıkaçta sıkılama denilmektedir. Sıkılama malzemesi, genelde delik delme makinesinden çıkan kırıntılar olmaktadır. Bunun yanında; çakıl, kum, kırma taş v.b. malzemelerde sıkılama malzemesi olmaktadır.

Sıkılama boyu formasyon özelliğine, özgül şarja, taş fırlama v.b. bir çok faktörlere bağlıdır.

Uygun değerden kısa sıkılama boyunda; tırnak oluşabilir. Patar oluşabilir. Geri çatlama oluşabilir. Gaz kaçıışı, kayaç fırlamaları ve hava şoku oluşabilir. (4,16,28,30)

Uygun değerden büyük sıkılama boyunda ise, patar oluşabilir. Titreşim sınırı artar. Yığın kabarması düşüktür. (28,30)

Bazı durumlarda, patlayıcı kolonundan iki yada daha fazla şarja bölmek için ara sıkılama yapılmaktadır. Bunun nedeni ise; yumuşak ve boşluklu formasyonda gazların

hemen kaçmasını önlemek ve daha iyi enerji dağılımını sağlamaktır. Vibrasyonu azaltmak ve gecikme başına şarjı düşürmektir. (30)

3.1.11 Dip Şarj

Delik dibinden itibaren belirli bir mesafeye kadar konulan patlayıcı miktardır. Yemleme önce dip şarjı ateşler ve daha sonra da kolon şarjı ateşler.

Genelde basamak tabanına yakın kısımlarda kayacın parçalanması daha güç olduğundan dip şarjı, kolon şarja göre miktar ve kuvvetçe daha fazla olan patlayıcı seçilmektedir.

3.1.12 Kolon Şarj

Dip şarjın üstünde konulan patlayıcı miktardır. Kolonun amacı deliğin üst kısmındaki kayacı parçalamaktır. Kuru delikler için anfo iyi bir kolon şarj patlayıcıdır. Şekil 3.3’de bir düşey delikte kullanılan bir atım görülmektedir.

$$h_d = 1.3 B_{\max} \quad (3.44)$$

h_d = Dip şarj boyu (m)

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

$$Q_d = h_d I_d \quad (3.45)$$

Q_d = Dip şarj miktarı (kg)

h_d = Dip şarj boyu (m)

I_d = Dip şarj konsantrasyonu (kg/m)

Kolon şarj :

$$I_k = (0.4 \sim 0.5) I_d \quad (3.46)$$

I_k = Kolon şarj konsantrasyonu (kg/m)

I_d = Dip şarj konsantrasyonu (kg/m)

$$h_k = H - (h_d + T_s) \quad (3.47)$$

h_k = Kolon şarj boyu (m)

H = Delik boyu (m)

h_d = Dip şarj boyu (m)

T_s = Sıkılama boyu (m)

$$T_s = B \quad (3.48)$$

B = Dilim kalınlığı (m)

$$Q_k = I_k h_k \quad (3.49)$$

Q_k = Kolon şarj miktarı (kg)

I_k = Kolon şarj konsantrasyonu (kg/m)

h_k = Kolon şarj boyu (m)

Toplam Şarj :

$$Q_T = Q_d + Q_k \quad (3.50)$$

Q_T = Toplam şarj miktarı (kg)

Q_d = Dip şarj miktarı (kg)

Q_k = Kolon şarj miktarı (kg)

2- Naapuri Bağıntısı (30)

Dip şarj :

$$I_d = \frac{\rho_e d^2}{1275} \quad (3.51)$$

I_d = Dip şarj konsantrasyonu (kg/m)

ρ_e = Patlayıcı yoğunluğu (gr/cm³)

d = Delik çapı (mm)

$$h_d = B + U \quad (3.52)$$

h_d = Dip şarj boyu (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

U = Delik Taban Payı (m)

$$Q_d = h_d I_d \quad (3.53)$$

Q_d = Dip şarj miktarı (kg)

h_d = Dip şarj boyu (m)

I_d = Dip şarj konsantrasyonu (kg/m)

Kolon Şarj :

$$I_k = \frac{\rho_e d^2}{1275} \quad (3.54)$$

I_k = Kolon şarj konsantrasyonu (kg/m)

ρ_e = Patlayıcı yoğunluğu (gr/cm³)

d = Delik çapı (mm)

$$h_k = H - h_d - B \quad (3.55)$$

h_k = Kolon şarj boyu (m)

H = Delik boyu (m)

h_d = Dip şarj boyu (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

$$Q_k = I_k h_k \quad (3.56)$$

Q_k = Kolon şarj miktarı (kg)

I_k = Kolon şarj konsantrasyonu (kg/m)

h_k = Kolon şarj boyu (m)

Toplam şarj :

$$Q_T = Q_d + Q_k \quad (3.57)$$

Q_T = Toplam şarj miktarı (kg)

Q_d = Dip şarj miktarı (kg)

Q_k = Kolon şarj miktarı (kg)

3- Anon Bağıntısı (30)

Dip Şarj boyu :

$$h_d = (0.3 \sim 0.5) (B + U) \quad (3.58)$$

h_d = Dip şarj boyu (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

U = Delik Taban payı (m)

Kolon Şarj Miktarı :

$$Q_k = 7.85 \times 10^{-4} d^2 \rho_e h_k \quad (3.59)$$

Q_k = Kolon şarj miktarı (kg)

d = Delik çapı (mm)

ρ_e = Patlayıcı yoğunluğu (gr/cm^3)

h_k = Kolon şarj boyu (m)

Sıkılama boyu :

$$T_s = (0.7 \sim 1.3) B \quad (3.60)$$

T_s = Sıkılama boyu (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

Ara Sıkılama Boyu :

$$T_d = 6 \left(\frac{d}{1000} \right) \quad (3.61)$$

T_d = Ara Sıkılama boyu (m)

d = Delik çapı (mm)

4- Belidor Bağıntısı (30)

Toplam Şarj:

$$Q_T = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 (h_d \rho_{ed} + h_k \rho_{ek}) \quad (3.62)$$

Q_T = Toplam Şarj Miktarı (kg)

d = Delik çapı (mm)

h_d = Dip şarj boyu (m)

ρ_{ed} = Dip şarj patlayıcı yoğunluğu (gr/cm^3)

h_k = Kolon şarj boyu (m)

ρ_{ek} = Kolon şarj patlayıcı yoğunluğu (gr/cm^3)

5- Konya ve Walter Bağıntısı (34)

Sıkılama boyu :

$$T_s = 0.45 d (Stv/\rho_r)^{0.33} \quad (3.63)$$

T_s = Sıkılama boyu (feet)

d = Delik çapı (inç)

Stv = Karşılaştırmalı hacimce kuvvet (Anfo için 100)

ρ_r = Kayaç yoğunluğu (gr/cm³)

3.1.14 Özgül Delme

Bir m³ kayacı patlatabilmek için delinen delik boyudur.

Olofsson tarafından önerilen özgül delme formülü aşağıda sunulmaktadır. (31,36)

$$b = \frac{H}{BSK} \quad (3.64)$$

b = Özgül delme (m/m³)

H = Delik boyu (m)

B = Dilim kalınlığı (m)

S = Delikler arası mesafe (m)

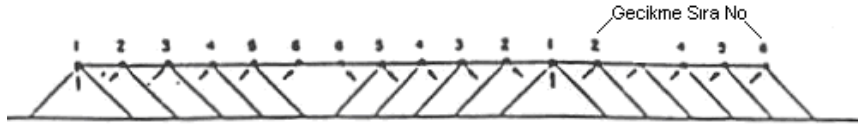
K = Basamak yüksekliği (m)

3.1.15 Ateşleme Sırası

Delikler doldurulduktan ve sıkılandıktan sonra ateşleme bağlantıları yapılmaktadır.

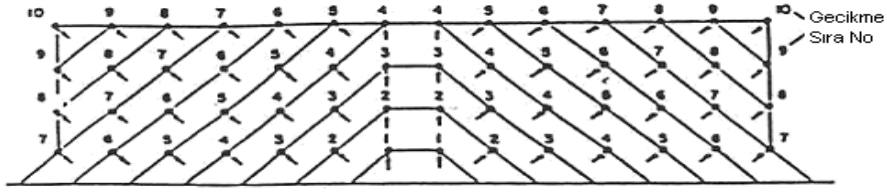
Ateşlemeler gecikmeli ve anlık olmak üzere iki türde yapılmaktadır. Anlık ateşlemede, tüm delikler aynı anda ateşlenmekte, gecikmeli de ise milisaniyeli aralıklarla ateşlenmektedir. Gecikmeli ateşlemenin amacı, her sıra için fazladan serbest yüzeyler oluşturmaktır. Şekil 3.4'de değişik gecikmeli ateşleme bağlantıları ve sıralamaları gösterilmektedir.

1- Tek sıralı atımlar :



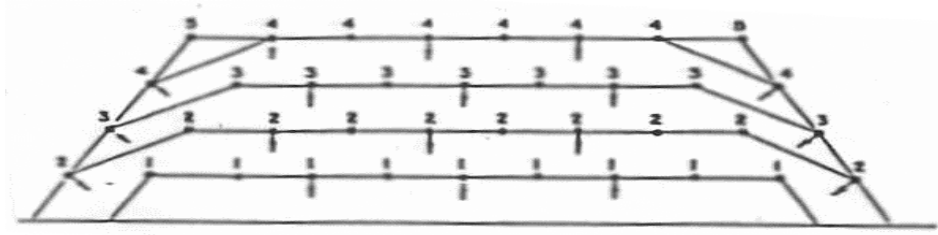
(a)

2. Çok sıralı atımlar :

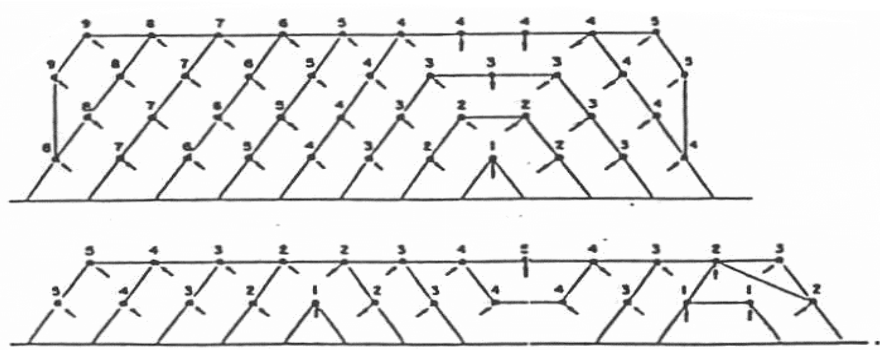


b) V Düzeninde Gecikmeli Atış

3- Delikler çok sıralı ve şerbeş delindiğinde :



c) Sıra Düzeninde Gecikmeli Atış



d) V₂ Atış Düzeni

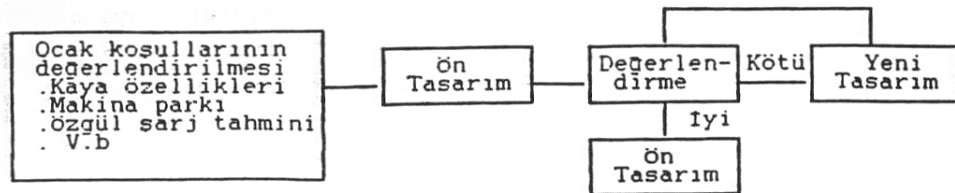
Şekil 3.4 Değişik Gecikmeli Ateşleme Şekilleri (31)

Sıralar arası gecikmelerin ne kadar olacağı için değişik görüşler bulunmaktadır. Genel olarak, sert ve sağlam kayalar için dilim kalınlığının bir metresine 5 ms. zayıf ve eklemli kayalarda ise 10 ms. önerilmektedir. (31)

3.2 Patlatma Performansının İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler

Patlatma sonuçlarını etkileyen pek çok parametre vardır. Bu parametrelerin bir kısmı formüle edilebilir. Ancak, patlatma tasarımı yapılması için geliştirilen ampirik yaklaşımlarda kayaç özellikleri gibi bazı kontrol edilemeyen parametreler yer almamaktadır. Bu gibi faktörler ancak tahmin edilebilir ya da tecrübelerden yararlanılabilirler. Halen var olan patlatma tasarım yöntemlerinin hemen hepsi, az ya da çok oranda tecrübelerle kazanılmış bazı değerler içerir. Bunların teorik bir dayanağı yoktur. O nedenle, literatürde verilen patlatma tasarım formülleri ile yapılan tasarımlar ön tasarımdır. Ön tasarım ocakta uygulanır ve sonuçları dikkatle incelenir. İnceleme sonunda sakıncalı ve yararlı hususlar not edilerek bir değerlendirme yapılır. Değerlendirme sonuçlarına göre ön tasarım değiştirilerek bir yeni tasarım yapılır. Yeni tasarım sonuçları da izlenip değerlendirilerek eğer gerekirse değişiklikler yapılarak tasarım yenilenir. Diğer bir deyişle, bütün patlatma tasarım yöntemleri deneme-yanılma yoluyla mükemmele ve ideal çözüme ulaşır. İdeal patlatma tasarımının yolu Şekil 3.5’de gösterilmiştir. (31)

Mühendis, çalıştığı işletme için en uygun patlatma koşullarını araştırırken Şekil 3.5’de belirtilen bir tasarım biçimi uygulamalı ve ekonomik analizi gerekli performans etütleriyle birlikte yapmalıdır. (31)



Şekil 3.5 Patlatma Tasarımında İzlenecek Yöntem (31,32)

3.2.1 Patar Sayım Yöntemi

Patlatılmış, ekskavatör kepçesine sığmayan malzemeye patar (iri blok) denilmektedir. Ekskavatörün yüklemeyerek kenara bıraktığı, patar sayıları belirlenir ve sayılır. Bu iri blokların eni, boyu ve yüksekliği gibi boyutları ölçülür. Patlatılan kayacın yerinde toplam miktarına göre bir patar indeksi hazırlanabilir. Bu metod, parça boyutlarının üst limitleri değerlendirilirken güvenilir bir özelliktedir. Ancak ortalama ve küçük parça boyutu tahmininde yanıltıcı olabilir. (32)

3.2.2 İkincil Atımlarda Patlayıcı Tüketimi

Ekskavatör ya da yükleyicilere yüklenemeyen iri parçalar (patarlar) ortaya çıktığında bunları parçalamak için ya çamur kaplamalı yüzeyden atım, ya da delik delinmek suretiyle ikincil bir atım yapılması kaçınılmazdır. Hidrolik çekiçlerin bu amaçla kullanımı da söz konusu olabilmektedir. Her durumda patlayıcı ya da enerji tüketimi söz konusu olabilmektedir. Patarlar için kullanılan patlayıcının toplam kaya kütesine oranını ifade eden bir indeks geliştirilerek bir işletmedeki nihai tasarım için, atım grupları arasında yapılacak optimizasyon çalışmalarında mukayese amacı olarak kullanılabilir. (32)

3.2.3 Ekskavatör Yükleme Performans Analizi

Parça boyut dağılım tahmin yöntemlerinde, iyi parçalanmış bir yığının yükleme performansının daha iyi olacağı varsayılmaktadır. Herhangi bir iri parçalı ya da yükleme performansını etkileyecek yığın, zaman esaslı kronometraj kayıtlarıyla rahatlıkla belirlenebilir. Bu metotta bir yandan kepçe periyodları kaydedilirken, organizasyondaki kamyon eksikliği nedeniyle bekleme, mekanik arızalar, yükleyici çevresinin düzensizliği gibi istenmeyen zaman kayıpları giderilmelidir. (32)

3.2.4 Boyut Dağılım Analizleri

Büyük ölçekli çalışmalarda, parçalanmanın sayısal olarak tahmini oldukça zor bir işlemdir. Tam ve gerçekçi bir parça boyut tahmini, tüm yığının elek analizine tabi tutulmasıdır. Üretim ölçeğinde, bu işlem hiç de pratik ve ekonomik olmayan uygulanması zor bir yöntemdir. Elemeye yakın sonuç verebilecek, güvenilir boyut tespitini yapan bir kantitatif analiz metodu da henüz bilinmemektedir. Herhangi bir nümerik tahminle, malzemenin parça boyut dağılımını tespit etmek, patlatma optimizasyonu ve değerlendirilmesi açısından bir ileri aşama sayılmaktadır. Çok yaygın uygulanan başlıca boyut dağılım analizlerinin bir kısmı aşağıda verilmektedir.

3.2.4.1 Görsel-Gözlemsel Analizler

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

3.2.4.2 Elek Analizleri

Bu yöntem, en doğru ve güvenilir sayısal boyut dağılım analizi tekniğidir. Tüm yığının komple elenmesi gerekmektedir. Büyük atımlarda uygulanma teknik ve ekonomik açıdan mümkün değildir. Ancak, küçük çaplı çalışmalar için düşünülebilir.

3.2.4.3 Fotoğraflama Tekniği

Noren ve Porter, patlatılan yığının %15'ini ya da daha azının fotoğrafını çekerek bir ızgara ile analiz etmişlerdir. Sonuçları, ortalama parça boyutundan %9,6'lık sapma göstermiştir. (32)

Teknikteki daha ileri aşama; üç boyutlu tahmin amacıyla görüntü alanının içine ölçekli hedefler koymak olmuştur. Bonevilla, yığının yeniden ortaya çıkan her bir kısmının fotoğraflarını kullanmıştır. Tüm bu bahsedilen fotoğraf esaslı yöntemler zaman kaybedici ve parçalanmanın doğasını sayısal olarak ifade etmede başarısız olmuşlardır. Yüksek hızlı dijital kamera (fotoğraflama tekniği) kullanımıyla, parça boyut dağılımının zamanla değiştiği ortaya konulmuştur. Tekniğin uygulanmasında en önemli kısıtlamalar; gaz çıkışı, toz oluşum, çatlak oluşumu ve yığın hareketi gibi unsurlardır. (32)

Günümüzde bu yöntemle yapılan uygulamalarda; yığın, yüklü kamyon, konveyör bandı v.b. yerlerden alınan görüntüler, bilgisayarda görüntü işleme teknikleri kullanılarak kaya parçacıklarının dış yüzeyleri fare ile taranarak sınırlandırılır ve geliştirilen yazılımlar sayesinde otomatik olarak bölütler ve boyut dağılımı belirlenir. (6)

Görüntü İşleme sistemleriyle boyut dağılımını belirleyen yazılımlar; Leica Qwin SPLIT, WipFrag, Goldsize, FRAGSCAN, TUCIPS, CIAS, PowerSieve ve IPACS, KTH ve WIEP sayılabilir. Bu sistemlerin sapmaları %2-20 arasındadır. (6,11,17,22,38)

Bu metotta, elde edilen görüntünün sayısal işleme teknikleri kullanılarak belirlenmesi için geliştirilmiş bir bilgisayar yazılımında, görüntünün içindeki kayaç parçacıklarını birbirinden ayırmaya çalışmaktadır Daha sonra parça boyut dağılımının belirlenmesi için istatistiksel analizler kullanılarak parçacıkların geçebileceği elek açıklığı belirlemeye çalışılmıştır. Parça boyut dağılımı istenen her yığın için, bir granülometri eğrisi (parça boyut dağılım eğrisi) çıkarılır. Bu eğri sayesinde, yığın içinde belirli boyutların altında kalan parçacıkların yüzdeleri belirlenir. (17)

Fotografik görüntü kullanılarak parçalanmanın değerlendirilmesi aşamasında, bir çok sorunla karşılaşmaktadır. Görüntüdeki her kaya parçacığının diğerinden ayrılmış olması gerekmektedir. Görüntünün işlenmesi aşamasında düzensiz ışıklandırma, gölge, parazit gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca parçacıklar birbirlerine dokunmakta yada birbiri üstüne gelebilmektedir. Görüntüdeki kayaç parçacıklarının tamamen

otomatik olarak ayrılabilmesi için Hunter, Kemeny, Vogt, Abbrock, Cheimanoff ve Rholl gibi araştırmacılar bilgisayar yazılımları geliştirmişlerdir.

Parçacıkların yüzeysel alanı ile elekten geçen parça boyutu arasında, Kemeny ve arkadaşları tarafından ampirik bir ilişki kurulmuştur.

Bu çalışmada, İTÜ Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Laboratuvarında mevcut olan Leica Qwin görüntü işleme sistemi kullanılmıştır.

3.2.4.4 Geleneksel ve Yüksek Hızlı Fotogrametri

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

3.2.4.5 Matematiksel Parçalanma Modelleri

Parçalanma boyutu ile patlatma parametreleri arasında matematiksel bir bağıntı oluşturmak için yıllardır denemeler yapılmış ve bir çok formül ortaya konmuştur. Bunların en belli başlıları :

1- Holmberg Bağıntısı (10)

$$y = 1 - \exp [-(0.76x/k_{50})^{1.35}] \quad (3.65)$$

y = x elek açıklığından geçen malzeme miktarı yüzdesi

x = Elek açıklığı (m)

k₅₀ = Ortalama parça boyutu (Toplam malzeme ağırlığının %50'sinin geçtiği kare gözlü eleğin kenar uzunluğu (m))

2- Kuznetsov Bağıntısı (10)

$$x = A [V_0/Q]^{0.8} \cdot Q^{0.167} \quad (3.66)$$

x = Ortalama parça boyutu (cm)

A = Kaya faktörü (orta sertlikte ve orta derecede çatlaklı kayaç için 7, aşırı derecede çatlaklı kayaç için 10, az çatlaklı sert kayaç için 13)

V_0 = Delik başına elde edilen kayaç hacmi (Dilim kalınlığı x Delik aralığı x ayna yüksekliği formülü ile m^3 cinsinden hesaplanır.)

Q = Her delikteki patlayıcının enerjisine eşit enerji veren TNT miktarı (kg)

3- Cunnigham Bağıntısı (11,14)

$$R_{50} = A \cdot (q)^{-0.8} Q_T^{1/6} \left(\frac{115}{E} \right)^{19/30} \quad (3.67)$$

R_{50} = Ortalama parça boyutu (cm)

A = Kayaç sabiti

q = Özgül şarj (kg/m^3)

Q_T = Deliğe konulan toplam patlayıcı (kg)

E = Kullanılan patlayıcının göreceli ağırlık kuvveti (Anfo=100, TNT=115)

BÖLÜM 4

4. GARP LİNYİTLERİ İŞLETMELESİNDE DELME-PATLATMA PERFORMANS ANALİZİ VE OPTİMİZASYON ÇALIŞMALARI

4.1 İşletmenin Tanıtılması

4.1.1 Genel Bilgiler

Garp linyitleri işletmesi Kütahya ile Tavşanlı ilçesi Tunçbilek beldesinde 1940 yılında faaliyete başlamıştır.

İmtiyaz sahası 13477 hektar olup, işletilebilir rezerv açık ocak 70.419.000 ton, yeraltı ise 264.304.000 ton ve toplam 334.723.000 tondur.

Şirkette yapılan işler 2 ana kısma ayrılmaktadır. Birincisi yer altı kömür üretimi, diğeri açık işletmedir. Yıllık kömür üretim kapasitesi 1.000.000 ton olan iki adet yeraltı işletmesi vardır. Böylece toplam kömür üretim miktarı 5.000.000 ton/yıl'dır.

Üretilen kömürün 2.000.000 ton/yıl'ı termik santrale beslenmekte, geri kalan 3.000.000 ton/yıl piyasaya verilmektedir.

G.Lİ'de kapasitesi 3.000.000 ton/yıl olan iki adet lavvar tesisi vardır. Bunlardan Tunçbilek lavvar tesisi 1952 yılında faaliyete geçmiş olup, ikincisi olan Ömerler lavvarı 1933 yılında faaliyete geçmiştir. Tablo 4.1'de Tunçbilek bölgesi kömürlerinin teknik özellikleri görülmektedir.

Tablo 4.1 Tunçbilek Bölgesi Kömürlerinin Teknik Özellikleri

CİNSİ	RUTUBET (%)	KÜL (%)	UÇUCU MADDE (%)	SABİT KARBON (%)	SAF KÖMÜR (%)	ÜST İSİ (kcal/kg)	TOPLAM KÜKÜRT (%)
AÇIKOCAK TÜVENAN	15.0	38.21	26.95	19.84	46.79	2877	1.35
TUNÇBİLEK YERALTI	11.8	44.36	25.66	18.18	43.84	2561	0.93
TUNÇBİLEK+ 50 LAVE	15.9	17.41	33.22	33.47	66.69	4469	1.55
TUNÇBİLEK 18/50 LAVE	16.8	16.43	33.49	33.28	66.77	5001	1.55
ÖMERLER YER ALTI	15.5	41.74	24.84	17.92	42.76	2547	1.19
ÖMERLER+ 50 LAVE	15.5	15.67	34.35	34.48	68.83	5080	1.43
ÖMERLER 18/50 LAVE	16.1	13.93	35.07	34.90	69.97	5140	1.49

Linyit damarı ve işletme Tunçbilek beldesinde. Tunçbilek beldesi Tavşanlı ilçe merkezine 13 km., Kütahya il merkezine 64 km. uzaklıktadır. Tunçbilek beldesinin ulaşımı kara ve demiryolu ile sağlanmaktadır.

Bölge, kışları soğuk, yazları sıcak geçen karasal iklim kuşağındadır. Bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği 650-1100 m. arasında değişmekte olup, çevre ormanlarla kaplıdır.

4.1.2 Jeolojik Bilgiler

a) Temel Kayalar :

Kratase öncesi oluşan ofiyolitik kayaç toplulukları (serpantinit) temeli oluşturmaktadır.

Tersiyer
Miyosen

b) Beke Formasyonu :

Beke Köyü hemen kuzeyinde tipik olarak gözlenen formasyon konglamera kumtaşı, kumtaşı ve kilden meydana gelir.

Irmak ve mendereslerin etkili olduğu çökelme ortamında çeşitli boyuttaki kaba kırıntılar Neojen öncesi birimler üzerine uyumsuz olarak gelirler. Üste doğru tane boyu incelemekte ve konglomera-kumtaşı araldanması etkin olmaktadır. Bunlarda oygu dolgu yapıları gelişmiştir. Kaba kırıntılarda başlıca renk bordu, kırmızı ve kahverengidir.

En üst kesimde yer alan koyu yeşil-siyahımsı renkli killer içinde ekonomik değeri olmayan kömürler gözlenmektedir. Bu kömürlü kesimden yapılan polen analizlerden Orta Miyosen yaşı elde edilmiştir.

c) Tunçbilek Formasyonu :

Kil, marn, kömür ile az oranda silttaşı, konglomera ve kireçtaşı ara düzeylerinden oluşur. Tunçbilek batısındaki Demirbilek köyü 200 m. doğusunda tipik kesiti görülür. Üye Tunçbilek kömür havzasında geniş alanlar kaplar.

Demirbilek üyesi, kil ve marn araldanması şeklinde başlar, üst kesimlere doğru marnlar etkin duruma geçer. Renk koyu gri-yeşilimsi-mavimsidir. 14 m. kalınlığına kadar ulaşan kömürlü düzeyler ya tek bir damar ya da kil-marnlarla araldanma şeklindedir.

Kömürlü düzeyler üzerine gelen marnlar bol Ostrocoda içeriklidir ve bunlarda da yaş verebilecek formlar elde edilmiştir. Polen ve Ostrocodlar'ın birimin yaşının üst Miyosen olduğu saptanmıştır.

d) Gurağaç Üyesi :

Konglomera, kumtaşı, silttaşı ve kilden oluşur. Tipik kesit Tunçbilek güneybatısındaki Gurağaç Köyü'nün bulunduğu sırttır. Başvuru kesitleri Soğucak ve Ömerler Köyleri çevresinde yer alır.

Kaba tanelerin yuvarlaklığı Beke Formasyonunu oluşturanlarınkine göre daha ileridir. Beke formasyonundaki kırmızı renkler tonlar burada daha da koyulaşır. Çapraz tabakalanma çok yaygındır. Ölçülebilen en fazla kalınlık 75 metredir.

Birim taban kesimlerinde bol Gostropoda kavkı parçası gözlenmiş, fakat yaş elde edilememiştir. Üzerine uyumlu olarak gelen yel değirmeni üyesinden elde edilen yaşa göre bu birimin de Üst Miyosen yaşı olduğu ön görülmüştür.

e) Pliyosen :

Miyosen'de Tunçbilek yöresinde etkili olan göl ortamı Pliyosen'de Domaniç yöresinde geniş yayılım alanı bulur. Genç Miyosen'de başlayan asidik volkanizma Pliyosen'de de piroklastikler şeklinde etkisini sürdürür. Patlatma merkezleri göl içindedir. Karada yığılan tüfler de akarsularla göl ortamına taşınmıştır.

Miyosen'le Pliyosen birimleri arasında bir uyumsuzluk gözlenememiştir.

f) Saruhanlar Formasyonu :

Başlıca konglomera, kumtaşı, marn, tuf, tüfit ve kimi yerde kireçtaşı ara düzelerinden oluşur. Tunçbilek-Domaniç arasındaki Saruhanlar köyü batı bitişiğinde tipik olarak gözlenen formasyon ayrıca Karaköy ve Ömerler kuzeyinde yayılım alanları bulur. Yaygın renk beyaz, açık gri ve gridir.

Birimin ana litolojisini oluşturan konglomera bileşenleri Beke formasyonundakilere göre daha küçük boyutlu ve daha yuvarlakçadır. Bağlayıcı gereç daha ufak kırıntıların yanı sıra genelde tüfojendir. Kireçtaşları bir kaç ara düzeyde yer alır. Formasyonun alt kesimlerinde, Ömerler Köyü'ndeki dere içindeki görüldüğü gibi büyük ağaç parçaları olağandır. Formasyon 300 m.'ye kadar kalınlık sunabilmektedir.

Yaş elde edilebilecek fosil bulunamamıştır. Formasyon, Üst Miyosen yaşlı birimler üzerine geldiğinden, onlardan kırıntı içerdiğinden ve ayrıca yöredeki diğer çalışmalarla deneştirme çerçevesinde Alt Pliyosen yaşında olabileceği kabul edilmiştir.

1) Karaköy Volkanitleri :

Başlıca bazalt, andezit bileşimindeki volkanitler genelde lav şeklindedir. Tunçbilek-Domaniç arasındaki Karaköy çevresinde tipik olarak gözlenirler.

Lavlar genelde yaygın şekilde olup çok az yerde dayk ve dom durumundadır. Tunçbilek-Domaniç yolu üzerinde yastık lavlara rastlanmaktadır.

Lavların başlıca mineral bileşimleri ortopiroksen, klinopiroksen ve plojiyoklaştır. Olivin çok az örnekle gösterilmiştir. Kuvarsa boşluk minerali olarak rastlanır. Saha ve mikroskopik gözlemler sonucu kayaçlar bazalt, andezit olarak adlandırılmıştır.

Ömerler Köyü doğusunda ve Kayaarası Köyü güneyinde bu volkanitlerin Miyosen marnlarını pişirdiği belirlenmiştir.

i) Yapısal Jeoloji :

Beke Köyü'nden geçen Beke Deresi, havzanın atiklinal eksenidir. Beke Deresi'nin kuzeyindeki birimler kuzey doğuya eğimli, güneyindeki birimler ise güney-güney batı eğilimlidir.

Genelde havzanın belirli aralıklarla çökmesine bağlı olarak eğim atımlı normal (gravite fayları) gelişmiştir.

Genelde yataya yakın olan (5° - 11°) Miyosen çökelleri fay zonlarında eğim kazanabilmektedir ve bu eğimler yer yer çok fazladır. Pliyosen birimleri ise faylanmalardan daha az etkilenmiştir. Bunlar, havza kenarlarındaki kesimleri kenara bırakılacak olursa, genelde yatay konumludur. Tüm faylardaki yaygın doğrultu KD-GB'dir.

Çökme (subsidence) özelliği taşıyan bu Neojen havzalarında temel ile olan dokanaklar çoğu yerde faylıdır. Havzalarda, çökmenin ilerlemesi ile eş yaşlı faylar (büyüme fayları) gelişmiştir.

Miyosen ve Pliyosen çökelleri arasında, istifin sürekli olduğu kesimlerde belirgin bir açısız uyumsuzluk gözlenmemiştir.

j) Jeolojik Evrim :

Miyosen'e kadar kara durumunda kalan bölgede, bu devirde çöküntü havzalarının oluşumu başlar ve Batı Anadolu'da geniş göl havzaları gelişir. Pliyosen'de bu havzalar yer yer daha geniş alanlara yayılır. Domaniç havzasının oluşumu Pliyosen başlarındadır.

Akarsu, bataklık ve göl çökelleri Pliyosen sonuna kadar etkilidir. Pliyosen sonunda, bölgesel yükselmeler ve evaporasyonda etkisi ile göller çekilir; Kuvaterner başlarında akarsu ve sellenmelerle kaba kırıntılar çöker. Alüvyon ve traverten oluşumları günümüzde de sürmektedir.

Üst Miyosen'de başlayan asidik volkanizma, etkinliğini Pliyosen sonuna kadar sürdürür. Pliyosen ortalarında bazik-ortaç bileşimli ayrı bir volkanizmanın etkisi görülür. Postvolkanik silis gelimeleri Pliyosen'in en üst birimlerini önemli ölçüde etkilemiştir.

4.1.3 Dekapaj Formasyonlarının Jeoteknik Özellikleri

Bu işletmeye ait, diğer araştırmacılar tarafından yapılan kaya mekaniği laboratuvar sonuçları aşağıdaki Tablo 4.2’de toplu olarak verilmiştir. Çalışma yapılan 36 No’lu Pano’ya ait verilerde bu tablonun son iki kolonunda yer almaktadır.

Tablo 4.2 G.L.İ Tunçbilek Bölgesi Kaya Birimlerine Ait Laboratuvar Deney Sonuçları (5)

PANO ADI	Beke (29 Pano)	Beke (29 Pano)	Ömerler BY Pano	Ömerler BY Pano	Kuşpınar	Kuşpınar	Kuşpınar	36 Pano	36 Pano B/1
Formasyon	Çene Taşı	Mam	Mam	Mam	Sert Kireçtaşı	Yumuşak Kireçtaşı	Mam	Mam	Mam
Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	2050	320	456	280	1775	226	262	372	193
Çekme Dayanımı (kg/cm ²)	138.3	26.2	93.4	56.2	167	36.08	45.03	88.6	53.3
Elastisite Modülü (10000 kgf/cm ²)	4.75	1.13	1.2	6.5	8.555	1.11	0.1-2.05	0.915	0.493
Poisson Oranı	0.248	0.202	0.153	0.19	0.116	0.196	0.24- 0.168	0.173	0.28
Kohezyon (kgf/cm ²)	325	75	129	80	360	43	65	95	60
İçsel Sürtünme Açısı (°)	51	41	38	34	49	40	38	38	37
Doğal Birim Ağırlığı (gr/cm ³)	2.643	2.112	2.16	1.927	2.656	2.01	2.1	2.16	2.043
Nem Oranı (%)	0.259	4.137	3.342	7.158	0.982	1.112	5.73	2.212	7.97
Shore Sertliği	52	32	42	39	64	18	30	41	38
Koni Delici Değeri	10.8	4.16	5.52	3.9	16.42	2.35	5.08	3.93	2.38
Suda Ufalanma (%)	0.998	0.985	0.993	0.98	0.933	0.982	0.969	0.982	0.994
Darbe Dayanımı (kg.cm/cm ³)	56.2	7.5	21	5.9	32.2	10.2	12.6-20	22.5	11.1

4.2 İşletmede Uygulanan Dekapaj Yöntemlerinin Tanıtılması

Açık ocaklarda dekapaj ve nihayetinde kömür üretimi için faaliyet gösterilmektedir. Dekapajda; elektrikli ekskavatör + kamyon yöntemi ve draglayn yöntemi kullanılmaktadır. Kömür kazısında ise hidrolik ekskavatör + kamyon yöntemi uygulanmaktadır.

Jeolojik yapısından da anlaşıldığı gibi, dekapaj kalınlıkları 25-75-150-300 m.'ler arasında değişen beş ana farklı bölge bulunmaktadır. 2002 döneminde Tunçbilek formasyonu; Demirbilek Üyesi ve Beke Üyesi olmak üzere iki ayrı alanda dekapaj yapılmaktadır.

Beke formasyonunda, Beke Panosu olarak isimlendirilen tek bir panoda dekapaj yapılmaktadır.

Tunçbilek formasyonundaki Demirbilek Üyesi kayaç sertliklerine göre iki ana panoya ayrılmıştır. Bunlar BY Pano ve 36 Nolu Pano'dur. BY Pano'da draglayn uygulaması ve 36 Nolu Pano'da ekskavatör + kamyon uygulaması mevcuttur.

36 Nolu Pano'da üst kısımda 5-6 m.'lik humuslu toprak bulunmaktadır. Humuslu toprak patlatma yapılmadan hidrolik ekskavatör + kamyon yöntemiyle alınmaktadır. Kömüre 14-25 m. kalana kadar olan üst kısımda ekskavatör + kamyon yöntemi uygulanmaktadır. Kömür üstünde bulunan bu kısımda draglayn yöntemi ile dekapaj yapılmaktadır.

Toplam dekapaj miktarları 60-65 milyon m³/yıl'dır.

4.2.1 İşletmede Kullanılan Delik Delme Makineleri ve Delme Parametreleri

Garp Linyit işletmesinde 14 adet delik delme makinesi kullanılmaktadır. Markaları sırasıyla; Ingersoll-Rand DM50 XL 1050 ve Ingersoll-Rand DM50 XL 900'dür. Bu makinelerin teknik özellikleri tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 Delik Makineleri Teknik Özellikleri

	Ingersoll- Rand DM50 XL 1050	Ingersoll- Rand DM50 XL 900
Makinenin Geliş Tarihi	1981	1985
Fiyatı	357.510\$	257.547 \$
Dönme Hızı	0-162 RPM	0-162 RPM
Dönme Momenti	979 kgm	979 kgm
Çalışma Ağırlığı	3 1752 kg	31752 kg
Baskı Kuvveti	204 12 kg	20412 kg
Hava Basıncı	10.5 kg/cm ²	10.5 kg/cm ²
Kompresör Debisi	29.7 m ³ /dk	25.5 m ³ /dk
Tahrik	Dizel	Dizel
Tij Boyu	7.62 m.	7.62 m.
Tij Çapı	7 inç.	7 inç.
Matkap Çapı	9 inç.	9 inç.
Maks. Delme Çapı	9 7/8 inç.	9 7/8 inç.
Tij Kapasitesi	5	5
Yürüyüş	Paletli	Paletli
Maks. Delme Hızı	1.5m/dk	1.5m/dk
Maks. Yürüyüş Hızı	2.754 km/h	2.754 km/h
Matkap Tipi	3 Konili	3 Konili
Matkap Dişi	Çelik Dişli	Çelik Dişli

Kullanılan matkabın makası THOMPSON T2 serisi ve orta sert formasyonlar için uygundur.

2000 yılında 35 tane matkap harcanmış ve bu yıl içerisinde delik makinesi toplam 276388 m. metraj yapmıştır. Buna göre bir matkabın ortalama ömrü 7896 m.'dir.

2001 yılında 34 tane matkap harcanmış ve bu yıl içerisinde delik makinesi 246482 m. metraj yapmıştır. Buna göre bir matkabın ortalama ömrü 7249 m.'dir.

Deneme için alınan matkaplar eğer 7000 m.'nin altında metraj yaparlarsa o marka matkap işletme tarafından kullanılmamaktadır. Fotoğraf 4.1'de şantiyedeki delici makinenin fotoğrafı verilmektedir.



Fotoğraf 4.1 Şantiyedeki Delik Delme Makinesi

4.2.2 İşletmede Uygulanan Ekskavatör-Kamyon Sistemi

Basamaklar halinde oluşturulan aynaların yüksekliği genelde 16 m.'dir. Önceden delinen delikler patlatıldıktan sonra, çıkan malzeme elektrikli ekskavatörlerle kamyonlara yüklenip, taşıma yapılmaktadır.

Dekapajda üç tür ekskavatör kullanılmaktadır. Bunlar; 20 yd³'lük PH 2300, 17 yd³'lük Marion ve 10 yd³'lük PH 1900 AL'dir.

Dekapajda kullanılan kamyonlar iki çeşittir. Bunlar 85 ve 170 tonluk yük kapasiteli kamyonlardır.

Çalışma ağırlığı 277 273 kg. olan 630 Es tipi 170 ton yük kapasiteli kamyon, büyük boyutlu iş makinesi olup, arkadan damperlidir. Yükleme yüksekliği maksimum 8.56 m. olan 20 yd³lük elektrikli ekskavatörler tarafından kolaylıkla yükleme yapılabilmektedir.

85 ton yük kapasiteli kamyonlar, Cummins KT-2300 C ya da DDAD 92-T-V 16 motorlar ile donatılmıştır. Bu kamyonların azami hızı 55 km/h'dir. Tablo 4.4'de açık ocak makine parkı ve kapasitesi görülmektedir.

Tablo 4.4 Açık Ocak Makine Parkı ve Kapasitesi

MAKİNE CİNSİ	MEVCUT MİKTAR (Adet)	TOPLAM KAPASİTE
Ağır Kamyon	99	9.265 S.Ton
Dragline	2	60 Yd ³
Elektrikli Ekskavatör	20	257,5 Yd ³
Hidrolik Ekskavatör	4	32 Yd ³
Buldozer	34	
Yükleyici	6	60 Yd ³
Grayder	12	
Vinç	11	217,25 Ton
Delik Makinesi	14	
Sondaj Makinesi	3	

Ekskavatör-Kamyon Yönteminde Uygulanan Delme-Patlatma Yöntemi

Basamak yüksekliği 16 m.'dir. İşletmede delik taban payı 2 m. olarak bırakılmaktadır. Tablo 4.5'de Ekskavatör-kamyon yöntemi delik geometrisi görülmektedir. Delme-patlatma tasarımının iyileştirilmesi için yapılan çalışmaların yapıldığı alandır.

Tablo 4.5 Ekskavatör-Kamyon Yöntemi Delik Geometrisi

Delik Çapı	229 mm
Basamak Yüksekliği	16 m
Delik Taban Payı	2 m
Delik Boyu	1 8 m
Delik Eğimi	90 ⁰
Dilim Kalınlığı	7 m
Delikler Arası Mesafe	9 m
Delik Düzeni	Dikdörtgen
Dip Şarj Boyu	4 m
Dip Şarj Miktarı	125 kg
Ara Sıkılama Boyu	4 m
Kolon Şarj Boyu	3 m
Kolon Şarj Miktarı	75 kg
Üst Sıkılama Boyu	5 m
Özgül Şarj	0,198 kg/m ³
Özgül Delme	0,0178 m/m ³
Basamak Şev Açısı	80 ⁰
Genel Şev Açısı	45 ⁰

4.2.3 İşletmede Uygulanan Draglayn Sistemi

Page ve Marion marka iki çeşit draglayn kullanılmaktadır. Marion marka draglaynın kepçe kapasitesi 40 yd³'dür ve Beke formasyonunda kullanılmaktadır. Page marka draglaynın kepçe kapasitesi 20 yd³'lük tür ve BY panosunda kullanılmaktadır.

50-60 m. genişliğinde ve pano boyunca bir dilim, delik delme makineleri tarafından delinir. Delinen delikler patlatılarak formasyon genişletilir. Bir dilim bittikten sonra, yine 50-60 m. genişliğinde diğer bir dilim, dilim başından itibaren delinmeye başlanır.

Patlatılan dilimin üzerine draglayn oturur ve dekapaj işlemine başlar. Daha önceden kömürü alınmış kısma boşaltma işlemi yapar.

Draglayn'ın çalıştığı ayna yüksekliği 14-25 m. arasındadır. Bunun sebebi de kömür tavan ondülasyonunun ve fayların olmasından kaynaklanmaktadır.

Delik aralıkları ve dilim kalınlıkları sabit olmasına rağmen, delik boyları devamlı değişir. Delme işlemine delikten kömür tozları çıkıncaya kadar devam edilmektedir.

Draglayn Yönteminde Uygulanan Delme-Patlatma Yöntemi

Basamak yükseklikleri 14-25 m. arasında değişmektedir. Bunun sebebi; kömürde faylanmaların çok fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Delik makinesi daha önceden belirlenmiş delik yerlerine yanaşarak, delme işlemine başlamaktadır. Delme işlemine delikten kömür tozları çıkıncaya kadar devam edilmektedir. Çift sıkılama yöntemi uygulanmaktadır. Tablo 4.6'da işletmede ortalama 20 m. boyunda delikler için yapılan delik geometrisi görülmektedir.

Tablo 4.6 Draglayn Yöntemi Delik Geometrisi

Delik Çapı	229 mm
Delik Boyu	20 m
Delik Eğimi	90 ⁰
Dilim Kalınlığı	7 m
Delikler Arası Mesafe	9 m
Delik Düzeni	Dikdörtgen
Dip Şarj Boyu	6 m
Dip Şarj Miktarı	175 kg
Ara Sıkılama Boyu	5 m
Kolon Şarj Boyu	3 m
Kolon Şarj Miktarı	100 kg
Üst Sıkılama Boyu	6 m
Özgül Şarj	0,218 kg/m ³
Özgül Delme	0,0158 m/m ³
Basamak Şev Açısı	80 ⁰
Genel Şev Açısı	45 ⁰

Kullanılan Patlayıcı Maddeler

Delik duruma göre sulu ya da susuz olmaktadır. Kuru deliklerde dip ve kolon şarjı olarak sadece anfo kullanılmaktadır. Delik başına su geliri az ise, dip şarjı olarak suya karşı dirençli emülsiyon patlayıcı, kolon şarjı olarak da anfo kullanılmaktadır. Delik başına su geliri fazla ise, dip ve kolon şarjı olarak sadece emülsiyon kullanılmaktadır. Emülsiyon olarak Powergel 600 kullanılmaktadır.

Bütün deliklerde yemleme olarak Powergel Magnum kullanılmaktadır. Dip şarj için 2 kg. yemleme ve kolon şarjı için 1 kg. yemleme kullanılmaktadır. Tablo 4.7’de kullanılan patlayıcıların teknik özellikleri verilmektedir.

Tablo 4.7 Kullanılan Patlayıcıların Teknik Özellikleri

Teknik Özellikler	ANFO	Powergel 600	Powergel Magnum
İdeal Patlama Hızı	4850 m/sn	6385 m/sn	6345 m/sn
İdeal Patlama Basıncı	48960 atm	115789 atm	119350 atm
İdeal Patlama Isısı	2946 ⁰ K	2863 ⁰ K	2502 ⁰ K
Patlama Enerjisi	3.89 mj/kg	3.46 mj/kg	3684 mj/kg
Yoğunluk	0.78-0.80 gr/cm ³	1.26-1.27 gr/cm ³	-
Suya Dayanıklılık	Yok	Mükemmel	Çok iyi
Standart Boyutlar	-	145*520 mm	90*150 mm
Standart Ağırlık	50 kg'lık torbalarda	10 kg'lık kartuşlarda	1 kg'lık kartuşlarda

Dikdörtgen düzende ve iki sıra halinde delikler delinmektedir. Delinen delik sayısı bir atımda 10 tane dir. İşletmede üç vardiya üretim yapılmaktadır ve atımlar sadece gündüz vardiyasında yapılmaktadır.

Delikler, patlayıcı maddelerle doldurulduktan sıkılama işlemi yapılmaktadır. Sıkılama malzemesi olarak delik kırıntıları kullanılmaktadır.

Deliklerin ateşlenmesinde işletmede iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Birincisi infilaklı fitil yöntemi diğeri ise elektriksiz kapsül (nonel) yöntemidir. BY Pano'su yerleşim yerlerine daha yakın olduğundan, daha pahalı olmasına rağmen titreşim sınırlarını azalttığından nonel sistem kullanılmaktadır.

İnfilaklı fitil yönteminde, sıralar arası gecikme 200 ms.'dir. 50'şer milisaniyelik 4 adet gecikme rölesi kullanılmaktadır.

Nonel sistemde, delikler arası gecikme 25 ms. ve sıralar arası gecikme 65 ms. kullanılmaktadır.

Bütün bağlantı işlemleri bittikten sonra bağlantı elemanı 8 no'lu kapsüle bağlanıp, manyeto ile patlatılmaktadır.

Her patlatma işleminden sonra, patlamamış delik olup olmadığı barutçu tarafından kontrol edilmektedir.

Fotoğraf 4.2'de delik doldurma anı, Fotoğraf 4.3'de deliklerin birbirlerine bağlantı anı, Fotoğraf 4.4'de patlatma anının arkadan görünüşü ve Fotoğraf 4.5'de patlatma anının önden görünüşü görülmektedir.



Fotoğraf 4.2 Deliklerin Doldurulması



Fotoğraf 4.3 Deliklerin Birbirlerine Bağlanması



Fotoğraf 4.4 Patlatmanın Görünüşü



Fotoğraf 4.5 Patlatma Anının Görünüşü

Fotoğraf 4.6,4.7,4.8,4.9,4.10 ve 4.11’de çalışma sahasına ait bazı fotoğraflar görülmektedir.



Fotoğraf 4.6 Aynanın Görünüşü



Fotoğraf 4.7 Kömür Damarı



Fotoğraf 4.8 Ekskavatör-Kamyon Yönteminin Görünüşü



Fotoğraf 4.9 Ekskavatör-Kamyon Yönteminin Yukarıdan Görünüşü



Fotoğraf 4.10 20 yd³'lük Draglayn Kepçesinin Görünüşü



Fotoğraf 4.11 Dozer Çalışmasının Görünüşü

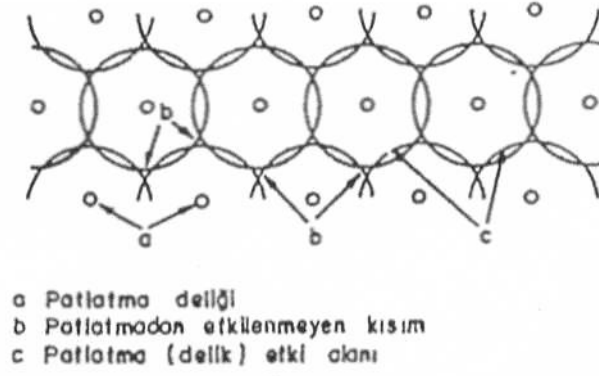
4.3. Sahada Tespit Edilen Problemler, Yapılan Çalışmalar ve Sonuçları

4.3.1 Sahada Tespit Edilen Problemler

a) Delik Geometrisi :

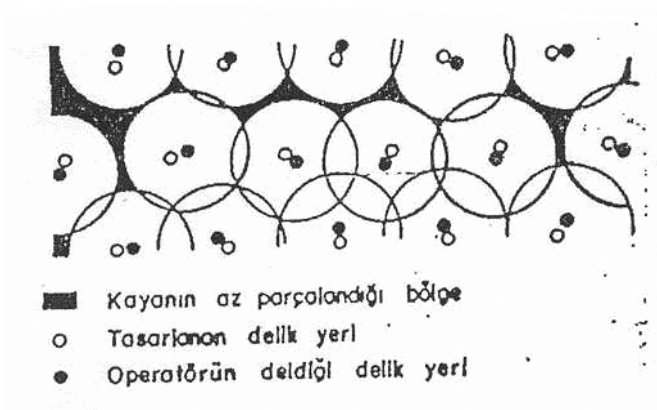
İşletmede uygulamada olan delme-patlatma projesinde delik aralıkları 9 m. ve dilim kalınlığı 7 m. olarak planlanmıştır. Fakat yapılan incelemelerde, delik düzenlerinde sapmalar olduğu, yapılan ölçümlerde delik geometrisinin bu proje değerlerine uymadığı görülmüştür. Delik yerleri delik operatörü tarafından daha önceden metre ile ölçülüp yerlerinin işaretlenmesi gerekmektedir. Fakat yapılan incelemelerde, delik operatörü delik yerlerinin belirlenmesini metre ile önceden ölçmeden göz kararı ile yapmaktadır.

Deliklerin önceden verilen düzende ve mesafede delinmesi önemlidir. Şekil 4.1’de düzgün bir düzende ve eşit aralıklarda delinen deliklerde her deliğin etki alanını gösteren dairelerin nasıl uygun bir biçimde kesiştiklerini ve en az seviyede patlatmadan etkilenmeyen kısım kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.1 Patlatma Enerjisinin Kayaç İçinde Dağılımı (31)

Şekil 4.2’de deliklerin tasarlanan yere delinmemesi durumunda delik etki alanlarının uygunsuz şekilde kesiştikleri görülmektedir. Bu durumda dairelerin fazla çakıştıkları kısımlarda kayacın aşırı kırılması dairelerin kesişmediği yerlerde ise yetersiz parçalanma oluşur. Basamak taban kısımlarında tırnaklar, basamağın üst kısımlarında patarlar oluşur. Bu nedenle, delinecek yerlerinin önceden ölçülüp, kazık dikilerek belirlenmesi deliklerin istenen düzende delinmelerini sağlayacaktır.



Şekil 4.2 Delik Delme Hatalarının Patlatmaya Etkisi (31)

Fotoğraf 4.12’de hatalı delinen delik yerleri görülmektedir.



Fotoğraf 4.12 Hatalı Deliklerin Görünüşü

a) Aynanın Durumu :

Yerinde yapılan gözlemlerde patlatılacak alanın önünde, genelde daha önceden patlatılmış yığın bulunduğu görülmektedir. Patlatma sonucunda yeni bir yığın oluşmamakta, malzeme sadece yukarıya doğru kabarmaktadır (Fotoğraf 4.13). Bu sorun; iri parça boyutu, yetersiz kırılma, ikincil patlatma, ekskavatör zorlanması, tırnak problemi, basamak yüzeyindeki düzensiz kabarmalar gibi problemleri de beraberinde getirmektedir.

Aynadaki yığın ve düzensizlikler serbest yüzey fonksiyonunu etkileyerek parçalanmayı verimsiz kılar. Atımlar daima serbest yüzeye doğru yapılmalıdır. Bir önceki atımın yaptığı çatlaklardan patlatma gazları atmosfere kaçarak parçalanmanın yeterince oluşmamasına yol açar. Fotoğraf 4.13’de atım sonrası kabarma görülmektedir.



Fotoğraf 4.13 Atım Sonrası Kabarma

c) Deliklerdeki Su Durumu :

Yerinde yapılan gözlemlerde delik içlerinde su olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda patlatma verimi düşmekte olup, delik içinde biriken sular drene edilmeli boşaltılmalıdır. Drenaj işletme için ilave ek yatırımlar gerektireceğinden, bunun yerine suya karşı dirençli patlayıcı olan emülsiyon kullanılmaktadır.

Kayaçta su varsa, patlayıcı suya dayanıklı olmalı ve ayrıca delik dibine yerleştirilebilmesi için yoğunluğu sudan büyük olmalıdır. Powergel 600 (Emülsiyon) tipi patlayıcı, yoğunluk $1.26-1.27 \text{ gr/cm}^3$ olup suya dayanıklı bir patlayıcı olarak bu işletmede kullanılmaktadır.

d) Diğer Problemler :

Delme-patlatma ve yükleme-taşıma işlemi birbirleriyle uyumlu olmalıdır. Basamağın bir kısmı patlatıldıktan sonra, patlatılmış kısma hemen ekskavatör yanaştırılarak, patlamış kısmın yüklemeye başlanması gerekmektedir. Ekskavatör kamyonu yükleme yaparken, basamağın diğer kısmının delinmeye başlanması gerekmektedir. Bu organizasyonda problem çıkması durumunda dilim kalınlığı ve delik düzeni boyunca düzensiz bir şekil gösterecektir. Bu da üst kısmında parçalanmamış yerlerin kalmasına sebep olmaktadır. Fotoğraf 4.14 ve 4.15’de bu durumlar görülmektedir.

Yukarıda var olan problemlere, uygun olmayan delme ve patlatma geometrisinin eklenmesiyle; iri parça boyutunda artış, kazı-yükleme maliyetinde artış, parçalanmamış kısımlar için ikincil patlatma zorunluluğu, ayna yüzeyinde düzensizlik, ekskavatör kazısında zorlanma ve genel anlamda işletme maliyetlerinin artışına sebep olmaktadır. Fotoğraf 4.16’da iri parçalar ve basamağın üst kısmının tam ayrılmadığı görülmektedir.



Fotoğraf 4.14 Patlatma Sonrası Tam Ayrılmamış Basamak Üst Kısmının Görünüşü



Fotoğraf 4.15 Patlatma Sonrası Ayrılmamış Basamak Üst Kısımının Yandan Görünüşü



Fotoğraf 4.16 Patlatma Sonrası İri Parça Boyutunun Görünüşü

4.3.2 Sahada Yapılan Deneysel Çalışmalar

4.3.2.1 Uygulanan Çalışma Metodu

Delme-patlatma işleminde çok sayıda parametreyi göz önüne almak gerekir. Basamak patlatmasını etkileyen kontrol edilebilen parametreler ve kontrol edilemeyen parametreler mevcuttur. Kontrol edilebilen parametrelerin başında; delik geometrisi, kontrol edilemeyen parametrelerin başında ise kayaç yapısı, jeolojisi ve atmosferik koşullar gelmektedir.

Patlatma tasarımı yapılması için geliştirilen ampirik yaklaşımlarda kayaç özellikleri gibi bazı kontrol edilemeyen parametreler yer almamaktadır. Bu gibi parametreler ancak tahmin edilebilirler ya da tecrübelerden yararlanılarak patlatma tasarımında kullanılırlar. Halen var olan patlatma tasarım yöntemlerinin hemen hepsi tecrübelerle kazanılmış bazı değerler içerir. Bu nedenle literatürde yer alan patlatma tasarım formülleri ile yapılan tasarımlar ön tasarım niteliğindedir. Ön tasarım ocakta denenir ve sonuçları dikkatle incelenir. İnceleme sonunda, sakıncalı ve yararlı hususlar not edilerek bir değerlendirme yapılır. Değerlendirme sonuçlarına göre ön tasarım değiştirilerek yeni bir tasarım yapılır. Yeni tasarım sonuçları da izlenip değerlendirilerek gerekirse değişiklik ve düzeltmeler yapılarak tasarım yenilenir. Bu yüzden, bütün patlatma tasarımları deneme-yanılma yoluyla mükemmele ve ideal çözüme ulaştırılmaya çalışılır.

Arzu edilen sonuçları sağlayacak bir tasarım için patlatma sonuçlarını etkileyen parametrelerin hepsi dikkate alınmalı ve etkileri yansıtılmalıdır. Ancak, bir çok araştırmacının da kabul ettiği iki anahtar parametre öne çıkmaktadır. Bu iki parametre; özgül şarj ve en uygun dilim kalınlığıdır. Bu iki parametre uygun seçildiği takdirde, diğer tasarım parametreleri bunlara bağlı olarak hesaplanabilmekte ve tasarım doğru bir şekilde planlanabilmektedir.

Bu çalışmada, işletmede mevcut çalışma şartları incelendikten sonra tespit edilen problemlerin çözümü için, patlatma sonuçlarını etkileyen anahtar parametrelerden biri olan dilim kalınlığı literatürde mevcut olan formüllerle hesaplanmıştır. Diğer tasarım parametreleri de, hesaplanan dilim kalınlığına bağlı olarak tespit edilmiştir. Toplam altı adet ön tasarım modeli belirlenmiştir. Bu altı adet ön tasarım modeli ocakta denenmiş ve sonuçları kaydedilerek değerlendirilmiştir.

Planlanan altı tane ön tasarım modelinin patlatma performanslarının incelenmesinde; patar sayımı, ikincil atımlarda patlayıcı tüketimi, ekskavatör yükleme performans analizi ve parça boyut dağılım analiz yöntemleri kullanılmıştır.

Bu analizler yanında, ayrıca yapılan denemelere ait delme-patlatma maliyet analizleri yapılarak sonuçlar irdelenmiştir.

4.3.2.2 Ön Tasarımların Belirlenmesi

İlk olarak literatürde var olan formüllerden yararlanılarak; dilim kalınlığı, daha sonra delikler arası mesafe, delik taban payı, delik boyu ve sıralar arası gecikme değerleri hesaplanarak ön tasarım değerleri belirlenmiştir.

Dilim Kalınlığı Hesabı :

1- Konya Bağıntısı (42)

$$B_{\max} = 38 d \sqrt{\frac{\rho_e}{\rho_r}} \quad (4.1)$$

$$d = 229 \text{ mm.} = 0.229 \text{ m.}$$

$$\rho_e = 0.78 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_r = 2.47 \text{ gr/cm}^3$$

$$B_{\max} = 38 \cdot 0.229 \sqrt{\frac{0.78}{2.47}}$$

$$B_{\max} = 4.89 \text{ m.} \approx 5 \text{ m.}$$

2- Konya Bağıntısı (32, 34)

$$B = 3.15 d (\rho_e/\rho_r)^{0.33} \quad (4.2)$$

$$d = 229 \text{ mm.} = 9 \text{ inç.}$$

$$\rho_e = 0.78 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_r = 2.47 \text{ gr/cm}^3$$

$$B = 3.15 \cdot 9 \cdot \left(\frac{0.78}{2.47}\right)^{0.33}$$

$$B = 19.38 \text{ feet} = 5.89 \text{ m.} \approx 6 \text{ m.}$$

3- Konya Bağıntısı (2, 34)

$$B = [2\rho_e/\rho_r + 1.5] d \quad (4.3)$$

$$\rho_e = 0.78 \text{ gr/cm}^3$$

$$\rho_r = 2.47 \text{ gr/cm}^3$$

$$d = 229 \text{ mm.} = 9 \text{ inç}$$

$$B = \left(2 \cdot \frac{0.78}{2.47} + 1.5\right) \cdot 9$$

$$B = 19.18 \text{ feet} = 5.83 \text{ m.} \approx 6 \text{ m.}$$

4- Konya ve Walter Bağintısı (34)

$$B = 0.67 d (\text{Stv}/\rho r)^{0.33} \quad (4.4)$$

$$B = 0.67 \cdot 9 \cdot \left(\frac{100}{2.47} \right)^{0.33}$$

$$B = 20.45 \text{ feet} = 6.21 \text{ m.} \approx 6 \text{ m.}$$

5- Vutukari-Bhandari Bağintısı (30, 31, 32)

$$B = 0.024 \cdot d + 0.85 \quad (4.5)$$

$$d = 229 \text{ mm.} = 0.229 \text{ m.}$$

$$B = 0.024 \cdot 0.229 + 0.85$$

$$B = 6.346 \text{ m.} \approx 6 \text{ m.}$$

6- Atlas Powder Company Bağintısı (42)

$$B = 19.7 \cdot d^{0.79} \quad (4.6)$$

$$d = 229 \text{ mm.} = 0.229 \text{ m.}$$

$$B = 19.7 \cdot 0.229^{0.79}$$

$$B = 6.14 \text{ m.} \approx 6 \text{ m.}$$

7- Langefors Bağıntısı (29,30,42)

$$B = (14 \sim 76) d \quad (4.7)$$

$$d = 229 \text{ mm.} = 0.229 \text{ m.}$$

$$B = (3.206 \sim 17.404) \text{ m.} \approx (3 \sim 17) \text{ m.}$$

Yapılan hesaplamalarda; Konya, Konya ve Walter, Vutukari-Bhandari ve Atlas Powder Copmany bağıntılarına göre; çalışma yapılan Tunçbilek 36 No'lu Pano'da yer alan formasyon özellikleri için dilim kalınlığı değerinin 6 m. olması gerektiği ön görülmektedir.

Ash bağıntısına göre maksimum dilim kalınlığının 5 m. ve Langefors bağıntısına göre ise 3 ile 17 m. arasında olması yeterlidir. Ancak, Langefors bağıntısında sadece delik çapına bağlı olarak dilim kalınlığı hesaplanmaktadır. Dilim kalınlığına ve patlatma sonuçlarına etki eden bir çok parametre olduğu unutulmamalıdır.

İşletmede hali hazırda yapılan patlatma düzeninde; delik çapı 229 mm., delik eğimi 90°, basamak yüksekliği 16 m., delik taban payı 2m., dilim kalınlığı 7 m., delikler arası mesafe 9 m. ve sıralar arası gecikme 200 ms. uygulanmaktadır. Bir delikte toplam 200 kg. patlayıcı madde kullanılmaktadır.

Deneme 1

Deneme 1 çalışmasında, işletmede mevcut olan patlatma parametrelerinin hiçbirinde değişiklik yapılmamıştır. Yani işletmedeki mevcut bütün şartlar aynen korunmuştur.

a) Delik Boyu Hesabı :

Delik boyu hesabında Olofsson bağıntısı kullanılmıştır. (2,10,36)

$$H = K + U \quad (4.8)$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$U = 2 \text{ m.}$$

$$H = 16 + 2 = 18 \text{ m.}$$

b) Özgül Şarj Hesabı :

Özgül şarj hesabında Olofsson bağıntısı kullanılmıştır. (10,31)

$$q = \frac{Q_T}{B.S.K} \quad (4.9)$$

$$Q_T = 200 \text{ kg.}$$

$$B = 7 \text{ m.}$$

$$S = 9 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$q = \frac{200}{7 \cdot 9 \cdot 16} = 0.198 \text{ kg/m}^3$$

c) Özgül Delme Hesabı :

Özgül delme hesabında Olofsson bağıntısı kullanılmıştır. (31,36)

$$b = \frac{H}{BSK} \quad (4.10)$$

$$H = 18 \text{ m.}$$

$$B = 7 \text{ m.}$$

$$S = 9 \text{ m.}$$

K = 16 m.

$$b = \frac{18}{7 \cdot 9 \cdot 16} = 0.0178 \text{ m/m}^3$$

Deneme 2

Deneme 2 çalışmasında, işletmede mevcut olan bütün patlatma parametreleri aynen uygulanmıştır. Ancak, bu çalışmada önceden patlatılmış yığın ekskavatörlerle kamyonlara yüklenerek çalışma yapılan aynada serbest yüzey oluşması sağlanmıştır.

Deneme 3

İşletmede hali hazırda yapılan patlatma düzeninde dilim kalınlığı değeri 7 m. olarak alınmaktadır. Literatürde önerilen ampirik formüllere göre yapılan hesaplamalarda dilim kalınlığı değeri 6 m. olarak bulunmuştur. Bu nedenle, dilim kalınlığı değeri sistematik olarak küçültülüp, diğer parametreler buna göre hesaplanmıştır. Deneme 3 çalışmasında dilim kalınlığı değeri 6.5 m. olarak alınmıştır.

Diğer bir parametre olan sıralar arası gecikmelerin bulunmasında değişik görüşler vardır. Genel olarak, sert ve sağlam kayalar için dilim kalınlığının bir metresine 5 ms., zayıf ve eklemli kayalarda ise 10 ms. önerilmektedir. İşletmede yapılan patlatma düzeninde sıralar arası gecikme değeri olarak 200 ms. alınmaktadır. Bu çalışmada sıralar arası gecikme değeri de sistematik olarak küçültülmüştür. Bu yüzden, Deneme 3 çalışmasında sıralar arası gecikme değeri 150 ms. olarak alınmıştır.

a) Özgül Şarj Hesabı :

$$Q_T = 200 \text{ kg.}$$

$$B = 6.5 \text{ m.}$$

$$S = 9 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$q = \frac{200}{6.5 \cdot 9 \cdot 16} = 0.213 \text{ kg/m}^3$$

b) Özgül Delme Hesabı :

$$H = 18 \text{ m.}$$

$$B = 6.5 \text{ m.}$$

$$S = 9 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$b = \frac{18}{6.5 \cdot 9 \cdot 16} = 0.0192 \text{ m/m}^3$$

Deneme 4

Bu çalışmada işletmede mevcut olan; delik çapı, delik eğimi, basamak yüksekliği parametreleri aynen uygulanmıştır. Dilim kalınlığı 6.5 m. ve sıralar arası gecikme 150 ms. olarak alınmıştır.

Deneme 4’de delik boyu, delik taban payı ve delikler arası mesafe parametreleri değiştirilmiş olup hesaplamalar aşağıda sunulmaktadır;

a) Delik Taban Payı Hesabı :

Delik taban payı hesabında Atlas Powder Company ve Gustafsson bağıntısı kullanılmıştır. (28,30)

$$U = (0 \sim 1) B \quad (4.11)$$

B = 6.5 m. dilim kalınlığı değerinde, U = (0 ~ 6.5) m. arasında bir değer uygundur. Bu çalışmada delik taban payı değeri olarak 1.5 m. alınmıştır.

b) Delik Boyu Hesabı :

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$U = 1.5 \text{ m.}$$

$$H = 16 + 1.5 = 17.5 \text{ m.}$$

c) Delikler Arası Mesafe Hesabı :

Delikler arası mesafe hesabında Atlas Powder Company ve Gustafsson bağıntısı kullanılmıştır. (9,25,26,28,30)

$$S = (1 \sim 2) B \quad (4.12)$$

B = 6.5 m. dilim kalınlığı değerinde, S = (6.5 ~ 13) m. arasında bir değer uygundur. Bu çalışmada delikler arası mesafe değeri 8.5 m. olarak alınmıştır.

d) Özgül Şarj Hesabı :

$$Q_T = 200 \text{ kg.}$$

$$B = 6.5 \text{ m.}$$

$$S = 8.5 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$q = \frac{200}{6.5 \cdot 8.5 \cdot 16} = 0.226 \text{ kg/m}^3$$

e) Özgül Delme Hesabı :

$$H = 17.5 \text{ m.}$$

$$B = 6.5 \text{ m.}$$

$$S = 8.5 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$b = \frac{17.5}{6.5 \cdot 8.5 \cdot 16} = 0.0197 \text{ m/m}^3$$

Deneme 5

Bu çalışmada işletmede mevcut olan; delik çapı, delik eğimi, basamak yüksekliği parametreleri aynen uygulanmıştır. Dilim kalınlığı 6.5 m. ve sıralar arası gecikme 150 ms. olarak alınmıştır.

Deneme 5’de delik boyu, delik taban payı, delikler arası mesafe göreceli olarak azaltılmış ve buna bağlı olarak hesaplamalar yapılmıştır.

a) Delik Taban Payı Hesabı :

$$U = (0 \sim 1) B \quad (4.13)$$

B = 6.5 m. dilim kalınlığı değerinde, U = (0 ~ 6.5) m. arasında bir değer uygundur. Bu çalışmada delik taban payı değeri olarak 1 m. alınmıştır.

b) Delik Boyu Hesabı :

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$U = 1 \text{ m.}$$

$$H = 16 + 1 = 17 \text{ m.}$$

c) Delikler Arası Mesafe Hesabı :

$$S = (1\sim 2) B \quad (4.14)$$

B = 6.5 m. dilim kalınlığı değerinde, S = (6.5 ~ 13) m. arasında bir değer uygundur. Bu çalışmada delikler arası mesafe değeri 8 m. olarak alınmıştır.

d) Özgül Şarj Hesabı :

$$Q_T = 200 \text{ kg.}$$

$$B = 6.5 \text{ m.}$$

$$S = 8 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$q = \frac{200}{6.5 \cdot 8 \cdot 16} = 0.24 \text{ kg/m}^3$$

e) Özgül Delme Hesabı :

$$H = 17 \text{ m.}$$

$$B = 6.5 \text{ m.}$$

$$S = 8 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$b = \frac{17}{6.5 \cdot 8 \cdot 16} = 0.0204 \text{ m/m}^3$$

Deneme 6

Bu çalışmada Deneme 5'den farklı olarak delikler arası mesafe ve sıralar arası gecikme parametreleri değiştirilerek patlatma performansına etkisi incelenmiştir. Özgül şarj ve özgül delme hesapları aşağıda sunulmaktadır.

a) Özgül Şarj Hesabı :

$$Q_T = 200 \text{ kg.}$$

$$B = 6.5 \text{ m.}$$

$$S = 7.5 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$q = \frac{200}{6.5 \cdot 7.5 \cdot 16} = 0.256 \text{ kg/m}^3$$

b) Özgül Delme Hesabı :

$$H = 17 \text{ m.}$$

$$B = 6.5 \text{ m.}$$

$$S = 7.5 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$b = \frac{17}{6.5 \cdot 7.5 \cdot 16} = 0.0217 \text{ m/m}^3$$

Deneme 7

Deneme 7 çalışmasında, literatürdeki formüllerden hesaplanarak bulunan dilim kalınlığı değeri olan 6 m. kullanılmıştır. Sıralar arası gecikme değeri ise 100 ms. olarak alınmıştır. Özgül şarj ve özgül delme hesapları aşağıda sunulmaktadır.

a) Özgül Şarj Hesabı :

$$Q_T = 200 \text{ kg.}$$

$$B = 6 \text{ m.}$$

$$S = 9 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

$$q = \frac{200}{6 \cdot 9 \cdot 16} = 0.231 \text{ kg/m}^3$$

b) Özgül Delme Hesabı :

$$H = 18 \text{ m.}$$

$$B = 6 \text{ m.}$$

$$S = 9 \text{ m.}$$

$$K = 16 \text{ m.}$$

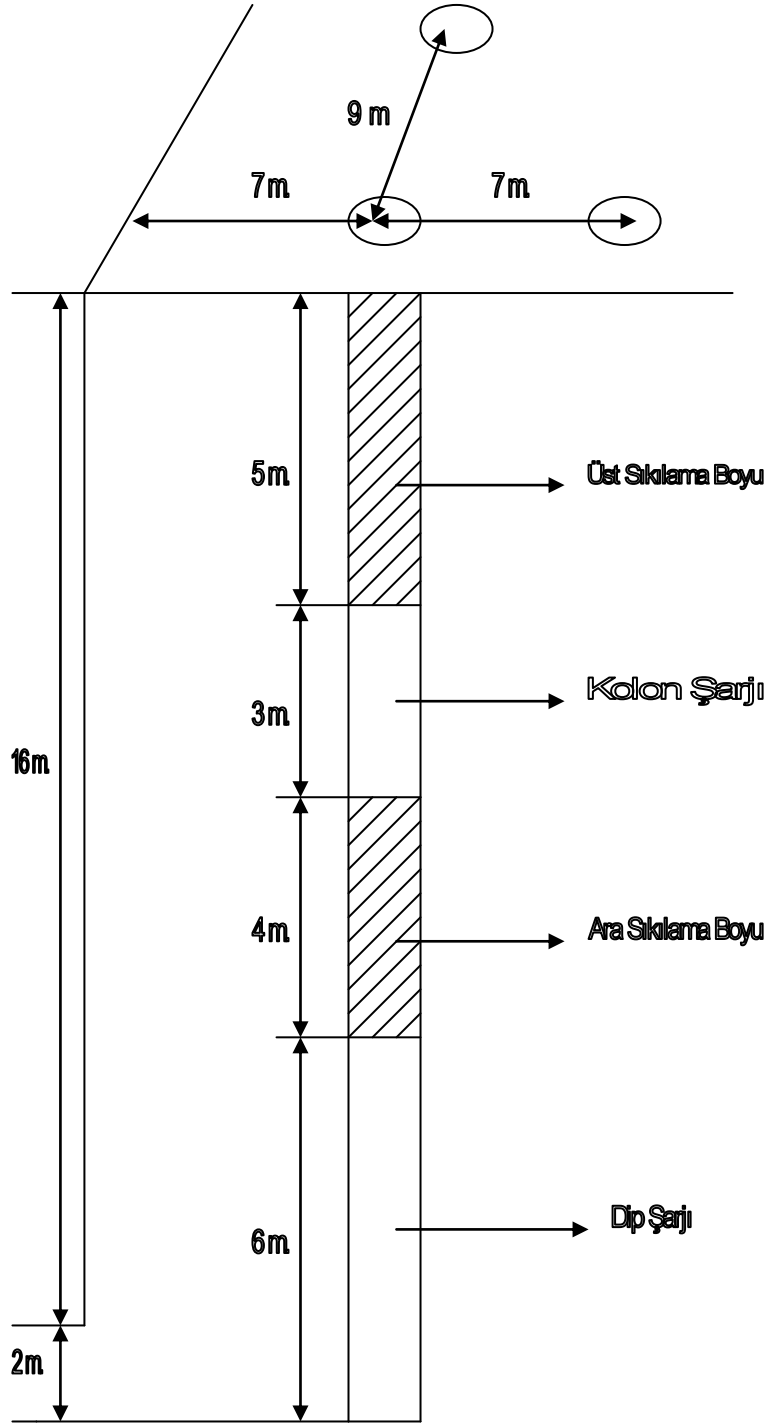
$$b = \frac{18}{6 \cdot 9 \cdot 16} = 0.0208 \text{ m/m}^3$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda, Tablo 4.8’de verilen ön tasarım parametreleri elde edilmiştir.

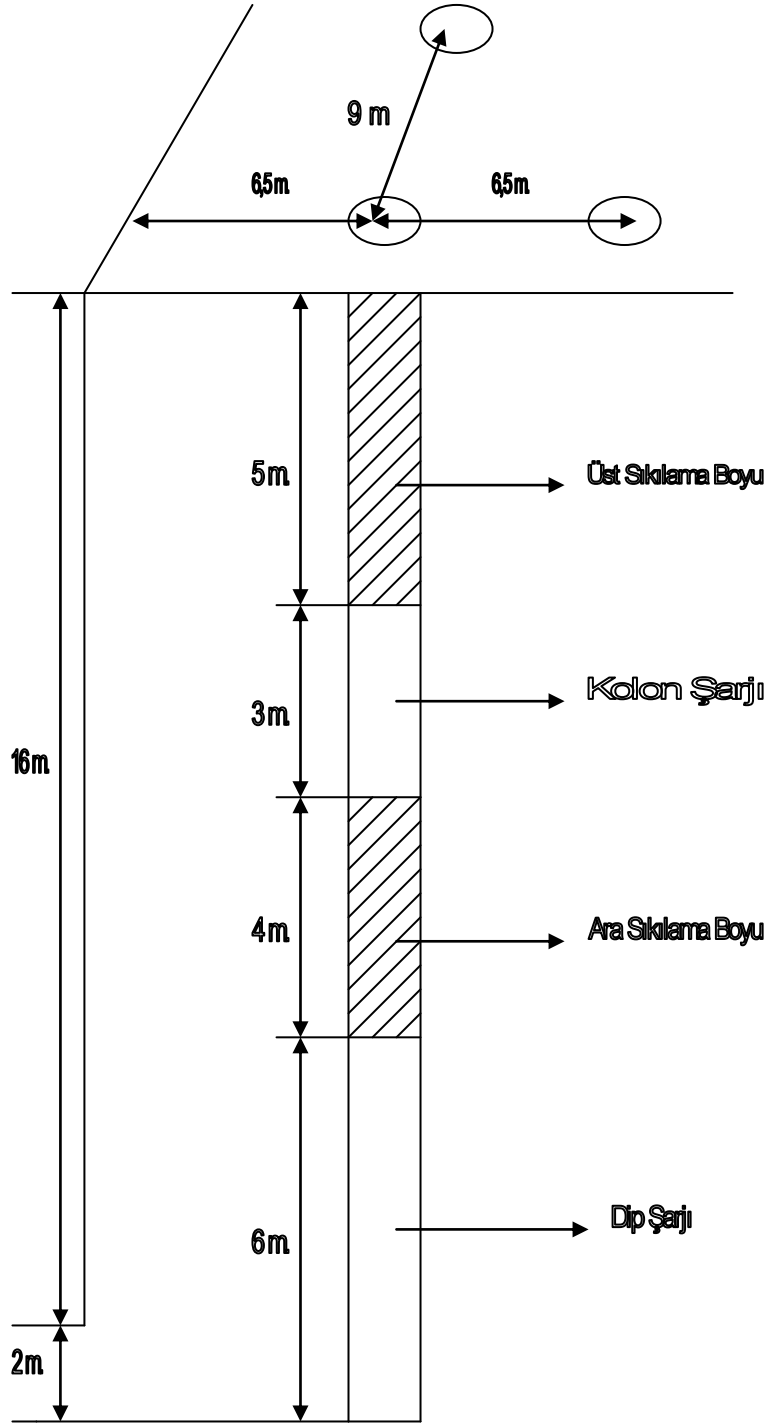
Tablo 4.8 Ön Tasarım Parametreleri

Deneme No	Delik Çapı (mm)	Delik Eğimi (°)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Boyu (m)	Delik Taban Payı (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delikler Arası Mesafe (m)	Özgül Şarj (kg/m ³)	Özgül Delme (m/m ³)	Sıralar Arası Gecikme (ms)
1	299	90	16	18	2	7	9	0.198	0.0178	200
2	299	90	16	18	2	7	9	0.198	0.0178	200
3	299	90	16	18	2	6.5	9	0.213	0.0192	150
4	299	90	16	17.5	1.5	6.5	8.5	0.226	0.0197	150
5	299	90	16	17	1	6.5	8	0.24	0.0204	150
6	299	90	16	17	1	6.5	7.5	0.256	0.0217	100
7	299	90	16	18	2	6	9	0.231	0.0208	100

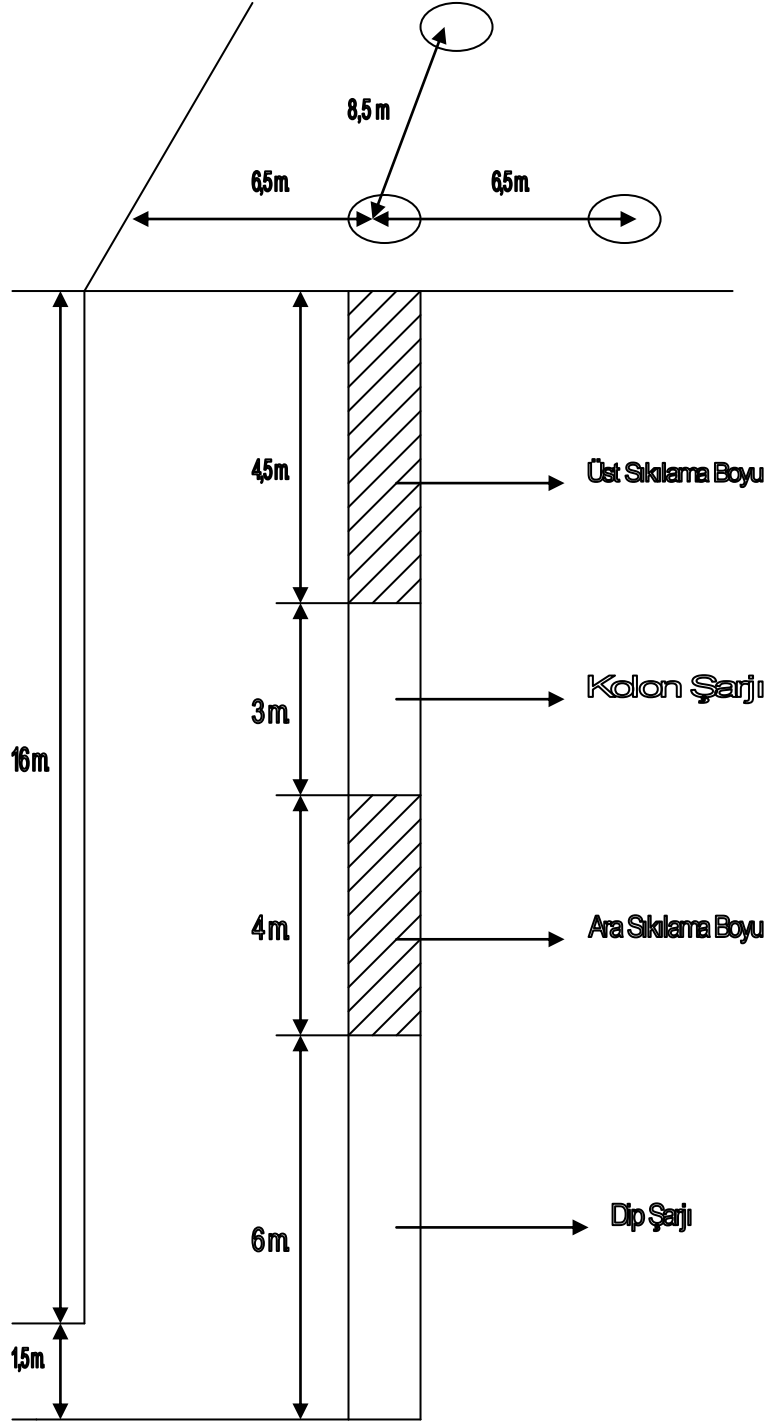
Şekil 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8’de deneme çalışmalarına ait delik geometrisi şekilleri görülmektedir.



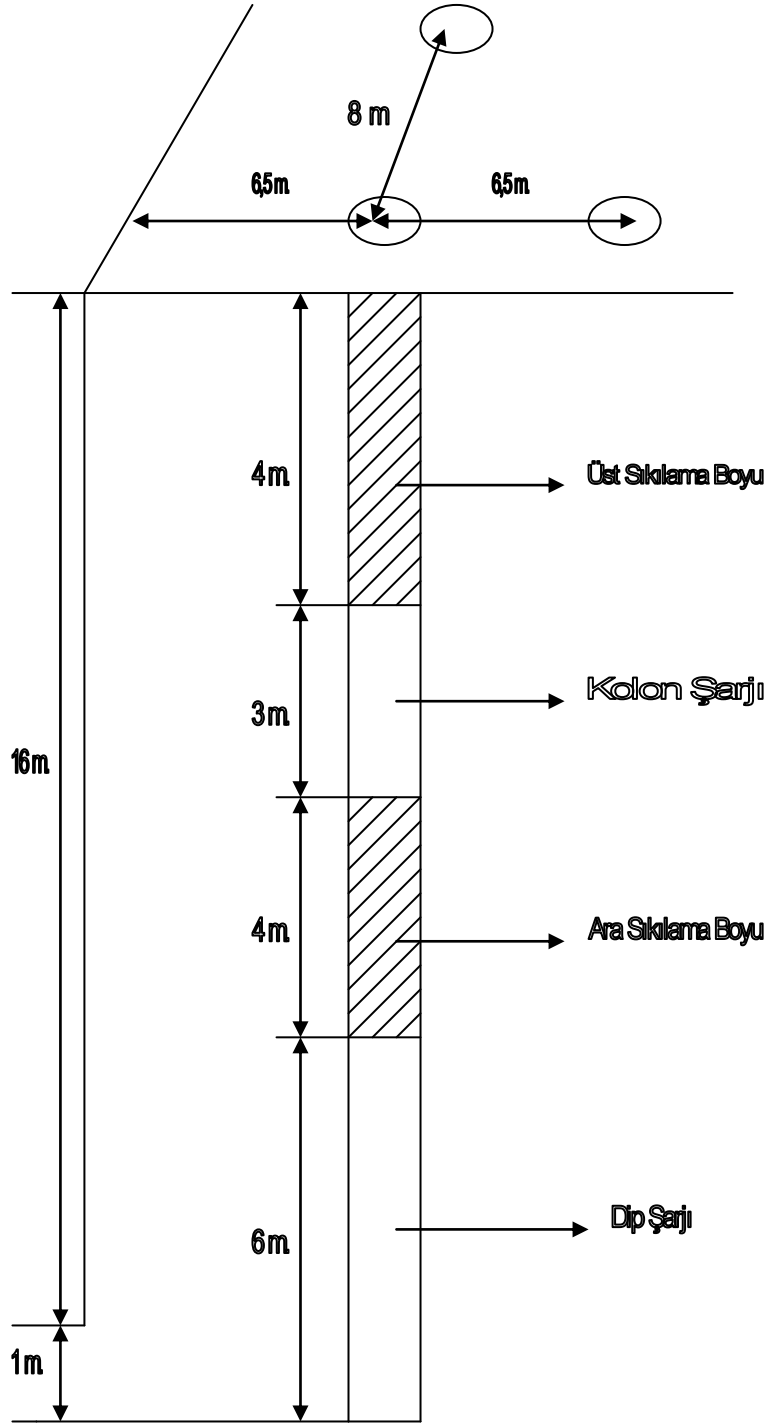
Şekil 4.3 Deneme 2 Çalışmasının Delik Geometrisi



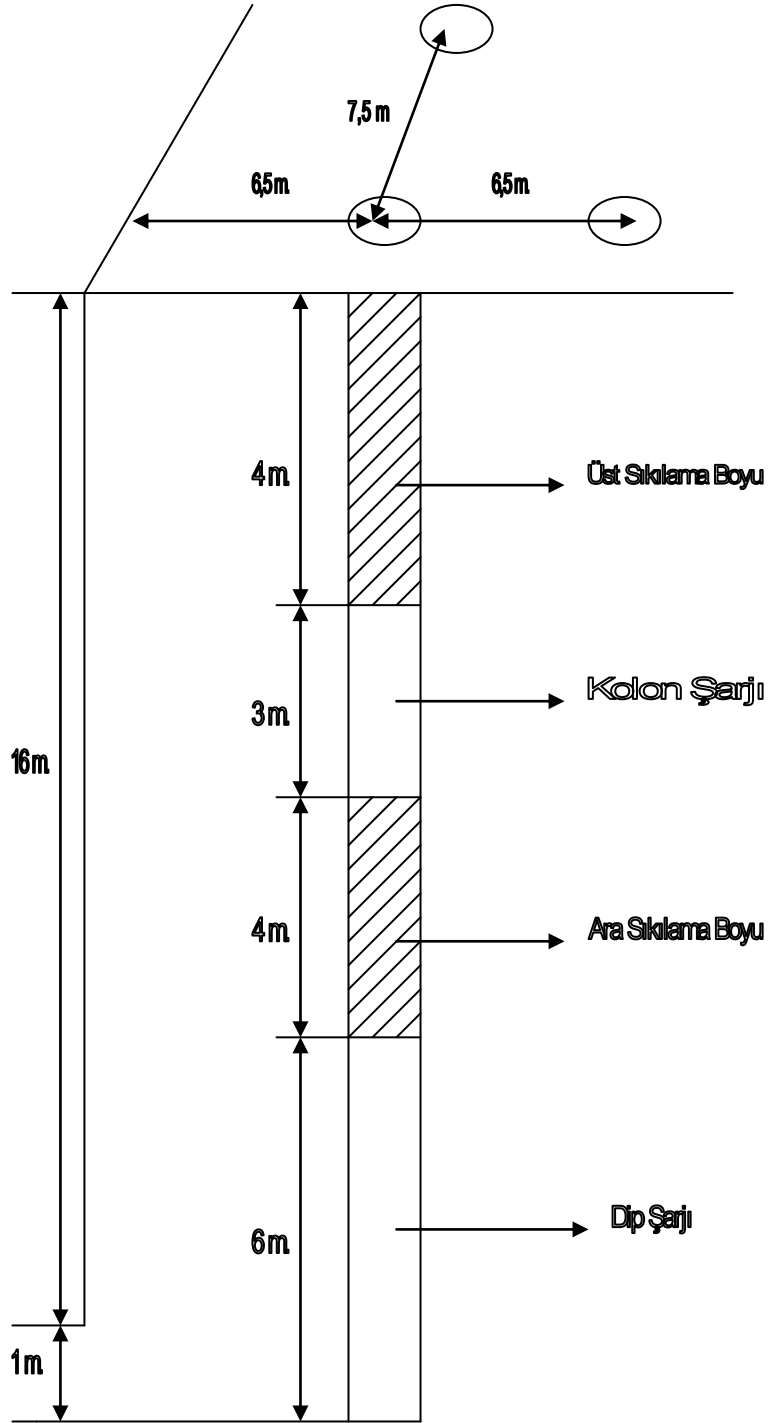
Şekil 4.4 Deneme 3 Çalışması Delik Geometrisi



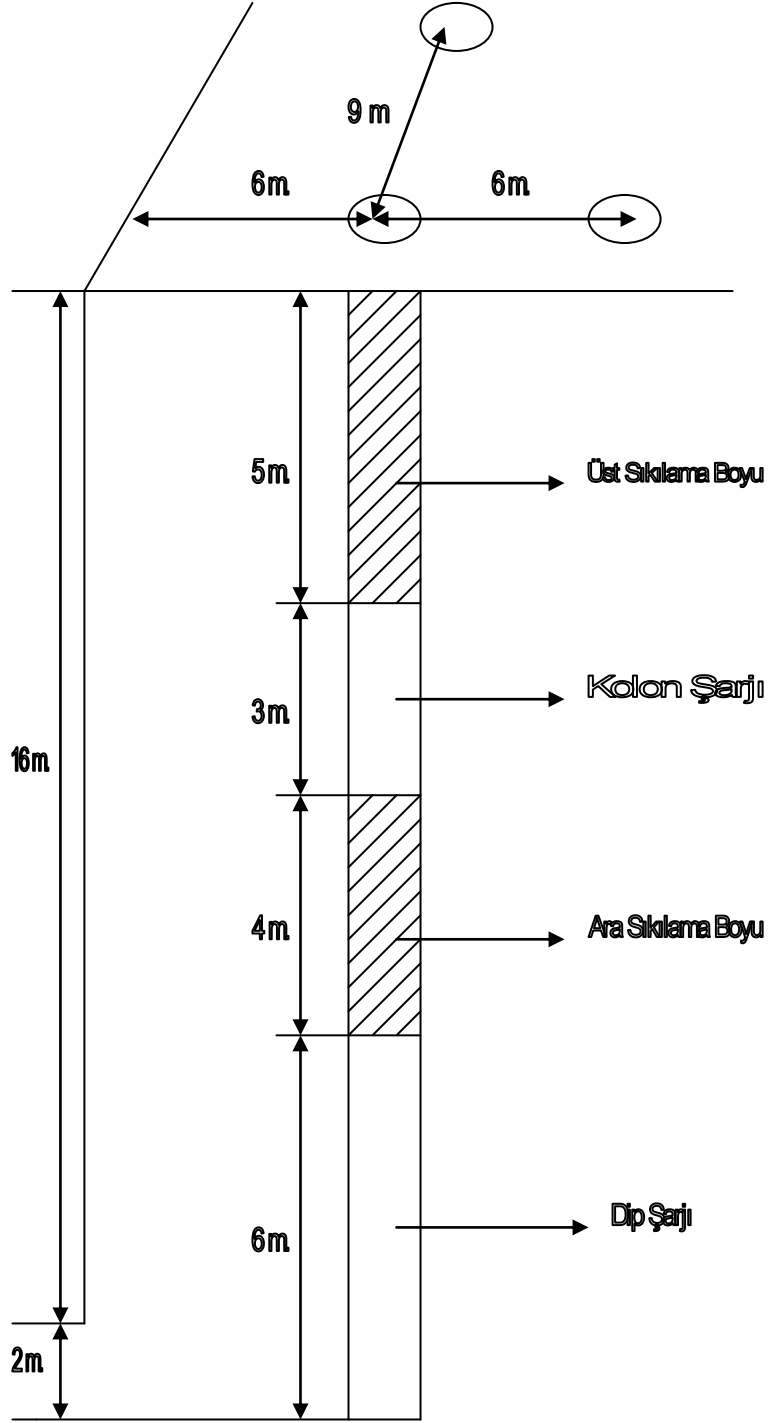
Şekil 4.5 Deneme 4 Çalışması Delik Geometrisi



Şekil 4.6 Deneme 5 Çalışması Delik Geometrisi



Şekil 4.7 Deneme 6 Çalışması Delik Geometrisi

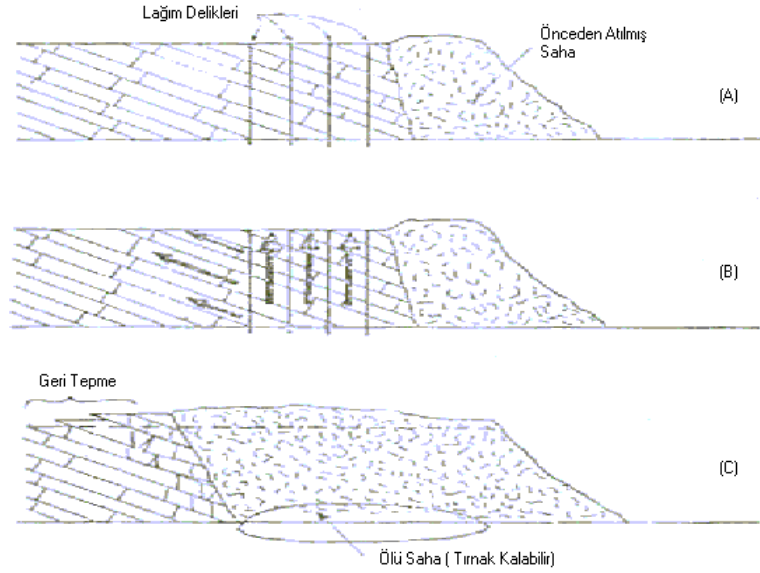


Şekil 4.8 Deneme 7 Çalışması Delik Geometrisi

4.3.2.3 Deneme Çalışmaları ve Sonuçlarının Analizi

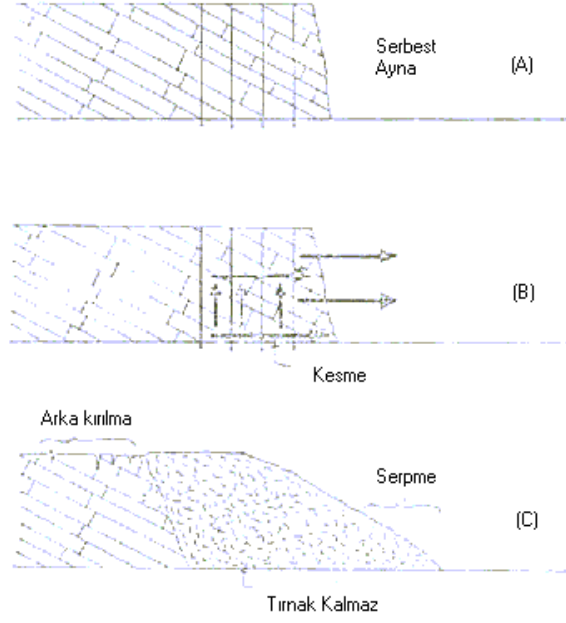
Deneme 1 çalışmasında, işletmede olan delme patlatma parametrelerinin hiçbirinde değişiklik yapılmamıştır. Yani işletmedeki mevcut bütün şartlar aynen korunmuştur.

Yapılan incelemelerde patlatmalar, genellikle önceden patlatılmış malzeme henüz alınmadan, patlatılmış yığının arkasında yapılmaktadır. Bu nedenle, işletmede yapılan patlatma sonuçlarında yeni yapılan atımlarda yığın şekli oluşmamaktadır. Şekil 4.9'da işletmede yapılan patlatma şekli görülmektedir.



Şekil 4.9 İşletmede Yapılan Patlatma Şekli (23)

Delme-patlatma çalışmalarının iyileştirilmesi amacıyla yapılan deneme çalışmalarında serbest yüzey olması daima gözetilmiştir. Şekil 4.10'da bu deneme çalışmalarında yapılan patlatma şekli görülmektedir.



Şekil 4.10 Deneme Çalışmalarında Yapılan Patlatma Şekli (23)

a) Patar Sayımı Analizleri

Deneme 1 çalışmasında, işletmede var olan parametrelerin hiçbirinde değişiklik yapılmadığından, patlatma sonucunda bir yığın şekli görülmemiştir ve kayaç yüzeyden tam olarak ayrılmadığından patar tespit edilmiştir. Deneme 2-3-4-5-6-7 çalışmalarında, herhangi bir patara rastlanmamıştır. Tablo 4.9'da Deneme 1 çalışmasında ortaya çıkan patar ölçüleri verilmektedir.

Kayaç orta sert bir yapıya sahip olduğundan, çıkan patarların ekskavatör kepeçesiyle kırılıp yükleyebileceği boyuta indirdikten sonra yükleme işlemine devam edilmektedir.

Tablo 4.9 Deneme 1 Çalışmasında Ortaya Çıkan Patar Ölçüleri

PATAR NO	Eni (m)	Boyu (m)	Yüksekliği (m)	Hacmi (m ³)
1	1.00	3.12	2.16	6.73
2	2.14	3.24	2.36	16.36
3	2.26	3.22	1.80	13.09

b) İkincil Atımlarda Patlayıcı Tüketim Analizleri

İşletmede yapılan mevcut patlatma sisteminde kayaç yüzeyden tam olarak ayrılmadığından, ekskavatör malzemeyi kamyonu yükleyememektedir. Bu sorunu gidermek için patlatma yapılan yerin arkasına tek sıra delikler delinip, patlatılmış malzeme tekrar gevşetilmiştir. Bu sorun sadece Deneme 1 çalışmasında ortaya çıkmıştır. Deneme 1 çalışmasında yapılan patlatmadan sonra, patlatılmış malzemenin arkasına 4 adet delik tek sıra halinde tekrar delinmiş ve patlatılmıştır. Deneme 2-3-4-5-6-7 çalışmalarında ikincil atımlara gerek duyulmamıştır. Tablo 4.10'da Deneme 1 sonucu ikincil atımlarda gerekli olan patlayıcı tüketimi görülmektedir.

Tablo 4.10 Deneme 1 Sonucu İkincil Atımlarda Gerekli Olan Patlayıcı Tüketimi

Delik No	Delik Çapı (mm)	Delik Eğimi (°)	Basamak Yüksekliği (m)	Delik Boyu (m)	Delik Taban Payı (m)	Dilim Kalınlığı (m)	Delik Aralığı (m)	Özgül Şarj (kg/m ³)	Özgül Delme (m/m ³)
1	229	90	16	18	2	7	9	0.198	0.0178

Bir deliğe toplam 200 kg. patlayıcı yerleştirilmektedir. Buna göre 4 delik için gerekli patlayıcı miktarı aşağıda sunulmaktadır.

$$\text{Patlayıcı Miktarı} = \text{Bir delik için gereken miktar} * 4$$

$$\text{Patlayıcı Miktarı} = 200 \text{ kg.} * 4$$

$$\text{Patlayıcı Miktarı} = 800 \text{ kg}$$

c) Ekskavatör Yükleme Performans Analizleri

Yapılan deneme çalışmalarının her biri için kronometre ile kazı süreleri, kepçe periyodları ve saatlik kazı kapasiteleri ölçülmüştür. Tablo 4.11’de yapılan deneme çalışmaları sonucu ekskavatör performans sonuçları görülmektedir. En iyi ekskavatör performansı 6 No’lu denemede elde edilmiştir.

Tablo 4.11 Yapılan Deneme Çalışmaları Sonucu Ekskavatör Performans Sonuçları

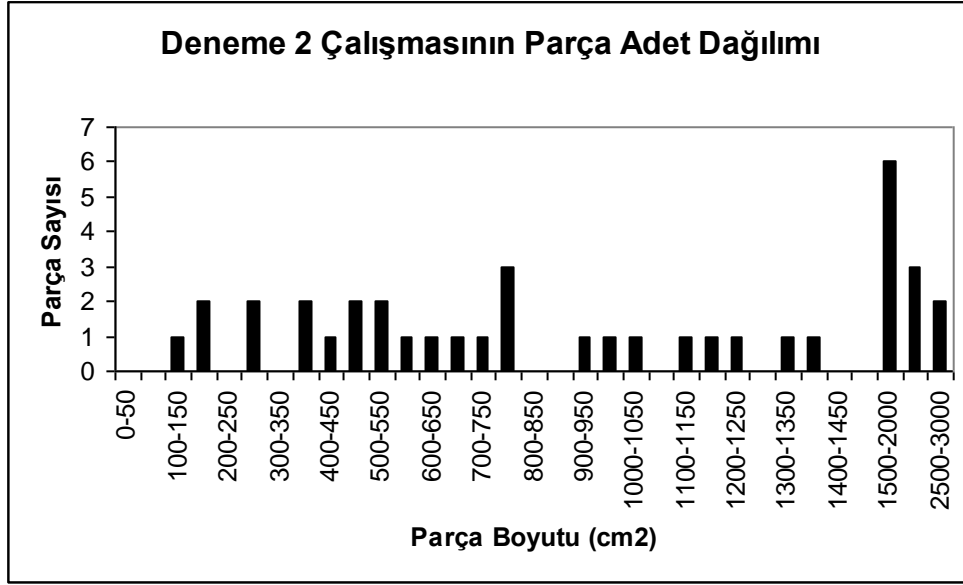
Deneme No	Kazı Süresi (sn)	Kepçe Peryodu (sn)	Kazı Kapasitesi (m ³ /h)	Beklemez Kazı Kapasitesi (m ³ /h)
1	11.00	32.62	1222	412
2	9.38	31.25	1274	382
3	8.95	30.32	1378	407
4	8.06	27.66	1430	417
5	8.00	28.20	1495	424
6	8.26	28.08	1560	459
7	7.85	28.23	1521	423

d) Parça Boyut Analizleri

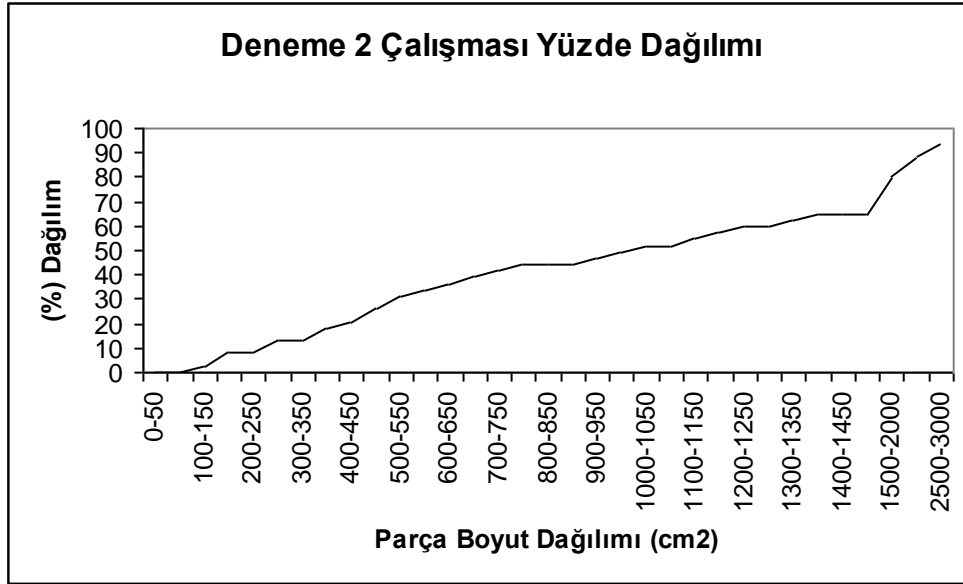
Yapılan 7 adet deneme patlatması sonucu oluşan parçaların boyut dağılımlarını belirlemek için Leica Qwin programı kullanılmıştır. Önce patlatma sonucunda oluşan yığının fotoğrafı çekilmiştir. Fotoğraf içerisinde ölçekli hedef olarak 6,84 cm. çapında iki adet top kullanılmıştır. Yığındaki parçaların hepsini ölçebilmek için, toplar yığının bir alt bir de üst kısmına konulmuştur. Her bir fotoğraf, öndeki toptan 2 m. uzaklıktan çekilmiştir. Çekilen fotoğraflar tarayıcı ile tarandıktan sonra, Leica Qwin programına aktarılmıştır. Fare yardımıyla kayaç parçaları sınırlandırılarak bölütlenmiştir. Bu yapılan işlemde en önemli kural, bölütlenen parçaların sınırlarının birbirlerine değmemesi gerekliliğidir. Bütün kayaçlar birbirlerine değmeyecek şekilde

bölütlendikten sonra, program otomatik olarak her bir boyut aralığı için tane sayısını ve tane yüzey alanlarını vermektedir.

Deneme 2-3-4-5-6-7 çalışmalarının parça boyut analizleri yapılmıştır. Bu çalışmalara ait Şekil 4.11, 4.12,4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21 ve 4.22'de verilmiştir. Ayrıca, boyut analizinin yapıldığı fotoğraf ve Leica Qwin programının çıktıları da Ek-A.2, A.4, A.6, A.8, A.10 ve A.12'de sunulmuştur.

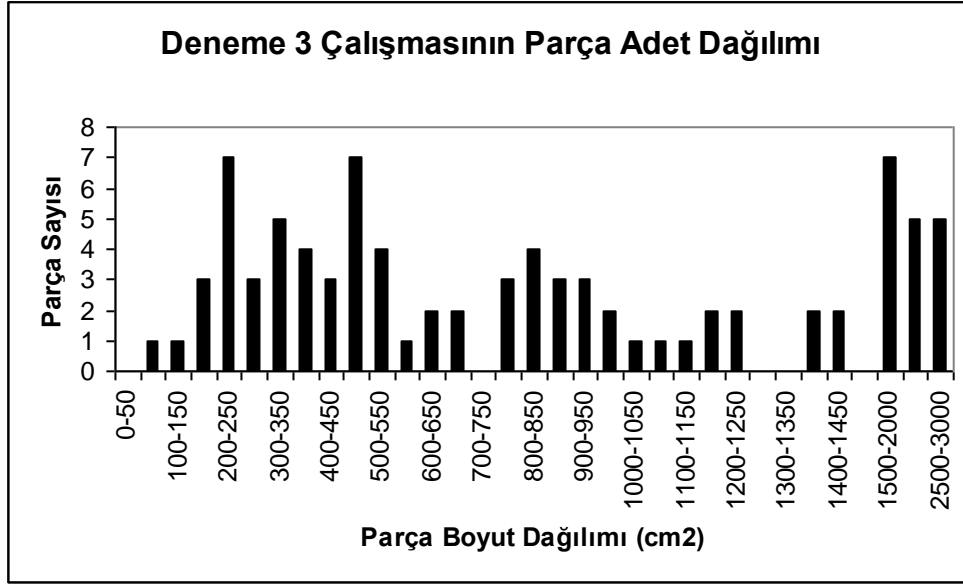


Şekil 4.11 Deneme 2 Çalışması Parça Adet Dağılımı

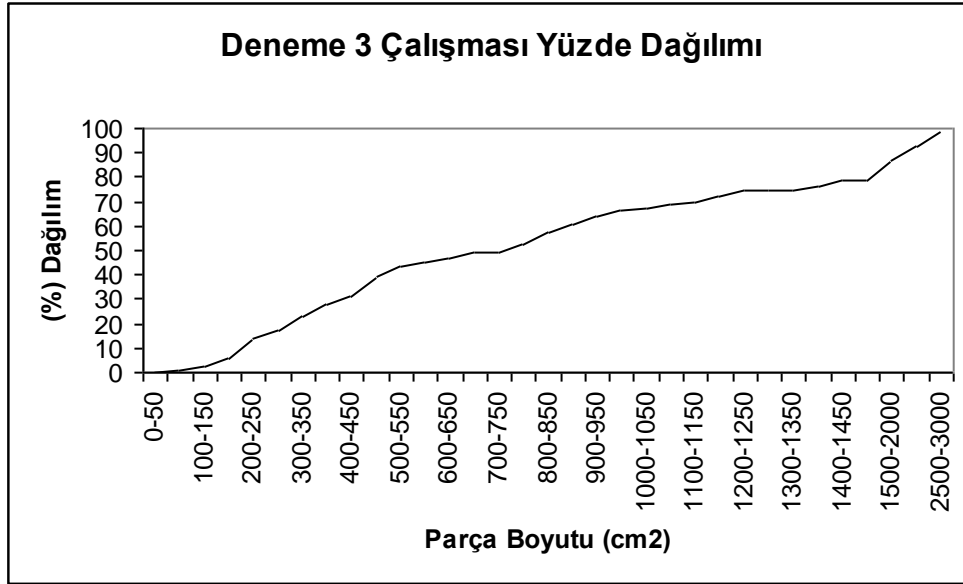


Şekil 4.12 Deneme 2 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı

Yapılan ölçüm sonuçlarında toplam 38 adet parça sayılmıştır. Bu parçaların (0-3000) cm² aralık değerlerindeki parça sayıları verilmiştir. Yapılan Deneme 2 çalışması sonucunda, % 50'sinin 967 cm²' nin altındaki parçaların oluşturduğu gözlenmiştir.

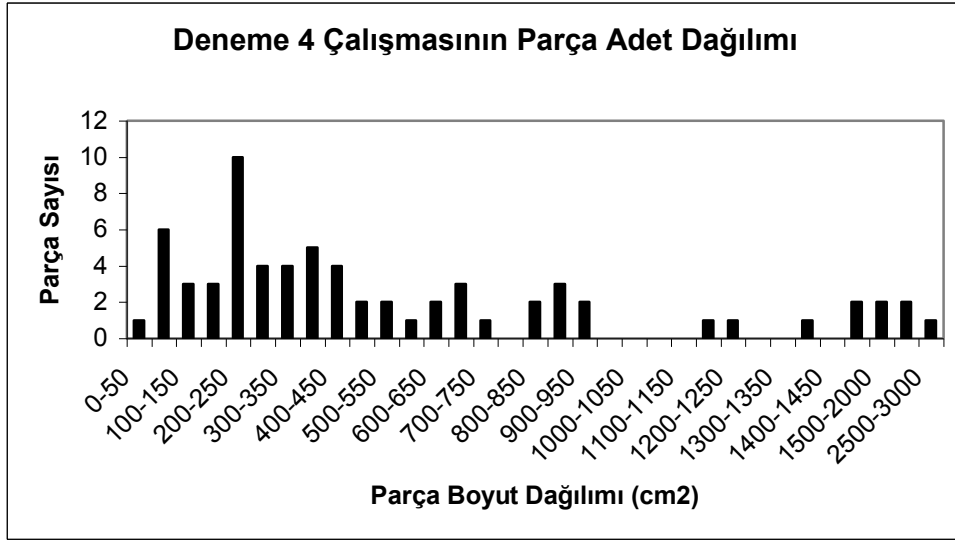


Şekil 4.13 Deneme 3 Çalışması Parça Adet Dağılımı

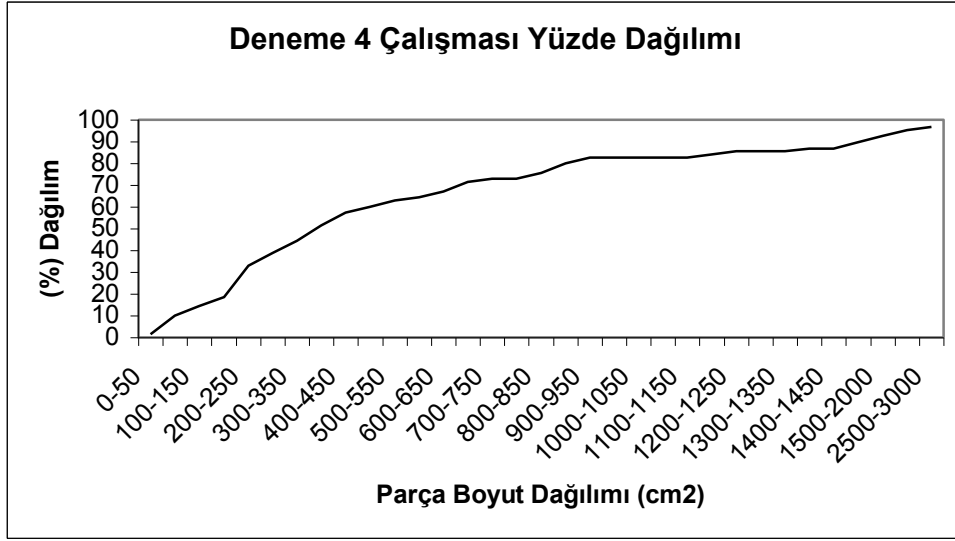


Şekil 4.14 Deneme 3 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı

Yapılan ölçüm sonuçlarında toplam 86 adet parça sayılmıştır. Bu parçaların (0-3000) cm² aralık değerlerindeki parça sayıları verilmiştir. Yapılan Deneme 3 çalışması sonucunda, % 50'sinin 725 cm²' nin altındaki parçaların oluşturduğu gözlenmiştir.

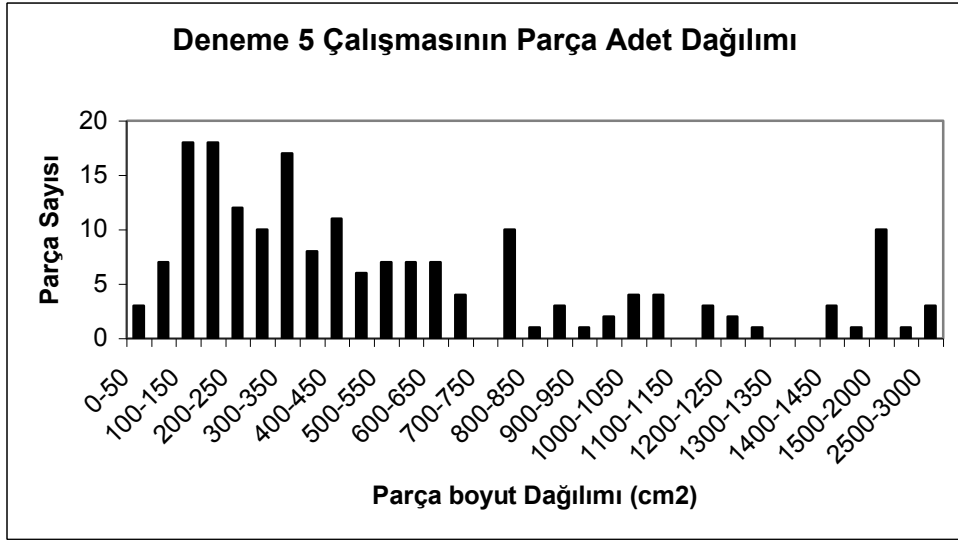


Şekil 4.15 Deneme 4 Çalışması Parça Adet Dağılımı

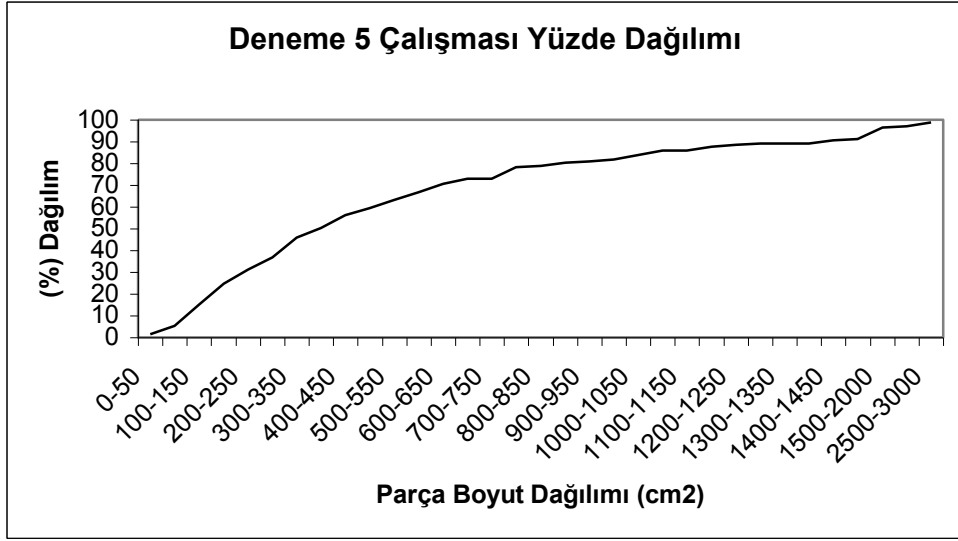


Şekil 4.16 Deneme 4 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı

Yapılan ölçüm sonuçlarında toplam 68 adet parça sayılmıştır. Bu parçaların (0-3000) cm² aralık değerlerindeki parça sayıları verilmiştir. Yapılan Deneme 4 çalışması sonucunda, % 50'sinin 350 cm²'nin altındaki parçaların oluşturduğu gözlenmiştir.

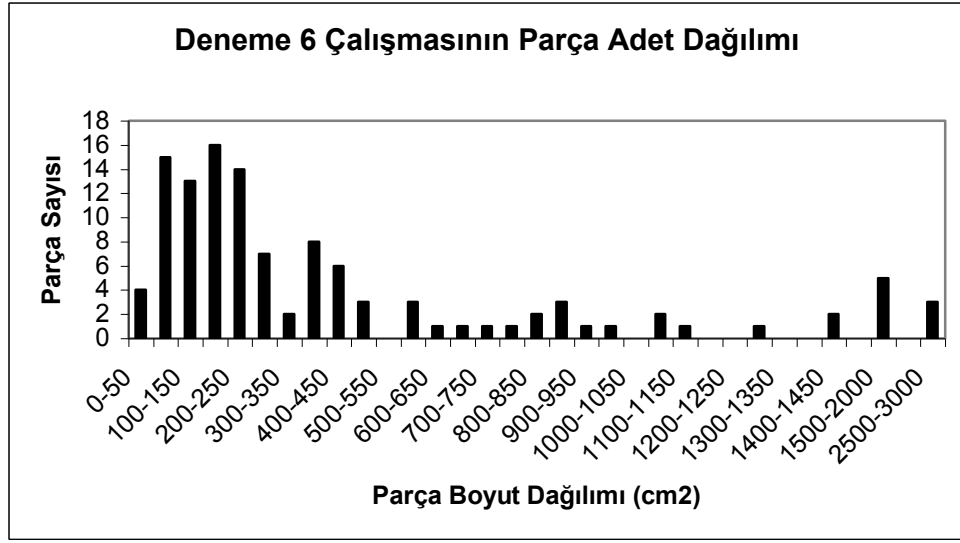


Şekil 4.17 Deneme 5 Çalışması Parça Adet Dağılımı

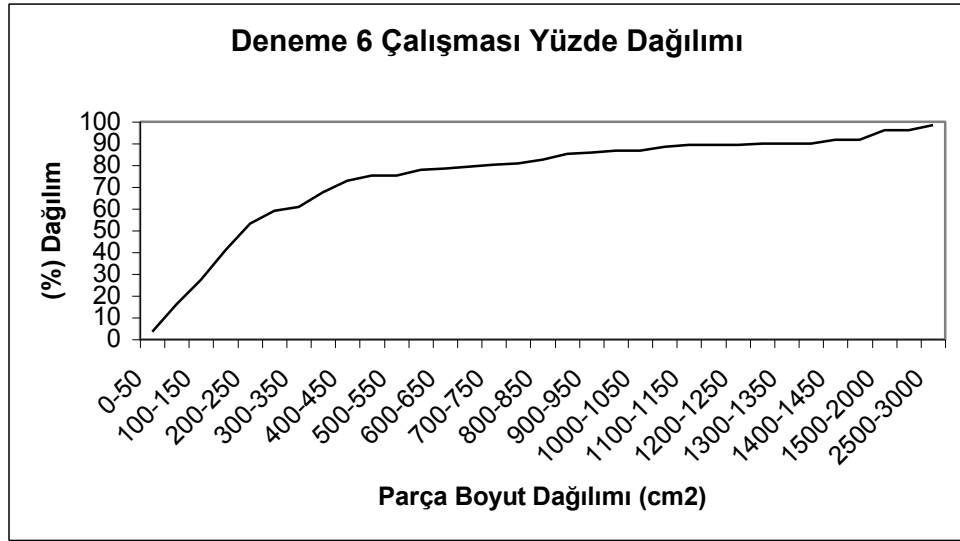


Şekil 4.18 Deneme 5 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı

Yapılan ölçüm sonuçlarında toplam 184 adet parça sayılmıştır. Bu parçaların (0-3000) cm² aralık değerlerindeki parça sayıları verilmiştir. Yapılan Deneme 5 çalışması sonucunda, % 50'sinin 367 cm²'nin altındaki parçaların oluşturduğu gözlenmiştir.

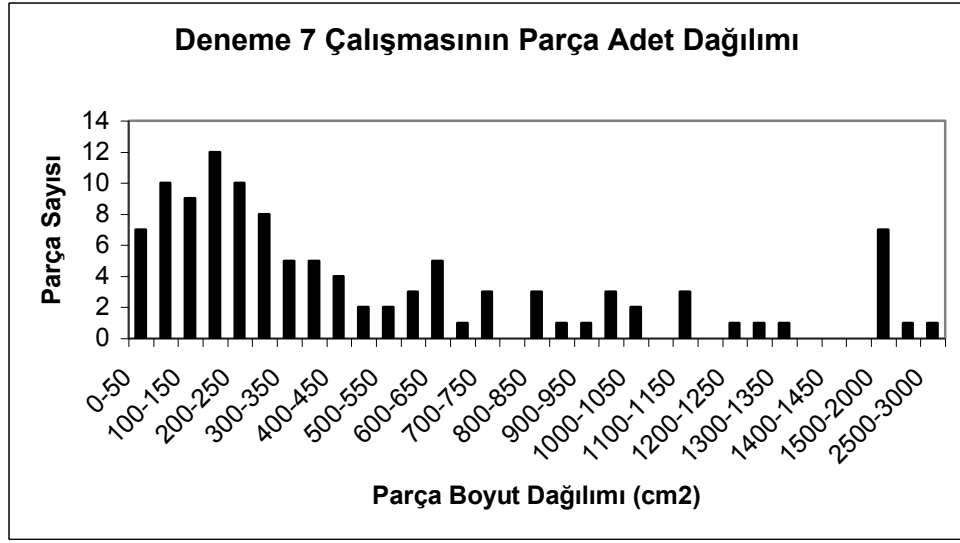


Şekil 4.19 Deneme 6 Çalışması Parça Adet Dağılımı

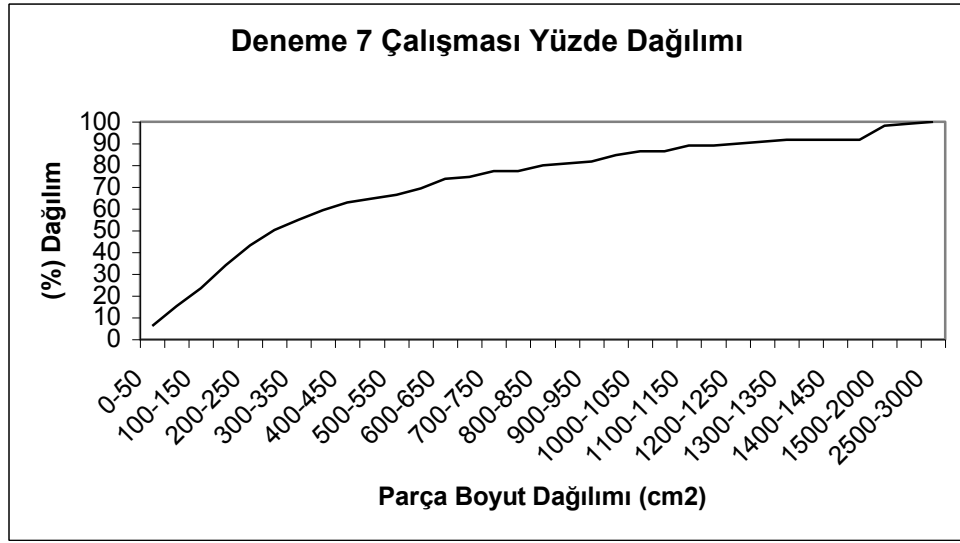


Şekil 4.20 Deneme 6 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı

Yapılan ölçüm sonuçlarında toplam 116 adet parça sayılmıştır. Bu parçaların (0-3000) cm² aralık değerlerindeki parça sayıları verilmiştir. Yapılan Deneme 6 çalışması sonucunda, % 50'sinin 217 cm²'nin altındaki parçaların oluşturduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.21 Deneme 7 Çalışması Parça Adet Dağılımı



Şekil 4.22 Deneme 7 Çalışması Parça Boyut Yüzde Dağılımı

Yapılan ölçüm sonuçlarında toplam 111 adet parça sayılmıştır. Bu parçaların (0-3000) cm² aralık değerlerindeki parça sayıları verilmiştir. Yapılan Deneme 7 çalışması sonucunda, % 50'sinin 275 cm² nin altındaki parçaların oluşturduğu gözlenmiştir.

Yukarıda yapılan parça boyut analizleri sonucunda; en ince parça boyutu Deneme 6 çalışmasında elde edildiği görülmektedir. En büyük parça boyutu ise Deneme 2 çalışmasında elde edilmiştir. Elde edilen kümülatif boyut dağılım eğrilerinden malzemenin % 50'sinin geçtiği boyut dikkate alındığında Deneme 6'nın en ince boyut dağılım verdiği görülmektedir.

4.3.2.4 Deneme Çalışmalarındaki Maliyet Analizleri

Ortalama Birim Delik Delme Maliyeti

1- Delik Delme Makine Amortismanı :

Makine Modeli : DM50 XL 900 Paletli Ingersoll-Rand

İşletmeye Giriş Fiyatı : 257547 \$

Makine Ömrü : 5 sene

Deldiği Delik Metraji : 246482 m.

Amortisman : $257547 / (5 * 246482) = 0.208$ \$/m

2- Sabit Sermaye Faizi (% 30* Makine Fiyatı) :

$$: (0.3 * 257547) / 246482 = 0.31$$
 \$/m

3- Müşterek Hisse Senedi (% 20* Makine Fiyatı) :

$$: (0.2 * 257547) / 246482 = 0.208$$
 \$/m

4- Matkap Şarjı :

Matkap Ömrü : 7249 m.

Matkap Fiyatı : 1312 \$

Matkap Şarjı : $1312 / 7249 = 0.18$ \$/m

5- Bakım Sarfıyatı (0.02* Makine Fiyatı) :

$$: (0.02*257547)/246482 = 0.02 \$/m$$

6- Yağ Sarfıyatı :

<u>Cinsi</u>	<u>Yıllık</u>	<u>Fiyatı</u>
Motor Yağı	220 (lt)	1.11 \$/lt
Şanzıman Yağı	10 (lt)	1.11 \$/lt
Hidrolik Yağı	1716 (lt)	1.037 \$/lt
Gres	20 (kg)	1.33 \$/kg

$$\text{Yağ Sarfıyatı} : 2061.392/246482 = 0.008 \$/m$$

7- Mazot Sarfıyatı :

Delik Delme Makinesinin

Mazot Sarfıyatı : 60 lt/h

Yıllık Çalışma Saati : 750 saat

1 lt Mazot Fiyatı : 0.79 \$

Mazot Şarjı : $(750*60*0.79)/246482 = 0.144 \$/m$

8- Delik Delme İşçiliği :

Delik Delmede Çalışan İşçilerin Ortalama Günlük Giderleri : 24,125 \$

Bir delik delme makinesinde 1 operatör ve bir yağcı çalışmaktadır.

İşçilik : $(24,125*2*365)/246482 = 0.071 \$/m$

Delik Delme Makine Amortismanı : 0.208 \$/m

Sabit Sermaye Faizi : 0.31 \$/m

Müşterek Hisse Senedi : 0.208 \$/m

Matkap Şarjı : 0.18 \$/m

Bakım Sarfıyatı	: 0.02 \$/m
Yağ Sarfıyatı	: 0.008 \$/m
Mazot Sarfıyatı	: 0.144 \$/m
İşçilik	: 0.071 \$/m
	+ _____
	1.149 \$/m

Yapılan Deneme Çalışmalarının Maliyet Hesapları

Deneme I

Delme Maliyeti

Delik boyu : 18 m.

Delik sayısı : 10

1 delik delme maliyeti : $1.149 \text{ \$/m} * 18 \text{ m} = 20.682 \text{ \$/delik}$

Atım sonucu delme maliyeti : $20.682 \text{ \$/delik} * 10 = 206.82 \text{ \$}$

Patlatma Maliyeti

a) Anfo miktarı : 200 kg/delik

Anfo fiyatı : 294 \$/ton \rightarrow 0.294 \$/kg

1 delikteki anfo maliyeti : $200 \text{ kg/delik} * 0.294 \text{ \$/kg} = 58.8 \text{ \$/delik}$

10 delikteki anfo maliyeti : $58.8 \text{ \$/delik} * 10 = 588 \text{ \$}$

b) Yemleme miktarı : 3 kg/delik

Yemleme fiyatı : 1465 \$/ton \rightarrow 1.465 \$/kg

1 delikteki yemleme maliyeti : $3 \text{ kg/delik} * 1.465 \text{ \$/delik} = 4.395 \text{ \$/delik}$

10 adet delikteki yemleme maliyeti : $4.395 \text{ \$/delik} * 10 = 43.95 \text{ \$}$

c) İnfilaklı fitil : 260 m.

İnfilaklı fitil fiyatı : 0.159 \$/m

Toplam fiyat : 260 m.* 0.159 \$/m = 41.34 \$

d) Elektrikli kapsül : 1 adet

Elektrikli kapsül fiyatı : 0.432 \$/adet

Elektrikli kapsül maliyeti : 0.432 \$

e) Gecikme rölesi : 4 adet

Gecikme rölesi fiyatı : 2.14 \$/adet

Gecikme rölesi maliyeti : 4* 2.14 \$/adet = 8.56 \$

f) İşçilik :

Bir atım için: 1 adet çavuş, 7 adet barutçu, 1 şoför yer almaktadır. Toplam 9 işçi patlatma işi için çalışmaktadır.

Ortalama işçilik : $(24,125 * 9 * 365)/246482 = 0,321$ \$/m

Bir delik delme işçilik maliyeti : 0.321 \$/m * 18 = 5.778 \$/delik

10 adet delik delme işçilik maliyeti : 5.778 \$/delik * 10 = 57.78 \$

Birincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Delme maliyeti : 206.82 \$

Patlatma maliyeti : 740.067 \$

+ _____

946.887 \$

İkincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Deneme 1'de ikincil atım yapmaya ihtiyaç vardır. Buradan gelen ilave maliyet aşağıda hesaplanmaktadır.

İkincil Atımda Delme Maliyeti

Delik boyu : 18 m.

Delik sayısı : 4

1 delik delme maliyeti : $1.149 \text{ \$/m} * 18 \text{ m} = 20.682 \text{ \$/delik}$

Atım sonucu delme maliyeti : $20.682 \text{ \$/delik} * 4 = 82.728 \text{ \$}$

İkincil Atımda Patlatma Maliyeti

a) Anfo miktarı : 200 kg/delik

Anfo fiyatı : $294 \text{ \$/ton} \rightarrow 0.294 \text{ \$/kg}$

1 delikteki anfo maliyeti : $200 \text{ kg/delik} * 0.294 \text{ \$/kg} = 58.8 \text{ \$/delik}$

10 delikteki anfo maliyeti : $58.8 \text{ \$/delik} * 4 = 235.2 \text{ \$}$

b) Yemleme miktarı : 3 kg/delik

Yemleme fiyatı : $1465 \text{ \$/ton} \rightarrow 1.465 \text{ \$/kg}$

1 delikteki yemleme maliyeti : $3 \text{ kg/delik} * 1.465 \text{ \$/delik} = 4.395 \text{ \$/delik}$

4 delikteki yemleme maliyeti : $4.395 \text{ \$/delik} * 4 = 17.58 \text{ \$}$

c) İnfilaklı fitil : 75 m.

İnfilaklı fitil fiyatı : $0.159 \text{ \$/m}$

Toplam fiyat : $75 \text{ m.} * 0.159 \text{ \$/m} = 11.925 \text{ \$}$

d) Elektrikli kapsül : 1 adet

Elektrikli kapsül fiyatı : $0.432 \text{ \$/adet}$

Elektrikli kapsül maliyeti : $0.432 \text{ \$}$

f) İşçilik :

Bir atım için: 1 adet çavuş, 7 adet barutçu, 1 şoför yer almaktadır. Toplam 9 işçi patlatma işi için çalışmaktadır.

Ortalama işçilik : $(24,125 * 9 * 365)/246482 = 0,321 \text{ \$/m}$

Bir delik delme işçilik maliyeti : $0.321 \text{ \$/m} * 18 = 5.778 \text{ \$/delik}$

4 adet delik delme işçilik maliyeti : $5.778 \text{ \$/delik} * 4 = 23.112 \text{ \$}$

İkincil Atımda Toplam Delme-Patlatma Maliyeti

Delme maliyeti : 82.728 \$

Patlatma maliyeti : 288.249 \$

+ _____

370.977 \$

Toplam Yapılan İşler ve Maliyetleri

1 delikten alınan malzeme : $7*9*16 = 1008 \text{ m}^3$

10 delikten alınan malzeme : $10 * 1008 = 10080 \text{ m}^3$

Deneme I birim delme maliyeti : $289.548 \text{ \$} / 10080 \text{ m}^3 = 0.028 \text{ \$/m}^3$

Deneme I birim patlatma maliyeti : $1028.316 \text{ \$} / 10080 \text{ m}^3 = 0.102 \text{ \$/m}^3$

Toplam Delme-patlatma maliyeti : $946.887 + 370.977 = 1317.864 \text{ \$}$

Deneme I birim delme-patlatma maliyeti : $1317.864 \text{ \$} / 10080 \text{ m}^3 = 0.13 \text{ \$/m}^3$

Deneme II

Delme Maliyeti

Delik boyu : 18 m.

Delik sayısı : 10

1 delik delme maliyeti : $1.149 \text{ \$/m} * 18 \text{ m} = 20.682 \text{ \$/delik}$

Atım sonucu delme maliyeti : $20.682 \text{ \$/delik} * 10 = 206.82 \text{ \$}$

Patlatma Maliyeti

a) Anfo miktarı : 200 kg/delik

Anfo fiyatı : 294 \$/ton \rightarrow 0.294 \$/kg

1 delikteki anfo maliyeti : 200 kg/delik * 0.294 \$/kg = 58.8 \$/delik

10 delikteki anfo maliyeti : 58.8 \$/delik * 10 = 588 \$

b) Yemleme miktarı : 3 kg/delik

Yemleme fiyatı : 1465 \$/ton \rightarrow 1.465 \$/kg

1 delikteki yemleme maliyeti : 3 kg/delik * 1.465 \$/delik = 4.395 \$/delik

10 adet delikteki yemleme maliyeti : 4.395 \$/delik * 10 = 43.95 \$

c) İnfilaklı fitil : 260 m.

İnfilaklı fitil fiyatı : 0.159 \$/m

Toplam fiyat : 260 m.* 0.159 \$/m = 41.34 \$

d) Elektrikli kapsül : 1 adet

Elektrikli kapsül fiyatı : 0.432 \$/adet

Elektrikli kapsül maliyeti : 0.432 \$

e) Gecikme rölesi : 4 adet

Gecikme rölesi fiyatı : 2.14 \$/adet

Gecikme rölesi maliyeti : 4* 2.14 \$/adet = 8.56 \$

f) İşçilik :

Bir atım için: 1 adet çavuş, 7 adet barutçu, 1 şoför yer almaktadır. Toplam 9 işçi patlatma işi için çalışmaktadır.

Ortalama işçilik : $(24,125 * 9 * 365)/246482 = 0,321$ \$/m

Bir delik patlatma işçilik maliyeti : 0.321 \$/m * 18 = 5.778 \$/delik

10 adet delik patlatma işçilik maliyeti : 5.778 \$/delik * 10 = 57.78 \$

Birincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Delme maliyeti : 206.82 \$

Patlatma maliyeti : 740.067 \$

+ _____

946.887 \$

İkincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Deneme 2’de ikincil atım yapılması gerekmemektedir.

Toplam Yapılan İşler ve Maliyetleri

1 delikten alınan malzeme : $7 * 9 * 16 = 1008 \text{ m}^3$

10 delikten alınan malzeme : $1008 \text{ m}^3 * 10 = 10080 \text{ m}^3$

Birim Deneme II delme maliyeti : $206.82 \$ / 10080 \text{ m}^3 = 0.0205 \text{ \$/m}^3$

Birim Deneme II patlatma maliyeti : $740.067 \$ / 10080 \text{ m}^3 = 0.0734 \text{ \$/m}^3$

Birim Deneme II delme-patlatma maliyeti : $946.887 \$ / 10080 \text{ m}^3 = 0.093 \text{ \$/m}^3$

Deneme III

Delme Maliyeti

Delik boyu : 18 m.

Delik sayısı : 10

1 delik delme maliyeti : $1.149 \text{ \$/m} * 18 \text{ m} = 20.682 \text{ \$/delik}$

Atım sonucu delme maliyeti : $20.682 \text{ \$/delik} * 10 = 206.82 \$$

Patlatma Maliyeti

a) Anfo miktarı : 200 kg/delik

Anfo fiyatı : 294 \$/ton \rightarrow 0.294 \$/kg

1 delikteki anfo maliyeti : 200 kg/delik * 0.294 \$/kg = 58.8 \$/delik

10 delikteki anfo maliyeti : 58.8 \$/delik * 10 = 588 \$

b) Yemleme miktarı : 3 kg/delik

Yemleme fiyatı : 1465 \$/ton \rightarrow 1.465 \$/kg

1 delikteki yemleme maliyeti : 3 kg/delik * 1.465 \$/delik = 4.395 \$/delik

10 adet delikteki yemleme maliyeti : 4.395 \$/delik * 10 = 43.95 \$

c) İnfilaklı fitil : 260 m.

İnfilaklı fitil fiyatı : 0.159 \$/m

Toplam fiyat : 260 m.* 0.159 \$/m = 41.34 \$

d) Elektrikli kapsül : 1 adet

Elektrikli kapsül fiyatı : 0.432 \$/adet

Elektrikli kapsül maliyeti : 0.432 \$

e) Gecikme rölesi : 3 adet

Gecikme rölesi fiyatı : 2.14 \$/adet

Gecikme rölesi maliyeti : 3* 2.14 \$/adet = 6.42 \$

f) İşçilik :

Bir atım için: 1 adet çavuş, 7 adet barutçu, 1 şoför yer almaktadır. Toplam 9 işçi patlatma işi için çalışmaktadır.

Ortalama işçilik : $(24,125 * 9 * 365)/246482 = 0,321$ \$/m

Bir delik patlatma işçilik maliyeti : 0.321 \$/m * 18 = 5.778 \$/delik

10 adet delik patlatma işçilik maliyeti : 5.778 \$/delik * 10 = 57.78 \$

Birincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Delme maliyeti : 206.82 \$

Patlatma maliyeti : 737.922 \$

+ _____

944.742 \$

İkincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Deneme 3'de ikincil atım yapılması gerekmemektedir.

Toplam Yapılan İşler ve Maliyetleri

1 delikten alınan malzeme : $6.5 * 9 * 16 = 936 \text{ m}^3$

10 delikten alınan malzeme : $936 \text{ m}^3 * 10 = 9360 \text{ m}^3$

Birim Deneme III delme maliyeti : $206.82 \$ / 9360 \text{ m}^3 = 0.022 \text{ \$/m}^3$

Birim Deneme III patlatma maliyeti : $737.922 \$ / 9360 \text{ m}^3 = 0.076 \text{ \$/m}^3$

Birim Deneme III delme-patlatma maliyeti : $944.742 \$ / 9360 \text{ m}^3 = 0.1009 \text{ \$/m}^3$

Deneme IV

Delme Maliyeti

Delik boyu : 17.5 m.

Delik sayısı : 10

1 delik delme maliyeti : $1.149 \text{ \$/m} * 17.5 \text{ m} = 20.107 \text{ \$/delik}$

Atım sonucu delme maliyeti : $20.107 \text{ \$/delik} * 10 = 201.075 \$$

Patlatma Maliyeti

a) Anfo miktarı : 200 kg/delik

Anfo fiyatı : 294 \$/ton \rightarrow 0.294 \$/kg

1 delikteki anfo maliyeti : 200 kg/delik * 0.294 \$/kg = 58.8 \$/delik

10 delikteki anfo maliyeti : 58.8 \$/delik * 10 = 588 \$

b) Yemleme miktarı : 3 kg/delik

Yemleme fiyatı : 1465 \$/ton \rightarrow 1.465 \$/kg

1 delikteki yemleme maliyeti : 3 kg/delik * 1.465 \$/delik = 4.395 \$/delik

10 adet delikteki yemleme maliyeti : 4.395 \$/delik * 10 = 43.95 \$

c) İnfilaklı fitil : 250 m.

İnfilaklı fitil fiyatı : 0.159 \$/m

Toplam fiyat : 250 m.* 0.159 \$/m = 39.75 \$

d) Elektrikli kapsül : 1 adet

Elektrikli kapsül fiyatı : 0.432 \$/adet

Elektrikli kapsül maliyeti : 0.432 \$

e) Gecikme rölesi : 3 adet

Gecikme rölesi fiyatı : 2.14 \$/adet

Gecikme rölesi maliyeti : 3* 2.14 \$/adet = 6.42 \$

f) İşçilik :

Bir atım için: 1 adet çavuş, 7 adet barutçu, 1 şoför yer almaktadır. Toplam 9 işçi patlatma işi için çalışmaktadır.

Ortalama işçilik : $(24,125 * 9 * 365)/246482 = 0,321$ \$/m

Bir delik patlatma işçilik maliyeti : 0.321 \$/m * 17.5 = 5.6175 \$/delik

10 adet delik patlatma işçilik maliyeti : 5.6175 \$/delik * 10 = 56.175 \$

Birincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Delme maliyeti : 201.075 \$

Patlatma maliyeti : 734.727 \$

+ _____

935.802 \$

İkincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Deneme 4' de ikincil atım yapılması gerekmemektedir.

Toplam Yapılan İşler ve Maliyetleri

1 delikten alınan malzeme : $6.5 * 8.5 * 16 = 884 \text{ m}^3$

10 delikten alınan malzeme : $884 \text{ m}^3 * 10 = 8840 \text{ m}^3$

Birim Deneme IV delme maliyeti : $201.075 \$ / 8840 \text{ m}^3 = 0.0227 \text{ \$/m}^3$

Birim Deneme IV patlatma maliyeti : $734.727 \$ / 8840 \text{ m}^3 = 0.0831 \text{ \$/m}^3$

Birim Deneme IV delme-patlatma maliyeti : $935.802 \$ / 8840 \text{ m}^3 = 0.1058 \text{ \$/m}^3$

Deneme V

Delme Maliyeti

Delik boyu : 17 m.

Delik sayısı : 10

1 delik delme maliyeti : $1.149 \text{ \$/m} * 17 \text{ m} = 19.553 \text{ \$/delik}$

Atım sonucu delme maliyeti : $19.553 \text{ \$/delik} * 10 = 195.53 \$$

Patlatma Maliyeti

a) Anfo miktarı : 200 kg/delik

Anfo fiyatı : 294 \$/ton → 0.294 \$/kg

1 delikteki anfo maliyeti : 200 kg/delik * 0.294 \$/kg = 58.8 \$/delik

10 delikteki anfo maliyeti : 58.8 \$/delik * 10 = 588 \$

b) Yemleme miktarı : 3 kg/delik

Yemleme fiyatı : 1465 \$/ton → 1.465 \$/kg

1 delikteki yemleme maliyeti : 3 kg/delik * 1.465 \$/delik = 4.395 \$/delik

10 adet delikteki yemleme maliyeti : 4.395 \$/delik * 10 = 43.95 \$

c) İnfilaklı fitil : 245 m.

İnfilaklı fitil fiyatı : 0.159 \$/m

Toplam fiyat : 245 m.* 0.159 \$/m = 38.95 \$

d) Elektrikli kapsül : 1 adet

Elektrikli kapsül fiyatı : 0.432 \$/adet

Elektrikli kapsül maliyeti : 0.432 \$

e) Gecikme rölesi : 3 adet

Gecikme rölesi fiyatı : 2.14 \$/adet

Gecikme rölesi maliyeti : 3* 2.14 \$/adet = 6.42 \$

f) İşçilik :

Bir atım için: 1 adet çavuş, 7 adet barutçu, 1 şoför yer almaktadır. Toplam 9 işçi patlatma işi için çalışmaktadır.

Ortalama işçilik : $(24,125 * 9 * 365)/246482 = 0,321$ \$/m

Bir delik patlatma işçilik maliyeti : 0.321 \$/m * 17 = 5.457 \$/delik

10 adet delik patlatma işçilik maliyeti : 5.457 \$/delik * 10 = 54.57 \$

Birincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Delme maliyeti : 195.53 \$

Patlatma maliyeti : 732.322 \$

+ _____

927.852 \$

İkincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Deneme 5’de ikincil atım yapılması gerekmemektedir.

Toplam Yapılan İşler ve Maliyetleri

1 delikten alınan malzeme : $6.5 * 8 * 16 = 832 \text{ m}^3$

10 delikten alınan malzeme : $832 \text{ m}^3 * 10 = 8320 \text{ m}^3$

Birim Deneme V delme maliyeti : $195.53 \$ / 8320 \text{ m}^3 = 0.0235 \$/\text{m}^3$

Birim Deneme V patlatma maliyeti : $732.322 \$ / 8320 \text{ m}^3 = 0.088 \$/\text{m}^3$

Birim Deneme V delme-patlatma maliyeti : $927.852 \$ / 8320 \text{ m}^3 = 0.111 \$/\text{m}^3$

Deneme VI

Delme Maliyeti

Delik boyu : 17 m.

Delik sayısı : 10

1 delik delme maliyeti : $1.149 \$/\text{m} * 17 \text{ m} = 19.553 \$/\text{delik}$

Atım sonucu delme maliyeti : $19.553 \$/\text{delik} * 10 = 195.53 \$$

Patlatma Maliyeti

a) Anfo miktarı : 200 kg/delik

Anfo fiyatı : 294 \$/ton \rightarrow 0.294 \$/kg

1 delikteki anfo maliyeti : 200 kg/delik * 0.294 \$/kg = 58.8 \$/delik

10 delikteki anfo maliyeti : 58.8 \$/delik * 10 = 588 \$

b) Yemleme miktarı : 3 kg/delik

Yemleme fiyatı : 1465 \$/ton \rightarrow 1.465 \$/kg

1 delikteki yemleme maliyeti : 3 kg/delik * 1.465 \$/delik = 4.395 \$/delik

10 adet delikteki yemleme maliyeti : 4.395 \$/delik * 10 = 43.95 \$

c) İnfilaklı fitil : 240 m.

İnfilaklı fitil fiyatı : 0.159 \$/m

Toplam fiyat : 240 m.* 0.159 \$/m = 38.16 \$

d) Elektrikli kapsül : 1 adet

Elektrikli kapsül fiyatı : 0.432 \$/adet

Elektrikli kapsül maliyeti : 0.432 \$

e) Gecikme rölesi : 2 adet

Gecikme rölesi fiyatı : 2.14 \$/adet

Gecikme rölesi maliyeti : 2* 2.14 \$/adet = 4.28 \$

f) İşçilik :

Bir atım için: 1 adet çavuş, 7 adet barutçu, 1 şoför yer almaktadır. Toplam 9 işçi patlatma işi için çalışmaktadır.

Ortalama işçilik : $(24,125 * 9 * 365)/246482 = 0,321$ \$/m

Bir delik patlatma işçilik maliyeti : 0.321 \$/m * 17 = 5.457 \$/delik

10 adet delik patlatma işçilik maliyeti : 5.457 \$/delik * 10 = 54.57 \$

Birincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Delme maliyeti : 195.53 \$

Patlatma maliyeti : 729.392 \$

+ _____

924.922 \$

İkincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Deneme 6' de ikincil atım yapılması gerekmemektedir.

Toplam Yapılan İşler ve Maliyetleri

1 delikten alınan malzeme : $6.5 * 7.5 * 16 = 780 \text{ m}^3$

10 delikten alınan malzeme : $780 \text{ m}^3 * 10 = 7800 \text{ m}^3$

Birim Deneme VI delme maliyeti : $195.53 \$ / 7800 \text{ m}^3 = 0.025 \text{ \$/m}^3$

Birim Deneme VI patlatma maliyeti : $729.392 \$ / 7800 \text{ m}^3 = 0.0935 \text{ \$/m}^3$

Birim Deneme VI delme-patlatma maliyeti : $924.922 \$ / 7800 \text{ m}^3 = 0.118 \text{ \$/m}^3$

Deneme VII

Delme Maliyeti

Delik boyu : 18 m

Delik sayısı : 10

1 delik delme maliyeti : $1.149 \text{ \$/m} * 18 \text{ m} = 20.682 \text{ \$/delik}$

Atım sonucu delme maliyeti : $20.682 \text{ \$/delik} * 10 = 206.82 \$$

Patlatma Maliyeti

a) Anfo miktarı : 200 kg/delik

Anfo fiyatı : 294 \$/ton \rightarrow 0.294 \$/kg

1 delikteki anfo maliyeti : 200 kg/delik * 0.294 \$/kg = 58.8 \$/delik

10 delikteki anfo maliyeti : 58.8 \$/delik * 10 = 588 \$

b) Yemleme miktarı : 3 kg/delik

Yemleme fiyatı : 1465 \$/ton \rightarrow 1.465 \$/kg

1 delikteki yemleme maliyeti : 3 kg/delik * 1.465 \$/delik = 4.395 \$/delik

10 adet delikteki yemleme maliyeti : 4.395 \$/delik * 10 = 43.95 \$

c) İnfilaklı fitil : 260 m.

İnfilaklı fitil fiyatı : 0.159 \$/m

Toplam fiyat : 260 m. * 0.159 \$/m = 41.34 \$

d) Elektrikli kapsül : 1 adet

Elektrikli kapsül fiyatı : 0.432 \$/adet

Elektrikli kapsül maliyeti : 0.432 \$

e) Gecikme Rölesi : 2 adet

Gecikme rölesi fiyatı : 2.14 \$/adet

Gecikme rölesi maliyeti : 2* 2.14 \$/adet = 4.28 \$

f) İşçilik :

Bir atım için: 1 adet çavuş, 7 adet barutçu, 1 şoför yer almaktadır. Toplam 9 işçi patlatma işi için çalışmaktadır.

Ortalama işçilik : $(24,125 * 9 * 365)/246482 = 0,321$ \$/m

Bir delik patlatma işçilik maliyeti : 0.321 \$/m * 18 = 5.778 \$/delik

10 adet delik patlatma işçilik maliyeti : 5.778 \$/delik * 10 = 57.78 \$

Birincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Delme maliyeti : 206.82 \$

Patlatma maliyeti : 735.782 \$

+ _____

942.602 \$

İkincil Atımda Delme-Patlatma Maliyeti

Deneme 7'de ikincil atım yapılması gerekmemektedir.

Toplam Yapılan İşler ve Maliyetleri

1 delikten alınan malzeme : $6 * 9 * 16 = 864 \text{ m}^3$

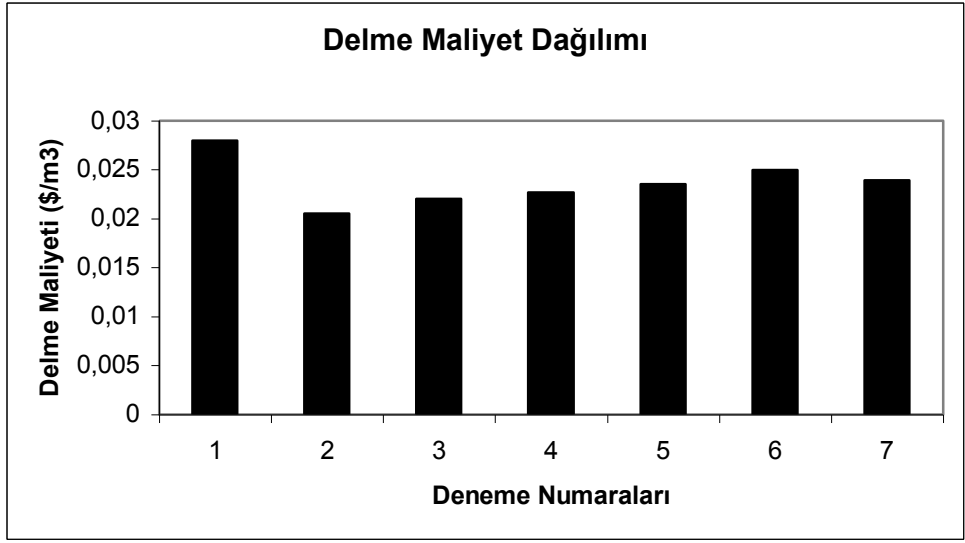
10 delikten alınan malzeme : $864 * 10 = 8640 \text{ m}^3$

Birim Deneme VII delme maliyeti : $206.82 \$ / 8640 \text{ m}^3 = 0.0239 \text{ \$/m}^3$

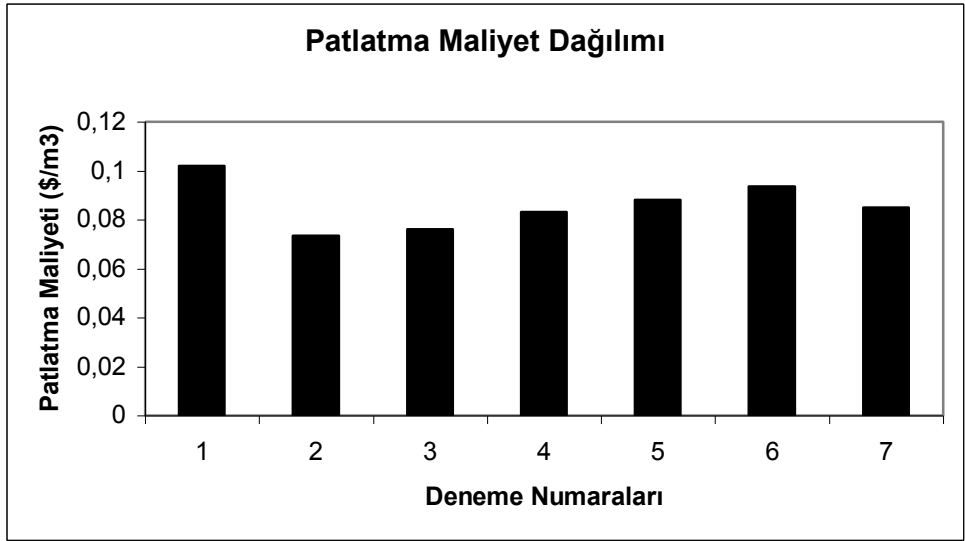
Birim Deneme VII patlatma maliyeti : $735.782 \$ / 8640 \text{ m}^3 = 0.085 \text{ \$/m}^3$

Birim Deneme VII delme-patlatma maliyeti : $942.602 \$ / 8640 \text{ m}^3 = 0.109 \text{ \$/m}^3$

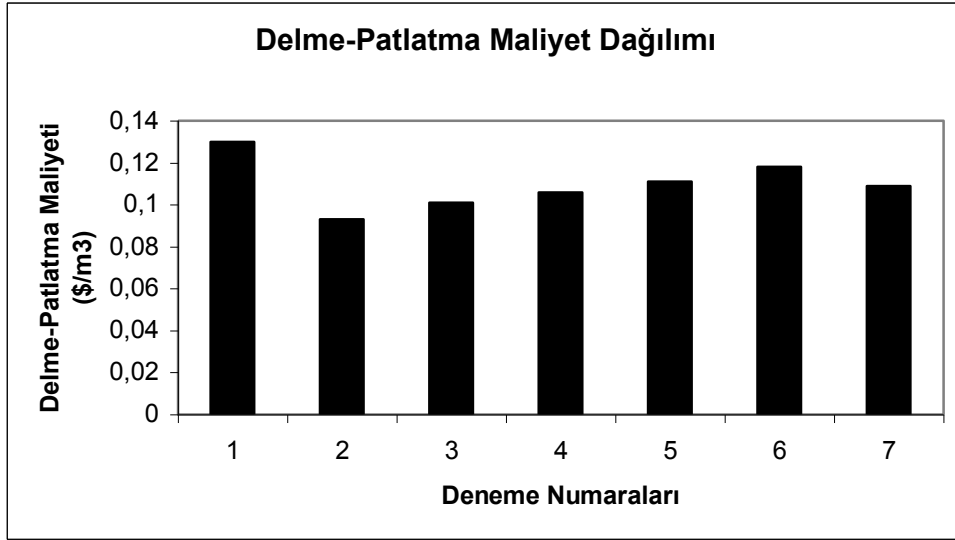
Şekil 4.23'de yapılan deneme çalışmaları sonucunda birim delme maliyet dağılımı görülmektedir. Şekil 4.24'de yapılan deneme çalışmaları sonucunda birim patlatma maliyet dağılımı görülmektedir. Şekil 4.25'de yapılan deneme çalışmaları sonucunda birim delme-patlatma maliyet dağılımı görülmektedir.



Şekil 4.23 Birim Delme Maliyet Dağılımı



Şekil 4.24 Birim Patlatma Maliyet Dağılımı



Şekil 4.25 Birim Delme-Patlatma Maliyet Dağılımı

Maliyet analizleri sonucunda, sadece Deneme 1’de ikincil atıma ihtiyaç duyulduğundan delme ve patlatma maliyeti en yüksek değere ulaşmıştır. Deneme 2’den sonra yapılan bütün denemelerde dilim kalınlığı ve delikler arası mesafe gittikçe kısaldığından, yapılan atım başına elde edilen yığın miktarı azaldığı için şekilde de görüldüğü gibi delme-patlatma maliyetlerinde artış gözlenmiştir.

BÖLÜM 5

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada öncelikli olarak delme-patlatma sistemleri incelenerek etkili olan parametrelerin tespiti yapılmıştır. Buna müteakip, delme-patlatmada etkili olan parametrelerin, optimum tasarım yapılabilmesi için tespit edilmesinde kullanılan analitik literatür bilgileri irdelenerek bu çalışmada sunulmuştur. Ayrıca, delme-patlatma performansının incelenmesinde kullanılan yöntemler incelenmiştir.

Yapılan literatür çalışmalarından sonra, Garp Linyitleri İşletme'sinde (G.L.İ.) çalışmalar yapılarak, mevcut uygulamada olan delme-patlatma yöntemi analiz edilmiş ve iyileştirme amacıyla analitik çalışmalar ışığında yerinde deneme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla çalışma yapılan sahaya ait formasyonların jeomekanik özellikleri belirlenmiştir.

İşletmede yapılan çalışmaların ilk adımında, mevcut delme-patlatma tasarım parametreleri korunarak yapılan işlemlerin yerinde gözlemi ve sonuçların analizi gerçekleştirilmiştir. Delme-patlatma tasarımında planlanan çalışmalarda belirtilen delik koordinatlarına tam riayet edilmediği, bazı deliklerin koordinatlarından saptığı görülmüştür. Ayrıca, patlatma sonrası aynanın önünün açılmadığı yani patlatılan kısım alınmadan arka kısımda delme-patlatma işlemlerine devam edilmektedir. Yerinde yapılan bu gözlemlerde, aynanın önündeki malzemenin zamanında boşaltılmaması nedeniyle arkada yapılan patlatmanın verimli olarak gerçekleşmediği tespit edilmiştir. Arka kısımda parçalanma tam gerçekleşmemekte ve yalnızca kabarma (gevşetme) oluşmaktadır (Deneme 1). Bu durumda patar oluşumu nedeniyle ikincil atımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu mahsurlu durumu gidermek için, işletmede organizasyonun iyileştirilerek, patlatma sonrası oluşan yığın ekskavatör ile kazılıp nakliyatın yapılmasını takiben aynı delme-patlatma tasarım parametrelerinin daha hassas olarak uygulanması sağlanarak bir deneme patlatması yapılmıştır (Deneme 2). Bu patlatma sonucunda işletmede mevcut

organizasyonda oluşan patar problemi ortadan kalkmış ve ikincil atımlara gerek kalmadığı görülmüştür. Ancak, ekskavatör yükleme performans analizinde düşük bir performans ve parça boyut analizinde de d_{50} 'nin 967 cm^2 olduğu bulunmuştur.

Bu nedenle, literatürde önerilen formüller kullanılarak bu sahaya ait delme-patlatma ön tasarım modelleri oluşturulmuştur. Ön tasarım modelleri sahada denenerek elde edilen sonuçlar; patar sayım yöntemi, ikincil atımlarda patlayıcı tüketimi, ekskavatör yükleme performans analizi ve parça boyut analizi yapılarak kıyaslanmıştır. Deneme 3, 4, 5, 6 ve 7'de patar oluşmamış ve ikincil atım gerekmemesi nedeniyle yalnızca ekskavatör yükleme performans analizi ve fotoğraflama tekniği ile parça boyut analizi metodu uygulanmıştır.

Hesaplanan tasarım modellerinde dilim kalınlığının işletmede mevcut olan 7 m. yerine, 6.5 ve 6 m. olması durumu; delikler arası mesafenin işletmede mevcut olan 9 m. yerine, 8.5, 8 ve 7.5 m. olması durumu; sıralar arası gecikme süresinin işletmede mevcut olan 200 ms. yerine, 150 ve 100 ms. olması durumu ve son olarak da delik taban payının işletmede mevcut olan 2 m. yerine, 1.5 ve 1 m. olması durumları denemelerde test edilmiştir.

Deneme 6 çalışması olan; dilim kalınlığının 6.5 m., delikler arası mesafenin 7.5 m., sıralar arası gecikme süresinin 100 ms. ve delik taban payının 1 m. olması durumunda ekskavatör yükleme performans analizinde $1560 \text{ m}^3/\text{h}$ ile en iyi performans ve aynı paralelde $d_{50} = 217 \text{ cm}^2$ ile parça boyut analizinde en iyi parçalanma sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Ancak, yapılan delme-patlatma maliyet analizlerinde Deneme 6 en yüksek ikinci maliyet değerine sahip olduğu görülmüştür.

Optimum durum tespiti daha sonraki kazı-yükleme ve nakliyat maliyet analizleri ile birlikte değerlendirilmelidir ve daha kapsamlı delme-patlatma tasarım çalışmalarının yapılarak bu bulguların desteklenmesi gereklidir.

KAYNAKLAR

- [1] **Alpsar, M.** 2002. Madencilikte Patlatma, Madencilik Bülteni Yayını, Ankara
- [2] **Arioğlu, E. ve Yılmaz, A.O.** 2001. Pratik Madencilik Problemleri, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [3] **Arioğlu, E.** 1988. Çözümlü Madencilik Problemleri, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [4] **Balta, H.** 1995. Kayaç Kazılarında Patlatma Teknikleri, D.S.İ. Yayını
- [5] **Bilge, F.** 2002. Açık İşletmelerdeki Dekapaj Amaçlı Mevcut Ana İş Makinelerinin Program ve Teorik İş Miktarları İle İlgili Değerlendirme Raporu, G.L.İ. Yayını, Kütahya
- [6] **Bilgin, H.A., Esen, S. ve Kılıç, M.** 2000. Yeniköy Linyit İşletmesi İkizköy Açık Ocağında Kömür Boyut Dağılımının İyileştirilmesi, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [7] **Bilgin, N., Ergin, H., Kuzu, C., Tunçdemir, H., Balcı, C. ve Altun, S.** 2000. Açık İşletmelerde Optimum Rotari Delme Parametreleri ve Matkap Seçimi – Tipik Bir Uygulama, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [8] **Bilgin, N., Ergin, H., Kuzu, C., Balcı, C., ve Tunçdemir, H.** 1998. Karadeniz Bakır İşletmeleri İçin Matkap Etüdü, İTÜ Yayını, İstanbul
- [9] **Çoşkun, O.** 1995. Patlayıcı Maddeler İle Basamak Kazı Tasarım Parametrelerinin İncelenmesi ve Potas Uzman Sisteminin Denenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul

- [10] **Çallı, L., Ozan, T., Yağanoğlu, A., Kahriman, A. ve Karaözbeğ, E.** 2001. Açık Maden, Taş Ocağı ve Dekapaj İşlerinde, Delik Delme, Patlatma, Patlayıcı Maddeler ve Kullanımı Eğitim Semineri, Yurt Madencilik Yayını, İstanbul
- [11] **Çeliksirt, M.C. ve Erkan, V.** 2000. Bilgisayar Yazılım İle Kaya Delme-Patlatma Organizasyon ve Analizinin Yapılabilirliği, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [12] **Çetek, N.** 1972. Ocak Tozları ve Patlayıcı Maddeler, E.K.İ. İnsangücü – Eğitim Müdürlüğü Yayını, Zonguldak
- [13] **Ergin, H., Kuzu, C., Balcı, C., Tunçdemir, H. and Bilgin, H.** 2000. Optimum Bit Selection And Operation For The Rotary Blasthole Drilling Using A Horizontal Drilling Rig (HDR) – A Case Study At KBİ Murgul Copper Mine, International Journal Of Surface Mining Reclamation And Environment
- [14] **Erkoç, Ö.Y.** 1996. Optimum Parçalanma ve Taş Ocağı İşletmeciliğinde Verim, I Ulusal Kıрма Taş Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [15] **Erkoç, Ö.Y.** 1996. Kayaç Tekniğinde Delik Delme, Yöntem ve Maliyet Karşılaştırması, 2. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [16] **Erkoç, Ö.Y.** 1990. Kayaç Patlatma Tekniğı, Yurt Madencilik Yayını, İstanbul
- [17] **Esen, S., Öcal, A. ve Atalay, V.** 1996. Sayısal Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Parça Boyut Dağılımının Belirlenmesi, 2. Delme Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [18] **Esen, S., Bilgin, H.A. ve Bobo, T.** 2000. Patlayıcının Parçalanmaya Etkisi, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara

- [19] **Evergen, T.** 1993. Investigations Into Explosion Characteristics Of Anfo Granular Aluminium Mixtures, International Journal Of Surface Mining and Reclamation 7, Netherlands
- [20] **Evergen, T.** 1980. Patlayıcı Maddelerin Detonasyon Hızının Deneysel Olarak Saptanması ve Bu Değerin Açık İşletmelerde Delik Şarjındaki Önemi, Türkiye 2. Kömür Kongresi, TMMOB Yayını, Zonguldak
- [21] **Evergen, T.** 1978. Etibank Seydişehir Mortaş Açık İşletmesi Ateşleme Sisteminin Etüdü, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul
- [22] **Franklin, J.H.** and **Katsabanis, T.** 1996. Measurement Of Blast Fragmentation, Proceedings Of The Fragblast-5 Workshop On Measurement Of Blast Fragmentation, Canada
- [23] **Gazanfer, S.** 1975. G.L.İ. Soma Açık İşletmelerinde Delme, Ateşleme, Yükleme ve Taşıma Faaliyetlerine İlişkin Araştırmalar, Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 4. Kongresi, Ankara
- [24] **Germen, M.** ve **Erdil, M.** 2000. Bir Açık İşletmede Patlatma İşlemlerini İyileştirme Çalışmaları, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [25] **Grit, M.** 1991. E.L.İ. Açık Ocaklarında Optimum Delme Patlatma Sisteminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul
- [26] **Göktan, M.** ve **Konuk, A.** 1992. Açık İşletme Madenciliği, Anadolu Üniversitesi Yayını, Eskişehir
- [27] **Halili, A.** 2000. Hereke Formasyonunun (Gebze Kireçtaşı) Delme-Patlatma Açısından İncelenmesi, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara

- [28] **Jimeno, L.C., Jimeno, L.E. and Carcedo, F.J.A.** 1995. Drilling and Blasting Of Rocks, Rotterdam-Brookfield
- [29] **Kahraman, S.** 1998. Açık Kömür Ocakları ve Adana Çevresindeki Otoyol Şantiyeleri ve Taş Ocaklarında Basamak Patlatmalarının Değerlendirilmesi, 3. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [30] **Kahraman, S.** 1997. Açık İşletmelerde Uygun Delme-Patlatma Şartlarını Veren Bir Modelin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul
- [31] **Kahriman, A.** 2002. Maden ve Taş Ocaklarında Kaya Patlatma Tekniği, İstanbul Üniversitesi Yayını, İstanbul
- [32] **Kahriman, A., Erkoç, Ö.Ö.Y., Karaözbeç, E. ve Ozan, T.** 1999. Açık Maden ve Taş Ocaklarında Kaya Patlatma Teknolojisi Eğitim Semineri, Yurt Madencilik Yayını, İstanbul
- [33] **Kızılkuş, A.İ.** 1976. Garp Linyitleri İşletmesinde Soma Bölgesi Anfo-Dinamit Ekonomisinin Etüdü, Bitirme Ödevi, İTÜ, İstanbul
- [34] **Konya, C.J. and Walter, E.J.** 1990. Applied Explosives Technology For Construction and Mining, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul
- [35] **Kömürcügil, B.** 1969. Patlayıcı Maddeler ve Atım Tekniği, D.S.İ. Yayını
- [36] **Olofsson, S.O.** 1990. Applied Explosives Technology For Construction and Mining, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul
- [37] **Öcal, M.D.** 1972. Açık İşletmeciliğin El Kitabı, İTÜ Kütüphanesi, İstanbul
- [38] **Palanga, T.C., Franklin, J.A. and Maerz, N.H.** 1995. Wipfrag – A Breakthrough In Fragmentation Measurement Workshop-9, USA

- [39] **Patır, O.** 1992. G.L.İ. Müessesesi Açık Ocaklarında Delme Patlatma Uygulamaları Seminer (Teorik-Pratik), G.L.İ. Yayını, Kütahya
- [40] **Patır, O.** 1991. G.L.İ. Tunçbilek Açık Ocak İşletmesi Güney Panolarında Uygulamasına Başlanan İnfilaklı Fitol ve Alüminyum Granülün Verimlilik Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir
- [41] **Patır, O., Atakuru, T. ve Çoğuplugil, N.** 1989. G.L.İ. Tunçbilek Bölgesi Açık Ocaklarında Patlatma Çalışmalarının Değerlendirilmesi, G.L.İ. Yayını, Kütahya
- [42] **Rustan, R.A.** 1992. Burden, Spacing and Borehole Diameter At Rock Blasting, International Journal Of Surface Mining and Reclamation-6
- [43] **Saltoğlu, S.** 1992. Açık İşletmeler, İTÜ Yayını, İstanbul
- [44] **Saltoğlu, S.** 1976. Madenlerde Hazırlık ve Kazı İşleri, İTÜ Yayını, İstanbul
- [45] **Snoodgrass, P.** 1996. Effect Of Explosive and Rock Parameters On Blasting Performance, 2. Delme Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara
- [46] **Sül, Ö.L. ve Koruç, G.Ş.** 2000. Karstik Boşluklar İçeren Bir Taş Ocağında Delme-Patlatma Çalışmaları ve Maliyet Analizi, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu, Maden müh. Odası Yayını, Ankara
- [47] **Taksuk, A.** 2001. G.L.İ. Açık Ocaklarında Çalışan Elektrikli Ekskavatörlerin ve Kamyonların Yükleme ve Taşıma Performanslarına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya
- [48] **Tek, A. ve Erdil, M.** 1998. Anfo Kalitesinin Kaya Patlatma Verimliliğine Etkisi, 3. Delme Patlatma Sempozyumu, Maden Müh. Odası Yayını, Ankara

- [49] **Tosun, S.** 1991. Madencilikte Patlatılacak Ortama Uygun Patlayıcı Madde Seçimi, Madencilik Bülteni, Ankara
- [50] **Üstümkol, Ş.** 1999. Patlayıcıları İyi Tanıyalım, Madencilik Bülteni, Ankara
- [51] **Zengin, M.** 1992. Açık İşletmelerde Ateşleme İşlerinde Fotoanaliz Yöntemiyle Parça Boyut Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

EK-A



Ek-A.1 Deneme 2 Çalışmasının Patlatma Sonrası Görünüşü

Parça Boyut Dağılımı (cm ²)	Parça Sayısı	Parça Boyut Dağılım Oranı(%)
0-50	0	0
50-100	0	0
100-150	1	2,6
150-200	2	5,2
200-250	0	0
250-300	2	5,2
300-350	0	0
350-400	2	5,2
400-450	1	2,6
450-500	2	5,2
500-550	2	5,2
550-600	1	2,6
600-650	1	2,6
650-700	1	2,6
700-750	1	2,6
750-800	3	2,6
800-850	0	0
850-900	0	0
900-950	1	2,6
950-1000	1	2,6
1000-1050	1	2,6
1050-1100	0	0
1100-1150	1	2,6
1150-1200	1	2,6
1200-1250	1	2,6
1250-1300	0	0
1300-1350	1	2,6
1350-1400	1	2,6
1400-1450	0	0
1450-1500	0	0
1500-2000	6	15,7
2000-2500	3	7,8
2500-3000	2	5,2

Ek-A.2 Deneme 2 Çalışması Parça Boyut Dağılımı



Ek-A.3 Deneme 3 Çalışması Patlatma Sonrası Görünüşü

Parça Boyut Dağılımı (cm ²)	Parça Sayısı	Parça Boyut Dağılım Oranı (%)
0-50	0	0
50-100	1	1,1
100-150	1	1,1
150-200	3	3,4
200-250	7	8,1
250-300	3	3,4
300-350	5	5,8
350-400	4	4,6
400-450	3	3,4
450-500	7	8,1
500-550	4	4,6
550-600	1	1,1
600-650	2	2,3
650-700	2	2,3
700-750	0	0
750-800	3	3,4
800-850	4	4,6
850-900	3	3,4
900-950	3	3,4
950-1000	2	2,3
1000-1050	1	1,1
1050-1100	1	1,1
1100-1150	1	1,1
1150-1200	2	2,3
1200-1250	2	2,3
1250-1300	0	0
1300-1350	0	0
1350-1400	2	2,3
1400-1450	2	2,3
1450-1500	0	0
1500-2000	7	8,1
2000-2500	5	5,8
2500-3000	5	5,8

Ek-A.4 Deneme 3 Çalışmasının Parça Boyut Dağılımı



Ek-A.5 Deneme 4 Çalışması Patlatma Sonrası Görünüşü

Parça Boyut Dağılımı (cm ²)	Parça Sayısı	Parça Boyut Dağılım Oranı (%)
0-50	1	1,4
50-100	6	8,6
100-150	3	4,3
150-200	3	4,3
200-250	10	14,4
250-300	4	5,7
300-350	4	5,7
350-400	5	7,2
400-450	4	5,7
450-500	2	2,8
500-550	2	2,8
550-600	1	1,4
600-650	2	2,8
650-700	3	4,3
700-750	1	1,4
750-800	0	0
800-850	2	2,8
850-900	3	4,3
900-950	2	2,8
950-1000	0	0
1000-1050	0	0
1050-1100	0	0
1100-1150	0	0
1150-1200	1	1,4
1200-1250	1	1,4
1250-1300	0	0
1300-1350	0	0
1350-1400	1	1,4
1400-1450	0	0
1450-1500	2	2,8
1500-2000	2	2,8
2000-2500	2	2,8
2500-3000	1	1,4

Ek-A.6 Deneme 4 Çalışması Parça Boyut Dağılımı



Ek-A.7 Deneme 5 Çalışması Patlatma Sonrası Görünüşü

Parça Boyut Dağılımı (cm ²)	Parça Sayısı	Parça Boyut Dağılım Oranı (%)
0-50	3	1,6
50-100	7	3,8
100-150	18	9,7
150-200	18	9,7
200-250	12	6,5
250-300	10	5,4
300-350	17	9,2
350-400	8	4,3
400-450	11	5,9
450-500	6	3,2
500-550	7	3,8
550-600	7	3,8
600-650	7	3,8
650-700	4	2,1
700-750	0	0
750-800	10	5,4
800-850	1	0,5
850-900	3	1,6
900-950	1	0,5
950-1000	2	1
1000-1050	4	2,1
1050-1100	4	2,1
1100-1150	0	0
1150-1200	3	1,6
1200-1250	2	1
1250-1300	1	0,5
1300-1350	0	0
1350-1400	0	0
1400-1450	3	1,6
1450-1500	1	0,5
1500-2000	10	5,4
2000-2500	1	0,5
2500-3000	3	1,6

Ek-A.8 Deneme 5 Çalışması Parça Boyut Dağılımı



Ek-A.9 Deneme 6 Çalışması Patlatma Sonrası Görünüşü

Parça Boyut Dağılımı (cm ²)	Parça Sayısı	Parça Boyut Dağılım Oranı (%)
0-50	4	3,4
50-100	15	12,9
100-150	13	11,2
150-200	16	13,7
200-250	14	12
250-300	7	6
300-350	2	1,7
350-400	8	6,8
400-450	6	5,1
450-500	3	2,5
500-550	0	0
550-600	3	2,5
600-650	1	0,8
650-700	1	0,8
700-750	1	0,8
750-800	1	0,8
800-850	2	1,7
850-900	3	2,5
900-950	1	0,8
950-1000	1	0,8
1000-1050	0	0
1050-1100	2	1,7
1100-1150	1	0,8
1150-1200	0	0
1200-1250	0	0
1250-1300	1	0,8
1300-1350	0	0
1350-1400	0	0
1400-1450	2	1,7
1450-1500	0	0
1500-2000	5	4,3
2000-2500	0	0
2500-3000	3	2,5

Ek-A.10 Deneme 6 Çalışması Parça Boyut Dağılımı



Ek-A.11 Deneme 7 Çalışması Patlatma Sonrası Görünüşü

Parça Boyut Dağılımı (cm ²)	Parça Sayısı	Parça Boyut Dağılım Oranı (%)
0-50	7	6,3
50-100	10	9
100-150	9	8,1
150-200	12	10,8
200-250	10	9
250-300	8	7,2
300-350	5	4,5
350-400	5	4,5
400-450	4	3,6
450-500	2	1,8
500-550	2	1,8
550-600	3	2,7
600-650	5	4,5
650-700	1	0,9
700-750	3	2,7
750-800	0	0
800-850	3	2,7
850-900	1	0,9
900-950	1	0,9
950-1000	3	2,7
1000-1050	2	1,8
1050-1100	0	0
1100-1150	3	2,7
1150-1200	0	0
1200-1250	1	0,9
1250-1300	1	0,9
1300-1350	1	0,9
1350-1400	0	0
1400-1450	0	0
1450-1500	0	0
1500-2000	7	6,3
2000-2500	1	0,9
2500-3000	1	0,9

Ek-A.11 Deneme 7 Çalışması Parça Boyut Dağılımı

ÖZGEÇMİŞ

01-09-1974'de Eskişehir'de doğdu. İlkokulu; Piri Reis İlkokulu (Gölcük-KOCAELİ), orta okulu; Gölcük Orta Okulu (Gölcük-KOCAELİ) ve liseyi; Barbaros Hayrettin Lisesi (Gölcük-KOCAELİ)'inde bitirdi. Sonra Anadolu Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümünü kazandı. 1998'de oradan Maden Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yıl İTÜ'nün açmış olduğu yüksek lisans sınavını kazanarak, bir yıl İTÜ İşletme Fakültesi Yabancı Diller Bölümünde İngilizce hazırlık eğitimi aldı. Daha sonra İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Fakültesi Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı Açık İşletme yüksek lisans programında eğitime başladı. Halen aynı üniversitede tez aşamasında eğitimine devam etmektedir.