

V.

07-09 Kasım 2007 - ANKARA

DELME PATLATMA SEMPOZYUMU

EDİTÖRLER

H. Aydın BİLGİN — Hakkı ELBİR



TMMOB

Maden Mühendisleri Odası



**TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI**

**V. DELME PATLATMA SEMPOZYUMU
BİLDİRİLER KİTABI**

**7-9 KASIM 2007
Ankara**

**Editörler
H. Aydın BİLGİN - Hakkı ELBİR**



Bu kitabın basım giderlerine katkıda bulunan
YAVAŞÇALAR AV SPOR MALZ. SAN. ve TİC. AŞ.'ne
teşekkür ederiz.

Tüm hakları saklıdır. TMMOB Maden Mühendisleri Odası'nın yazılı izni olmaksızın bu kitap ya da kitabın bir kısmı herhangi bir biçimde yayınlanamaz.

ISBN : 978-9944-89-402-9
Oda Yayın No : 137
Baskı : E Gurup Matbaacılık, 0312 384 73 44
İsteme Adresi : TMMOB Maden Mühendisleri Odası
: Selanik Cad. No: 19/4 Kızılay-ANKARA
Tel : 0312 425 10 80 Faks: 0312 417 52 90
İnternet Adresi : www.maden.org.tr
E-Posta : maden@maden.org.tr

SUNUŞ

TMMOB Maden Mühendisleri Odası olarak başta Madencilik ve İnşaat olmak üzere birçok alanda yaygın uygulamaları bulunan delme ve patlatma konusunun tüm yönleriyle ayrıntılı olarak uygulayıcıları ve uzmanları tarafından tartışılması amacıyla Delme-Patlatma Sempozyumunun beşincisini gerçekleştirmekteyiz.

Sektörün gelişimi açısından büyük önem taşıdığını düşündüğümüz bu Sempozyumda bilgi birikimini arttırmak, yeni yaklaşım ve teknolojileri tanıtmak ve tartışarak çözüm önerileri getirmek hedeflenmiştir.

“Patlayıcı Maddeler ve Ateşleme Gereçleri”, “Yerüstü, Yeraltı ve Özel Patlatma Uygulamaları”, “Delme Teknolojisi ve Gelişmeler”, “Delme-Patlatmada Verimlilik ve Ekonomi”, “Alternatif Kazı ve Kaya Parçalama Yöntemleri”, “Mevzuat ve İş Güvenliği Sorunları” ve “Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler” konularında uzmanları tarafından sunulacak bildirilerin ilgili sektör sorunlarının çözümüne büyük katkıları olacağı görüşündeyiz.

Bu çerçevede, Sempozyumu destekleyen tüm kuruluşlara, bildiri sunarak katkı koyalara ve bu Sempozyumun gerçekleşmesi için emeği geçenlere teşekkür ederiz.

TMMOB
Maden Mühendisleri Odası
Yönetim Kurulu

TMMOB
MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
YÖNETİM KURULU

Başkan : Mehmet TORUN
II. Başkan : Berna Fatma VATAN
Yazman : Nahit ARI
Sayman : Ahmet SARDAR
Üyeler : Mehmet Ali HİNDİSTAN
Cemalettin SAĞTEKİN
Hüseyin Can DOĞAN

DÜZENLEME VE YÜRÜTME KURULU

H.AYDIN BİLGİN	BAŞKAN
HAKKI ELBİR	ÜYE
M.ALİ HİNDİSTAN	ÜYE
B.BARIŞ ÇAKMAK	ÜYE
TUGAY İPEK	ÜYE
METEHAN DERYA	ÜYE
ÜMİT KILIÇ	ÜYE
EKREM ELMACI	ÜYE
ERGUN ALPAYDIN	ÜYE
OĞUZ SERTYEL	ÜYE
CANBERK MERETUK	ÜYE
NAMİK KEMAL SAĞLAM	ÜYE
GAMZE DEMİRBÜKEN	ÜYE

ÖNSÖZ

Patlatma işlemi, ülke kalkınmasında gerekli olan hammaddelerin güvenli ve ekonomik olarak temini için madencilikte kullanıldığı kadar aynı zamanda yol, tünel, baraj ve benzeri inşaat işleri gibi ülkemiz bayındırlık hizmetlerinde de kullanılmaktadır. Madencilik ve inşaat iş kollarında yaygın uygulaması bulunan delme ve patlatma konusunun önemi iyi bilinmektedir. Bu önem hem iş ekonomisi ve verimi hem de patlatma işlemleri sırasında oluşabilen olumsuz çevresel etkilerden kaynaklanmaktadır. Delme ve patlatma işlerini teknik, bilimsel ve yasal kurallara uygun yapmak, iş ekonomisinin de ötesinde, günümüzde artan haklı ve doğru çevre bilinci taleplerini karşılamak için olduğu kadar, çevreci geçinip bu gibi faaliyetlere değişik nedenlerle karşı çıkanlara karşı durabilmek için de gerekli ve zorunludur. Ayrıca tehlikeli maddeler sınıfında olan patlayıcı maddelerin ve ateşleme gereçlerinin bilinçli kullanımının önemi bilinmektedir. Bu önem iş güvenliği ve işçi sağlığını sağlamaktan kaynaklanmaktadır. TMMOB Maden Mühendisleri Odası, konuyu tüm yönleri ile tartışmak, deneyimlerimizi ve sorunlarımızı birbirimize aktarabilmek, teknik ve bilimsel gelişmeleri, arge ve teknoloji geliştirme konularındaki yenilikleri sunmak ve çoğunluğu birbirini tanıyan patlatma mühendisleri topluluğu üyelerinin birbirleriyle buluşması amaçları ile 7-9 Kasım 2007 tarihlerinde Ankara'da 5. Delme Patlatma Sempozyumunu düzenlemiş bulunmaktadır. Bu sempozyumda toplam 22 bildiri sunulup tartışılacaktır. Sunulacak bildirilerin başlıca konuları arasında patlayıcı maddelerin AB mevzuatına uyumu, madencilikte patlatma uygulamaları, tasarım ve maliyet hesaplama, arge ve teknoloji geliştirme, bilimsel çalışmalar ve titreşim ve gürültü gibi çevre sorunlarının çözümü bulunmaktadır.

5. Delme ve Patlatma Sempozyumu'nun düzenlenmesine değişik biçimlerde önemli destek veren kuruluşlar İLCİ Patlayıcı A.Ş., NİTROMAK A.Ş., ORİCA NİTRO A.Ş., ŞENBAY Patlayıcı A.Ş. ve YAVAŞÇALAR A.Ş.'ye Odamız adına içten teşekkürlerimi sunarım. Sempozyum ve bildiriler kitabı, yazarların, Sempozyum Yürütme Kurulunun ve Maden Mühendisleri Odasının yoğun emek ve çabaları sonunda gerçekleştirilmiştir. Bildiri yazarlarına değerleri eserleri için Sempozyum Yürütme Kurulu adına şükranlarımı sunar, sempozyumun amacına ulaşmasını, kitabın genç mühendislerimize, bilim ve teknoloji geliştiren ve üreten araştırmacılarımız ve mühendislerimize, patlayıcı madde üreten, pazarlayan ve mühendislik hizmeti sunan kuruluşlarımıza ve konuyla ilgili çevrelere yararlı olmasını dilerim.

Saygılarımla.

Doç. Dr. H. Aydın Bilgin
Sempozyum Yürütme Kurulu adına
Başkan

İÇİNDEKİLER

Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcı Maddeler İle İlgili AB Uyum Süreci <i>Eu Harmonization Process On Explosives For Civil Use</i> N.Güzin ŞAHİN <i>Kimya Y.Mühendisi, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sanayi Genel Müd.</i>	11
Divriği Maden İşletmesi'nde Katlararası Patlatma (Yelpaze Çekme Metodu ile Katlararası Serbest Yüzey Oluşturulması) <i>Blasting Between Sublevels In Divriği Mine Operations</i> (Developing Free Face Between Sublevels by Fan – Cut Technique) Metehan Derya, Ümit Kılıç <i>Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş., G.O.P./Ankara</i> Murat Mete <i>Çayeli Bakır İşletmeleri, Çayeli/Rize</i>	15
Batı Anadolu Çimento Fabrikası Hammadde Ocağında Ön Kesme (Presplitting) Uygulaması <i>Presplitting Applications At Batı Anadolu Cement Factory Raw Material</i> <i>Quarry</i> Ergün Alpaydın, Nitromak A.Ş., Ankara Hayer Yalnız, R. Alper Askan Batıçım, İzmir	21
Bir Yer altı Madeninde Uygulanan İki Farklı Patlatma Düzeninin Deformasyona Olan Etkisi <i>The Effect Of Two Different Exploding Arrangement Applied In An</i> <i>Underground Mining On Deformation</i> Güzide KALYONCU ERGÜLER <i>MTA Maden Analizleri ve Tek. Dairesi, Çevre Koordinatörlüğü, ANKARA</i>	27
Çayeli Bakır Madeni Yeraltı Patlatmalarının İyileştirilmesi Çalışması <i>Improvement Studies For The Underground Blasting Operations in Çayeli</i> <i>Copper Mine</i> H. Sinan İNAL NİTROMAK A.Ş., ANKARA Kemal KARAOĞLU ÇBİ A.Ş., RİZE	37
Küre Bakır İşletmesi'nde Katlararası Patlatma (Paralel Delik Metodu ile Katlararası Serbest Yüzey Oluşturma) <i>Bench Stoping Blasting In Küre Mine Operations</i> (Free Face Developing Between the Silled Drive and the Extraction Drive by Burn – Cut Technique) Metehan Derya, Ümit Kılıç <i>Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş., G.O.P./Ankara</i> Süleyman Taşatan STFA Tünel İnşaat A.Ş., Lakhadaria – Bouria/Algeria	49

Güney Ege Linyitleri İşletmesi Eskihisar Ocağı Delme ve Patlatma Çalışmalarının Maliyet Analizi	57
<i>Cost Analysis Of Drilling And Blasting Operations in Eskihisar Mine Of South Egean Lignite Corporation (GELİ)</i>	
Ozan Bayram	
<i>İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul</i>	
Kademeli Kaya Delme-Patlatma Çalışmalarında Maliyet Tahminlerinin DelPat v6.0 Bilgisayar Yazılımı ile Hesaplanması	71
<i>Estimation of Bench Drilling and Blasting Costs with a computer software, DelPat v6.0.</i>	
M.Can Çeliksirt , Maden Mühendisi	
<i>Doğuş İnşaat ve TİC. A.Ş., Yusufeli Barajı ve HES İnşaatı, Artvin</i>	
Vural Erkan , İnşaat Mühendisi	
<i>Doğuş İnşaat ve TİC. A.Ş., Yusufeli Barajı ve HES İnşaatı, Artvin</i>	
Parçalanma Tahmin Modelleri ve Dijital Görüntü İşleme Yöntemi	81
<i>Fragmentation Estimation Models and Digital Image Processing Technique</i>	
Kağan Özdemir, Ali Kahrıman, Ümit Özer	
<i>İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü,</i>	
Basamak Patlatmalarında Gecikmenin Önemi	93
<i>Importance of The Timing In Bench Blasting</i>	
Ümit Kılıç & Metehan Derya	
<i>Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş.</i>	
Sülfürlü Cevherlerin Patlayıcılarla Reaksiyonu ve Patlatma Sorunları	101
<i>The Reaction of Sulphide Ores with Explosives and Blasting Problems</i>	
Müfit Erdil Maden Mühendisi,	
<i>HM Patlayıcı Mad. Ltd.Şti</i>	
Yemleyicilerin Çalışma Mekanizması ve Önemi	105
<i>Working Stages of Primers and Importance</i>	
Ümit Kılıç & Metehan Derya	
<i>Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş.</i>	
Patlatma Deliği İçerisinde Su Kolonu Uygulanabilirliğinin Araştırılması	113
<i>An Investigation of Water-Column Applicability Inside of Blast Hole</i>	
A. Hakan Onur, Gürcan Konak, Doğan Karakuş,	
Derya (Ünal) Akgün, Deniz Akgün	
<i>Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir</i>	

Basamak Patlatmalarında Hava Kapanımı Kullanımıyla Kayaç Parçalama Tekniği	123
<i>The Technique of Rock Breaking by Using Air-Deck in Bench Blasting</i> Oktay Erten, Gürcan Konak, A. Hakan Onur, Doğan Karakuş <i>Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir</i>	
Patlatmaların Doğrusal Olmayan Davranışlarının Sismik Sinyaller Üzerine Etkisi	133
<i>Effects of Non-Linear Behavior of Blasting on Seismic Signals</i> Gülsev Uyar Aldaş, Berkan Ecevitoglu <i>Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara</i>	
Kadıköy-Kartal Metrosu Tünel Güzergahındaki Farklı Kaya Birimleri İçin Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Analizi	141
<i>The Blasting Vibrations Analysis for Different Rock Units on Istanbul Kadıköy-Kartal Subway Tunnel Route</i> Deniz Adıgüzel, Ümit Özer, Ali Kahrıman, Abdulkadir Karadoğan, Mehmet Aksoy <i>İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul</i>	
Kadıköy-Kartal Raylı Toplu Taşıma Sistemi Projesi'nde Yapılan Kontrollü Tünel Patlatmalarının Yapısal Hasar Riski Açısından Değerlendirilmesi	151
<i>Evaluation of Controlled Tunnel Blasting in Terms of Structural Damage Risk in "Kadıköy-Kartal Rail Mass Transportation System Project"</i> Enver Alan, İbrahim Sefer <i>Yapı Merkezi-Doğuş-Yüksel-Yenigün-Belen İnşaat</i> <i>Anadoluray Ortak Girişimi, Üsküdar-İstanbul</i>	
Uşak Kışladağ Altın Madeninde Üretim Patlatmasından Kaynaklanan Yer Titreşimlerinin Analizi	165
<i>Investigation of Ground Vibrations Induced By Production Blasting At Uşak Kışladağ Gold Mine</i> Bezmi Barış Çakmak, Hasan Aydın Bilgin <i>Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara</i>	
Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Analizine Dayalı Basamak Patlatma Tasarımı	177
<i>Bench Blasting Design Based on Vibrations Analysis of Blast-Induced</i> Abdulkadir Karadoğan, Ümit Özer, Ali Kahrıman, Mehmet Aksoy, Deniz Adıgüzel, U. Gökhan Akkaya <i>İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul</i>	

**Uşak Kışladağ Altın Madeninde Önkesme Patlatmasından
Kaynaklanan Hava Şoku Basıncı Analizi**

189

*Preslipt Blast Induced Air Overpressure Investigation At Uşak Kışladağ
Gold Mine*

Onur Bigikoçin, Hasan Aydın Bilgin

Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

BLİ Orhaneli İşletmesi Gümüşpınar Köyü Patlatma Risk Etüdü

197

BLİ Orhaneli Management Gümüşpınar Village Blasting Risk Assessment

H.Aydın BİLGİN

ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

H. Sinan İNAL

NİTROMAK A.Ş., Ankara

Çan Açık Ocağında Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin İncelenmesi

205

The Analysis of Ground Vibrations Induced by Blasting at Çan Open Pit Mine

Mehmet Aksoy, Ali Kahrıman, Ümit Özer,

Abdulkadir Karadoğan, Kağan Özdemir

*İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü,
Avcılar, İstanbul*

Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcı Maddeler İle İlgili AB Uyum Süreci

Eu Harmonization Process On Explosives For Civil Use

N.Güzin ŞAHİN

Kimya Yüksek Mühendisi, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü

ÖZET AB uyum mevzuatları kapsamında sivil amaçlı kullanılan patlayıcı maddeler ile ilgili yeni düzenlemeler yapılmıştır. AB Sivil Patlayıcılar Direktifi ele alınarak bu kapsamda “Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcı Maddelerin Belgelendirilmesi Piyasaya Arzı ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik” Ekim 2002 tarihinde yayımlanmıştır. Bu yönetmelik ile kapsam dahilinde olan ve olmayan ürünler tanımlanarak, yönetmelik kapsamında bulunan ürünlerde uyulması zorunlu olan kriterler belirlenmiştir. Yönetmelik kapsamında piyasa gözetim ve denetimi yapılması zorunlu hale getirilerek piyasada güvensiz ürünlerin bulunmasının önlenmesi hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yeni Yaklaşım Direktifleri, Sivil Amaçlı Patlayıcı Maddeler, Piyasa Gözetim ve Denetimi

ABSTRACT Within EU legislation harmonisation related to the explosives for civil use, new regulations were made. By taking into account EU Civil Explosives Directive, in this scope “The Regulation on Certification, Placing on the Market and Supervision of Explosives for Civil Use” (93/15/EEC) was published in the Official Gazette, numbered 24907 and dated 15.10.2002. By defining the products that are in the scope of this Regulation or not, the criteria which are compulsive are determined for the products. With this Regulation, by making compulsive executing market surveillance, prevention of unsafe products’ existing in the market is aimed at.

Key words: New Approach Directives, Explosives For Civil Use, Market Surveillance

1 Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcı Maddeler İle İlgili AB Uyum Süreci

Bilindiği gibi AB uyum çalışmaları kapsamında mevcut AB direktiflerinin uyumlaştırma çalışmalarına başlanılmıştır. 05.04.1993 tarih, 93/15/EEC sayılı Sivil Patlayıcılar Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifi) ele alınarak bu konuda gerekli yasal düzenlemeler yapılmıştır.

AB Sivil Patlayıcılar Direktifi (93/15) kapsamında “Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcı Maddelerin Belgelendirilmesi

Piyasaya Arzı ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik” 15 Ekim 2002 tarih ve 24907 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmış ve 15.10.2002-01.07.2003 arası geçiş döneminden sonra, yönetmelik 01.07.2003 tarihinde zorunlu olarak yürürlüğe girmiştir.

Bu yönetmeliğin yasal dayanağı, 1/95 sayılı konsey kararına uygun olarak 11.7.2001 tarih ve 24459 sayılı resmi gazete’de yayımlanan 4703 sayılı ürünlere ilişkin teknik mevzuatın hazırlanması ve uygulanmasına dair kanundur.

Şüphe oluşturacak cezai durumlar 87/12028 numaralı tüzük ve 4926 sayılı kanun çerçevesinde değerlendirilmekte, suç teşkil ettiği belirlenirse dava adli makamlara intikal ettirilmektedir.

Uyumlaştırılan yönetmelik şubat 2006'da komisyona gönderilmiştir.

Bu yönetmelik kapsamındaki Avrupa Birliği harmonize standartları 58 tanedir. Bu standartlar Türk Standartları Enstitüsü(TSE) tarafından uyumlaştırılarak ulusal standart olarak yayınlanmıştır.

Bu yönetmelik sivil kullanım amaçlı patlayıcı maddelerin belgelendirilmesi, işaretlenmesi ve gerekli emniyet şartlarının belirlenmesi, piyasaya arz edilmesi, piyasa gözetimi ve denetlenmesine ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

Söz konusu yönetmelik karabarutlar, tek bazlı veya çift bazlı barutlar(yakıtlar), kompozit barutlar (yakıtlar), dinamitler, patlayıcı nitratlar, amonyum nitrat-fuel oil karışımı (ANFO) ve güçlendirilmiş ANFO (Gübre amacıyla kullanılan amonyum nitrat hariç), emülsiyon, jel, bulamaç (slurry) tip patlayıcılar, kloratlı patlayıcılar, sıvı patlayıcılar, yemleme (booster) patlayıcılar, patlatma röleleri, tahrip kalıpları, çukur imla şarjları, emniyetli (asfalt veya PVC kaplı) fitiller, infilaklı fitiller, elektrikli (gecikmeli – gecikmesiz)kapsüller, adi (düz – plain) kapsüller, diğer kapsüller (şok tüpler-nonelectric), herhangi bir ad altında sunulan diğer patlayıcıları kapsamakta olup, 3763 Sayılı Türkiye'de Harp Silah ve Mühimmatı Yapan Hususi Sanayi Müesseselerinin Kontrolü Hakkında Kanun kapsamında bulunan askeri amaçlı barut ve patlayıcı maddeler, kolluk kuvvetlerinin kullanımına tahsis edilmiş patlayıcı maddeler ve piroteknik maddeler kapsam dışında bırakılmıştır.

Bu Yönetmelik kapsamına giren ve bu Yönetmelik şartlarına uygun olan patlayıcı maddelerin piyasaya arzı yasaklanamaz, kısıtlanamaz veya engellenemez.

CE uygunluk işareti iliştirilmiş, belgeleri hazırlanmış ve bu Yönetmelik hükümlerinin tamamını yerine getiren, Yönetmelik kapsamındaki patlayıcıların pazarlanabilmesi için Bakanlık ve İçişleri Bakanlığı koordineli olarak gerekli tüm tedbirleri alır.

Bu Yönetmelikte belirtilen uygunluk beyanını ve CE işaretini taşımayan bu Yönetmelik kapsamındaki patlayıcı maddeler, piyasaya arz edilemez, nakledilemez ve muhafaza edilemez.

Bu direktif kapsamında üreticiler ürünlerine CE işareti iliştirebilmek için Onaylanmış Kuruluşla ihtiyaç duymaktadırlar.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından atanacak onaylanmış kuruluşların şeffaflığını ve bağımsızlığını sağlamak için, aday kuruluşlara başvuru, değerlendirme ve atama prosedürlerinin ve her direktif için onaylanmış kuruluş ve uygunluk değerlendirme kuruluşları ile ilgili kriterlerin duyurulmasına ihtiyaç oluşmuştur.

Bu kapsamda, onaylanmış kuruluş atanma kriterleri tebliği, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından 09.05.2003 tarih ve 25103 nolu resmi gazetede yayınlanmıştır.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından onaylanmış kuruluş olarak atanacak kuruluşlar 17.01.2002 tarih ve 24643 nolu resmi gazetede yayınlanan Onaylanmış Kuruluş Uygunluk Değerlendirilmesi Hakkındaki Yönetmelik'te belirtilen gereklilikleri ve 15.10.2002 tarih ve 24907 nolu Resmi Gazetede yayınlanan sivil kullanım amaçlı patlayıcı maddelerin belgelendirilmesi piyasaya arzı ve denetlenmesi hakkında yönetmelik onaylanmış kuruluş ekindeki minimum kriterleri karşılamak zorundadır.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı yeni kanunla uyumlu olarak yeniden yapılanmıştır: Bu bağlamda piyasa gözetim ve denetimi;

11.7.2001 tarih ve 24459 sayılı resmi gazetede yayımlanan 4703 sayılı ürünler ve uygulamalar konusundaki kanun,

17.01.2002 tarih ve 24643 sayılı resmi gazetede yayınlanan 2001/3529 numaralı ürünlerin piyasa gözetim ve denetimi hakkındaki yönetmelik,

“Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından gerçekleştirilecek piyasa gözetimi ve denetimine ilişkin usul ve esaslar hakkında yönetmelik (Resmi Gazete’de 9 Mayıs 2003 tarihinde yayımlanarak, yayımlanma tarihinden itibaren yürürlüğe girmiştir) kapsamında yapılmaktadır.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı piyasa gözetim ve denetimini 2003 yılından bu yana gerçekleştirmektedir.

2003-2005 yılları arasındaki geçiş sürecinde Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’nca yapılan piyasa gözetimi ve denetimlerinde üreticiler yeni sistem hakkında bilgilendirilmiştir.

Avrupa Birliği temel kanunu’nun 2005 yılında uyumlaştırılmasından sonra Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’nca cezalandırma süreci başlamıştır. Piyasa gözetim ve denetimleri resen ve şikayet üzerine gerçekleştirilmektedir.

Ayrıca, üretici ve tüketici şikayetleri 4703 sayılı kanun hükümlerine göre değerlendirilmektedir.

Uygunsuzluk tespit edilmesi halinde, ürünlere ilişkin teknik mevzuatın hazırlanması ve uygulanmasına dair 4703 sayılı yasa uyarınca idari para cezaları ve yaptırımlar uygulanmaktadır.

Yaptırımlar ürünün piyasadan toplatılması ve bertarafı, piyasaya arzın yasaklanması, üretimin askıya alınması, uygunsuzluğun giderilmesi için süre verilmesini kapsar, söz konusu yaptırımların bazılarının yanı sıra idari para cezası da uygulanır.

Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından alınan tedbirler uygunsuzluğun seviyesine göre değişmektedir ve bu tedbirler oransallık ilkesine göre uygulanmaktadır.

Piyasa gözetim ve denetimi giriş öncesi mali yardım kapsamında gerçekleştirilen ve devam eden projeler mevcuttur. Bu projelerle, denetçileri teknik açıdan eğit-mek

amacıyla, iç eğitimlere ilave olarak AB kapsamında Bakanlığımız tarafından eğitim programları düzenlenmiştir.

93/15/AT yönetmeliği piyasa gözetim ve denetim ve CE işaretleme kapsamında Alman Araştırma ve Test uruluşu BAM tarafından, TAİEX mali desteğiyle denetçiler ve sektör temsilcileri için bir eğitim çalışması düzenlenmiştir.

İthalat ve ihracat izni, 29.09.1987 tarih ve 87/12028 nolu “Tekel Dışı Bırakılan Patlayıcı Maddelerle Av Malzemesi ve Benzerlerinin Üretimi, İthali, Taşınması, Saklanması, Depolanması, Satışı, Kullanılması, Yok Edilmesi, Denetlenmesi Usul ve Esaslarına İlişkin Tüzük” ve 31.12.2005 tarihli Resmi Gazetede yayınlanan 2006/11 nolu “İthalat Tebliğine göre İçişleri Bakanlığı tarafından verilmektedir.

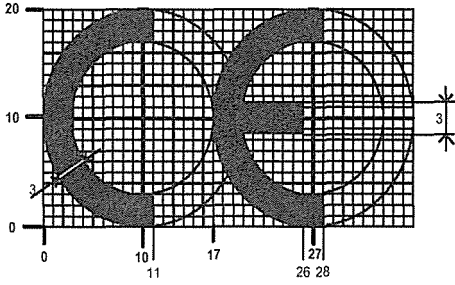
Bu yönetmelik kapsamına giren ürünlerin CE işareti ve CE işaretinin kurallara uygun olarak iliştilmesinden Sanayi ve Ticaret Bakanlığı sorumludur. Sivil patlayıcıların üretimi Valiliklerin iznine tabidir.

Sivil Amaçlı Patlayıcı maddeler yönetmeliği kapsamında bulunan ürünler üzerinde CE işaretlemesinin usulüne uygun olarak yapılması zorunludur.

CE işareti "Conformite Europe" adının baş harflerinin kısaltmasıdır.

CE işareti, Avrupa Birliği’nin, teknik mevzuat uyumu çerçevesinde 1985 yılında benimsediği Yeni Yaklaşım Politikası kapsamında hazırlanan 21 adet Yeni Yaklaşım Direktifleri kapsamına giren ürünlerin bu direktiflere uygun olduğunu ve gerekli bütün uygunluk değerlendirme faaliyetlerinden geçtiğini gösteren bir Birlik işaretidir. CE işareti, ürünlerin, amacına uygun kullanılması halinde insan can ve mal güvenliği, bitki ve hayvan varlığı ile çevreye zarar vermeyeceğini, diğer bir ifadeyle ürünün güvenli bir ürün olduğunu gösteren bir işarettir. "CE" işareti bir kalite markası yada işareti değildir. Ancak tüketicinin korunması ve memnuniyeti bakımından gözden geçirildiği için bu işareti taşıyan bir

ürünün kaliteli olduğu kabul edilmektedir. CE işareti aşağıdaki şekilde sembolize edilmektedir: İşaret küçültülür veya büyütülürse, aşağıda verilen çizimdeki oranlara itibar edilmelidir.



Yayımlanan yeni yönetmelikler kapsamında yapılan piyasa gözetim ve denetimi ile piyasada güvenli ürünlerin bulunması hedeflenmekte olup çevre ve insan sağlığı açısından risk taşıyan ürünlerin piyasada bulunmasını önlemek hedeflenmektedir. Bu bağlamda eğitim programları yapılarak denetçi ve üreticilerin bilinçlendirilmesine çalışılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. 3143 sayılı Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Kuruluş ve görevleri hakkında kanun
2. 93/15/AT Sivil Kullanım amaçlı Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcı Maddelerin Belgelendirilmesi Piyasaya Arzı ve Denetlenmesi Hakkında Yönetmelik
3. 4703 Sayılı Ürünlere İlişkin Teknik Mevzuatın Hazırlanması ve Uygulanmasına Dair Kanun.
4. 4822 Sayılı Kanun ile değişik 4077 sayılı Tüketicinin Korunması hakkında Kanun
5. Ürünlerin Piyasa Gözetimi ve Denetimine Dair Yönetmelik.
6. “CE” Uygunluk İşaretinin Ürüne İliştirilmesine ve Kullanılmasına Dair Yönetmelik.
7. Uygunluk Değerlendirme Kuruluşları ile Onaylanmış Kuruluşlara Dair Yönetmelik.
8. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Tarafından Gerçekleştirilecek Piyasa Gözetimi ve Denetimine İlişkin Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik. (9 Mayıs 2003, OG No. 25103)

Divriği Maden İşletmesi'nde Katlararası Patlatma (Yelpaze Çekme Metodu ile Katlararası Serbest Yüzey Oluşturulması)

Blasting Between Sublevels In Divriği Mine Operations (Developing Free Face Between Sublevels by Fan – Cut Technique)

Metehan Derya

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş., G.O.P./Ankara)

Ümit Kılıç

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş., G.O.P./Ankara)

Murat Mete

(Çayeli Bakır İşletmeleri, Çayeli/Rize)

ÖZET Bu bildiri, Erdemir'e ait Divriği A – Kafa maden işletmesinde Park Demir Maden tarafından yeraltında ara katlı göçertme yöntemiyle demir cevheri üretmek üzere ilk kez katlar arası delme patlatma tasarımının yapılması, uygun patlayıcı seçimi ve yelpaze çekme metodu ile serbest yüzey oluşturulması uygulamalarını anlatmaktadır.

ABSTRACT This paper explains the sublevel caving blasting design, explosives selection and free face developing applications between sublevels by fan – cut technique to produce run of mine of iron in Divriği A – Kafa Mine Operations which is operated by Park Demir Maden.

1 GİRİŞ

1.1 Divriği Yeraltı Demir İşletmesi

Türkiye'nin ilk yer altı demir cevheri madeni, Sivas İli, Divriği ilçesi sınırları içerisinde bulunan Erdemir'e ait Divriği A-Kafa yer altı maden işletmesi, Park Demir Maden tarafından yeraltında ara katlı göçertme metodu ile işletmeye alınmıştır.

Uzun yıllardır yüzeydeki cevheri işlenen Divriği'de yüzlerce metre derinlikteki demir rezervlerinin bu yöntem ile çıkartılması planlanmaktadır.

2 A – KAFA YER ALTI OCAĞI HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

Park Demir Maden Firması tarafından ara katlı göçertme metodu ile üretim

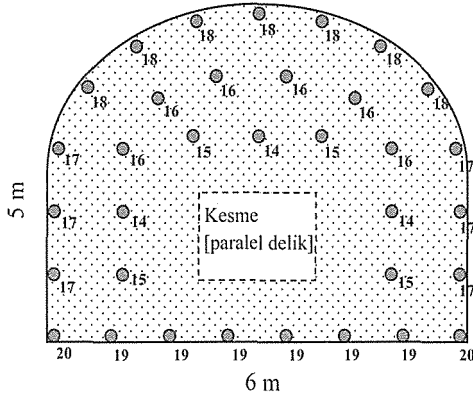
yapılabilmesi için 1236 ve 1224 adı verilen yer altı katlarında cevher içerisinde galeriler sürülmüştür. Ulaşımı ana rampa ile sağlanan bu katlardan özellikle 1236 katının Doğu 1 diye adlandırılan bölümünde cevher içerisinde 9 farklı galeri (galeri 2, galeri 3, galeri 4, galeri 5, galeri 6, galeri 7, galeri 8, galeri 9) sürülmüştür. Bu galerilerin her biri ortalama 40 – 45 metre uzunlukta olup toplam uzunlukları yaklaşık 360 – 400 metredir.

2.1 Hazırlık Galerilerinde Delme – Patlatma İş

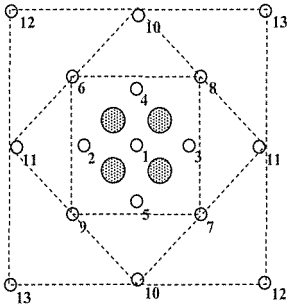
Hazırlık amaçlı sürülen galerilerde patlatma yöntemi olarak paralel delik metodu seçilmiş olup, tasarım ve uygulamalar bu yöntemde oldukça tecrübeli olan Park Demir Maden

firması mühendisleri, delici operatörleri ve ateşleyicileri tarafından yapılmaktadır.

Hazırlık galerilerinde uygulanan patlatma tasarımına ait değişkenler aşağıda verilmiştir (Şekil 1., Şekil 2., Çizelge 1.):



Şekil 1. Hazırlık galeri kesiti ve gecikmeler



Şekil 2. Hazırlık galerisi kesme bölgesi detayı

Çizelge 1. Hazırlık galerileri delme – patlatma parametreleri

Formasyon	: Demir cevheri
Patlatma yöntemi	: Paralel delik
Kesit alanı	: 31.09 m ²
Galeri taban genişliği	: 6.00 m
Galeri yüksekliği	: 5.50 m
Ortalama delik sayısı	: 50 – 55 ad.
Patlayıcı delik çapı	: 45 mm
Boş delik çapı	: 89 mm x 4 ad.
Delik boyu	: 3.80 m
İlerleme (%90)	: 3.42 m
Patlatılan hacim (% 90 ilerleme)	: 106.33 m ³
Ana patlayıcı	: ANFO
Toplam ana patlayıcı	: 300 Kg.
Yemleme	: P. Magnum 365
	: Ø 38x225 mm

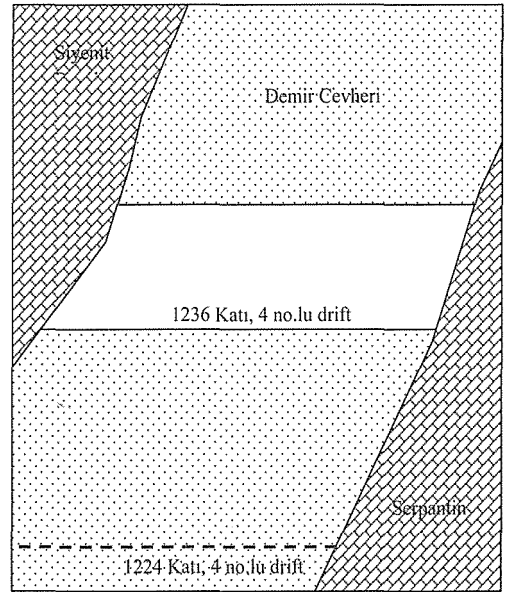
Ateşleme sistemi	: Exel LP 4 m.
Yüzey bağlantı sistemi	: İnfilaklı fitil (5g./m)
Özgül şarj	: 2.82 Kg./m ³
Özgül delik	: 1.97 m/m ³

Hazırlık galerilerinde kuru deliklerde ana şarj olarak ANFO kullanılmakta ve ANFO'nun patlatma deliklerine doldurulması işi özel ANFO şarj makineleri ile yapılmaktadır. Deliklerde su bulunan galeri aynalarında ise ana patlayıcı olarak ANFO'nun yerine kapsüle duyarlı emülsiyon patlayıcı olan Powergel Magnum 365 (Ø 38x400 mm) kullanılmaktadır.

2.2 Hazırlık Galerileri Genel Durum ve Üretim Planları

1236 katı diye adlandırılan ve cevher içerisinde bulunan katta sürülen 9 farklı galeri de aşağıdan yukarıya delinecek deliklerle (fan) patlatmalar yapılarak ara katlı göçertme yönteminin uygulanması planlanmıştır.

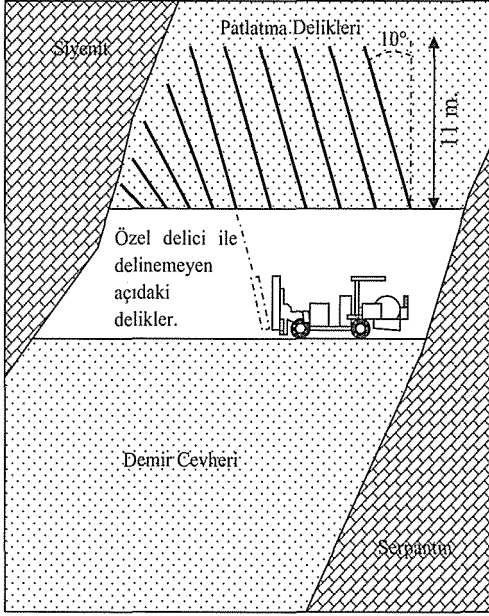
1236 katı, Doğu 1 galerisi ve 4 no.lu drift'in görünümü ve tasarlanan patlatma tasarımı Şekil 2. de verilmiştir.



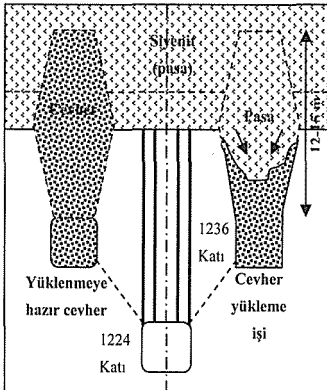
Şekil 3. 1236 Katı genel görünümü

3 ARA KATLI GÖÇERTME PATLATMA TASARIMI (SERBEST YÜZEY OLUŞTURULMASI)

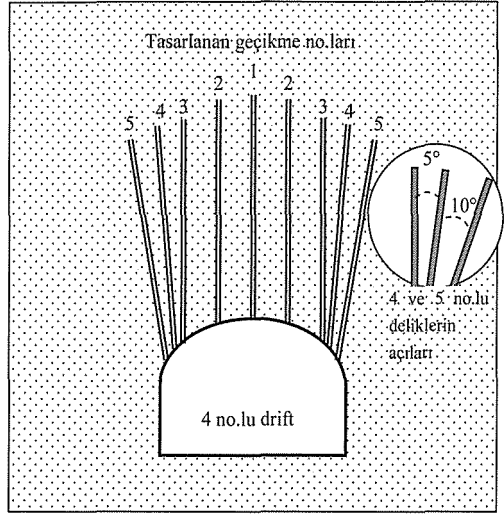
Ara katlı göçertme yöntemi ile üretim patlatmaları yapılabilmesi için öncelikle uygun hacimde serbest yüzey oluşturulması gerekmektedir. Delme – patlatma ile oluşturulması planlanan bu serbest yüzey, paralel delik veya yelpaze çekme patlatma yöntemleri ile açılabilir (Orica, Engineer Training Program – Package No. 17). Bu aşamada serbest yüzeyin yelpaze çekme metodu ile oluşturulması kararlaştırılmış, patlatma dizayn ve planları bu doğrultuda oluşturulmuştur (Şekil 4., Şekil 5., Şekil 6.).



Şekil 4. Planlanan patlatma tasarımı

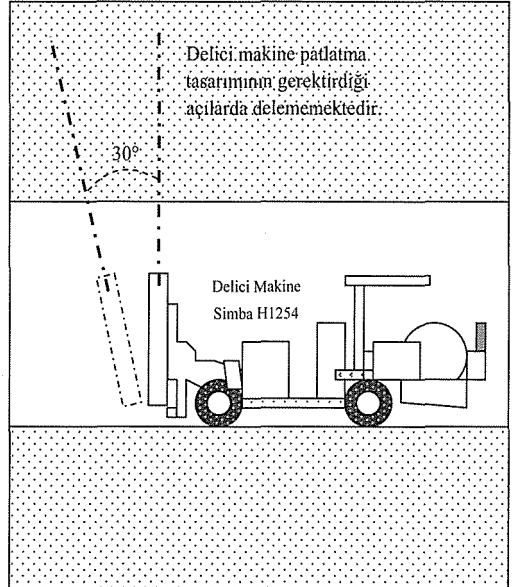


Şekil 5. Üretim planı (1236 katı en üst kat olup diğer katlar daha alt kotlardadır.)



Şekil 6. Planlanan patlatma tasarımı; gecikmeler ve delik düzeni (kesit)

Patlatma tasarımının uygulama aşamasında pek çok zorlukla karşılaşmıştır. Bunlardan en önemlisi bu patlatmalar için özel olarak alınmış olan delici makinenin (Simba) yelpaze çekme metodunun gerektirdiği açılarda öne eğimli delikleri delmeye uygun olmayışıdır (Şekil 4.). Delici makine paralel delik metodunun uygulanmasına yönelik tasarlanmış olup öne doğru verebileceği en büyük açı 30°'dir (Şekil 7.).



Şekil 7. Delici makine ile öne doğru en fazla 30° ile delik delinebilmektedir.

Bu durumda delici makinenin (simba) delemeyeceği öne geniş açılı patlatma deliklerinin, galeri aynalarının delinmesinde kullanılan elektro hidrolik delici (jumbo) ile delinmeleri kararlaştırılmıştır. Tasarım üzerinde gerekli değişiklikler yapıldıktan sonra, uygun patlayıcı ve ateşleme sistemi seçim aşamasına gelinmiştir.

3.1 Uygulamaya Öncesi

İşletmenin elinde bulunan delme ve şarjlama ekipmanları göz önüne alınarak yapılan patlatma tasarımının uygulanabileceği yer olarak yer altı maden ocağının 1236 katı, doğu 1 galerisi ve drift 4 seçilmiştir.

3.1.1 Patlayıcı ve Ekipman Seçimi

3.1.1.1 Patlayıcı Maddeler

Ana patlayıcı olarak yatay galerilerde olduğu gibi ANFO seçimi üzerinde durulmuştur. Ancak seçilecek patlayıcının galeri tavanına delinen dik deliklerden (normal ile 10°) aşağı dökülmemesi ve mevcut ANFO şarj makinesi ile zorlanmadan şarjlanabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle emülsiyon patlayıcı ile belli yüzdelerde karıştırılmış ANFO ile çalışılması planlanmıştır.

Belli oranda karıştırılıp Divriği'ne getirilen bu özel patlayıcı karışımı 1236 katı, Doğu 1 galerisi ve 6 no.lu drift' te denenmiş ancak başarı sağlanamamıştır. Emülsiyon karışım oranı yeterli olmadığından dik deliklere şarjlanan patlayıcı delikte tutunamayıp aşağı dökülmüştür. Bu aşamada patlayıcı tedarikçisinden daha yüksek yüzde oranlarında emülsiyon karıştırılmış yeni patlayıcı numuneleri istenmiştir. Denemeler sonucunda ANFO şarj makinesinin rahatça şarj edebileceği, dik deliklerde tutunabilen emülsiyon – ANFO karışım oranı tespit edilmiştir.

3.1.1.2 ANFO Şarj Makinesi ve Anti-statik Hortumlar

Deneme patlatmasının işletmede halen galeri patlatmalarında da kullanılan 100 kg. kapasiteli ANFO şarj ünitesi ile gerçekleştirilmesi kararlaştırılmıştır. Bunun yanı sıra dik deliklere şarjlama yapılabilmesi

için daha önceden yurt dışından sipariş edilen sert anti-statik şarj hortumlarının kullanılması kararlaştırılmıştır.

3.1.1.3 Ateşleme Sistemi

Planlanan deneme patlatmasında ateşleme sistemi olarak elektriksiz kapstillerin kullanılması uygun bulunmuştur (Şekil 9.).

4 UYGULAMA

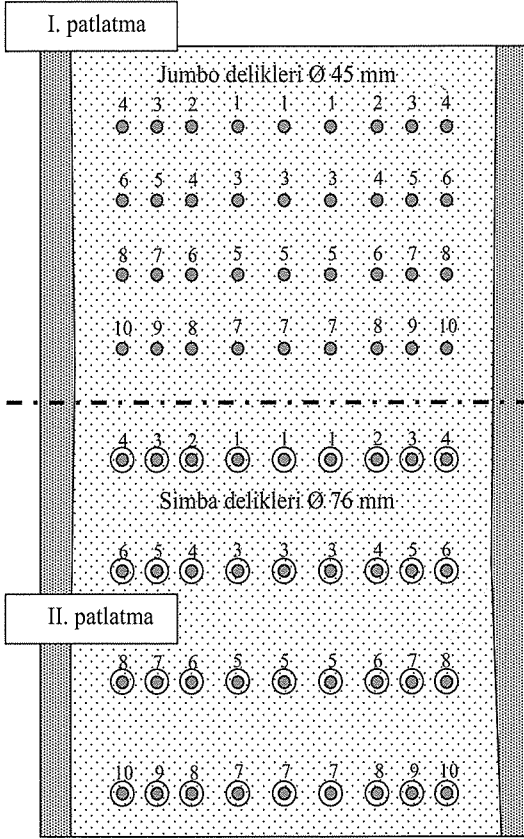
4.1 Deliklerin Doldurulması ve Bağlantılar

Ara katlı göçertme yöntemi ile üretim ve serbest yüzey oluşturulmasına ilişkin patlatma tasarım değişkenleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 2.):

Çizelge 2. Patlatma tasarım değişkenleri

Formasyon	: Demir cevheri
Patlatma yöntemi	: Yelpaze çekme
Delik durumu	: Kuru
Galeri taban genişliği	: 6.00 m
Galeri yüksekliği	: 5.50 m
Delik sayısı	: 72 ad.
Bir sıradaki delik sayısı	: 9 ad.
Patlayıcı delik çapı (jumbo)	: 45 mm x 36 ad.
1. sıra; (15° yatay)	: 9 delik (3.80 m)
2. sıra; (25° yatay)	: 9 delik (3.80 m)
3. sıra; (35° yatay)	: 9 delik (3.80 m)
4. sıra; (45° yatay)	: 9 delik (3.80 m)
Jumbo deliklerinde şarj (ANFO –M) konsantrasyonu	: 1.50 kg/m
Patlayıcı delik çapı (simba)	76 mm x 36 ad.
5. sıra; (63° yatay)	: 9 delik (5.40 m)
6. sıra; (68° yatay)	: 9 delik (7.20 m)
7. sıra; (73° yatay)	: 9 delik (9.00 m)
8. sıra; (78° yatay)	: 9 delik (10.80 m)
Simba deliklerinde şarj (ANFO –M) konsantrasyonu	6.20 kg/m (~ %10 zayıt)
Ana Patlayıcı	: ANFO – M
Yemleme	: P. Magnum 365
	: Ø 38x225 mm (306 g./ad.)
Ateşleme sistemi	: Exel LP 18 m.
Yüzey bağlantı sistemi	: İnfilaklı fitil (5g./m)

Çizelge 2.' de belirtilen ilk dört sıra patlatma deliğinin (jumbo delikleri) önce, geri kalan 4 sıra deliğin (simba delikleri) daha sonra patlatılmasına karar verilmiştir. Böylelikle ilk patlatma sonrası ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda ikinci patlatmada gerekli tedbir ve revizyonlara gidilmesi planlanmıştır. (Şekil 8).



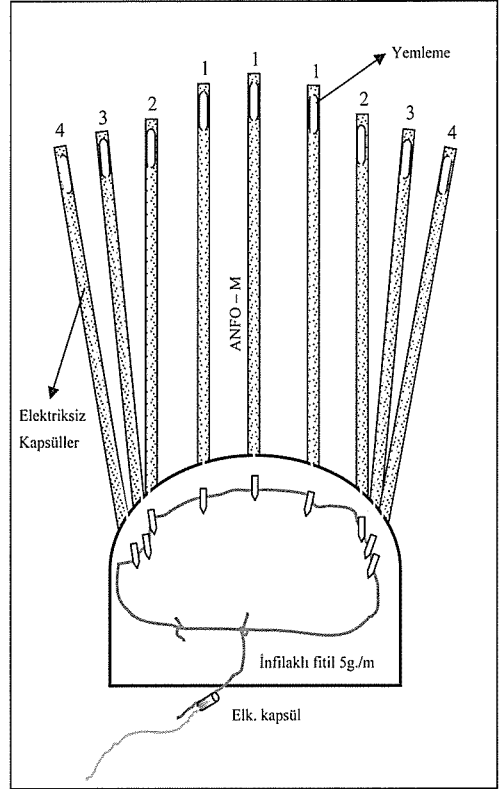
Şekil 8. İki bölümde planlanan patlatmalar ve ateşleme sıraları

İlk patlatma için planlandığı gibi jumbo delikleri patlayıcı ile doldurulmuş ve bağlantıları yapılmıştır (Şekil 8., Şekil 9.). Patlatma sonucunda hedeflenen pilot açıklık sağlanmış ve simba deliklerinin daha rahat patlayabileceği serbest yüzeyde elde edilmiştir (Şekil 10.).

İkinci patlatma için daha önceden delinmiş olan 76 mm çapındaki patlatma delikleri (Şekil 8.) ANFO şarj makinesi ile doldurulmuş ve elektriksiz kapsüllerin bağlantıları yapılmıştır (Şekil 9). Patlatma sonrası elde edilen parça boyutunun ve dağılımının iyi olduğu, yükleyici

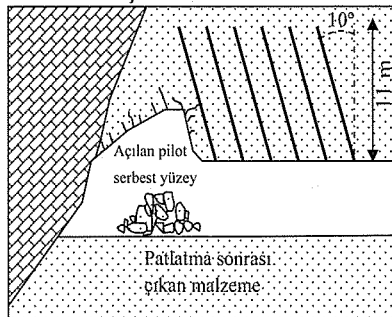
makinelerin verimli çalıştıkları gözlenmiştir. Ayrıca planlanan üretim deliklerinin verimli patlatılabilmesi için hedeflenen serbest yüzey güvenle açılmıştır (Şekil 11.).

Türkiye'de daha önceleri sınırlı sayıda benzer patlatmalar paralel delik metodu ile yapılmış olup ilk kez yelpaze çekme yöntemi bu iş için kullanılmıştır.

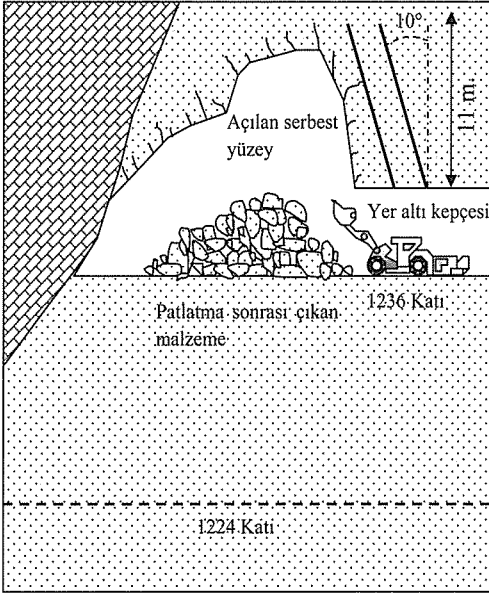


Şekil 9. Ateşleme sisteminin bağlantıları

Patlatma sonrası çıkan malzemenin uzaktan kumandalı yer altı kepçeleri vasıtasıyla yüklenecek boyutlarda olduğu görülmüştür (Şekil 11.). Üretim deliklerinin aynı yöntemle açılan serbest yüzeye doğru patlatılması ve boşluğun genişletilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 10. İlk Patlatma sonrası elde edilen serbest yüzey



Şekil 11. patlatma sonrası çıkan malzemenin uzaktan kumandalı yer altı kepçesi ile yüklenmesi

5 SONUÇLAR

Divriği A-Kafa Yer Altı Maden İşletmesi 1236 katı galerilerinde aşağıdan yukarıya delinecek deliklerle (fan) patlatmalar yapılarak üretim hazırlıklarının yapılması planlanmıştır.

İki kademede gerçekleştirilen patlatmalarda üretim deliklerinin verimli patlatılabilmesi için serbest yüzey oluşturulması hedeflenmiştir.

Bu doğrultuda yelpaze çekme metodunun temel prensipleri kullanılarak delme patlatma tasarımı yapılmıştır.

Tasarımın uygulanması sırasında delici makine ile tasarım uyumsuzluğunun farkına varılmış bu durum başka bir delici makinenin yardımıyla geçici olarak aşılmıştır. Ancak ileride bu uyumsuzluğu ortadan kaldırmak adına delici makinenin daha rahat delebileceği paralel delik yönteminin uygulanması üzerine çalışılması gereklidir.

Uygun patlayıcı, ANFO ile emülsiyonun belli oranlarda karışımından elde edilmiş numunelerin sahada denenmesi ile tespit edilmiştir. Bulunan patlayıcı bundan sonraki benzer patlatma uygulamalarında da kullanılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Orica Technical Service Team, *Safe and Efficient Blasting in Underground Metal Mines*, (139 - 171 s.).
- International Society of Explosives Engineers, (17th ed.), 1998. *Blasters' Handbook*, Cleveland, Ohio, (351 - 408 s.).
- Olofsson, Stig O., 1988. *Applied Explosives Technology for Construction and Mining*, Arla, Sweden, (160 - 173 s.).
- Orica, *Engineer Training Program – Package No. 17 (Ring Drilling)*, Australia, (90 - 111 s.).
- Introductory Mining Engineering*, Howard L. Hartman, The University of Alabama (441 - 450 s.).

Batı Anadolu Çimento Fabrikası Hammadde Ocağında Ön Kesme (Presplitting) Uygulaması

Presplitting Applications At Batı Anadolu Cement Factory Raw Material Quarry

Ergün Alpaydın,
Nitromak A.Ş., Ankara

Hayer Yalnız, R. Alper Askan
Batıçım, İzmir

ÖZET: Özellikle çevre bilincinin daha da geliştiği günümüzde madencilik ve inşaat sektöründe çalışanların gerek doğa ve gerekse çevre ile daha barışık çalışmalar yapmaları gerekliliği ortaya çıkmıştır. Kaya hareketinin yoğun olduğu açık ocak patlatmaları ve bunun sonucunda doğada oluşan tahribatı proje sonunda, başlangıç durumundaki gibi olmasa da, şev yapısı, bitki örtüsü ve insanlar için oluşturduğu güvensiz ortamlardan daha kabul edilebilir bir duruma getirebilmek için hepimizin üstüne düşen görevler vardır. İşte bu bildiride şevin yapısını korumak ve çevre açısından güvensiz ortamlar oluşturmamak için, Batı Anadolu Çimento Fabrikası hammadde ocağında nihai şevlerinde yapılan ön kesme (presplitting) uygulamaları anlatılmıştır.

ABSTRACT: Because of the increasing awareness of people on environmental affairs recently, the works in mining and construction is carried out in a more conscious way. Where the blasting activities are conducted in large scale, the greater volumes of rock removal occur and the nature is destructed. To decrease the various hazards resulting from blasting activities, such as bench slope failure, flora destruction and people discomfort, much greater care must be spent on the blasting activities. In this paper, the presplitting applications carried out at Batı Anadolu Cement Factory's raw material quarry to keep the final benches undestroyed and safe and to provide a reliable environment are explained.

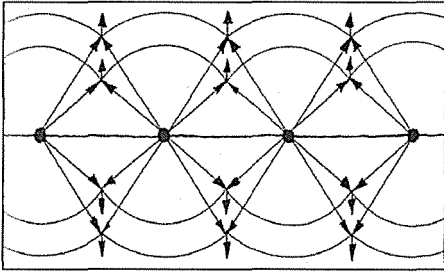
1-GİRİŞ

İzmir-Ankara devlet karayolu üzerinde bulunan Batı Anadolu Çimento Fabrikası ülkemizde faaliyet gösteren kırkın üzerindeki çimento fabrikasından bir tanesi olup, hammaddeden nihai ürüne kadar geçen aşamalarda en son teknolojiyi kullanarak çevre ile uyumlu bir şekilde çalışmalarını sürdürmektedir. Yine bu İşletmede gerek

patlayıcı madde ve gerekse ateşleme sistemlerinin seçimi, en son teknolojiler ve bu teknolojilerle üretilen ürünler olarak tercih edilmiştir. Emülsiyon patlayıcıların yemleme ve kolon şarjında kullanılması, ateşleme sistemi olarak elektriksiz ateşleme sistemlerinin tercih edilmesi ve patlatma konularında teknik desteğe başvurulması bunlara en iyi örnektir.

2-ÖN KESME (PRESPLITTING) UYGULAMASI NEDİR ?

Ön kesme (presplitting), ön çatlatma olarak da ifade edilir. Son kesme hattında, düşük şarj yoğunluğunda doldurulmuş olan ve aynı hat üzerinde bulunan birbirine yakın deliklerin üretim deliklerinden önce patlatılmasına ön kesme denir (Şekil 1). Ön kesme veya ön çatlatmadaki amaç, nihai şevde düzgün yapı elde etmek ve atım sonucunda açığa çıkan enerji ile nihai şevin bozulmasını önlemektir.



Şekil.1. Ön kesme (presplitting) delikleri patlatma prensibi. Kaynak, Olofsson.S.

Bir ön kesme uygulamasının başarılı olması için etken bazı parametreler vardır. Bu parametreler;

- 1-Doğru delik uygulaması
- 2-Kayacın jeolojik yapısı
- 3-Delik çapı ve delikler arasındaki mesafe
- 4-Deliklerin şarj edilmesi
- 5-Delik taban yükü
- 6-Zamanlama

Ön kesme uygulamalarında doğru delik uygulaması çok önemlidir. Delikler arasındaki mesafenin çok yakın olması ve delme işlemindeki yanlışlıklar ve hatalar, işin sonucunda amacına uygun olmayan sonuçlar ortaya çıkarır (Resim 1).



Resim.1. Hatalı Delme Uygulaması (Sivas-Yıldızeli Yol Çalışması.) Kaynak. Mehmet Güler, İzmir

Jeolojik yapıdaki bozukluk ve kayaç yapısı da ön kesme uygulaması sonucunu doğrudan ve olumsuz etkiler.

Ön kesme uygulamaları genel olarak açık ocak çalışmalarında 2.5-3.0 inch (64-76 mm) delik çaplarında yapılır. Ancak 3.5 inch (89 mm) delik çapı uygulamalarında da başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Bunun üzerindeki delik çapı uygulamalarından genellikle istenilen sonuç elde edilemez.

Üretim delikleri ile ön kesmenin aynı uygulama grubu içerisinde yapılması durumunda, ön kesme deliklerinin üretim deliklerinden önce patlatılması gerektiğine dikkat edilmesi gerekir.

3-YAPILAN ÇALIŞMALAR VE UYGULAMALAR

3.1.Uygulama Öncesi Yapılanlar

Uygulamalara başlamadan önce, öncelikle hammadde ocağında incelemeler yapılarak, kayacın her yönden yapısı belirlenmiştir. Bu incelemede en çok tabakalanma, kireçtaşıdaki boşlukların varlığı ile kil bantları üzerinde durulmuştur. Yukarıda da belirtildiği gibi ön kesme uygulamalarında kayaç yapısının etkinliği çok fazladır. Bu nedenle bu konularda titiz çalışmalar yapılmıştır. Ön kesme öncesi şevin durumu Resim 2’de sunulmuştur.

Ön kesme çalışmalarının tamamlanması ile basamakların terk edilmesinden sonra nihai şevlerde düzgün oluşturulmuş bir şev yapısı bırakılmak istenmiştir. Bu durum, görüntü kirliliğini biraz olsun ortadan kaldıracaktır. Ayrıca şevdeki akmalara önlenmesi ve işletmenin istediği esaslar da göz önüne alınarak, incelenen şev yapısına da uygun olduğu düşünüldüğü için 75 derecelik bir şev eğimi uygulamasına karar verilmiştir.



Resim.2.Ön kesme öncesi nihai şevin durumu

3.2.Delme ve Delik Geometrisi Uygulamaları

Delme uygulaması için eldeki mevcut delik makinası kullanılmıştır. Mevcut makina ile en düşük delebileceğimiz delik 89 mm olduğu için bu çapı kullanmak durumunda olduk. 2.5-3.0 inch'in üzerinde ön kesme uygulaması pek önerilmese de 89 mm ile de başarılı sonuçlar alınabileceğini yukarıda belirtmiştik. Uygulamada 89 mm delik çapı ile birlikte delikler arası mesafe 0.8 m olarak alındı. Resim 3'de delme uygulaması görülmektedir.



Resim.3.Delme uygulaması

Burada 5 tane uygulama yapılmıştır. Yapılan delme uygulamaları Tablo.1.de verilmiştir. Tablodan da anlaşılabileceği gibi toplam 3.086 m delme uygulaması yapılmıştır. Hammadde ocağının en üst kotunda çalışmalar yapılmaya başlandığı için topoğrafyaya bağlı olarak delik boyları 9 ile 17 metre arasında değişiklik göstermektedir.

Tablo.1.Yapılan uygulamalar

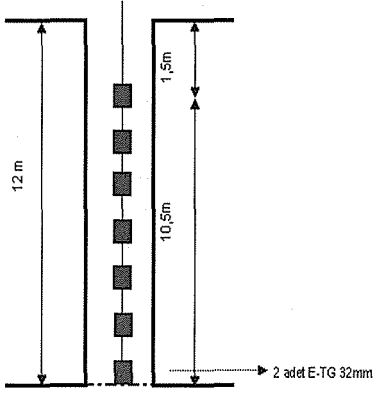
Uygulama No	Delik Sayısı (ad)	Ayna Uzunluğu (m)	Top.Del. Boyu (m)
1	36	30	9
2	42	34	12
3	45	36	14
4	38	31	16
5	60	48	17

3.3.Deliklerin Doldurulması

Uygulamada ana patlayıcı olarak emulsiyon (Emulite-TG 32 x 400, 400 gr'lık) patlayıcı maddesi kullanıldı. Ateşleme sistemi olarak 10 gr/m 'lik infilaklı fitiller kullanılarak ateşleme yapıldı.

Delik boyunca indirilen infilaklı fitile, delik tabanında 2 adet kartuş patlayıcı irtibatlandırılmıştır. Kolon boyunca 1.5 m de bir adet yine yukarıda sözü edilen patlayıcı madde fitil ile irtibatlandırılarak delik doldurma işlemine devam edilmiştir.

Patlayıcı ile infilaklı fitilin irtibatlanmasına örnek Resim 4’de verilmiştir. Bu işleme delik yüzeyine 1.5 m kalana kadar devam edilmiştir. Delik doldurma işlemine örnek Şekil 1’de verilmiştir. Bilindiği gibi ön kesme işleminde genel olarak deliklere sıkılama yapılmamaktadır. Delik içerisindeki işlem tamamlandıktan sonra yüzeyde delikler arasında infilaklı fitil dolaştırılarak bağlantı işlemi tamamlanmıştır (Resim 5).



Şekil.1.Örnek bir delik uygulaması (12 m’lik)

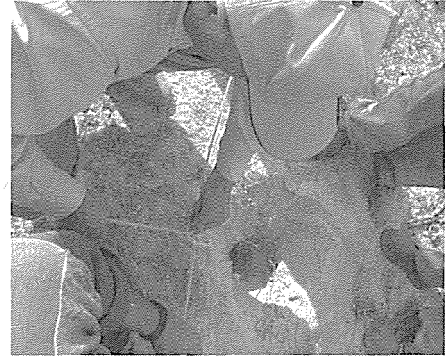
Bu şekilde Emulite-TG 32 x 400 patlayıcı maddesinden 9 m.’lik deliklerde 7 tane, 12 m.’lik deliklerde 8 tane, 14 m.’lik deliklerde 10 tane, 16 m.’lik deliklerde 12 tane ve 17 m.’lik deliklerde 13 tane kartuş kullanılmıştır. Kullanılan patlayıcı madde ve ateşleme sistemlerinin miktarları ile birlikte diğer teknik ayrıntılar Tablo.2. de verilmiştir.



Resim.4.Kapsüle duyarlı ile infilaklı fitilin irtibatlandırılması

Tablo.2.Kullanılan toplam patlayıcı madde ve fitil miktarları.

Uygulama No	Patlayıcı Miktarı kg/delik	Fitil Miktarı (m)	Şarj kg/m
1	2.8 x 36 =100.8	342	0.32
2	3.2 x 42 =134.4	525	0.27
3	4.0 x 45 =180.0	652	0.29
4	4.8 x 38 =182.4	627	0.30
5	5.2 x 60 =312.0	1.050	0.30
Toplam	909.60	3.196	



Resim.5.Yüzeyde fitillerin bağlanması

3.4.Yapılan Uygulamaların Sonuçları

Ön kesme uygulamalarında kullanılan patlayıcı maddelerin ölçümlendirilmesinde bazı esaslar vardır. Kullanılan delik çapına da bağlı olarak sarf edilen patlayıcı madde miktarları 0.11 ile 0.45 kg/m arasında değişmektedir. Burada sarf edilen miktarlar 0.30 kg/m civarında olmuştur. Bazı durumda metrekare hesabı yapılabilir. Yine bu uygulamada 0.27-0.44 kg/m² arasında değişen değerlerde sarfiyat olmuştur.

Yapılan uygulamalarda konunun ekonomik yönü de değerlendirilmiştir. 12 m - 14 m dolayındaki uygulamalar en ekonomik

uygulamalar olmaktadır. İşletmenin alt kotlarındaki basamak yükseklikleri zaten 12 m. dir.

Yapılan ön çalışmalar ve uygulamalar sırasındaki bir takım müdahaleler sonucunda en uygun uygulama şekli tespit edilmiştir. 1. uygulama sonuçlandırılıp aynanın durumu görünmeden 2. uygulama yapılmamıştır. Bu devamındaki diğer uygulamalar için geçerli olmuştur. Ön kesme uygulamalarına bir örnek Resim 6'da sunulmuştur.



Resim.6. Patlatma sonrası, bir ön kesme uygulamasının görünümü

İlk uygulama da delikler arası mesafe 0.70 m olarak alınmıştır. Ancak uygulama sonucunda yüzeyde aşırı örselenmenin belirlenmesinden dolayı şevde de olumsuz durumlarla karşılaşılabilceği kanısı, öndeki malzemenin alınmasından sonra bu düşüncemizi doğrulamıştır. Bundan sonraki uygulamalarda delikler arası mesafe 0.80 m ye çıkartılmıştır ve oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır.

İşletme, şev eğimini biraz daha düşürüp, bunun sonucunu görmek istemiştir. Bu amaçla şev açısı düşürülerek bir uygulama daha yapılmıştır. Daha önce 75 derece olan ön kesme deliklerinin eğimi 65 dereceye düşürülüp delme işlemi gerçekleştirilmiş ve buna göre dolum işlemi yapılmıştır. Ancak uygulama sonucuna henüz ulaşamamıştır. Çünkü ön kesme uygulamasının yapıldığı bölgede nihai şeve ulaşılması için bir süre daha üretim çalışması yapılması

gerekmektedir. Buradan oluşacak sonuca göre yeni bir çalışma programı yapılacaktır. Çünkü burada kullanılan patlayıcı madde çapı ve dolum şekli de değiştirilmiştir.

Yapılan uygulamalardan 1., 2. ve 4. uygulamalarda sadece ön kesme delikleri doldurulup patlatılmıştır. 3. ve 5. uygulamada, üretim delikleri ile ön kesme delikleri aynı uygulama içerisinde patlatılmıştır. Ön kesme deliklerinin, üretim deliklerinden önce patlatılmasına dikkat edilmiştir. Üretim delikleri ile ön kesme deliklerinin birlikte ve birbirini ardısıra patlatıldığı durumda, ön kesme deliklerinin özgül şarjları daha düşük tutulmuştur. Bundaki amaç, arka tarafta oluşacak örselenmeyi azaltmaktır. Bunun için ara kesme uygulanarak patlayıcıların kolona yayılması sağlanmıştır. Ön kesme uygulamaları sonucunda ulaşılan sonuca bir örnek Resim 7'de verilmiştir.



Resim.7. Nihai şevden genel bir görüntü

4. SONUÇ

Günümüzde ön kesme (presplitting) uygulamasına bir çok yerde ihtiyaç duyulmakta ve inşaat projelerinde özellikle istenmektedir. Karayolları ve demir yollarındaki yol yarmalarında, baraj inşaatlarında yaygın olarak uygulanmaktadır. Artık günümüzde madencilik faaliyetlerinin sonlandığı nihai şevlerde de yaygın kullanım alanı bulan ön kesme uygulaması, üretim

deliklerinden daha yüksek maliyet içermektedir. Ancak doğaya ve yaşadığımız çevredeki insanlara karşı olan sorumluluklarımız ön kesme uygulamasının gerekliliğini ve önemini ortaya koymaktadır.

Çevresel etkiler sadece titreşim, hava şoku vb. olumsuzluklar değildir. Görsel kirlilik ve şev akmalarının oluşması da önemli çevre sorunlarıdır. Her sektörde olduğu gibi bu sektörde de faaliyet gösterenlerin buna gereken önemi göstermeleri gerekmektedir.

5-KAYNAKLAR

Olofsson,S.O., 1991, *Applied Explosives Technology for Construction and Mining*, Applex, Arla, Sweden
Güler. Mehmet, İzmir, Kişisel Görüşme

Bir Yer altı Madeninde Uygulanan İki Farklı Patlatma Düzeninin Deformasyona Olan Etkisi

The Effect Of Two Different Exploding Arrangement Applied In An Underground Mining On Deformation

Güzide KALYONCU ERGÜLER

MTA Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi, Çevre Koordinatörlüğü, ANKARA

ÖZET Bu çalışmada, bir yeraltı madenciliğinde galeri aynalarında ve katlar arasında patlatmalar gerçekleştirilmiş olup, bu patlatmalar sonucunda galerilerde meydana gelen deformasyonlar ölçülmüş ve alınan bu ölçümlerden yararlanılarak deformasyon değişimleri incelenmiştir. Patlatma delikleri için katlar arasında 76 mm, aynalarda ise 45 mm çapındaki karotiyerler kullanılmıştır. Delikler arası mesafenin galerilerde oluşan deformasyon üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla, sondaj çalışmaları katlar arasında ve aynalarda farklı delik geometrilerinde gerçekleştirilmiştir. Delik geometrisi ile deformasyon arasındaki ilişki, kapanma ölçümleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Elde edilen değerlendirmeler sonucunda, aynı patlayıcı miktarıyla en etken ve daha az deformasyonun sağlanması için delikler arası mesafenin katlar arası için bakır cevherde 3 m çinko cevherde 2.5 m ve aynalar için ise bakır cevherde 1m çinko cevherde 0.9 m olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu delik geometrisi ile gerçekleştirilen patlatmalar sonucunda, bakır cevherde 4.56 mm çinko cevherde ise 9.92 mm’lik deformasyon miktarları ölçülmüştür.

ABSTRACT In this study, blastings were realized within the galleries’ layers and on the faces in a underground mining, deformations occurred as a result of these blastings were measured and then the deformation variations were evaluated by considering these measurements. For blastholes, the core bits having 76 mm diameter for layers and 45 mm diameter for galleries’ faces were used. In order to investigate the effect of interval between holes on the deformation occurred in the galleries, the drilling works were realized in different drill pattern within layers and on galleries’ faces. The relationship between drill pattern and deformation was evaluated by considering convergence measurements. As a result of obtaining evaluations, in order to get less deformation and the most effective exploding arrangement with the same amount of explosive, it was concluded that the distance between drill holes might be 3 m in copper ore, 2.5 m in zinc ore for galleries’ layers and 1 m in copper ore, 0.9 m in zinc ore for galleries’ faces. After the blasting realized with this drill pattern, the deformations quantities which is 4.56 in copper ore and 9.92 mm in zinc ore were measured.

1 GİRİŞ

Madencilik faaliyetlerinde delme patlatma çalışmalarından istenilen verimin alınması; kayanın jeolojik özelliklerine bağlı olduğu gibi uygun delik geometrisi, patlayıcı miktarı gibi mühendislik tasarımına da bağlıdır. Üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve işletme

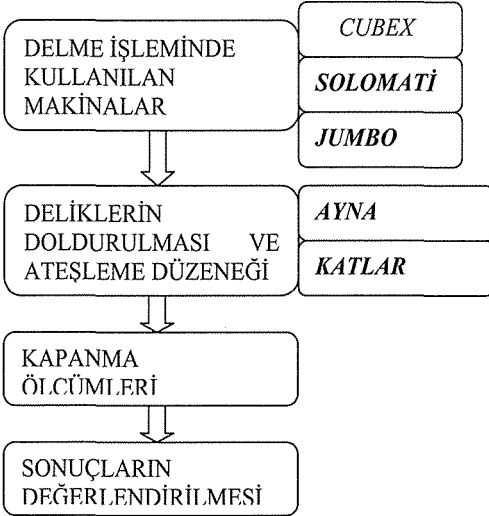
verimliliğinin artırılması için işletmelerde kullanılan delik geometrisinin, istenilen üretim miktarının sağlanmasının yanı sıra destek sistemine zarar vermemesi de gerekmektedir. Bu da ancak yapılacak olan deneme yanılma yöntemleriyle uygun delik geometrisinin bulunması ile sağlanabilir.

Bu çalışmada ise, Türkiye’de ki bir metal madeninde yeraltında uygulanan delik geometrisi patlatma verimliliği kapanma ölçümleriyle değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Böylece elde edilen sonuçlara bağlı olarak delme patlatma ile üretim yapan veya yapmayı düşünen yeraltı ocak işletmelerine bu yönüyle ışık tutması amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada uygulanan yöntem aşağıda açıklanmıştır.

2 ÇALIŞMADA UYGULANAN YÖNTEM

Öncelikle delik delme işlemini yapan makineler tanıtılarak delik uzunlukları ve çapları hakkında bilgi verilerek, ateşleme düzeneklerine geçilmiştir. Ateşlemeler sonrasında oluşan deformasyon miktarları değerlendirilmiştir. Bu çalışma sırasında yapılan tüm işlem adımları Şekil 1’de çalışma yöntemi olarak verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma yöntemi aşamalarının şematik gösterimi.

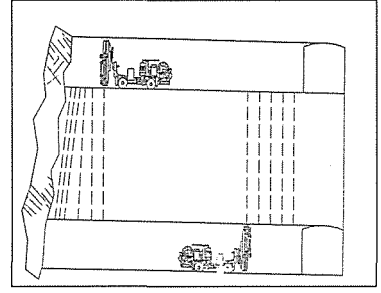
2.1 Delme İşleminde Kullanılan Makine Bilgileri

Bu çalışma kapsamında delik delme işlemleri yeraltında kullanılan; Cubex (delik delme makinesi), Solomatic (katlar arası delik

delme makinesi), Jumbo (ayna delikleri delme makinesi) ile yapılmıştır. Bu makinelerin teknik özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1 Solomatic delik delme makinesi

Katlar arası patlatma delikleri, solomatic delik delme makinesi ile delinmektedir. 51 ile 102 mm çapları arasındaki delikleri 40 m uzunluğa kadar delebilen bu makine ile yukardan aşağıya veya aşağıdan yukarıya doğru delik delinebilmektedir (Şekil 2).



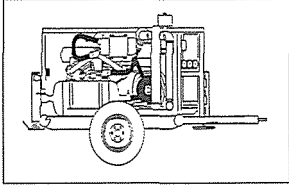
Şekil 2. Solomatic delik delme makinesinin delik açımı (Ergüler, 2007a).

2.1.2 Cubex delik delme makinesi

102 mm ile 203 mm çapındaki delikleri de delebilen, cubex delik delme makinesi solomatic makinesinin alternatifi olarak nadiren patlatma deliklerinin delinmesinde kullanılmaktadır. Esas amacı, serbest yüzey oluşturulması için açılan başyukarı bacalarının kesiminden önce 203 mm çapındaki pilot deliğin delinmesi ve daha sonra baca kesicinin buna montajı ile başyukarının sürülmesini sağlamaktır. Cubex, ufak delik (39 mm), pilot delik (203 mm) ve V30 deliğinin delinmesi için kullanılmaktadır (Şek.3).

Rot uzunluğu 1.5m’dir. 10–12 rot kullanılarak delik delinebilmektedir. Machine Roger adı verilen genişletme kafası göbek delik açımında kullanılır ve cubex makinesine bağlanır. 3 m/saat hızla 762 mm çapında, bir baca açabilen bu makine serbest

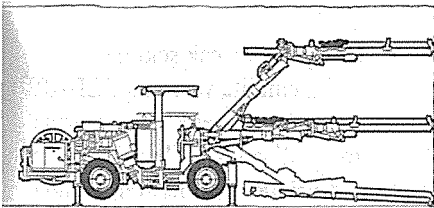
yüzey oluşturulmasında kullanılmaktadır. Cubex makinesinin çalıştırılmasından önce, delik delinecek yüzey düzleme makinesi (tak tak) ile gerekli görülüüyorsa düzenlenir. Delik sıralarını belirlemek için yan duvarlara numaralar boya ile işaretlenir. Makine bağlantıları yapılarak çalışmaya hazır hale getirilir. Delinecek delik için deliğin açısı ayarlanmaktadır (Ergüler, 2007a).



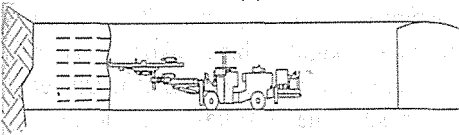
Şekil 3. Cubex delik delme makinesi.

2.1.3 Jumbo delik delme makinesi

Ayna deliklerinin açılmasında lastik tekerlekli iki kollu jumbo kullanılmaktadır. 12-90 m² lik bir alanda çalışma imkanına sahip olan jumbo kolu 360° dönebilen yapıda ve 4 m uzunluğunda delik delebilmektedir. Yapılan bütün işlemler jumbo üzerinde bulunan elektronik gösterge ile kontrol edilebilmektedir. Aynanın göbek kısmında bulunan iki adet 89 mm lik boş bırakılan deliklerin delinmesinde de jumbo makinesi kullanılır (Şek. 4). Hava ihtiyacı 3 m³/sn ve su sarfıyatı 66 lt/dak dır (Ergüler, 2007a).



(a)



(b)

Şekil 4. (a) Jumbo delik delme makinesi ve (b) delik delme işlemi.

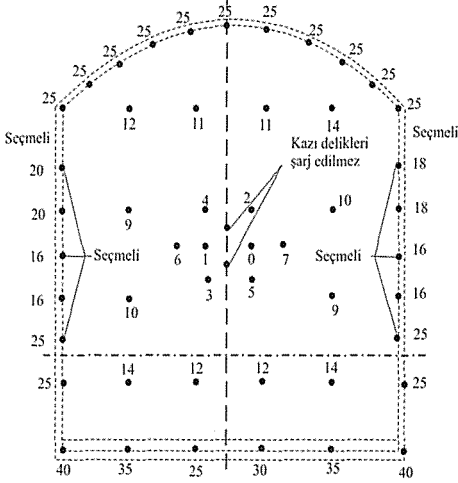
2.2 Deliklerin Doldurulması ve Ateşleme Düzenneği

Bu çalışmada, 3.80 m lik atım sağlanabilmesi için etkin delik geometrisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, bakır cevher, yüksek kırılgenliğe sahip olduğu için 3*3 m, çinko cevher ise daha düşük kırılgenliğe sahip olduğu için 2.5*2.5 m veya 2.5*3 m delik düzeni uygulanmıştır.

Galeri genişliği 6.5-7 m arasında değiştiğinden bir sırada genellikle 3 delik bulunmaktadır. Delikler açıldıktan sonra delik içerisinde kalmış olan /olabilecek toz ve kaya kırıntıları basınçlı hava yardımıyla temizlenir. Böylece deliğe yapılacak patlayıcı şarjı esnasında, karşılaşılabilecek güçlükler engellenmiş ve istenilen miktarda patlayıcı şarjına olanak sağlanmış olur. Deliklerin doldurulması esnasında ara sıkılama maddesi olarak silindirik ağaç kullanılmaktadır.

Dinamitlerin arasına silindirik ağaç yerleştirilmesinin sebebi; delik boylarının 4 metre olmasıdır. Oysa deliğe şarj edilen patlayıcılar, kendi başına, deliğin ancak yarısını doldurabilmektedir. Oysa verimli bir patlama sağlanabilmesi, deliğe kolon şarj uzunluğu boyunca yeterli patlayıcı maddenin doldurulması ile olur. Sıkılama olarak kullanılan ağaç boyutları Ø40*400 mm 'dir. Söz konusu deliklerin gecikmeli olarak ateşlenmesini sağlayan NONEL kapsülüdür. Deliğe ilk şarj edilen ilk dinamitin ucunda, infilaklı fitil (detonating Cord) ve NONEL kapsül birlikte mevcuttur. İnfilaklı fitil; bir patlayıcı ile diğerinin temasını sağlayarak tüm patlayıcıların (dynamitlerin) patlatılmasını sağlar. Bir dinamit 10 cm yakınındaki diğer dinamiti patlatması mümkündür. Oysa burada patlayıcılar arasına (iki dinamit arasına) 40 cm uzunluğunda ağaç yerleştirilmektedir. Bu sebeple delik içinde düzgün ve sürekli bir patlatmanın sağlanması infilaklı fitil kullanımını zorunlu kılmıştır.

Şekil 5 üzerinden de takip edilecek olunursa önce sıra numarası "0" olan delik, ardından da "1" olan delik patlayacaktır. Bu patlatma sırasıyla 2,3,4,5... nolu deliklerle devam edecektir. Sıra numarası "1" olan NONEL 'in gecikmesi 100 ms 'dir. Peryot numarası "2" olan NONEL 'in gecikmesi 200 ms 'dir. Görüleceği üzere önce göbek delikleri, sonra duvar delikleri daha sonra tavan delikleri ve en son olarak ta taban delikleri patlatılmaktadır.



Şekil 5. Deliklere göre patlayıcı şarjı

Bu şekilde bir patlatma sırasının uygulanmasının önemini, göbeğin öncelikli olarak çıkarılmasıdır. Bunun için göbekteki 89 mm'lik iki delikten (şarj yapılmayan) yararlanılır. Bu iki delik patlatma esnasında serbest yüzey oluşturarak göbeğin sökülmesine yardımcı olur. Göbek söküldükten sonra daha büyük bir serbest yüzey meydana gelmekte ve mevcut patlayıcı şarjından dolayı da duvar deliklerinin patlatılması gerekmektedir. Bu amaçla, duvar deliklerini patlatarak tavanı askıda bırakmak, yerçekimi kuvvetinden yararlanıp daha düşük şiddeteki patlayıcı ile (ELBAR-1) tavanı düşürmektedir. Yüksek şiddetli patlayıcılar (dinamit) tavanın aşırı sökülmesine sebep olurlar. Bu ise istenmeyen bir durumdur. En son olarak ise en fazla patlayıcı şarjı yapılan taban delikleri

patlatılır ve böylece istenilen galeri kesiti elde edilir. Bu tür galeri atımlarında kullanılan NONEL türü, NONEL GT/T dir. Deliklere yeterli miktarda patlayıcı şarj yapıldıktan sonra delik dışında kalan yaklaşık 2 m uzunluğundaki NONEL tüpleri belirli bölgelerde bir araya toplanır. Her bölgede bir araya toplanan NONEL tüpü sayısının 20'den fazla olmaması istenir. Bu NONEL tüpleri plastik bir bantla birbirine bağlandıktan sonra UB 0 denilen bir demet bağlayıcı (bunch connector) ile sarılarak bağlanır. Bir aynada genellikle 4 bölge bulunur. Her bölgede bir UB 0 mevcuttur. Bu dört UB 0 çıkışındaki NONEL tüpler bir başka UB 0 ile sarılır. Bu en son UB 0'ın ucuna elektrikli kapsül bağlanır ve en yakın elektrik panosu ile ilişkilendirilir. Böylece sistem ateşlemeye hazır duruma getirilmiş olur. Ateşleme, tüm galeri boşaltıldıktan sonra, yetkili kişilerce, yeryüzünden yapılır. Yeryüzünden elektrik devresi yardımıyla verilen 220V'luk cereyan elektrikli kapsülü ateşler, oluşan şok NONEL 'i patlatmak için yeterli olmaktadır.

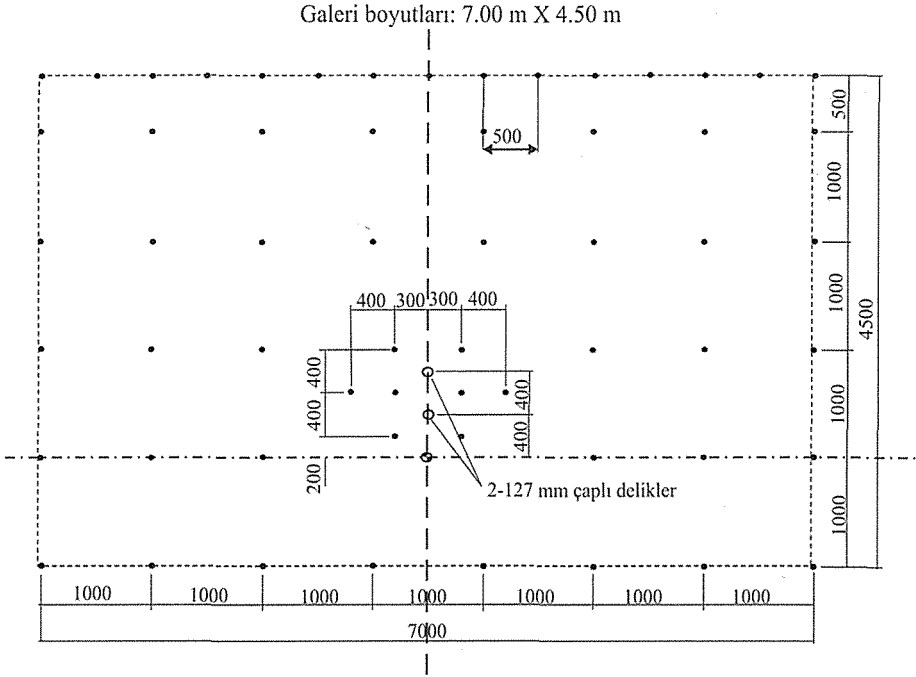
2.2.1 Ayna ve Katlararası Deliklerinin Doldurulması

Ayna taban delikleri 3°, göbeğe ait ilk 8 delik 5° aşağı eğimle delinmesi, bütün ELBAR delikleri ve tavana yakın sıra 3° yukarı eğimle delinmesi ve üretim ve yardımcı delikler 1° eğimle yukarı yönde delinmiştir (Şek. 6).

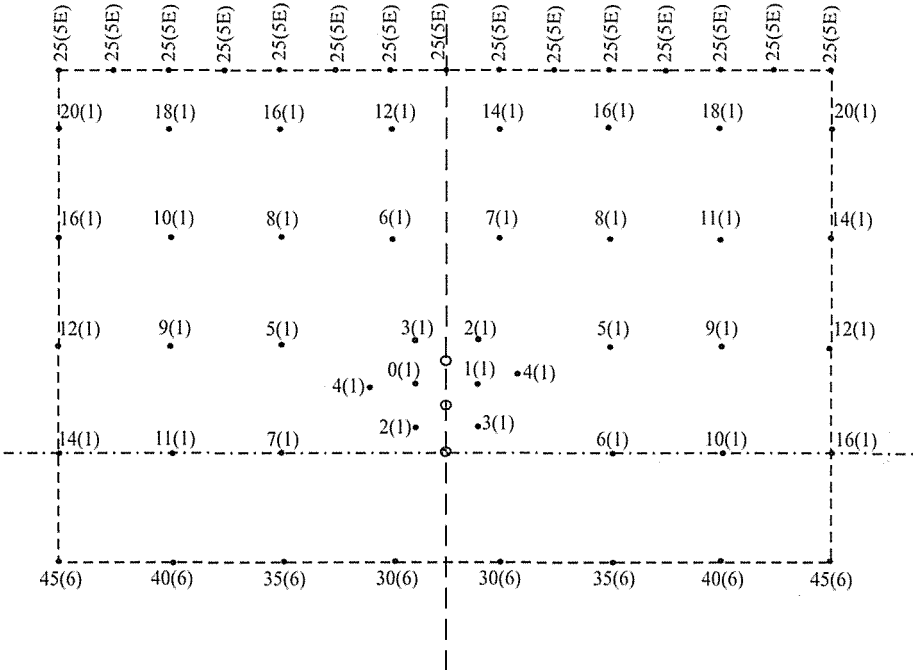
Özgül şarj 1.1 kg/m³ olacak şekilde ve 45 kg dinamit, 100 kg emulite ve 10 kg ELBAR 1 kullanılarak bütün delik tabanlarına 32*400 mm dinamit kapsül ile yerleştirmiştir. ELBAR deliklerinin altında 1.20 m lik boşluk bırakılmıştır (Şek. 7).

Katlararası delikler ise, alt taraftan sıkıştırılarak konik bir takozla iyice tıkandıktan sonra, yukardan NONEL Unidet U475 kapsülü ile 40*400 mm Jelatinit dinamit kullanılarak hazırlanmış yemleme, takozun üzerine oturtulduktan veya yerleştirildikten sonra deliğin yarısı

ELBAR5 ile doldurulmakta ve daha sonra ölçekler kullanılarak yaklaşık 1 m kum doldurulup ara sıkılama yapılmaktadır.



Şekil 6. Galeriyi aynalarında açılmış olan tipik bir delik geometrisinin şematik görünümü.



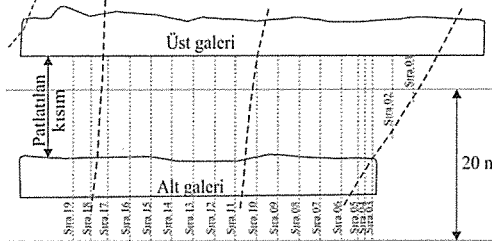
Şekil 7. Delik şarj ve zamanlama geometrisi (parantez içinde verilen sayılar dinamit sayısını, E: elbar patlayıcısını göstermektedir).

Kumun üzerine yine aynı tür dinamit ile NONEL Unidet U500 kapsülü kullanılarak hazırlanmış ikinci bir yemleme sarkıtılmakta ve bunun üzerine yine ELBAR5 ile deliğin ağzından 1 m boşluk kalana kadar doldurulmaktadır. Kalan son 1 m boşluğa yine kum ile sıkılama yapılmaktadır. Yüzey bağlantıları ve ateşleme yer üstünden ocak tamamıyla boşaltıldıktan sonra yapılmaktadır. 64 mm çapındaki deliklerle başlayan katlar arası patlatma 89 mm, hatta zaman zaman 102 mm çapındaki deliklerin kullanılması ile başta delme zamanını azaltma yönünde olmak üzere bir takım yararlar sağlanmıştır. Bu yararlar karşılaştırılmalı olarak Çizelge 1’de verilmiştir. Bu çizelgede ortalama galeri uzunlukları 32 m arasının patlatılması varsayımından yola çıkılarak hazırlanmıştır.

Çizelge 1. Karşılaştırmalı delik özellikleri

Delik Çapı	64	76	89	102
Delik Düzeni	2*2	2*2	3*3	2.5*3
Delik Sayısı	70	70	38	44
Toplam Delinen Metre	980	980	532	616
Özgöl Şarj	0.93	1.28	0.86	1.04
Karşılaştırmalı Maliyet (%ton)	87	100	60	72

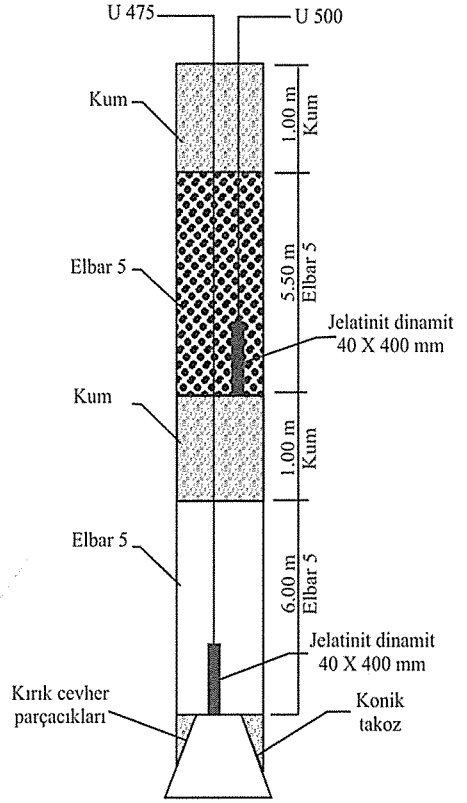
Patlatma sırasında önce 475 ms’lik kapsül bağlanan alt kısım sonra 500 ms’lik kapsül bağlanan üst kısım patlamaktadır. Bir seferde genellikle iki sıranın atımı yapılmaktadır (Şek. 8).



Şekil 8. Katlar arası delik geometrisi (Kalyoncu, 2000).

İlk önce bir açılış deliği seçilerek bu deliğe UB 0 kapsülü bağlanır. Seçilen bu delik serbest yüzeye en yakın delik olmalıdır.

Daha sonra UB 17, 25 ve 42 ms’ lik gecikme kapsülleri ile delikler birbirine bağlanır. Dikkat edilecek nokta aynı zamanda iki deliğin patlamasını sağlamaktır (Şek. 9).



Şekil 9. Çalışmalarda kullanılan delik şarjının iki boyutlu görünümü (Kalyoncu, 2000).

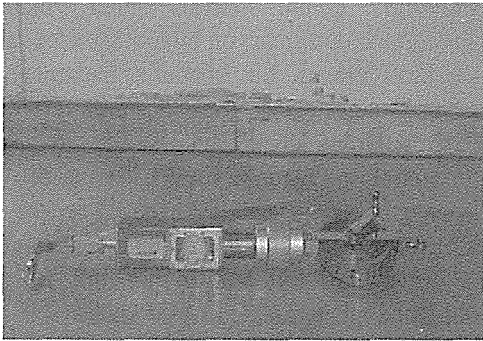
2.3 Kaya Birimlerinin Özellikleri ve Uygulanan Tahkimat Sistemi

Ölçümlerin yapıldığı galerilere ait kaya birimlerinin tek eksenli sıkışma dayanımı değerleri; bakır cevherde 58.2 MPa, çinko cevherde ise 42 MPa olduğu saptanmıştır. Dolaylı çekme dayanımı değerleri ise; bakır cevherde 4.35 MPa, çinko cevherde 2.98 MPa olarak belirlenmiştir. Bakır ve çinko cevherlerinin birim hacim ağırlık değeri ise sırasıyla 26 ve 31 kN/m³’dir (Kalyoncu, 2004).

Kapanma istasyonlarının bulunduğu galerilerde destek sistemi olarak, çelik hasır ile püskürtme betonun yanı sıra, 1.10 ile 1.26 m mesafe aralıklarla dizayn edilmiş 2.4 m uzunluğunda, 25 mm çapında ve 22.2 mm yiv boyutunda çimentolu ve reçineli kaya saplamaları kullanılmıştır. Çelik hasırlar 5x5 m boyutunda kare veya 3.5x1.5 m boyutlarında dikdörtgen şeklinde olup, oluşan küçük kaya parçalarının tutulmasında kullanılmıştır. Püskürtme beton çalışmalarında çekme dayanımını arttırmak için çelik tel içeren karışım kullanılmış ve bunun sonucunda yaklaşık 30 MPa'a varan çekme dayanım değerleri elde edilmiştir. Cevher üretimi yapılmış galerilerde ise, destek amaçlı ve dayanımı 0.79 ile 1.27 MPa arasında değişen macun dolgu da kullanılmıştır.

2.4 Kapanma Ölçümleri

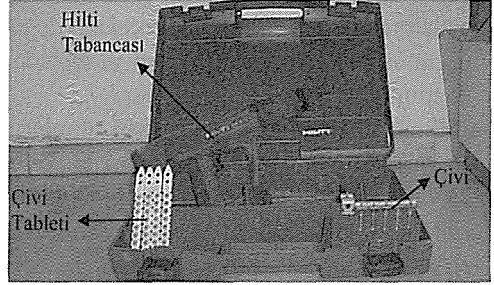
Konverjans, tavan ve taban arasında göreceli olarak oluşan düşey kapanma veya galeri duvarları arasında oluşan yatay kapanma olarak tanımlanmaktadır (Ergüler, 2007b). Bu çalışmada konverjans ölçümleri, duyarlılığı 0.1 mm olan şerit ekstansometre kullanılarak yapılmıştır (Şek. 10).



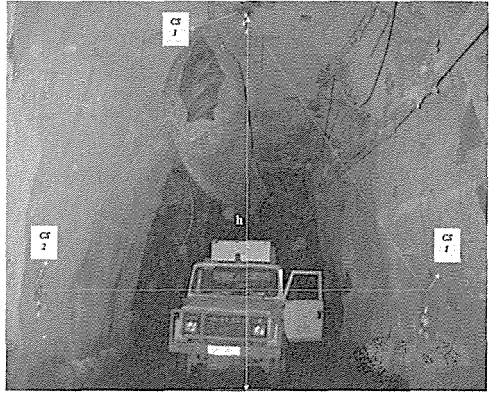
Şekil 10. Arazi çalışmasında kullanılan kapanma ölçer.

Ekstansometre kancasının sabit bir noktaya takılabilmesi için; hilti tabancası, çivi tableti ve 6 cm uzunluğunda demir çivi kullanılmıştır (Şek.11). Herhangi bir

istasyonun sol ve sağ yan duvarlarında ve tavanında yer alan işaret noktalarının, aynı doğrultuda ve her üç noktanın da izafi bir üçgen oluşturulabilmesi için ip kullanılarak doğrultu kestirimleri yapılmıştır (Şek.12).



Şekil 11. Darbeli tabanca

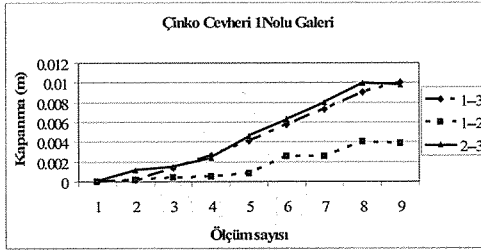


Şekil 12. Kapanma (konverjans) istasyonu.

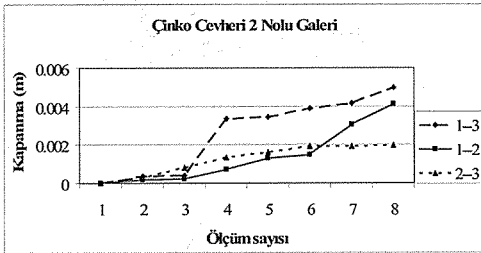
Şekil 12'de bir kapanma ölçüm (konverjans) istasyonunda, sol yan duvar CS 1 (galeri girişi, sol), sağ yan duvar CS 2 (galeri girişi, sağ) ve tavan noktası ise CS 3 olarak numaralandırılmıştır. Bu sistem, tüm ölçüm istasyonlarında aynı şekilde uygulanmıştır. Oluşan deformasyon hareketlerinin izlenmesi amacıyla, kapanma ölçümleri, yeraltında bulunan tüm ölçüm noktalarında 3.5 ay boyunca sürdürülmüştür. Araziden alınan kapanma ölçümleri, atım sonucunda deformasyonun zamana bağlı değişimini incelemek için bir haftalık aralıklarla alınmış olup, elde edilen sonuçlar Şekil 13, Şekil 14, Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17'deki grafiklerde sunulmuştur. Şekillerde; CS1-CS2 arası "1/2", CS1-CS3 arası "1/3" ve CS2-CS3 arası "2/3"

olarak gösterilmiştir. 1 nolu galeriler ayna atımı, 2 nolu galerilerde katlar arası patlatmalardan sonra oluşan kapanma miktarlarının belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur. İki farklı cevher türünde yapılan aynı delik geometrisindeki patlatmanın kapanma miktarındaki değişim izlenmiştir. Katlar arası 76 mm ve aynada ise 45 mm delik çapı uygulanmıştır.

Çinko cevherinde yapılan ayna atımlarında en yüksek tavan ile sağ duvar aralığı olan 2//3 arası 9.92 mm, katlar arası patlatmada en yüksek tavan ile sol yan duvar aralığı olan 1//3 arası 4.96 mm kapanma miktarları belirlenmiştir (Şekiller 13 ve 14).

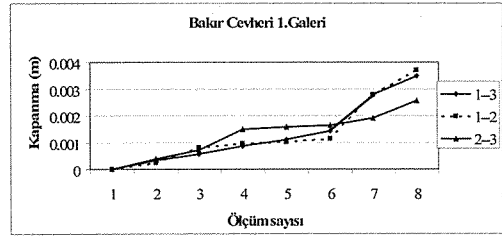


Şekil 13. Çinko cevheri 1 nolu galerideki deformasyon değişimi.

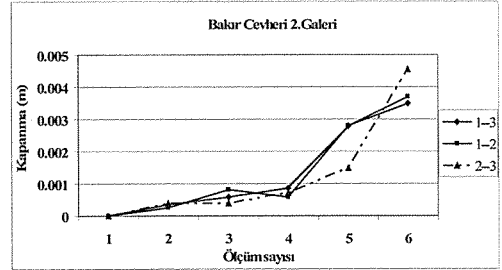


Şekil 14. Çinko cevheri 2 nolu galerideki deformasyon değişimi.

Bakır cevherinde yapılan ayna atımlarında en yüksek iki yan duvar aralığı olan 1//2 arası 3.69 mm, katlar arası patlatmada en yüksek yan duvar tavan aralığı olan 2//3 arası 4.56 mm kapanma miktarları belirlenmiştir (Şekil 15 ve 16).



Şekil 15. Bakır cevheri 1 nolu galerideki deformasyon değişimi.



Şekil 16. Bakır cevheri 2 nolu galerideki deformasyon değişimi.

İlk patlatma noktasına en fazla 3m yakın olacak şekilde kurulmuş kapanma istasyonlarındaki ölçülen deformasyon miktarları, patlatma noktalarının bu istasyonlara olan mesafesi arttıkça azalım göstermektedir. Söz konusu bu deformasyon miktarları sadece patlatmadan kaynaklanmamakla beraber, patlatmanın yapıldığı günün ertesi günü ölçüm alındığında deformasyon büyüklüğündeki ani artışların önemli bir kısmının patlatmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Patlatmalardan kaynaklanan deformasyonlar, bir sonraki patlatma yerinin kapanma ölçüm istasyonundan uzaklaşılması nedeniyle azalması, iki ölçüm arasındaki en büyük deformasyon farkı ilk patlatmaya ait olduğunu göstermektedir. İlk oluşan bu en büyük deformasyon miktarının patlatmadan kaynaklandığı gerçeğinin yanı sıra, meydana gelen bu deformasyonların üzerinde oluşan ikincil gerilimlerin, ortamdaki kaya malzemesinin mekanik, fiziksel ve mineralojik özelliklerinin de önemli bir etkisi bulunmaktadır.

3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Delme patlatma ile üretim yapan maden işletmesinin diğer işletmeler gibi amacı günlük üretim miktarının ekonomik ve emniyetli bir şekilde sağlanmasıdır. Üretim verimliliğinin artırılması için uygun delik geometrisinin belirlenmesi gerekmektedir. Araştırmanın amacına uygun olarak yapılan çalışmalardan elde edilen veriler ışığında aşağıdaki sonuçlara ve önerilere ulaşılmıştır.

- a) Katlar arasında 76 mm delik çapında bakır cevherde 3 m, çinko cevherde 2.5 m aynada ise 45 mm delik çapında bakır cevherde 1 m, çinko cevherde 0.9 m'lik delikler arası mesafe kullanılarak, etken ve daha az deformasyona neden olan patlatma düzeni tespit edilmiştir.
- b) Çinko cevherinde yapılan ayna atımlarında en yüksek tavan ile sağ duvar aralığı olan 2//3 arası 9.92 mm, katlar arası patlatmada en yüksek tavan ile sol yan duvar aralığı olan 1//3 arası 4.96 mm kapanma miktarları belirlenmiştir. Buna karşın, bakır cevherinde yapılan ayna atımlarında en yüksek iki yan duvar aralığı olan 1//2 arası 3.69 mm, katlar arası patlatmada en yüksek yan duvar tavan aralığı olan 2//3 arası 4.56 mm kapanma miktarları belirlenmiştir
- c) Kapanma ölçümleri değerlendirildiğinde, üretim modelleri yaparken mümkün olduğu kadar yan yana alanlarda çalışmak yerine, nispeten uzak alanların seçilmesi, destek sistemlerinin daha uzun sürede duraylı kalabileceği düşünülmektedir. Bu amaçla, topuk mesafelerinin etkin belirlenmesi gerekmektedir.
- d) İleride atım mesafesinin artırılması söz konusu olursa uygun delik geometrisi deneme yanılma yapılarak yeniden belirlenmelidir.

Uygun delik geometrisi çalışmaları, jeolojik veriler temel alınarak ve patlayıcı özelliklerinin doğru seçilmesi ile kısa sürede tamamlanabilir.

KAYNAKLAR

- Kalyoncu, G., 2000. *Mekanize İşlem Sistemlerinde Temel İşlem Modelleri*, Bitirme Ödevi, Karadeniz Teknik Üniversitesi. 37 s.
- Kalyoncu, G., 2004. *Çimento ve Reçine Dolgulu Kaya Saplamaları Performansının Değerlendirilmesi*, Hacettepe Üniversitesi, 100 s.
- Ergüler, G.,K., 2007a. *Metal Madencilğinde Kullanılan Bazı Makinelerin Performans Analizi*, 1.Maden Makineleri Sempozyumu s.105-115, Kütahya.
- Ergüler, G.,K., 2007b, *Farklı Kaya Birimlerinde Açılmış Bir Yer altı Maden İşletmesinde Kapanma Ölçümlerinin Değerlendirilmesi*, 60. Jeoloji Kurultayı, s 311-313, Ankara.

Çayeli Bakır Madeni Yeraltı Patlatmalarının İyileştirilmesi Çalışması

Improvement Studies For The Underground Blasting Operations in Çayeli Copper Mine

H. Sinan İNAL

NİTROMAK A.Ş., ANKARA

Kemal KARAOĞLU

ÇBİ A.Ş., RİZE

ÖZET Çayeli Bakır İşletmeleri A.Ş. (ÇBİ) kurumunda bakır cevheri çıkarmak amacıyla yeraltı madenciliği faaliyetleri sürdürülmektedir. Madencilik faaliyetinin sürdürülebilmesi amacıyla yürütülen operasyonlardan birisi de patlatma işlemleridir.

Bir süreden beri yürütülen yeraltı patlatma operasyonlarında bir takım sorunlar ve verim düşüklükleri yaşanan ÇBİ’de, mevcut problemlerin çözümü ve patlatmaların iyileştirilmesi amacıyla, Çayeli Bakır İşletmeleri A.Ş. ve Nitromak A.Ş. işbirliği ile bir dizi araştırma ve iyileştirme çalışmaları yürütülmüştür. Çalışmalar, mevcut durumun irdelenmesi, tespit edilen hususlar doğrultusunda çeşitli çözüm önerilerinin sunulması ve uygulama ile doğrulanması aşamalarını kapsamaktadır. Gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları, görüşler, kanaatler, tespit edilen aksaklıklar ve çözüm önerileri bu bildiride sunulmuştur.

ABSTRACT Çayeli Copper Mine (ÇBİ) is conducting underground mining activities in order to recover copper and zinc ores from underground. One of the main steps of mining activity is the blasting operations held underground.

A series of improvement and research studies are performed with the collaboration of Çayeli Copper Mine (ÇBİ) and Nitromak, in order to overcome the efficiency loss, which is observed in underground blasting operations. Conducted studies covers the observation of existing conditions, determination, recommendation and application of determined solutions. The results, observations and recommendations of these studies together with the solution methods are given in detail throughout this paper.

1 GİRİŞ

Çayeli Bakır İşletmeleri A.Ş. (ÇBİ) kurumunda bakır cevheri çıkarmak amacıyla yeraltı madenciliği faaliyetleri sürdürülmektedir. Madencilik faaliyetinin sürdürülebilmesi amacıyla yürütülen operasyonlardan birisi de patlatma işlemleridir.

Bir süreden beri yürütülen patlatma operasyonlarında kamara (soket) kalması ve ilerleme oranında düşüklükler yaşanan ÇBİ’de, mevcut problemlerin çözümü ve patlatmaların iyileştirilmesi amacıyla, Çayeli Bakır İşletmeleri A.Ş. ve Nitromak A.Ş. işbirliği ile bir dizi araştırma ve iyileştirme çalışmaları yürütülmüştür. Gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları, görüşler, kanaatler,

tespit edilen aksaklıklar ve çözüm önerileri bu bildiride sunulmuştur.

2 ÇALIŞMA PLANI

Patlatmaların iyileştirilmesi amacıyla yürütülen çalışmalara 09 Ağustos 2006 tarihinde başlanmış ve 18 Ağustos 2006 tarihine kadar devam edilmiştir.

ÇBİ yetkilileri, yapılan görüşmeler sonucunda, patlatmalarda yaşanan problemin çoğunlukla 685 ve daha alttaki seviyelerde ve çoğunlukla riyolit ve siyah cevher (black ore) olarak tanımlanan sfalerit ana kayada dissemine olarak bulunan cevher (kalkopirit) aynalarında yaşandığını ifade etmişlerdir.

4.0-4.5 civarında sertlik derecesine sahip riyolitin patlatılmasında zorluk yaşanması olağan karşılanabilir. Ancak daha yumuşak olduğu bilinen sfalerit-kalkopirit'de (black ore) sorun yaşanması, delik geometrisi, delme işlemi, patlatma zamanlaması, şarj şekli ve şarj yoğunluğu gibi parametrelere dikkat etmemiz gerektiğinin ipuçlarını vermektedir.

Çalışma dönemi içerisinde öncelikli olarak söz konusu aynalarda halihazırda gerçekleştirilmekte olan patlatmalar incelenmiştir. Ek olarak delme ve patlatma aşamaları ile ilgili sorunlar tespit edilmiş, uygulanan patlatma dizaynı ve yaşanan olumsuzlukların bunlarla olan bağlantıları tespitine çalışılmıştır. Çalışma süresi boyunca yapılan deneme patlatmalarında kullanılan parametreler ve sonuçları irdelenmiştir.

Gerçekleştirilen deneme patlatmalarında ilk olarak, halen uygulanmakta olan delik şemasına göre delgisi yapılmış aynada Emulite-TG (31,5 mm) kullanılarak patlatma yapılmış ve sonuç incelenmiştir.

İkinci aşamada halen kullanılmakta olan delik şemasında değişiklikler yapılarak geliştirilmiş Emulite-TG (31,5 mm) ile denemeler yapılmıştır.

Üçüncü aşamada sorunlu olduğu ifade edilen mevcut Emulite-TG (38 mm) kullanılmıştır.

Dördüncü aşamada yeni Emulite-TG (38 mm) ile üzerinde değişiklikler yapılmış olan delik şeması kullanılmıştır.

Son olarak, uygulanması gereken delik şemasına son şekli verilerek yeni Emulite-TG (38 mm) kullanılarak patlatmalar yapılmıştır.

Gerçekleştirilen bu deneme patlatmaları sonucunda tespit edilen hususlar ışığında, sonuçlar karşılaştırılmış, kullanılmakta olan tasarımda orta kesme, üretim ve kontur deliklerinde yenilikler yapılmış ve çeşitli önerilerde bulunulmuştur (İnal, H.S., Alpsar, M.A., 2006).

3 GERÇEKLEŞTİRİLEN DENEME PATLATMALARI

3.1 685 Malzeme Cebi Patlatması

09 Ağustos 2006 tarihinde 16:00-24:00 vardiyasında, ÇBİ 'de kullanılmakta olan mevcut delik şeması (Şekil 1) kullanılarak 685 malzeme cebi aynası şarj edilmiş ve patlatılmıştır. Gerçekleştirilen deneme patlatması ile ilgili detaylı bilgi aşağıdaki gibidir.

Tarih – Vardiya : 09.08.2006 – 16:00/24:00

Patlatma Aynası : 685 Malzeme Cebi

Zemin Cinsi : Riyolit (asidik taban taşı)

Kayaç Sertliği : 4.5 – 5.0

Kesit Alanı : ~25 m² (w=5m x h~5m)

Delik Çapları : Şarj delikleri ϕ =45 mm

Boş delikler ϕ =102 mm

Delik Boyu : 4.0 m

Delik sayısı : 61 adet

Delik Aralığı (yük m.) : 0.8 m

Kapsül Cinsi ve sayısı :

NONEL LP (61 adet)

NONEL SL : 5 adet

Elektrikli Kapsül : 1 adet

Kullanılan Patlayıcı :

140 kg Emulite-TG (31.5 mm, 400 gr)

90 m infilaklı fitil (80 gr/m)(7.2 kg)

Verim : ~% 65

Deliklerin şarjı için kullanılan patlayıcı madde miktarları aşağıdaki gibidir. (Şekil 1)

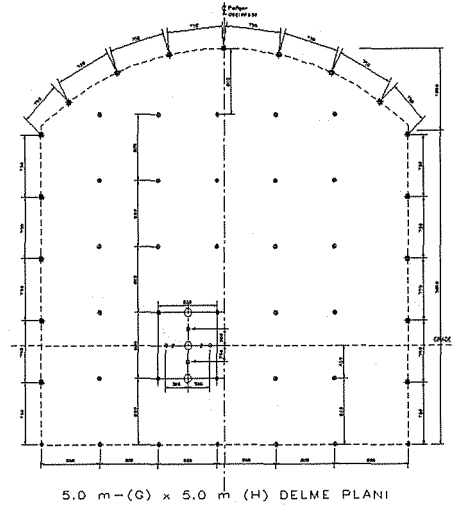
- Göbek çekme delikleri : 9 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş
- Taban delikleri : 9 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş
- Üretim delikleri : 8 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş
- Tavan / duvar delikleri : 1 adet Emulite-TG 31.5 mm(400 g) kartuş + 3 m 80 gr/m infilaklı fitil

İşletmede yürütülmekte olan patlatma işlemlerinin doğru değerlendirilebilmesi amacıyla yapılan ilk deneme patlatmasında yalnızca iki değişiklik yapılmıştır.

1. Uygulanmakta olan Paralel Kesme (Paralell Cut) delik şemasına eksik kaldığı tespit edilen dört adet daha delik eklenerek çekme geometrisi tamamlanmış,
2. Geliştirilmiş Emulite-TG 31.5 mm patlayıcı kullanılmıştır.

Mevcut paralel kesme tasarımında, kesme bölgesindeki son delikler ile hemen takip eden üretim delikleri arasında oldukça fazla bir yük mesafesi kaldığı gözlenmiştir. Bu nedenle orta çekme tasarımında bir değişiklik yapılmış ve 4 adet ek delik delinerek kesme alanı bir kademe daha genişletilmiştir. Böylece fazla yük mesafesi durumu ortadan kaldırılmıştır.

Delme işlemi tamamlandıktan sonra aynanın ve patlatmadan sonra pasanın durumu sırası ile Resim 1 ve Resim 2'de görülmektedir.



Şekil 1. ÇBİ'de kullanılan mevcut delik şeması

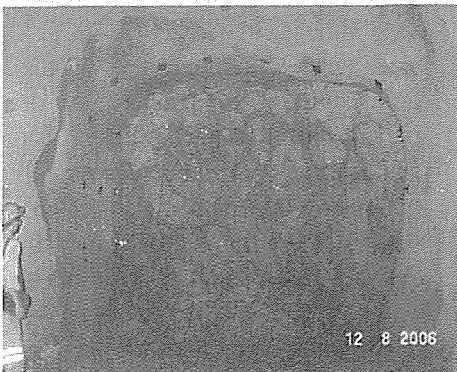
Deneme patlatması sonucunda kesme delikleri ve üretim delikleri tam olarak çalışmış ve bu patlatmadan beklenenin üstünde verim alınarak yapılan kesme tasarımı değişikliği öncesindeki patlatmalardan daha iyi bir sonuca ulaşılmıştır.

Duvar deliklerinin üst kesimlerinde (tavan delikleriyle birleştiği kesimde) ve birkaç tavan deliği etrafında hidrolik kırıcı çalışmadan önce kalınlığı 0.10 metreyi aşmayan 1.0–1.5 m arasında değişen kamara kaldığı gözlenmiş olup aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır (İnal, H.S., Alpsar, M.A., 2006).

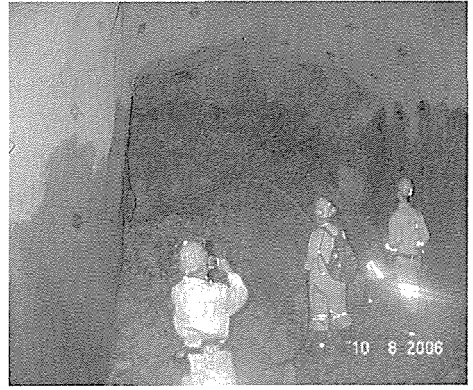
- 1) Geliştirilmiş Emulite-TG, riyolit gibi sert formasyonlarda ilerleyen aynalarda iş yapabilme gücüne sahiptir.
- 2) Daha önce 20 Temmuz–05 Ağustos 2006 tarihleri arasında gerçekleştirilen deneme patlatmaları sonuçlarında, patlatma sonrasında orta çekme bölgesinde konik görünümlü kırılmış bir bölge elde edildiği, ancak bu bölge haricinde kayanın kırılmadığı ifade edilmiştir. Bu durum orta çekme deliklerinin yeterli iş göremediği ve dolayısıyla sonraki deliklerin de parçalanmayı sağlayamadığı şeklinde yorumlanmıştır.

Gerçekleştirilen deneme patlatmasında bu durumla karşılaşılmamış, orta çekme delikleri ve takip eden üretim delikleri kayayı etkin şekilde kırabilmiştir. Buna göre orta çekme tasarımına yapılan eklemeler sayesinde tasarımın etkin şekilde işlevini yerine getirmesi sağlanmıştır.

- 3) Duvar delikleri omuz kesimlerinde ve bir kısım tavan deliklerinde, aynada hidrolik kırıcı çalışmasından önce 1.0–1.5 m arasında soket gözlenmiştir. Ancak, soketlerin önünde kalan kaya kalınlığının oldukça ince olduğu ve 0.10 metreyi aşmadığı görülmüştür. Bu durum infilaklı fitille şarj edilen tavan ve duvar deliklerinde kullanılan infilaklı fitil ve yemlemenin gücünün düzgün şekilde kesme yapmaya yetmediği şeklinde yorumlanmıştır. Buna göre şarj miktarı, delikler arası mesafe ve yük mesafesi parametrelerini kullanarak duvar ve tavan kesme deliklerinde iyileştirme yapılması gerektiği kanaatine ulaşılmıştır.
- 4) Patlatma delikleri $\phi=45$ mm uç ile delinmektedir. Ancak, delgi takımının delme işlemi sırasında kayanın yan duvarlarını da aşındırması sonucu fiili delik çapı $\phi=48.00$ - $\phi=49.00$ mm'ye kadar çıkabilmektedir.
- 5) Patlatma bölgesinde, patlamayan Emulite-TG veya infilaklı fitil bulunmamıştır.



Resim 1. 9 Ağustos 2006 tarihinde patlatılan 685 Malzeme cebi aynası



Resim 2. 9 Ağustos 2006 tarihinde patlatılan 685 Malzeme cebi aynası Patlatma sonrası pasanın ve aynanın görünümü

3.2685 FWC Patlatması

10 Ağustos 2006 tarihinde 24:00-08:00 vardiyasında, 685 FWC aynası ÇBİ'de kullanılmakta olan mevcut delik şemasına göre, ancak bir önceki patlatmada gerçekleştirilen patern değişiklikleride uygulanarak delinmiş, şarj edilmiş ve patlatılmıştır.

Delme ve Şarj işlemlerine sürekli nezaret edilmiş, delme sırasında delik paterninin doğru uygulanması, şarj sırasında gecikmelerin doğru verilmesi ve deliklerin öngörülen miktarda şarj edilmesine azami gayret gösterilmiştir.

Gerçekleştirilen deneme patlatması ile ilgili detaylı bilgi aşağıdaki gibidir.

Tarih – Vardiya : 10.08.2006 – 24:00/08:00
Patlatma Aynası : 685 FWC Aynası
Zemin Cinsi : Riyolit (asidik taban taşı)
Kayaç Sertliği : 4.5 – 5.0
Kesit Alanı : $\sim 25 \text{ m}^2$ ($w=5\text{m} \times h=\sim 5\text{m}$)
Delik Çapı : Şarj delikleri $\phi=45$
Boş delikler $\phi=127$ mm
Delik Boyu : 4.0 m
Delik sayısı : 60 adet
Delik Aralığı (yük m.) : 0.8 m
Kapsül Cinsi ve sayısı :

NONEL LP : 60 adet
NONEL SL : 5 adet
Elektrikli Kapsül : 1 adet

Kullanılan Patlayıcı :

180 kg Emulite-TG (31.5 mm, 400 gr)
30 m infilaklı fitil (80 gr/m)

Verim : ~% 95

Gerçekleştirilen deneme patlatmasında, 31.5 mm çapında yeni Emulite-TG kullanılmış, bu kez yan duvarlar infilaklı fitil kullanılmadan Emulite-TG 31.5 mm ile şarj edilmiştir.

Deliklerin şarjı için kullanılan patlayıcı madde miktarları aşağıdaki gibidir (Şekil 2.)

- Göbek çekme delikleri : 10 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş
- Taban delikleri : 10 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş
- Yatay Üretim delikleri : 9 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş
- Düşey Üretim delikleri : 8 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş
- Duvar delikleri : 6 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş
- Tavan delikleri : 3 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş + 3 m 80 gr/m infilaklı fitil

09.08.2006 tarihinde yapılan deneme patlatmasında yapılan tasarım değişiklikleri bu patlatmada da aynen uygulanmıştır (Resim 3).

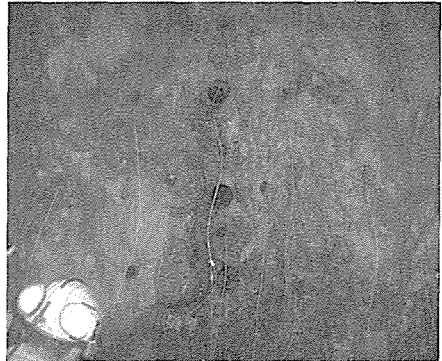
Buna ek olarak bir önceki patlatmada duvar deliklerinin üst kısımlarında ve bazı tavan deliklerinde gözlenen soket probleminin yapılan yorumlar doğrultusunda ortadan kaldırılabilmesi için tavan delikleri 3.0 m infilaklı fitil + 3 adet Emulite-TG 31.5 mm kartuş ve duvar delikleri infilaklı fitil kullanılmadan sadece 6 kartuş Emulite-TG 31.5 mm patlayıcı ile şarj edilmiştir.

Dolayısıyla duvarlarda 8 delikte, tavanda 9 delikte fazladan Emulite-TG 31.5 mm kullanılması toplam kullanılan patlayıcı miktarını arttırmıştır.

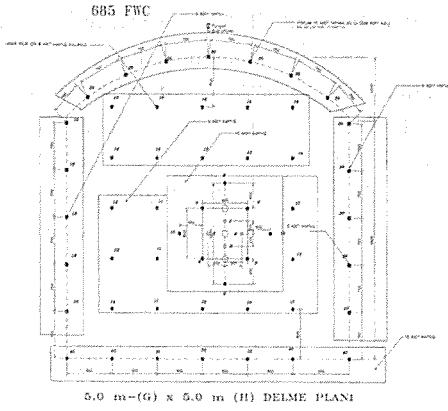
Deneme patlatması sonucunda göbek çekme delikleri ve üretim delikleri tam olarak çalışmış ve ayna tam olarak alınmıştır.

Patlatma sonucunda ayna yüzeyinde bazı kesimlerde, hidrolik kırıcı çalışmasından önce yaklaşık 20 cm örselenmiş soket kaldığı gözlenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- 1) Aynada, örselenmiş ve asılı duran, hidrolik kırıcı tarafından ayna düzeltilmesi sırasında rahatlıkla dökülecek bir kısım olduğu göz önünde bulundurulduğunda, 20 cm soketin gerçekte sağlam kaya kütlesi olmadığı ve aynanın tam alındığı sonucuna varılmıştır.
- 2) Yan duvarlar ve tavanlarda uygulanan yeni şarj biçimi, duvar üst kesimlerinde ve tavanda yaşanan soket probleminin ortadan kaldırılmasını sağlamıştır. Diğer bir deyişle, duvar ve tavan deliklerinde şarjın artırılmasıyla, deliklerin başarılı biçimde çalışması sağlanmıştır.
- 3) Duvar deliklerinde fazla kazı gözlenmemiş, patlatma sonrası rod(tij) izleri ve delik hatları net bir şekilde ortaya çıkmıştır.
- 4) Patlatma bölgesinde patlamayan Emulite-TG ve infilaklı fitil bulunmamıştır.



Resim 3. 10.08.2006 685 FWC aynası deliklerin durumu



Şekil 2. 10.08.2006 685 FWC deneme patlatması şarj planı

3.4 685 Main Access Patlatması (12.08.2006)

12 Ağustos 2006 tarihinde 16:00-24:00 vardiyasında, 685 FWC aynasında kullanılan patern ve ÇBİ'ye daha önce gönderilmiş olan Emulite-TG 38 mm ürün kullanılarak şarj yapılmış ve patlatma gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen deneme patlatması ile ilgili detaylı bilgi aşağıdaki gibidir.

Tarih – Vardiya : 12.08.2006 – 16:00/24:00

Patlatma Aynası : 685 Main Acc. Aynası

Zemin Cinsi : Riyolit

Kayaç Sertliği : 4.0 – 4.5

Kesit Alanı : ~25 m² (w=5m x h=~5m)

Delik Çapı : Şarj delikleri $\phi=45$ mm
Boş delikler $\phi=127$ mm

Delik Boyu : 4.0 m

Delik sayısı : 65 adet

Delik Aralığı (yük m.) : 0.8 m

Kapsül Cinsi ve sayısı :

NONEL LP : 65 adet

NONEL SL : 5 adet

Elektrikli Kapsül : 1 adet

Kullanılan Patlayıcı :

200 kg Emulite-TG (38 mm, 500 gr)

30 m infilaklı fitil (80 gr/m)

Verim : ~% 85

Daha önceki deneme patlatmasında uygulanan patern ve şarj sistemi değişiklikleri bu patlatmada da aynen uygulanmıştır.

Deliklerin şarjı için kullanılan patlayıcı madde miktarları aşağıdaki gibidir:

- Göbek çekme delikleri : 9 adet Emulite-TG 38 mm (500 g) kartuş
- Taban delikleri : 9 adet Emulite-TG 38 mm (500 g) kartuş
- Yatay Üretim delikleri : 8 adet Emulite-TG 38 mm (500 g) kartuş
- Düşey Üretim delikleri : 7 adet Emulite-TG 38 mm (500 g) kartuş
- Duvar delikleri : 5 adet Emulite-TG 38 mm (500 g) kartuş
- Tavan delikleri : 2 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş + 3 m 80 gr/m infilaklı fitil

Deneme patlatması sonrasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- 1) Kırılan malzeme büyük bloklar içermektedir ve fazla savrulmuştur.
- 2) Tavan ve duvar delikleri tam olarak kesmiştir.
- 3) Ayna üzerinde bazı bölümlerde 30-70 cm arasında değişen soketler kalmıştır.
- 4) Aynada yapılan incelemede, yük mesafesinin 0.8 m ve altında olduğu kesimlerde aynanın tam olarak kırıldığı, küçük delgi hataları sonucu yük mesafesinin 1.0 m -1.15 m ve daha fazla olduğu kesimlerde artan yük mesafesine bağlı olarak 30 cm-70 cm soket kaldığı tespit edilmiştir.

Bu nedenle, delik şemasına bir sıra daha delik eklenerek yük mesafelerinin 0.8 m ve daha düşük kalmasının güvence altına alınmasına, ayrıca duvarlarda infilaklı fitil kullanımı için 0.8 m yük mesafesinin fazla gelmesi sorununa çözüm üretilmesine karar verilmiştir.

Buna göre, sonraki deneme patlatmalarında kullanılmak üzere yeni bir delik düzeni oluşturulmuştur (İnal, H.S., Alpsar, M.A., 2006) (Şekil 3).

Yürütülen çalışma sert formasyonlardaki patlatma operasyonlarının iyileştirilmesini amaçlamaktadır. 12 Ağustos–16 Ağustos tarihleri arasında, işletmenin çalışma planları doğrultusunda amaca yönelik sert bir aynada delme ve patlatma işlemi gerçekleştirilmemiş yada delinen sert formasyon aynalarında delgide uygunsuzluk görülmüştür. Bu nedenle bu tarihler arasında herhangi bir deneme patlatması gerçekleştirilememiştir.

3.5 685 FWC Patlatması (16.08.2006)

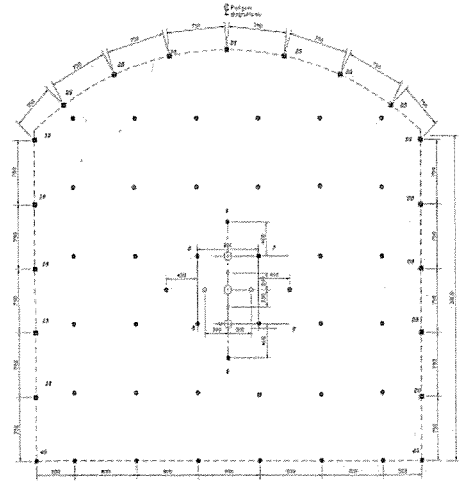
Önceki deneme patlatmalarında elde edilen veriler ve yapılan tespitler sonucunda yeni bir patlatma şeması oluşturulmuş ve Şekil 3’de sunulmuştur.

Tarih – Vardiya : 16.08.2006
24:00/08:00
Patlatma Aynası : 685 FWC Aynası
Zemin Cinsi : Riyolit
Kayaç Sertliği : 4.0 – 4.5
Kesit Alanı : ~25 m² (w=5m x h~5m)
Delik Çapı : Şarj delikleri $\phi=45$ mm
Boş delikler $\phi=102$ mm
Delik Boyu : 4.0 m
Delik sayısı : 60 adet
Delik Aralığı : Üretim delikleri 0.8 m, kontur delikleri 0.5 m
Kapsül Cinsi ve sayısı :
NONEL LP : 60 adet
NONEL SL : 5 adet
Elektrikli Kapsül : 1 adet
Kullanılan Patlayıcı :
157 kg yeni Emulite-TG (38 mm, 500 gr)
16.4 kg yeni Emulite-TG (31.5 mm, 400 gr)
45 m infilaklı fitil (80 gr/m)
Verim : ~% 95

Şekil 3’de belirtildiği üzere, duvar delikleri ile takip eden ilk sıra üretim delikleri arasındaki yük mesafesi 0.5 m olarak ayarlanmış ve böylece toplam olarak daha az patlayıcı şarj edilen duvar deliklerinin (3 m 80 gr/m infilaklı fitil+2 adet Emulite-TG 31.5 mm) amaca uygun olarak kesme işlevini yerine getirmesi amaçlanmıştır.

Oluşturulan delik şemasının ilk uygulamalarında, deliklerin aynaya işaretlenmesi ve delinmesi aşamaları da çalışmanın başında bulunularak kontrol edilmiş, deliklerin tam olarak plana uygun şekilde delinmesi ve şarj edilmesi sağlanmıştır.

Ek olarak, 16.08.2006 tarihinde yapılan 685 FWC ve 685 Main Acc. patlatmalarında, 15.08.2006 tarihinde ÇBİ depolarına getirilen yeni Emulite-TG 38 mm kullanılmıştır.



5.0 m – (G) x 5.0 m (H) DELME PLANI

Şekil 3. 16.08.2006 günü 685 FWC ve 685 Main Acc. Patlatmalarında kullanılan delik şeması

Şemada belirtilen plana göre delinen aynada deliklerin şarjı için aşağıdaki patlayıcılar kullanılmıştır.

- Göbek çekme delikleri : 8 adet Emulite-TG 38 mm (500 g) kartuş

- Taban delikleri : 8 adet Emulite-TG 38 mm (500 g) kartuş
- Yatay Üretim delikleri : 7 adet Emulite-TG 38 mm (500 g) kartuş
- Düşey Üretim delikleri: 6 adet Emulite-TG 38 mm (500 g) kartuş
- Duvar delikleri : 5 adet Emulite-TG 38 mm (500 g) kartuş
- Tavan delikleri : 2 adet Emulite-TG 31.5 mm (400 g) kartuş + 3 m 80 gr/m infilaklı fitil

16.08.2006 tarihinde gerçekleştirilen ilk patlatma olan 685 FWC patlatmasından sonra aşağıdaki durumlar gözlenmiş ve sonuçlara varılmıştır:

- 1) Patlatma sonrasında ayna tam olarak almış ve istenilen ilerleme elde edilmiştir.
- 2) Oluşan yığında çok iri olmayan parçalar görülmüş ancak aşırı ufalanma gözlenmemiştir.
- 3) Aynada birkaç sol duvar deliğinde hidrolik kırıcı çalışmasından önce, örselenmiş, düşük et kalınlığına sahip ve kolaylıkla dökülebilecek 0.20 m soket görülmüştür.
- 4) Ayna önündeki yığında 70-80 cm boyunda 1 parça patlama sırasında darbe alarak kesildiği belirlenen infilaklı fitil bulunmuş ancak patlamayan Emlite-TG'ye rastlanmamıştır.
- 5) Aynada, delinecek delikler jumbocu tarafından 5 m x 5 m kesit alanına göre işaretlenmektedir.

Patlama öncesi yaptığımız incelemede, işaretlenmiş 5 m x 5 m boyutlarındaki kesit alanı dışında, galeri duvar hattı ile işaretlenen son sıra duvar delikleri arasında her iki taraftan da 0.5 m mesafe kaldığı gözlenmiştir. Aynı şekilde tavan delikleriyle tavan hattı arasında da 0.5 m açıklık kalmaktadır.

Bu durumda, galerilerin 5.0 m x 5.0 m yerine yaklaşık olarak 6.0 m x 6.0 m

şeklinde sürüldüğü ve bu nedenle spesifik patlayıcı şarjının aslında 5.0 m x 5.0 m kesit alanına göre hesaplanan değerden daha düşük olduğu sonucu çıkmaktadır.

Diğer bir deyişle, Galeri kesitleri planlanan 5.0 m x 5.0 m yerine yaklaşık 6.0 m x 6.0 m sürülmekte, dolayısı ile her bir patlatmadan daha fazla kaya elde edilmektedir.

Sonuç olarak birim kaya hacminin kazılması için harcanan patlayıcı miktarı daha da düşük gerçekleşmektedir.

3.6 685 Main Acc. Patlatması (16.08.2006)

Aynı gün, 685 FWC patlatmasında izlenen delme, şarj ve patlatma sistemi aynen bu patlatmada da uygulanmıştır (Şekil 3). Ek olarak bu aynada uygulanan şarj hakkında detaylı bilgi aşağıdaki gibidir.

Tarih – Vardiya : 16.08.2006 – 08:00/16:00

Patlatma Aynası : 685 Main Acc. Aynası

Zemin Cinsi : Riyolit

Kayaç Sertliği : 4.0 – 4.5

Kesit Alanı : ~25 m² (w=5m x h=~5m)

Delik Çapı : Şarj delikleri ϕ =45 mm

Boş delikler ϕ =127 mm

Delik Boyu : 4 m

Delik sayısı : 60 adet

Delik Aralığı (yük m.) : Üretim delikleri 0.8 m, kontur delikleri 0.5 m

Kapsül Cinsi ve sayısı :

NONEL LP : 60 adet

NONEL SL : 5 adet

Elektrikli Kapsül : 1 adet

Kullanılan Patlayıcı :

160 kg yeni Emulite-TG (38 mm, 500 gr)

17.6 kg yeni Emulite-TG (31.5 mm, 400 gr)

66 m infilaklı fitil (80 gr/m)

Verim : -

Riyolit aynada gerçekleştirilen bu son deneme patlatmasında son kademe orta çekme deliklerinden birisinin patlamaması sonucu diğer üretim delikleri ve kontur

delikleri iş yapamamıştır. Resim 4’de görüldüğü üzere patlamayan delikte patlayıcılar hala görülebilmektedir. Patlamamanın sebebinin atım kesmesi sonucu kapsülün infilak etmemesi ve dolayısıyla patlayıcıları ateşleyememesi olduğu düşünülmüştür (İnal, H.S., Alpsar, M.A., 2006).

Bu durum göstermektedir ki; delik geometrisi bütünlüğü içindeki herhangi bir aksama yada eksiklik-hele göbek kesme deliklerinden kaynaklanıyorsa- diğer delikleri olumsuz yönde etkilemekte ve başarısız patlatmalar gerçekleşmektedir.

Bunun için zemine uygun ve doğru bir patern seçilirse ve bu paternin denetlenerek doğru delinmesi ve doğru gecikmelerle uygun şarjın yapılması sağlanırsa sonuç başarılı olmaktadır (İnal, H.S., Alpsar, M.A., 2006).



Resim 4. Patlamayan delik sebebiyle başarısız olan riylit aynası

3.7 775S13 Patlatması (17.08.2006)

Çalışma dönemi içerisinde yapılan deneme patlatmaları genel olarak 5.0 m x 5.0 m aynalar üzerine gerçekleştirilmiştir. Ancak sürülen bu galeriler cevhere ulaştığında, 5.0 m x 7.0 m ölçülerine çıkarılmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan yeni delik şeması, şarj ve ateşleme sisteminin aynı zamanda 5.0 m x 7.0 m aynalar üzerinde de uygulanabilmesi için tasarım bu aynalara uyum sağlayacak şekilde değiştirilerek

yeniden hazırlanmış ve bir adet deneme patlatmasının da 5.0 m x 7.0 m ayna üzerinde gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür.

Bu nedenle 17.08.2006 tarihinde 775S13 cevher aynasında aşağıda ayrıntıları verilen deneme patlatması gerçekleştirilmiştir.

Tarih – Vardiya : 17.08.2006 – 08:00/16:00

Patlatma Aynası : 775S13 Aynası

Zemin Cinsi : Black ore (Siyah cevher)

Kayaç Sertliği : 2.5-3.0

Kesit Alanı : ~35 m² (w=7m x h~5m)

Delik Çapı : Şarj delikleri ϕ =45 mm

Boş delikler ϕ =127 mm

Delik Boyu : 4.0 m

Delik sayısı : 80 adet

Delik Aralığı (yük m.) : Üretim delikleri 0.8 m, kontur delikleri 0.5 m

Kapsül Cinsi ve sayısı :

NONEL LP : 80 adet

NONEL SL : 5 adet

Elektrikli Kapsül : 1 adet

Kullanılan Patlayıcı :

224.5 kg yeni Emulite-TG (38 mm, 500 gr)

70 m infilaklı fitil (80 gr/m)

Gerçekleştirilen deneme patlatması sonrasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- 1) Emulite-TG, patlatılan cevher aynasını tam olarak almıştır.
- 2) Patlatmada özgül şarj 5mx7m ayna ölçülerine göre yaklaşık olarak 1.28 kg/m³ olarak gerçekleşmiştir.
- 3) Delik şemasının 7.0 m ayna genişliğine göre işaretlenmesinden sonra yanlarda 0.5 m genişlik kalması, aynaların filli olarak yaklaşık 8.0 m x 5.5 m olarak ilerlediğini göstermektedir. Bu durum, bir atımda daha fazla cevher alındığı ve dolayısıyla şarj yoğunluğunun gerçekte daha da düşük olduğudur.
- 4) Cevher tam olarak kırılmış ve uygun biçimde serilmiştir.
- 5) Tavan ve duvar delikleri düzgün biçimde kesmiş ve fazla kazı oluşmamıştır.

- 6) Aynada, bazı kesimlerde hidrolik kırıcı çalışmasından önce örselenmiş ve kolayca dökülebilecek yapıda 0.20 m soket kalmıştır.
- 7) Aynada patlamayan Emulite-TG veya infilaklı fitil bulunmamıştır.
- 8) 16 ve 17 Ağustos tarihlerinde yapılan deneme patlamaları da göz önüne alınarak duvarda ve tavanda uygulanmakta olan 0.75 m'lik delikler arasındaki mesafenin 0.60-0.65 m'ye düşürülmesinin infilaklı fitillerin asli görevleri olan kesme işlevini daha iyi bir biçimde yerine getirmesini sağlayacağı tespit edilmiştir.
- 9) Gerçekleştirilen deneme patlatmaları ve BLASTEC programının sonuçlarına göre göbek çekme tasarımı değiştirilerek tasarım modifiye edilmiştir. Gerek ilk kademe (1. aşama kesme) deliklerinin daha geniş bir etkin serbest alan yaratmasını, gerekse patlamayan delik olması durumunda patlatmanın risk almadan, sağlıklı olarak sürmesine imkan vermesi açısından bu uygulama yararlı olacaktır.
- 10) Yapılan çalışmalar ve tespitler sonucunda, ÇBI'de kullanılmakta olan patlatma delik tasarımı üzerinde, yukarıda "Gerçekleştirilen Deneme Patlatmaları" başlığı altında adım adım belirtilen değişiklikler yapılmış ve yeni bir patlatma, şarj ve kapsül numaralaması şeması oluşturulmuştur. Bu şekilde, 5.0 m x 5.0 m ve 5.0 m x 7.0 m aynaların her birisi için ANFO ve kapsüle duyarlı Emulite-TG kullanımına göre 2'şer farklı tasarım oluşturulmuştur (Olofsson,S.O., 1991).

4 GÖZLEMLER VE ÖNERİLER

Madencilik faaliyetinin önemli bir bölümünü oluşturan patlatma operasyonları, delme, şarj ve patlatmadan oluşan bir bütün olarak ele alınmalı ve gerçekleştirilen patlatmalar buna göre değerlendirilmelidir. Bu nedenle iyileştirme çalışmaları dönemi içerisinde

bütün delme, şarj ve patlatma aşamaları incelenmiş ve patlatma sonuçları bir bütün olarak değerlendirilmiştir.

Delme ve şarj operasyonlarıyla ilgili olarak gözlemlediğimiz giderilebilir olumsuzlukların tarafınıza bildirilmesinin; bu hususlarda iyileştirme yapılması ve çalışmalardan daha fazla verim alınması açısından; yararlı olacağı düşünülmüştür: Şöyle ki;

- 1) Yukarıda belirtildiği üzere, patlatmanın ilk aşaması aynada deliklerin doğru bir paterne göre işaretlenmesi ve delinmesi ile başlamaktadır. Oluşturulan patlatma şeması aynaya ne kadar itinalı işaretlenir ve delgi safhasında ne kadar dikkatli çalışılırsa, patlatma sonuçları da o denli iyi olacaktır. Kaldı ki, yeraltında kısıtlı bir serbest yüzey ile çalışılan ortamda deliklerin doğru delinmiş olmasının önemi bir kat daha artmaktadır.

Bazı delme işlemleri sırasında deliklerin açılarında küçük sapmalar sonucu delik dibinde yük mesafesinin 1.15 m'ye kadar çıktığı gözlenmiştir (örnek: 12.08.2006 685 FWC patlatması). Yapılan deneme patlatmalarında tespit edilen 0.8 m kritik yük mesafesinin aşılmasına neden olan bu durumun aynada soket kalmasına neden olduğu tespit edilmiştir.

- 2) Boş deliklerin ve göbek çekme deliklerinin delinmesi sırasında, deliklerin konumları birbirlerine oldukça yakın olduğundan ek bir itina gösterilmesi gerekmektedir. Ancak, göbek çekme deliklerinin delinmesi sırasında üç olumsuzluk gözlenebilmektedir. Şöyle ki;
- a) Özellikle 127 mm çapta boş deliklerin delinmesi sırasında delgi takımına aşırı yük verilmesi ve/veya jumbo bomunun kılavuz deliklerle tam hizalanmaması sonucu rod(tij) kırılmaları olabilmektedir. Bu durum gerek delgi süresinin uzamasına ve gerekse bitlerin heba olmasına sebep olmaktadır. Sonuçta,

hatalı delinen bu boş delikler yerine yakın alanda yeni delikler delinmekte, bu durum amaçlanan delik şemasının bozulmasına ve tasarım dışında patlatma yapılmasına sebep olmaktadır (Resim 5). Rod(tij) kırılması olayının aynı aynada 2 sefer bile yaşandığı gözlenmiştir.

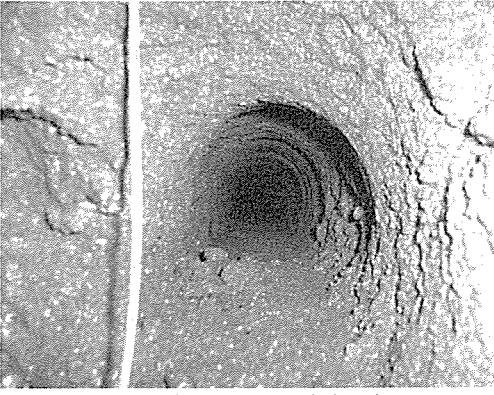
- b) Orta kesmede yer alan boş delikler ve şarj delikleri arasında tam bir paralellik sağlanamaması sonucu boş delikler ileri kesimde şarj delikleriyle birleşebilmektedir. Sonuç olarak, bu durum da hatalı delinen deliklerin yerine yenilerinin delinmesini gerektirmektedir. Bu durum, hem delgi süresinin uzamasına hem de oluşturulan şemanın yanlış uygulanmasına sebep olmaktadır. Resim 5’de görüldü üzere verilen delgide boş deliklerin ikisi rod kırılması ve delik dibinde bit kalması nedeniyle, birisi de bahsedildiği üzere deliklerin birleşmesi sebebiyle iptal edilmiştir.
- c) Delinen boş deliklerin, delgi sonunda dikkatli yikanmaması ve delik içinde delgi pasası bırakılması sonucu, boş deliklerin etkin hacminin düştüğü gözlenmiştir (Resim 6). Paralel delik yönteminde zaten çok sınırlı bir serbest yüzey ve alan ile başlanan patlatma operasyonu bu durumdan olumsuz olarak etkilenebilmektedir. Boş deliklerin ve tüm diğer deliklerin delgi sonunda basınçlı su ile temizlenerek delginin tamamlanması, hem şarjın daha rahat ve çabuk yapılabilmesini hem de boş deliklerin serbest yüzey oluşturma işini daha etkin biçimde gerçekleştirmesini sağlayacaktır.
- 3) ANFO ile patlatma yapılan aynalarda, kontur deliklerine şarj yapılması sırasında kapsül ve 80 gr/m infilaklı fitil, ANFO şarj hortumunun ucuna takılarak delik dibine yerleştirilmekte ve daha sonra deliğe bir miktar ANFO şarj edilmektedir. Bu uygulama sırasında, kapsül ve infilaklı fitilin birbirine bant ile monte edilmediği gözlenmiştir. Teknik olarak kapsüle duyarsız bir patlayıcı olan ANFO’nun

kapsül tarafından ateşlenmesi mümkün değildir. İnfilaklı fitil için yemleme amacıyla deliğe konulan ANFO aslında kapsülün infilaklı fitil’i ateşlemesiyle infilak etmektedir. Yani kapsül aslında infilaklı fitil’i patlatmakta, infilak eden infilaklı fitil ise ANFO’yu ateşlemektedir. Bu nedenle kapsülün infilaklı fitil’e infilak yönünde bant ile mutlaka monte edilmesi gerekmektedir.

- 4) Yapılan çalışmalar sonucunda, BLASTEC programından da yararlanılarak yeni paternler ve şarj tabloları oluşturulmuş ve ayrıca ÇBİ’ye sunulmuştur. ÇBİ yetkililerinin standart bir patern oluşturulması ve oluşturulan bu paternin bütün aynalarda kullanılabilmesi yönündeki talepleri doğrultusunda, 5.0 m x 5.0 m aynalarda ANFO ve Emulite-TG kullanımına uygun 1 adet ve 5.0 m x 7.0 m aynalarda ANFO ve Emulite-TG kullanımına uygun 1 adet olmak üzere toplam 2 adet delik paterni oluşturulmuştur.
- 5) Çalışmalar sırasında görüntülenen bazı fotoğraflar EK-2’de sunulmuştur.



Resim 5. Rod kırılması ve deliklerin birleşmesi sonucu göbek deliklerinin bozulması



Resim 6. Delgi pasasının iyi yıkanmaması sonucu etkin delik alanının düşmesi

5 KAYNAKLAR

- İnal, H.S., Alpsar, M.A., 2006, *Çayeli Bakır Madeni Yeraltı Patlatmalarının İyileştirilmesi Çalışması*, Nitromak, Ankara, 26 s.
- Olofsson, S.O., 1991, *Applied Explosives Technology for Construction and Mining*, Applex, Arla, Sweden

Küre Bakır İşletmesi'nde Katlararası Patlatma (Paralel Delik Metodu ile Katlararası Serbest Yüzey Oluşturma)

Bench Stoping Blasting In Küre Mine Operations (Free Face Developing Between the Silled Drive and the Extraction Drive by Burn – Cut Technique)

Metehan Derya

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş., G.O.P./Ankara)

Ümit Kılıç

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş., G.O.P./Ankara)

Süleyman Taşatan

(STFA Tünel İnşaat A.Ş., Lakhadaria – Bouria/Algeria)

ÖZET Bu bildiri, Kastamonu'nun Küre İlçesi'nde işletilmekte olan Aşıköy Yer Altı Bakır Maden Ocağında yeraltında ilk kez katlar arası delme patlatma tasarımının oluşturulması ve paralel delik metodu ile katlar arası serbest yüzeyin (kuyu) oluşturulmasını anlatmaktadır.

ABSTRACT This paper explains the first application of bench stope blasting design between the silled drives and the extraction drives and free face developing (cutoff slot) between the drives by Burn – Cut Technique in Aşıköy Underground Copper Mine Operations which is operated by STFA Tünel İnşaat A.Ş.

1 GİRİŞ

1.1 Küre Bakır İşletmesi

Eti Bakır A.Ş. Genel Müdürlüğü Batı Karadeniz Bölgesi içinde yer alan Kastamonu ili Küre ilçesinde faaliyetini sürdürmektedir. Cevher yataklarının bulunduğu Bakıbaşı, Aşıköy, Kızılsu ve Toykundu bölgeleri Anadolu'yu kuzeyden çevreleyen Küre dağlarının bir bölümünü oluşturmaktadır.

1.2 Aşıköy Kapalı İşletme

Aşıköy Açık İşletme taban sınırı olan +960 kotundan 30 m aşağıdan başlayan ve +792 m kotuna kadar olan kısımda kapalı işletme üretim yöntemleri ile üretim çalışmaları yapılmakta ve çıkarılan cevher bantlarla kaba kırıcının önündeki stok sahasına nakledilmektedir. Halen Aşıköy kapalı

işletmesinde % 2,00 Cu tenörlü 1.200.000 ton tüvenan cevher için üretim çalışmaları devam etmektedir.

Üretim yüzeyden yaklaşık 150 metre derinde yapılmaktadır. Bakır üretimi yapılan yerlere ana rampa ve buna bağlı kat galerileri, eğik ve dik kuyular ile ulaşılmakta, cevher bu yollar boyunca tahsis edilen bantlar (eğik ve dikey) vasıtasıyla yüzeye çıkarılmaktadır. Ocağın yıllık cevher üretim kapasitesi 300.000 ton'un üzerindedir.

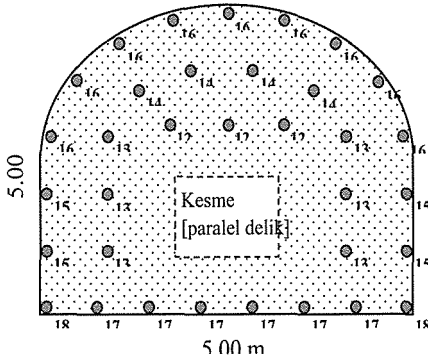
2 AŞIKÖY YER ALTI OCAĞI HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

STFA Tünel İnşaat Firması tarafından ara katlı geri dönümlü dolgulu işletme metodu ile üretim yapılması amacıyla cevher içerisine farklı kotlarda ulaşımı ana rampa ile sağlanan galeriler sürülmüştür.

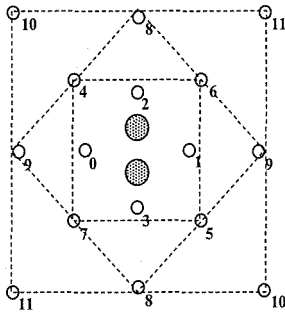
2.1 Hazırlık Galerilerinde Delme – Patlatma İşi

Hazırlık amaçlı sürülen galerilerde patlatma yöntemi olarak paralel delik metodu seçilmiş olup, tasarım ve uygulamalar sırasında patlayıcı maddeleri tedarik eden firmanın delme patlatma uzmanları da hazır bulunmuştur. Bu denemeler aracılığıyla kısa sürede optimum delme – patlatma uygulama parametrelerine ulaşılmış ve STFA Tünel İnşaat A.Ş. firması mühendisleri bu yöntemle çok uzun metrajlarda galeriler sürerek uygulamaları günden güne geliştirmişlerdir.

Hazırlık galerilerinde uygulanan patlatma tasarımına ait değişkenler aşağıda verilmiştir (Şekil 1., Şekil 2., Çizelge 1.):



Şekil 1. Hazırlık galeri kesiti



Şekil 2. Hazırlık galerisi kesme bölgesi

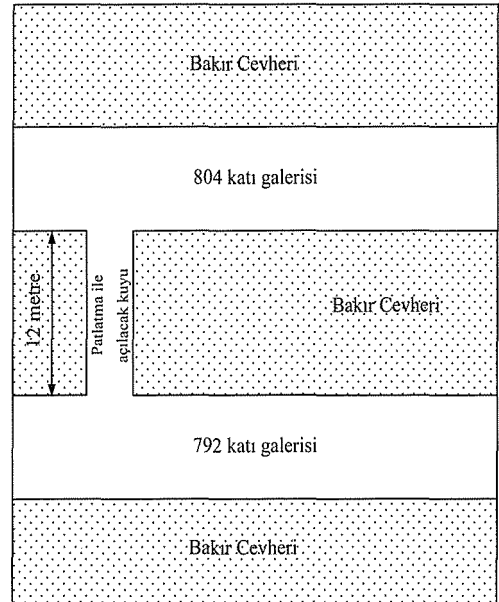
Hazırlık galerilerinde ıslak ve/veya kuru deliklerde ana şarj olarak kapsüle duyarlı emülsiyon patlayıcılar elektriksiz ateşleme sistemleri kullanılmaktadır.

Çizelge 1. Hazırlık galerileri delme – patlatma parametreleri

Formasyon	: Bakır cevheri
Patlatma yöntemi	: Paralel delik
Kesit alanı	: 23.41 m ²
Galeri taban genişliği	: 5.00 m
Galeri yüksekliği	: 5.00 m
Ortalama delik sayısı	: 53 ad.
Patlayıcı delik çapı	: 45 mm
Boş delik çapı	: 89 mm x 2 ad.
Delik boyu	: 4.00 m
İlerleme (%95)	: 3.80 m
Patlatılan hacim (% 95 ilerleme)	: 88.96 m ³
Ana patlayıcı	: P. Magnum 365 Ø 34x225 mm
Toplam ana patlayıcı	: 172.80 Kg.
Ateşleme sistemi	: Exel LP 5 m.
Yüzey bağlantı sistemi	: İnfilaklı fitil (5g./m)
Ozgül şarj	: 1.94 Kg./m ³
Ozgül delik	: 2.38 m/m ³

2.2 Denemeler Öncesi Genel Durum

Katlar arası delme patlatma tasarımının oluşturulması ve paralel delik metodu ile katlar arası serbest yüzeyin (kuyu) oluşturulması denemeleri için 804 ve 792 katları seçilmiştir (Şekil. 3).



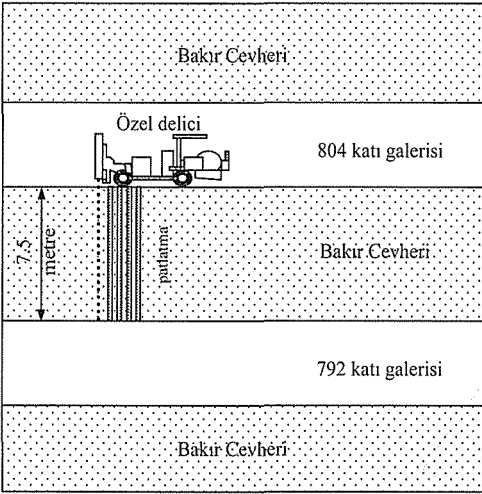
Şekil 3. 804 ve 792 Katları genel görünümü

3 PATLATMA TASARIMI (SERBEST YÜZEY OLUŞTURULMASI)

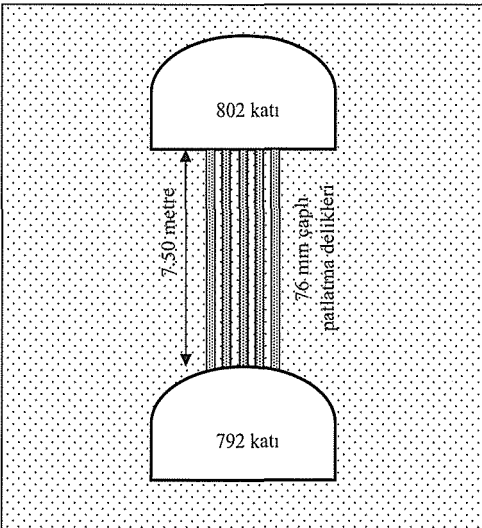
3.1 Genel Durum

Ara katlı geri dönüşlü dolgu lu işletme yöntemi ile üretim patlatmaları yapılabilmesi için öncelikle uygun hacimde serbest yüzey oluşturulması gerekmektedir.

Delme – patlatma ile iki kat arasında oluşturulması planlanan serbest yüzeyin, paralel delik metodu ile açılması kararlaştırılmış ve patlatma dizayn ve planları bu doğrultuda tasarlanmıştır (Şekil 4., Şekil 5., Şekil 6.).



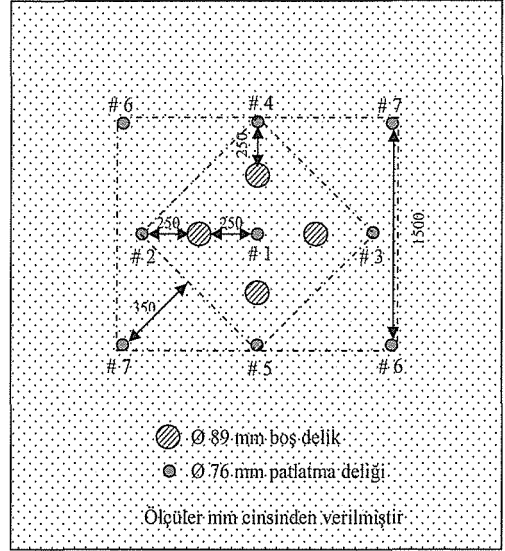
Şekil 4. Planlanan patlatma tasarımı



Şekil 5. Planlanan patlatma tasarımı; delik düzeni (kesit)

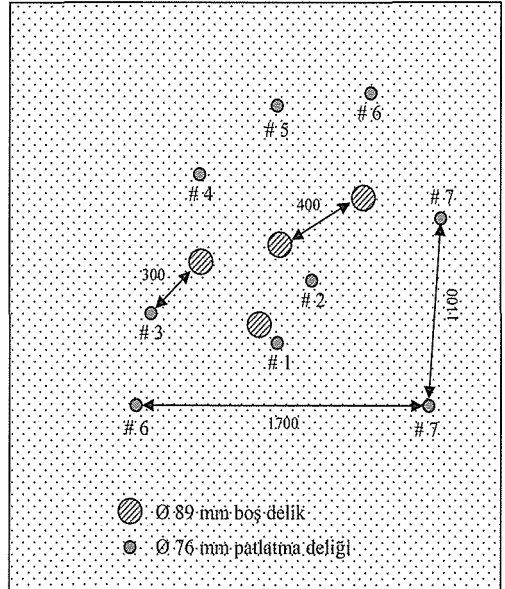
3.2 Uygulama

Delici makine ile patlatma tasarımına uygun olarak 802 katından aşağıya doğru (792 katı) delikler delinmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Paralel delik patlatma tasarımı ve gecikme sıraları 802 katından görünüm

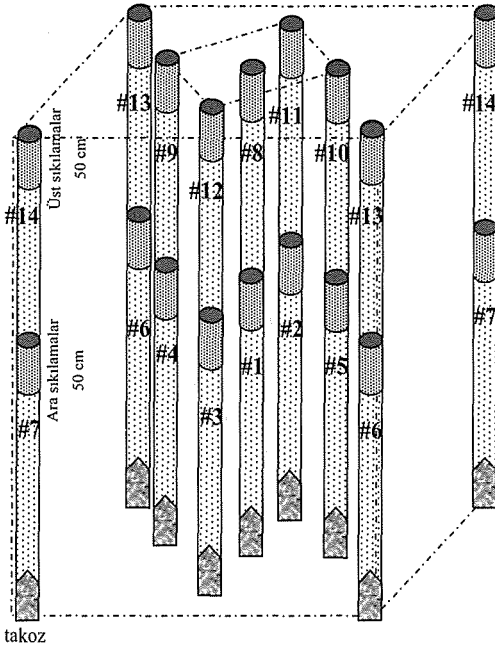
Ancak 792 katından bakıldığında deliklerin oldukça saptığı görülmüştür (Şekil 7.).



Şekil 7. Paralel delik patlatma tasarım 792 katından görünüm (ölçüler mm cinsinden verilmiştir.)

Delici operatörlerinin bu özel delici makineyi (Simba) ilk kez kullanıyor olmaları delik sapmalarına yol açmıştır. Bu durumda tasarlanan gecikme numaralarının yerleri fiili duruma uygun hale getirmek amacıyla değiştirilmiştir (Şekil 7.).

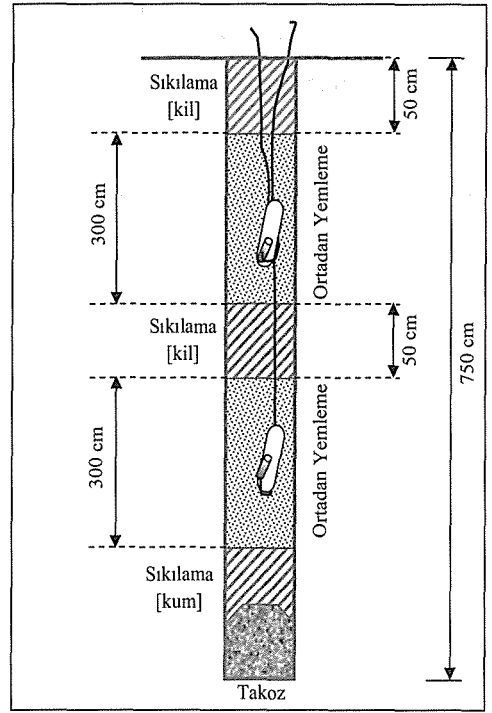
Boş deliğe en yakın patlatma deliğine en küçük gecikme numaralı kapsül ve boş delikten uzaklaştıkça daha büyük gecikme numaralı kapsüller yerleştirilmiştir (Orica Technical Service Team, Safe and Efficient Blasting in Underground Metal Mines).



Şekil 8. Patlayıcı deliklerinin izometrik görünüşü ve kapsül gecikme numaraları.

Patlatma deliklerinin dipleri 792 katı galerisinden tahta takozlar çıkılarak kapatılmış ve 7.50 metre olan delikler çift sıkılama ve farklı gecikmelerde iki kademede patlatılacak şekilde tasarlanmıştır.

Deliklere ana patlayıcı olarak ANFO, yemleme olarak Powergel Magnum 365 (Ø 34x225 mm) ve ateşleme sistemi olarak Exel LP Elektriksiz kapsül sistemi yerleştirilmiştir (Çizelge 2., Şekil 9.).



Şekil 9. Patlayıcı deliklerinin dolumu

Çizelge 2. Kuyu patlatması delme-patlatma parametreleri

Formasyon	: Bakır cevheri
Patlatma yöntemi	: Paralel delik
Delik durumu	: Kuru
Patlatılan alanın hacmi	: $1.5 \times 1.5 \times 7.5$ = 16.90 m ³
Galeri taban genişliği	: 5.00 m
Galeri yüksekliği	: 5.00 m
Patlayıcı delik sayısı	: 9 ad.
Patlayıcı delik çapı	: 76 mm
Boş delik sayısı	: 4 ad.
Boş delik çapı	: 89 mm
Ana Patlayıcı	: ANFO
Ana Patlayıcı Miktarı	: 190 kg.
Yemleme	: 2 ad. / delik P. Magnum 365 Ø 34x225 mm (245 g./ad.)
Yemleme Miktarı	: 4.41 kg.
Ateşleme sistemi	: Exel LP 12 m.
Yüzey bağlantı sistemi	: İnfilaklı fitil (5g./m)
Ozgül Şarj	: 11.50 kg./m ³

3.2.1 Uygulama Sırasında Dikkat Edilen Önemli Noktalar

a. Yemleyici deliğin ortasına konularak patladıktan sonra sıkılamayı bozması engellenmiştir.

b. Gecikme aralıkları en az 200ms olacak şekilde yerleştirilmiştir.

c. Ara sıkılama malzemesi olarak killi toprak kullanılmıştır.

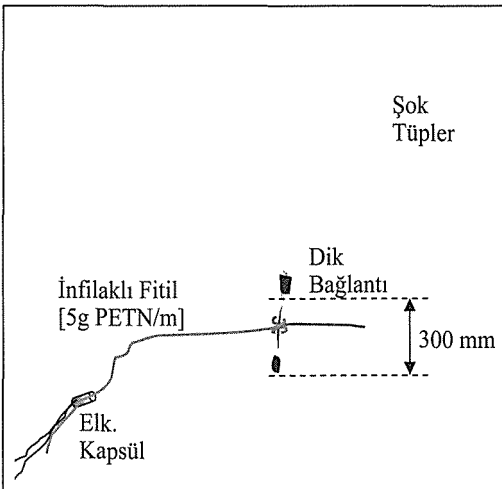
d. Bu tip bir kuyu (baş yukarı) patlatmasının özgül şarjı, paralel delik yöntemiyle yapılan bir tünel patlatmasının özgül şarjından çok daha fazla olmalıdır. Çünkü bu tip bir atımda patlayıcı delikleri her iki taraftan hapsedilmiş durumda değildir (Stig O. Olofsson, 1988).

e. Kesme deliklerinin olduğu bölgede şarj, üretim deliklerinin olduğu bölgelere oranla çok fazla olduğundan yan duvarları örselememek için kesme bölgesinin galeri tabanının ortasına yerleştirilmiştir.

f. Ara sıkılamaların üst seviyeleri aynı hizada tutularak diğer deliklerdeki patlayıcı kolonlarının bozulması engellenmiştir.

3.2.2 Bağlantılar

802 katında deliklerden gelen elektriksiz kapsüllerin şok tüpleri Şekil 10.'daki gibi bağlanmıştır.



Şekil 10. Bağlantılar

4 UYGULAMA

4.1 Birinci Patlatma

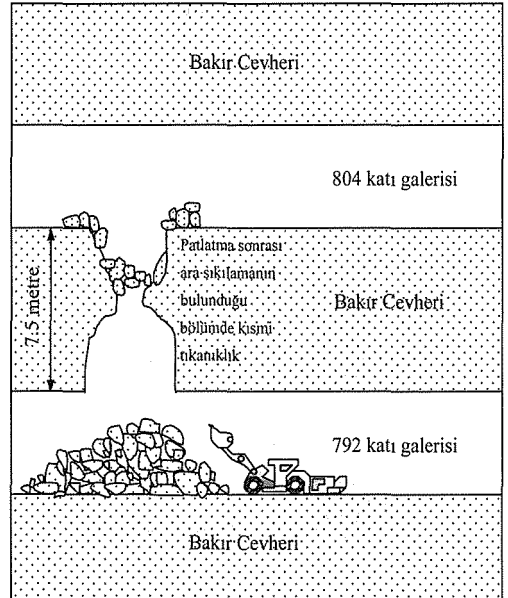
Çizelge 2.'de verilen parametreler doğrultusunda yapılan 1. patlatma sonucu Şekil 11.'de gösterilmiştir.

Bu patlatma sonucunda 802 ve 792 katları arasında diğer üretim deliklerinin rahatça patlatılacağı serbest yüzey büyük oranda açılmıştır.

Ara sıkılamaların bulunduğu bölümde parça boyutu dağılımı daha büyük olduğu için bu bölüm kısmen tıkalı kalmış ancak 802 katından kırıcı vasıtasıyla kolayca açılmıştır. Bu ikinci işlemi ortadan kaldırabilmek için iki alternatif çözüm yolu düşünülmüştür:

Bunlardan birincisi boş delik çaplarının 89 mm.den 152 mm.ye çıkarılarak ara sıkılama yapmadan tek seferde paralel delik yöntemi ile kuyunun (serbest yüzey) açılması diğeri ise kuyunun iki seferde patlatılmasıdır.

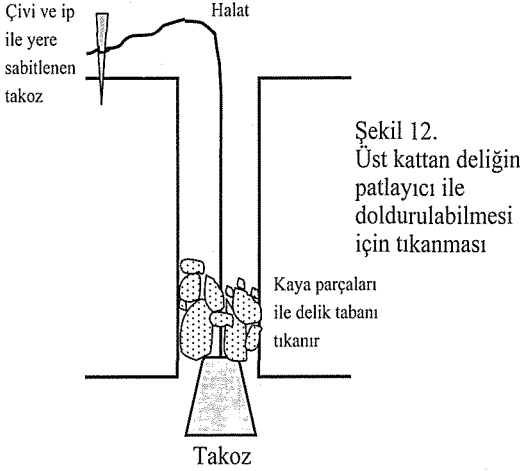
Uygulamaların yapıldığı tarihlerde şantiyede delici makinenin 152 mm.lik delik delebilmesine olanak tanıyacak büyük çaplı delici uçlar bulunmadığı için ikinci alternatif çözüm yolunun denenmesine karar verilmiştir.



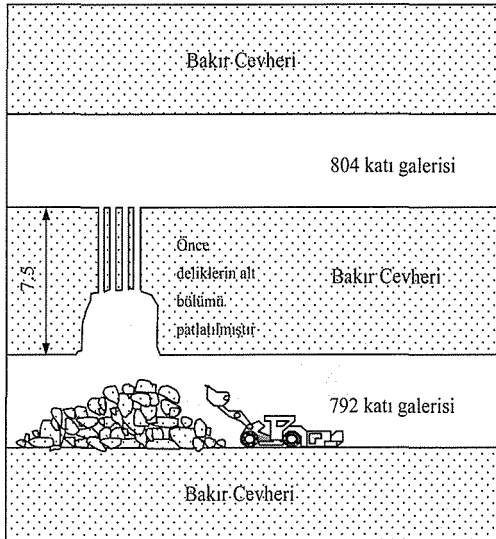
Şekil 11. ilk deneme patlatması sonucu ve patlatma sonrası çıkan malzemenin uzaktan kumandalı yer altı kepçesi ile yüklenmesi

4.2 İkinci Patlatma

İki kademede planlanan patlatmada ilk önce deliklerin alt bölümü doldurularak patlatılmıştır (Şekil 13). Deliklerin üst bölümlerinin doldurulabilmesi için önceden yapıldığı gibi takozlar çakılması güvenli olmadığı için tercih edilmemiş bunun yerine yukarıdan iple sabitlenen takozlar kullanılmıştır (Şekil 12.).



Bu iki kademeli patlatma yapılırken Çizelge 2. de verilen delme patlatma tasarımına ve patlayıcı miktarlarına uygun şarjlama yapılmıştır.



Şekil 13. Kademeli patlatma ile kuyu açılması, ilk patlatma

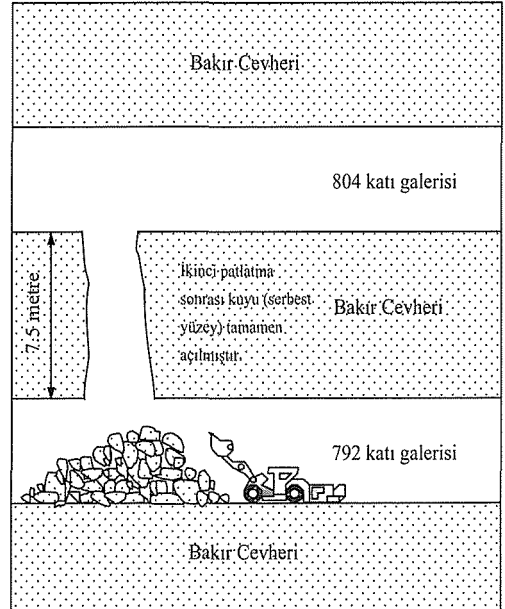
5 SONUÇLAR

Küre Bakır İşletmesi Aşıköy Yer Altı Maden İşletmesi'nde katlar arası delme patlatma tasarımının oluşturulması ve paralel delik metodu ile 804 ve 792 katlar arası serbest yüzeyin (kuyu) oluşturulması için denemeler yapılmıştır.

İki ayrı noktada yapılan patlatmalarda, katlar arasında açılması planlanan kuyunun tek seferde ve kademeli olarak iki seferde patlatma ile açılarak üretim için gerekli olan serbest yüzeyin oluşturulması hedeflenmiştir.

Bu doğrultuda paralel delik patlatma metodunun temel prensipleri kullanılarak delme patlatma tasarımı yapılmıştır.

Tasarımın uygulanması sırasında yapılan ilk patlatmada kısmen başarı sağlanmış (Şekil 11.) ancak kırıcı makine kullanarak ikinci bir işlemle istenen boşluk oluşturulmuştur. Bu ikinci işlemi ortadan kaldırmak için tasarımda bulunan boş deliklerin çaplarının boyutlarını arttırmak mümkün olmadığından iki kademede tasarlanan başka bir patlatma uygulaması yapılarak başarı sağlanmış ve hedeflenen serbest yüzey oluşturulmuştur (Şekil 14.).



Şekil 14. Kademeli patlatma ile kuyu açılması, ikinci patlatma sonucu

İleride yapılacak çalışmalarda ikincil işleri (kırıcı kullanımı veya ikincil patlatma) ortadan kaldırmak için mutlaka daha büyük çapta boş delikler kullanılarak tek seferde kuyu açılmasını hedefleyen deneme patlatmaları yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Orica Technical Service Team, *Safe and Efficient Blasting in Underground Metal Mines*, (139 - 171 s.).
- International Society of Explosives Engineers, (17th ed.), 1998. *Blasters' Handbook*, Cleveland, Ohio, (351 - 408 s.).
- Olofsson, Stig O., 1988. *Applied Explosives Technology for Construction and Mining*, Arla, Sweden, (160 - 173 s.).
- Orica, *Engineer Training Program – Package No. 17 (Slot Blasting)*, Australia, (112 - 144 s.).

Güney Ege Linyitleri İşletmesi Eskihisar Ocağı Delme Ve Patlatma Çalışmalarının Maliyet Analizi

Cost Analysis Of Drilling And Blasting Operations in Eskihisar Mine Of South Egean Lignite Corporation (GELİ)

Ozan Bayram

İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul

ÖZET Açık ocak işletmelerinde ve taş ocaklarında delme-patlatma yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye Kömür İşletmelerine (TKİ) bağlı Güney Ege Linyit İşletmeleri (GELİ) müessesesine ait Eskihisar Ocağı'nda yapılan bu çalışmada, Eskihisar İşletmesi'nde dekapajda yapılan delme ve patlatma faaliyetleri incelenmiş ve maliyet analizi yapılmıştır. Çalışmada, formasyon ve delici makine tasarım özellikleri birlikte değerlendirilerek; delme performansı ile şarj ve ateşleme maliyet analizi yapılmıştır. İşletmede uygulanmakta olan delik çapı, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe, sıkılama boyu, basamak altı delik boyu gibi parametrelerin literatürde yer alan çeşitli yaklaşımlara göre durumu incelenmiş ve işletmede uygulanan bu parametrelerin optimum olup olmadığı ve mevcut durum ortaya konulmuştur. Her bir formasyon için ayrı ayrı delme ve patlatma maliyetleri incelenmiş, delme ve patlatma maliyetlerinin, işletmenin toplam dekapaj maliyetleri içerisindeki payı ortaya konmuş ve maliyet analizi ile ilgili sonuçlar ayrıntılı olarak sunulmuştur.

ABSTRACT Drilling and blasting operations are widely used in open pit mines and stone quarries. In this study, cost analysis and activities of drilling and blasting operations in Eskihisar Mine of South Egean Lignite Undertaking (GELİ), which is an establishment of Turkish Coal Enterprises (TKİ), was investigated. In this study, by evaluating formation properties and design properties of drilling machines together; cost analysis of charge and blasting were done with drilling performance. The parameters like as diameter of hole, burden, distance between holes, stemming length, sub bench hole length are compared with some approaches in literature, and parameters are determined if they are optimum or not. Costs of drilling and blasting operations are analysed for each formation, and the ratio of total strip costs of establishment in drilling and blasting operations was displayed. Moreover, the results of cost analysis were presented.

1 GİRİŞ

Kömür madenciliğinin dünyada yaklaşık bin yıldan beri yapıldığı bilinmektedir. Büyük üretim kapasitesine sahip kömür madenciliği ise 18. yüzyıldan bu yana yapılmaktadır. Kömür üretimi açık ocak ve yeraltı ocak işletmeciliği olmak üzere iki şekilde sürdürülmektedir. Kömür damarının yüzeye

yakın olduğu sahalarda açık işletme yöntemi uygulanmaktadır. Güney Ege Linyitleri İşletmesi (GELİ) Müessesesine ait Eskihisar ocağında da açık işletme yöntemi ile kömür üretimi gerçekleştirilmektedir. GELİ müessesesine ait Eskihisar Ocağı'nda bütün dünyada olduğu gibi açık işletme yöntemi ile kömür üretiminde “draglayn, damperli kamyon, ekskavatör ve bant konveyör” gibi

çeşitli büyük kapasiteli makinalar kullanılmaktadır. GELİ, Muğla ili sınırları içerisinde bulunan düşük kalorili (2200 kcal/kg) linyit rezervlerini üretmektedir. Amaç, üretilen linyit kömürünün Yatağan'da kurulu bulunan termik santralde yakılarak enerji elde edilmesi ve yörenin ısınma amaçlı yakacak kömür ihtiyacını karşılamaktır. Bu amaca yönelik olarak Eskihisar, Tınaz-Bağyaka, Sekköy, İkizköy, ve Hüsamlar açık işletmelerinde kömür üretim faaliyetleri faaliyetlerini sürdürülmektedir. Üretilen kömür, Yatağan Termik Santrali'ne satılmaktadır. Büyük kapasiteli makinaların çalışmasını kolaylaştırmak için delme ve patlatma işlemi de gerekmektedir (GELİ faaliyet raporları 2004). Delme ve patlatma, açık işletme ile üretim yapan ocaklarda dekapaj ve üretim faaliyetleri açısından önemli bir yere sahiptir. Bildiride, GELİ Eskihisar Açık Ocağı'nda yapılan 15 ayrı atım için delme ve patlatma maliyetleri ortaya çıkartılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

2 İŞLETMENİN TANITIMI

İşletme havzalarındaki linyit bir çöküntü havzasında oluşmuştur. Çöküntü havzasının yüksek kısmını oluşturan ve genelde linyitli sahayı sınırlayan kayaçlar, Paleozoyik yaşlı şistler ve Mesozoyik yaşlı mermerlerdir.

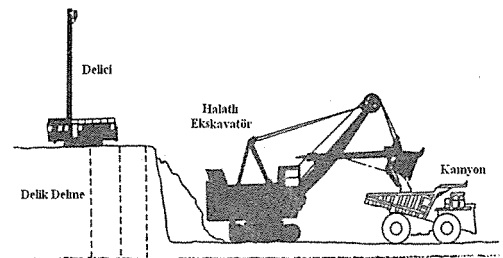
Çöküntü havzasını dolduran ve linyit horizonunda yer aldığı Neojen çökelleri (Orta Üst Miyosen). İşletme sahasının jeolojisi “neojen öncesi formasyonlar”, “neojen formasyonlar” ve “neojen sonrası formasyonlar” olmak üzere üç tip formasyona ayrılır. İşletme sahasında, Genel olarak, delme ve patlatma çalışmalarının incelendiği kısımlarda marn ve kireçtaşının yaygın olarak bulunmaktadır.

İşletmede “Halatlı Ekskavatör + Draglayn + Kamyon” açık işletme üretim yöntemi (Şekil 1) ile çalışılmaktadır. Ancak bu çalışmanın yapıldığı dönemde draglaynnın revizyonda olması nedeniyle “halatlı

ekskavatör + kamyon” açık işletme üretim yönteminin uygulaması incelenmiştir. İşletme genelinde uygulanan yöntem; Draglaynın çalışacağı dilimi hazırlamak üzere ekskavatörler ile inceltme kazısı yapılmaktadır. Ocağın nispeten sert kumlu kireçtaşları ve kömür damarının hemen üzerinde yer alan kompakt marnlarda kazı işleminin kolaylaştırılması amacıyla 229 mm (9”) çaplı 30 metre delik kapasiteli Ingersoll Rand ve Reed Rill marka deliciler ile hazırlanan deliklerde gevşetme atımları yapılmaktadır.

Ekskavatörlerle kazılan malzeme kamyonlarla döküm sahasına nakledilmektedir. Kömür damarının hemen üzerindeki örtükazısı ise, 65 yd³'lük draglayn ile yapılmaktadır. Draglayn kaldırdığı örtüyü bir önceki kömürü alınmış dilimdeki boşluğa dökmekte ve ocak içi pasa yığınlarını oluşturmaktadır.

Üzerindeki örtü tabakası kazısı draglayn ile yapılan ve üzeri açılan kömür damarı ise, yani kömür üretimi, elektrikli ekskavatörler ile kazılarak, alttan boşaltılmalı kamyonlar ve bant konveyörler ile TKİ ve 3 × 210 MW gücündeki termik santral silosuna nakledilmektedir. Ayrıca küçük kepçeli yükleyiciler ile de piyasa kamyonlarına kömür verilmektedir.



Şekil 1. Halatlı Ekskavatör + Kamyon yöntemi (Köse, H., ve diğ., 1996)

Eskihisar Ocağı'nda, 2004 yılında “ekskavatör + kamyon” ile yapılan toplam inceleme dekapajı 7.687.000 m³ (TKİ tarafından), draglayn dekapajı ise 2.046.000

m³ olmak üzere toplam 9.733.000 m³ örtü dekapajı yapılmıştır. Bu çalışmanın yapıldığı sırada draglayn çalışmadığı için draglayn basamakları oluşturulmamaktadır. Bunun yerine basamaklarda (12-13 m) patlatmalar yapılmakta ve gevşetilen örtü tabakası halatlı ekskavatör yardımıyla kazılmaktadır. Halatlı ekskavatör tarafından kazılan örtü tabakası kamyonlara yüklenerek dekapaj sahasına gönderilmektedir. Benzer şekilde, halatlı ekskavatörler tarafından kazılan kömür yine kamyonlarla stok sahasına nakledilmektedir. İşletmede kullanılan makina-ekipman Çizelge 1’de verilmektedir. GELİ Eskihisar Ocağı’na ait 2004 yılı dekapaj miktarları ve maliyetleri Çizelge 2’de verilmiştir. Toplam delme ve patlatma maliyetlerinin dekapaj maliyetleri içerisindeki yeri incelenirken bu çizelgedeki veriler kullanılacaktır.

Çizelge 1. İşletmede kullanılan makina-ekipman (GELİ faaliyet raporları).

Makina ve Ekipman	Adet
Draglayn (65 yd ³ kapasiteli)	1
Elektrikli Ekskavatör (15 yd ³)	8
Elektrikli Ekskavatör (10 yd ³)	2
Toprak Kamyonu (77 ton kapasiteli)	62
Kömür Kamyonu (135 ton kapasiteli)	10
Buldozer	27
Yardımcı İş makinası	27

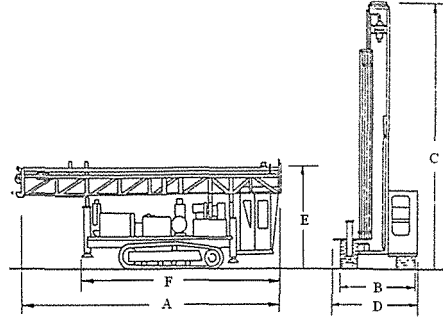
Çizelge 2. GELİ Eskihisar Ocağı’na ait 2004 yılı dekapaj miktarları ve maliyetleri (GELİ faaliyet raporları).

2004 Yılı 12 Aylık	GELİ ESKİHİSAR OCAĞI DEKAPAJ MALİYETLERİ		
	m ³ (×10 ³)	YTL	YTL/m ³
İnceltme Dekapajı	7 687	32806340,30	4,27
Draglayn Dekapajı	2 046	1849125,69	0,91
Toplam	9 733	34655466,00	3,57

3 DELİK DELME

GELİ Müessesesi Eskihisar İşletmesinde, Reed Rill (3 adet) ve Ingersoll-Rand (6 adet) marka, paletli ve lastik tekerlekli (1 adet) delici kullanılmaktadır (şekil 4).

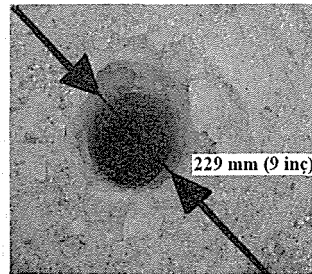
Bu makinaların görünümü, boyutları ve özellikleri sırasıyla Şekil 2, Çizelge 3 ve Çizelge 4 ‘de verilmiştir. Deliciler “döner delici” (rotary) tiptedir. İşletmede kullanılan döner deliciler, 229 mm (9”) delik çapında (Şekil 3) ve 30 m. derinliğe kadar delik delme kapasitesine sahiptirler.



Şekil 2. Delicinin şematik görünümü.

Çizelge 3. Delicilerin boyutları.

Delik Makinası Marka/ Model	Tij Boyut (m)	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	F (m)
Ingersoll-Rand / DM50	7,5	8,65	3,2	10,75	4,00	4,01	8,3
Reed Rill / SK50T (lastik tek.)	7,5	10,74	3,4	10,9	4,00	4,1	8,7
Reed Rill / SK50C	7,5	8,70	3,4	10,7	4,00	4,1	8,3



Şekil 3. Deliğin görünüşü ve delik çapı.

Deliciler için yapılan iş-zaman etüdleri, işletmede karşılaşılan marn ve kireçtaşı formasyonlarının ikisi içinde hemen hemen aynıdır ve bu yüzden delicilerin iş-zaman etüdü çizelgeleri hem marn hem de kireçtaşı için ortak verilmiştir. Ingersoll-Rand marka paletli delici ile yapılan delik delme iş-zaman etüdü Çizelge 5’de, Reed Rill marka paletli ve lastik tekerlekli delici (paletli) ile yapılan delik delme iş-zaman etüdü Çizelge 6 ve Reed Rill marka delici (lastik tekerlekli) ile yapılan delik delme de iş-zaman etüdü de Çizelge 7’de verilmiştir (Bayram, O., 2005)



Şekil 4. (a) Ingersoll-Rand marka delicinin (paletli) görünümü (b) Reed Rill marka delicinin (paletli) görünümü (c) Reed Rill marka delicinin (lastik tekerlekli) yandan ve önden görünümü.

Normalde delik delme işlemi basamaklarda inceltme dekapajı amaçlı ve az da olsa kömürde yapılmakta iken bu çalışma esnasında draglayn revizyonu nedeniyle tüm örtü kazı, delme ve patlatma ile yapılmaktadır. Dolayısıyla tüm dekapajda

delme işlemi yapılmaktadır. İşletmede üretim şartlarına göre basamakta genelde iki adet delici çalışmaktadır. Ancak bazı durumlarda delici sayısı bir adet olabilmektedir. 15 m. lik delikler açıldığı için her biri 7,5 m. uzunluğa sahip olan iki adet tij delik delme işleminde kullanılmaktadır.

Çizelge 4. Delicilerin özellikleri.

Genel özellikler			
Marka	Reed Rill	Reed Rill	Ingersoll-Rand
Tip	Tekerlekli	Paletli	Paletli
Model	SK 50T	SK 50C	DM 50
İmal Yılı	1988	1988	1984
Net Ağırlık	34.700 kg	34.700	34.700 kg
Normal Delik çapı	9 inç (229 mm)	9 inç (229 mm)	9 inç (229 mm)
Matkap ağırlığı	22.680 kg	22.680 kg	22.700 kg
Matkap Aşağı Hızı	39,62 m/dak.	39,62 m/dak.	31 m/dak.
Matkap Yukarı Hızı	42,67 m/dak.	42,67 m/dak.	48 m/dak.
Tij Boyu	7,5 m.	7,5 m.	7,5 m
Tork	1,020 kgm	1,020 kgm	1.045 kgm
Motor* (Delici)			
Marka	Cat	Cat	Cummins
Model	LTA 10		NTA 855-C
Güç	400 BG	400 BG	400 BG
Devir	2.100 Devir/dak.	2.100 Devir/dak.	2.100 Dev/dak
Motor (Çekici)			
Marka	Cat	-	-
Tip/Model	3406B	-	-
Silindir Adedi	6	6	6
Güç	240 BG	-	-
Devir	2.100 Dev/dak.	-	-
Kompresör	30 m ³ /dak. / 125	30 m ³ /dak. / 125	25,5 m ³ /dak. / 110
Kapasitesi/Basınç	PSI	PSI	PSI

İki marka delici için ayrı ayrı oluşturulan iş-zaman etüdü çizelgeleri incelendiğinde, delicilerin saatlik delik delme performanslarının benzer olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Ingersoll-Rand marka delici (paletli) ile yapılan delik delmede iş-zaman etüdü

DELME SÜRELERİ	1. DELİK	2. DELİK	3. DELİK
Yeni Deliğe Hareket	1'00"	1'00"	1'00"
Kuleyi ve baskıyı yerleştirme	0'50"	0'50"	0'50"
1. tijle delme (7,5 m.)	5'30"	5'15"	5'00"
2. tijin takılması	1'10"	1'15"	1'10"
2. tijle delme (7,5 m.)	5'50"	5'15"	5'20"
Tijlerin geri çekilmesi ve sökülmesi	2'50"	3'10"	3'00"
Kuleyi yatay konuma getirme	25"	25"	25"
Toplam delme devir zamanı	17'35"	17'10"	16'45"
Toplam delik boyu	15 m.	15 m.	15 m.
Delme Kapasitesi (ort.)	50 m/saat		
Delme zamanı	11'20" (%65)	10'30" (%60)	10'20" (%60)
Delme dışı zaman	6'15" (%35)	6'40" (%40)	6'25" (%40)

Çizelge 6. Reed Rill marka delici (paletli) ile yapılan delik delmede iş-zaman etüdü

DELME SÜRELERİ	1. DELİK	2. DELİK	3. DELİK
Yeni Deliğe Hareket	1'00"	1'00"	1'00"
Kuleyi ve baskıyı yerleştirme	0'50"	0'50"	0'50"
1. tijle delme (7,5 m.)	5'50"	5'45"	5'30"
2. tijin takılması	1'15"	1'15"	1'10"
2. tijle delme (7,5 m.)	6'10"	5'15"	5'15"
Tijlerin geri çekilmesi ve sökülmesi	2'30"	2'35"	2'30"
Kuleyi yatay konuma getirme	25"	25"	25"
Toplam delme devir zamanı	17'20"	17'05"	16'40"
Toplam delik boyu	15 m.	15 m.	15 m.
Delme Kapasitesi (ort.)	50 m/saat		
Delme zamanı	12'00" (%70)	11'00" (%65)	10'45" (%65)
Delme dışı zaman	5'20" (%30)	6'40" (%35)	6'25" (%35)

Çizelge 7. Reed Rill marka delici (lastik tekerlekli) ile yapılan delik delme de iş-zaman etüdü

DELME SÜRELERİ	1. DELİK	2. DELİK	3. DELİK	4. DELİK	5. DELİK
Yeni Deliğe Hareket	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"	1'00"
Kuleyi ve baskıyı yerleştirme	0'50"	0'50"	0'50"	0'50"	0'50"
1. tijle delme (7,5 m.)	6'30"	7'00"	7'25"	6'40"	6'50"
2. tijin takılması	1'15"	1'15"	1'10"	1'10"	1'15"
2. tijle delme (7,5 m.)	6'50"	7'05"	6'55"	7'00"	7'05"
3. tijin takılması	1'10"	1'15"	1'15"	1'10"	1'10"
3. tijle delme (7,5 m.)	5'10"	5'20"	5'05"	5'30"	5'10"
Tijlerin geri çekilmesi ve sökülmesi	2'30"	2'35"	2'30"	2'35"	2'30"
Kuleyi yatay konuma getirme	25"	25"	25"	25"	25"
Toplam delme devir zamanı	25'40"	26'45"	26'35"	26'20"	26'15"
Toplam delik boyu	22,5 m.	22,5 m.	22,5 m.	22,5 m.	22,5 m.
Delme Kapasitesi (ort.)	50 m/saat				
Delme zamanı	18'30" (%72)	19'25" (%72)	19'25" (%73)	19'10" (%73)	19'05" (%73)
Delme dışı zaman	7'10" (%28)	7'20" (%28)	6'25" (%27)	7'10" (%27)	7'10" (%27)

Bundan dolayı da delik delme maliyet hesaplarında bütün makinalar için ortak bir delme maliyeti çıkarılmıştır.

3.1 Delik Delme Maliyeti

Delik delme maliyeti delicilerin işletme maliyeti ve işçilik maliyeti olmak üzere iki alt başlık altında incelenmiştir.

3.1.1 Delicilerin İşletme Maliyeti

İşletmede kullanılan 9 adet delicinin tamamı amortisman ömrünü tamamlamıştır. Bu nedenle delik delme maliyet hesaplamasında amortisman dikkate alınmamıştır. Delicilerin işletme maliyet hesabında yer alan parametreler Çizelge 8 de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 8. Delicilerin işletme maliyeti.

Parametreler	Yıllık Masraf (YTL/Yıl)
Döner Üç Konili Matkap	22 766,332
Onarım, bakım ve yedek parça	131 650
Yakıt	118 565,316
Yağ	4 166,216
Diğer	4 388,900

3.1.2 Delicilerin İşçilik Maliyeti

Delme İşçiliği; delik makinalarında, 8 operatör çalışmaktadır. Tüm deliciler için delme işçiliği yıllık maliyeti, 240.000 YTL olarak hesaplanmıştır.

3.1.3 Delicilerin Toplam ve Birim Delik Delme Maliyeti

Toplam maliyet delicinin işletme maliyeti ve işçilik maliyetinin toplamıyla bulunmuştur. Birim delik delme maliyeti ise toplam maliyetin yıllık toplam delme metrajına bölünmesi ile elde edilmiş ve sonuçlar Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 9. Delicilerin Toplam ve Birim Delik Delme Maliyeti

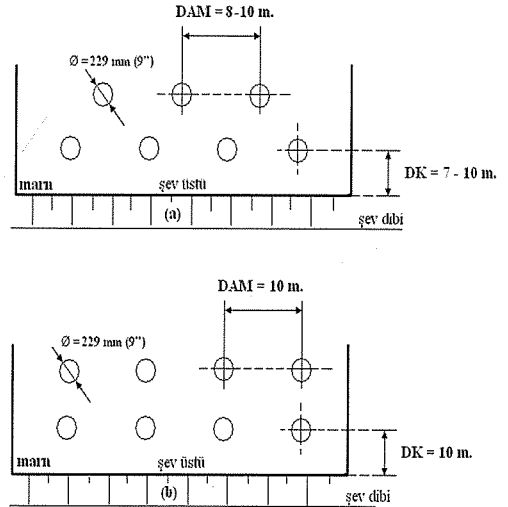
Toplam maliyet	521.536,756 YTL/Yıl
Toplam delik uzunluğu	35.754 m / Yıl
Birim Delik Delme Maliyeti	14,60 YTL / m.

4 DELİKLERİN ŞARJI

4.1 Eskişehir Açık Ocağı'nda Uygulanan Delik Geometrisi

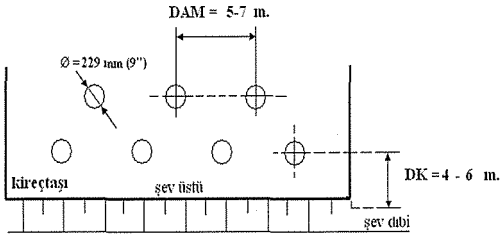
İşletmede, şeşbeş delik düzeni ve nadiren de kare delik düzeni uygulanmaktadır. Çok yumuşak kolay kırılabilen çok çatlaklı kısımlarda kare düzeni tercih edilmektedir.

Ancak basamak patlatmalarında ve draglayn basamağı için gevşetme atımlarında genel delik düzeni şeşbeş'tir (Şekil 5). Marn olan yerde uygulanan şeşbeş delik düzeninde dilim kalınlığı (DK) 7-10 m arasında değişirken, delikler arası mesafe (DAM) ise 8-10 m. arasında değişmektedir. Kare düzeninde ise dilim kalınlığı ile delikler arası mesafe eşittir (10 m). Şeşbeş delik düzeninde DAM'nin DK'nın 1,15-1,25 katı arasında değişebilmektedir (Bilgin, H.A., 1986). Buna göre; $DAM = (1,15-1,25) \times DK = 8,05-8,75$ m. arasında değişir. Hesaplanan bu değer ile işletmede uygulanan delikler arası mesafenin (8-10 m.) birbirine yakın olduğu görülmektedir.



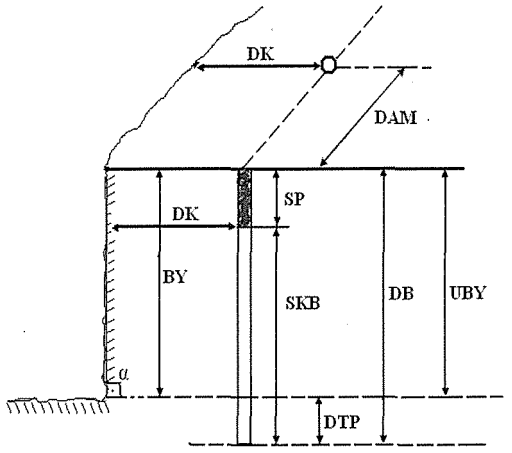
Şekil 5. Marn formasyonunda (a) Şeşbeş düzeni (çoğu zaman) (b) Kare düzeni (nadiren uygulanır, zayıf-çatlaklı)

İşletmede diğer bir formasyonda kireçtaşı olan kısımlardır. Bu kısımlarda da şeşbeş delik düzeni uygulanmaktadır. DK 4-6 m. arasında değişirken, DAM ise 5-7 m. arasında değişmektedir. Kireçtaşında dilim kalınlığı biraz azalabilmektedir. Kireçtaşında delikler arası mesafenin ve dilim kalınlığının marn da uygulanan sisteme göre daha az olmasının en önemli nedeni kireçtaşının marna göre daha sağlam olması ve daha zor



Şekil 6. Kireçtaşı delik düzeni

parçalanmasıdır. Kömürde uygulanan delik geometrisinde ise dilim kalınlığı 6 m. iken, delikler arası mesafe de 6 m.'dir (Şekil 7). Delik düzeni kare düzendir.



Şekil 8. İşletmede uygulanan genel delik geometrisi kesit görünüşü (Özer, Ü. ve Anıl, M., 1996).

Çizelge 10. 229 mm delik çapı için çeşitli yaklaşımlara göre delme ve patlatma dizaynı (Patlayıcı madde ANFO).

4.2 Uygulanan Patlatma Paterninin İncelenmesi

Delme ve patlatma çok iyi bir planlama gerektirmektedir. İşletmede uygulanmakta olan delik çapı, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe, sıkılama boyu, basamak altı delik boyu gibi parametrelerin literatürde yer alan çeşitli yaklaşımlara göre durumu ele alınmıştır. İşletmede uygulanan bu parametrelerin optimum olup olmadığı incelenerek ve mevcut durum açıklanmaya çalışılmıştır.

Kullanılan yaklaşımlar Arıoğlu (1983), Hagan (Bilgin, 1986), Olafsson (1990), Gustafsson (Bilgin, 1986) ve Tamrock (1986) yaklaşımlarıdır. Bu yaklaşımlara göre iredelme yapılırken işletmenin kullandığı delik çapları aynen muhafaza edilmiş olup marn, kireçtaşı ve kömür için bulunan sonuçlar Çizelge 10 da özetlenmiştir. Bu sonuçlara göre, Marn formasyonu için

Yaklaşımlar	DK (m)	DAM (m)	DTP (m)	SP (m)	DB (m)	SKB (m)	SM (ton)
Arıoğlu	6,3	6,4	2,1	6,3	14,6	8,2	0,27
Hagan	6,8	9,2	1,8	9,2	14,3	5,2	0,17
Olafsson	8,5	10,6	2,6	8,5	15,0	6,5	0,21
Gustafsson	9,7	12,2	3,0	9,7	15,6	5,8	0,19
Tamrock	6,8	8,5	2,4	6,8	15,1	8,2	0,45
İşletmede Uygulanan Değerler							
Marn	7-10,0	8-10,0	1,5-2,0	6,0	14,5	5,0	0,15-0,20
Kireçtaşı	4,0-6,0	5-7,0	1,5-2,0	7,0	14,5	5,0	0,20-0,30
Kömür	6,0	6,0		5,5	7,5	2,0	0,40-0,50

Arıoğlu yaklaşımının optimum sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Ancak kireçtaşı ve kömürde uygulanan delik geometrisi ile yaklaşımlar arasında bir ilişki bulunamamıştır.

4.3 İşletmede Kullanılan Patlayıcı Maddeler ve Ateşleme Elemanları

İşletmede kullanılan patlayıcılar, Orica-Nitro A.Ş.'nin ürünleridir. İşletmede kullanılan patlayıcılar Çizelge 11 de verilmiştir.

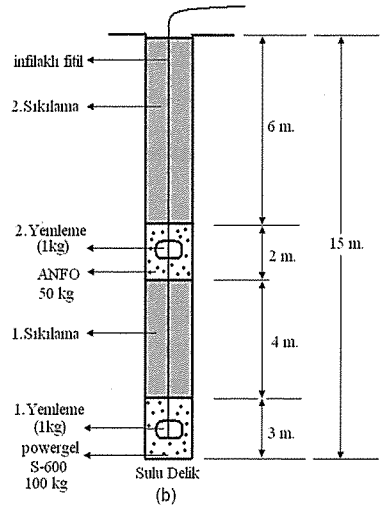
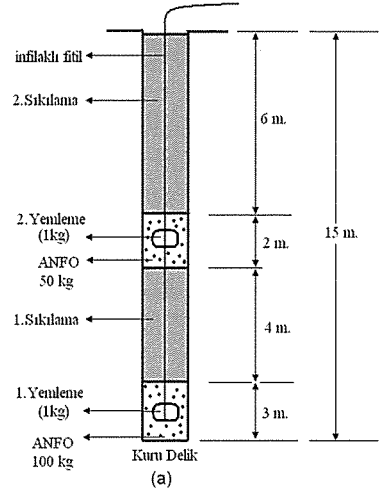
Çizelge 11. Kullanılan Patlayıcı Maddeler ve Ateşleme Elemanları

Patlayıcı Maddeler	Anfo
	Emülsiyon Patlayıcı (Kapsüle Duyarlı)
	Emülsiyon Patlayıcı (Yemlemeye Duyarlı)
	Emülsiyon Powergel S-600
Ateşleme Elemanları	İnfilaklı Fıtl
	Gecikme Rölesi
	Elektrikli Kapsül
	Elektriksiz Kapsül (Exel)

4.4 Deliklerin Şarjı ve Maliyetleri

Deliklerin şarjı zemin özelliklerine göre değişmektedir. Bu çalışmada ekskavatör basamaklarında ve kömürde uygulanan delik şarjları ele alınmıştır. Önceden belirtildiği gibi her formasyon için yapılan delik şarjları da farklı olmaktadır. Zemin formasyonunun marn olduğu yerlerde kuru ve sulu deliklerde olmak üzere iki tip şarj vardır. Aynı şekilde zemin formasyonunun kireçtaşı olduğu yerlerde de kuru ve sulu deliklerde olmak üzere iki tip şarj vardır. Kuru ve sulu deliklerdeki şarj miktarları ve sıkılama boyları Şekil 9 ve 10'da ayrıntılı olarak verilmiştir. Marn formasyonunda kuru delik şarjında her bir delik için 150 kg Anfo, 15 m uzunluğunda infilaklı fitil ve delik başına iki yemleme kullanılmaktadır. Marn formasyonunda ateşleme elemanı olarak infilaklı fitil ve elektriksiz (exel) kapsül uygulamaları mevcuttur. Ancak elektriksiz (exel) kapsül kullanımı azdır. Ayrıca, nadiren de olsa çok sulu olan deliklere rastlanabilmektedir. Bu tip şarj çok az uygulanmakta olduğundan maliyet hesaplarında dikkate alınmamıştır. İnfilaklı fitilin yanı sıra, elektriksiz (exel)

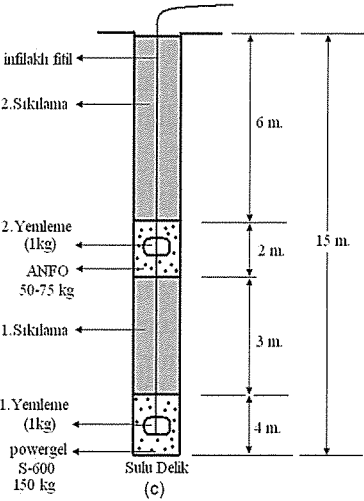
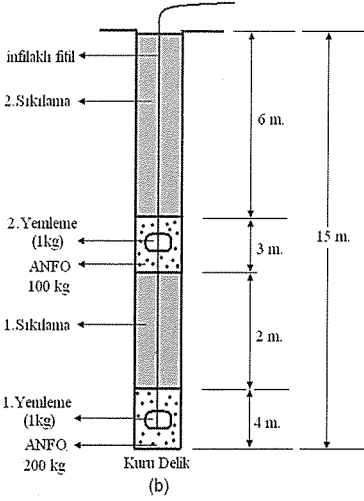
kapsüllerinde kullanıldığı delik şarjları vardır. Ancak elektriksiz (exel) kapsül kullanımı oldukça azdır. Kömür olan kısımlarda da delme ve patlatma işlemine nadiren de olsa gerek duyulmaktadır.



Şekil 9. Marn formasyonunda uygulanan
(a) Kuru delik, (b) Sulu delik
(Bayram, O., 2005).

Kömürde delikler kuru ve sulu olmak üzere iki çeşittir. Bu yüzden powergel S-600 (emülsiyon) ve Anfo kullanılmaktadır. Sadece Anfo kullanımı söz konusu olmaktadır. Kömürde uygulanan delik şarjları Şekil 11'de ayrıntılı olarak

görülmektedir. Kömürde yapılan ateşlemelerde infilaklı fitil kullanılmaktadır. Kömürlü kısımlarda sadece bir yemleme yapılmaktadır. Çünkü delik boyları 7,5 m.'dir.

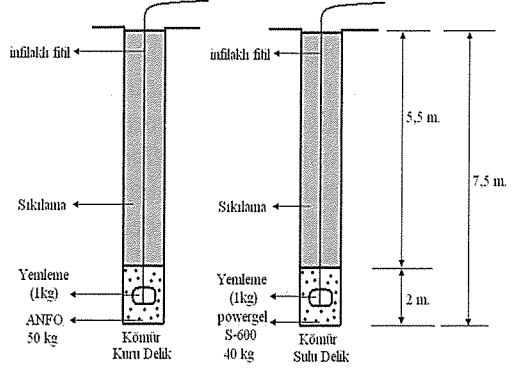


Şekil 10. Kireçtaşı formasyonunda (b) kuru delik ve (c) sulu delik şarjının kesit görünümü.

Ayrıca çok nadiren de olsa 10 m.'lik deliklerde de şarj olabilmektedir.

Delik şarj ve ateşleme maliyetleri hesaplanırken kullanılan çeşitli maliyet unsurları marn, kireçtaşı ve kömür

formasyonları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Marn kireçtaşı ve kömür formasyonları için şarj ve ateşleme maliyetleri kuru ve sulu delik için ayrı ayrı Çizelge 12, 13 ve 14'de ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 11. Kömürde kuru ve sulu delik şarjı kesit görünümü.

5 TOPLAM DELME VE PATLATMA MALİYETİ

Toplam delme ve patlatma maliyeti hesaplanırken marn ve kireçtaşı formasyonları için ayrı ayrı maliyet hesabı yapılmıştır. GELİ Eskişehir Ocağı'nın dekapaj maliyeti 3,56 YTL/m³'tür (Çizelge 2). Marn formasyonunda ortalama delme ve patlatma maliyeti 0,39 YTL/m³'tür. Marn formasyonunda toplam delme ve patlatma maliyetinin, işletmenin toplam dekapaj maliyeti içerisindeki oranı %11 olarak bulunur. Kireçtaşı formasyonunda ortalama delme ve patlatma maliyeti 0,46 YTL/m³'tür. Kireçtaşı formasyonunda toplam delme ve patlatma maliyetinin, işletmenin toplam dekapaj maliyeti içerisindeki oranı %13 olarak bulunur.

6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Marn ve kireçtaşı formasyonları için ayrı ayrı yapılan toplam delme ve patlatma maliyeti sonuçları işletmenin toplam dekapaj

maliyetleri ile oranlandığında sonuçların optimum olduğu ortaya çıkarılmıştır. Tecrübeler, delme ve patlatma maliyetinin, açık ocak işletme maliyeti içerisindeki payının %10-20 arasında ise uygun olduğunu ortaya koymaktadır (Yıldız, R. ve Köse, H., 2003). Buna göre, yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen Eskihisar ocağına ait 1 m³ dekapajın toplam delme ve patlatma maliyetinin, işletmedeki 1 m³ dekapajın toplam maliyetine oranının ortalama yüzde %12 olduğu ortaya konulmuştur. Bu da işletmedeki delme ve patlatma maliyetlerinin makul seviyelerde olduğunu göstermektedir. Kömür üretim maliyetleri ile ilgili bilgilere ulaşılamaması nedeniyle kömür için elde edilen delme ve patlatma maliyetlerinin uygun seviyede olup olmadığı ne yazık ki mümkün olmamıştır.

İşletmede yapılan delme ve patlatma faaliyetlerinin, marn ve kireçtaşı maliyet analizlerinin sonuçlarına göre, marn için delme ve patlatma maliyetinin en düşük olduğu ortaya çıkmıştır. Kireçtaşı için hesaplanan delme ve patlatma maliyeti sonuçlarına göre kireçtaşının marn'a kıyasla daha sert olması ve dolayısıyla daha fazla şarj gerektirmesi nedeniyle maliyetinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Her bir formasyon için delme ve patlatma maliyetleri incelendiğinde işletmenin toplam dekapaj maliyetleri içerisindeki payının uygun olduğu ortaya çıkarılmıştı. Ancak, yine de işçilik maliyetleri ve yakıt giderlerinin fazlalığı dikkat çekmektedir. İşçilik maliyetleri oldukça yüksektir ve daha düşük seviyelere çekilmesi gerekmektedir. Ayrıca yakıt giderleri de aşağı çekilmelidir. Çünkü yakıt giderlerinin fazla oluşunun ve delik delme kapasitelerinin düşük oluşunun en önemli nedeni delicilerin ömrünü tamamlamasıdır. Bunun için de yapılması gereken, delicilerin yenilenmesidir.

İşletmede gözlemlenen patlatmaların sonucunda, uygulanan patlatma sistemlerinin ise başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Ulaşılan sonuçlar ışığında delikler arası mesafe ve dilim kalınlığının yalnızca marn formasyonunda uygulanan patlatma sistemi için literatürdeki teorilerle uyduğu, ancak kireçtaşı ve kömürde uygulanan patlatma sistemleri ile uyummadığı gözlemlenmiştir. Bu yüzden de özellikle kireçtaşında uygulanan delik geometrisinin yeniden gözden geçirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

7 TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanmasında her türlü desteği sağlayan GELİ Eskihisar İşletmesi yetkililerine teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Bayram, O., 2005. *GELİ Eskihisar Ocağı Delme Patlatma Çalışmalarını Maliyet Analizi*. İTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, s. 66-86.
- Bilgin, H.A., 1986. *Açık İşletmelerde patlatma sorunları ve tasarımı*, ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü Maden İşletme Anabilim Dalı Seminerleri, Seminer No: 2, Ankara, Ağustos, s. 56-84.
- Güney Ege Linyitleri İşletmesi (GELİ) Müessesesi, 2004 Yılı Faaliyet Raporları.
- Köse, H., Yalçın, E., Şimşir, F., Konak, G., Onargan, T., ve Kızıl, M.S., 1996. *Açık İşletme Tekniği*, İzmir, s. 105-174.
- Özer, Ü. ve Anıl, M., 1996. Delme-Patlatma tasarımı için kullanılan bazı yaklaşımların ampirik olarak incelenmesi, 2. *Delme ve Patlatma Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Ankara, Ocak 16-18, s. 107-112.
- Yıldız, R. ve Köse, H., 2003. *Açık İşletmelerde Delik Delme Metodları ve Delici Makinaları*. (Delik Delme (Delici) İş Makinaları), Kütahya, s. 54-146.

Çizelge 12. Marn Formasyonu İçin Şarj ve Ateşleme Maliyeti

Maliyet Parametreleri	Marn Formasyonu	
Delik Durumu	Kuru delik	Sulu delik
Kullanılan Patlayıcı Madde	ANFO ve yemleme	ANFO, Emülsiyon ve yemleme
Kullanılan Ateşleme Elemanları	İnfilaklı fitil, gecikme rölesi ve kapsül	
Delik Boyu	15 m	
Bir Delikteki Emülsiyon Miktarı	-	100 kg
Emülsiyon Fiyatı	-	1,26 YTL / kg + %18 KDV
Bir Delikteki Emülsiyon Maliyeti	-	149,74 YTL / delik
Bir Delikteki ANFO Miktarı	150 kg	50 kg
ANFO Fiyatı	0,583 YTL / kg + %18 KDV	
Bir Delikteki ANFO Maliyeti	103,191 YTL / delik	34,397 YTL / delik
Bir Delikteki Yemleme Miktarı	2 Adet	
Yemleme Fiyatı (1kg)	2,089 YTL / kg + %18 KDV	
Bir Delikteki Yemleme Maliyeti	$2 \times 2,089 = 4,93$ YTL / delik	
Bir Delik İçin Kullanılan İnfilaklı Fitol	15 m	
İnfilaklı Fitol Fiyatı	0,235 YTL / m. + %18 KDV	
Bir Delikteki İnfilaklı Fitol Maliyeti	$15 \times 0,2773 = 4,16$ YTL / delik	
Ortalama Kapsül Tüketimi	Her 9 delik için 1 kapsül	
Elektrikli kapsül Birim Fiyatı	0,99 YTL	
Bir Delik İçin Elektrikli Kapsül Maliyeti	$0,99 / 9 = 0,11$ YTL / delik	
Ortalama Gecikme Rölesi Tüketimi	Her 6 delik için 1 Gecikme Rölesi	
Gecikme Rölesi Birim Fiyatı	4,00 YTL / adet	
Bir Delik İçin Gecikme Rölesi Maliyeti	$4,00 / 6 = 0,67$ YTL / delik	
Ateşleme Teli	Birden fazla kez kullanıldığı için ihmal edilmektedir	
Aylık İşçilik Maliyeti	2500 YTL	
İşçi Sayısı (barutçu)	8	
Yıllık Delik Metrajı	35.754 m	
Bir Delik İçin İşçilik Maliyeti	$8 \times 2.500 \times 12 \times 15 / 35.754 = 100,68$ YTL / delik	
Bir Delğin Şarj ve Ateşleme Maliyeti	213,74 YTL / kuru delik	363,48 YTL / sulu delik

Çizelge 13. Marn Formasyonu İçin Şarj ve Ateşleme Maliyeti

Maliyet Parametreleri	Kireçtaşı Formasyonu	
Delik Durumu	Kuru delik	Sulu delik
Kullanılan Patlayıcı Madde	ANFO ve yemleme	ANFO, Emülsiyon ve yemleme
Kullanılan Ateşleme Elemanları	İnfilaklı fitil, gecikme rölesi ve kapsül	
Delik Boyu	15 m	
Bir Delikteki Emülsiyon Miktarı	-	150 kg
Emülsiyon Fiyatı	-	1,26 YTL / kg + %18 KDV
Bir Delikteki Emülsiyon Maliyeti	-	224,61 YTL / delik
Bir Delikteki ANFO Miktarı	300 kg	75 kg
ANFO Fiyatı	0,58 YTL / kg + %18 KDV	
Bir Delikteki ANFO Maliyeti	206,38 YTL / delik	34,39 YTL / delik
Bir Delikteki Yemleme Miktarı	2 Adet	
Yemleme Fiyatı (1kg)	2,089 YTL / kg + %18 KDV	
Bir Delikteki Yemleme Maliyeti	2 × 2,089 = 4,93 YTL / delik	
Bir Delik İçin Kullanılan İnfilaklı Fitil	15 m	
İnfilaklı Fitil Fiyatı	0,23 TL / m. + %18 KDV	
Bir Delikteki İnfilaklı Fitil Maliyeti	15 × 0,2773 = 4,16 YTL / delik	
Ortalama Kapsül Tüketimi	Her 9 delik için 1 kapsül	
Elektrikli kapsül Birim Fiyatı	0,99 YTL	
Bir Delik İçin Elektrikli Kapsül Maliyeti	0,99 / 9 = 0,11 YTL / delik	
Ortalama Gecikme Rölesi Tüketimi	Her 6 delik için 1 Gecikme Rölesi	
Gecikme Rölesi Birim Fiyatı	4,00 YTL / adet	
Bir Delik İçin Gecikme Rölesi Maliyeti	4,00 / 6 = 0,67 YTL / delik	
Ateşleme Teli	Birden fazla kez kullanıldığı için ihmal edilmektedir	
Aylık İşçilik Maliyeti	2500 YTL	
İşçi Sayısı (barutçu)	8	
Yıllık Delik Metrajı	35.754 m	
Bir Delik İçin İşçilik Maliyeti	8 × 2500 × 12 × 15 / 35.754 = 100,68 YTL / delik	
Bir Deliğin Şarj ve Ateşleme Maliyeti	316,93 YTL / kuru delik	455,55 YTL / sulu delik

Çizelge 14. Kömür formasyonu İçin Şarj ve Ateşleme Maliyeti

Maliyet Parametreleri	Kömür	
Delik Durumu	Kuru delik	Sulu delik
Kullanılan Patlayıcı Madde	ANFO ve yemleme	Emülsiyon ve yemleme
Kullanılan Ateşleme Elemanları	İnfilaklı fitil, gecikme rölesi ve kapsül	
Delik Boyu	7,5 m	
Bir Delikteki Emülsiyon Miktarı	-	40 kg
Emülsiyon Fiyatı	-	1,269 YTL / kg + %18 KDV
Bir Delikteki Emülsiyon Maliyeti	-	59,89 YTL / delik
Bir Delikteki ANFO Miktarı	50 kg	-
ANFO Fiyatı	0,583 YTL / kg + %18 KDV	
Bir Delikteki ANFO Maliyeti	34,39 YTL / delik	-
Bir Delikteki Yemleme Miktarı	1 Adet	
Yemleme Fiyatı (1kg)	2,089 YTL / kg + %18 KDV	
Bir Delikteki Yemleme Maliyeti	$1 \times 2,089 = 2,089$ YTL / delik	
Bir Delik İçin Kullanılan İnfilaklı Fitol	7,5 m	
İnfilaklı Fitol Fiyatı	0,235 YTL / m. + %18 KDV	
Bir Delikteki İnfilaklı Fitol Maliyeti	$7,5 \times 0,2773 = 2,079$ YTL / delik	
Ortalama Kapsül Tüketimi	Her 17 delik için 1 kapsül	
Elektrikli kapsül Birim Fiyatı	0,99 YTL	
Bir Delik İçin Elektrikli Kapsül Maliyeti	$0,99 / 17 = 0,058$ YTL / delik	
Ortalama Gecikme Rölesi Tüketimi	Her 6 delik için 1 Gecikme Rölesi	
Ateşleme Teli	Birden fazla kez kullanıldığı için ihmal edilmektedir	
Aylık İşçilik Maliyeti	2500 YTL	
İşçi Sayısı (barutçu)	8	
Yıllık Delik Metrajı	35.754 m	
Bir Delik İçin İşçilik Maliyeti	$8 \times 2500 \times 12 \times 15 / 35.754 = 100,68$ YTL /delik	
Bir Deliğin Şarj ve Ateşleme Maliyeti	139,31 YTL / kuru delik	164,81 YTL /sulu delik

Kademeli Kaya Delme-Patlatma Çalışmalarında Maliyet Tahminlerinin DelPat v6.0 Bilgisayar Yazılımı ile Hesaplanması *Estimation of Bench Drilling and Blasting Costs with a computer software, DelPat v6.0.*

M.Can Çeliksirt, Maden Mühendisi

Doğuş İnşaat ve TİC. A.Ş., Yusufeli Barajı ve HES İnşaatı, Artvin

Vural Erkan, İnşaat Mühendisi

Doğuş İnşaat ve TİC. A.Ş., Yusufeli Barajı ve HES İnşaatı, Artvin

ÖZET: Kademeli yöntemle yapılan açık yüzey kaya delme-patlatma çalışmalarında, delme ve patlatma maliyetleri, işletme açısından önemlidir. Maliyet değerlerinin tespitinde, işyerine ve işletmeye ait birçok parametre etkindir ve bunların bir arada kullanılarak maliyet değerlerine ulaşmak her zaman kolay olmamaktadır. Bu bildiride, Yusufeli Barajı ve HES Projesi için işletilen Kaya ocağında, DelPat v6.0 adlı, açık işletmelerde kaya delme-patlatma çalışmalarının organizasyon ve analizini yapan bilgisayar yazılımının, maliyet analiz bölümü, örnekler ile anlatılmaktadır.

ABSTRACT: During operating of a quarry using bench blasting method, estimating drilling and blasting costs is important for the company.

There are many effective parameters must be taken into account for determining and business which must be used cost of operation. It is not an easy task to estimate the real cost..

In this paper the quarrying at the Yusufeli Dam and HEPP is investigated by using the cost calculation module of DelPat v6.0 - A software for Organization & Analysis of Rock Drilling and Blasting Systems.

1 YUSUFELİ BARAJI VE HES

1.1 İşin Tanımı

İşin yeri: Artvin İli Yusufeli ilçesinin 10 km mansabında Çoruh Nehri üzerinde

İşveren: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
Konsorsiyum: Doğuş-Alstom-Coyne & Bellier-Dolsar

1.2 Teknik Özellikler

Kurulu Güç : 3 x 180 = 540 MW
Yıllık Üretim : 1,705 GWh
Baraj Tipi : Kaya Dolgu Baraj
Merkezi kil çekirdekli

Baraj Yüksekliği : 270 m
Santral Tipi : Yeraltı
Rez. Uzunluğu : 60 km
Rez. Alanı : 33 km²
Top. Depolama : 2130×10⁶ m³

1.3 İnşaat İşleri Özellikleri

Ana baraj gövdesi temelden 270 m yüksekliği ile dünyanın 2. en yüksek kaya dolgu barajıdır.

2.400.000 m³ kil çekirdek dolgusu,
1.000.000 m³ filtre dolgusu, 16.600.000 m³

kaya dolgusu olmak üzere, toplam dolgu hacmi 20.000.000 m³ dür.

Gövde kaya dolgusu, üç farklı zon olarak inşa edilecektir:

İç kaya zonu: Dolgu yerinde sıkıştırıldıktan sonra 1 m den daha büyük tane boyu içermeyecektir.

Dış kaya zonu: Dolgu yerinde sıkıştırıldıktan sonra 2 m den daha büyük tane boyu içermeyecektir.

Rip-rap: Kullanılacak kaya parçacıkları iyi derecelendirilmiş malzemeler olacak ve 0.7 m³ den büyük malzeme içermeyecektir.

1.4 Kaya Ocağı

Kaya ocağı mevcut Artvin-Erzurum yolu kenarında olup, ocak işletme yerine, 545.00 m kotu noktasından itibaren yapılacak olan yaklaşık 1 km uzunluğundaki ikincil servis yolu ile ulaşılabacaktır.

Gövde kaya dolgu malzeme miktarının yaklaşık 6.600.000 m³ lük kısmının dolusavak kazısından ve barajın farklı yerlerinde yapılacak kazılardan elde edilebileceği düşünülmektedir.

Bu durumda, geriye kalan 10.000.000 m³ lük kaya malzeme, kaya ocağından temin edilecektir. Malzemenin gövdedeki bölgelere göre dağılımı aşağıdaki gibidir:

- İç kaya zonu(4) : 5.000.000 m³
- Dış kaya zonu (5) : 4.500.000 m³
- Rip-Rap : 500.000 m³

2 BİLGİSAYAR YAZILIMI

Günümüzde açık işletme faaliyetleri süreçlerinde birçok ardışık işlemin sayısal benzetim modelleri ile tasarlanması, mühendislerin uzun ve yorucu olabilen tasarım çalışmalarını kısaltarak, seçenekli sonuçlar üretebilmelerine, bunları karşılaştırabilmelerine ve tasarımda etkili

olan parametreler üzerinde duyarlılık analizleri yapabilmelerine olanak sağlamaktadır.

DelPat v6.0 yazılımı da, aynı yaklaşım çerçevesinde; bir kaya ocağının, kaya kazısı yapılması gereken farklı projelerin ya da açık maden işletmelerinin delme-patlatma işlerinin organizasyonu veya analizlerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

2.1 Yazılımın (DelPat) Yapabildikleri

- İstenilen tane boyu dağılımına göre, delme düzeni ile patlayıcı maddelerin delik başına dolum miktarlarının hesaplanması.
- Delme ve patlatmadaki gecikme sistemlerinin planlanması.
- Delme ve patlatma maliyet değerlerinin hesaplanması.
- Patlatma kaynağından farklı mesafelerdeki sarsıntı, hava şoku ve taş fırlatma tahminlerinde bulunma.
- Projenin delme-patlatma organizasyon bilgilerinin sunumu.
- Giriş ve sonuç verilerinin karşılaştırılması
- Günlük veri kayıtlarının düzenlenmesi ve saklanması.

2.2 Yazılımın Algoritma Özeti

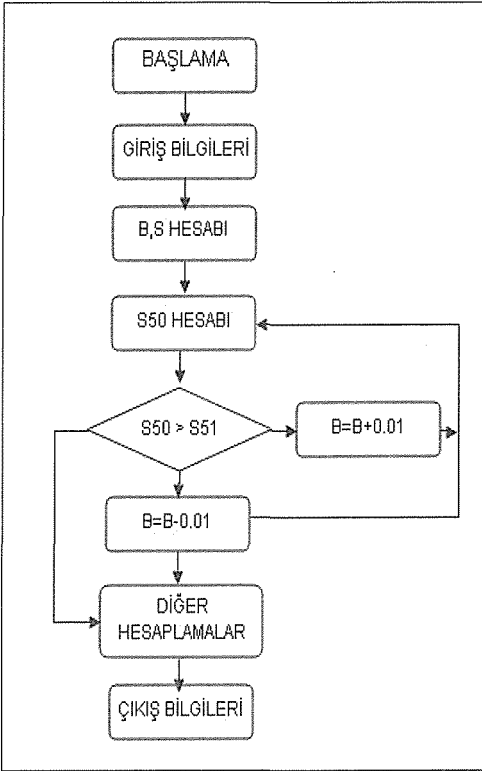
Yazılımın akım şeması (Şekil-1) ile anlatılmasında kullanılan değişken isimleri ve şema aşağıdaki gibidir:

B : Sıralar arası mesafe, m

S : Delikler arası mesafe, m

S51 : Patlatma sonrası istenilen tane boyu dağılımını ifade eden değer.

S50 : Yazılımın verilen giriş bilgilerini kullanarak hesaplamış olduğu tane boyu dağılımı karşılığı değer.



Şekil 1: DelPat yazılımının çalışma ilerleyişine ait akım şeması

2.3 Maliyetlerin Hesaplanması

Yazılım, yukarıda ana hatları verilmiş olan algoritması içerisinde çalışırken, maliyet hesaplamalarını her adım için yapar, ve sonuçlanan farklı B, S değerleri için, delme-patlatma maliyet bilgilerini sunar.

$$TDC = DMIC + DMCC + DSC + FC + DLC$$

- TDC : toplam delme maliyeti, \$/m³
 DMIC : delici makine yatırım maliyeti
 DMCC : delici makine bakım maliyeti
 DSC : delici makine ekipmanlar maliyeti
 FC : yakıt maliyeti
 DLC : işçilik maliyeti

$$TBLAST = MATC + BLASTL + CHMCOST + FUELC + CHBLASTC$$

- TBLAST : toplam patlatma maliyeti, \$/m³
 MATC : patlayıcı madde maliyeti
 BLASTL : patlatma işçilik maliyeti
 CHMCOST: şarj makinesi yatırım maliyeti

FUELC : şarj makinesi akaryakıt maliyeti
 CHBLASTC : şarj makinesi işçilik maliyeti

3 DEĞİŞİK ÜRETİM UYGULAMALARINDA ELDE EDİLEN MALİYETLER

3.1 Alternatif Koşullar

İlk planlanan kaya ocağı işletme şekli, ocak en üst sınırından itibaren, alt kotlara doğru 12 m dik yükseklikte kademeler ile bunlar arasındaki 2 m genişliğindeki palyelerden oluşmaktadır. Kademe eğimleri 81 derece ve her 5(beş) palyede bir olmak üzere de güvenlik amaçlı, 15 m genişliğinde palyeler yapılacaktır (Şekil-2).

Kaya ocağı yerine ait formasyon granitik kayaların bir karmaşığından (granit, granadiyorit, granofir ve diyabaz) meydana gelmiş olup, işletme sahasında önemli bir değişikliğe sahip değildir. Seçilecek delici makine ve patlayıcı madde tipleri de, çalışmalar sırasında önemli değişikliklere uğramayacağından, bu alandaki bilgiler, uygulamada bir alternatif değişime konu olamazlar. Bu durumda, ocak işletmesinin planlanması içerisinde, farklı kademe yükseklikleri ve buna bağlı delik çapları ile bunların delme ve patlatma maliyetlerine etkileri birer alternatif olabilir. Karşılaştırması yapılacak kademe yükseklik değişimleri 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ve 14 m dir.

3.2 DelPat'ın Çalıştırılması

Kaya ocağındaki "iç kaya zone (zon4)", "Dış kaya zone (zon5)" dolgularına yönelik giriş bilgileri sırası ile tablo-1, tablo-2 de verilmiştir.

İlk planlama değerleri olarak, kademe yüksekliği 12 m dir. Seçilmiş olan delici makine delik çap aralığı 76, 89, 102, 115 mm dir. DelPat, kademe yüksekliği olarak en az 6 m den başlayarak çalıştırıldığında; yüksekliğe bağlı olarak uygun delik çaplarını kendisi seçer ve tüm diğer sonuç bilgilerine ulaşır. Bu bilgilerin toplu sunumu, tablo-3

dedir. Bu tablodaki hesaplanmış olan B (sıralar arası mesafe) ve S (delikler arası mesafe) değerleri, yazılım tarafından matematiksel bazı eşitlikler kullanarak elde edildiği için, küsuratları her zaman uygulamaya uygun değildir. Dolayısı ile, örneğin 3,03 m lik bir mesafeyi, 3,00 m yada 2,44 m yi 2,50 m kabul etmek çok yanlış olmaz.

3.3 Alternatif Sonuçların Değerlendirilmesi

3.3.1 Gövde iç kaya zone(4) için maliyet sonuçları

Bu zon için üretilecek kaya malzemenin tane boyu dağılım sınırları yazılıma %80'i 50 cm den küçük olarak verilmiştir.

Grafik-1: 6 m ~ 14 m arasındaki kademe yüksekliklerinde, DelPat tarafından seçilmiş olan delik çaplarına göre delme maliyetinin dağılımı verilmektedir.

Grafik-2: 6 m ~ 14 m arasındaki kademe yüksekliklerinde, DelPat tarafından seçilmiş olan delik çaplarına göre patlatma maliyetinin dağılımı verilmektedir.

Grafik-3: 6 m ~ 14 m arasındaki kademe yüksekliklerinde, DelPat tarafından seçilmiş olan delik çaplarına göre delme + patlatma maliyetinin dağılımı verilmektedir.

Bu dağılımlarda dikkat çeken konu; farklı çaplardaki en düşük delme-patlatma maliyet değerlerinin yer aldığı kademe yükseklikleridir:

Delik çapı	Maliyet	Kademe yüksekliği
76 mm	0,88 \$/m3	10 m
89 mm	0,88 \$/m3	8, 9, 10 m
102 mm	0,87 \$/m3	9 m
115 mm	0,87 \$/m3	10 m

3.3.2 Gövde dış kaya zone(5) için maliyet sonuçları

Bu zon için üretilecek kaya malzemenin tane boyu dağılım sınırları yazılıma %80'i 65 cm den küçük olarak verilmiştir.

Grafik-4: 6 m ~ 14 m arasındaki kademe yüksekliklerinde, DelPat tarafından seçilmiş olan delik çaplarına göre delme maliyetinin dağılımı verilmektedir.

Grafik-5: 6 m ~ 14 m m arasındaki kademe yüksekliklerinde, DelPat tarafından seçilmiş olan delik çaplarına göre patlatma maliyetinin dağılımı verilmektedir.

Grafik-6: 6 m ~ 14 m arasındaki kademe yüksekliklerinde, DelPat tarafından seçilmiş olan delik çaplarına göre delme + patlatma maliyetinin dağılımı verilmektedir.

Bu dağılımda dikkat çeken konu; farklı çaplardaki en düşük maliyet değerlerinin yer aldığı kademe yükseklikleri ile buralardaki delme-patlatma maliyet değerleridir.

Delik çapı	Maliyet	Kademe yüksekliği
76mm	0,37 \$/m3	7, 8, 9, 10, 12, 13 m
89mm	0,88 \$/m3	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 m
102mm	0,87 \$/m3	9,10, 11, 12, 13, 14 m
115mm	0,87 \$/m3	10, 11, 12, 13, 14 m

4 SONUÇ

Büyük hacimli bir kaya ocağının, her açıdan planlanması, küçük birimlerde olabilecek bir hatanın parasal karşılığının yüksek olacağı açısından çok önemlidir. Delme-patlatma parametrelerinin sağlıklı tespit edilebilmesi de yine bu açıdan önem taşımaktadır. Çalışılan kaya ocağı projesinde, sadece 0,01 \$/m3 gibi küçük bir farkın toplam kaya üretimindeki etkisi: 0,01 \$ x 10.000.000 m3 = 100.000 \$ olacaktır.

Maliyetlerin duyarlı hesaplanması, yani sadece kullanılan malzeme ve işçiliğin birim fiyatı değil, tüm işyeri koşullarının değerlendirmeye alınabilmesi, ancak bir bilgisayar yazılımı ile çok kısa bir sürede ortaya konulabilir. DelPat, kaya delme-patlatma çalışmaları için bunu yaparak, işletme maliyetlerinin, önceden alternatifli olarak hesaplanabilmesi imkanını vermektedir. Bu sayede, deneme yanılma gibi bilimsel bir tabana oturmayan, maliyetli ve zaman kaybı olan bir konuda ortadan kalkmaktadır.

KAYNAKLAR

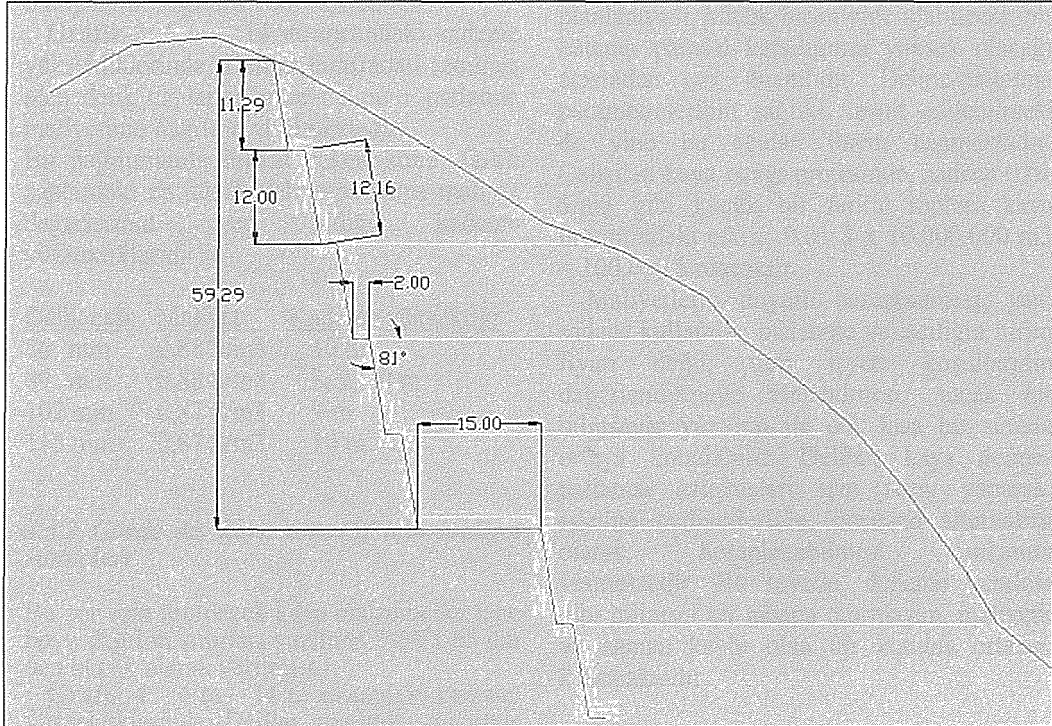
1. Blasting Report for Excavation of Karakütük, 1991, ICI Explosives, England, p 50
2. Explosives and Rock Blasting, 1987, Atlas Powder, Dallas, Texas USA, p 385
3. Erkoç Ö.Y., 1990, Kaya Patlatma Teknigi, İstanbul, p 164
4. Olofsson S., 1990, Applied Explosives Technology for Construction and Mining
5. Proceeding of the Fifth International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting - Fragblast-5, 1996, ISEE , Montreal / Quebec / CANADA, p.458
6. Soferti, Effective Detonation Rate and Explosive Performans of ANFO / Summary, 1990.
7. Surface Drilling and Blasting, 1988, Tamrock, Finland, p 474
8. Stan Lippincot, 1997, The Journal of Explosives Engineering, Cleveland, Ohio, USA, p.28-30

	Şimdiki(YEzon4)
Toplam kaya kazısı	5.000.000 m3
Proje süresi	44 ay
Kayaç kütlesi tanımı	Bloklı
Çatlak mesafesi	Yakın (<0.1 m)
Kayaç Yoğunluk	2,7 ton/m3
Kayaç Sertlik [Moh's]	7
Çatlak durumu	Tabana doğru
Tane boyu	50 cm
Ağırlıkça yüzde	80 %
Kademe yük.	12 m
Kademe genişliği	40 m
Delici makine	Tamrock RANGER 700
Delici uç hizmet ömrü	2000 m
Delici uç Fiyat	495 YTL/ad.
Rod Ömrü	2600 m
Rod Fiyat	699 YTL/ad.
Manşon Ömrü	2200 m
Manşon Fiyat	133,5 YTL/ad.
Şank Ömrü	3000 m
Şank Fiyat	255 YTL/ad.
Delme düzeni	Peşpeşe
Delik düzeninde sıra	4
Delik eğimi	1/6, 81°
Detonator	30ms Elektrikli Det-1
Başlatıcı	Primer-1
Taban şarj	~~~None~~~
Kolon şarj	ANFO-1

	Şimdiki(YEzon5)
Toplam kaya kazısı	4.500.000 m3
Proje süresi	44 ay
Kayaç kütlesi tanımı	Bloklı
Çatlak mesafesi	Yakın (<0.1 m)
Kayaç Yoğunluk	2,7 ton/m3
Kayaç Sertlik [Moh's]	7
Çatlak durumu	Tabana doğru
Tane boyu	65 cm
Ağırlıkça yüzde	80 %
Kademe yük.	12 m
Kademe genişliği	40 m
Delici makine	Tamrock RANGER 700
Delici uç hizmet ömrü	2000 m
Delici uç Fiyat	495 YTL/ad.
Rod Ömrü	2600 m
Rod Fiyat	699 YTL/ad.
Manşon Ömrü	2200 m
Manşon Fiyat	133,5 YTL/ad.
Şank Ömrü	3000 m
Şank Fiyat	255 YTL/ad.
Delme düzeni	Peşpeşe
Delik düzeninde sıra	4
Delik eğimi	1/6, 81°
Detonator	30ms Elektrikli Det-1
Başlatıcı	Primer-1
Taban şarj	~~~None~~~
Kolon şarj	ANFO-1

Tablo-1

Tablo-2



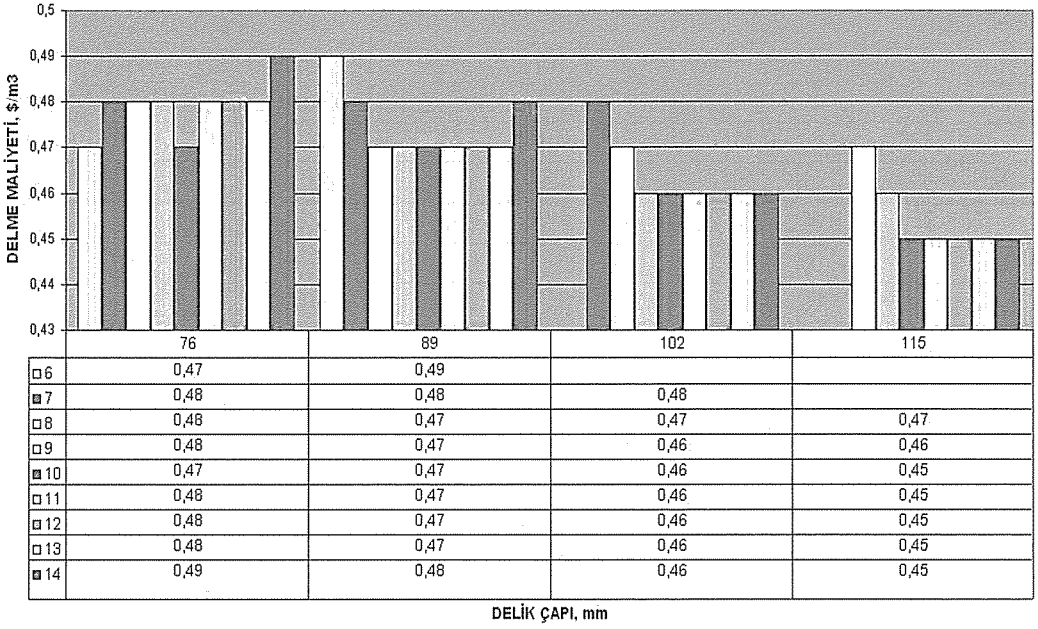
Sekil-2

Yusufeli Barajı ve HES iç kaya zonu (YEzon4) kademe yüksekliği 6-14 m arası dağılımı

Hole diam.	Bench heig.	Subdril. m	Hole depth	Bur- den	Spa- cing	BxS m2	SpeDril. m/m3	Yield m3/m	Yield m3/hole	Drilling cost USD/m3	Blasting cost USD/m3	TotCost USD/m3
mm	m	m	m	m	m	m2	m/m3	m3/m	m3/hole	USD/m3	USD/m3	USD/m3
76	6	1,02	7,11	2,99	3,03	9,06	0,13	7,64	54,27	0,38	0,45	0,83
89	6	1,01	7,10	2,97	3,65	10,84	0,11	9,16	65,04	0,38	0,44	0,82
76	7	0,94	8,04	2,75	3,26	8,97	0,13	7,81	62,80	0,37	0,45	0,82
89	7	1,00	8,11	2,95	3,68	10,86	0,11	9,36	75,89	0,37	0,44	0,81
102	7	1,05	8,16	3,10	4,19	12,99	0,09	11,14	90,87	0,36	0,43	0,79
76	8	0,92	9,04	2,71	3,27	8,86	0,13	7,86	71,00	0,37	0,45	0,82
89	8	0,99	9,10	2,90	3,74	10,85	0,11	9,53	86,71	0,36	0,44	0,80
102	8	1,04	9,16	3,06	4,25	13,01	0,09	11,36	104,04	0,36	0,44	0,80
115	8	1,11	9,23	3,27	4,65	15,21	0,08	13,18	121,64	0,35	0,44	0,79
76	9	0,94	10,07	2,77	3,16	8,75	0,13	7,83	78,84	0,37	0,45	0,82
89	9	0,98	10,11	2,89	3,72	10,75	0,10	9,58	96,89	0,36	0,44	0,80
102	9	1,02	10,15	3,00	4,33	12,99	0,09	11,50	116,78	0,35	0,44	0,79
115	9	1,09	10,23	3,22	4,74	15,26	0,07	13,43	137,29	0,35	0,45	0,80
76	10	0,96	11,10	2,82	3,06	8,63	0,13	7,78	86,36	0,37	0,45	0,82
89	10	0,97	11,11	2,84	3,76	10,68	0,10	9,62	106,86	0,36	0,45	0,81
102	10	1,03	11,17	3,03	4,28	12,97	0,09	11,59	129,53	0,35	0,45	0,80
115	10	1,08	11,23	3,19	4,79	15,28	0,07	13,60	152,72	0,34	0,45	0,79
76	11	0,99	12,15	2,91	2,94	8,56	0,13	7,74	94,03	0,38	0,45	0,83
89	11	0,99	12,15	2,91	3,65	10,62	0,10	9,62	116,84	0,36	0,45	0,81
102	11	1,02	12,18	3,00	4,29	12,87	0,09	11,62	141,49	0,35	0,46	0,81
115	11	1,08	12,24	3,18	4,79	15,23	0,07	13,68	167,47	0,34	0,46	0,80
76	12	0,81	12,97	2,37	3,56	8,44	0,13	7,81	101,32	0,37	0,66	1,03
89	12	1,00	13,17	2,93	3,59	10,52	0,10	9,58	126,14	0,36	0,67	1,03
102	12	1,02	13,19	3,01	4,25	12,79	0,09	11,64	153,51	0,35	0,68	1,03
115	12	1,07	13,24	3,15	4,81	15,15	0,07	13,74	181,91	0,34	0,69	1,03
76	13	0,82	14,00	2,41	3,46	8,34	0,13	7,75	108,48	0,37	0,66	1,03
89	13	1,02	14,20	2,99	3,49	10,44	0,11	9,55	135,56	0,36	0,67	1,03
102	13	1,03	14,22	3,04	4,19	12,74	0,09	11,64	165,49	0,35	0,68	1,03
115	13	1,08	14,27	3,19	4,72	15,06	0,07	13,73	195,95	0,34	0,70	1,04
76	14	0,84	15,03	2,46	3,36	8,27	0,13	7,71	115,80	0,38	0,67	1,05
89	14	1,03	15,22	3,02	3,42	10,33	0,11	9,51	144,81	0,36	0,68	1,04
102	14	1,05	15,25	3,10	4,08	12,65	0,09	11,60	176,85	0,35	0,69	1,04
115	14	1,10	15,29	3,23	4,65	15,02	0,07	13,75	210,27	0,34	0,71	1,05

Tablo-3

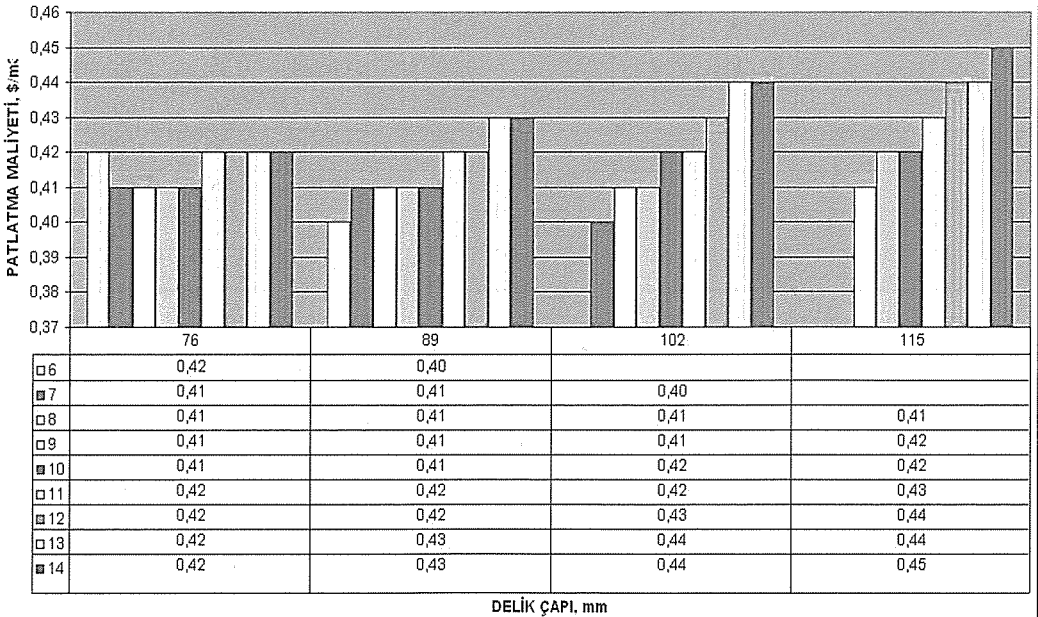
DELME MALİYETİ DAĞILIMI



DELİK ÇAPı, mm

Grafik-1

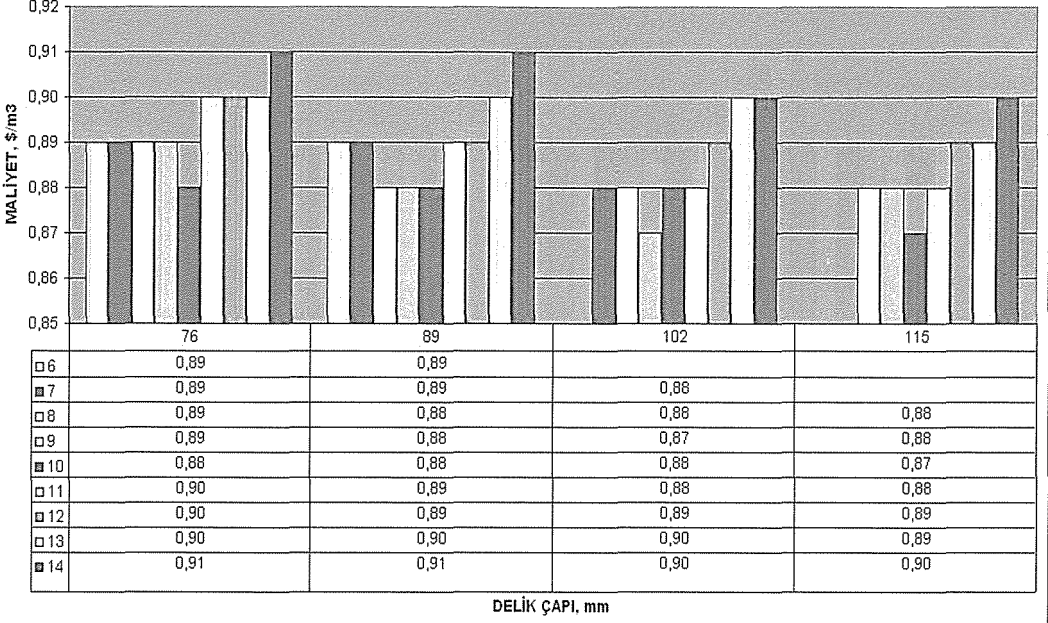
PATLATMA MALİYETİ DAĞILIMI



DELİK ÇAPı, mm

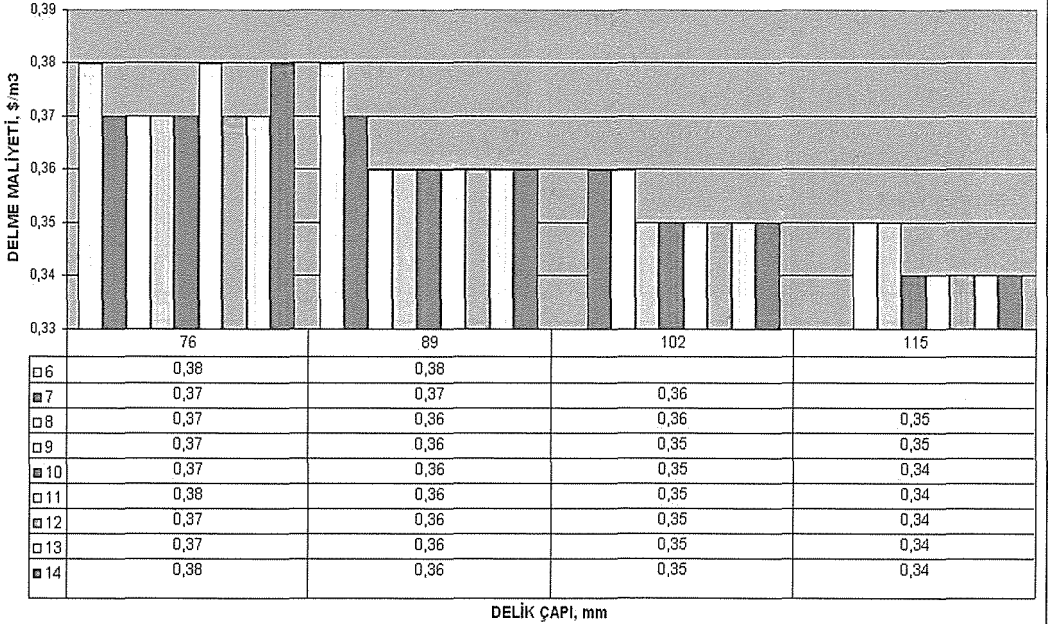
Grafik-2

DELME + PATLATMA MALİYET DAĞILIMI



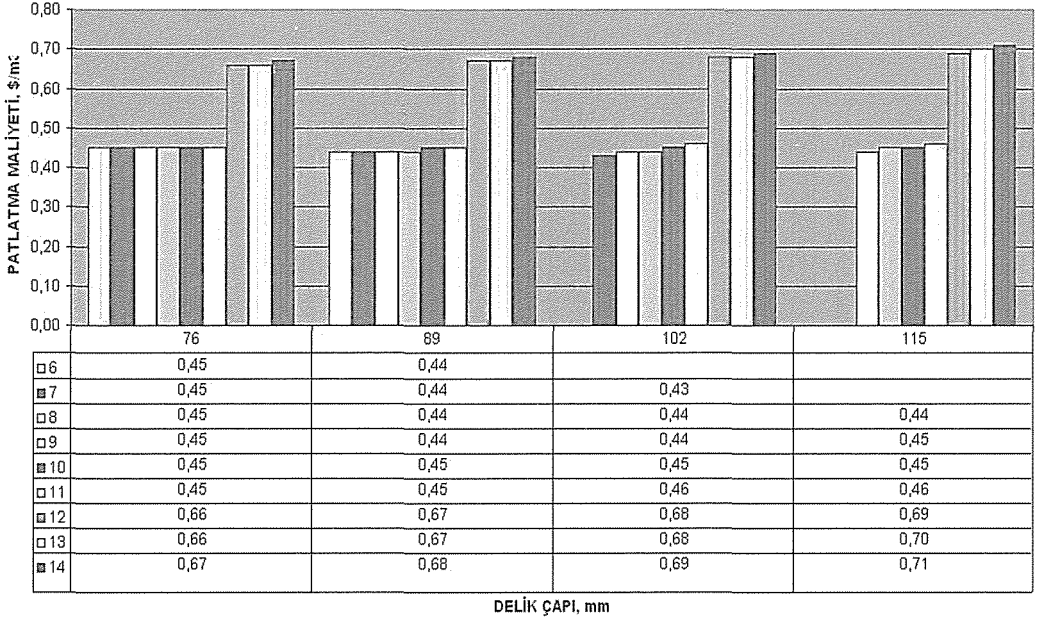
Grafik-3

DELME MALİYETİ DAĞILIMI



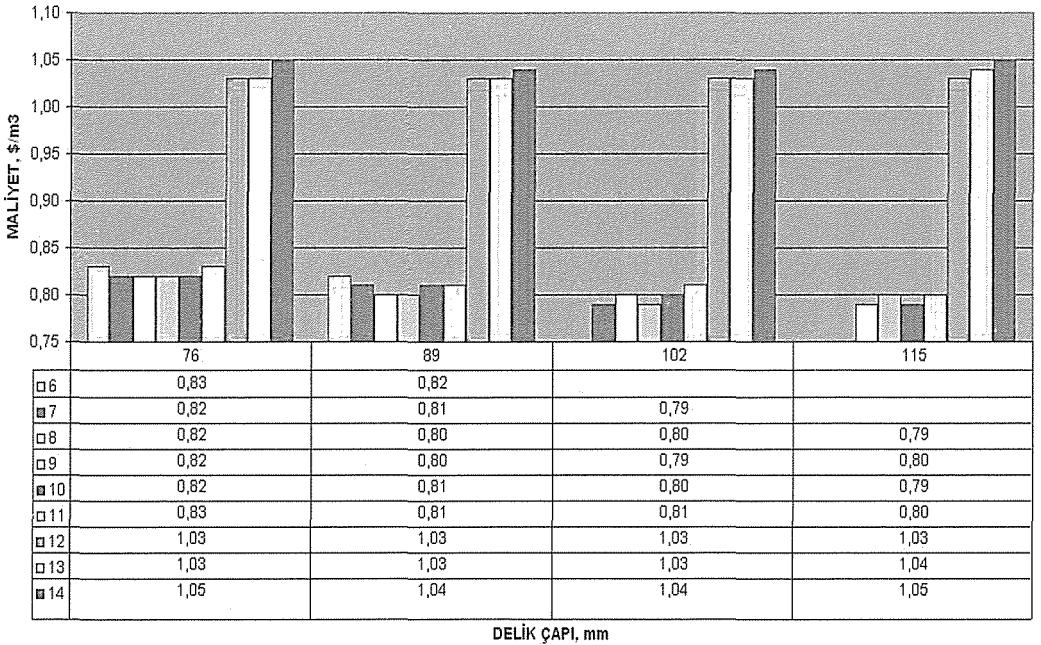
Grafik-4

PATLATMA MALİYETİ DAĞILIMI



Grafik-5

DELME + PATLATMA MALİYET DAĞILIMI



Grafik-6

Parçalanma Tahmin Modelleri ve Dijital Görüntü İşleme Yöntemi

Fragmentation Estimation Models and Digital Image Processing Technique

Kağan Özdemir, Ali Kahriman, Ümit Özer

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul

ÖZET Bu çalışma kapsamında Kuz-Ram ve JKMRC parçalanma tahmin modelleri patlatma tasarımlarına uygulanmış ve sonuçlar, dijital görüntü işleme yöntemi ile elde edilen gerçek parça boyut dağılımı ile karşılaştırılarak modellerin olumlu ve olumsuz yönleri ortaya koyulmuştur. Ayrıca, parça boyut dağılımı tahmin ve tespitinin ne şekilde yapıldığı açıklanarak, arzu edilen patlatma sonuçlarının bu yaklaşımlar ışığında nasıl sağlanacağı konusunda bilgiler verilmiştir.

ABSTRACT Within the scope of this study, Kuz-Ram and JKMRC fragmentation estimation models were applied to bench blasting operations and pros and cons of models were determined by comparing estimation results with the real fragmentation results obtained from digital image processing technique. On the otherside, the ways of estimation and assessment of fragmentation were explained and important informations were described in order to get desired results from a bench blast by means of models and digital image processing technique.

1 GİRİŞ

Günümüzde gerek madencilik, taş ocakçılığı ve inşaat sektörlerinde, gerekse kazı gerektiren diğer altyapı çalışmalarında, delme ve patlatma faaliyetleri, kaçınılmaz olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu kapsamın giderek da artması söz konusudur. Öte yandan delme ve patlatmanın üretim maliyeti içindeki payı da küçümsenmeyecek düzeydedir. Kaldı ki patlatma sonrası kazı işini takip eden ardışık faaliyetlerin başarısını etkilemesi dolayısıyla önemi daha da artmaktadır. Bu nedenle patlatma sonuçlarının arzu edilen düzeyde gerçekleştirilebilmesi için, duyarlı bir kestirimin patlatma tasarımlarına yansması

gerekmektedir. Bu da ancak kaya özelliklerini, patlayıcı madde özelliklerini ve patlatma geometrisi konfigürasyonlarını uygun bir modelde değerlendiren tasarımlarla gerçekleşebilir. Özellikle patlatma sonrası oluşan yığının parça boyut dağılımını tahmin etmek ya da tespit etmek, patlatma işlemini takip eden ardışık işlem faaliyetlerine olan etkisini saptamak ve bu veriler ışığında patlatma tasarımlarının optimize edilmesi maliyetler açısından çok büyük kazanımlar sağlayacaktır (Kahriman vd. 2005).

Büyük ölçekli çalışmalarda, parçalanmanın, sayısal olarak tahmini oldukça zor bir işlemdir. Tam ve gerçekçi bir parça boyutu tahmin yöntemi; tüm yığının

elek analizine tabi tutulmasıdır. Üretim ölçeğinde, bu işlem hiç de pratik ve ekonomik olarak uygulanamayacak bir yöntemdir. Parça boyut tespitinin elemeye yakın sonuç verebilecek başka bir kanitatif analiz yöntemi de henüz bilinmemektedir. Herhangi bir sayısal tahminle, malzemenin parça boyut dağılımını tespit etmek patlatma optimizasyonu ve değerlendirilmesi açısından bir ileri aşama sayılmaktadır (Özdemir ve ark. 2003, 2005, 2007).

2 PATLATMAYLA PARÇALANMA TAHMİN MODELLERİ

Yıllar boyunca çok sayıda patlatma modelleri geliştirilmiştir. Birçok patlatma modelinde ortalama parça boyutu X50 hesaplanmış ve bazı modellerde de tüm parça boyut dağılımını veren yaklaşımlar ortaya konulmuştur. Bu modellerin tümünde girdi parametreleri, kaya özellikleri, patlayıcı madde özellikleri ve patlatmanın geometrik tasarım parametreleridir. Patlatma tasarım parametreleri bilinen girdilerdir, patlayıcı madde özellikleri de basit testlerle bulunabilir, ayrıca artık ürün kataloglarında da bu bilgiler yer almaktadır, fakat kayanın madde ve kütle özelliklerini belirlemek çok daha zordur. Kaya özelliklerini elde etmekte karşılaşılan zorluklar modellerin doğruluklarının oldukça zayıf olmasına sebep olurlar; ancak yine de bu modeller, patlatma tasarımındaki değişikliğin parça boyut dağılımına olan etkisi hakkında ipucu verebilmektedir.

Modeller sadece belirli elek altı yüzdeleri tahmin eder ve oluşan parçaların şekillerini ve yüksek şarj konsantrasyonuna bağlı olarak oluşan mikro çatlakların yarattığı malzemenin zayıflığı hakkında bir bilgi içermezler (Ouchterlony 2003). Aşağıda Cunningham tarafından (1983 ve 1987) oluşturulan Kuz-Ram modeli ve JKMRC modelleri olan TCM ve CZM açıklanmıştır. TCM ve CZM modelleri Kuz-

Ram modelinden daha sonra geliştirilmiş modellerdir.

2.1 Kuz-Ram Modeli

Parçalanma modellerinin en yaygın şekilde kullanılanlarından biri ampirik Kuz-Ram modelidir. Kuz-Ram modeli, Cunningham (1983) ve (1987), Kuznetsov (1973) eşitliği ve Rosin-Rammler dağılımından türetilmiş olan ortalama parça boyutu, X50'ye dayanır.

$$X_{50} = A \times \left(\frac{V_0}{Q} \right)^{0.8} \times Q^{\frac{1}{6}} \times \left(\frac{E}{115} \right)^{-\frac{19}{30}} \quad (1)$$

V_0 = Patlatılmış kayanın hacmi (m^3),

Q = Şarj miktarı (kg),

E = Patlayıcı maddenin gücü (% ANFO)

A = Kaya faktörü

Kaya faktörü, A , kaya tipine ve patlatma yönüne bağlı olarak ortalama parçalanmay modifiye etmek için kullanılır. Bu faktör Lilly tarafından geliştirilmiş olan (2) bağıntısıyla hesaplanabilir.

$$A = 0.06 \times (RMD + JF + RDI + HF) \quad (2)$$

RMD = Kaya kütlelerinin cinsi = 10 (ufalanabilir ve tozlu ise), 50 (masif ise)

JF = Eklem Faktörü = $JPS + JPA$ = Eklem düzlem aralıkları + Eklem düzlem açısı

JPS = 10 (düşey eklem aralığı, $S_j < 0.1m$ ise) 20 (eğer $0.1m < S_j < 1m$) veya 50 (eğer $S_j > 1m$)

JPA = 20 (eklem doğrultu açısı yüzeyin dışına doğru ise), 30 (yüzeye dikse), veya 40 (yüzeyin içine doğru ise)

RDI = Kaya yoğunluğu etkisi = $0.025 \times \text{özümlü şarj (kg/m}^3) - 50$

HF = Sertlik Faktörü = Young Modülü / σ_c (eğer Young Modülü < 50 (GPa)) veya σ_c (MPa) / 5 (eğer Young Modülü > 50 (GPa))

Parçalanmış kayanın parça boyut dağılımı eşitlik (3) kullanılarak hesaplanır.

$$P(x) = 100 \left(1 - \exp \left(- \ln 2 \left(\frac{X}{X_{50}} \right)^n \right) \right) \quad (3)$$

Üniformite indeksi olan n, (4) bağıntısı kullanılarak hesaplanır;

$$n = \left(2.2 - 14 \times \left(\frac{B}{D} \right) \right) \times \left(1 - \left(\frac{W}{B} \right) \right) \times \sqrt{\frac{1 + \frac{S}{B}}{2}} \times \left(0.1 + \text{abs} \left(\frac{BCL - CCL}{L} \right) \right)^{0.1} \times \left(\frac{L}{H} \right) \quad (4)$$

Eğer şeş beş düzenli bir tasarımsa eşitliğin 1.1 katı alınır.

B=dilim kalınlığı(m)

S= delikler arası mesafe(m)

D=delik çapı(mm)

W=delme hassasiyetindeki standart sapma (m)

BCL=taban şarj boyu(m)

CCL=kolon şarj boyu(m)

H=basamak yüksekliği(m)

L=toplam şarj uzunluğu(m)

Üniformite indeksi n, parçalanma eğrisinin şeklini tayin eder. Yüksek değerde olan n üniform bir boyutlanma verir, yani çok az miktarda ince taneler ve aşırı büyük parçalar. Genelde n 0,8 ile 2,2 arasında bir değerdir, (Cunningham 1983). Patlatma parametrelerinin üniformite indeksine olan etkileri Çizelge 1’de verilmiştir.

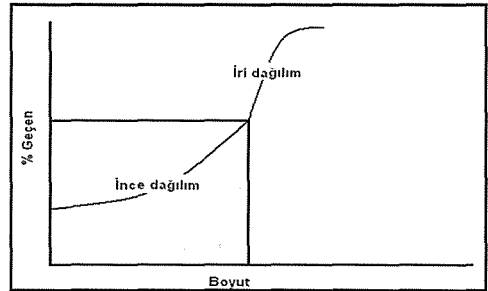
Çizelge 1. Patlatma parametrelerinin n üzerindeki etkisi (Cunningham 1983).

Parametre	n artar, eğer parametre,
D.kalınlığı/delik çapı	Azalırsa
Delme doğruluğu	Artarsa
Şarjboyu/basamakyüksekliği	Artarsa
Deliklerarasimesafe/D.kalınlığı	Artarsa
Şeşbeş patern	%10 artar

2.2 JKMRC Modeli

P(x)= X büyüklüğünden daha düşük boyutlu malzeme yüzdesi (%)
n= üniformite indeksi
X= Malzeme boyutu (m)
X50= ortalama parça boyutu(m)

Kanchibotla vd. (1999) ve Grundstorm vd. (2001), Kuz-Ram modelinin parça boyut dağılımında ince parçaları tahmin edemediğini göstermiştir. Patlatılan kayanın parçalanması birden daha fazla mekanizma ile gerçekleştiğinden dolayı, parça boyut dağılımı tek bir dağılım ile modellenemez (Djordevic 1999). JKMRC 2 tane parçalanma modeli oluşturmuştur, birincisi Ezilmiş Bölge modeli (CZM) ve diğeri İki elemanlı (TCM) modeldir. Bu modeller iki dağılımı birleştirir, bir tanesi ince malzeme dağılımı için, diğeri iri malzeme dağılımı içindir. Her iki model de bazı değişikliklerle beraber Kuz-Ram modeli temeline dayanır.



Şekil 1. CZM ve TCM için parça boyut dağılımı.

2.2.1 Çift elemanlı model-TCM

Patlama sonrası parçalanmış olan malzemenin iki ayrı kaya parçalarından oluştuğu söylenebilir. Deliğin hemen

etrafında cereyan eden parçalanmada basma ve makaslama dayanımı yenilerek parçalanma meydana gelir ve bu bölgede ince parçalar oluşur. Delikten uzaklaştıkça büyük kütlede kaya parçalanmasında çekme gerilmesi rol alır ve kayaç içi zayıflıklara, çatlak ve eklemlere de bağlı olarak iri parçalar oluşur. Çift eleman modeli iki adet Rosin-Rammler fonksiyonu ile oluşturulmuştur. Fonksiyonlardan bir tanesi ince ve düzgün taneli parçalar diğeri ise iri parçaları hesaplamada kullanılır (Djordjevic 1999).

$$P(x) = 100 \left(\frac{1 - (1 - F_c) \exp \left(-\ln 2 \left(\frac{x}{a} \right)^b \right)}{-F_c \exp \left(-\ln 2 \left(\frac{x}{c} \right)^d \right)} \right) \quad (5)$$

P(x)=X boyutundan daha küçük malzeme yüzdesi (%)

x=malzeme boyutu (m)

F_c=makaslama gerilmesi ile yenilmeye uğrayan kaya bölümü,

a=çekme gerilmesi altındaki bölgede ortalama parça boyutu,

b=çekme gerilmesi altındaki bölgede üniformite katsayısı,

c=basma yenilmesi altındaki bölgede ortalama parça boyutu,

d=basma yenilmesi altındaki bölgede üniformite katsayısı.

İnce malzemeyle ilgili giriş parametrelerini TCM modeline temin edebilmek için, patlatma daire testleri kullanılmıştır. Patlatma yapılan sahayı temsil eden kaya numuneleri patlatma dairesinde patlatılmış ve elde edilen malzeme elek analizine tabi tutulmuştur. Crum vd. ince parçaların oluşum mekanizmasının ölçekten bağımsız olduğunu göstermiştir, bu da c ve d patlatma parametrelerinin elenen malzemenin Rosin-Rammler dağılımına oturtulmasıyla bulunabileceği anlamına gelmektedir. a ve b parametreleri 3. eşitlikteki, Kuz-Ram parametreleri X50 ve n ile (JPS ve RDI'daki

bazı modifikasyonlarla birlikte) aynıdır. Makaslama basıncı ile parçalanmış bölüm, F_c, patlatma deliği etrafında oluşan ezilme bölgesi alanının patlatmanın toplam alanına bölümü ile bulunur.

$$F_c = \frac{r_c^2 \times \pi}{B \times S} \quad (6)$$

r_c= ezilme zonunun çapı(m)

B= dilim kalınlığı(m)

S= delikler arası mesafe(m)

Ezilme zonunun çapı olan r_c aşağıdaki eşitlikten bulunur;

$$r_c = \left(\frac{\frac{r_b}{\sqrt{\frac{24 \times TS_{insitu}}{P_b}}}}{P_b} \right) - r_b \quad (7)$$

r_b=delik çapı(m)

TS_{insitu}=Yerinde gerilme direnci (Mpa)=

$$\text{Çekme bas.} \times \left(\frac{0.05}{\text{ortalama blok boyutu(m)}} \right)^{0.18} \quad (8)$$

P_b= delik basıncı (Pa), detonasyon basıncının yarısı olarak kabul edilir.

$$= \rho_e \times \frac{C_d^2}{8}$$

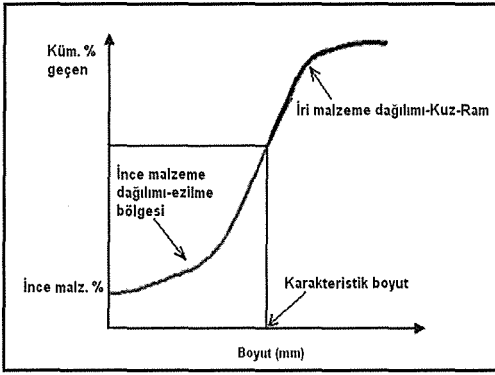
Burada,

ρ_e=patlayıcı madde yoğunluğu (kg/m³)

C_d=detonasyon hızı (m/s).

2.2.2 Ezilme bölgesi modeli-CZM

Kırılma Bölgesi modeli (CZM), çift elemanlı modele benzer olarak, toplam boyut dağılımını ifade etmek için 2 tane Rosin-Rammler fonksiyonu kullanır. Bu model iki dağılımı da aynı anda kullanan TCM'in aksine, dağılımlardan birini iri malzeme için, diğerini de ince malzeme için kullanır. Bu iki ayrı dağılım, kaya madde özelliklerine bağlı olan karakteristik boyut, X_c noktasında birleşir (Kanchibotla vd. 1999).



Şekil 2. CZM için ince ve iri malzeme boyut dağılımı (Kanchibotla vd.1999).

Parçalanmanın iri malzeme kısmı, kaya faktörü, A_c ve üniformite indeksi n_{iri} 'deki küçük değişikliklerle beraber Kuz-Ram eşitliğine benzer. Dağılım 9 no'lu eşitlikte verilmiştir

$$P(x) = 100 \left(1 - \exp \left((1 - P(x_c)) \times \left(\frac{x}{x_c} \right)^{n_{iri}} \right) \right) \quad (9)$$

$P(x)$ = x boyutlu elekten geçen malzeme miktarı (%)

$P(x_c)$ =karakteristik boyuttan geçen malzeme miktarı(%)

x = elek aralığı (m)

x_c =karakteristik boyut (m)

n_{iri} = iri parçalar için kullanılan üniformite indeksi

Thornton ve arkadaşlarına göre, iri parçalar için üniformite indeksi Cunningham (1987)'a göre saptanmıştır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilmiştir.

$$n_{iri} = \left(2.2 - 1.4 \left(\frac{B}{D} \right) \right) \times \sqrt{\frac{1 + \frac{S}{B}}{2}} \times \left(\frac{L}{H} \right) \quad (10)$$

Parça boyut dağılımındaki ince parçalar, deliğin içerisindeki patlayıcı madde etrafındaki silindire tarif edilen ezilme zonu

kaynaklıdır. Ezilme zonunun çapı, delikten itibaren ısınsal gerilmenin kayanın basınç dayanımını σ_c , aştığı noktaya kadar olan mesafe olarak hesaplanır. Delik etrafındaki bir x noktasındaki gerilme σ_x Jaeger ve Cook (1979) tarafından aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

$$\sigma_x = P_d \times \left(\frac{r}{x} \right)^2 \quad (11)$$

Burada P_d , detonasyon basıncı, r delik çapı ve x deliğe olan mesafe olarak tanımlanır. 11. eşitliği tekrar düzenlersek ve σ_x değerini σ_c 'ye eşitlersek, ezilme zonu çapı r_c , aşağıdaki şekilde bulunur.

$$r_c = r \times \sqrt{\frac{P_d}{\sigma_c}} \quad (12)$$

Detonasyon basıncı 13 numaralı denklem ile bulunur:

$$P_d = \rho_e \times \frac{C_d^2}{4} \quad (13)$$

Burada;

ρ_e =patlayıcı maddenin yoğunluğu (kg/m³)

C_d =detonasyon hızı (m/s)

Her iki dağılımın birleşme noktası ezilme bölgesinden kaynaklı ince malzemenin oranına göre elde edilir. Örneğin, ince malzeme yüzdesi arttıkça, birleşme noktası da yükselir, Thornton vd. (2001a). Tek eksenli basma dayanımı 50'den büyük olan sağlam kayalarda, karakteristik boyut X_{50} iyi sonuçlar verir, X_c ve X_{90} ise tek dayanım değeri 10'dan küçük daha zayıf kayalar için daha iyi sonuçlar verir. Orta dayanımlı kayalarda ise birleşme noktası X_{50} ile X_{90} arasında değişir (Kanchibotla vd. 1999). Ezilmiş malzemenin oranı, F_c , 14. denklemden bulunur ve ampirik olarak en büyük boyut olarak 1 mm verilir.

$$F_c = \frac{\text{Ezilen hacim}}{\text{Patlayan hacim}} \quad (14)$$

Parça boyut dağılımının ince malzeme bölümü aşağıdaki denklemde verilmiştir.

$$P(x) = 100 \left(1 - \exp \left(\ln(1 - P(x_c)) \left(\frac{x}{x_c} \right)^{n_{ince}} \right) \right) \quad (15)$$

Burada n_{ince} dağılımın ince malzeme için üniformite indeksidir. İnce malzeme için üniformite indeksi Rosin-Rammler denklemi tekrar düzenlenerek (15. denklem) ve ezilen malzemenin bilinen bölümleri denkleme uygulanarak bulunur (16. denklem).

$$n_{ince} = \frac{\ln \left(\frac{\ln(1 - F_c)}{\ln(1 - P(x_c))} \right)}{\ln \left(\frac{1}{x_c} \right)} \quad (16)$$

Modellenen parçalanma sonucunda, parça boyut dağılımında ince malzeme oluşumunu etkileyen ilk beş girdi parametresini tespit etmek amacıyla Thornton vd. (2001b) tarafından farklı boyut aralıkları için duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda tek eksenli basma dayanımı, patlayıcı şarj miktarı ve detonasyon hızının ince malzeme oluşumunda en etkili parametreler olduğu anlaşılmıştır. İri malzeme oluşumunda ise kritik parametrelerin yerinde blok boyutu, patlayıcı şarj miktarı ve basamak yüksekliği olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. CZM modelinde giriş parametrelerine göre parçalanma sonuçlarının hassasiyeti.

Parça boyutu (mm)	Parçalanma sonucunu en fazla etkileyen 5 girdi parametresi				
	1	2	3	4	5
1	TBD	Şarj miktarı	VOD	Deliklerarası mesafe	Dilim kalınlığı
5	TBD	Şarj miktarı	VOD	Deliklerarası mesafe	Dilim kalınlığı
10	TBD	Şarj miktarı	Deliklerarası mesafe	VOD	Dilim kalınlığı
50	TBD	Şarj miktarı	Blok boyutu	Deliklerarası mesafe	Dilim kalınlığı
100	Blok boyutu	TBD	Şarj miktarı	Basamak yüksekliği	Deliklerarası mesafe
250	Blok boyutu	Şarj miktarı	Basamak yüksekliği	Dilim kalınlığı	Deliklerarası mesafe
500	Şarj miktarı	Blok boyutu	Basamak yüksekliği	Dilim kalınlığı	Deliklerarası mesafe
1000	Şarj miktarı	Basamak yüksekliği	Blok boyutu	Dilim kalınlığı	Deliklerarası mesafe

3. TAHMİN MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yukarıda bahsedilen parçalanma modellerinin kullanılabilirlik ve parçalanma sonuçlarının tahminindeki doğruluk konusunda birbirinden farklı avantajları ve dezavantajları vardır. Modeller için gerekli giriş parametreleri Çizelge 3'te verilmiştir, Hall ve Brunton (2001). İyi mevcudiyet, parametre genellikle sahadan elde edilebilir; orta mevcudiyet, parametre saha gözlem ve

ölçümleriyle elde edilebilir; zayıf mevcudiyet ise, parametreler ancak

laboratuvar testleriyle elde edilebilir anlamına gelmektedir. Kuz-Ram modeline ve CZM modeli için giriş parametrelerini elde etmenin zorluğu hemen hemen eşittir. TCM için ise fazlaca miktarda laboratuvar testine ihtiyaç duyulduğundan dolayı daha zordur.

Çizelge 3. Parçalanma modelleri için girdi parametrelerinin mevcudiyet durumu.

Parametre	Kuz-Ram	TCM	CZM	Mevcudiyet
Yoğunluk	Var	Var	Var	İyi
TBD	Var	Var	Var	Orta
Çekme dayanımı	Var	Var	Yok	Zayıf
Young modülü	Var	Var	Var	Zayıf
Ortalama blok boyutu	Yok	Var	Var	İyi
Basamak eğimi	Yok	Var	Yok	Orta

Eğim yönü	Yok	Var	Yok	Orta
İnce malzeme miktarı	Yok	Yok	Var	Orta
VOD daire değeri	Yok	Var	Yok	Zayıf
Daire testinde delik çapı	Yok	Var	Yok	Zayıf
Daire testinde özgül şarj miktarı	Yok	Var	Yok	Zayıf
Daire testinde kırılan bölge	Yok	Var	Yok	Zayıf

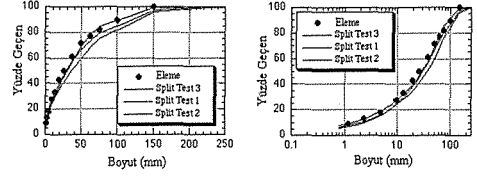
4. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE PARÇA BOYUT ANALİZİ

Yukarıda bahsedilen parçalanma tahmin modelleri her ne kadar patlatma sonrası oluşacak yığının parçalanma sonuçlarıyla ilgili yaklaşık bilgiler verse de, gerçek parça boyut dağılımını tespit etmek için tüm yığının elenmesi gerekmektedir. Fakat, böyle bir uygulama madencilik çalışmalarının ölçeğine bağlı olarak fazla zaman ve masraf gerektirdiği için mümkün değildir. Parçalanmayı ölçmenin tek uygun yolu son zamanlarda sıkça kullanılmakta olan dijital görüntü işleme yöntemi ile parça boyut analizidir (Özdemir, 2004).

Dijital görüntü işleme yöntemi ile parça boyut dağılımının tayininde temel ilke, patlatma sonrasında yığın üzerinden ölçekli dijital görüntülerin (resimlerin) alınması ve bu görüntülerin uygun yazılımla analiz edilmesidir. GoldSize, Split-Desktop, Wipfrag gibi yazılımlar parça boyut analizi için yazılmış özel görüntü işleme programlarıdır. Bu çalışma kapsamında Split-Desktop dijital görüntü işleme programı kullanılmıştır (Özdemir vd. 2003, 2004).

Son zamanlarda, Split-Desktop ve diğer görüntü işleme sistemlerinin doğruluğunu ve geçerliliğini test etmek için karşılaştırma çalışmaları yapılmıştır. Bunlara Liu ve Tran'ın (1996) çalışması örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada, yığın dört bölüme ayrılmıştır. Bölümlerden birisi konvansiyonel şekilde eleklerle elenmiş,

diğer üçünün her biri ise görüntülenmiş ve Split-Desktop dijital görüntü işleme programı ile analiz edilmiştir. Split ve Eleme karşılaştırmalı sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Split ve eleme analizi sonuçlarının karşılaştırılması (Liu ve Tran, 1996).

Soldaki grafik dağılımların lineer-lineer, sağdaki ise log-lineer gösterimidir. Şekildeki her iki grafikten de anlaşıldığı gibi eleme sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, Split-Desktop sistemi hem ince boyutlu, hem de iri boyutlu malzeme için çok doğru bir sonuç vermektedir.

5 UYGULAMA ÇALIŞMALARI

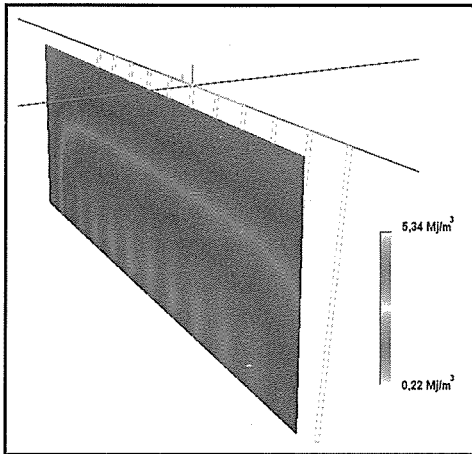
Bu çalışma kapsamında Akyol Mermercilik ve Madencilik A.Ş.'ne ait Çatalca kireçtaşı taş ocağında uygulanmakta olan basamak patlatma çalışmaları yerinde incelenmiş ve parçalanma sonuçlarının analiz edildiği 2 adet atım gerçekleştirilmiştir. Yapılan 2 atım sonrasında, Split-Desktop dijital görüntü işleme yöntemi ile parça boyut dağılımı tespit edilmiştir (Split-Desktop). Ayrıca her iki atım için de girdi parametreleri Kuz-Ram ve JKMRC'nin CZM parçalanma tahmin modellerine girilerek modellerin tahminlerindeki artı ve eksi yönler tartışılmıştır. Çalışma kapsamında JKSImBlast patlatma tasarım ve analiz programı her iki modelinin de uygulanmasında kullanılmıştır (JKSImBlast, 2007). Patlatma daire testlerini gerçekleştirecek uygun bir patlatma laboratuvarı olmadığından TCM modeli bu çalışma kapsamında uygulanamamıştır. Sahada yapılan ilk patlatma çalışmasına ait

basamak parametreleri ve kaya ve jeolojik özellikler Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4. Birinci atıma ait girdi parametreleri.

Delik çapı	89	mm
Şarj uzunluğu	8	m
Dilim kalınlığı	2.5	m
Delikler arası mesafe	2.5	m
Delik hata payı	0.1	m
Basamak yüksekliği	10	m
Şev açısı	90°	
Kaya özgül ağırlığı	2.65	
Elastik modül	30	GPa
Tek eksenli basma dayanımı	182	MPa
Eklemler arası mesafe	0.5	m
Dalım açısı	80°	
Dalım Yönü	0°	
Yerinde blok boyutu	1	m
Patlayıcı madde yoğunluğu	0.8	gr/cm ³
Patlayıcı VOD	4800	m/sn

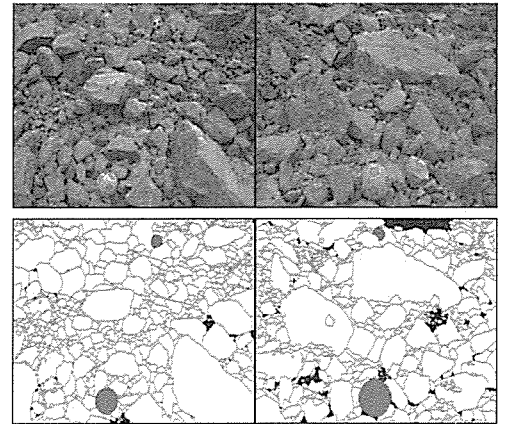
Yapılan birinci atımda 10m yüksekliğindeki basamakta tek sıra halinde 89 mm çapında, 11 m uzunluğunda 11 adet delik ANFO şarj edilerek, Excel marka elektriksiz kapsüllerle patlatılmıştır. Her delik için sıkılama miktarı 3 m, delik eğimi ise 84°’dir. Bu atımda kullanılan özgül şarj miktarı ise 0.64 kg/m³’tür. Atım geometresi ve patlayıcı enerji dağılımı Şekil 4’te gösterilmiştir.



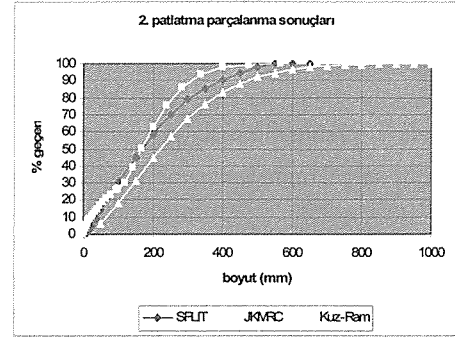
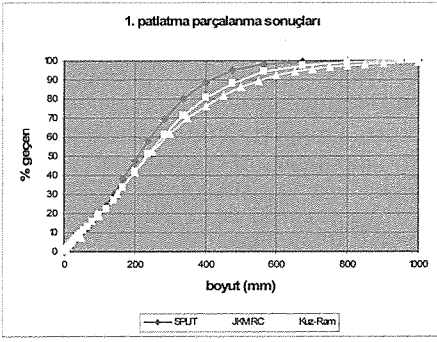
Şekil 4. Birinci atıma ait delik geometrisi ve patlayıcı enerji dağılımı (JKSimBlast, 2007).

Yapılan ilk atım sonrası yığın üzerinden dijital görüntüler alınmıştır ve Split-Desktop yazılımı ile işlenerek bu atıma ait parça boyut dağılımı elde edilmiştir. Aşağıdaki şekillerde işleme tabi olan görüntülerden bazıları ve işleme süreci gösterilmiştir.

Yığın üzerinden görüntüler alınırken ölçek olarak 2 adet 200 mm çapında futbol topu kullanılmıştır. Programda topların ölçeği girilerek resim ölçeklendirilmiş ve görüntüdeki kaya parçalarının boyutları program tarafından hesaplanmıştır. Patlatmaya ait tüm görüntüler analiz edildikten sonra toplu halde parça boyutları hesaplanmış ve bu yığına ait parça boyut dağılımı hesaplanmıştır. Aynı zamanda patlatma giriş parametreleri Kuz-Ram ve JKMRC modellerine girilmiş ve aynı atıma ait parçalanma tahmin sonuçları elde edilmiştir. Aşağıdaki grafikte 1. atıma ait Split parça boyut dağılımı, Kuz-Ram ve JKMRC tahmin sonuçları lineer-lineer ve log-lineer olarak gösterilmiştir.

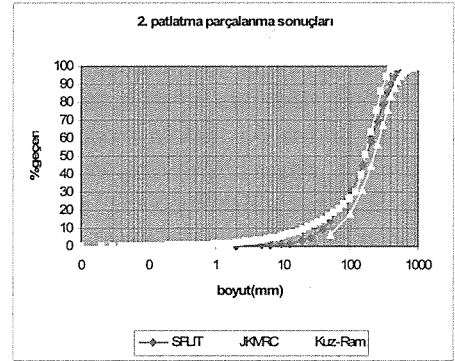
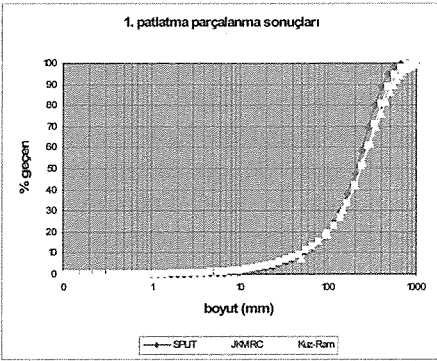


Şekil 5. Analize tabi tutulan görüntü örnekleri ve işlenmiş halleri.



Şekil 6. Birinci atıma ait parçalanma sonuçları (lineer-lineer).

Şekil 8. İkinci atıma ait parçalanma sonuçları (lineer-lineer).



Şekil 7. Birinci atıma ait parçalanma sonuçları (log-lineer).

Şekil 9. İkinci atıma ait parçalanma sonuçları (log-lineer).

Birinci atıma ait parçalanma tahmin ve gerçek sonuçlar elde edildikten sonra modellerin tutarlılığını ve giriş parametrelerinden en önemlisi olan patlayıcı madde miktarının parçalanma sonuçlarına olan etkisini test etmek amacıyla aynı basamakta aynı şekilde, sadece kolon şarj uzunluğu değiştirilerek bir ikinci deneysel atım gerçekleştirilmiştir. 2. patlatmada kolon şarj uzunluğu 1 m artırılarak 9 m'ye çıkarılmıştır. Böylece özgül şarj miktarı da 0,64 kg/m³'ten 0,81 kg/m³'e artırılmıştır. 1. atım sonrası yapılan tüm parça boyut dağılımı tespit çalışmaları ve analizleri 2. atım için de gerçekleştirilmiş ve aşağıdaki parçalanma sonuçları elde edilmiştir.

6 TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında yapılan birinci atım sonrası elde edilen parçalanmaya ait saptamalar şu şekildedir. Split-Desktop programı ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında JKMRC ve Kuz-Ram modellerinin daha iri boyutta bir parçalanma tahmininde bulunduğu görülmektedir. JKMRC modeli, Kuz-Ram modeline göre gerçek parçalanma sonuçlarına daha yakın bir tahminde bulunabildiği, iki model arasında fark edilen ilk fark olarak göze çarpmaktadır. Özellikle parça boyut dağılımının ince malzeme oluşumu kısmında JKMRC modelinin, Kuz-Ram modeline oranla daha yakın bir tahmin yaptığı

anlaşılmaktadır. Bununla beraber genel olarak her iki tahmin modelinin de gerçek parçalanma sonucuna çok yakın tahminlerde bulunduğu görülebilmektedir.

Kolon şarj uzunluğunun ve böylece özgül şarj miktarının artırılmasıyla beraber gerçekleştirilen ikinci atımda JKMRC modelinin gerçek parça boyut dağılım sonucuna göre daha ince bir parçalanmayı tahmin ettiğini görmekteyiz. Kuz-Ram modeli ise bu atım sonrasında da birinci atım da olduğu gibi daha iri bir parçalanmayı işaret ettiği anlaşılmaktadır. JKMRC modelinin ince malzeme oluşumu tahmininde ilk atımda olduğu gibi Kuz-Ram'dan daha yakın tahminde bulunduğu fark edilmiştir. Bununla beraber, ikinci atım sonrasında da her iki tahmin modelinin de gerçek parça boyut dağılımına çok yakın sonuçlar verdiği görülebilmektedir.

Genel olarak modeller tartışıldığında, parça boyut dağılım tahmin modellerinin kullanılabilmesi için oldukça fazla saha verisine ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır. Fakat bu çalışma kapsamında gerçekleştirilmiş olan bu uygulama gibi çalışmalar sonucunda patlatma sonuçlarının tahmininde ve buna bağlı olarak arzu edilen sonuçları sağlayacak basamak patlatma parametrelerinin tayininde çok kullanışlı bir argüman oldukları çok açık bir şekilde anlaşılmıştır.

Parçalanma tahmininde kullanılan her iki model de parçalanmanın iri malzeme oluşum kısmında gerçek sonuçlara daha yakın tahminde bulunduğu, ama ince malzeme oluşum kısmında ise JKMRC modelinin daha avantajlı olduğu görülmüştür. Bu da özellikle cevherin öğütülebilirliği açısından önemli bir faktördür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği (Proje No: 429/13092005, T-73/15122006), Devlet Planlama Teşkilatı (Proje No:

2005K120990) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Proje No: MİSAG-283) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği, Devlet Planlama Teşkilatı ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na finansal destekleri için teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Cunningham, C. 1983, The Kuz -Ram model for prediction of fragmentation from blasting, Trans. 1st Int. Symp. Rock Fragmentation by Blasting, Luleå. Sweden
- Cunningham, C. 1987, Fragmentation Estimations and the Kuz-Ram Model – Four Years On, in 2nd International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting, Keystone, Colorado, pp 475-487.
- Djordjevic, N. 1999, Two-component model of blast fragmentation. In Proc 6th Symp. on Rock Fragmentation by Blasting, pp 213-219. Symposium series S21. SAIMM, Johannesburg.
- Grundstrom, C. Kanchibotla, S.S., Jankovich, J. Thornton, D. 2001, Blast Fragmentation for Maximising the SAG Mill Throughput at Porgera Gold Mine, Proc. In Proc ISEE 27th Ann Conf Expl & Blasting Techn, vol I. pp 383-399. ISEE, Cleveland OH.
- Hall, J., and Brunton, I. 2001, Critical comparison of Julius Kruttschnitt Mineral Research Centre (JKMRC) blast fragmentation models. Explo 2001, AusIMM, Hunter Valley, NSW, pp207-212.
- Jaeger, J.C. and Cook, N.G.W. 1979, Fundamentals of Rock Mechanics, 3rd edition, Chapman and Hall, London.
- JKSImblast, Blast Management System- 2D Bench Surface Blast Design and

- Analysis, Version 2.2.8, March 2007, Soft-Blast Pty Ltd.
- Kahrirman, A., Tuncer, G., Karadoğan, A., Ozdemir, K., "Kuz – Ram and Digital Image Processing System Combination to Determine Spesific Blasting Parameters", Proceedings of The Thirty – First Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, 6 – 9 February, Orlando, Florida, USA., 2005, Volume I, pp. 399 – 407.
 - Kanchibotla, S. S., Valery Jnr., W. and Morrell, S. 1999, Modelling fines in blast fragmentation and its impact on crushing and grinding. Explo'99 Conference, Kalgoorlie, WA.
 - Kuznetsov, V.M. 1973, The mean diameter of fragments formed by blasting rock, Soviet Mining Science, Vol. 9 No. 2
 - Lilly, P.A. 1986, An Empirical Method of Assessing Rock Mass Blastability. In Proc Large Open Pit Mining Conference, pp. 89-92, AusIMM & Instr Engrs, Newman Combined Group, Melbourne.
 - Liu, Q. and Tran, H. 1996. Comparing Systems-Validation of FRAGSCAN, WipFrag and Split. ISRM/Fragblast 5 Workshop and Short Course on Fragmentation Measurement, Montreal, A.A. Balkema
 - Ouchterlony, F. 2003, Influence of blasting on the size distribution and properties of muckpile fragments, a state-of-the art review, MinFo P2000-10: Energiptimering vid nedbrytning / Energy optimization in comminution, Swebrec, Luleå University of Technology, Sweden.
 - Ozer, U., Ozdemir, K., Kahrirman, A., Karadogan, A., Tuncer, G., 2006 "The Importance of Particle Size Distribution After Blasting and Arrangement Studies on this Basis", ", 6th International Conference: Modern Management of Mine Producing Geology and Environment Protection, 12-16 June, Albena Resort, Varna, Bulgaria, 2006, Volume I pp.: 43-52.
 - Özdemir, K., Kahrirman A., Tuncer G., Karadogan A., "A Practical Approach For Blasters to Determine The Optimal Bench Blasting Conditions", Proceedings of The Thirtieth Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, 1-4 February, New Orleans, Louisiana, USA, 2004, Volume I, pp. 51-60
 - Özdemir, K., Kahrirman, A., Karadoğan, A., Tuncer, G., "Blast Fragmentation Assessment and Control Using The Split Digital Image Analysis System", International Conference on Earth Sciences and Electronics (ICESE-2003), 23-24 October, Istanbul University, Avcılar, Istanbul, Turkey, 2003.
 - Özdemir, K., Kahrirman, A., Karadoğan, A., Tuncer, G., "Blast Fragmentation Assessment and Control Using The Split Digital Image Analysis System", International Conference on Earth Sciences and Electronics (ICESE-2003), 23-24 October, Istanbul University, Avcılar, Istanbul, Turkey, 2003.
 - Özdemir K., Kahrirman A., Doğan T., 2005 "Patlatma Sonrası Parça-Boyut Dağılımının Ekskavatör Kazı Süresine Olan Etkisinin Araştırılması" II. İş makineleri Sempozyumu ve Sergisi 29-30 Eylül/2 Ekim 2005, İstanbul pp:273-282.
 - Ozdemir, K., Tuncer, G., Kahrirman, A., Ozer, U., Karadogan, A., "The Relation between Excavator Bucket Loading Time and Particle Size Distribution of Shot Rock", Proceedings of The 33rd Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, 28 January – 1 February, Nashville, Tennessee, USA., 2007, Volume I, pp. 303-313
 - Ozdemir, K., 2004, Dijital Görüntü İşleme Tekniği ile Patlatma Verimlilik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
İstanbul, Türkiye.

- Split-Desktop Digital Fragmentation Analysis System, Split Engineering, LLC.
- Thornton, D. Kanchibotla, S. and Esterle, J. 2001a, A fragmentation model to estimate ROM size distribution of soft rock types. Proceedings of the 27th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, International Society of Explosives Engineers, Orlando, Florida, pp41-53.
- Thornton, D. Kanchibotla, S. and Brunton, I. 2001b, Modelling the impact of rock mass and blast design variation on blast fragmentation. Explo 2001, AusIMM, Hunter Valley, NSW, pp197-205.

Basamak Patlatmalarında Gecikmenin Önemi

Importance of The Timing In Bench Blasting

Ümit Kılıç

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş.)

Metehan Derya

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş.)

ÖZET Patlatmada genel olarak en iyi sonuçlar (parça boyutu, sarsıntı, gerinin örselenmesi vb. şartlar açısından) komşu deliklerin uygun kısa gecikmeler kullanılarak teker teker ateşlenmesiyle elde edilir. Uygun gecikme zamanları seçilerek deliklerin teker teker ateşlenmesi ile komşu delikler arasındaki pozitif etkileşimden faydalanılır. Birçok deneme patlatması ve üretim patlatmasının sonuçları göstermiştir ki tipik bir basamak patlatmasında uygun delikler arası gecikme genellikle komşu delikler arası mesafenin metresi başına 10ms'den küçüktür.

Bu çalışmada, artık üzerinde daha ayrıntılı çalışmalar yapılmaya başlanan basamak patlatmalarında gecikmenin önemi üzerinde durulmuş ve pratikteki uygulamalar karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT Generally best results in blasting operations can be achieved by hole by hole firing with short delays. Hole by hole firing with suitable delay time would ensure positive interaction between adjacent blastholes. Lots of test blast and production blast results indicate that ideal inter-hole delay for typical bench blasting is less than 10ms per meter of spacing.

This paper mentions about importance of timing in bench blasting and comparisons between practices.

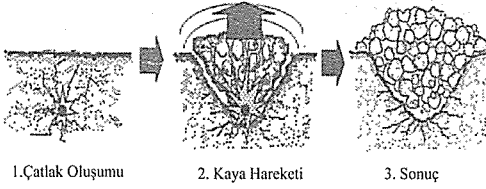
1 GİRİŞ

Patlatma işlerinde gecikme kullanılması bazı ihtiyaçlardan dolayıdır. Bu ihtiyaçlar, daha büyük hacimli patlatmalar yaparak üretimi arttırmak, daha verimli patlatmalar yapmak, sarsıntı sorununu azaltmak şeklinde ifade edilebilir. Yerüstü patlatmaları ile yeraltı patlatmaları için ihtiyaç duyulan gecikme süreleri farklıdır. Yeraltı patlatmalarında uzun gecikme süreleri gerekli iken yerüstü patlatmalarında kısa gecikme aralıkları kullanılmaktadır. Yüzey patlatmalarında delikler gecikmesiz olarak, sadece sıralara gecikme verilerek, delikler arasında uzun gecikme kullanılarak ya da delikler arasında kısa gecikme kullanılarak ateşlenebilir.

1.1 Patlatma Sırasında Gelişen Olaylar

Basamak patlatmalarında bir serbest yüzeye doğru patlayan delik Şekil-1'de görüldüğü gibi şu olaylara sebep olur:

- Delikteki patlayıcının patlaması
- Şok dalgalarının kayaç içerisinde ilerlemesi ve çatlakları oluşturması
- Basıncı gazların genişleyerek oluşan çatlakları genişletmesi
- Kaya kütlelerinin taşınması



Şekil 1. Patlama sırasında gelişen olaylar.(5)

2 GECİKMESİZ ATIMLAR

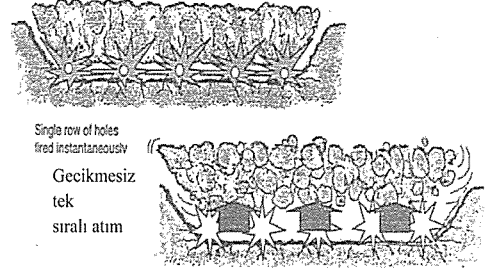
Genellikle gecikmesiz atımların sonuçları gecikmeli atımlara göre daha kötüdür. Gecikme verilmediği için deliklerin tamamı aynı anda ateşlenecektir. Böyle bir atımın sonucu, gecikmesiz tek sıralı atımlar ve gecikmesiz çok sıralı atımlar açısından değişik olacaktır.

2.1 Gecikmesiz Tek Sıralı Atımlar

Serbest yüzeye doğru tek sıra halinde delinmiş olan patlatma delikleri gecikmesiz olarak aynı anda ateşlendiğinde komşu delikler arasındaki çatlaklar birleşme eğiliminde olacaktır. Çatlak gelişimi sırasında iki delik arasındaki en yakın mesafe boyunca stres altındaki kaya içerisinde oluşan çatlaklar birleşmeye çalışacaktır. Birleşen bu çatlaklara dolan patlatma gazları önündeki yükü ötelemeye başlar (Bkz. Şekil 2). Delikler önündeki yük mesafesinde bulunan kaya kütlesi, çatlak oluşumu tamamlanmadan ötelenmeye maruz kalacağı için parçalanma iyi olmayacaktır. Bunun yanında, birleşme eğilimindeki çatlaklar delikler arasında bir hat oluştururlar. Deliklerdeki patlayıcının patlaması sonucu açığa çıkan büyük hacimdeki ve yüksek basınçtaki gazlar bu çatlak hattına dolarak kaya kütlesini hep birlikte taşımaya çalışacak, dolayısıyla pasa daha çok savrulacaktır(5). Gecikmesiz tek sıralı atımların sonuçları şöyle özetlenebilir:

- Daha iri tane boyutu: Çatlaklar en kısa yoldan birleşerek kaya kütlesini öteler ve yeterli parçalanmaya zaman tanımaz.
- Pasanın savrulması daha fazladır: Patlatma gazları birleşen çatlakların arasına sızarak yükü ileri doğru öteler.

- Daha fazla örseleme: Yük tek kütle halinde ileri doğru gitme eğiliminde olduğundan gerideki kayada ani ve büyük reaksiyon oluşturur.
- Daha fazla sarsıntı ve hava şoku.



Şekil 2. Tek sıralı gecikmesiz patlatma. (5)

2.2 Gecikmesiz Çok Sıralı Atımlar

Çok sıralı olarak delinmiş delikler gecikmesiz olarak aynı anda ateşlendiğinde ön sıra gecikmesiz tek sıralı patlatma gibi davranarak benzer sonuçlar ortaya çıkarır. Arka sıralar ise daha az verimle çalışacaktır. Çok sıralı gecikmesiz atımlar daima kötü sonuçlar ortaya çıkarır. Tüm sıralar aynı anda ateşlendiği için bir öndeki sıra arkadaki sıra için serbest yüzey oluşturacak yeterli zamana sahip olamayacaktır. Dolayısıyla, önü açılmayan arka sıralardaki delikler ateşlendikten sonra krater yapma eğilimindedir. Böyle bir atımın neticesinde oluşacak olan pasa oldukça sıkıdır ve kazılması/yüklenmesi daha zordur. Ayrıca topuk kısmında kaya kütlesi yeterince kırılmaz ve tırnak kalma ihtimali çok yüksektir. Gecikmesiz çok sıralı atımların sonuçları şu şekilde özetlenebilir:

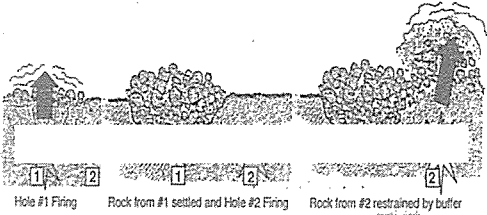
- Parçalanma ve pasanın ötelenmesi kötüdür. Arka sıralar için serbest yüzey oluşmadığı için yeterince parçalanmış gevşek pasa elde edilemez ve aynanın dip kısmında tırnak oluşur.
- Çevre kayada ve bir sonraki ayna yüzeyinde örseleme ve askıda kalan kavlak çok daha fazla olacaktır.
- Patlatmanın çevreye olan olumsuz etkisi daha fazla hissedilecektir. Arka sıralara doğru artan derecelerde, delikler krater yaparak daha fazla hava şoku ve kaya fırlamasına neden olacaklardır. Birim zamanda devreye giren patlayıcı madde

miktarı fazla olacağından ve sıralar önündeki yük serbest yüzeye doğru hareket edemeyeceğinden dolayı hissedilecek sarsıntı daha yüksek olacaktır.

3 TEK SIRALI DELİKLERİN TEKER TEKER PATLATILMASI

Tek sıra halinde serbest yüzeye doğru delinmiş olan delikler, teker teker uzun gecikme süreleri kullanılarak ya da kısa gecikmeler kullanılarak ateşlenebilir. Bu atımların sonuçları değişik olabilmektedir.

3.1 Tek Sıra Halindeki Deliklerin Uzun Gecikme Aralıkları Kullanılarak Tek Teker Ateşlenmesi



Bir sıra halindeki delikler uzun gecikme aralıklarıyla teker teker ateşlendiğinde komşu delikler arasındaki pozitif etkileşimden yararlanılamaz ve her delik bağımsız olarak patlar (Bkz. Şekil 4). Delikler patlarken Bölüm 1.1'de anlatılan olaylar gelişir.

Gecikmesiz tek sıralı atımlara göre yararları:

- Daha ince pasa
- İleri yönde hareket daha azdır (önce patlayan deliğin pasası tampon olur).
- Daha az örselenme (fakat tampon etkisinden dolayı tek deliğinkinden fazla)
- Daha az sarsıntı ve hava şoku: Birim zamanda devreye giren patlayıcı madde miktarı daha az olacağı için sarsıntı daha az olacaktır.

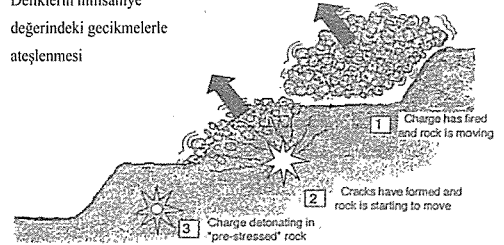
Sakıncaları:

- İlk patlayan delik komşu delikteki şarjı etkileyebilir.

- Önce patlayan şarjların oluşturduğu çatlaklardan gaz kaçışı olabilir. (enerji kaybı, kaya fırlaması, hava şoku)
- Oluşan sarsıntı tek deliğin yaratacağından büyük olabilir çünkü deliklerin önünde pasa olacaktır.

3.2 Tek Sıra Halindeki Deliklerin Kısa Gecikme Aralıkları Kullanılarak Tek Teker Ateşlenmesi

Deliklerin milisaniye değerindeki gecikmelerle ateşlenmesi



Şekil 4. Delikler arasındaki etkileşim. (5)

Tek sıralı atımlar için en iyi sonuç deliklerin kısa gecikme aralıkları ile teker teker ateşlenmesiyle elde edilir(5). Şekil-4'de görüldüğü gibi 2 nolu delik ateşlendikten sonra çatlaklar gelişmeye başlar ve delik önündeki yük aynadan kopmaya başlamadan önce 3 nolu delik ateşlendiğinde delikler arasındaki pozitif etkileşimden yararlanılır. Çünkü bu sırada 3 nolu delik civarındaki kaya 2 nolu deliğin ateşlenmesi sonucu oluşan şok dalgaları tarafından strese maruz bırakılır. 3 nolu deliğin önündeki kaya kütlesi daha önce stres altında kaldığı için delik ateşlendikten sonraki çatlak gelişimi ve çatlakların birbirini etkilemesi daha kolay ve verimli olmaktadır.

Komşu delikler arasındaki mesafenin her metresi için birkaç milisaniye şu sonuçlara neden olacaktır (5):

- Daha iyi tane boyuna
- Kontrollü pasa hareketine
- Daha az örselenmeye
- Nispeten daha az sarsıntı oluşmasına

4 ÇOK SIRALI ATIMLAR

Birden çok sıralar halinde delinmiş olan delikler, sıralara gecikme vermek suretiyle ya da hem komşu deliklere hem de sıralara gecikme vermek suretiyle ateşlenebilir.

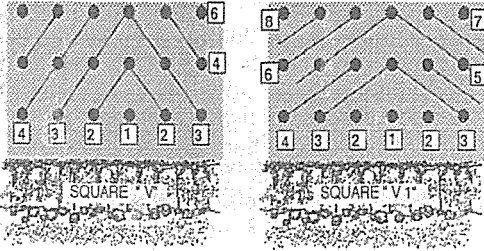
4.1 Sıralara Gecikme Verme

Bu yöntemde sadece sıralara gecikme verilir. Aynı sıradaki tüm delikler aynı gecikme zamanı ile ateşlenir. Nitro Nobel firmasından Bernt Larsson, öndeki sıra yük mesafesinin 1/3'ü kadar ilerledikten sonra arka sıranın ateşlenmesi gerektiğini önermektedir. (4)

Eğer gecikme süreleri yeterli olursa, patlatmanın performansı gecikmesiz atımlara göre çok daha iyi olur çünkü her sıra için öndeki yükün taşınması gerçekleşir.

Sıralar arası gecikmenin yetersiz olduğu durumunda, arka sıralara doğru giderek artan oranda tıkanma olacaktır. Böylece, arka sıraya doğru sonuçlar giderek kötüleşecek ve toplamda atımın performansı kötü olacaktır. Kare delik düzeni kullanılmışsa, kenar ve köşe delikler için kötü geometri söz konusudur ki bu bölgelerde kazıda zorlanma beklenmelidir.

Şeş-beş düzende ise daha iyi sonuçlar alınır. Bu durumda patlayıcılar kayaç içinde daha iyi dağıtılmış olur ve çevre delikler daha uygun kırılma açısına sahip olurlar.



Şekil 5. V Delik Düzeni. (5)

Bazen atımın performansını arttırmak için Şekil-5'de görülen düzenler kullanılabilir.

Burada V serisinde serbest alan oluşumu daha dar bir geometride gerçekleşir, dolayısıyla V'nin tepe noktasına doğru zorlanma artacaktır.

Şaşırtmalı V1 serisi, kenar ve köşe deliklerinin geometrik olarak hapsolme derecesini azaltır ki bu durum ileri yönde hareketi artırır ve örselenmeyi azaltır. Her sıranın oluşturacağı serbest yüzey daha uygun şekle sahip olacaktır (eğri şeklinde). Zorlanma azalacağından sarsıntı seviyesi azalacaktır.

Ama çoğu kez her sıranın farklı gecikmelerle patlatılması toplamda en iyi sonucu vermeyecektir.(5)

4.2 Çok Sıralı Atımlarda Her Deliğe Ayrı Gecikme Verme

Bir atımın performansı açısından en iyi sonuçlar, komşu deliklerin ateşlenmesinde uygun kısa gecikmelerin kullanıldığı seride, her deliğin bireysel olarak ateşlendiği sistemle elde edilir.

4.2.1 Delikler arası gecikme (DAG)

Tek Sıradaki deliklerin ideal "delikler arası gecikme (DAG)" ile ateşlenmesi şu sonuçlara yol açacaktır:

- Özgül şarj değiştirilmeden elde edilebilecek en ince parça boyutu elde edilebilir.
- Gecikmesiz tek sıralı atımlara göre ileri yöndeki hareket daha azdır. Çünkü önce patlayan deliğin oluşturacağı pasa komşu delik önünde tampon olacaktır.
- Tek bir deliğin neden olacağı örselenme elde edilir.
- Atım sonucu oluşacak sarsıntı ve hava şoku, tek bir deliğinkine yakın olacaktır.

4.2.2 Sıralar arası gecikme (SAG)

Çok sıralı atımlarda ideal DAG ve ideal SAG şu istenen sonuçlara yol açacaktır:

- Mümkün olan en iyi parçalanmanın elde edilmesine.
- Kontrollü pasa hareketine.
- Çevre kayaçta en az örselenmeye.
- Minimum sarsıntı ve hava şokuna.

Toplam parçalanma, özellikle deliğin topuk kısmına yakın bölgelerinde SAG'den etkilenebilir. Genellikle delikler arası gecikmeden etkilenir. Uygun SAG ile çevre kayaca verilen hasar azaltılabilir, sarsıntı ve hava şoku gibi patlatmanın olumsuz etkileri en aza indirgenebilir. SAG ve DAG değiştirilerek pasanın yayılımı, şekli, pozisyonu ve gevşekliği kontrol edilebilir.

5 GECİKME SEÇİMİ

Delikler arasındaki pozitif etkileşim DAG ve SAG ile kontrol edilebilir. Bu parametreler de atımın performansını önemli ölçüde etkileyebilirler. Parçalanma boyutu, pasanın hareketi, yönü, çevredeki kayada örselenme, sarsıntı seviyeleri genellikle gecikmeler ile kontrol edilebilir.

DAG, komşu iki delik arasındaki etkileşimi kontrol eder.

SAG, bağımsız delikler arasındaki etkileşimi kontrol eder.

SAG'nin DAG'ye oranı, patlatma esnasında yaratılan yeni serbest yüzeylerin yönelimini ve geometrisini tayin eder.

Her durum için en uygun gecikmeleri tespit etmek adına bazı deneme atımları yapmak ve bunların sonuçlarını değerlendirmek gerekir.

5.1 Pasa Oluşumu Sırasında Geçen Süreler

Delik içindeki patlayıcı madde detone olmaya başladıktan sonra yayılan şok dalgaları ilk önce delik çevresinde radyal çatlaklara neden olurlar. Patlama reaksiyonu sonucu oluşan yüksek sıcaklık ve hacimdeki gazlar da bu çatlaklara dolarak çatlakların gelişimine katkıda bulunurlar. Kayaç tipine bağlı olarak dalga kayada 3050-6100m/s hızla ilerlemeye başlar(3). Şok dalgası sert-sağlam kayada daha hızlı ilerler. Çatlak gelişimi bu sismik dalga hızının 0,15-0,40 katı kadar bir hızla olmaktadır (3). Buradan, sert-masif kayalarda çatlak oluşum hızının 2400m/s olabileceğini söyleyebiliriz. Yumuşak kayalarda ise alt değerleri alırsak çatlak hızının 450-1200m/sn olacağı söylenebilir. (3)

Parçalanma böyle hızlı gerçekleşirken kırılmış kayanın taşınması daha uzun sürmektedir. Taş ocaklarında yapılan ölçümler göstermiştir ki kırılmış kaya 15,2-30,5 m/s hızla hareket etmektedir. Yani pasa, 10ms içinde 15-30cm hareket etmektedir. (3)

Gecikme seçiminin kayanın tepki süresine bağlı olarak belirlenmesini öneren I. Odenera & S. Esen öncelikle bu sürenin (minimum response time) belirlenmesinin gerektiğini bildirmişlerdir. (2)

5.1 Uygun DAG'nin Seçimi

Birçok deneme ve üretim patlatmasının sonuçları göstermiştir ki tipik bir basamak patlatması için uygun DAG, genellikle delik aralığının metresi başına 10ms'den küçüktür. Her durum için ideal gecikme kaya özelliğinden etkilenir. Delik aralığının metresi başına 3ms-5ms geikme süresi başlangıç deneme atımları için önerilir. (5)

Özel uygulamalar için ideal DAG doğru olarak hesaplanamaz ve seçimler ancak piyasada bulunabilen ürünlerle sınırlıdır. Herhangi bir durum için en uygun gecikmeleri belirlemek için bazı denemeler yapmak gereklidir.

Kırılğan, düşük yoğunluklu ve bloklu (kapalı çatlaklar içeren) kayaçlar için genelde kısa DAG uygundur. Kısa DAG, daha iyi parçalanma ve sarsıntı pahasına (zararına olarak) ileri yöndeki hareketi arttırmak eğiliminde olacak şekilde komşu delikler arasında bir efor yaratır.

Yoğun, masif, poroz veya plastik özellik gösteren kayaçlar genellikle, daha uzun DAG'ye ihtiyaç duyarlar.

Uzun DAG, her deliğin daha bağımsız çalışmasına yol açar ki bu durumda pozitif etkileşim azalır ve kayanın hareketi ile komşu şarjın zarar görmesine neden olabilir.

5.2 Uygun SAG'nin Seçimi

Kayaç özelliklerine, patlatma geometrisine ve istenen sonuçlara bağlı olarak, efektif yükün her metresi için 12ms-15ms gecikme önerilir (5). Önerilen bu değerler sadece başlangıç deneme atımları için bir çıkış noktası olup en uygun gecikme değerleri yapılacak olan bu denemeler sonucu tespit edilmelidir.

Düşük yoğunluklu, kırılğan, elastik, bloklu kayaçlar için kısa SAG uygundur.

Poroz, plastik, yoğun homojen kayaçlar, yükün taşınması için genellikle daha fazla süreye ihtiyaç duyarlar. Yukarıda verilen gecikme değeri 30ms/m'ye kadar çıkabilir. Çünkü bu tip zeminlerde sismik dalgaların yayılma hızı ve dolayısıyla çatlak oluşumu daha yavaştır. Bunların sonucu olarak da parçalanma ve parçalanmış kayanın hareketi için uzun gecikmelere ihtiyaç duyulur.

Uzun SAG, çevre kayaçtaki örselenmenin daha az olmasına, ileri yöndeki pasa hareketinin ve pasa gevşekliğinin daha iyi olmasına yardımcı olur.

Gereğinden kısa SAG şu sonuçlara yol açar:

- İleri yöndeki hareketi en aza indirmeye eğilimindedir.
- Kaya fırlamasını arttırma eğilimindedir.
- Daha sıkı pasa oluşumuna neden olur.
- Çevre kayaçta daha fazla hasara neden olur.
- Daha fazla sarsıntıya neden olur.

Kırılğan kaya düşük hızda (15-30m/s) hareket ettiği için sıra sayısı arttıkça pasa hareketi yukarı doğru bir eğilim gösterecektir. Bunun nedeni ise düşük pasa hızı nedeniyle arka sıralara doğru serbestliğin giderek azalmasıdır. Bunun sonucu olarak da kaya

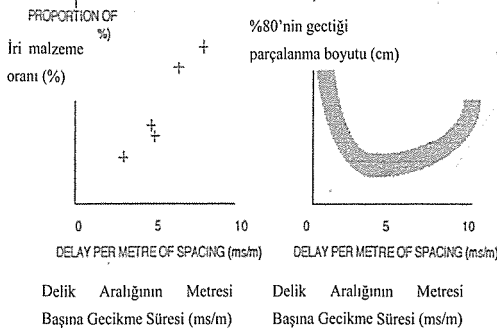
fırlaması ve tabanda tırnak kalması gibi sorunlar görülebilir. Uygulamada ateşleyicilerin, SAG'yi arka sıralara doğru arttırmak istemesinin altında bu sebepler yatmaktadır.

6 GECİKMENİN PARÇALANMA VE PASA HAREKETİ ÜZERİNE ETKİSİ

Uygun gecikme seçimi toplam atım performansına bakıldığında parçalanma ve istenen pasa hareketinin elde edilmesi gibi önemli sonuçlara olumlu etki yapacağı açıktır. Bu bölümde gecikmenin parçalanma ve pasa hareketi üzerine olan etkileri incelenecektir.

6.1 Gecikmenin Parçalanmaya Etkisi

DAG'nin parçalanma üzerindeki etkisi, bir çok normal üretim atımının sonuçlarıyla ve titizlikle kontrol edilen ölçümler neticesinde do



Şekil 6. DAG ile parçalanma boyutu ilişkisi (5)

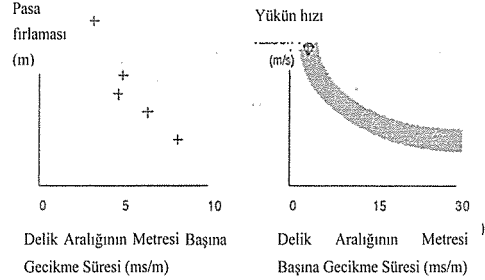
Bu konu üzerinde önemli araştırmalar yapmış olan kurumlar Şekil-6'daki grafikteki görülen durumu doğrulamışlardır. (Kaynaklar, no:5)

- ICI Explosives'in Avustralya'da granit ve bazalt ocaklarında elektronik kapsüller ile yapmış olduğu çalışmalarda patarların oranı, DAG ile doğrudan etkilenmiştir.
- Diğer gruplar (USBM ve SveDeFo) tarafından yapılan çalışmalar da DAG ile toplam fragmentasyon arasındaki ilişkiyi göstermiştir.

- Patlatma sonucu oluşan çok ince tanelere gecikmenin etkisi çok küçüktür. (deliğe çok yakın pulvarize olmuş taneler)

6.2 Gecikmenin Pasa Hareketi Üzerine Etkisi

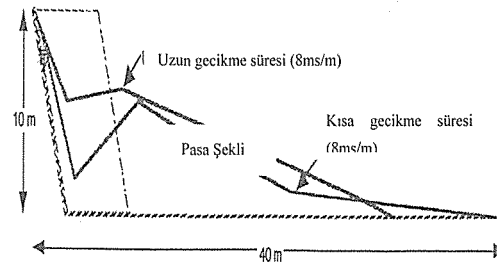
DAG'nin, pasanın taşınması üzerine olan etkisi de yapılan çalışmalar ile doğrulanmıştır.



Şekil 7. DAG ile pasa hareketinin ilişkisi. (5)

- ICI Explosives'in elektronik kapsüller ile yapmış olduğu çalışmalarda (bölüm 6.1'de belirtilen), pasanın hareketi, DAG ile doğrudan etkilenmiştir. Yapılan çalışmalar, DAG ile yükün taşınma hızı arasında bir ilişki olduğunu göstermiştir (Bkz. Şekil- 7).

Pasanın şekli ve pozisyonu DAG ile kontrol edilir (Bkz. Şekil-8). ICI Explosives'in Avustralya bazalt ocağında elektronik kapsüller ile yapmış olduğu çalışmanın sonuçları karşılaştırıldığında:



Şekil 8. Gecikme ile pasanın hareketi arasındaki ilişki. (5)

- Kısa DAG, pasayı daha fazla serer ve çok alçak, yayvan bir pasa oluşturur.
- Uzun DAG, daha kısa, toplu, yüksek ve daha sıkı pasa oluşturur ama toplamda

parçalanma daha iri olabilir. Ayrıca çevre kayacın örselenmesi daha fazla olabilir.

6.3 Gecikmenin Sarsıntı Üzerine Etkisi

Çok delikli atımların neden olduğu sarsıntı seviyesi, deliklerin gecikme sürelerinden etkilenir. Her şarj, hapsolme derecesi ve yük mesafesine bağlı olarak kendine has bir sarsıntı dalgası oluşturur. Enerjinin şiddeti, kaynaktan uzaklaştıkça ve zamanla azalır, zemine ve diğer dalgalarla olan etkileşimle değişir.

Sarsıntı, patlatılan toplam miktardan çok birim zamanda devreye giren patlayıcı madde miktarına bağlıdır. Maksimum sarsıntı miktarı, genellikle, gecikme zamanına bağlıdır. Çünkü gecikmeler şarjın hapsolme durumunu etkiler (yük, pozisyon, ve patlatma sırasında yaratılan yüzeyin şekli).

Uzun SAG, daha az sarsıntıya neden olur. Genellikle, yük mesafesinin metresi başına 12-15m/sn'lik gecikme yeterli olmaktadır. Her bir dalga karşılaştığında etkileşir ve kompleks güçlenmiş yapı oluştururlar ve muhtemel yıkıcı girişime neden olur. Bu durum, bir şarjın oluşturduğu sarsıntı tamamen sönümlenmeden diğerinin ateşlenmesi sonucu görülür.

Patlatmadan kaynaklı sarsıntının baskın frekansı, farklı şarjların ateşlenmesi sırasındaki gecikmeden de etkilenir. Uzun gecikmeler, daha düşük frekanslar oluşturur ki bu binalar ve diğer yapılarda daha fazla hasara neden olabilir.

Özel yerlerde, patlatmanın geometrisi ve ateşleme yönü sarsıntı seviyesini önemli ölçüde değiştirir. Bir ateşleme yönündeki maksimum sarsıntı seviyesi, zıt yöndeki kaydedilmiş olan seviyeden çok daha fazla olabilir.

6.4 Gecikmenin Hava Şoku Üzerine Etkisi

Gecikme seçimi, hava şoku seviyesini önemli ölçüde etkiler.

Atımın (rahatlığı) serbestliği için en önemli etken SAG'dır.

Uzun SAG, yükün daha rahat taşınmasına ve düşük hava şokuna yol açabilir.

Kısa SAG, sıkışmaya sebep olur ve krater eğilimini artırır. Dolayısıyla daha yüksek hava şokuna neden olur.

12-15ms/m genellikle yeterli olmaktadır. (5). Aşırı SAG, patlatma sırasında oluşan yeni serbest yüzeyde önemli çatlakların

oluşumuna neden olabilir. Bu çatlaklar, efektif yükün azalmasına ve patlatma gazlarının buralardan yüksek basınçla atmosfere kaçmasına neden olurlar.

7 SONUÇLAR

Anlatılanlar ışığında aşağıdaki sonuçlara varılabilir:

- Patlatma işlerinde istenen sonuçlara da bağlı olarak en iyi sonuçlar, uygun gecikmelerin kullanılmasıyla elde edilebilir. Ama unutulmaması gereken nokta patlatma işi için uygun bir özgül şarj değerinin olduğudur. Asıl atımın verimini etkileyen en önemli parametre özgül şarjdır. Gecikme ise bu enerjinin kontrollü olarak kullanımını temin etmektedir.

- Atımlar gecikmesiz olarak, sadece sıralara gecikme verilerek ya da her deliğe ayrı gecikme verilerek delikler tek tek patlatılabilir.

- Deliklerin kısa gecikmelerle teker teker ateşlenmesiyle komşu delikler arasında pozitif etkileşim yaratılabilir. Bu durumda ise özgül şarj değiştirilmeden elde edilebilecek en iyi sonuçlara ulaşılabilir. Bunun için delikler arası mesafenin her metresi başına 3-5ms başlangıç için önerilir ama en uygun gecikme bir dizi test patlatması sonucu bulunmalıdır. SAG için ise, yük mesafesinin her metresi başına 12-15ms'lik gecikme başlangıç test patlatmaları için önerilmektedir. (5)

- Pratikte kullanılan gecikmeler yukarıda anlatılanlarla paralellik göstermektedir. Çoğu taş ocağı (2,5-3,5m yük mesafesine ve delik aralığına sahip) DAG olarak 17ms-25ms kullanırken SAG olarak genellikle 42ms-65ms gecikmeyi tercih etmektedirler.

- Çok sıralı atımların uygun DAG ve SAG ile ateşlenmesiyle, toplamda elde edilecek en iyi parçalanma boyutu, pasanın kontrollü taşınması, çevre kayaca en az tahribat ve en az sarsıntı ile hava şoku gibi istenen sonuçlar elde edilir.

- Gereğinden uzun DAG kullanımı tek bir deliğin ateşlenmesi gibi bir etki oluşturur ve delikler arasındaki pozitif etkileşimden yararlanılamaz. Gereğinden daha kısa DAG ise, delik önündeki parçalanma için yeterli süre dolmadan komşu delikler

arasındaki çatlakların birleşerek zemini ileri doğru itme eğilimi sonucunu doğurur.

- Plastik davranış gösteren kayalarda (örneğin, kil, marn vb.) ise, zeminin hareketi daha yavaş olduğu için daha uzun gecikme sürelerine ihtiyaç duyulur.
- Bu çalışmada önerilen gecikme değerleri başlangıç için bir çıkış noktası olup en uygun DAG ve SAG yapılacak olan birkaç test atımından sonra bulunmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Atlas Powder Company, (ed.), 1987. *Explosives and Rock Blasting*, Dallas, Texas, Sayfa 233-244
2. I. Onederra & S. Esen, 2003. Selection of inter-hole and inter-row timing for surface blasting-an approach on burden relief analysis, *Explosive and Blasting Technique*, Holmberg (ed), Sayfa 269-275, Prauge.
3. International Society of Explosives Engineers, (17th ed.), 1998. *Blasters' Handbook*, Cleveland, Ohio, Sayfa 316-337
4. Olofsson, Stig O (ed.), 1988. *Applied Explosives Technology for Construction and Mining*, Arla, Sweden, Sayfa 103-105
5. Orica, *Engineer Training Program-Package No:8 (Timing)*, Australia, 27 Sayfa

Sülfürlü Cevherlerin Patlayıcılarla Reaksiyonu ve Patlatma Sorunları

The Reaction of Sulphide Ores with Explosives and Blasting Problems

Müfit Erdil

Maden Mühendisi, HM Patlayıcı Mad. Ltd.Şti

ÖZET Dünya genelinde birkaç maden işletmesinde yaşanan sorunlar ve kazalar göstermiştir ki, belli koşullar altında, sülfürlü cevherler ile patlayıcılar reaksiyona girmektedir. Ekzotermik olan reaksiyon, amonyum nitratın hızla bozuşmasına neden olmakta ve bunun sonucu olarak, yüksek miktarda NO_x veya SO₂ gibi zehirli gazlar ortaya çıkmaktadır. Oluşan ortam işgüvenliği açısından yüksek risk taşımakta, patlayıcı dolu deliklerin kendiliğinden patlamasına yol açabilmektedir. Reaksiyona neden olan belli başlı göstergeler, sülfürlü minerallerin varlığı, delik içi sıcaklık ve asidik ortamdır.

Bu göstergelerin var olduğu maden işletmelerinde, risk analizi yapılarak istenmeyen tehlikeli durumların önüne geçmek mümkündür. Ülkemizde sülfürlü cevherle çalışan maden işletmeleri bulunmasına rağmen, bu konu pek gündeme gelmemiş, konuyla ilgili işletmecilere rehber olacak çalışmalara bugüne kadar yapılan kongre ve sempozyumlarda rastlanmamıştır. Bu bildirinin amacı, konunun önemini vurgulamak ve işletmecilerin bu konuda gerekli tedbirleri almasına öncülük etmektir.

ABSTRACT Some accidents and problems happened in several mining sites around the world have shown that under certain conditions, sulphide ores can react with explosives. This reaction is exothermic and produces large volumes of poisonous gases such as NO_x or SO₂. It creates an unsafe condition that could cause a detonation in a loaded blast hole spontaneously. Most possible indicators which can cause the reaction are sulphur bearing ores, hot temperature in blast holes and acid ground water.

It is possible to eliminate hazards by risk management at the mine sites which have these indicators. Although there are many mine sites working with sulphide ores in our country, this subject has not been pointed to the mines at the congress or symposiums until now. The purpose of this paper is to stress the importance of this subject and to increase awareness of these potential hazards.

1 GENEL

Dünya genelinde birkaç maden işletmesinde yaşanan sorunlar ve kazalar göstermiştir ki, belli koşullar altında, sülfürlü cevherler ile patlayıcılar reaksiyona girmektedir. Ekzotermik olan otokatalitik kimyasal reaksiyonun başlaması anidir. Reaksiyon

sırasında amonyum nitrat hızla bozuşmakta ve bunun sonucu olarak, yüksek miktarda NO_x veya SO₂ gibi zehirli gazlar ortaya çıkmaktadır. Oluşan ortam işgüvenliği açısından yüksek risk taşımakta, patlayıcı dolu deliklerin kendiliğinden patlamasına yol açabilmektedir.

Kendi kendine oluşan bu reaksiyona neden olan belli başlı göstergeler;

- Sülfürlü minareller (Pirit, Markasit, Pirotit, ve Kalkopirit)
- Delik içi sıcaklık ($\uparrow 55^{\circ}\text{C}$)
- Asidik ortam ($\text{pH} < 4$) dir.

Ortam şartlarının doğru tanımlanması ve buna karşı önlemlerin zamanında alınması istenmeyen tehlikeleri önleyecektir. Yakın geçmişte ABD, Kanada ve Avustralya'da delik içinde anfonun tutuşması, kapsülün kendi kendine ateşlenmesi ve bunun sonucu dolu deliklerin patlaması kazaları kaydedilmiştir. Ülkemizde birçok sülfürlü mineral ile çalışan maden işletmelerimiz bulunmaktadır. Her ne kadar bugüne kadar bu konuda kayda geçmiş bir kaza olmasa da, bundan sonra olmayacağı anlamına gelmemektedir. Belki de geçmiş de yaşanmış bazı kazalar konunun bilinmemesi nedeniyle, başka nedenlere bağlanarak kapanmış olabilir.

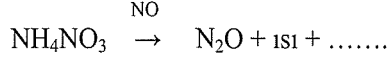
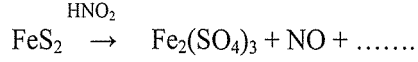
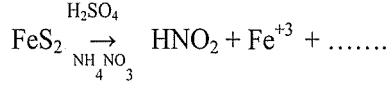
2 SÜLFÜRLÜ CEVHERLERİN PATLAYICI İLE REAKSİYONU

2.1 Oksidasyon ve Kendi Kendine Isınma

Bilindiği üzere özellikle pirit ve diğer sülfid mineralleri hava ve nem ile temaslarında çevre koşullarının yardımıyla, alterasyon ve oksidasyona uğrarlar. Belli başlı metal sülfidler bu oksidasyon sonucu ferro sülfat (FeSO_4) ve sülfirik asiti (H_2SO_4) oluşturur. Oluşan ferro sülfatlar yine oksidasyona uğrayarak ferrik sülfatlara [$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$] dönüşür. Bakteriyel aktiviteler (*Thiobacillus ferrooxidans*) de katalizör olarak bu reaksiyonları hızlandırır. Aynı şekilde ortamdaki sülfirik asit cevher içerisindeki diğer minerallere atak ederek, bakteriyel aktiviteleri daha da canlandırır. Birçok sülfid minerallerinden oluşan kompleks bir cevherleşmede, çok sayıda reaksiyon mümkündür.

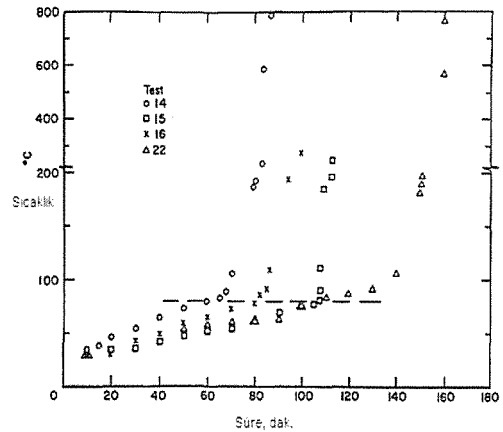
2.2 ANFO ile Reaksiyon

Pirit veya diğer sülfid mineralleri, sülfirik asit, ısı ve ANFO nun bulunduğu patlatma deliklerinde, yeni bir reaksiyon sözkonusudur.



Bu reaksiyon zincirlemesi sonucunda ortam sıcaklığı 100°C ye kadar çıkacaktır. Ulaşılan sıcaklık özellikle piritin tutuşmasına yol açacak ve ortam sıcaklığı $150-200^{\circ}\text{C}$ e ulaşacaktır. Ulaşılan sıcaklık delik içindeki patlayıcının, asgari ateşleme sisteminin devreye girmesi ve beklenmeyen patlamaya neden olur.

Yapılan laboratuvar testlerinde, ANFO, pirit cevheri (ağırlıkça %5) ve ferro sülfat (%5) birbirine karıştırılarak yavaş yavaş ısıtılması sonucu, Şekil 1. de görüldüğü üzere yaklaşık 75°C de reaksiyon başlamakta ve çok hızlı şekilde yüksek sıcaklıklara ulaşmaktadır.. Daha reaktif piritlerin varlığı bu reaksiyonun daha düşük ısı seviyelerinde başlamasına neden olabilir.



Şekil 1. ANFO-Pirit-Ferro Sülfat karışımının ısı-zaman profili

2.3 Ateşleme Sistemleri ile Reaksiyon

Bilindiği üzere yemlemeye duyarlı patlayıcı maddelerin (ANFO, ağır anfo v.s.) kapsüle duyarlı patlayıcılar ile yemlenmesi gerekir. Yemleme patlayıcılar da elektrikli, elektriksiz kapsüller veya infilaklı fitil ile ateşlenir.

Elektriksiz kapsüller ile ateşlenmesi durumunda, öncelikle kapsülün gerisindeki plastik şok tüp yaklaşık 60° C ile 65° C de hızlı bir şekilde bozularak atımın kesilmesine neden olur. Bakır, alüminyum veya benzeri alaşımlardan üretilen kapsül kovanları da asitlik derecesine bağlı olarak, sülfirik asit tarafından tahrip edilir. Bu tahribat kovan üzerinde çatlak veya delik açılmasına neden olur.

A.B.D. Burea of Mines tarafından değişik kapsül üreticilerinin kapsülleri üzerinde yapılan testlerde, delik içi sıcaklığın 120° C - 130° C yi aştığı durumlarda, normal sıradan kapsüllerin infilak ettiği saptanmıştır.

3 ALINABİLECEK ÖNLEMLER

Risk taşıyan maden işletmeleri için yapılması gereken, maden sahası içerisinde tehlikeli zonların belirlenmesi ve buna karşı alınacak önlemlerdir.

3.1 Tehlikenin Tanımlanması

Sülfürlü minerallerle çalışılan madenlerde güvenli bir çalışma ortamı için öncelikle bir risk yönetimine ihtiyaç vardır. Bununla ilgili prosedürler oluşturularak, maden sahasındaki potansiyel tehlike alanları aşağıdakiler uygulanarak tanımlanmalıdır.

- Üretim yapılan sahaların jeolojik ve jeokimyasal değerlendirmesi,
- Sahanın sülfür içeriğinin analizi,
- Sülfat, Ferrolar ve ferrik iyonların varlığının analizi,
- Patlatma deliklerinde sıcaklık ölçümleri,
- Delik içi pH ölçümü,

3.2 Önlemler

Maden sahası içerisinde yukarda önerilen çalışmaların tamamlanmasından ve riskli alanların tespitinden sonra alınabilecek önlemler aşağıdakiler olabilir.

1. Delik içerisinden, delme işleminden arta kalan kırıntı ve tozlar ile varsa su mümkün olduğunca kaldırılmalıdır
2. Delik dolum ve ateşleme süresi sıcaklığa bağlı olarak sınırlandırılmalıdır. Özel bir patlayıcı kullanımı söz konusu olmadığında, tavsiye edilen süre, deliçi sıcaklık 32° C - 38° C de 4-6 saat, 43° C olduğunda ise 2-4 saat olmalıdır.
3. Çok sıcak delikler (> 55° C) özel patlayıcılar olmaması halinde doldurulmamalıdır.
4. ANFO patlayıcısının kullanılması zorunluluğu halinde, plastik hortum kullanılması yarar sağlayacaktır.
5. Yine ANFO kullanımı halinde diğer bir önlem olarak, ANFO içerisine %1 çinko oksit (ZnO) veya %5 üre [CO(HN₂)] gibi reaksiyon durdurucu katkı maddeleri (inhibitör) eklenmesi reaksiyonu önleyecektir. Ancak yükselen maliyetin yanı sıra, bu katkı maddeleri ANFO nun hassasiyetini düşüreceğinden, daha çok yemleme veya daha büyük delik çapına ihtiyaç olacaktır. Üre kullanılması durumunda, ürenin amonyum nitrattan daha fazla ve kolaylıkla nem emici özelliği nedeniyle patlayıcının stabilitesi etkilenecektir.
6. Günümüzde ANFO ya alternatif patlayıcılar bulunmaktadır. Bunların içinde en son teknoloji olan emülsiyon patlayıcılarıdır. Bu patlayıcıların içinde bulunan amonyum nitrat tanecikleri yağ ile sıvandığı için reaktif minerallerle temas etmez. Bu özellik göreceli olarak bu tip sülfürlü reaktif zonlarda ANFO ya göre daha güvenli bir çalışma sunar. Hele özel üretim katkılı emülsiyonlar en güvenli patlayıcılar olarak kabul edilir.

Amonyum Nitrat	Hızlı Reaksiyon
ANFO	↑
Ağır ANFO (Emülsiyon+ANFO)	
Kartuşlu Ağır ANFO	
Emülsiyon	
Kartuşlu Emülsiyon	↓
Katkılı (inhibitor) Emülsiyon	Reaksiyon Yok

Şekil 2. Patlayıcı Seçim Sırası

7. Ateşleme sistemi olarak üretici firmaların tavsiye edeceği sistemler tercih edilmelidir. RDX (Hexojen) içeren kapsül veya infilaklı fitiller, daha yüksek sıcaklıklara dayanabilmesi açısından daha güvenlidir. Ateşleme sistemlerinde kullanılan bazı patlayıcıların ergime sıcaklıkları aşağıda sunulmuştur.

RDX (1,3,5 trinitro-hexahydro-s-triazine, $C_3H_6N_6O_6$) : 205.5° C
 PETN (pentaerythritol tetranitrat, $[C(CH_2ONO_2)_4]$: 141.3° C
 Kurşun Azid (PbN_4) : 245° C
 Tetrit (trinitrophenyl-N-methylnitramine, $C_7H_5N_5O_8$) : 129.5° C

Özel güvenli ateşleme sistemlerinin elde edilemediği durumlarda delik şarjlarının üstten yemlenerek ateşlenmesi riski daha azaltıcı bir çözüm şeklindedir.

8. Riskli zonlarda yapılan patlatmalar sadece ateşçilerin inisiyatifine bırakılmamalıdır. Mutlaka mühendis düzeyinde denetim etkili kılınmalıdır.
 9. Ateşçiler ve teknik elemanlara periyodik eğitim verilmelidir.

4 SONUÇ

Bu bildirinin amacı; belki de üzücü bir kaza yaşanmaması nedeniyle ülkemizde pek gündeme gelmemiş olan konunun, literatürden yapılan derleme ile madenlerimiz, üniversitelerimiz ve patlayıcı üreticilerimizin dikkatine sunmaktır.

Sülfürlü mineraller ile çalışan maden işletmelerimiz öncelikle mutlaka kendi ocak

şartlarını gözden geçirmeli ve gerçekten reaktif bir ortam olup olmadığını tespit etmelidir. Bu konuda dünyada yaşanmış birçok kazanın nedenleri ile kendi çalışma şartlarını karşılaştırarak, benzerliklere göre önlemlerini almalıdır.

Günümüzde ülkemizde üretim yapan patlayıcı üreticilerinin sayısı sürekli artmakta ve değişik ürünler piyasaya sürülmektedir. Sülfürlü cevherlerle reaksiyondan şüphelenilen durumlarda, maden işletmeleri patlayıcı üreticileri ile temasa geçerek, ocak şartlarına uygun katkılı patlayıcı maddelerin üretilmesini sağlayabilirler.

KAYNAKLAR

- Miron, Yael, 1992. *Blasting Hazards of Gold Mining in Sulphide-Bearing Ore Bodies*, Information circular/Bureau of Mines;9335, ABD.
 Reactions of Explosives with Sulphide Ore, Down Line, periodical for explosives users, ICI Explosives, Issue No.18, 1992, s.8-10.
 Tunaley, Dr. Deane, 2001. Hot and Reactive Ground, Advanced Blasting Course notes, yayınlanmamış, Manchester-UK
 AEISG, Australian Explosives Industry and safety Group, Code of Practice, Elevated Temperature and Reactive Ground, Version 1.0 August 2006

Yemleyicilerin Çalışma Mekanizması ve Önemi

Working Stages of Primers and Importance

Ümit Kılıç

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş.)

Metehan Derya

(Orica-Nitro Patlayıcı Mad. San. Ve Tic. A.Ş.)

ÖZET Yemleme amaçlı patlayıcıların çalışma mekanizmasının iyi bilinmesi, patlatma verimindeki önemini anlamamıza yardımcı olacaktır. Tecrübeler göstermiştir ki delik dizaynı, patlayıcı seçimi gibi patlatma parametrelerinin doğru seçimine rağmen uygun olmayan yemleme nedeniyle kötü atım sonuçları elde edilebilir. Delik içerisinde stabil detonasyona ulaşan ana patlayıcının sağladığı toplam enerji yemleme tekniğinden bağımsızdır. Ancak yemleyiciye yakın bölgede serbest kalan enerji ile stabil detonasyon hızına ulaşmak için gerekli zaman ve mesafe, yemleme veriminden etkilenebilir.

Bu bildiride, yemleyicinin çalışma mekanizmasının evrelerine değinilmiş ve yemleyicide olması gereken özelliklerinin, patlatma performansına nasıl etki edeceği açıklanmaya çalışılmıştır.

ABSTRACT The understanding of priming mechanism will help us to know its importance on the blasting performance. Practices show that improper primer will cause undesired blasting results although it is determined correct blast parameters such as drilling pattern, explosive selection. There is no relation between priming and total energy obtained from main charge reached steady state. However, the energy released near the primer, run-up time and run-up distance can be effected from priming efficiency.

In this paper, priming mechanism stages and the effect of primer characteristics on blast performance are mentioned.

1 GİRİŞ

1.1 Yemleyici Nedir?

Bir kapsülden veya infilaklı fitilden aldığı ateşlemeyi kendisi ile eşit veya daha az hassasiyetteki patlayıcıya detonasyon şeklinde aktaran bir patlayıcıdır.(1)

İyi bir yemleme patlayıcının performansını arttırarak:

- Fragmentasyonu iyileştirir
- Verimliliği arttırır
- Güvenli ateşlenmeyi sağlar
- Toplam maliyetleri düşürür

Yemleyicinin diğer patlayıcı şarjını detone edebilmesi şunlara bağlıdır:

- Yemleyicinin detonasyon basıncına
 - Yemleyicinin enerji çıkışına ve yemleyici boyutlarına
 - Patlayıcı şarjının hassaslığına
 - Yemleyici ve ana şarjın iyi temas etmesine
- Uygun yemleyicinin sahip olması gereken özellikler şunlardır:
- Yüksek detonasyon basıncı
 - Büyük çap
 - Yeterli uzunluk

Kayaç türü ve hapsedilme derecesi gibi faktörler yemleme mekanizmasını etkiler. Tecrübeler şunu göstermiştir ki delme, patlayıcı seçimi, şarjlama uygun olmasına rağmen yetersiz (uygun olmayan) yemleme yüzünden kötü atım sonuçları elde edilebilir. Delik içerisinde stabil detonasyona ulaşan ana patlayıcının sağladığı toplam enerji yemleme tekniğinden bağımsızdır. Ancak yemleyiciye yakın bölgede serbest kalan enerji ile stabil detonasyon hızına ulaşmak için gerekli zaman ve mesafe, yemleme veriminden etkilenebilir.

1.2 Yemleme Mekanizması ve Gelişimi

Kapsülün yemleyiciyi harekete geçirmesi ile yemleyici tarafından gönderilen şok dalgaları küresel olarak yayılmaya başlar. Yanal yönlerde yayılan şok dalgaları delik duvarına çarpıp geri yansır. Bu geri yansıyan şok dalgaları, ileri yönde patlayıcı kolonu boyunca ilerlemekte olan şok dalgalarını yakalar ve şok önündeki basıncı artırarak detonasyonun sabit bir hızda devam etmesini sağlar. Böylece patlayıcı kalıcı hal hızına (steady state) ulaşır ve detonasyon patlayıcı kolonu boyunca bu hızda (ideal şartlarda) ilerler. (9)

Bu şekilde patlayıcının kalıcı hal durumuna ulaşması için kat edilen mesafeye **'ıvmelenme mesafesi (run up distance)'**, bunun için geçen zamana da **'ıvmelenme süresi (run up time)'** denir. Uygun yemleme durumunda ıvmelenme mesafesi normalde delik çapının 2 ila 4 katı bir mesafeye karşılık gelir ki bu zonda patlayıcı enerjisinin tamamını dışarı veremez çünkü bu sırada patlayıcı kalıcı hızına ulaşmaya çalışmaktadır ve enerjisinin bir kısmını bunun için harcamaktadır. Patlayıcının hassaslığı ve çapı kritik limitlere yaklaştıkça ıvmelenme zonu delik çapının 10 katı mesafeye kadar sürebilir. (5, 9,)

- Hapsedilmiş patlayıcılar (delikte veya rijit tüb içinde) hapsedilmemiş şarjlara göre daha küçük yemleyicilere ihtiyaç duyarlar ve stabil VOD'ye daha çabuk ulaşırlar. Bunun nedeni, katı duvardan yansıyan şok dalgalarının detonasyon cephesi önündeki basıncın şiddetini arttırmak üzere daha çabuk bir araya gelmesidir.

- Eğer yemleyiciden sağlanan enerji yeterli ise, ana şarj içinde kısa bir ıvmelenme mesafesinden sonra (1 ile 3 delik çapı mesafesi kadar) stabil detonasyon gelişecek ve tüm patlayıcı kolonu boyunca sürecektir (enerji kaybının olmadığı katı-sağlam ortamlar farz edilirse).

- Eğer yemleyici uygun değilse reaksiyonun başlangıç detonasyon önü eğri şeklinde gelişir ve daha düşük 'başlangıç hızına' (initial VOD) sahip olur (ıvmelenme zonunda). Detonasyon stabil VOD'ye ulaşınca önü daha düzlemsel olur. Başlangıç hızı düşük olan patlayıcın kolon boyunca ortalama VOD'si daha düşük olacaktır.(3,5)

- ıvmelenme zonunda patlayıcılardan açığa çıkan enerji büyük oranda taşıma enerjisidir ama serbest kalan toplam enerji aynıdır.(6,7)

Patlayıcı şarjının iyi hapsedilmeme veya deliği tam dolduramama (decoupled) durumlarında delik duvarından yansıyan şok dalgalarının reaksiyonun gelişimine katkısı daha zayıf olacak ve ıvmelenme zonu daha uzayacaktır. (Kaynaklar, no: 6, 7)

2 YEMLEYİCİ ÖZELLİKLERİ

Yemleyicinin bazı özellikleri yemleme mekanizmasında önemli rol oynamaktadır. Bu özelliklerin bilinmesi ve yemleyici seçilirken göz önünde tutulması faydalıdır.

2.1 Detonasyon Basıncının Önemi

Detonasyon basıncı, şok önündeki basınç olup, detonasyonun patlayıcı kolonu boyunca stabil olarak ilerlemesinde önemli rol oynar. Yemleyici tarafından ana şarja doğru dağıtılan şok dalgaları basıncın yükselmesine neden olur ve reaksiyon başlar. Ana şarjın içinde şok önüne yakın kısımda açığa çıkan enerji basıncın yükselmesine neden olur ki bu durum şok önünü destekler. Yüksek detonasyon basıncı, yüksek detonasyon hızını dolayısıyla yüksek şok enerjiyi işaret eder.

Detonasyon basıncı pratik olarak aşağıdaki formülden hesaplanabilir (4):

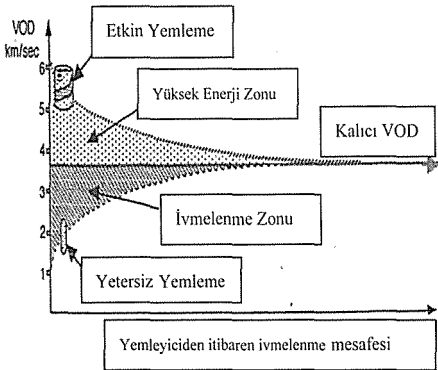
$$P = 2,5 \times 10^{-6} \times D \times VOD^2$$

P = Detonasyon basıncı (kbar)

D = yoğunluk (g/cm³)

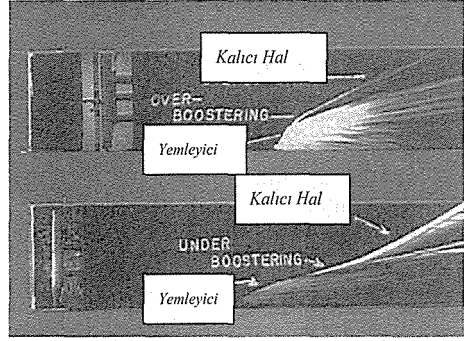
VOD = detonasyon hızı (m/s)

Yemleyici olarak kullanılacak olan patlayıcının en azından 100kbar detonasyon basıncı geliştirmesi tavsiye edilir.(9) Detonasyon basıncının büyüklüğü ivmelenme zonunun mesafesini ve karakterini kontrol eder. Yüksek basınca sahip bir yemleyici ile başlatılan detonasyon için ivmelenme zonu daha kısa olup yüksek enerji zonu (over drive zone) gelişir. Bu zonda yüksek enerji açığa çıkar ve dolayısıyla bu durum topuk ihtimali, güvenli olmayan koşullar (delik dibinde Anfonun nemden etkilenmesi, yemleyicinin çamura gömülmesi vb) için güvenilir bir yemleme sağlar. Uygun olmayan özelliklere, düşük detonasyon basıncına sahip yemleme koşullarında, uzun ivmelenme zonu gelişir ki bu zonda düşük enerji çıkışı olur (daha düşük VOD). Bu durumda uygun olmayan koşullar (seyrelme, hassaslığın azalması vb.) ve topuk kalması gibi riskler için dezavantaj oluşturur. (Bkz. Şekil-1) (4, 7)



Şekil-1 Uygun yemleyici ve yetersiz yemleyici kullanılması sonucu gelişen zonlar. (7)

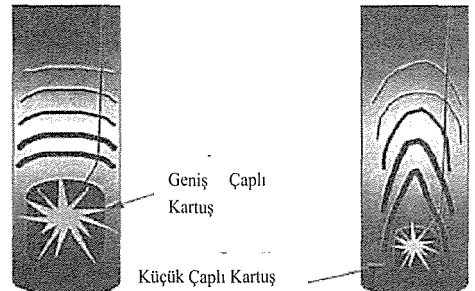
Şekil- 2'de saniyede 550 film çekebilen bir kamera ile çekilmiş 3inch çapındaki patlayıcının açıkta kötü ve iyi koşullarda yemlenmesi sonucu gelişen geçiş zonları görülmektedir.(9)



Şekil-2 Yeterli ve Yetersiz Yemleme durumlarında gelişen enerji zonları (9)

2.2 Çapın Önemi

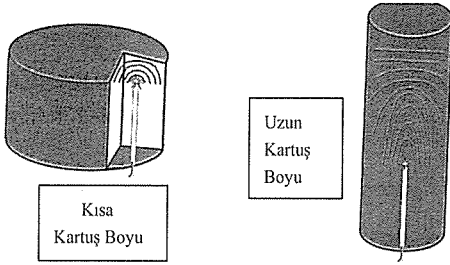
İyi bir yemleme için yemleyici çapının delik çapına yakın olması istenir. Yemleyici çapı transfer ettiği şok alanını kontrol eder. Yemlemenin çapı delik çapından çok küçük olursa, yemleme tarafından sağlanan şok dalgalarının delik duvarına çarpıp geri yansıyarak stabil hızı geliştirmesi için geçecek olan zaman daha fazla olacaktır. Bu durum daha büyük ivmelenme mesafesi anlamına gelir. Oysa delik çapına daha yakın bir yemleyici kullanıldığında şok dalgalarının delik duvarına çarpıp geri yansıyarak stabil detonasyonu oluşturması için daha kısa zaman gerekecektir. Bu durum ise daha küçük ivmelenme mesafesini ifade eder (Bkz.Şekil-3). İvmelenme mesafesinin daha uzun ya da kısa olması da önceki bölümlerde bahsedildiği gibi, yemleyiciye yakın bölgedeki enerji çıkışı ve kötü koşullar için güvenli yemlemeyi geliştirme gibi durumları etkileyecektir. Pratikte fikir vermesi açısından yemleyici çapı, en az delik çapının %60'ı civarında olması uygundur. (10)



Şekil-3 Yemleyici Çapı İle Detonasyon Dalgaları Arasındaki İlişki (9)

2.3 Yemleyici Boyunun Önemi

Yemleyicinin, en az stabil detonasyonu geliştirecek bir uzunluğa sahip olması gerekir. Ana şarj başlatıldığında yemleyicinin stabil detonasyon hızına ulaşmış olması gerekir. Aksi halde yemleyici ana şarjı başlatmak için sahip olduğu enerjinin tamamını bu iş için kullanamaz ve enerjisinin bir kısmını kalıcı hızına ulaşmak için harcar. Bu durumda da ana şarjın hassaslığına da bağlı olarak ivmelenme mesafesi ve performansı etkilenir. Pratikte kartuşlu patlayıcılar için yemleyici boyu, kapsül boyu ve en az çapı kadar bir uzunluğun toplamı kadar olmalıdır. Çünkü kapsül ateşlendikten sonra yemleyici de ivmelenme süresine ihtiyaç duyacaktır.



Şekil-4. Yemleyici boyunun önemi (9)

2.4 Hassaslık

Patlayıcıların kalıcı hal hızına ulaşma süreleri ve mesafeleri değişiktir. Doğal olarak şu söylenebilir ki yemleyici ne kadar kısa sürede kalıcı hale ulaşırsa enerjisinin o kadar büyük kısmını ana şarjı yemlemek için kullanacaktır. Bu da özellikle topuk bölgesinde patlayıcının performansını etkiler.

Dolayısıyla eldeki mevcut patlayıcılar içerisinde en hassas olanını yemleyici olarak kullanmak daha doğru bir yaklaşımdır. Yemleyicinin etkisini azaltan veya ana şarjın duyarlılığını azaltan genel faktörler şunlardır (7):

- Patlayıcıları suyu bünyelerine alması veya su ile seyreilmesi
- Delik içerisinde tavsiye edilen süreden daha uzun kalması
- Delik içinde suyun varlığı
- Yemleyicinin kısmen ya da tamamen çamur veya suya gömülmesi
- Derin deliklerde hidrostatik basınç

- Komşu delik tarafından duyarsızlaştırılması

Bu durumlar güvenli olmayan yemleme koşullarını oluşturan nedenlerdir. Bu durumlarda ana şarjın verimli olarak başlatılması için güvenli tarafta kalınması daha doğru bir yaklaşımdır. Bunun için uygun yemleme kullanmak yerinde olacaktır. Böylece ana şarjın kaybedeceği enerjinin önüne geçilecektir.

3 YEMLEYİCİ SAYISI VE YERİ

3.1 Yemleyici Sayısı

İdeal şartlar altındaki (enerji kaçışının olmadığı sonsuz çapa sahip) bir patlayıcı kolonunu ateşlemek için, kolonun uzunluğuna bakılmaksızın sadece tek yemleyiciye ihtiyaç duyulur. Bununla birlikte pratikte aşağıdaki nedenlerden dolayı birden çok yemleyiciye ihtiyaç duyulabilir:

- Ara sıkılama yapıldığında
- Atımdan önce muhtemel bir kısmen duyarsızlaşma halinde (örn. su ile)
- Ateşleme sisteminin bir kısmının hasar görmesi (örn. Delik içindeki hattın hasar görmesi)
- Atım sırasındaki zemin hareketi ile ortaya çıkan kesme durumunda
- Atım sırasında dinamik duyarsızlaşma durumunda (Komşu deliğin etkisi ile)
- Uzun şarj boylarında ideal olmayan koşulların varlığı dolayısıyla enerji kaçışı ve basıncın düşmesi
- Resmi kurallar nedeniyle

Uzun deliklerde, atım kesmesine karşı önlem olarak çift yemleme kullanmak genel bir alışkanlıktır (bir tanesi dipte, diğeri şarjın üst kısmında). Birden çok yemleme atım sonuçlarının kritik olduğu durumlarda gerekli olup standart tavsiye edilen aralık 8-10m'den fazla olmamalıdır. Kullanılan ikincil yemlemenin maliyeti, her şarjlanan delik için harcanan paraya ve potansiyel kesme veya kötü atım sonucu ihtimaline göre çok daha küçüktür.(7)

İki yemleyicinin kullanıldığı durumlarda, dipten yemlenmenin sağlanması için küçük numaralı kapsül içeren yemleyici tabana

konmalıdır. Bu durumda üst kısımda kullanılan yemleyici sadece sigorta vazifesi yapacak ve dipteki yemleyici ateşlenmeden şarjı ateşlemesi mümkün olmayacaktır. (7)

3.2 Yemleyicinin Yeri

Tek yemleyicinin kullanıldığı basamak patlatmalarında genellikle yemleyici aşağıdaki nedenlerden ötürü tabana konur:

- Pasa taşınması ve gevşemesinin daha iyi olması
- Topuk bölgesindeki kırılma ve gevşetmenin daha iyi olması
- Kaya fırlaması, hava şoku, gürültü ve hasarı azaltması
- Daha az kesme olayı görülmesi

Tek ya da çok yemleyici ile yapılan patlatmalarda, herhangi bir optimum pozisyonla ilgili teorik kabullere bakılmaksızın yemleyicinin tüm şarjı detone etmesi gerekir. En önemli faktör, yemleyicinin iyi durumdaki patlayıcı ile çevrelenmiş olmasıdır (dipteki yemleyici çamur veya su içine gömülmemiş, nemden etkilenmemiş olmalı).(7)

Dipten yemlemenin üstten yemlemeye göre potansiyel faydaları temelde kaya kütlelerine bağlıdır ve zayıf kayaçlarda önemli olmayabilir.(7)

Eğer topuk yükü fazlaysa daha iyi bir atım sonucuna ulaşmak için yemleyiciyi taban seviyesine yerleştirmek faydalı olabilir. Bununla beraber taban seviyesinden yemleme ile onun biraz altından ya da üstünden yemleme arasında genelde açık bir fark olmayacaktır.(7)

Eğer kaya kütlesi zayıf ve sağlam tabakalar içeriyorsa, birkaç yemleyici kullanmak ya da yemleyiciyi sağlam kaya içine yerleştirmek daha iyi bir atım sonucu için yararlı olabilir (çünkü atım gazları zayıf kayadan daha kolay kaçma eğiliminde olacaktır).(1,7)

Sağlam kayada yapılan atımlarda, yemlemenin tabandan yapılması topuk kalması ve taşıma gibi problemlere karşı daha uygundur. Çünkü üstten yemleme durumunda çok dalgalarını takip eden gazların çatlaqlara dolarak çatlaqları geliştirmesi ve taşıma işini verimli yapabilmesi için detonasyonun başladığı noktadan itibaren (şarjın üst kısmından) enerji kaçışının olmaması istenir. Oysa üstten yemleme koşullarında bunu sağlamak mümkün olmayacak ve daima bir miktar enerji kaçışacaktır.

Yapılan bazı deneysel çalışmalar göstermiştir ki küçük çaplı deliklerde (<100mm) yemleyicinin basamak taban seviyesine yerleştirilmesi topuk bölgesinde görülen pik gerilmeyi arttırmaktadır. Bunun nedeni de yemleyicinin altında ve üstündeki şarjın aynı anda detone olmasıdır. Dolayısıyla aşırı topuk yükünün bulunduğu durumlarda yemleyicinin basamak taban seviyesinde olması atım sonucunu iyileştirecektir. (8,10)

Benzer olarak, nispeten kalın sert kaya bandının görüldüğü durumlarda yemleyici, bu sert tabakanın olduğu bölgeye yerleştirilerek daha fazla pik gerilme yaratılabilir. (8)

4 MİKTAR VE EKONOMİ

Delme patlatma operasyon maliyetinin yarısı patlatma maliyetidir. İşçilik haric tutulduğunda patlayıcı madde maliyetleri içerisinde yemleyicinin maliyeti çok düşüktür. Patlatma işinin ilk adımı olan yemleme işinde kullanılan patlayıcı madde seçimi yapılırken çoğu kez ekonomi düşünülerek gereğinden az kullanma yolu seçilmektedir. Oysa yapılması gereken optimum miktarı tespit etmektir. Unutulmamalıdır ki bir patlayıcı maddeyi verimli bir şekilde harekete geçirebilmek için başka bir patlayıcıdan en az belirli bir miktar kullanmak gereklidir. Önceki bölümlerde bahsedilen özelliklere (yüksek detonasyon basıncı, delik çapına yakın çapa ve yeterli uzunluğa sahip) sahip patlayıcı için miktar sınırlamasından bahsetmek doğru değildir. Bununla birlikte yol gösterici olması açısından ANFO yemlemesinde pratikte kullanılan 50kg ANFO için 1kg yemleme oranı sorun yaratmadan çalışmaktadır. Sulu deliklerde kullanılan kartuşlu emülsiyonların yemlenmesi sırasında ise yemleyici sayısının fazla tutulması daha uygun olacaktır.

Gereğinden fazla miktarda yemleyici kullanmak sadece ivmelenme zonunu yüksek enerji seviyesinden (overdrive zone) başlatacak ama daha sonra patlayıcı hızı yine kalıcı hal hıza inecektir. Miktar olarak fazla yemleyici kullanımının atımın performansını iyileştireceği gibi bir yanlış inanış da vardır. Yemleyici sadece tetiği çeken bir mekanizma olarak düşünülmemeli işi yapanın ise ana şarj olduğu unutulmamalıdır.

Patlayıcı madde maliyeti içerisinde yemleyicinin yeri şu örnek ile anlatılabilir:

Tipik bir kalker ocağındaki patlatmaya ait veriler;

Zemin Türü	:	Kalker
Delik Çapı	:	89 mm
Basamak Boyu	:	10 m
Dip Delgi	:	0,5 m
Delik Boyu	:	10,5 m
Sıkılama Boyu	:	2,50 m
Yük Mesafesi	:	2,50 m
Delikler Arası Mesafe	:	3,00 m
Bir Delikten Elde Edilen Teorik Hacim	:	75,00 m ³

Bir Delğe Doldurulan Patlayıcı Madde Miktarları

Ana Şarj (ANFO) miktarı	:	40	kg
Yemleyici Miktarı	:	1,00	kg
Kapsül Miktarı	:	1,00	adet

Birim Tüketimler

ANFO	:	0,53	kg/m ³
Yemleyici	:	0,01	kg/m ³
Kapsül	:	0,01	ad/m ³
Delgi	:	0,14	m/m ³

m³ Başına Birim Maliyetler

Ürün	Birim Fiyatı (USD)	Birim Maliyeti	%
ANFO	: 0,70	0,37	42,23
Yemleyici	: 2,80	0,04	4,22
Kapsül			
(Elektriksiz kapsül-14m)	: 4,00	0,05	6,03
Delgi	: 3,00	0,42	47,51
			100,0
TOPLAM		0,88	0

Yukarıdaki tablodaki patlayıcı madde fiyatları, bildirinin hazırlandığı tarih itibarıyla ortalama piyasa fiyatlarıdır. Hesaplamalardan da anlaşılacağı üzere yukarıdaki patlayıcı madde maliyet analizinde ana yemleyicinin toplam maliyet içerisindeki yüzdesi en düşüktür. Bu analize işçilik maliyeti dahil edilmemiştir. Sadece toplam patlayıcı madde maliyetini oluşturan elemanların ve delgi maliyetinin yüzdesi verilmiştir. Yüzdelere bakıldığında tasarruf yapmak amacıyla yemleyiciyi gereğinden az kullanmak pek doğru bir yaklaşım değildir.

5 SONUÇ

Ana şarjı yemlemek için kullanılan yemleyici ne kadar uygun özelliklerde olursa ana şarjın başlatılması o kadar güvenli ve verimli olacaktır. Uygun özelliklerden yüksek

detonasyon basıncı, delik çapına yakın çap ve yeterli uzunluk kastedilmektedir. Kalıp yemleyiciler (TNT/PETN karışımları) gibi yüksek yoğunluğa (1.6g/cm³), yüksek detonasyon basıncına (20Gpa) ve yüksek VOD'ye (7km/sn) sahip yemleyiciler, boyutlarına bakılmaksızın yüksek enerji zonu (overdrive) geliştirirler. Buna karşın ana şarj çapının ve hassaslığının kritik limitlere yaklaştığı durumlarda ivmelenme mesafesi çapın 10 katı ya da daha fazla mesafelere kadar uzayabilir ki bu esnada patlayıcıda düşük enerji çıkışı olacaktır. Bu durumda, yemleyiciye yakın bölgedeki herhangi bir olumsuz durum (örn. Tabanda ANFO'nun nemden etkilenmesi ile hassaslığının azalması, yemleyicinin çamura gömülmesi vb.) atımı riske sokar.

Eğer patlayıcı şarjı, hapsedilmemiş, zayıf hapsedilmiş veya delik çapına göre daha düşük çapta ise ivmelenme mesafesi daha uzayacaktır.

Diğer bir görüş ise ivmelenme zonunda kısa süre için düşük enerji çıkışı olduğu ama uzun sürede atım sonuca bakıldığında bu bölgedeki parçalanmanın ve pas taşımasının genel sonuçla pek farkı olmadığıdır. Çünkü patlama reaksiyonu sonrası delik içi basınç hızla yükselmekte ve yüksek basınçlı gazlar deliği tamamen doldurmaktadır.

Patlatma konusunda daha bilinçli çalışan ülkelerde yemleme işi için kalıp yemleyiciler (PETN/TNT karışımları) kullanılmaktadır. Tüm dizaynı iyi yapılmış bir atımın yemleyici yüzünden verimsiz olması riski göz önüne alındığında uygun özelliklerde ve miktarda yemleyici kullanmak en akılcı yoldur.

Ülkemizde yemleme işinde kartuş patlayıcılar kullanılmaktadır. Miktar konusunda ise daha önce de değinildiği gibi uygun yemleyici şartları mevcut ise bir sınırdan bahsedilemez. Ülkemiz patlayıcı piyasasında kullanılan 50kg ANFO/1kg yemleyici oranı pratikte herhangi bir sorun yaratmamaktadır. Sadece sulu deliklerde emülsiyon kartuşlarının kullanıldığı durumlarda birden çok yemleme yapmak daha faydalı olmaktadır.

Yemleyicinin delme patlatma operasyonu içerisindeki maliyetinin çok küçük olduğu unutulmamalı ve patlayıcı madde maliyetinden tasarruf yapmak için uygun

yemleyici miktarını düşürme yoluna gidilmemelidir.

KAYNAKLAR

1. Atlas Powder Company, (ed.), 1987. *Explosives and Rock Blasting*, Dallas,Texas, Sayfa 205-232
2. Erkoç, Ö.Y. (ed.), 1990. *Kaya Patlatma Tekniği*, İstanbul, Sayfa 86
3. Giltner, S.G., 2003. Relationship of booster size and velocity of detonation in production holes, *Explosive and Blasting Technique*, Holmberg (ed), Sayfa 363-369, Prauge.
4. International Society of Explosives Engineers, (17th ed.), 1998. *Blasters' Handbook*, Cleveland, Ohio, Sayfa 257-268
5. Olofsson, Stig O (ed.), 1988. *Applied Explosives Technology for Construction and Mining*, Arla, Sweden, Sayfa 189-199
6. Orica, *Engineer Training Program-Package No:1 (Explosives)*, Australia, 26 Sayfa
7. Orica, *Engineer Training Program-Package No:10 (Priming and Charging)*, Australia, 34 Sayfa
8. Orica, 1998, *Safe and Efficient Blasting in Open Cut Mines (Technical Services)*, Australia,
9. Orica, 2001, *Advance Blasting Course*, Manchester
10. Snodgrass, P, 1996. Effect Of Explosives And Rock Parameters On Blasting Performance, 2. *Delme Patlatma Sempozyumu*, Sayfa 185-189, Ankara.

Patlatma Deliği İçerisinde Su Kolonu Uygulanabilirliğinin Araştırılması

An Investigation of Water-Column Applicability Inside of Blast Hole

A. Hakan Onur, Gürcan Konak, Doğan Karakuş,
Derya (nal) Akgün, Deniz Akgün
Dokuz Eyll Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir

ÖZET Günümüz açık maden işletmelerinde üretim, en verimli olarak delme patlatma ile gerçekleştirilmektedir. Kayacın doğal yapısından daha küçük boyutlara indirilmesi esnasında toz, gürültü ve titreşim gibi etkiler ortaya çıkmaktadır. Özellikle yerleşim birimleri tarafından vrelenen açık ocaklarda patlatma işlemi esnasında bazı kısıtlamalar olabilmektedir. Bu nedenle, patlatmalardan kaynaklanan gürültü, toz ve titreşim gibi sorunları azaltmaya yönelik mühendislik çalışmaları dünya madenciliğinde olduğu gibi ülkemizde de sürdürülmektedir. Temel olarak sıvıların sıkıştırılamama ilkesinden hareketle, sarj kolonu içerisine plastik tüpler halinde yerleştirilen su kolonları yardımı ile, patlayıcının darbe etkisinin kayaca aktarılması mantığına dayanan araştırma ile ilgili olarak laboratuvar ve arazi deneyleri gerçekleştirilmiş, elde edilen n sonuçlar bu tebliğde tartışılmıştır. Arazi alışmalarında, İzmir çevresinde faaliyet gösteren bir kalker sahasında farklı boylarda su kartuşlarının kullanıldığı 5 adet uygulama atımı yapılmış ve sonuçları tartışılmıştır.

ABSTRACT The most productive way of ore production and stripping in open pit mining is dirlling and blasting operations. Since size reduction operations expose dust, vibration and noise especially for the mine site close to the urban areas, some restriction has been set for the operators. So the latest studies in Mining sector have been built on to lower environmental affects of blasting. A new method based on incompressibility principle of liquits, has been introduced in the paper. The preliminary results obtained from both laboratory experiments performed on the concrete bloks and 5 field tests done at the Limestone quarry nearby İzmir have been discussed in this study by utilizing different length of strong plastic bags full of water.

1 GİRİŞ

Madencilik operasyonlarının ana amacı rezervin, ekonomik ve çevreye en az zarar vererek kazanılmasını sağlamaktır. Bu nedenle ekonomikliğin ve çevre koşullarının her şekilde sağlanması için teknolojik yenilikler kullanılmaktadır. Ülkemizde de yüzeye yakın rezervlerin azalması, formasyon sorunları, ruhsat sahalarının yerleşim bölgelerine yakın oluşu, aşırı toz oluşumu, maliyetlerin düşürülmesi istemi, patlatmalardan doğan iş kazalarının azaltılması gibi bir çok sebepten dolayı patlatma teknolojisinde yeni yöntemlerinin araştırılmasını gündeme getirmiştir..

Patlatma tekniğinde yapılan araştırmalar genelde maliyetlerin azaltılması veya verimin artırılması yönünde yapılmıştır. Ancak sadece maliyetin en aza indirilmesi hedeflenerek çevresel etkinin (toz, gürültü, titreşim) gözardı edilmesi, günümüzde ekonomik ve verimli bir patlama olarak değerlendirilmemektedir. Bu tür etkilerin gözardı edilmesi sonucunda işletmeler daha sonraları hukuksal sorunlarla karşı karşıya kalabilmektedir.

Bu çalışmada hem patlayıcı maliyetlerini hem de çevresel etkileri azaltacak yönde yapılan yeni bir teknoloji araştırması sunulmuştur. Temel olarak sıvıların sıkıştırılmama prensibine dayanarak, sarj kolonuna plastik tüpler içerisinde yerleştirilen su kolonları yardımı ile, patlayıcının darbe etkisinin kayaca aktarılması mantığına dayanan araştırmada laboratuvar ve arazi deneyleri gerçekleştirilmiş, elde edilen ön sonuçlar burada tartışılmıştır. Arazi çalışmalarında, İzmir çevresinde faaliyet gösteren bir kalker sahasında farklı boylarda su kartuşlarının kullanıldığı 5 adet uygulama atımı yapılmıştır.

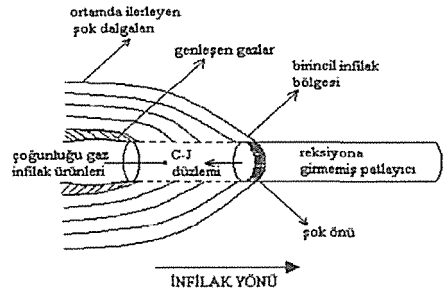
2 PATLATMA MEKANİĞİ

Patlayıcı madde kullanarak kayaların kırılması mekanizması ile ilgili farklı disiplinlerde bulunan (kimya, fizik, termodinamik, jeofizik, kaya mekaniği) araştırmacılar tarafından teoriler öne sürülmüştür. Bu teoriler şok dalga

mekanizmaları ve gaz basıncı mekanizmaları olmak üzere iki ana grupta altında toplanabilir (Fournay, 1993).

Şok dalga mekanizmaları, şok dalgasının kaya kırmada ve ötelenmesinde çok önemli olduğunu ve gazların çatlak sistemine girip genişlemesinin az bir öneme sahip olduğunu iddia eder. Gaz basıncı mekanizmalarında ise gaz basıncının çok uzun süre etkili olduğu ve parçalanmanın quasi-statik olduğu öne sürülür. Ayrıca her iki mekanizmanın kaya kırmada etkin rol oynadığını ileri süren araştırmalar da bulunmaktadır. (Esen&Bilgin, 1998).

Patlama bir kimyasal reaksiyondur ve bu reaksiyon sesüstü (süpersonik) bir hızda ilerler. Reaksiyon sonucu genellikle gaz ürünler, organik ve inorganik bileşimler ve karışımlar meydana gelir. Patlayıcı maddelerin ayrışması ani yanma şekline olur. Yanma sonucu patlayıcı maddeyi meydana getiren katı, plastik veya sıvı haldeki kimyasal maddeler, patlatmadan önceki hacmine göre 500-600 kat veya çok daha fazla hacimdeki gaz haline geçerler (Köse vd., 2001) Tanımlanan kimyasal reaksiyonun ilerlemesi Şekil 1'de şematik olarak verilmiştir.

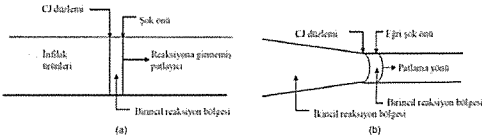


Şekil 1. Patlayıcı maddelerin infilak işlemi (DuPont, 1977)

Birincil reaksiyon bölgesinin bir tarafı şok önüyle sınırlandırılmıştır ve bu bölgede reaksiyon başlar. Bu bölgenin arkasında Chapman-Jouguet (C-J) düzlemi vardır. Bu düzlemde kimyasal reaksiyon tamamlanır (Du Pont, 1977; Fickett ve Davis, 1979; Fickett, 1985 , Esen ve Bilgin, 1998).

Bu modele göre C-J düzlemi birincil reaksiyon bölgesi olarak isimlendirilmektedir. Birincil reaksiyon

bölgesinin genişliğine göre patlayıcı maddeler idealize edilmiş ve ideal infilak modeli ile ideal olmayan infilak modeli geliştirilmiştir. Buna göre ideal infilak teorisinde reaksiyon bölgesinin birkaç milimetre kalınlığında olduğu, tek boyutlu bir akış olduğu ve ortaya çıkan gaz ürünlerinin termodinamik dengede olduğu kabul edilir. Buna karşın ideal olmayan infilak modeli, deneysel ölçümlerden elde edilmiştir ve birincil reaksiyon bölgesinin daha geniş olduğu infilakın iki boyutlu olarak ilerlediği, uygulamada bu modelin geçerli olduğunu kabul etmektedir (Şek. 2).



Şekil 2. İdeal (a) ve ideal olmayan (b) infilak

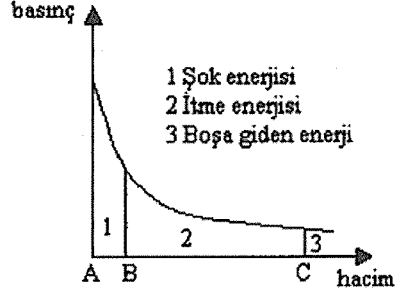
2.1 Basamak Patlatması Mekaniği

Deliklerin delinmesi ve patlayıcı madde ile doldurulması esasına dayanan basamak patlatmasında iki serbest yüzey bulunmaktadır (basamak önü ve basamak üstü) ve ateşleme yapıldıktan sonra kaya parçalanma modeli gelişir.

İnfilak başladıktan sonra patlatma deliği radyal olarak denge durumuna kadar genişlemeye başlar. Denge durumu patlayıcının basıncıyla kayanın dinamik dayanımının dengelendiği durumdur. Bu ana kadar harcanan enerjiye şok enerjisi denir. Gazların çatlak sistemine girip aynadan çıkıncaya kadar deliği genişletmesi sırasında açığa çıkan enerjiye itme enerjisi denir. Gazlar atmosfere ulaştıktan sonra iş yapmadığı düşünülürse bu süreden sonra açığa çıkan enerji boşa giden enerji olup ısı, ışık, ve hava şoku yaratır (Brinkmann, 1987; Brinkmann, 1990). Buna göre sıkılması yapılan patlayıcı madde ateşlenmesinden sonra ötelenmeye kadar dört aşamadan geçer. Bunlar ;

- İlk ateşleme,
- Şok yada birim deformasyon dalgalarının yayılması,
- Gaz basıncının yayılması,
- Kütle taşınmasıdır (Ünal, 2005).

Konunun açıklanmasında Şekil 3'de verilen basınç-hacim eğrisi yararlı olacaktır. Eğri patlayıcı cinsine göre değişir ve şekli patlayıcının ideallığı hakkında bilgi verir. Eğrinin altında kalan alan patlayıcının toplam enerjisidir (Tosun, 1993, Esen & Bilgin, 1998)



Şekil 3. Bir patlayıcının basınç-hacim ilişkisi (Esen ve Bilgin, 1998)

Şekil 3'de görüldüğü gibi 1 ve 2 numaralı alanlardaki enerji patlayıcının kullanılabilir enerjisidir. Kullanılabilir enerjinin ne kadarının şok enerjisi ve itme enerjisi olarak bölüştüğü hem patlayıcının hem de kaya kütlelerinin özelliklerine bağlıdır (Brinkmann, 1987; Brinkmann, 1990, Esen ve Bilgin, 1998).

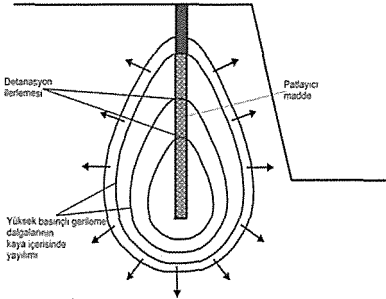
3 PATLATMA UYGULAMALARINDA YENİ TEKNOLOJİLER VE ARAŞTIRMADA KULLANILAN YÖNTEM

Patlama teknolojisindeki yeni gelişmeleri iki başlık altında toplamak mümkündür. Bunlardan birincisi patlayıcı maddenin kimyasal bileşiminde araştırmalar yapılarak farklı şartlarda ve farklı güçlerde patlayıcı madde elde etmektir. Bu konuda araştırmalar amonyumnitrat esaslı patlayıcıların yanında özellikle çevresel etkinin ve güvenliğin gözönünde tutulduğu farklı kimyasal bileşimde (Cardox vb.) patlayıcıların geliştirilmesi yönünde ilerlemiştir (Karakuş vd., 2006).

Patlatma konusunda yeni teknolojilerde araştırma yapılan bir diğer başlık, yukarıda tanıtılan basamak patlatması mekanizmasında, boşa giden enerjinin çeşitli

aparatar ve teknikler yardımı ile azaltılmasının araştırılmasıdır. Bu tekniklerin başında kayaç kırma etkin olduğu bilinen gaz ürünlerinin ortamda daha fazla kalmasını sağlayacak aparatlar gelmektedir. Bu aparatlar ya sıkılama içerisinde plastik bir tıkaç (stemtite plug, mocap), yada delik yüzeyinden verilen bir tetikleme ile delik cidarına kadar genişlererek gaz ürünlerin delik ağzından kaçmasını engelleyen (gasbag) plastik balona benzer ürünlerdir. Bu ürünlerin delik içerisinde, farklı konumlarda kullanarak yapılan araştırmalarda, patlatma veriminde belli oranlarda iyileştirme sağlandığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Long , 1996, Fitzgibbon vd., 2001, Miller vd., 1997, Karakuş vd., 2003).

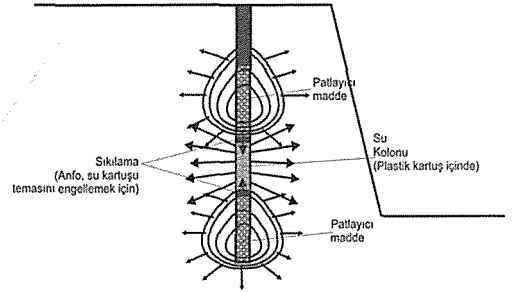
Bu araştırmada kullanılan yöntem sıvıların sıkıştırılmama esasından hareketle delik içerisinde patlayıcının yarattığı darbe etkisinin sıvı aracılığı ile kayaca aktarılması esasına dayanmaktadır. Buna göre bir basamak patlatmasında ilk ateşlemenin delik tabanında yapıldığı kabul edilirse reaksiyon yukarıya doğru gelişecek ve kaya parçalanması gerçekleşecektir (Şekil 4).



Şekil 4. İlk ateşlemenin ardından birim deformasyon dalgalarının yayılması (Atlas Powder, 1986)

Araştırmada önerilen delik şarj kesiti Şekil 5’de verilmiştir. Buna göre aynı gecikme numaraları ile su kolonu şarjına üstten ve alttan verilen darbe etkisi ile sıkışmaya zorlanan sıvı sütunu kayacı kırma yönünde etki gösterecektir. Suyun patlatma işlerinde kullanılması ve patlatma mekanizmasının bir parçası olması daha önceleri de araştırılmıştır. Özellikle patarların kırılması amacıyla ticari olarak da ürünler geliştirilmiştir. Bunların başında patar avcısı olarak isimlendirilen

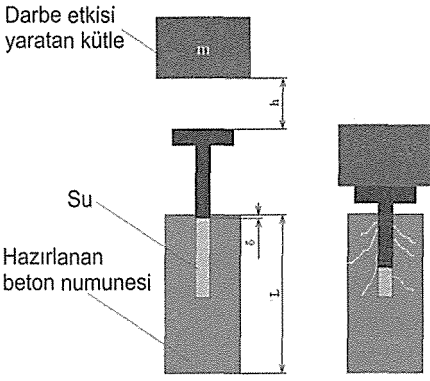
“boulder buster” gelmektedir. Bu sistemde patar içine açılan küçük çaplı deliğe su doldurulur ve içine yemleme görevini gören ateşleme kartuşu yerleştirilir. Suyun delik ağzından kaçmaması için özel araçla delik ağzı kapatılır. Patar avcısında kullanılan hidro – kırma teknolojisi, içi su dolu delik içerisinde hidrostatik basınç dalgası yaratma esasına dayanmaktadır. Bu basınç dalgası yaklaşık 3 – 5 milisaniye sürmekte, kayaca bir gerilme dalgası şeklinde iletilmekte ve kayacın çatlak oluşumunu sağlamaktadır. Çatlaklar içine giren su – gaz karışımı çatlak sistemini yaymaktadır. Ateşlemeden sonra su sıkıştırılmaz olduğu için, kaya içerisindeki mikro çatlaklara kama şeklinde yayılarak ilerler. Malzeme ayrılmaya başladıktan sonra su üzerindeki hapis baskısı kalkar ve arda kalan enerji su ile zararsızca yayılır (FHWA, 2005, Ünal, 2006)



Şekil 5. Araştırmada öngörülen şok dalgalarının yayılması

4. LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Yukarıda tanıtilan ve prensipte mantıklı olan su kolonu şarjı sisteminin uygulamada da aynı sonucu verip vermeyeceğini görmek için bir dizi laboratuvar deneyi gerçekleştirilmiştir. Buna göre boyutları sabit kalıplar içine beton karışımları hazırlanıp, içlerine bir miktar su konulacak şekilde silindirik biçiminde boşluk bırakılmıştır. Belli bir süre prizlenmeye bırakılan kalıplar içerisine, önceden oluşturulan boşluğa su koyup, istediğimiz darbe etkisini yaratmak amacıyla h yüksekliğinden ağırlık bırakılmıştır. Deneyin şematik görünümü Şekil 6.’da verilmiştir.

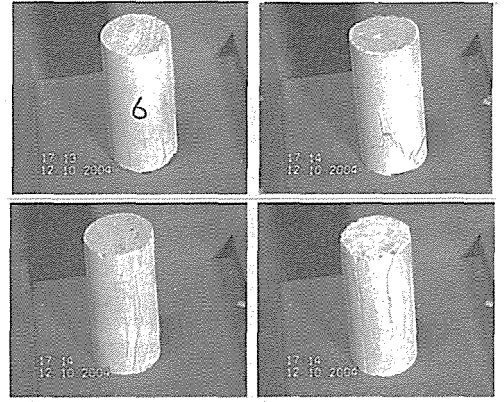


Şekil 6. Laboratuvar deneyi geometrisi

Deneylerde suyun kırma üzerinde etkisinin araştırılması için beton numunesinin farklı dayanımlarda olması gerekmektedir. Bu nedenle 10 farklı karışım incelenmiştir. Karışımlarda çimento miktarları artırılarak farklı dayanımlar elde edilmesi sağlanmış, beton numuneleri ile birlikte eş zamanlı olarak aynı karışımdan silindirik kalıplara da tek eksenli basınç dayanımının ölçülmesi için numuneler alınmıştır. Elde edilen tek eksenli basınç dayanımı sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Ayrıca 6 nolu karışım oranında yapılan 4 adet tek eksenli basınç deneyi numunesi örnek görüntüsü Şekil 7’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneylerde kullanılan beton blok karışımlarının ortalama tek eksenli basınç dayanım değerleri

Karışım No	Ortalama Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)
1	10,5
2	18,9
3	16,12
4	18,80
5	16,91
6	17,26
7	13,93
8	11,64
9	21,89
10	20,38



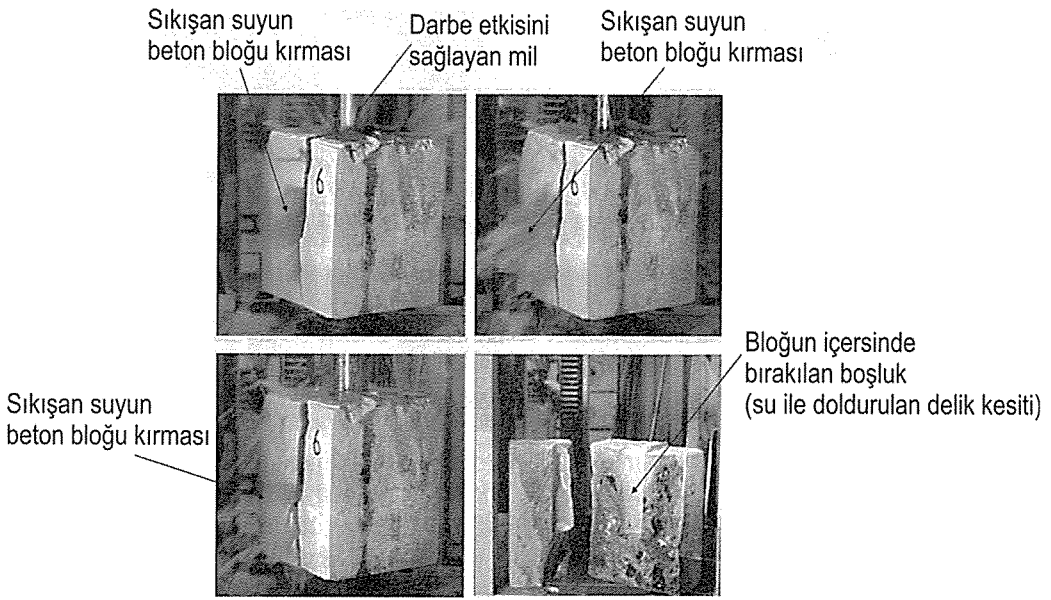
Şekil 7. Altı Nolu karışım tek eksenli basınç deneyleri numune görüntüsü

Şekil 6’da verilen deney düzeneğinde darbe etkisi, 50 kg’lık bir ağırlığın farklı yüksekliklerden serbest düşürülmesi ile sağlanmıştır. Bu amaçla doğal taş deneylerinde kullanılan standart darbe dayanım cihazı uyarlanarak kullanılmıştır. Başarı ölçütü olarak beton bloklarının suyun etkisi ile kırılması kabul edilmiştir. Serbest düşme yüksekliği her beton blok için standart olarak seçilmiş ve blok kırılana kadar kademeli bir şekilde yükseltilmiştir. Bu arada beton bloğun kırılması esnasında kamera çekimleri ile suyun etkisi gözlemlenmeye çalışılmıştır. Örnek olarak 6 nolu karışıma ait beton bloklardan birisinin kamera görüntüsü Şekil 8’de verilmiştir.

Yapılan laboratuvar denemeleri sonucunda beton bloklarının suyun etkisi ile kırılabildiği gözlenmiştir. Bu bildiriye su kolonu uygulanabilirliği tartışıldığı için laboratuvar deneyleri sonucu elde edilen sayısal veriler ve performans değerlendirmeleri konuyla ilgili devam eden araştırmalarımızı da içeren farklı bir bildiri konusu olarak ileride sunulacaktır.

5 ARAZİ ÇALIŞMALARI

Laboratuvar çalışmaları esas alınarak sistemin basamak patlatmalarında uygulanabilirliği ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Suyun, ANFO ile olan olumsuz etkileşimi gözönünde bulundurularak, delik içerisine yerleştirilmesi için plastik su kartuşları tasarlanmış ve kullanılmıştır.

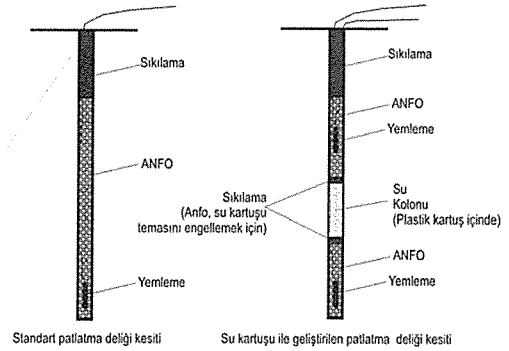


Şekil 8. Altı nolu karışıma ait beton bloğun kırılması kamera görüntüsünden dört farklı kare

Burada kısaltayıcı olan kartuşların üzerine gelen patlayıcı madde ve sıkılama maddesi ağırlığı ile ateşleme yapılmadan önce parçalanmasıdır. Bunun için kartuşlar üzerine gelebilecek statik yük öngörülerek dayanıklı plastikten imal ettirilmiş ve saha çalışması öncesinde sağlamlıkları laboratuvar da denenmiştir.

Arazi çalışmasında uygulanan delik şarjının kesiti Şekil 9'da verilmiştir. Buna göre araştırmanın konusu olan sıvıların sıkıştırılamama esasına uygun olarak, delik içerisinde patlayıcı şarj kısmında sıvıya anlık darbe etkisi verilmesi öngörülmüş ve sıvının sahip olduğu enerji ile kayacın parçalanması düşünülmüştür.

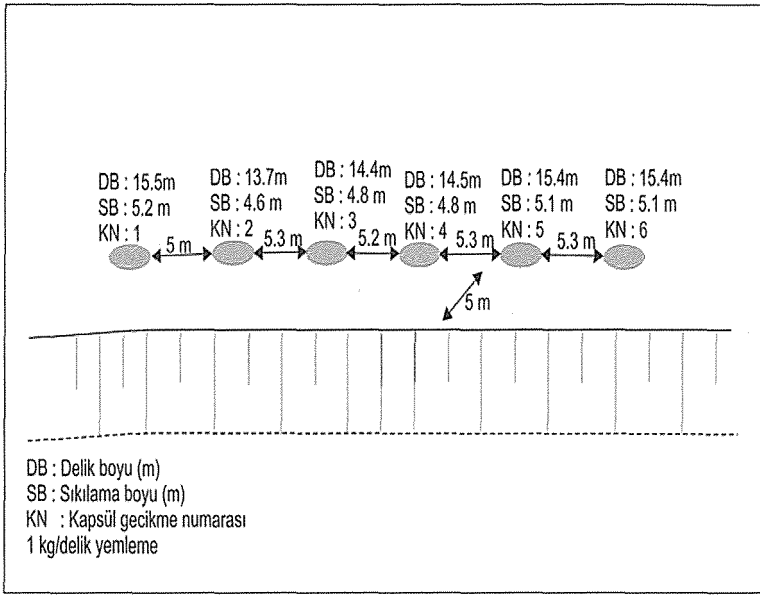
Şekil 9'da görüldüğü gibi standart patlatma deliğinden farklı olarak su kolonu kullanılan deliklerde iki adet yemleme ve kapsül kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle ilave yemleme ve kapsül maliyetini karşılayacak minimum su kolonu yüksekliği hesaplanmıştır. Buna göre 30 cm yüksekliğinde su kolonu kullanılması halinde ilave olarak kullanılan yemleme ve kapsül maliyeti karşılanmış olacaktır.



Şekil 9. Arazi çalışmalarında uygulanan patlatma deliği kesiti

Arazi çalışması amacıyla İzmir çevresinde faaliyet gösteren bir işletmede 5 grup patlatma tasarlanmıştır. Bu patlatmalarda su kolonu uygulaması yapılmış ve patlatma verimi görsel olarak tespit edilmiştir. Yapılan araştırma patlatmalarından birisi örnek olarak burada tanıtılmıştır.

Yapılan araştırma patlatmasında 165 mm çapında 6 adet delik bulunmaktadır. Delikler ortalama 15 m boyunda, tek sıra ve delikler arası mesafe dilim kalınlığı ilişkisi yaklaşık 5x5 m olacak şekilde tasarlanmıştır. Patlatma plan görünüşü Şekil 10'da patlatmaya ait teknik veriler Çizelge 2'de verilmiştir.



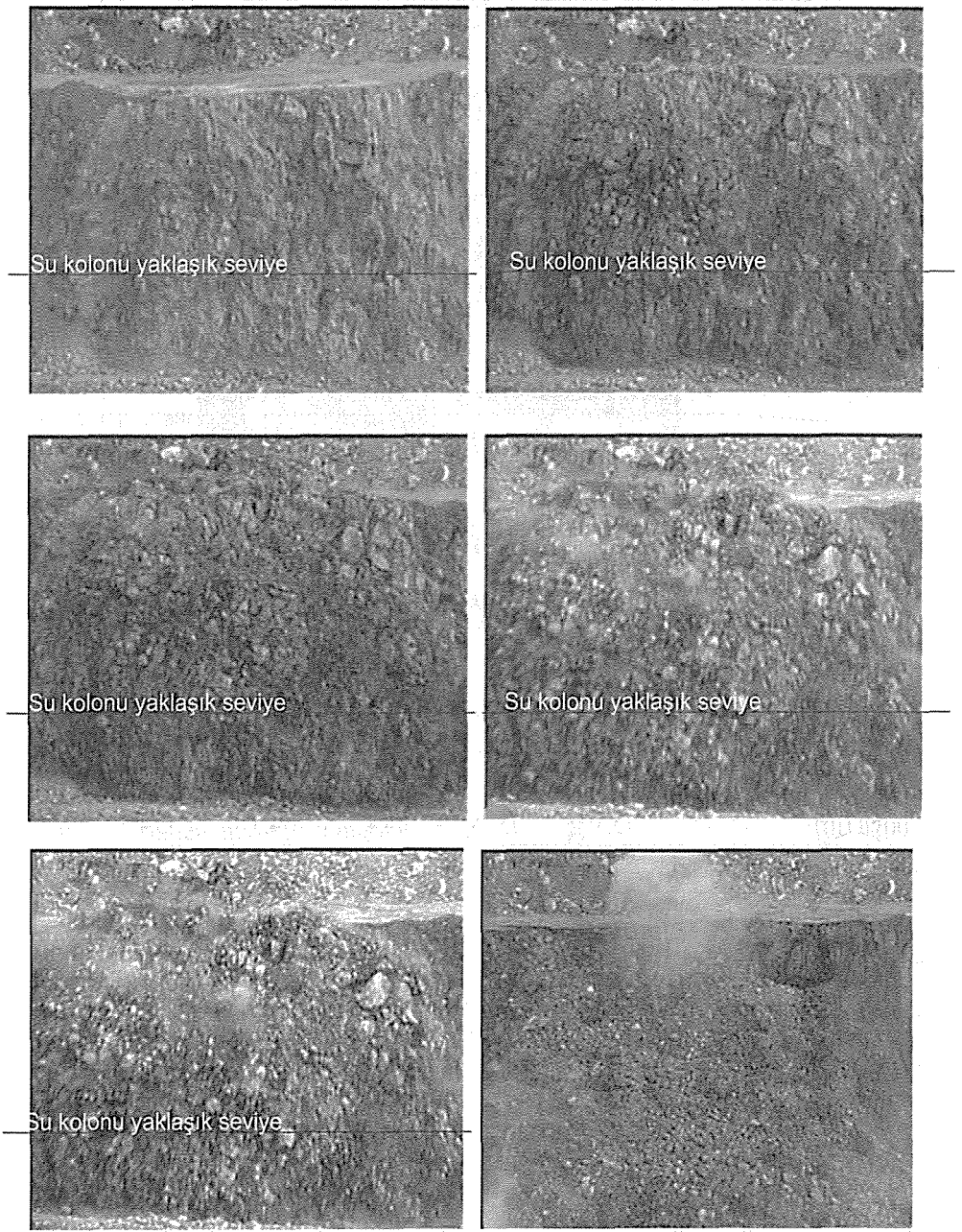
Şekil 10. Araştırma patlatması plan görüntüsü (Ölçeksiz)

Çizelge 2. Araştırma patlatması su kolonu uygulaması teknik verileri

Delik No	1	2	3	4	5	6
Delik boyu (m)	15,5	13,7	14,4	14,5	15,4	15,4
Su kolonu yüksekliği (m)	1	1	1	1	1	1
Sıkılama boyu (m)	5,2	4,6	4,8	4,8	5,1	5,1
Alt ANFO yüksekliği (m)	5,6	4,9	5,2	5,2	5,6	5,6
Üst ANFO yüksekliği (m)	3,7	3,2	3,4	3,5	3,7	3,7
Alt ANFO miktarı (kg)	98	86	90	91	98	98
Üst ANFO miktarı (kg)	65	56	60	61	65	65

Araştırma patlatmasında su kolonu yüksekliği yukarıda öngörülen delik düzenine göre 1 m olarak tasarlanmıştır. Patlatma anı ve sonrası kamera ile görüntülenerek su kolonunun patlama mekanizmasına etkisi gözlemlenmiştir (Şek. 12). Şekil 11’de görüldüğü gibi su kolonu uygulaması ile patlatma veriminde görsel olarak herhangi bir azalma olmadığı

belirlenmiştir. Ancak patlatma veriminin görsel yöntemlerle değil somut verilerle analiz edilmesi gerekmektedir. Devam eden çalışmalarda bu durum göz önüne alınmaktadır. Ayrıca patlatma sonrası toz oluşumunun belli ölçüde azalmış olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 11. Su kolonu kullanılarak yapılan araştırma patlatması kamera görüntüleri

6 SONUÇLAR

Delme-patlatma yöntemiyle kazı çalışmaları madencilik sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Gerekli ekonomik ve teknik analizlerin yapılmadığı durumlarda delme-patlatma maliyetlerinden gelen kayıplar düşündürücü miktarda artmaktadır.

Bu nedenle bu konuda yapılacak maliyetleri azaltıcı, verimi arttırıcı yönde iyileştirmelerin toplam maliyetteki etkileri göz ardı edilemeyecek derecede fazladır. Bu çalışmada patlatma mekanığı tanıtılmış ve yeni bir teknoloji uygulaması olarak su kolonu uygulamasının delik içerisinde

kullanılması ile ilgili yapılan ön araştırmalar sunulmuştur. Buna göre ;

1. Sıvıların sıkıştırılamaması ilkesinin patlama mekaniğinde kullanılması için laboratuvar ölçekli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda farklı çimento+kum+su oranlarında oluşturulan beton kalıpların sıkıştırılmış su etkisi ile kırılma şartları araştırılmıştır.

2. Bu çalışmalar sonucunda darbe etkisi ile sıkıştırılmaya zorlanan sıvının kayacı kırmada etkili olduğu tespit edilmiştir.

3. Bu ilkeden hareketle laboratuvar çalışmalarının arazi şartlarına uygulama koşulları araştırılmış ve şarj kolonu içerisinde su kolonu uygulaması planlanmıştır.

4. Öngörülen şarj kolonu içerisinde su kolonu uygulaması için İzmir çevresinde faaliyet gösteren bir kireçtaşı ocağında deneme atımları yapılmıştır. Bu atımlar sonucunda su kolonu uygulamasının öngörüldüğü şekilde patlatma mekaniğinde çalıştığı ve verim üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

5. Hem kullanılan patlayıcı miktarını azaltmak, hem suyun toz oluşumunu engellemesi prensibini uygulamak amacıyla kullanılan su kolonu uygulaması sayesinde toz miktarında belli oranda iyileştirme sağlanmıştır.

6. Burada sunulan ön bilgiler ışığında su kolonu uygulaması araştırmasına ilave projeler ile devam edilmektedir.

KAYNAKLAR

Atlas Powder Company, 1986, *Hanbook of Explosives and Rock Blasting* Texas, USA
Brinkmann J.R., *The Behaviour of Different Explosive Types and the Effects on Blast Results*, Static and Dynamic Considerations in Rock Engineering, Balkema, Rotterdam, pp. 49-62, 1990.
Brinkmann J.R., 1987, Separating Shock Wave and Gas Expansion Breakage Mechanisms, *Second International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, Keystone, (s. 6-15), Colorado
Du Pont, 1977, *Blasters' Handbook*, Wilmington, Delaware
Esen, S., Bilgin, A. 1998, Ticari patlayıcıların ideal infilak davranışları/Kaya Etkileşim Modelinin

Geliştirilmesi, 3. Delme Patlatma Sempozyumu, (s. 47-57), Ankara
Fickett, W. and Davis, W.C., 1979, *Detonation*, University of California Press, Berkeley
Fickett, W., 1985, *Introduction to Detonation Theory*, University of California Press, Berkeley
Fitzgibbon, R., Daniel, F., 2001 *Reinforced borehole plugs*. US Patent Appl. No: 873064
Fourney, W.L., 1993, *Mechanisms of Rock Fragmentation by Blasting*, Comprehensive Rock Engineering, Vol. 4, (s. 39-69, 1993)
Karakuş, D., Konak, G., Onur, A.H., Erten, O. 2006, Patlayıcı Olmayan Kayaç Parçalayıcılar ve Madencilik Sektöründeki Kullanımı, *4.Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, s(117-125), İstanbul
Karakuş, D., Onur, A.H., Konak, G., Köse, H., Kılızcağağaçlı, M., 2003, Application Of Stemming Plugs And A Case Study In A Limestone Quarry, *18th International Mining Congress and Exhibition of Turkey*, (s. 183-189), Antalya
Köse, H., Yalçın, E., Şimsir, F., Konak, G., Onargan, T., Kızıl, M.S., 2001, *Açık İşletme Tekniği*, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 256, (s.256), İzmir
Long, L., 1996 Blast Control plugs, *Proceedings of the Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*. (S . 192-195),
Mille, J. T., Brown R.B., 1997, *Blasting stemming plugs*. US Patent Appl. No: 933836
Tosun, S., 1993, Madencilikte Kullanılan Patlayıcı Maddelerin Performans Hesaplamaları ve Uygun Patlayıcının Seçimi, *13. Madencilik Kongresi*, (s. 124-135) Ankara
U.S. department of transportation Federal highway administration (FHWA), 2005, Boulder Buster\MTDC Pubs, Boulder Buster
Ünal, D. 2005, Açık İşletmede Kullanılan Patlayıcılar ve Patlatmalardaki Yeni Teknolojiler ve Uygulamaları, D.E.Ü. Fenbilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , (s. 2), İzmir

Basamak Patlatmalarında Hava Kapanımı Kullanımıyla Kayaç Parçalama Tekniği

The Technique of Rock Breaking by Using Air-Deck in Bench Blasting

Oktay Erten, Gürcan Konak, A. Hakan Onur, Doğan Karakuş

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir

ÖZET Açık ocak madenciliğinde en önemli giderlerden biri delme patlatma operasyonlarıdır. Fakat daha da önemlisi bu türdeki operasyonların çevreye olan etkileridir. Teknolojinin gelişimine paralel olarak delme patlatma tekniklerinde yeni gelişmeler ve uygulamalar olmuştur. Patlayıcı deliği içerisinde hava kapanımı (Air-Deck) kullanımı da söz konusu yeniliklerden biridir. Oldukça esnek bir teknik olan patlayıcı deliği içerisinde hava kapanımı kullanımı, günümüzde özellikle Amerika, Güney Afrika ve Avustralya’da üretim patlatmasında kullanılan yaygın bir uygulamadır. Bu bildiride delme patlatma operasyonlarındaki gelişmelerden biri olan ve son yıllarda dünya madenciliğinde kullanımı oldukça artan patlayıcı deliği içerisinde hava kapanımı kullanımı ve kullanımındaki kriterler ele alınmıştır.

ABSTRACT Drilling and blasting operations are one of the most important expenses in open-cast mining. However, environmental effects of these operations are more important. Parallel to technological developments, there have also been new developments and applications in the technique of drilling and blasting. The use of Air-Deck within a borehole is one of the so-called developments. The use of Air-Deck which is a very flexible technique has been a technique commonly used in the production blasting especially in the USA, South Africa and Australia. In this paper the criteria regarding the use of Air-Deck, which is one of the so called developments and its use has recently increased in the world mining, were explained.

1 GİRİŞ

Alfred Nobel'in 1864 yılında nitrogliserini buluşundan bu yana patlayıcılarda ve patlatma tekniklerinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bu önemli teknolojik gelişmeler neticesinde patlayıcılar; hafriyat çalışmaları, yol yapımı, bina yıkımı, madencilik ve baraj yapımı gibi birçok mühendislik dalında kullanım alanı bulmuştur. Patlayıcılar ve patlatma teknikleri, diğer kullanım alanlarına nazaran madencilik sektöründe daha büyük bir önem arz etmektedir.

Patlayıcıların en yaygın olarak kullanıldığı açık maden işletmelerinde üretim, doğada serbest halde bulunan ve madencilik için bir değer ihtiva eden malzemenin, ana kayaçtan patlayıcı enerjisi ile ayrılması şeklinde yapılmaktadır. Açık işletmelerde delme patlatma yöntemi ile üretim, etkili ve verimli olduğu kadar patlayıcı kullanımının çevresel açıdan bazı sorunlar arz eden yönleri de vardır. Özellikle günümüzde açık maden işletmelerinde yaşanan en önemli sorunlardan biri patlatmalardan kaynaklanan bir takım olumsuz çevresel bileşenlerdir. Bunun yanında maliyet açısından bakıldığında da delme patlatma giderleri açık işletme maliyetinin yaklaşık %20-%30'luk kısmını oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle günümüz dünya madenciliğinde söz konusu çevresel parametreleri ve patlatma maliyetini azaltmaya yönelik çeşitli uygulamalar yapılmaya başlanmıştır.

Ülkemizde kullanımı henüz yaygınlaşmamış olan patlayıcı deliği içerisinde hava kapanımı (Air-Deck) uygulaması bunlardan biridir. Bu teknik, patlayıcıların detonasyonu ile oluşan olumsuz çevresel parametrelerde azalma sağlamanın yanı sıra toplam kullanılan patlayıcı miktarında da önemli bir azalma sağlamaktadır. Her ne kadar özel bir yöntem gibi düşünülse de günümüzde özellikle ABD' de kömür açık işletmelerinde kullanımı çok yaygın hale gelmiştir. Teknik olarak hava kapanımı (Air-Deck); bir patlayıcı deliği içerisinde hava boşluğu oluşturularak patlayıcı enerjisinin verimli bir

şekilde kullanılması ile kırılma prosesinin kontrolü ve buna bağlı olarak düzgün bir kayaç parçalanmasını sağlamaktadır.

1.1 Patlayıcı Deliği İçerisinde Hava Kapanımı Kullanımına İlişkin Literatür Çalışmaları

Patlayıcı deliği içerisinde bir veya birden fazla hava boşluğu oluşturulması fikri birçok bilim adamı tarafından ele alınmıştır. İlk hava kapanımı (Air-Deck) uygulaması 1893 yılında Knox tarafından yapılmıştır. Yakın geçmişte Melnikov ve Marchenko (1971), Fourney et. al. (1981), Chiappetta ve Memmele (1987), Bussey ve Borg (1988), Rowlands (1988), Mead et. al. (1993) ve Moxon et. al. (1993) gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalarla patlayıcı deliğinde hava kapanımı (Air-Deck) uygulamasının geleneksel patlatma yöntemine göre daha avantajlı olduğunu ortaya koymuşlardır.

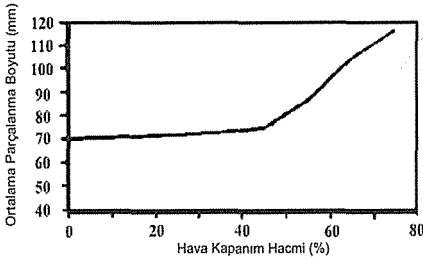
Hava kapanımı ya da literatürdeki ismi ile "Air-Deck" ilk olarak 1893 yılında Knox tarafından iri boyutlu taşlarda barut kullanımı ile gerçekleştirilen patlatmalarda fazla parçalanmayı önlemek ve patlayıcı enerjisinin delik içerisinde düzgün dağılımını sağlamak amacıyla uygulanmıştır (Liu ve Katsabanis 1996).

Hava kapanımı mekanizmasını açıklayan orijinal çalışmalar 1971 yılında Rus bilim adamları Melnikov ve Marchenko tarafından sürdürülmüştür. Melnikov ve Marchenko hava kapanımı uygulamasını şöyle açıklamıştır; patlama ile oluşan şok dalgaları delik içerisinde oluşturulan hava boşluğunda sürekli olarak hareket ederek ikincil bir şok dalgası meydana getirirler. Bu şok dalgasının genliği diğerine nazaran daha büyüktür. Bu nedenle mikro çatlakları dolduran gaz basıncından önce söz konusu şok dalgaları bu çatlakların genişlemesini sağlayarak patlatmayı daha etkin bir hale getirmektedir. Gaz basıncından önce delik cidarında meydana gelen mikro çatlakların daha da genişlemesi ile patlayıcı deliğindeki nihai basınç azaltılır, fakat tekrar eden şok dalgası hareketlerinden dolayı parçalanma derecesinde artış sağlanır .

Fourney ve arkadaşlarının 1981'de Amerika'da kalın plexiglass kullanımıyla gerçekleştirdikleri deneyler Rus bilim adamlarının öne sürdükleri bulguları destekler nitelikteydi. Ayrıca Fourney ve arkadaşları patlayıcı deliği içerisinde hava kapanımı uygulamasının patlayıcı deliğini çevreleyen malzeme üzerinde etkili olan şok dalga hareketi süresini 2'den 5'e kadar olan faktörlerde arttırdığını ifade etmiştir.

Chiappetta ve Mammele ise 1987'de yüksek çözünürlüklü kamera kullanarak hava kapanımı (Air-Deck) uygulaması ile gerçekleştirilen patlatmaları parçalanma derecesi açısından değerlendirmiş ve ayrıca ön-çatlama uygulamalarında da hava kapanımı kullanımı üzerine çalışmalar yapmıştır.

Moxon ve arkadaşları 1993 yılında patlayıcı deliği içersinde oluşturulacak hava boşluğunun delik içerisindeki yeri ve uzunluğunun parçalanmaya olan etkilerini değerlendirmek için teknik ve laboratuvar destekli çalışmalar sürdürmüşlerdir. Bu çalışmalara göre hava kapanım hacmi ile parçalanma derecesi arasında ilişki kuran bir grafik tasarlamışlardır. (Şekil 1).



Şekil 1. Moxon tarafından hazırlanan parçalanma boyutu ve Air-Deck hacmi arasındaki ilişkiyi veren grafik (Moxon vd., 1993).

Şekil 1'deki Moxon tarafından hazırlanan grafikten görüldüğü üzere parçalanma derecesinde değişiklik olmadan yaklaşık %30 – 35 oranında bir hacimde patlayıcı madde tasarrufu söz konusudur.

1996'da Liu ve Katsabanis patlayıcı deliği içerisinde hava kapanımı kullanımıyla gerçekleştirilen patlatmaların etkilerini ve fiziksel prosesini araştırmak için bir dizi sayısal simülasyon gerçekleştirmiştir

Tüm bu araştırma ve uygulama çalışmalarına ek olarak birçok araştırmacı (Wlodarczyk 1893; Stachura et. al., 1991; Woolf et. al., 1994; Pal Roy et. al., 1995; Yang et. al., 1999; Jhanwar et. al., 1999, 2000a, 2000b) hava kapanımı (Air-Deck) tekniğinin başarılı uygulamalarını ortaya koyan arazi çalışmaları gerçekleştirmişlerdir (Hustrulid ve Lu 2003).

1.2 Hava Kapanımı (Air-Deck) Teorisi

Hava kapanımı tekniği; verilen şarj uzunluğundaki en uygun parçalanmanın bir aracı olarak patlayıcı kolonunda bir veya birden fazla hava boşluğu kullanımını açıklayan bir tekniktir. Melnikov ve Marchenko (1971) hava kapanımı uygulamasında şok dalgalarının patlayıcı deliği içerisinde yansıdığında, gaz basıncından önce delik içerisindeki mikroçatlak ağını genişleten ikincil bir şok dalgası meydana getirdiğini ortaya koymuştur. Patlayıcının infilakı sonucu oluşmuş nihai delik basıncı bu durumda azaltılmış ve parçalanma derecesi ise şok serileri ile tekrar eden kayaç yüklemeleri sonucunda artırılmıştır. Üç ana basınç cephesi olan şok cephesi, infilak cephesi arkasındaki patlayıcı ürünlerinin şekli nedeniyle oluşan basınç cephesi ve de sıkılamadan ya da delik tabanından yansıyan dalgaların oluşturduğu basınç cephesi farklı noktalara farklı hızlarda hareket ederler ve söz konusu ikincil şok dalgalarını oluştururlar. Kaya kütlelerinin etrafındaki şok dalga hareketinin süresi bu nedenle artar. Sonuç olarak patlayıcı deliği önündeki kaya kütlelerindeki çatlak ağı hava kapanımı (Air-Deck) uygulamasıyla artırılmış ve dilim kalınlığı hareketi azaltılmış olur.

Bir başka deyişle, şok cephesinin büyüklüğünün patlayıcı içeriğine bağlı oluşu ve hava içerisinde uzaklığa bağlı olarak azalmasından dolayı, hava boşluğu bölgesindeki parçalanma derecesi patlayıcı tipine ve hava kapanımı (Air-Deck) uzunluğuna bağlıdır (Jhanwar, vd., 1999).

Kinney ve Graham 1985 yılında hava içerisinden geçen basınç dalgasının azalma oranını aşağıdaki formülle anlatmıştır;

-1-


$$f = f_0 + \{f_1, f_2, \dots\} = f_0 + f_1 + f_2 + \dots,$$
[illegible]

İnkıta'nın göre değışi:

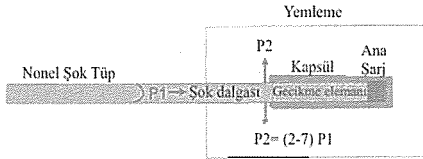
(Kati mawazeni kati) daraka gazi chini

Delik taberanda elytrularas heru

$$(-\cos \theta, -\sin \theta, -\cos \theta).$$


(Chappetta, 2005):

Bu teori elektriksiz (NONEL) kapsüllerde yaşanan infilak (detonasyon) probleminde daha iyi anlaşılmaktadır. 1970’de endüstride ilk NONEL kapsül kullanımının başlamasıyla patlatma işleminde istenmeyen bir durum ortaya çıkmıştır. Söz konusu sorun yukarıda sözü edilen delik içerisinde hava kapanımı kullanımında patlayıcının infilaki ile oluşan şok dalgalarının direncin en az olduğu yolu izlemesini açıklamaktadır (Şekil 4). İlk üretilen NONEL kapsüllerde infilak sırasında şok tüp içerisinde hareket eden şok dalgası kapsüle yeterince etki etmemiş ve şok tüp ile kapsülü birbirine bağlayan kısımdan çıkarak yemlemenin tamamen infilaka girmesini sağlayamamıştır. Şu anki NONEL kullanımında böyle sorunlar olmamakla birlikte delik içerisinde hava kapanımı (Air-Deck) kullanımı teorisini açıklamada önemli bir veridir (Chiappetta, 2003).



Şekil 4. Hava kapanımı (Air-Deck) durumundaki basınç iletimini açıklayan ilk nonel kapsül modelindeki teknik hatadan kaynaklanan patlama sorunu (Chiappetta, 2003).

2 HAVA KAPANIMI UYGULAMALARI

Geleneksel şekilde yüklenmiş bir patlayıcı deliği patlatıldığında gerek oluşan yığın kütesine bağlı değişkenlere gerekse çevresel açıdan sorun teşkil eden parametrelerde istenmeyen durumlar gözlenebilmektedir. Bunlar; patlatma sonrası ikincil patlatma gerektiren büyük bloklar (patar), yetersiz parçalanma derecesi, aşırı oranda basamak geri çatlağı, tırnak oluşumu, iyi olmayan parçalanma derecesi nedeniyle ortaya çıkan verimsiz yükleme ve tüm bunlara ek olarak yer sarsıntısı ve gürültü gibi çevresel parametrelerdir.

Patlatma operasyonunun özelliğine bağlı olarak patlayıcı deliği içerisinde belli bir yere

yerleştirilen hava kapanımı yukarıda sayılan ve patlatma işlemini olumsuz etkileyen tüm parametrelerde büyük oranda azalma hatta tamamen ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Fakat patlatma deliği içerisinde bir hava hacminin oluşturulması son derece önemli ve özel bir konudur. Günümüzde Amerika ve Avustralya’da bu teknik sıradan bir uygulama haline gelmesinden dolayı, delik içerisinde istenilen hava hacmi için farklı şirketler tarafından üretilen çok çeşitli araçlar kullanılmaktadır. Bu araçların ortak amacı indirildikleri patlayıcı deliğinde istenilen boyda hava boşluğu oluşturmak ve patlatma işlemi sırasında bu hava hacminden yararlanılmasını sağlamaktır. Bu araçların çoğu farklı prensiplere göre üretilmektedir. Örneğin, ticari ismi GasBag olan tamamen kimyasal esasa dayalı bir hacim artışı ile delik cidarını kapayan araçlar en yaygın kullanılanlardır. Bu araçların kullanımı son derece basit olup üzerinde bulunan pim çekildiğinde iki kimyasal maddenin reaksiyona girmesi sağlanarak çıkan gaz ile söz konusu aracın hacmi artırılır ve delik içerisinde bir boşluk oluşturulur. Bu prensipten başka kimyasal esaslı olmayan ve tamamen mekanik prensiple çalışan hava kapanımı araçları da mevcuttur.

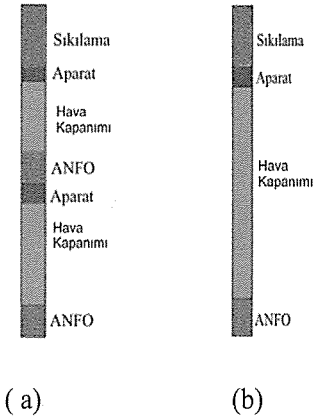
Hava kapanımı uygulamaları, günümüzde açık kömür işletmelerinde, taş ocağı sektöründe, yerüstü ve yeraltı metal madencilğinde, yol-alt yapı inşaatı ve kırma taş sektörü ile diğer kontrollü patlatma operasyonlarında (pre-splitting, yastıklama patlatmaları, kaplama taş patlatması) büyük oranda gerçekleştirilmektedir. Kullanımındaki esneklik sayesinde birçok patlatma operasyonun sorunsuzca gerçekleştirilmesine olanak sağlamaktadır (İpek 1993).

2.1 Ön-Kesme Uygulamalarında Hava Kapanımı Uygulamaları

Hava kapanımı uygulamalarının en yaygın olarak kullanıldığı kontrollü patlatma operasyonları “ön-kesmedir” dir. Ön-kesme operasyonları inşaat ve madencilik sektöründe en çok gerçekleştirilen

operasyonlardan biridir. Ön-kesme kontrollü patlatma tekniğinde birbirleri ile mesafeleri az patlayıcı delikleri delinerek az patlayıcı ile yüklenir. Delinen delik çaplarının küçük olması ve kullanılan patlayıcıların özel olması bu operasyonları pahalı operasyonlar haline getirmiştir. Bu operasyonların gerçekleştirilmesindeki amaç patlatılacak kayaç kütesinin ana kayaç ile bağlantısının kesilmesi ve böylece asıl patlatma yapıldığında ana kayaç ya da yapıda oluşacak hasarın en aza indirilmesidir. Ön-kesme uygulamalarında genellikle infilaklı fitil, dinamit ve az miktarda patlayıcı kullanılır. Bu teknikte patlayıcı delikleri aynı anda patlatılır. Bu da yüksek oranda titreşim ve gürültü ile sonuçlanır. Bunun yanında bazen ön-kesme uygulamalarında sıkılama yapılmaz. Bu da patlama sonucu oluşan hava şoku ve taş fırlaması tehlikesini artırır.

Ön kesme operasyonlarında hava kapanımı uygulaması deliğin az miktarda patlayıcı ile yüklenmesi ve sonrasında delik içerisinde hava hacmi oluşturulması ile yapılır. Özellikle kömürde yapılan ön kesme işlemlerinde bu yöntem oldukça etkilidir. Şekil 5.'te ön-kesme operasyonu için yüklenmiş delik kesiti görülmektedir.



Şekil 5. Ön-kesme operasyonlarında (a) 15 m den uzun deliklerdeki hava kapanımı uygulaması (b) tek şarj kolonlu hava kapanımı uygulaması (Stemlock GasBag üretici firması, ABD)

Uygulamalardaki gözlemlere dayanarak;

- Hava kapanımının uygulandığı ön-kesme operasyonlarında bölgesel jeolojiye bağlı olarak en uygun delikler arası mesafe delik çapının 15–24 katı kadardır.

- Eğer delik boyu 15 m den fazla ise daha iyi bir patlayıcı dağılımı için iki veya daha fazla şarj kolonu oluşturulur (Şekil 5a).

- İyi bir patlatma veriminin alınması ve hava şokunun önlenmesi için delikler sıkılmalıdır.

- Ön-kesme operasyonlarında toplam şarj miktarı geleneksel patlayıcı deliği şarjının %3-%10'u kadar olmalıdır.

- Genellikle delik içerisindeki toplam şarjın %60'ı delik tabanında yapılır.

2.2 Üretim Patlatması İşlemlerinde Hava Kapanımı Uygulaması

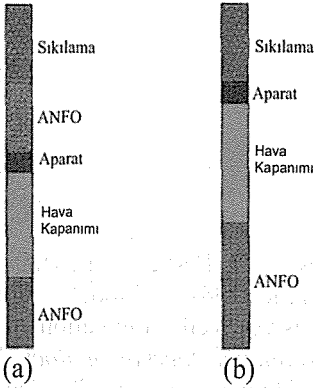
Hava-kapanımı tekniğinin üretim patlatma operasyonlarında kullanılması patlatmanın veriminin artırılması ve patlatmadan kaynaklanan yer sarsıntısı ve diğer parametrelerde azalma sağlanması açısından son derece önemlidir. Fakat patlayıcı deliği içerisinde oluşturulacak hava hacminin büyüklüğü ve üzerinde çalışılan formasyona göre farklılık gösterdiği unutulmamalıdır. Günümüzde bir çok formasyonda hava kapanımı uygulaması yapılmış ve optimum hava kapanımı uzunluğu saptandıktan sonra arzu edilen parçalanma derecelerine ulaşılmıştır.

Hava kapanımı hacminin tahmininde kullanılan en yaygın tasarım ölçütü, toplam patlayıcı kolonunun yüzdesel oranıdır. Bu teknik mühendise patlayıcı miktarından ne kadar kar edildiği hususunda pratik sonuçlar sağlar. Formasyona göre ilk kullanılacak hava kapanımı hacmi orijinal sıkılama boyunun %25 oranında azaltılması şeklinde olur. Sıkılama miktarındaki azaltma formasyona bağlı olarak hava şoku ve fırlayan taş parametreleri göz önüne alınarak yapılır. Bununla birlikte, patlayıcı deliğinde ilk hava kapanımı uygulaması en az miktardaki sıkılama ve şarj kolonundaki patlayıcı madde miktarının azaltılması ile başlatılmalıdır. Daha sonra yavaş artışlarla parçalanma derecesine göre en uygun kapanım uzunluğu saptanmalıdır. Üretim

patlatmasında hava kapanımının delik içerisindeki lokasyonu ortada, tabanda ve delik içerisinde birkaç farklı yerde olabilir (Şekil 6). Her durumda hava kapanımı yüksek genlikli şok dalgalarının oluşmasını sağlayarak patlatmanın verimini arttırmaktadır.

Hava kapanımı tekniğinin patlayıcı deliğinde kullanılmasıdaki gözlemlere göre;

- Toplam patlayıcı tüketiminde %15-%35 tasarruf edilmesine karşın kazılabilirlik derecesinde artış sağlanması
- Yersarsıntısı ve gürültü seviyelerinde azalma sağlanması
- Eğer hava kapanımı patlayıcı deliğinin ortasında uygulanırsa en verimli sonuçlar alınabilir. Bununla birlikte patlayıcı şarjının üzerinde oluşturulan hava kapanımı ise uygulama kolaylığı bakımından avantajlıdır.
- Hava kapanımı hacmi için ilk olarak toplam delik boyunun %15'i kadar bir patlayıcı miktarı çıkartılır; buna karşılık, sıkılama boyunda bir değişiklik yapılmaz. Elde edilen parçalanma derecesine göre patlayıcı miktarındaki azaltmalar %0,5-%2 arasındaki değerlerde devam eder. Bu işlem en uygun kapanım uzunluğu saptanınca tamamlanır.

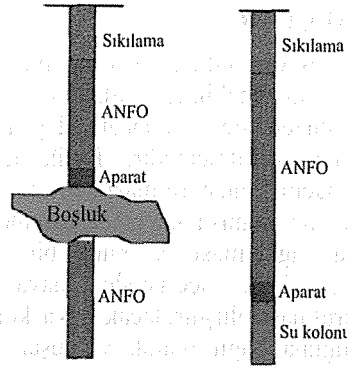


Şekil 6. Patlayıcı deliği içerisinde (a) tek kolon şarj yükleme, (b) birden fazla şarj yükleme (Stemlock GasBag üretici firması, ABD)

2.3 Diğer Kademeli Şarj Uygulamaları

Hava kapanımı diğer bölümlerde bahsedildiği gibi esnek bir yöntem olduğu

için patlayıcı deliğinde değişik amaçlar için kullanılabilir. Bunların başında, kullanılan patlayıcı miktarında sağladığı azalma ve buna karşılık parçalanma derecesindeki artış söylenebilir. Fakat Delik içerisinde her zaman hava kapanımı uygulaması yapılamayabilir. Bir başka deyişle, delik içerisinde hava hacmi oluşturmada kullanılan sıkılama araçları ile formasyondan gelen bir takım olumsuzlukların patlatmaya olan etkilerini azaltmak da mümkün olabilmektedir. Bir patlayıcı deliğinde istenmeyen iki olumsuz durum delik içerisindeki boşluklar ve de deliğin içerdği su miktarıdır. Bu iki olumsuz durum söz konusu aparatların kullanımı ile ortadan kaldırılmakta ve iptal edilme durumundaki delikler sorunsuz patlatılabilmektedir (Şekil 7). Delik içerisinde kullanılan sıkılama araçları ile çeşitli sorunlar çözülebilmektedir. Örneğin; Delik içersinde bir miktar su bulunması halinde söz konusu sıkılama araçlarının su yüzeyinin hemen üzerine uygulanmasının ardından ANFO şarjı yapılır. Aksi takdirde bu türdeki deliklerde emülsiyon esaslı patlayıcılar kullanılmalıdır ki bu da maliyetleri arttırır. Delik tabanında kullanılan araçlar ile bir su kolonu oluşturulması da mümkündür. Bu durum da hava kapanımında olduğu gibi patlatma işlemini olumlu yönde etkiler.



Şekil 7. Patlayıcı deliğinde kullanılan mekanik araçlarının delik içerisindeki boşluk ve su içeriğine karşı uygulaması (Stemlock GasBag üretici firması, ABD)

Jhanwar ve Jethwa (2000) gerçekleştirdikleri arazi çalışmalarında hava kapanımı uygulamasını örtü tabakası kumtaşından oluşan kömür açık işletmesinde uygulamış ve olumlu sonuçlar almışlardır. Jhanwar ve Jethwa (2000) bu tekniğin uygulamasını parçalanma, yığın dağılımı, basamak geri çatlağı, yer sarsıntısı, özgül şarj ve patlayıcı madde tüketimi açısından değerlendirmişlerdir.

Gerçekleştirdikleri arazi çalışmalarında kapanım hava hacmini patlayıcı deliğinin ortasında oluşturmuşlardır. Hava hacmi oluşturmak için her iki ucu silindir tahta bir malzeme kullanmışlardır. En uygun parçalanma boyutunu saptamak için hava kapanım faktör eşitliğini öne sürmüşlerdir.

Hava Kapanım Faktör (HKF)= Hava kapanım uzunluğu (HKU)/Orişinal şarj uzunluğu(OJU)

Yaptıkları denemelerde optimum parçalanma derecesini veren hava kapanım faktör aralığını 0,1 ile 0,35 olarak hesaplamışlardır. bununla birlikte, basamak geri çatlağında %50-80 arasında, yığın dağılımında %10-35 arasında azalma, yer sarsıntısında %30-94 arasında azalma ve en önemlisi patlayıcı madde miktarı kullanımında %20-36 arasında bir tasarruf olmuştur. (Jhanwar ve Jethwa ,2000).

3 SONUÇLAR

En az çevresel etki ile verimli bir patlatma operasyonu yapabilmek patlatma planında ve delik düzeninde yapılacak değişikliklerle mümkün olabilmektedir. Delik içerisinde hava hacmi oluşturulması ve buna bağlı olarak söz konusu çevresel parametrelerde azalma sağlanması da buna bir örnektir. Özetle, delik içerisinde hava hacmi oluşturulması oluşturulacak hava kolonunun uzunluğuna bağlı olarak yumuşak ve orta sertlikteki çok çeşitli formasyonlarda kullanılması mümkündür.

Kısaca hava kapanımı kullanımının üstünlükleri şöyle sıralanabilir;

- Parçalanma derecesinde artış

- Toplam kullanılan patlayıcı miktarında %35'e varan bir tasarruf.

- Gecikme başına düşen patlayıcı miktarındaki azalma ile titreşim ve hava şoku oranında dikkate değer oranda bir azalma.

- Ön-kesme uygulamalarında kolaylık (daha geniş çaplı deliklerin delinmesine ve daha iyi patlayıcı dağılımına olanak sağlaması)

- Delik tabanında gerçekleştirilen uygulamalarda delik taban payının azaltılması hatta ortadan kaldırılmasını sağlar.

KAYNAKLAR

- Bussey, J, Borg, D G, 1995. Presplitting with the new airdeck technique in: *proceedings of the twentyfirst international conference on explosives and blasting techniques. Society for explosive and blasting techniques*, , s. 197-213, Tennessee, ABD.
- Chiappetta R F, 2003. New blasting technique to eliminate sub-grade drilling, improve fragmentation, reduce explosive consumption and lower ground vibrations. *International society of explosive engineers (ISEE) and journal of explosives engineering*. Allentown, PA, USA
- Chiappetta, R F; Mammele, M E 1987. Analytical high –speed photography to evaluate air decks, stemming retention and gas confinement in pre-splitting, reclamation and gross motion application. *Second Int. Symp. Rock Fragmentation by Blasting*, August 23-26,1987,pp257-301Keystone, Colorado.
- Fourney, W L; Barker, D B; Holloway, D C Reference.1981. Model Studies of Explosive Well Stimulation Techniques. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts* v 18(2), s. 113-127
- İpek T, 1993. Airdek çok yönlü patlatma yöntemi. *Barutsan Elmadağ Barut Sanayi ve Ticaret A.Ş.sayı:3*
- Jhanwar J C, Jethwa J L, 2000. The use of air decks in production blasting in an open pit coal mine.*Geotechnical and geological engineering* 18:269-287, Netherlands

- Jhanwar J C; Jethwa J L; Reddy A H, 1999. Influence of air-deck blasting on fragmentation in jointed rocks in an open-pit manganese mine. *Engineering Geology* 57 s.13-29.
- Kinney G F, Graham K J, 1985. Explosive shocks in air. *Springer*, New York
- Katsabanis, P D, 2001. Application of numerical modelling to examine damage in wall control operations. *Proceedings of the Annual Conference on Explosives and Blasting Technique 27th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*. Jan 28-31 2001 v II 2001 s. 25-37
- Lu W, Hustrulid W, 2003. A further study on the mechanism of air decking. *International journal for rock fragmentation by blasting*, 7(4): s.231-255
- Lui L, Katsabanis P D, 1996. Numerical modeling of the effects of air-decking/decoupling in production and control blasting. *Rock Fragmentation by Blasting*, Monhanty (ed.). Balkema, s.319-330, Rotterdam.
- Mead, D J, Moxon, N T, Danell, R E, Richardson, S B, 1993. The use of air-decks in production blasting in: *proceedings of the Fourth International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting.*, s. 437-443 A.A.Balkema, Rotterdam
- Mel'nikov, N V; Marchenko, L N, 1971. Effective Methods of Application of Explosion Energy in Mining and Construction, 12th U.S. Symposium Dynamic Rock Mechanics, Chap.18, s. 350-378. (New York, AIME)
- Moxon, N T; Mead, D; Richardson, S B, 1993. Air-decked blasting techniques: Some collaborative experiments *Transactions of the Institution of Mining & Metallurgy*, Section A: Mining Industry v102 Jan-Apr, s. A25-A30
- Pal Roy, P; Singh, R B; Mondal, S K, 1995. Air-deck blasting in opencast mines using low cost wooden spacers for efficient utilisation of explosive energy. *Journal of Mines, Metals & Fuels*, v43(8), 5s.
- Rowlands M D, 1988. Separating explosive charges with air gaps to improve fragmentation whilst reducing explosive usage. In *Proceeding of The Second Surface Mining, Drilling and Blasting Research Seminar*, , s. 85-93. Dysart, Australia.
- Stachura, V J.; Plis, M N.; Fletcher, L R, 1991. Large hole pre-splitting with modified air gap blast designs in weak rock. *Proceedings of the Conference on Explosives and Blasting Technique Proceedings of the 17th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique* .1991, Feb 3-7, v 2 1991, s. 79-86 Las Vegas, NV, USA
- Wlodarczyk, E, 1983. Action of the Explosion Products of a Segmented Charge on the Rock-massif. *Journal of Technical Physics*, 24(1), s. 25-39
- Woolf, R L; Bellenie, R W, 1994. Strategy, innovation and change-challenging the future at the Gregg River mine. *Journal of Explosives Engineering* v11(6), 14s.
- Yang, X; Stump, B W; Smith, J D, 1999. Ground vibration from single-hole cast blasts. *Journal of Explosives Engineering* v 16 n 2, s. 37-41

Patlatmaların Doğrusal Olmayan Davranışlarının Sismik Sinyaller Üzerine Etkisi

Effects of Non-Linear Behavior of Blasting on Seismic Signals

Gülsev Uyar Aldaş, Berkan Ecevitoglu

Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Ankara

ÖZET Maden patlatmaları sırasında beklenen, patlayıcı enerjisinin büyük bir kısmının plastik deformasyonda (kayaç parçalanması) kullanılmasıdır. Bununla beraber, enerjinin bir kısmı, elastik dalga yayılımı (titreşimler) biçiminde kaybedilmekte, enerjinin kalan kısmı ise ses dalgalarına (hava şoku) dönüşmektedir. Bu bilgi sismik sinyaller içinde gizlenmiş durumdadır. Patlayıcı enerjisinin, kayaçların plastik deformasyonu (doğrusal olmayan davranış) ile elastik dalga yayılımı (doğrusal davranış) arasında nasıl paylaşıldığını inceledik.

Sismik kayıtlardan, kayaçların plastik deformasyonu ile ilgili sinyalleri çıkartabilmiş bulunmaktayız. Bu tür sismik sinyal analizleri, kayaç parçalanmasının doğası hakkında bizleri aydınlatmakta ve en iyi patlatma parametrelerinin seçiminde yardımcı olmaktadır. Bu amaçla, bazı özel arazi deneyleri gerçekleştirdik ve bu deneyleri destekler teoriyi geliştirdik.

ABSTRACT During a mining explosion, it is expected that most of the explosive energy is used for plastic deformation (rock fragmentation); however, some of the energy is lost to elastic wave propagation (vibrations), and the remaining energy is transformed to sound waves (air-blast). This information is hidden within the seismic signals. We investigated the partitioning of the explosive energy between the plastic deformation of the rocks (non-linear behavior) and elastic wave propagation (linear behavior) in terms of seismic signals.

We were able to extract from the seismic signals, the part of the vibrations related to the plastic deformation of the rocks. This kind of analyses of the seismic signals enlightens us about the nature of the rock fragmentation, hence provides optimisation in blasting parameters. For this purpose, we achieved some special field experiments, and we developed an underlined theory to support those experiments.

1 GİRİŞ

Patlatma kaynaklı titreşimlerin en aza indirilmesinde klasik yaklaşımlar, sismografla en yüksek parçacık hızlarının belirlenmesi, patlatma ile ölçüm alınan yer arasındaki güzergah için arazi katsayılarının saptanması, sarsıntının yayılma kuralını belirleyen ampirik formülün bulunması ve bu formül kullanılarak yapılan patlatmalar için mesafeye bağlı olarak bir seferde güvenli ateşlenebilecek en yüksek patlayıcı madde miktarlarının saptanmasıdır.

Türkiye Kömür İşletmesi-Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü arasında 2004-2006 yıllarında yürütülen "Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Minimize Edilmesi" konulu araştırma projesinin (Aldas vd. 2005, 2006) en önemli bulgularından biri, "Pilot" patlatmadan elde edilen sismik sinyallerin, titreşimleri en aza indirecek şekilde, "Grup" patlatmanın tasarlanmasında kullanılmasıdır.

Geliştirdiğimiz bu yöntemin dayandığı temel varsayım, patlama sürecinin Doğrusal Davranış (Linear Behavior) göstermesi, Grup

patlatmayı oluşturan her bir patlatmanın, Pilot patlatmanın benzeri olması, dolayısıyla Üst-Üste Toplanma (Superposition) prensibinin geçerli olmasıdır (Oppenheim A.V. ve Schafer R.W. 1976. Bu prensip, patlama noktasına belli bir uzaklıktan itibaren (Far-Field) geçerli olsa da, patlama noktası ve ona çok yakın uzaklıklarda (Near-Field) geçerliliğini yitirmektedir. Patlama noktasında ise, amaçlandığı gibi, kayaçların parçalanması (plastik deformasyon) gerçekleşmekte ve Doğrusal Olmayan Davranış (Non-Linear Behavior) söz konusu olmaktadır.

Bu çalışmanın konusu, patlatmaların doğrusal olmayan davranışlarının sismik sinyaller üzerindeki etkilerinin araştırılmasıdır.

2 DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ

Sismoloji ve Sismik Yöntemlerdeki alışlagelmiş yaklaşım, aynı sismik kaynağa ait, farklı istasyon veya farklı derinlik seviyelerindeki sismik sinyallerin spektral oranıdır. Bu oran, hem kaynak bağımlı etkileri, hem de sismik dalgaların söz konusu istasyonlara veya derinlik seviyelerine ulaşırken kat ettikleri ortak yolların etkilerini ortadan kaldırır. Spektral orandan geriye kalan, ilgili istasyonlar veya derinlik seviyeleri arasında kalan alanın görüntüsü ve fiziksel özellikleridir.

Bu çalışmada, yukarıda sözü geçen klasik yaklaşımla ilgili matematik formülasyon, farklı bir bakışla yorumlanmıştır. Bu kez gerek Pilot, gerekse Grup patlatmalara ait sismik dalgalar aynı istasyona ulaşınca kadar ortak bir yol izlerler, böylece sismik sinyallere ait spektral oranın zaman ortamına aktarılması, Grup patlatmasının doğrusal olmayan davranışını sergileyecektir. Doğrusal Olmayan Davranış Tepki Sinyali $h(t)$ olarak adlandırılan bu sinyal,

sismolojinin ilgi alanlarından birisi olan Kaynak-Zaman (Source-Time) fonksiyonunun eşdeğeri olup, tüm yol, gecikme ve evrişim (convolution) etkilerinden arındırılmıştır. Sözü geçen matematik formülasyon ve açıklamaları bir sonraki bölümde verilmiştir.

2.1 Doğrusal Olmayan Davranış Tepki Sinyali $h(t)$ 'nin bulunması

Sismik veri $f(t)$ ve $g(t)$ olarak zaman ortamında kaydedilse de, matematik formülasyonun $F(\omega)$ ve $G(\omega)$ olarak frekans ortamında yapılmasında fayda vardır (Formül 1). Patlatma olayının Doğrusal Davranış gösterdiği varsayarsak, Grup içindeki her patlatma, Pilot patlatmanın h_1 , h_2 , h_3 , ... frekans bağımsız sabit katları olarak, Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 , ... zaman gecikmelerinde oluşacaktır (Formül 2). Bu şartlar altında kayaçlar elastik davranacaklar (parçalanmayacaklar), yalnızca sismik dalga üreteceklerdir.

Patlatma olayının Doğrusal Olmayan Davranış göstermesi halinde, Grup içindeki her patlatma, Pilot patlatmanın $H_1(\omega)$, $H_2(\omega)$, $H_3(\omega)$, ... frekans bağımlı fonksiyon katları olarak, Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 , ... zaman gecikmelerinde oluşacaktır (Formül 3). Bu şartlar altında kayaçlar plastik davranacaklar, sismik dalga üretiminin yanı sıra, enerjinin büyük bir bölümü kayaçların parçalanmasında harcanacaktır.

Formül 4, Formül 3'ün genel ifadesidir. Grup içinde toplam n patlatmanın olması halinde, $H(\omega)$ 'nin tanımı Formül 5 deki gibi yapılabilir ve Formül 6'ya ulaşılır. $H(\omega)$ Formül 6'dan çekilip Formül 7 elde edilir. Formül 7'ye uygulanan ters Fourier dönüşümüyle, Formül 8'de görülen Doğrusal Olmayan Davranış Tepki Sinyali $h(t)$ elde edilir.

Zaman ortamından frekans ortamına geçiş:

$$f(t) \xrightarrow{FT^{-1}} F(\omega) \quad g(t) \xrightarrow{FT^{-1}} G(\omega) \quad (1)$$

Doğrusal davranış ifadesi:

$$G(\omega) = F(\omega) (h_1 e^{-i\omega \Delta t_1} + h_2 e^{-i\omega \Delta t_2} + h_3 e^{-i\omega \Delta t_3} + \dots) \quad (2)$$

Doğrusal olmayan davranış ifadesi:

$$G(\omega) = F(\omega) [H_1(\omega) e^{-i\omega \Delta t_1} + H_2(\omega) e^{-i\omega \Delta t_2} + H_3(\omega) e^{-i\omega \Delta t_3} + \dots] \quad (3)$$

Genel ifade:

$$G(\omega) = F(\omega) \sum_{j=1}^n H_j(\omega) e^{-i\omega \Delta t_j} \quad (4)$$

$$H(\omega) = \sum_{j=1}^n H_j(\omega) e^{-i\omega \Delta t_j} \quad (5)$$

$$G(\omega) = F(\omega) H(\omega) \quad (6)$$

$$H(\omega) = \frac{G(\omega)}{F(\omega)} \quad (7)$$

Frekans ortamından zaman ortamına geçiş:

$$H(\omega) \xrightarrow{FT^{-1}} h(t) \quad (8)$$

Açıklamalar:

t	: Zaman
ω	: Açısal frekans
FT^{-1}	: Normal Fourier dönüşümü (zaman $\rightarrow$ frekans)
FT^{+1}	: Ters Fourier dönüşümü (frekans $\rightarrow$ zaman)
i	: Sanal değişken işareti ($\sqrt{-1}$)
$\sum$	: Terimler üzerinde toplama işleci
j	: Terim sayacı
n	: Toplanan terim sayısı
$f(t)$	: Zaman ortamında pilot sinyali
$F(\omega)$	: Frekans ortamında pilot sinyali
$g(t)$	: Zaman ortamında grup sinyali
$G(\omega)$	: Frekans ortamında grup sinyali
$h_1, h_2, h_3, \dots$	: Doğrusal davranış terimleri (frekans bağımsız)
$H_1(\omega), H_2(\omega), H_3(\omega), \dots$	: Doğrusal olmayan davranış terimleri (frekans bağımlı)
$\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \dots$	: Terimlere ait zaman gecikmeleri
Δt_j	: $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \dots$ 'nin genel ifadesi
$H_j(\omega)$	: $H_1(\omega), H_2(\omega), H_3(\omega), \dots$ 'nin genel ifadesi
$H(\omega)$	: Frekans ortamında doğrusal olmayan davranış tepki sinyali
$h(t)$	: Zaman ortamında doğrusal olmayan davranış tepki sinyali

Yukarıda geçen formüllerin ayrıntıları izleyen bölümdeki grafiklerde açıklanmıştır.

3 GRAFİKLERLE DOĞRUSAL OLMAYAN DAVRANIŞ ETKİLERİ

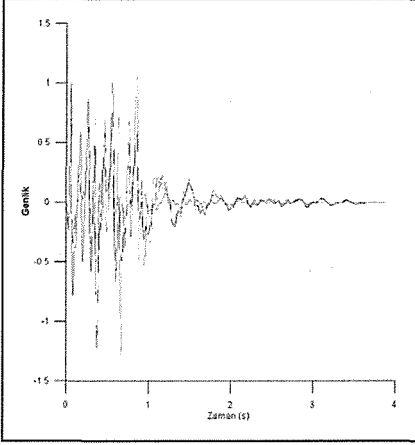
Şekil 1'deki gri renkli sinyal $f(t)$ olup gerçek bir Pilot patlatmanın düşey bileşenini göstermektedir. Bu Pilot patlatma esas alınarak, birbirlerine göre 0 ms, 300 ms ve 600 ms gecikmeli üç adet Pilot benzeri patlatmanın oluşturduğu grup patlatmasına ait sinyaller yapay olarak (modellemeye) elde edilmiştir. Kırmızı renkli sinyal, doğrusal davranış grup patlatmasına ait yapay $g(t)$ sinyalidir. Doğrusal davranışın bir sonucu olarak, ilk 300 ms'de gri renkli gerçek sinyal ile kırmızı renkli doğrusal davranış grup sinyali birbirleriyle örtüşmektedir. Mavi renkli sinyal, doğrusal olmayan davranış grup patlatmasına ait yapay $g(t)$ sinyalidir. Doğrusal olmayan davranışın bir sonucu

olarak, mavi renkli sinyal diğer iki sinyalle örtüşmemektedir.

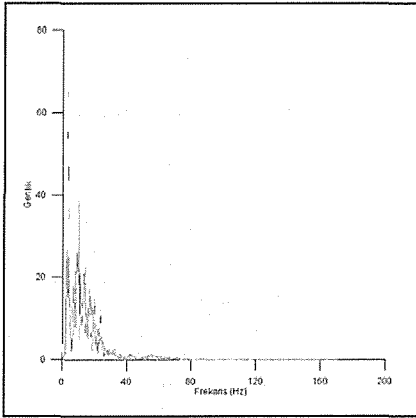
Şekil 2'de, Şekil 1'deki zaman ortamı sinyallerin frekans ortamı genlik spektrumları, $F(\omega)$ ve $G(\omega)$ görülmektedir. Kırmızı renkli doğrusal davranış grup sinyalinin ve mavi renkli doğrusal olmayan davranış grup sinyalinin taraksız yapısı, Şekil 4'deki gri renkli doğrusal davranış tepki sinyali, ve kırmızı renkli doğrusal olmayan davranış tepki sinyaliyle ilişkilidir.

Şekil 3 doğrusal ve doğrusal olmayan davranışı açıklamaktadır. Gri renkle gösterilen 0 ms, 300 ms ve 600 ms gecikmeli birim genlikli iğnecikler doğrusal davranışı simgelemektedir. Bu durumda Grup patlatma, kayaçların parçalanmaksızın elastik davranmasına neden olmakta ve yalnızca sismik dalga yayılımını sağlamaktadır. Kırmızı renkle gösterilen 0 ms, 300 ms ve 600 ms gecikmeli, genlikleri salınım yaparak

azalan zaman dizisi doğrusal olmayan davranışı simgelemektedir. Bu durumda Grup patlatma, kayaçların parçalanarak plastik deformasyona uğramasına neden olmakta, sismik dalga yayılımının yanı sıra, enerjinin büyük bir kısmı kayaçların parçalanmasında kullanılmaktadır.



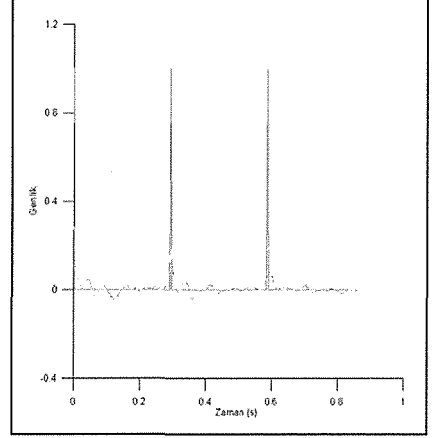
Şekil 1: Zaman Ortamı: Gri: Pilot sinyali, Kırmızı: Doğrusal davranış grup sinyali, Mavi: Doğrusal olmayan davranış grup sinyali.



Şekil 2: Frekans Ortamı: Gri: Pilot sinyali, Kırmızı: Doğrusal davranış grup sinyali, Mavi: Doğrusal olmayan davranış grup sinyali.

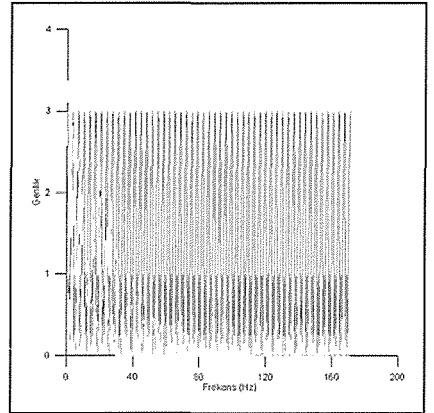
Patlamayla birlikte kayaçlarda başlayan parçalanmalar değişik biçim ve boyutlarda olmakta, bunların her biri farklı genlik ve frekanslara sahip sismik sinyaller üretmektedir. Küçük genlikli ve yüksek

frekanslı bu olaylar, istasyona ulaşmadan, yol boyunca soğurulmakta ve genlikleri gürültü seviyesinin altına düşmektedir.



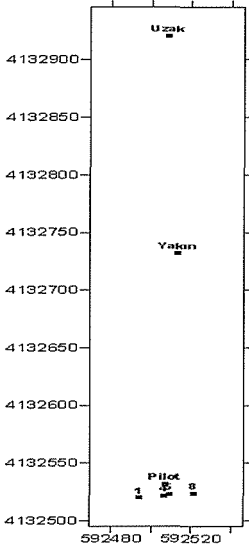
Şekil 3: Zaman Ortamı: Gri: Doğrusal davranış tepki sinyali, Kırmızı: Doğrusal olmayan davranış tepki sinyali (kesme 170 Hz), Mavi: Doğrusal olmayan davranış tepki sinyali (kesme 25 Hz).

Genlikleri gürültü seviyesinin altına inmiş, yüksek frekanslı bu olaylara artık güvenilmemelidir. Bu nedenle kırmızı renkle gösterilen ve 170 Hz'lere kadar bilgi içeren doğrusal olmayan davranış tepki sinyali $h(t)$ yerine, mavi renkle gösterilen ve 25 Hz'lere kadar bilgi içeren $h(t)$ tercih edilmelidir.



Şekil 4: Frekans Ortamı: Gri: Doğrusal davranış tepki sinyali, Kırmızı: Doğrusal olmayan davranış tepki sinyali (kesme 170 Hz), Mavi: Doğrusal olmayan davranış tepki sinyali (kesme 25 Hz.).

Şekil 4’de, Şekil 3’deki tepki sinyallerine ait genlik spektrumları görülmektedir. Gri renk, zamanda periyodik bir şekilde serpiştirilmiş iğneciklerden (doğrusal davranış) oluşan bir zaman dizisinin tipik genlik spektrumu göstermektedir. Kırmızı renk, gürültüsüz ideal bir ortamdaki doğrusal olmayan davranış tepki sinyalinin genlik spektrumu $H(\omega)$ ’yı göstermektedir. Mavi renk, $H(\omega)$ ’nın gürültülü bir ortamda, güvenilir frekansın 25 Hz’lerde sonlandığı spektrumu göstermektedir.



Şekil 7: Delikler Arası Etkileşim Deneyi:

Uzak: Uzak istasyon, *Yakın:* Yakın istasyon, *Pilot:* Pilot patlatma, 4-5: Araları 3 m mesafeli 4 ve 5 nolu delikler, 1-8: Araları 21 m mesafeli 1 ve 8 nolu delikler.

Yukarıda geliştirilen teori, Şekil 7’deki haritada görülen deneyle sınanmıştır. Grup patlatmalarda, yüzeydeki deliklerin birbirlerine olan uzaklıkları, delikler arası etkileşimi (interaction) kontrol eder. Birbirine komşu olan deliklerdeki grup patlatmaların karşılıklı etkileşiminin yarattığı sinyallerle, deliklerin bireysel patlamalarla ürettikleri sinyallerin toplamı aynı değildir. Bu durum doğrusal olmayan davranışın bir sonucudur. Deliklere eşit miktarlarda patlayıcı konmuş, delikler, 4-5 ve 1-8’lik çiftler halinde eş zamanlı patlatılmıştır.

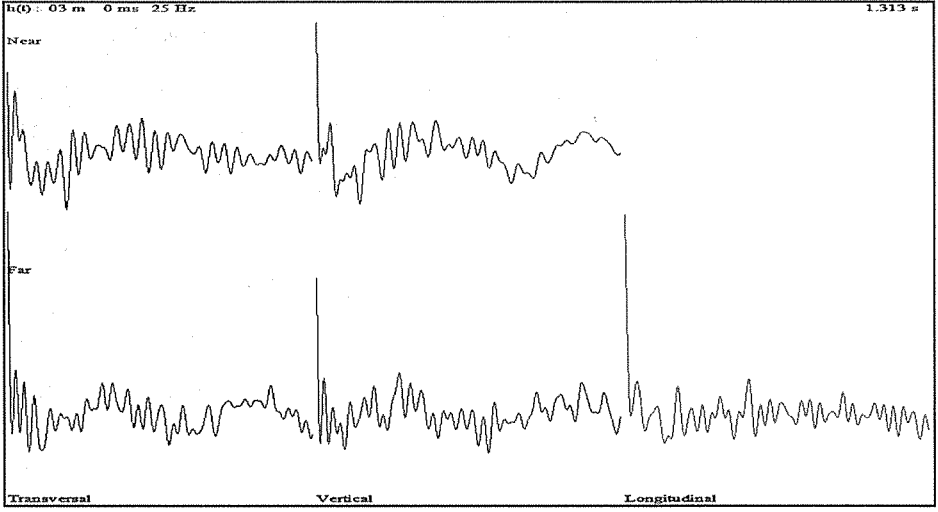
Şekil 8 ve 9’da, arazi deneyinden elde edilmiş Pilot ve Grup sinyallerinden, spektral oranlama yöntemiyle hesaplanmış, doğrusal olmayan davranış tepki sinyali $h(t)$ ’nin üç bileşen kaydı görülmektedir (yakın istasyona ait boyuna bileşen arızalı olduğu için gösterilmemiştir). Doğrusal davranış halinde, bu zaman serilerinin hepsi, başta bir iğnecik ve bunu takip eden sıfırlar şeklindedir. Doğrusal olmayan davranış halinde, baştaki iğnecik çöker ve zamanla azalarak salınan bir zaman serisi haline gelir (Şek. 3).

Şekil 8’de görüldüğü gibi, delikler arası uzaklık kısa (3 m) olduğunda, patlatmalar arası etkileşimin etkisi artmaktadır. Yukarıdaki $h(t)$ zaman serilerine ait ayrıntılar, kendilerine eşlik eden Yüksek-Hızlı-Video-Kamera görüntüleriyle birlikte değerlendirildiğinde, belli anlamlar kazanabilirler. Örneğin Şekil 8’de, 0.6 s’ler dolayındaki uzun periyotlu olay, patlatmayı izleyen yer salınımı olabilir. Bu salının üzerine daha kısa periyotlarla binen olaylar kayaların parçalanma süreçlerini gösterebilir. Aralara serpişmiş pikler kaya fırlamalarına işaret edebilir.

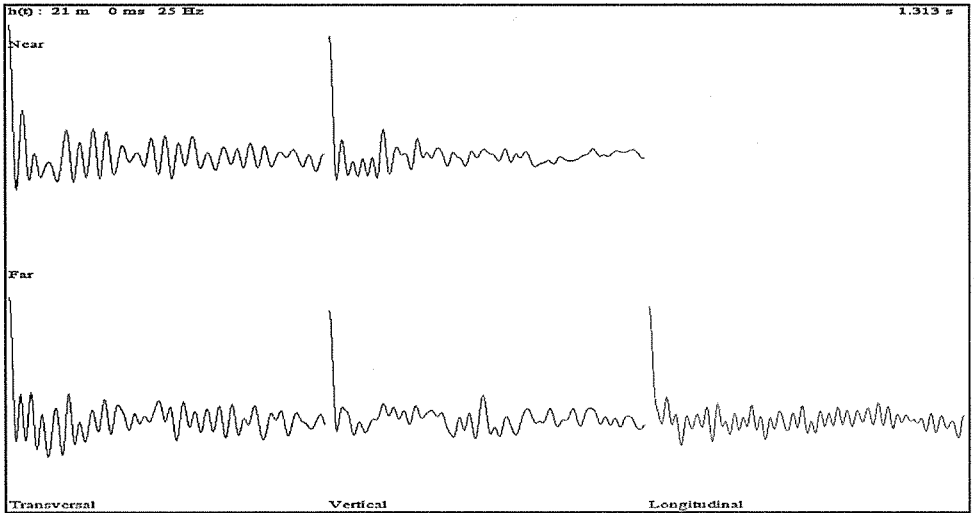
4 SONUÇLAR

Bu çalışmada, sismik sinyaller içinde gizlenmiş durumda olan “patlatmaların doğrusal olmayan davranışları” incelenmiştir. Kayaçların plastik deformasyonu (parçalanması) ile ilgili bilgilerin sinyallere nasıl yansıdığı gösterilmiştir. Bu tür sismik sinyal analizleri, kayaç parçalanmasının doğası hakkında bizleri aydınlatmakta ve en iyi patlatma parametrelerinin seçiminde yardımcı olmaktadır.

Patlatmaların doğrusal olmayan davranışlarının sismik sinyaller üzerine yansımalarını daha ayrıntılı açıklayabilmek için, çalışmanın ileri aşaması olarak, yüksek hızlı kamera kayıtları ile sismik sinyallerin karşılaştırılması önerilmektedir. Böyle bir çalışmaya, araştırmacılar tarafından başlanmıştır.



Şekil 8: Delikler Arası Etkileşim Deneyi: Araları 3 m mesafeli, 4 ve 5 nolu deliklere ait, Uzak ve Yakın istasyonlarda 3-bileşen kaydedilen, doğrusal olmayan davranış tepki sinyalleri (kayıt boyu 1.313 s).



Şekil 9: Delikler Arası Etkileşim Deneyi: Araları 21 m mesafeli, 1 ve 8 nolu deliklere ait, Uzak ve Yakın istasyonlarda 3-bileşen kaydedilen, doğrusal olmayan davranış tepki sinyalleri (kayıt boyu 1.313 s).

5 TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TKİ-A.Ü Jeofizik Mühendisliği işbirliği içerisinde 2005-2006 yılları yürütülen bir projeden elde edilen sonuçları yansıtmaktadır. Arazi çalışmalarının yürütülmesinde her türlü desteği sağlayan Jeofizik mühendisleri Aslı Can, Betül Ünüçok ve Özgür Sağol'a, TKİ GELİ İşletmesi üst düzey yetkilileri, mühendisleri ve teknik personeline teşekkür ederiz. Ayrıca, projenin yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen TKİ Genel Müdürlüğü Etüd Proje ve Tesis Daire Başkanlığı yetkililerine ve özellikle Jeof. Yük. Müh. İsmail Ergüder'e teşekkür ederiz.

6 KAYNAKLAR

- Aldas G.G.U., Ecevitoğlu B., Can A., Ünüçok B., Sağol Ö., 2006. *TKİ GELİ Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Azaltılması-Final raporu.*
- Aldas G.G.U., Ecevitoğlu B., Can A., Ünüçok B., Sağol Ö., 2005. *TKİ GELİ Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Azaltılması-Ara raporu.*
- Oppenheim A.V., Schafer R.W., Digital Signal Processing, 1975, *Book, Prentice Hall, pp.585.*

Kadıköy-Kartal Metrosu Tünel Güzergahındaki Farklı Kaya Birimleri İçin Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Analizi

The Blasting Vibrations Analysis for Different Rock Units on Istanbul Kadıköy-Kartal Subway Tunnel Route

Deniz Adıgüzel, Ümit Özer, Ali Kahriman, Abdulkadir Karadoğan, Mehmet Aksoy

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul

ÖZET Bu çalışmada; Kadıköy-Kartal metro tünel inşaatı sırasında yapılan patlatma çalışmaları sonucu oluşan titreşim ölçümlerinin analizleri sunulmuştur. Toplam uzunluğu 21,6 km olan tünel güzergahının bazı bölgelerinde farklı kaya birimlerinde patlatmalı kazı yapılmıştır. Çalışma kapsamında tünel güzergahında karşılaşılan kaya birimlerindeki litolojik farklılıklar ve Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) değerleri dikkate alınarak çalışma sahası 5 bölgeye ayrılmıştır. Farklı shaftların açıldığı bu beş bölgede toplam 213 atım izlenmiş ve 365 adet olay cihazlar tarafından kaydedilmiştir. Değerlendirme sonunda, beş bölge için parçacık hızı ile ölçekli mesafe arasında, iyi korelasyonlu ampirik ilişkiler elde edilmiş ve önerilmiştir. Bununla birlikte söz konusu tünel güzergahında yapılan patlatmalı kazılardan oluşan titreşimler, çevredeki yapılarda hasar yaratabilecek seviyede olup olmadığının belirlenmesi amacıyla, USBM, DIN 4150 Normları ve T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir.

ABSTRACT This paper presents the results of ground vibration analysis induced by blasting during the construction of the Kadıköy-Kartal metro tunnel which is 21,6 km in length. Different rock formations were excavated by blasting. In this study, test site is divided into 5 main region with respect to lithologic changes in the rock units and Hoek's Geological Strength Index (GSI) value of these rock units. In these 5 regions where different shafts were driven, 213 shots were monitored and totally 365 events were recorded by instruments. As a result of the analysis of obtained data, empirical relationships between scaled distance and peak particle velocity for 5 regions were established with higher correlation coefficients. Additionally, the particle velocities and frequency values of all blast events were evaluated according to the United States Bureau of Mines (USBM), DIN 4150 and Turkish Environmental Regulation Norms in order to predict and compare the level of the effect on the neighbouring buildings and structures.

1 GİRİŞ

Patlatmanın kaçınılmaz olduğu taş ocakçılığı, madencilik, inşaat altyapı kazıları, kuyu-tünel, boru hattı, baraj gibi çeşitli sektörlerde; yersarsıntısı ve hava şokundan kaynaklanan çevre problemleri sıkça karşılaşılmaktadır ve tartışılmaktadır. Bu nedenle; patlatma tasarımında yalnızca

parçalanma derecesi, eş dağılımlılık, maliyet gibi teknik ve ekonomik unsurlar değil, aynı zamanda söz konusu problemlerin çözümlemesi de dikkate alınmalıdır. Patlatmadan kaynaklanan titreşim bileşenlerinin tahmin edilmesi çevresel şikâyetleri önlemede büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda; patlatmalı kazılardan sorumlu teknik elemanların

karşılaştıkları sorunlardan biri de yersarsıntısı ve hava şokları nedeniyle, çevrede yaşayan kişi ya da kuruluşların haklı veya haksız şikâyetleridir (Kahriman, 2002, Kahriman ve diğ., 2003).

Bu çalışmanın amacı; söz konusu tünel inşaatı sırasında, patlatmadan kaynaklanan yersarsıntısının oluşturduğu çevresel problemlerin, birçok atım olayı bazında ölçülerek, bu unsurların, tünel güzergahı çevresinde bulunan yerleşim birimlerindeki yapılarda hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olamayacağı konusunda bir değerlendirme yapılması ve bundan sonra yapılacak atımların oluşturacağı yersarsıntısı değerlerinin önceden tahmin edilmesini sağlayacak formüllerin kaya birimlerindeki litolojik farklılıklar ve Jeolojik Dayanım İndeksi (GSI) değerleri dikkate alınarak ayrı

ayrı belirlenmesidir. Kaya birimlerindeki litolojik farklılıklar ve GSI değerleri söz konusu ortak girişimin bu konuda hazırladığı teknik rapordan (Yüksel ve diğ., 2005) alınmıştır.

2 ÇALIŞMA SAHASI

İstanbul ili Anadolu yakasında bulunan Kadıköy – Kartal Raylı Toplu Tasıma Sistemi Projesi toplam 21,6 km uzunluğunda olup, 16 istasyondan oluşmaktadır. Sistem Kadıköy’de Rıhtım caddesinin bulunduğu meydandan başlayıp Kartal ilçesine kadar devam etmektedir (Yüksel ve diğ., 2005). Kadıköy – Kartal Raylı Toplu Taşıma Sistemi Güzergâhının Genel Yerleşimi Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Kartal raylı toplu taşıma sistemi güzergahının genel yerleşimi (Yüksel ve diğ., 2005)

Kadıköy–Kartal Raylı Toplu Taşıma Sistemi, İbrahimağa istasyonunda Marmaray Tüp Geçit Projesi ile çakışmaktadır. Derin tünel olarak planlanmış olan istasyonlar 200 m uzunluğunda orta peronlu, iki tüp ve bunların ortasındaki yaya tüneli olarak öngörülmüştür. Peron tünelleri ve yaya tüneli 20 m de bir yer alan bağlantı tünelleri ile bağlanmaktadır (Yüksel ve diğ., 2005).

Jeolojik açıdan bakıldığında; İstanbul'un Asya yakasının stratigrafik istifi çoğunlukla “İstanbul Grubu” adı ile de bilinen İstanbul paleozoik istifi ile onun üzerinde yer yer görülen Triyas ve Tersiyer çökellerden oluşmaktadır. Dere içlerinde yer alan alüvyonlar ile yamaç molozları ve dolgular ise en genç jeolojik harita birimleridir. “İstanbul Grubu” Ordovisiyen ile Karbonifer arası dönemde gelişmiş çökelleri

kapsar. Tabanı görülmeyen, üstte Triyas ve daha genç birimler tarafından uyumsuzlukla örtülen grubun alt kesimleri daha çok İstanbul Boğazı'nın doğu yakasında, daha genç kesimleri ise batıya doğru yüzeylenir. Boğazın batı yakasında ise, Karbonifer birimleri egemendir. İstanbul Grubu kalınlığı birkaç bin metreyi bulan kalın bir çökel istifi halindedir (Yüksel ve diğ., 2005). Bu kalın çökel istifi içerisinde formasyon mertebesinde birçok litostratigrafik birim ayrılmış ve adlandırılmıştır (Şekil 2).

		LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Eosen sonrası		Eosen ve sonrası çökeller
	Paleosen A. Eosen		
MESOZOYİK	Üst Kretase		Kretase çökelleri ve volkanikleri
	Triyas		Triyas çökelleri
	Karbonifer		Trakya Fm. Kumtaşı-şeyli ardalanması üst kesimler kpt. çortlu kpt. seviyesi
PALEOZOYİK	Devonyen		Yelkenite Fm. Raduloları üstü
	Stüriyen		Denizli Fm. Yumurtlu Kireçtaşı
	Ordoviyen		Kartal Fm. Fosilli şeyli
			Dolayoba Fm. Fosilli kireçtaşı
			Gözdag Fm. Laminar şeyli, üst kesimlerde kırılgan mercerleri
			Aydos Fm. Kuvvars arenitler
Prekambriyen (?)			Kurtkoy Fm. Kumtaşı, konglomera, şeyli
			Metamorfik kayalar

Şekil 2. İstanbul paleozoik istifi ve üzerindeki birimlerin genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Yüksel ve diğ., 2005)

3 ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, Anadoluray Ortak Girişimi'nin yüklenicisi bulunduğu "İstanbul Kadıköy – Kartal Raylı Toplu Taşıma Sistemi Tünelleri İnşaatı" sırasında patlatma kazı uygulanacak lokasyonlarda patlatmadan kaynaklanan titreşim ölçümleri yapılmıştır.

Kazı faaliyetleri sürdürülen sahada, karşılaşılan kaya birimlerinin sert ve sağlam

yapısı dolayısıyla muhtelif kesitlerdeki tüneller için patlatmalı kazı zorunluluğu doğmuştur. Patlatmanın kaçınılmazlığı, söz konusu ortak girişimin proje için yaptığı arazi ve laboratuvar deneyleriyle de teyit edilmiştir.

Araştırma kapsamında; çalışılan sahadaki patlatmalı kazıda, atımlarda uygulanan patlatma paternleri, delik düzenleri ve patlayıcı şarjları; söz konusu ortak girişimin yetkilileri tarafından sistematik olarak uygulanagelen şekliyle (herhangi bir müdahalede bulunulmadan) gözlemlenmiş ve ölçümler bu şekildeki çalışmalara spontane olarak uygulanmıştır.

Gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı, her bir delik için planlanan patlayıcı maddenin kontrollü bir şekilde şarj edilmesiyle belirlenmiştir. Atım noktaları ile yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler topoğrafik aletlerle belirlenmiştir. Ölçekli mesafenin belirlenmesinde literatürde en sık kullanılan kareköklü eşitlikten yararlanılmıştır. İstatistiksel açıdan yeterli veri çiftiyle yapılan bir değerlendirme sonucu elde edilen parçacık hızı tahmin denkleminin güvenilirliği için tahmin denkleminin korelasyon katsayısının (r) değerinin 0.7 den büyük olması gereklidir (Dowding, 1985; Johnson ve diğ., 2000; Kahrman, 2004). Bu nedenle gerek verilerin sağlıklı teminine, gerekse sayısal yeterliliğe dikkat edilmiştir.

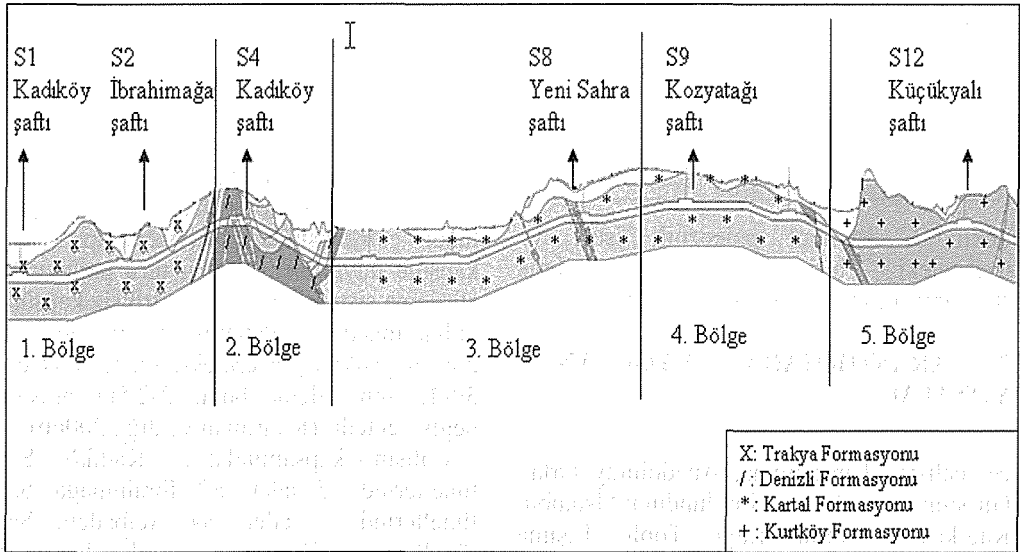
Çalışma programına bağlı olarak bazı günler birden fazla patlatma atımı yapılan tünel çalışmasında, patlayıcı tipi olarak kapsüle duyarlı emülsiyon türü patlayıcılar, ateşleme sistemi için ise elektriksiz kapsüller kullanılmaktadır. Patlatma paterni her şafta göre değişiklik göstermekte olup, delik çapı 39-42 mm, delik boyu 2-2,5m arasında değişmektedir (Kahrman ve diğ., 2006b).

Çalışma kapsamında; S1 Kadıköy Şaftı tünellerinde 5 adet, S2 İbrahimağa Şaftı tünellerinde 6 adet, S4 Acıbadem Şaftı tünellerinde 59 adet, S8 Ünalın Şaftı tünellerinde 44 adet, S9 Kozyatağı Şaftı tünellerinde 40 adet ve S12 Küçükyalı Şaftı tünellerinde 59 adet patlatma izlenmiştir. Atımlara ait ölçekli mesafe unsurları kaydedilirken, titreşim ölçümleri de 4 adet

Instantel Mini Mate Plus Model titreşim ölçer cihazı kullanılarak yapılmıştır. Söz konusu lokasyonlardaki titreşim ölçümleri özellikle, atımlara yakın binaların bulunduğu farklı noktalarda yapılmıştır.

Daha sonra, 6 adet istasyon tünellerinde yapılan toplam 204 atıma ait kaydedilen toplam 365 olayın ölçüm sonuçları yorumlanmıştır. Toplam 365 olayın değerlendirilmesi sırasında ölçüm alınan yerler, bölgelere ayrılmıştır. Bölgeler oluşturulurken bu yerlere ait söz konusu ortak girişimin yaptığı çalışma sonucu belirlenmiş (Yüksel ve diğ, 2005) olan kaya birimlerindeki litolojik farklılıklar ve GSI değerleri kullanılmış ve bu değerlerin ortak olduğu 5 bölge oluşturulmuştur. S1-S2 Şaftları tünellerini temsil eden 1. bölgede 25 olay (11 atım), S4 Şaftı tünellerini temsil eden 2. bölgede 116 olay (59 atım), S8 Şaft tünellerini temsil eden 3. bölgede 59 olay (44 atım), S9 Şaftı tünellerini temsil eden 4. bölgede 51 olay (40 atım) ve S12 Şaftı tünellerini temsil eden 5. bölgede 114 olay (59 atım) cihazlar tarafından kaydedilmiş ve ölçekli mesafe ile parçacık hızı veri çiftleri

söz konusu bölgeler için analiz edilmiştir. Böylece farklı kaya formasyonları için bundan sonraki atımlardan sonra oluşan yersarsıntısının tahmininde kullanılabilecek farklı formüller önerilmiştir. Ayrıca önerilen bu ampirik ilişkilerin doğruluğunu teyit etmek amacıyla, her bölge için test atımları gerçekleştirilmiş ve PPV (en yüksek parçacık hızı) değerleri, atım yapılmadan önce bu ilişkilerden faydalanarak tahmin edilmiş ve bölgeler için bulunmuş ilişkiler ile atımların topluca değerlendirmesiyle bulunan ilişki arasında kıyaslamalar yapılmıştır. Titreşim ölçer cihazı ile elde edilen kayıtların; 01/07/2005 tarihli 25862 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Ülkemiz Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinin 29/a maddesi ve uluslararası standartlarla karşılaştırılarak hasar normları içindeki yeri belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 3'de ölçüm alınan shaftlar ve belirlenen bölge sınırları gösterilmiştir. Belirlenen bölgelere ait formasyon, kaya birimi ve GSI değerleri ise Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 3. Ölçüm alınan shaftlar ve belirlenen bölge sınırları

Çizelge 1. Belirlenen Bölgelere Ait Formasyon, Kaya Birimi ve GSI Değerleri

Bölgeler	Formasyon	Atım Yapılan Kaya Birimi	GSI Değerleri
1.Bölge	Trakya Formasyonu (Grovak)	Diyabaz	25-30
2.Bölge	Denizli Formasyonu (Yumrulu Kireçtaşı)	Diyabaz	35-40
3.Bölge	Kartal Formasyonu (Şeyl-kireçtaşı)	Kireçtaşı	30-35
4.Bölge	Kartal Formasyonu (Kumtaşı-konglemera)	Kireçtaşı	55-60
5.Bölge	Kurtköy Formasyonu (Arkozik kumtaşı)	Arkoz	60 üzeri

4 ÖLÇÜM SONUÇLARI

Kayıt alınan atımların parçacık hızı değerlerini içeren bilgiler, Çizelge 2’de bileşenlerini, frekans ve ölçekli mesafe kısmı olarak verilmiştir.

Çizelge 2. Bazı Atımlara Ait Titreşim Ölçüm Sonuçları

Atım No	Atım Tarihi	En Yüksek Parçacık Hızı PPV (mm/sn)	Frekans f (Hz)	Gecikme Başına Top. Şarj W (kg)	Mesafe R (m)	Ölçekli Mesafe SD
1. Bölge						
1	15/08/2006	5,84	100	1,470	63,920	52,720
3	04/10/2006	4,06	57	0,980	78,160	78,954
5	06/12/2006	4,44	85	2,155	71,000	48,365
8	13/12/2006	6,73	73	1,470	48,390	39,911
11	25/12/2006	5,71	100	1,960	51,730	36,950
2. Bölge						
1	03/03/2006	7,75	39	1,960	58,280	41,630
10	31/05/2006	5,33	73	2,940	76,890	44,840
20	07/07/2006	6,1	73	2,180	66,540	45,070
30	26/12/2007	3,05	64	55	2,890	86,700
59	23/03/2007	10,7	51	1,225	47,640	43,040
3. Bölge						
1	21/02/2007	29,1	100	1,715	34,220	26,130
15	02/03/2007	10,3	51	1,715	30,270	23,110
30	16/03/2007	1,65	51	1,715	88,740	67,760
40	27/03/2007	4,83	100	1,96	60,740	43,390
44	30/03/2007	15	100	4,41	32,530	15,490
4. Bölge						
1	01/09/2006	1,27	73	2,205	238,910	160,890
10	14/09/2006	1,27	100	1,470	229,410	189,214
20	13/10/2006	1,02	85	3,690	239,630	124,746
30	10/11/2006	1,14	100	2,940	209,990	122,469
40	15/02/2007	10	47	5,88	66,390	27,380
5. Bölge						
1	20/04/2006	3,3	51	2,200	89,670	60,456
15	24/06/2006	1,02	100	1,960	127,920	91,371
30	07/08/2006	1,02	32	1,960	89,190	63,707
45	07/11/2006	2,41	85	3,135	77,550	43,799
59	02/02/2007	9,65	64	6,125	63,360	25,600

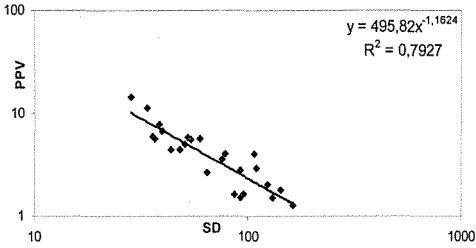
5. ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi

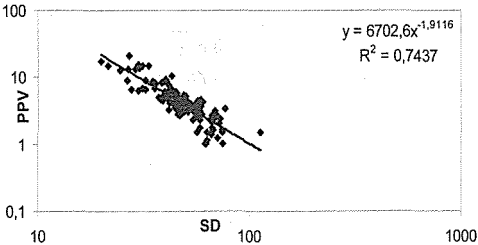
Ölçülen maksimum parçacık hızı ile ölçekli mesafe veri çiftleri kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucunda, bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında parçacık hızı tahmininde kullanılması önerilen çalışma sahasının sabitleri belirlenmiş olan 5 bölge için, tek tek hesaplanmıştır(Şekil 4a,b,c,d,e). Ayrıca 204 atıma ait kaydedilen toplam 365 olayın toplu bir değerlendirmesi de yapılarak bölgelere göre bulunan saha sabitleriyle ve korelasyon katsayılarıyla (r) bir kıyaslama yapılmıştır (Şekil 5). Hesaplanan söz konusu bölgelere ait saha sabitleri Çizelge 3’de özetlenmiştir. Değerlendirmeler yapılırken literatürde sık kullanılan aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır (Kahrıman, 2002; Kahrıman ve diğ., 2003, Kahrıman ve diğ., 2006a).

$$PPV = K * SD^{-\beta} \quad (1)$$

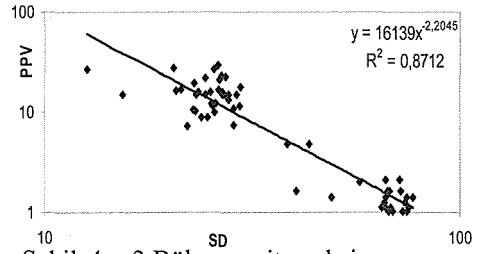
PPV, En yüksek parçacık hızı (mm/sn)
SD= R/√W, Ölçekli mesafe
K ve β, Saha sabitleri



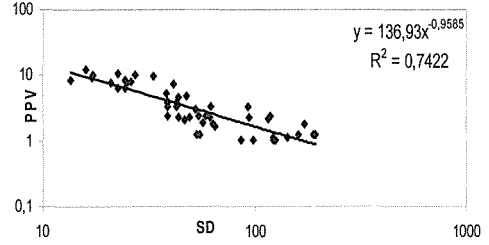
Şekil 4.a 1.Bölgeye ait maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki



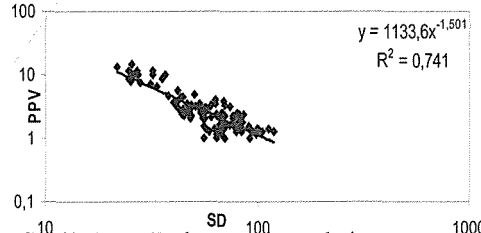
Şekil 4.b 2.Bölgeye ait maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki



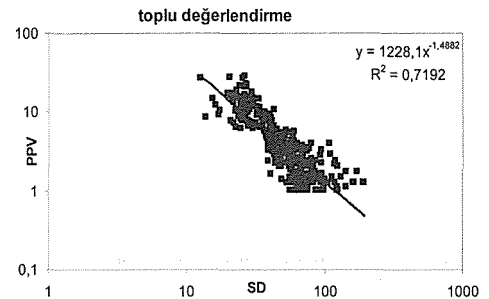
Şekil 4.c 3.Bölgeye ait maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki



Şekil 4.d 4.Bölgeye ait maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki



Şekil 4.e 5.Bölgeye ait maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki



Şekil 5. Toplu değerlendirilmede maksimum parçacık hızı ve ölçekli mesafe arasındaki ilişki

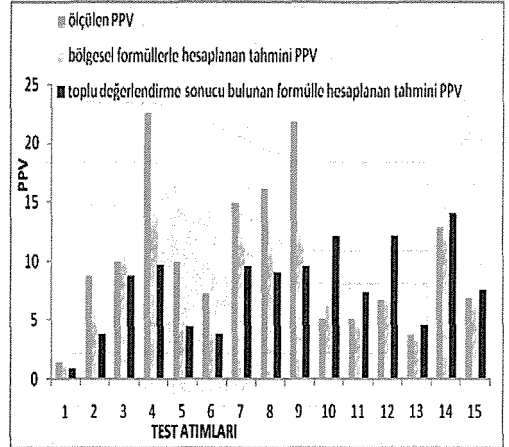
Çizelge 3. Belirlenen Bölgelere Ait Saha Sabitleri Değerleri

Bölgeler	Saha sabitleri		Formül ve (r)
	k	β	
1.Bölge	495,82	-1,1624	$PPV=495,82*Sd^{-1,1624}$ $r=0,89$
2.Bölge	6702,6	-1,9116	$PPV=6702,6*Sd^{-1,912}$ $r=0,86$
3.Bölge	16139	-2,2045	$PPV=16139*Sd^{-2,2045}$ $r=0,93$
4.Bölge	136,93	-0,9585	$PPV=136,93*Sd^{-0,959}$ $r=0,86$
5.Bölge	1133,6	-1,501	$PPV=1133,6*Sd^{-1,501}$ $r=0,86$
Toplu değer.	1228,1	-1,4882	$PPV=1228,1*Sd^{-1,4882}$ $r=0,84$

İyi korelasyon katsayıları ile sonuçlanmış olan bu regresyon ifadeleri, söz konusu çalışma sahasında titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşim hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede önemli bir yaklaşım olarak (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir.

Daha sonra, bulunan bu ampirik ilişkilerin doğruluk derecelerinin belirlenmesi amacıyla her bölge için 3'er adet test atımı yapılmış ve atımların topluca değerlendirilmesiyle bulunan ampirik ilişkiyle kıyaslaması yapılmış ve bu sonuçlar Şekil 6'daki sütun grafiğinde özetlenmiştir.

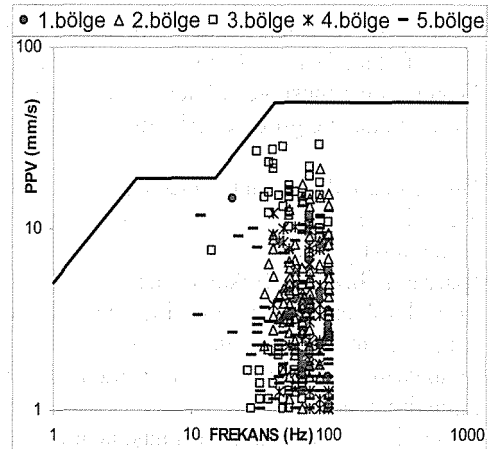
Şekil 6 da verilen 1,2,3. test atımları 1.bölgede, 4,5,6. test atımları 2.bölgede, 7,8,9. test atımları 3.bölgede, 10,11,12. test atımları 4.bölgede, 13,14,15. test atımları 5.bölge de yapılmıştır. Söz konusu 5 bölge için ayrı ayrı hesaplanan ampirik ilişkilerin toplu değerlendirme sonucu bulunan ampirik ilişkidən daha iyi tahmin sonuçları verdiği görülmüştür. Saha jeolojisini dikkate alan bu yaklaşımın literatüre de uygunluğu söz konusudur. GSI verileri ve litolojik farklılıklar kullanılarak belirlenen bölgelerde hesaplanan saha sabitlerinin benzer formasyon ve GSI değerlerindeki kaya birimlerinde de kullanılabilirliği fikrine varılmıştır.



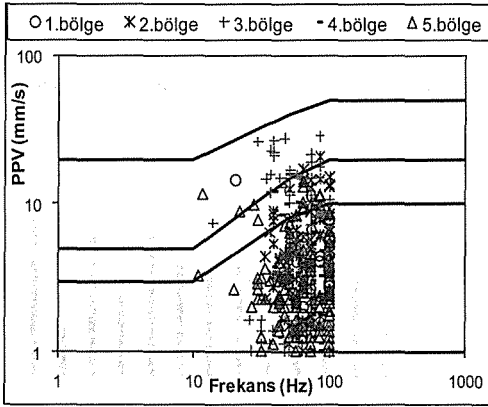
Şekil 6. Ölçülen ve ampirik ilişkilerle tahmin edilen PPV değerlerinin kıyaslaması

5.2 Hasar Riski Değerlendirilmesi

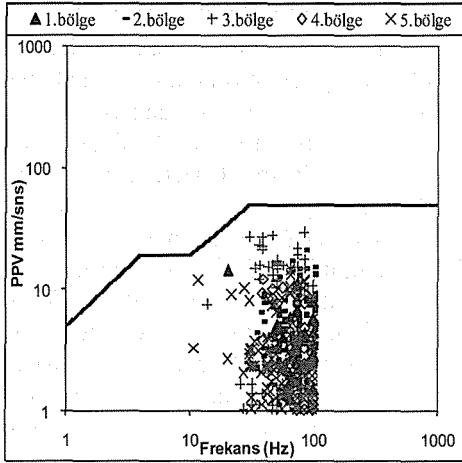
Araştırma kapsamında; kaydedilen tüm atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızları ve karşılık gelen frekans değerleri, USBM, DIN 4150 Norm'larına ve 01/07/2005 tarihli 25862 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren Ülkemiz Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğinin 29/a maddesine göre mukayese edilmek üzere Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'daki grafikler üzerinde topluca gösterilmiştir. Grafiklerden de anlaşılabileceği üzere, kaydedilen değerler, söz konusu normlara ait hasar limitlerinin altında olmuştur.



Şekil 7. Kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların USBM kriterine göre değerlendirilmesi



Şekil 8. Kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların DIN4150 kriterine göre değerlendirilmesi



Şekil 9. Kaydedilen maksimum parçacık hızı ve frekansların Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği 29/a maddesine göre değerlendirilmesi

Bu çalışmada, daha önceden belirlenen 1,2,3,4 ve 5. bölgelerde yapılan atımlar sonucunda oluşan titreşim değerlerinin (parçacık hızı ve frekans) her 3 norma ait grafikler üzerindeki yerinin incelenmesinden, eşik hasar limitlerinin altında kaldığı cihazların kayıt çıktılarından da anlaşılmaktadır.

Şekil 7, 8 ve 9'dan da anlaşılabileceği üzere, gecikme başına düşen şarjın mevcut olanaklarla kısıtlanmaya çalışıldığı bu atımlarda; kaydedilen olaylarda ortaya çıkan

maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımları incelendiğinde, frekans değerleri yüksek olduğu görülmüştür. Ancak; söz konusu tünel güzergâhının çok yakınında yerleşim birimlerine ait yapıların olmasından dolayı, bu değerlerin, her zaman çevre yapılar için belli bir hızda hasar riski taşıyacağı gerçeği gözden uzak tutulmamalıdır.

6 SONUÇLAR

‘İstanbul Kadıköy – Kartal Raylı Toplu Taşıma Sistemi Tüneli İnşaatı’ sırasında patlatmalı kazı uygulanacak bölgelerde patlatmadan kaynaklanan titreşim ve hava şoku ölçümleri yapılmıştır. Yapılan patlatma çalışmaları sırasında, titreşim ölçer cihazı ile alınan titreşim kayıtlarından elde edilen veriler ışığında ortaya çıkan bulgulara dayalı olarak gelecekte yapılacak faaliyetlerde dikkate alınması gerekli görülen bazı öneriler aşağıda verilmiştir.

- Jeolojik farklılıklar arz eden beş ayrı lokasyonda kaydedilen toplam 365 olay değerlendirilmiş ve her bir lokasyon için tahmin denklemi elde edilmiştir.
- İyi korelasyon katsayılarıyla elde edilmiş olan bu formüller, söz konusu çalışma sahasında titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşim hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede önemli bir yaklaşım olarak (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilecektir.
- Bulunan bu ampirik ilişkilerin doğruluk derecelerinin belirlenmesi amacıyla her bölge için üçer test atımı yapılmış ve atımların topluca değerlendirmesiyle bulunan ampirik ilişkiyle kıyaslaması yapılmıştır. Söz konusu 5 bölge için ayrı ayrı hesaplanan ampirik ilişkilerin toplu değerlendirme sonucu bulunan ampirik ilişkiden daha iyi tahmin sonuçları verdiği görülmüştür. Saha jeolojisini dikkate alan bu yaklaşımın literatüre de uygunluğu söz konusudur. GSI verileri ve litolojik farklılıklar kullanılarak belirlenen bölgelerde hesaplanan saha sabitlerinin benzer formasyon ve GSI

değerlerindeki kaya birimlerinde de kullanılabileceği fikrine varılmıştır

- Titreşim ölçerlerle kaydedilen maksimum parçacık hızları dikkate alınarak USBM, Alman DIN 4150 ve Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği normlarına göre yapılan mukayesede atımların, çevredeki bina ve tesislerde herhangi bir hasar yaratabilecek seviyelerde olmadığı anlaşılmaktadır.

- Kaydedilen olaylarda ortaya çıkan frekans değerlerinin büyük bir kısmı, uluslararası sınıflamada yüksek kabul edilen 40 Hz'in üzerinde olmuştur. Ölçülen titreşim frekanslarının yüksek olması, genel olarak 5-10 Hertz düzeyinde olan yapıların öz yapısal frekanslarıyla karşılaştırıldığında, rezonans riskinin minimum düzeyde olacağını göstermektedir. Ancak, söz konusu tünel inşaatının çok yakınında yerleşim birimlerinin olmasından dolayı, bu değerlerin her zaman çevre yapılar için belli bir hızda hasar riski taşıyabileceği gerçeği gözden uzak tutulmamalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sırasında, gerek arazi çalışmalarında gerekse diğer faaliyetlerde her türlü yardımda bulunan Yapı Merkezi İnş. ve San. A.Ş. – Doğu İnş. ve Tic. A.Ş. – Yüksel İnş. A.Ş. – Yenigün İnş. San. ve Tic. A.Ş. Ortak Girişimi'nin yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği (Proje No: 429/13092005) ve Devlet Planlama Teşkilatı (Proje No: 2005K120990) ve tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği ve Devlet Planlama Teşkilatı'na finansal destekleri için teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Dowding, C.H., 1985, "Blast Vibration Monitoring and Control", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, pp. 119-126.

Johnson, M., Pepper, J., Mclellan, G., 2000, "Attenuation of Blasting Vibrations in South Florida", Proceedings of The 26th. Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, ISEE, Anaheim. California U.S.A., Vol: II, pp. 83-95.

Kahrman, A., Tuncer, G., Ozdemir, K., Karadogan, A., Ozer, U., 2006a, "Evaluation of Environmental Effects Induced by Blasting Around a Waste Water Tunnel Project in High-Urbanized Area in Turkey", Proceedings of The Thirty – Second Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, 29 Ocak – 1 Şubat, Dallas, Texas, USA., Volume I, pp. 49 – 58.

Kahrman, Ozer, U., Karadogan, A., Ozdemir, K., Adiguzel, D., 2006b, "İstanbul Kadıköy – Kartal Raylı Toplu Taşıma Sistemi İnsaati Patlatma Kaynaklı Titreşim ve Hava Şoku Ölçümleri Ağustos Raporu", Proje Raporu, Mühendislik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Kahrman, A., 2004, "Analysis of parameters of ground vibrations produced from bench blasting at A Limestone Quarry", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, Elsevier, London, U.K, pp. 887-892.

Kahrman, A., Tuncer, G., Gorgun, S., Karadogan, A., Ozdemir, K. 2003, "Evaluation of The Ground Vibration Attenuation Produced From Blasting For The Different Rock Masses", Proceedings of the Twenty-Ninth Annual Conference on Explosives and Blasting Technique, 2-5 Şubat, Nashville, Tennessee, USA, Volume I, 193-201.

Kahrman, A., 2002, "Predictability of the Ground Vibration Parameters Induced by Blasting During The Tunneling", Mineral Resources Engineering, Vol. 11, No. 3, 279-291.

Yuksel, A., Sozak, N. N., Gultekin, G., 2005, "Anadoluray Projesi Mühendislik Jeolojisi Raporu", Teknik Rapor No : KK-GE-TR-GN-004 Aralık-2005

Kadıköy-Kartal Raylı Toplu Taşıma Sistemi Projesi'nde Yapılan Kontrollü Tünel Patlatmalarının Yapısal Hasar Riski Açısından Değerlendirilmesi

Evaluation of Controlled Tunnel Blasting in Terms of Structural Damage Risk in "Kadıköy-Kartal Rail Mass Transportation System Project"

Enver Alan, İbrahim Sefer

Yapı Merkezi-Doğuş-Yüksel-Yeniğün-Belen İnşaat

Anadoluray Ortak Girişimi, 34700, Üsküdar-İstanbul

ÖZET: İstanbul'un Anadolu yakasında bulunan Kadıköy-Kartal Raylı Toplu Taşıma Sistemi Projesi'ndeki hat tünelleri EPB-TBM ve sert kaya TBM ile, bunların dışında kalan İstasyon, Makas ve Yaklaşım Tünelleri ise NATM ile kazılmaktadır. NATM ile imalatı yapılan tünellerde, Hidrolik Kırıcı, Roadheader ve patlatma metodu ile kazı yapılmaktadır.

Kontrollü Tünel Patlatmaları sırasında; Maksimum Parçacık hızı (PPV), frekans ve hava şoku ölçülerek, Alman (DIN 4150) ve ABD (USBM) normlarına göre değerlendirilmektedir. Bugüne kadar, 248 adet patlatmadan 508 adet istasyondan kayıt alınmış, patlatmalar sırasında ölçülen parçacık hızı yapıları eşik hasar verebilecek sınır değer, hava şoku ise yapısal hasar seviyesi olan 140 dB değerinin altında çıkmıştır.

Yenisahra İstasyonu'nda yapılan deneme patlatmalarında, kapsüldeki gecikme aralığı 25 ms. olduğunda genliğin sönümlendiği, gecikme aralığı 75 ms. olduğunda ise genliğin süperpoze olduğu, Maksimum Parçacık Hızı'nın ise çok az değiştiği tespit edilmiştir.

Güzergah üzerinde bulunan formasyonlara ait arazi iletim katsayısı (k) ve geçilen formasyonlar için geçerli jeolojik katsayılar (β) istatistiksel korelasyonlar yardımıyla tespit edilerek literatüre kazandırılmıştır.

ABSTRACT: The tunnel excavations in "Kadıköy-Kartal Rail Mass Transportation Project" at the Asian side of Istanbul has been done with EPB-TBM and hard rock TBM (Tunnel Boring Machine), beside these; stations, switch and approach tunnels are opened using NATM. Tunnels which are constructed with NATM excavation works has been done using hydraulic breaker, Roadheader and blasting methods.

During "controlled tunnel blasting " Peak Particle Velocity (PPV), frequency and air shock was measured and evaluated according to German (DIN 4150) and USA (USBM) norms.

Until today, during 248 controlled tunnel blasting operations, 508 monitoring and recording are made. As a result of the measurements done during blasting, peak particle velocity values were determined below the allowable limits and air shock levels recorded was under the structural damage level which is 140 dB.

During test blasting made at Yenisahra location, the records indicated that the amplitude when capsule delay was decreased when the delay interval was 25 ms, and when the delay interval was 75 ms the amplitude was superposed even if PPV (Peak Particle Velocity) had a small change.

Ground transmission coefficient (k) and the geological coefficients (β) valid for the formations existing on this route are determined by making use of statistical correlations and gained in to the literature.

1 GİRİŞ

Köylerden kentlere yapılan sürekli göç beraberinde birçok sorunu (barınma, sığınma, sağlık, ulaşım, haberleşme, altyapı vd.) da birlikte getirmektedir. İnsanların ulaşmak istedikleri yerlere normal sürelerde gidememesi; zaman, işgücü, enerji ve verim kayıplarına sebep olmakta, kentlerdeki yaşam konforunu da düşürmektedir.

Yeryüzünde mevcut olan ulaşım hatlarının, yoğun bir yapılaşmanın ve altyapıların mevcudiyeti, yeraltında da tüneller açarak raylı sistem ile toplu taşımacılık yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, Proje hakkında bilgi verilip, Tünel Patlatmaları, yapısal hasar riski açısından değerlendirilecektir.

2 KADIKÖY-KARTAL METROSU

2.1 Proje Hakkında Genel Bilgiler

Kadıköy Kartal Raylı Toplu Taşıma Sistemi Projesi İnşaat İşleri Yapı Merkezi-Yüksel-Doğuş-Yeniğün-Belen Ortak Girişimi tarafından yürütülmektedir. Proje güzergahı Kadıköy Meydanı'ndan başlayıp İbrahimağa'dan geçip Koşuyolu deresinden Acıbadem'e ulaşır, E-5/D-100 Karayolu altından veya yakınından geçip Kartal Köprüsü'ne kadar uzanmaktadır (Şekil 1).

Projenin tamamının yeraltından tünel olarak yapılması planlanmış olup, bunun sağlayacağı faydalar aşağıda sıralanmıştır:

- ✓ E5/D100 Karayolunun taşıma kapasitesinin azaltılması ve bunun ekonomiyeye sağlayacağı tasarruf,

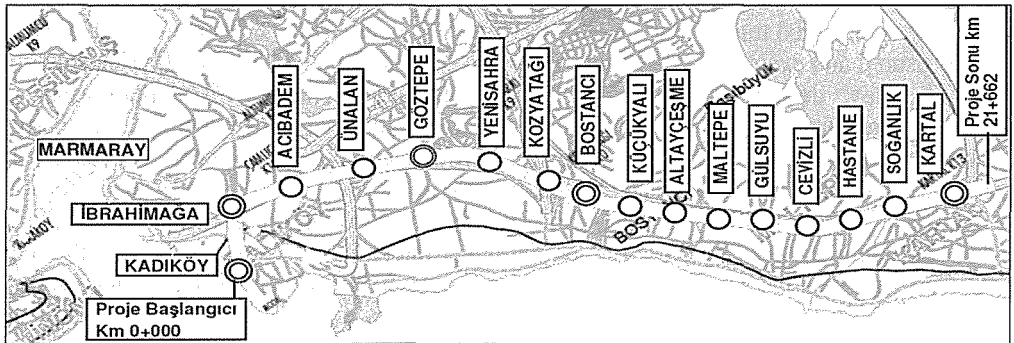
- ✓ İnşaat ve işletme süresince çevre ile etkileşimi en aza indirmek,
- ✓ Muhtemel yolcu artışı durumunda sistemin kapasitesinin artırılabilmesidir.

Tablo 1 ve Şekil 1'de görüldüğü gibi 16 adet istasyon yapılarak 60 000 yolcu/saat-yön kapasiteli Metro, İstanbul'un Anadolu yakasındaki ulaşım sorununun çözümüne (tahmini % 80) büyük katkı sağlayacaktır.

Tünel örtü kalınlığı 8-60 metre arasında olup, Proje "Marmaray Projesi" ile İbrahimağa İstasyonunda kesişmektedir. NATM 6200 metre, TBM 10847 metre, EPB 4643 metre olmak üzere 21690 metre hat yapılması tasarlanmıştır. Anadolu ray Proje Tasarımını; IGT, YTÜ, İTÜ, BÜ, İÜ danışmanlığında, Anadolu ray Ortak Girişimi, IGT, Köker Mimarlık, Denge Mühendislik ve Pro-Yapı Mühendislik yapmaktadır.

Tablo 1. Proje hakkında genel bilgiler

İstasyon sayısı	16
Teorik kapasite	60 000 yolcu/saat-yön
İşletme sıklığı	2,5 dakika
Dizideki araç	4-8
Maksimum hız	80 km/saat
Ticari hız	45 km/saat
Atölye binası	11 500 m ²
Depo alanı	90 000 m ²
Hat açıklığı	1435 mm
Yatay kurp ana hat	Rmin:350 m
Yatay kurp (depo)	Rmin: 50 m
Maksimum deyer	130 mm
Maksimum eğim	% 5



Şekil 1. Kadıköy-Kartal Metro Güzergahı yerleşimi ve planlanan istasyonlar (Yüksel A. Yeşilçimen Ö., Arıoğlu E. 2006)

Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu (NATM, New Austrian Tunnelling Method): Değişken kesitli istasyon ve makas tünelleri, TBM ve EPB-TBM montajının yapılacağı tüneller, merdiven ve kaçış tünellerinin imalatları bu yöntem ile yapılmaktadır.

Sert Kaya Tam Kesit Tünel Açma Makinası (TBM): Makina dış çapı 6,50 m, aynaya uygulanan itme kuvveti 15.000 kN, kesici kafadaki diskler 17" 49 adet, segmentli, elektrik gücü 3.000 KVA'dır.

Yumuşak Kaya Tam Kesit Tünel Açma Makinası (EPB-TBM): Makina dış çapı 6,520 mm, şilt uzunluğu 8,20 metre, aynaya uygulanan itme kuvveti 40.000 kN, minimum kurb çapı 250 m. EPB-TBM, segmentli, elektrik gücü 2.500 KVA'dır.

2.2 Formasyonların Jeolojik ve Jeoteknik Özellikleri

İstanbul'un jeolojisi bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Abdüsselamoğlu 1963, Baykal ve Kaya 1963, 1965, Kodamanoğlu 1977, Önalın 1990, Ketin 1991, Seymen 1995). Kalınlığı birkaç bin metreyi bulan İstanbul grubuna ait

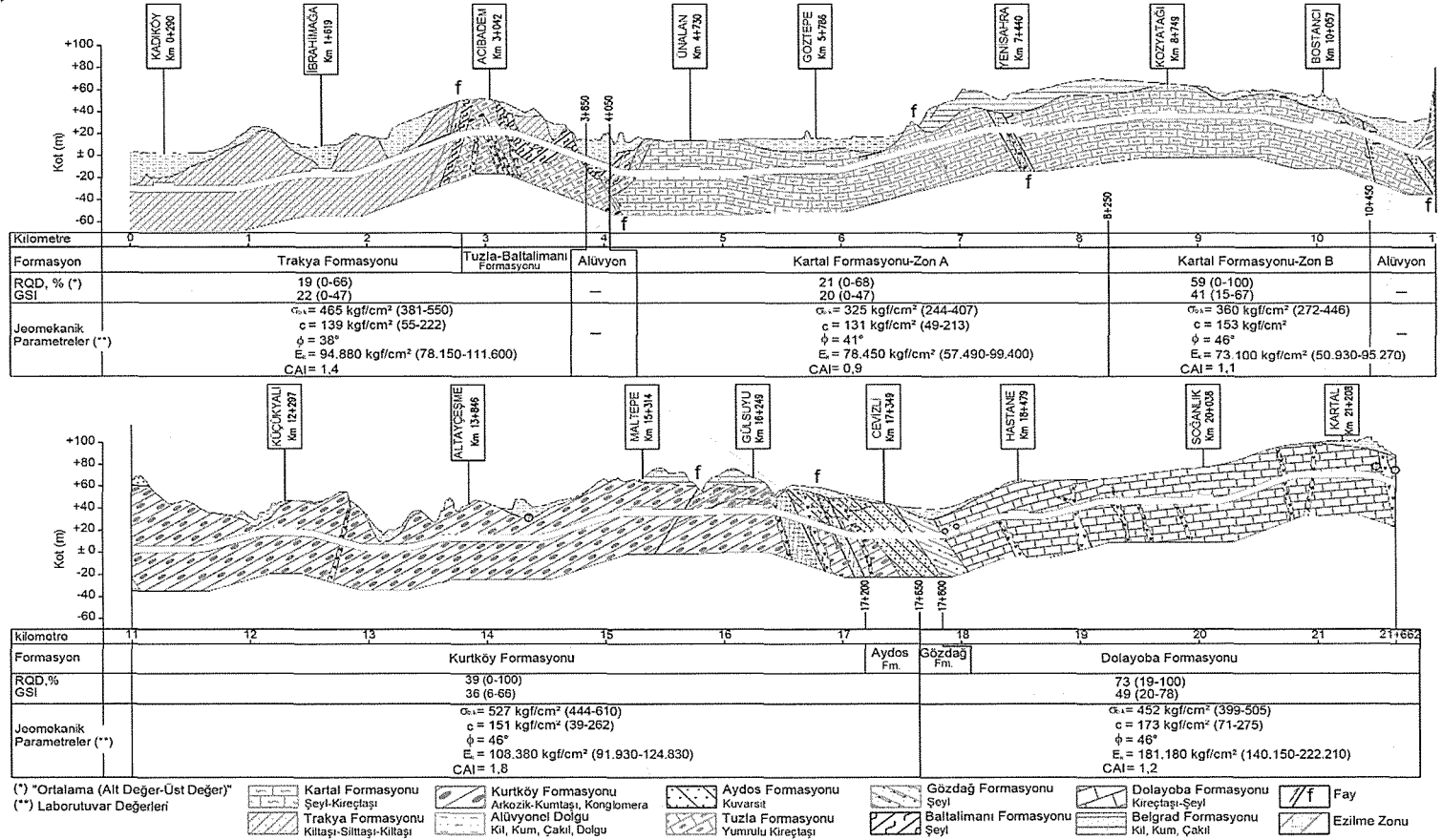
Sedimanter Kayaçlar, Paleozoyik istifi ile Triyas ve Tersiyer yaşlı çökellerden oluşmuşlardır. Kurtköy Formasyonu kuvars, feldispat, mika ve opak minerallerden; Aydos Formasyonu şeyl, silttaşı ve kuvars arenitlerden; Dolayoba Formasyonu kireçtaşı ve şeyllerden; Kartal Formasyonu kuvars, feldispat ve mika, Tuzla Formasyonu kireçtaşı ve çamurtaşı, Trakya Formasyonu kumtaşı, kıltaşı ve silttaşından oluşmaktadır (Yüksel A. Yeşilçimen Ö. Arıoğlu E., 2005).

Güzergahta jeolojik ve jeoteknik değerlerin elde edilmesi için: Önceden yapılan jeolojik çalışmalar, inşaat çukurları, karayolu etrafındaki yamaçlar, havalandırma shaftları kazıları incelenmiş; 4536 metre delgi yapılarak 140 adet sondaj, 1712 adet arazi deneyi, 4228 adet laboratuvar deneyi yapılmıştır.

Kayaçlar deforme olmuş, çatlak sistemleri gelişmiştir. Yenisahra, Gülsuyu, Cevizli, Kartal Bölgelerinde daha fazla olmak üzere volkanik sokulumlara rastlanılmaktadır (Şekil 2). Bütün formasyonlara ait olan bu kayaçlar geniş bir dayanım aralığında değişim göstermektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Proje Güzergahı Üzerindeki Formasyonlar'ın laboratuvar deneyi ortalama sonuçları ve kaya kütle sınıfları (Yüksel A., Yeşilçimen Ö., Arıoğlu E. 2006).

Formasyon Adı		Sembol	Birim	Trakya Form.	Kartal Form. Zon-A	Kartal Form. Zon-B	Kurtköy Form.	Dolayoba Form.
Mühendislik Özellikleri	Özgül Ağırlık	γ	t/m ³	2,65	2,61	2,67	2,69	2,70
	Porozite	n	%	4,85	4,24	1,81	1,01	1,82
	Tek Eksenli B. Day.	σ_{bk}	kgf/cm ²	465,90	325,80	359,50	527,30	452,0
	Çekme Dayanımı	$\sigma_{çk}$	kgf/cm ²	64,30	48,20	56,90	77,40	63,80
	Elastisite Modülü	E_k	kgf/cm ²	94.88	78.44	73.10	108.38	181.18
	Poisson Oranı	v	-	0,27	0,30	0,27	0,30	0,30
	Kohezyon (Üç Eksenli)	c	kgf/cm ²	138,50	131,40	153,00	150,70	173,10
	Kaya Kalite Belirteci	RQD	%			58,00	39,00	72,00
İçsel Sürtünme Açısı	Ø	(°)	37,90	40,50	45,90	45,40	46,20	
Kaya Kütle Sınıfı	Kaya Kalite Tanımı'na (RQD) göre			Çok Zayıf	Çok Zayıf	Orta	Zayıf	İyi
	Tek Eksenli Basınç Dayanımı'na göre			Orta Dayanım	Orta Dayanım	Orta Dayanım	Dayanımlı	Orta Dayanım
	Jeolojik Dayanım İndeksi'ne (GSI) göre			Parçalanmış / Zayıf	Parçalanmış / Zayıf	Bloklu-Örselenmiş / İyi	Bloklu-Örselenmiş /Orta	Bloklu-Örselenmiş /İyi



Şekil 2. Kadıköy-Kartal Metrosu jeolojik profili (Yüksel ve Ark., 2005, Yüksel A. Yeşilçimen Ö. Arıoğlu E. 2006)

2.3 NATM ile Tünel İmalatı

1957-1965 yılları arasında geliştirilip, 1963 yılında ilk kez Rabcewicz tarafından ana hatları ile yayınlanmıştır. Bu yöntemin esasları: Yuvarlak, dairesel veya oval olarak, hesaplanan deformasyona müade edilerek, deplasman ve deformasyonlar gelişmiş ölçme sistemleri ile ölçülerek açılacak tünelde, zeminin taşıyıcı özelliğini bozmayacak şekilde tutmak için drenaj önlemleri alınarak, uygun zamanda tahkimat yapılması, zeminin kilitletmesini teşkil edecek halka şeklindeki beton kabuğun oluşturulmasıdır (Murat H. 2004, Çilingir M. N., Vardar M., Ergun U., Taşlıca A.H. 1983).

Hidrolik kırıcıların kayayı verimli olarak kazabildikleri tünellerde kırıcılar ile, kırıcı ve roadheaderlerin kazı kapasitelerinin yetersiz kaldığı daha sert formasyonlarda ise delme-patlatma yöntemi ile kazı yapılmaktadır.

3 KONTROLLÜ TÜNEL PATLATMALARI

3.1 Patlatma Yöntemi ve Delik çapları

Kazılacak aynada önceden belirlenen düzene göre delik yerleri işaretlendikten sonra, patlatma delikleri jumbo delici ile delinmektedir. Patlatma yöntemi olarak Orta Çekme (Wedge Cut) ve Paralel Çekme (Parallel Cut, Burn Cut) yöntemleri uygulanmaktadır. Paralel çekmedeki boş delikler $\varnothing=89$ mm, diğer patlatma delikleri $\varnothing=41$ mm çapında delinmektedir.

3.2 Kullanılan Patlayıcı Maddeler

Çatlaklı ve düşük dayanıma sahip kayalarda patlatma yapıldığı için, etkili itme enerjisi bulunan patlayıcı maddeler (Esen ve Bilgin, 1998; Tosun, 1993; Hagan ve Duval, 1993; Bilgin, Esen, Kılıç, Erkoç, Aldaş ve İpek, 2000, Alan E. 2001) seçilmiştir. Patlayıcı madde olarak; Orta çekme, tarama ve taban deliklerinde $\varnothing=34$ mm, kenar ve kemer deliklerinde ise $\varnothing=27$

mm Powergel Magnum 365 ve Trimex (Orica Nitro, 2006) kullanılmaktadır.

Kapsül olarak; Elektriksiz kapsül sistemi olan Exel MS ve Exel LP kapsüller kullanılmaktadır. Bu kapsüllerin tercih edilme sebepleri aşağıda sıralanmıştır:

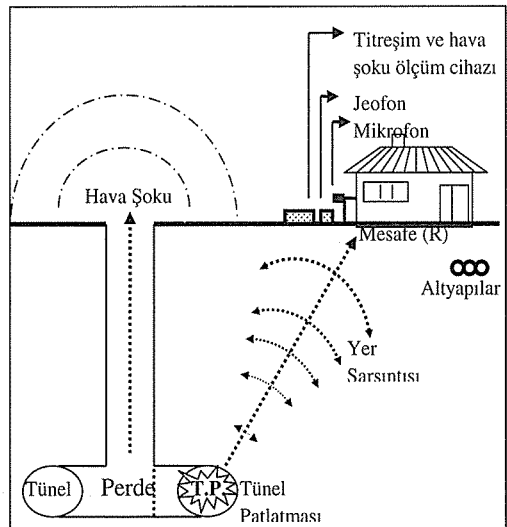
1. Kaza riski açısından emniyetlidir,
2. Birim zamanda patlayan patlayıcı madde miktarı azaltılmaktadır (Bu kapsüller ile, 47 farklı gecikme aralığı verilmektedir).
3. Zaman ve para tasarrufu yapılmaktadır.

3.3 Ateşleme

Exel kapsüllerin İnfilaklı fitillerle (5 gr/mt PETN) bağlantıları klipsler ile yapılmaktadır. Daha sonra infilaklı fitilin uçları sıfır numara elektrikli kapsüle, kapsül de kablo hattı ile manyetoya bağlantısı yapılır. Manyetonun verdiği elektrik elektrikli kapsülü, kapsül fitili, fitil exel kapsülleri, kapsül de patlayıcı maddeyi ateşlemektedir.

3.4 Patlatma Ölçümlerinin Yapılması

Patlatmalardan oluşan; titreşim jeofon ile, hava şoku ise mikrofon ile elektrik sinyalleri şeklinde Instantel Mini Mate Plus Model cihaza ($>0,5$ mm/sn titreşim hızını ölçecek hassasiyette), (Kahriman. A., 2006) kablo ile gönderilip, kaydedilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Yersarsıntısı ve Hava Şoku ölçme yönteminin şematik gösterimi

Atım noktası ile ölçme istasyonu arasındaki mesafe topoğrafik aletlerle belirlenmektedir. Ölçekli Mesafe (SD) hesabında aşağıdaki eşitlik (Dowding, 1985; Kahriman A., vd. 1988, Hoek E., Bray J.W., 1999, Olofsson O.S. Gustafsson T. 2002) kullanılmıştır:

$$SD=R/W_d^{0.5}$$

R : Atım yeri ile ölçüm istasyonu arasındaki uzaklık (m)

W_d : Birim zamanda patlayan maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

Genellikle maksimum sarsıntı patlatma noktasına yakın yerlerde hissedileceği için, atım noktalarına yakın yapıların yanları, ölçüm istasyonu olarak bilinçli bir şekilde

tercih edilmektedir.

Proje kapsamında, yapılan 248 adet patlatmadan 508 adet ölçüm yapılarak istatistiksel yöntemler ile hesaplanan ortalama değerler (Tablo 3) aşağıda verilmiştir. İşletmedeki patlatma verimi = % 88,40'dır.

Maksimum Parçacık Hızı (PPV) açısından ölçülen değer ile hesaplanan değerler arasındaki maksimum hata %17,29 (Tablo 4) ile Acıbadem'de olmuştur. Bunun sebebi bu bölgenin aşırı derecede kırıklı ve ezik, süreksiz olan Tuzla-Baltalimanı Formasyonu (Şekil 2) içerisinde olan ve genellikle diyabaz ve kireçtaşı, patar şeklinde yapılan patlatmalardan kaynaklanmaktadır.

Tablo 3. Yersarsıntısı ve Hava Şoku ölçüm sonuçları

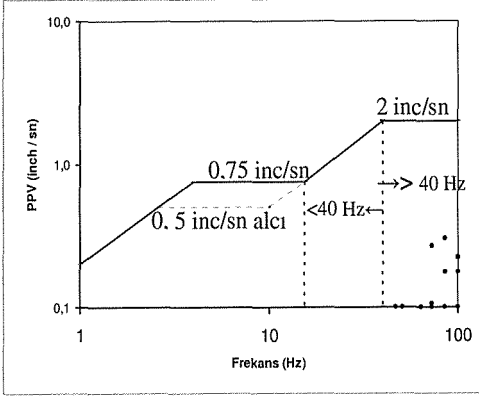
Patlatma Parametreleri	Maksimum P. Hızı	Özgül Şarj		Frekans	Genlik	Mesafe	Hava Şoku	Ölçekli Mesafe	Gecikme Başına Şarj	Örtü Kalınlığı
		Patlayıcı	Kapsül							
Sembol	PPV	W_0	K	f	A	R		SD	W	H
Birim	(mm/s)	kg/m ³	adet/m ³	Hz	mm	m	dB	m/kg ^{1/2}	kg	m
Kadıköy	3,38	2,13	0,61	81,14	0,048	82,31	118,75	64,47	1,63	33,98
İbrahimağa	5,11	3,38	0,73	59,48	0,123	88,11	120,53	71,70	1,51	25,82
Acıbadem	5,7	2,08	0,68	66,06	0,095	74,92	123,61	41,49	3,26	27,66
Ünalan	4,44	1,00	0,89	47	0,072	69,97	121,90	44,70	2,45	39,21
Yenisahra	11,4	1,01	0,42	65,22	0,190	57,08	116,28	37,23	2,35	28,44
Kozyatağı	5,91	1,41	0,28	71,21	0,098	183,91	126,10	105,47	3,04	34,74
Bostancı	4,62	1,01	0,96	77,28	0,077	105,55	124,41	62,85	2,82	28,66
Küçükyalı	3,62	1,48	0,49	64,64	0,068	103,69	120,50	64,42	2,59	18,90

3.5 Patlatmaların Normlara Göre Değerlendirilmesi ve PPV-SD İlişkisi

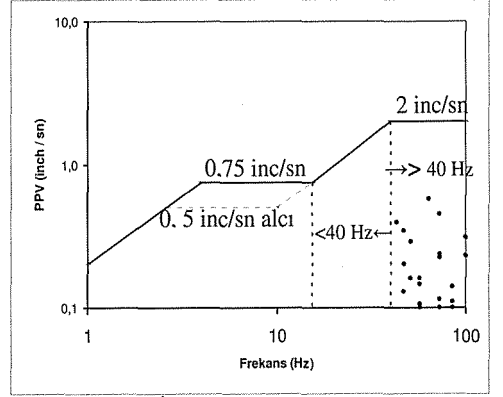
Yüksek hassasiyetli cihazlar ile PPV, frekans, hava şoku ve genlik ölçülerek makina hafızasına kaydedilmektedir. Bu veriler bilgisayarlara aktarılıp, uluslararası normlar (USBM ve DIN 4150) (Şekil 4,5,7,8,10,11,13,14,16,17,19,20,22,23,25,26) ile kıyaslanarak patlatma değerlendirmeleri yapılmakta, elde edilen sonuçlara göre yapılacak patlatmalarda değişkenlere (ölgül şarj, delik boyu vd.) müdahale edilmektedir.

Patlatmalardan ölçülerek elde edilen veriler her ay sonu İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'ne sunulmakta ve raporlanmaktadır.

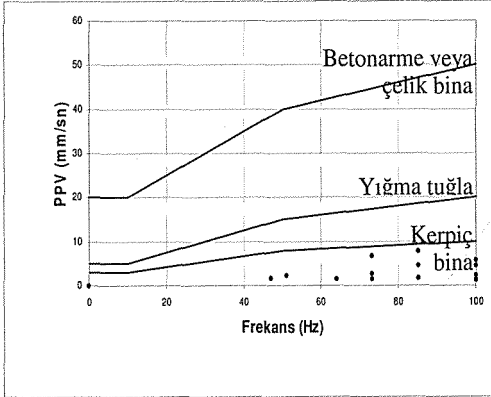
PPV değerlerinin (enine, boyuna, dikine) maksimum olanı ile aşağıdaki grafikler çizilerek, istasyonlardaki formasyonların korelasyon katsayıları (Tablo 4, Şekil 6,9,12,15,18,21,24,27) hesaplanmıştır.



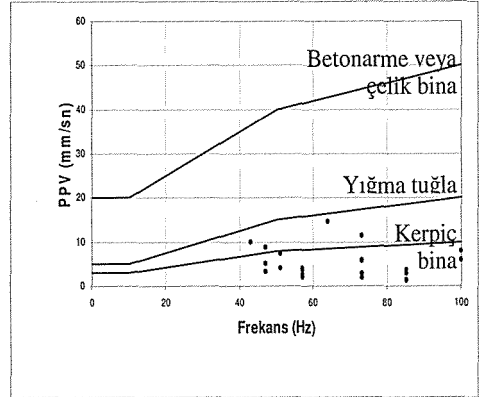
Şekil 4. S 1A Kadıköy USBM Normu



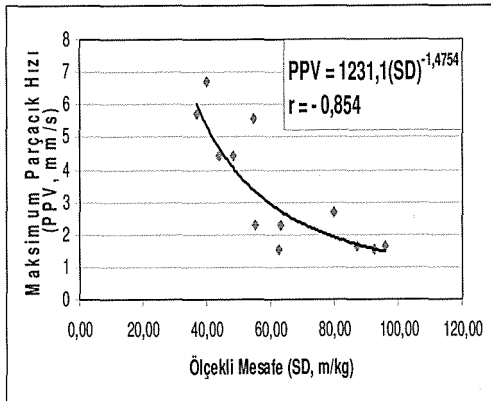
Şekil 7. S 02 İbrahimağa USBM Normu



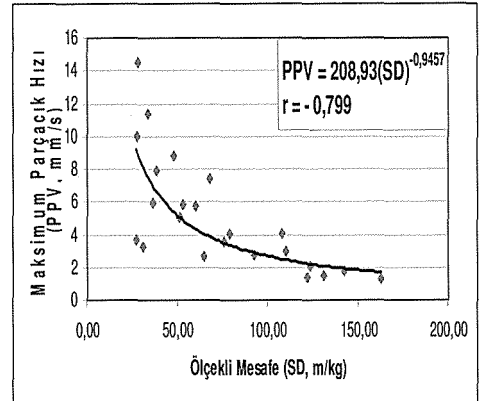
Şekil 5. S 1A Kadıköy DIN 4150 Normu



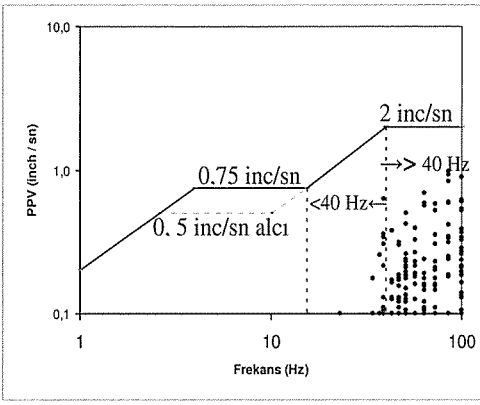
Şekil 8. S 02 İbrahimağa DIN 4150 Normu



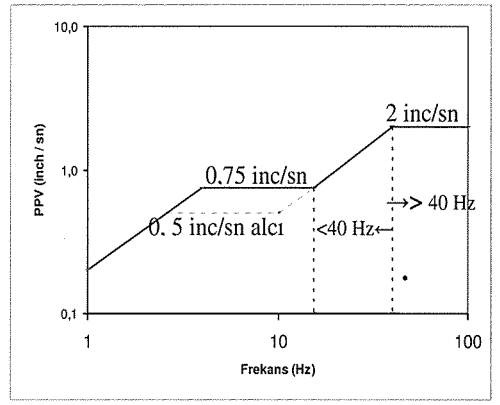
Şekil 6. S 1A Kadıköy PPV-SD İlişkisi



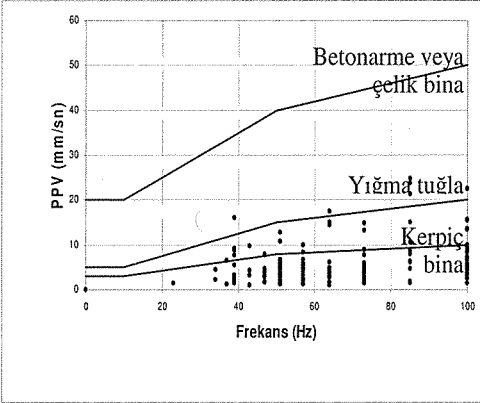
Şekil 9. S 02 İbrahimağa PPV-SD İlişkisi



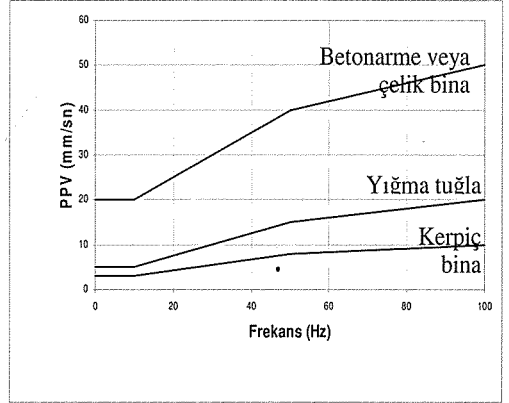
Şekil 10. S 04 Acıbadem USBM Normu



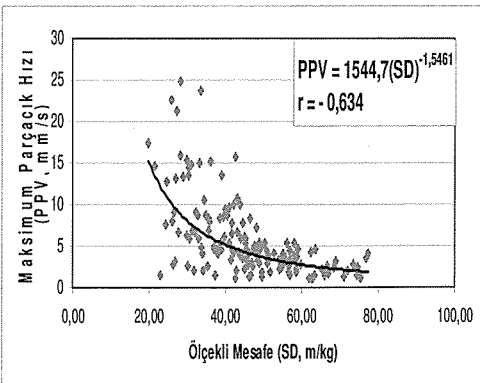
Şekil 13. S 6A Ünalın USBM Normu



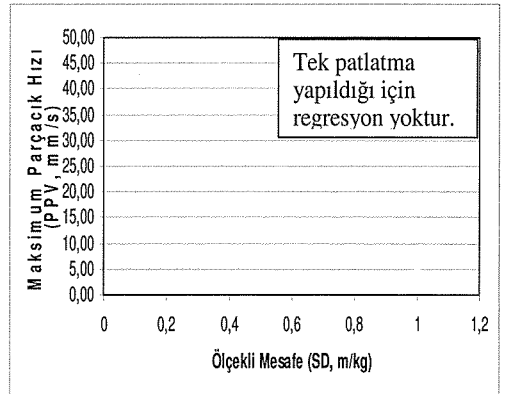
Şekil 11. 04 Acıbadem DIN 4150 Normu



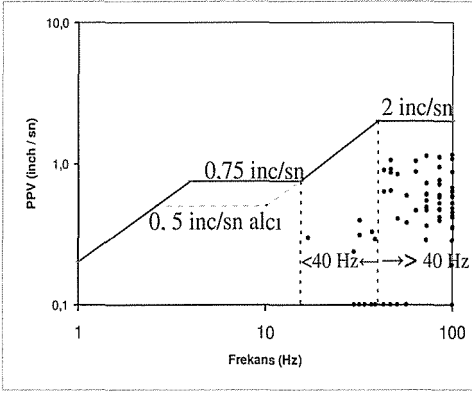
Şekil 14. S 6A Ünalın DIN 4150 Normu



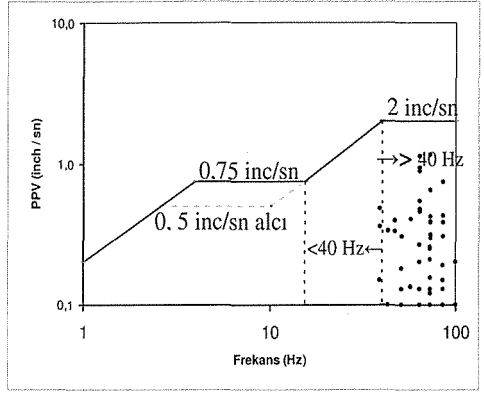
Şekil 12. S 04 Acıbadem PPV-SD İlişkisi



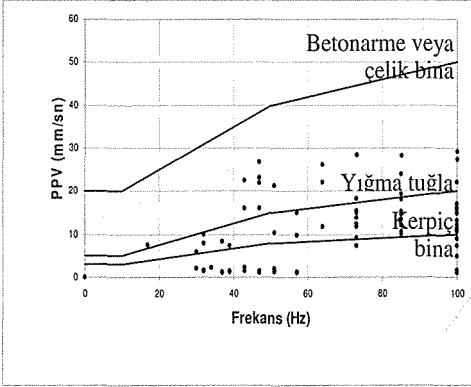
Şekil 15. S 6A Ünalın PPV-SD İlişkisi



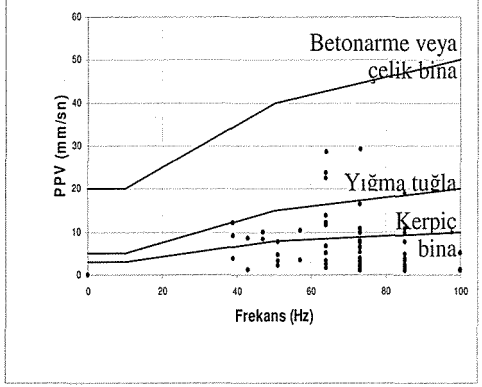
Şekil 16. S 08 Yenisahra USBM Normu



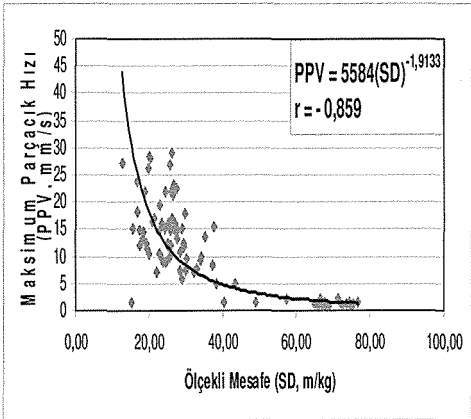
Şekil 19. S9 AB Kozyatağı USBM Normu



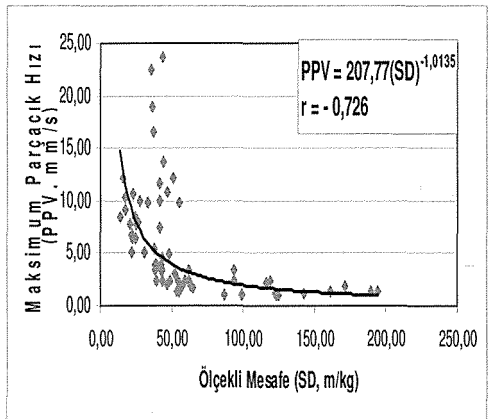
Şekil 17. S08 Yenisahra DIN 4150 Normu



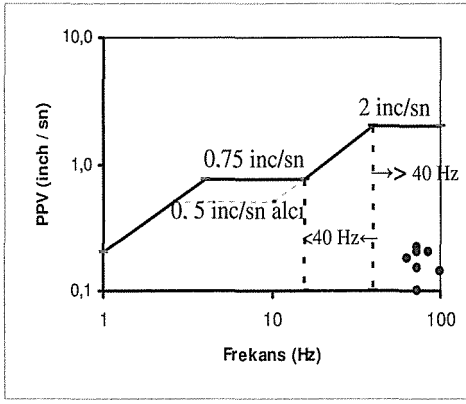
Şekil 20. S9 AB Kozyatağı DIN 4150 Normu



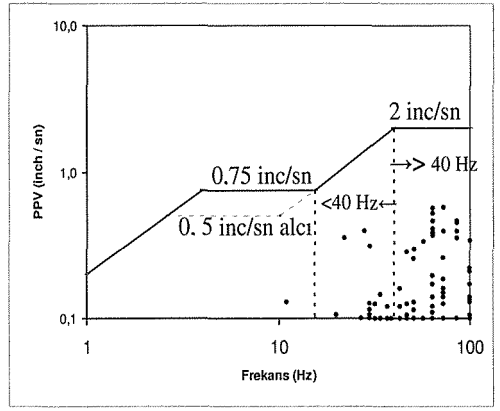
Şekil 18. S08 Yenisahra PPV-SD İlişkisi



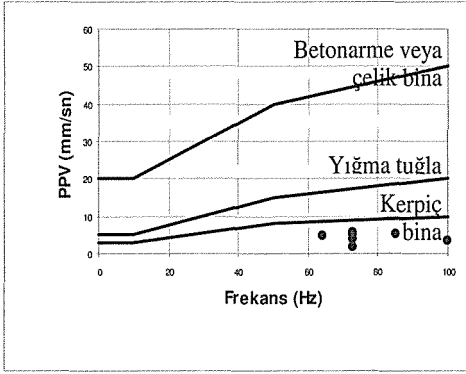
Şekil 21. S9AB Kozyatağı PPV-SD İlişkisi



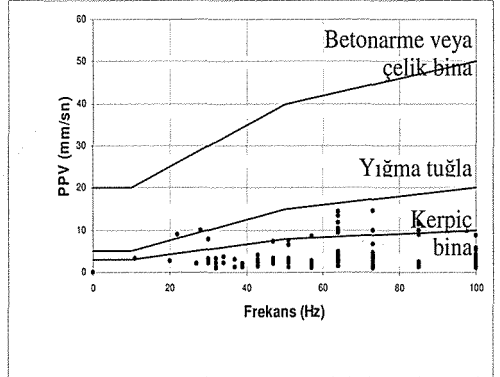
Şekil 22. S 10 Bostancı USBM Normu



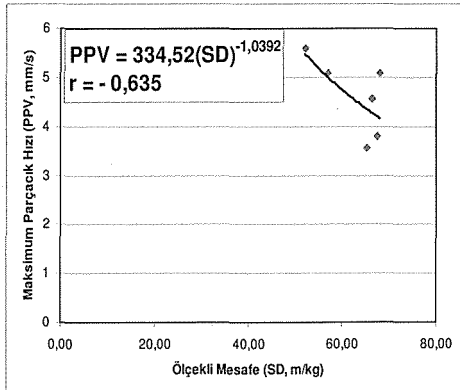
Şekil 25. S 12 Küçükyaalı USBM Normu



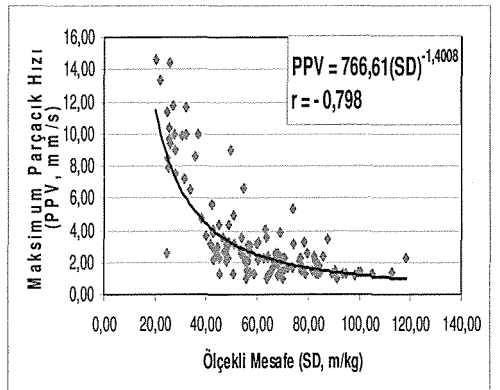
Şekil 23. S 10 Bostancı DIN 4150 N0rmu



Şekil 26. S 12 Küçükyaalı DIN 4150 Normu



Şekil 24. S 10 Bostancı PPV-SD İlişkisi



Şekil 27. S 12 Küçükyaalı PPV-SD İlişkisi

Tablo 4.Kontrollü tünel patlatmalarının toplu İstatistiksel Değerlendirme sonuçları

Şantiye Adı	Formasyon Adı	Kayaç Adı	Maksimum Parçacık Hızı		Ölçüm Sayısı	Arazi İletim Katsayısı	Jeolojik Sabit	Kor. Değeri
			Hesaplanan	* Hata				
			mm/s	%				
Kadıköy	Trakya Formasyonu	Diyabaz	3,23	-4,35	14	1231,10	1,4754	0,854
İbrahimağa		Diyabaz	4,73	-8,11	23	208,93	0,9457	0,799
Acıbadem	Tuzla-Baltalimanı F.	Diy.-Kçt.	4,87	-17,29	170	1544,70	1,5461	0,634
Ünalan	Kartal Form.	Kireçtaşı	4,44	-	1	-	-	-
Yenisahra	Zon-A	Kireçtaşı	10,63	-7,24	87	5584,00	1,9133	0,859
Kozyatağı	Kartal Form.	Kireçtaşı	5,23	-12,87	64	207,77	1,0135	0,726
Bostancı	Zon-B	Kireçtaşı	4,58	-0,73	7	334,52	1,0382	0,635
Küçükalyalı	Kurtköy Form.	Arkoz	3,25	-11,19	127	766,61	1,4008	0,798

(*) Hata miktarı = $(PPV_{\bar{O}} - PPV_H) \times 100 / PPV_H$ formülü ile hesaplanmıştır.

Maksimum Parçacık Hızı'nı (PPV) hesap ederken aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$PPV = kx(SD)^{-\beta} \text{ (mm/s)}$$

k : Arazi iletim katsayısı
SD : Ölçekli mesafe
 β : Özel jeolojik sabit

Ünalan İstasyonu'nda bir ölçüm alındığı için regresyon yoktur. Acıbadem'de diyabaz ve kireçtaşı, genellikle patar şeklindeki patlatmalar ve formasyonun etkisi, Kozyatağı ve Küçükalyalı'da değişken kesitli tünellerdeki, Bostancı'da az sayıdaki patlatmalar korelasyon katsayılarının düşük çıkmasına sebep olmuştur. Tablo 3 ve Tablo 4 incelendiğinde başlıca şu değerlendirmeleri yapmak mümkündür:

✓ Ölçülen PPV (Eşik hasar: 2 inç/sn, USBM, Siskind, 1980, 50 mm/s DIN 4150) ve hava şoku (Limit değer, 140 desibel, USBM, DIN 4150, T.C: Çevre Kanunu Gürültü Kontrol Yönetmeliği, 11. madde 1986; Gürültü Yönetmeliği, madde 5, 2003) değerleri "Limit Değer" in altındadır.
✓ Frekansı 3-36 Hz olan patlatmalardan hasar beklenilmemektedir (Langefors, Crandel, Duval, Fogelson, Yağanoğlu A. Girit M. 1999). Yüksek frekanslı (>40 Hz) patlatmalar yapılarak (% 90,13) yapılara zarar verme riski azaltıldı, (Siskind, 1980).
✓ Yapıların öz frekansları 5-10 Hz (Evergen T. Kahrıman A. 1998, Bilgin.H., 2000) olduğu için, yapıların rezonansa girmesi mümkün değildir.

✓ Ölçülen maksimum ortalama deplasman 0,19 mm.dir. Limit deplasman: Anıtlar için 0,1 mm, normal sağlam bina için 0,4 mm, mühendislik yapıları 0,76 mm. (Dr. Morris G.)Yapılarda eşikhasar sözkonusu değildir.

4.DALGALARIN SÖNÜMLENMESİ VEYA SÜPERPOZE OLMASI

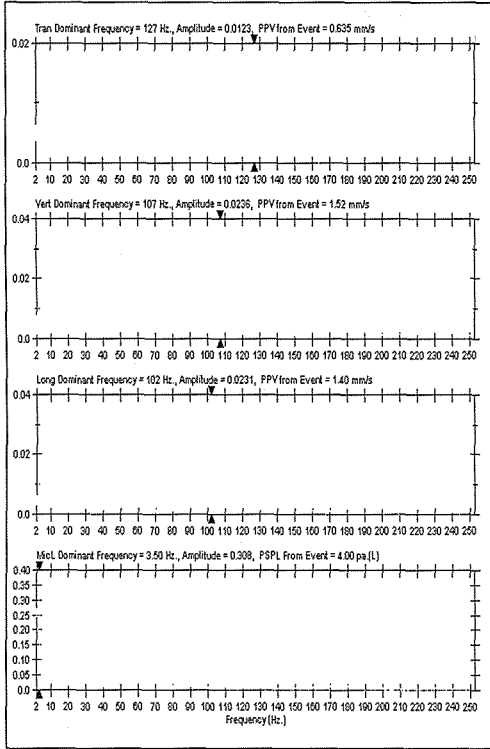
Yenisahra İstasyonu'nda Kartal Formasyonu Zon-A içerisinde, kireçtaşı aşağıdaki parametrelerle deneme patlatmaları yapıldı:

Delik boyu (L) = 1,50 m.
Delik çapı (Ø) = 41 mm
Özgül Şarj (W) = 1 kg/delik
Patlayıcı Madde=PowergelMagnum 365
Kapsül (NONEL)= Exel MS
Mesafe (R) = <67.25 m.
PPV = $4,0756 \times SD^{-0,2356}$
Korelasyon (r) = 0,993
Sıkılama boyu = 0,40 m

Tablo 5. Deneme patlatmalarından elde edilen PPV-Frekans ve Genlik değerleri

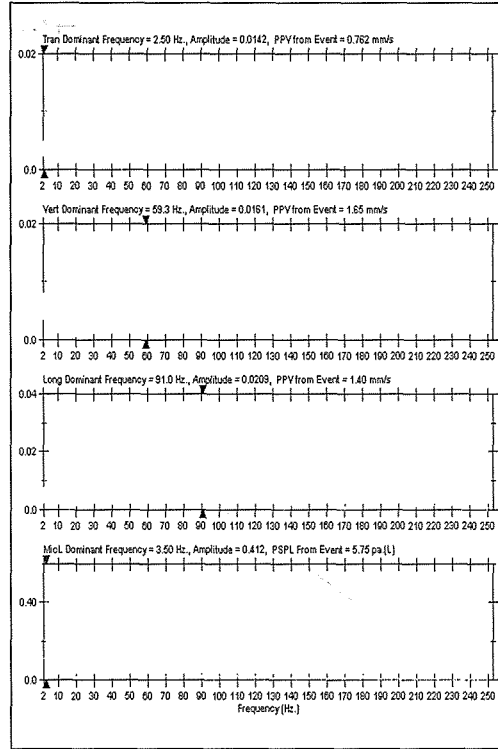
	Mak.Par. Hızı PPV mm/s	Frekans f Hz	Genlik A mm
Tek delik patlayınca (gecikme yok)	1,52	107	0,0236
25 ms gecikme ile patlatma	1,65	59	0,0161
75 ms gecikme ile patlatma	1,52	107	0,0324

Kapsüllerde gecikme aralığı 25 ms. iken, dalgaların birbirleri ile girişim (Langefors U. 1973) yapıp genliğin %31,78 sönümlendiği (Şekil 28,29), gecikme aralığı 75 ms. iken genliğin % 37.3 (Şekil 28,30), (sönümlenmiş genliğe göre % 101,24) süperpoze olduğu (Şekil 29,30, Tablo 5) tespit edilmiştir.



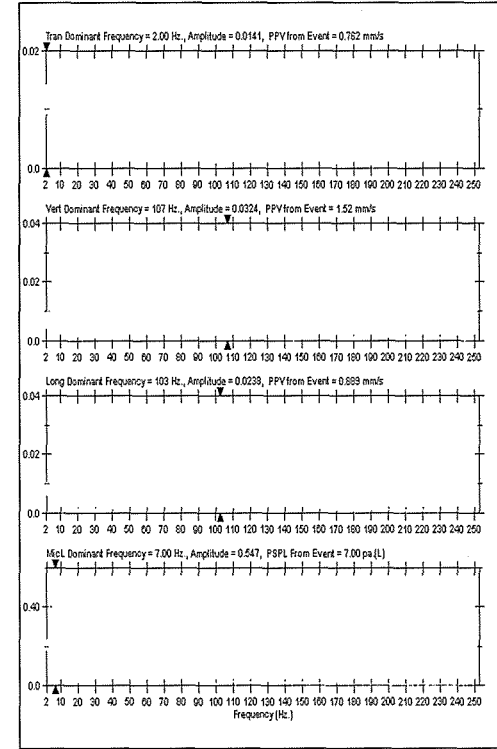
	Tran	Vert	Long	
PPV	0.635	1.52	1.40	mm/s
ZC Freq	>100	>100	>100	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.020	0.000	0.023	sec
Peak Acceleration	0.0663	0.108	0.0928	g
Peak Displacement	0.00130	0.00192	0.00205	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.6	7.3	Hz
Overswing Ratio	4.0	3.7	4.1	

Şekil 28. Tek delik patladığında elde edilen dalgalar ve değerleri (Gecikmesiz)



	Tran	Vert	Long	
PPV	0.762	1.55	1.40	mm/s
ZC Freq	>100	>100	64	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.041	0.000	0.046	sec
Peak Acceleration	0.0795	0.108	0.0795	g
Peak Displacement	0.00087	0.00198	0.00279	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.6	7.3	Hz
Overswing Ratio	4.0	3.7	4.1	

Şekil 29. Kapsül gecikme aralığı 25ms olduğunda elde edilen dalgalar ve değerleri



	Tran	Vert	Long	
PPV	0.762	1.52	0.889	mm/s
ZC Freq	>100	>100	>100	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.009	0.001	0.023	sec
Peak Acceleration	0.0663	0.0928	0.0663	g
Peak Displacement	0.00124	0.00223	0.00167	mm
Sensorcheck	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.6	7.3	Hz
Overswing Ratio	4.0	3.7	4.1	

Şekil 30. Kapsül gecikme aralığı 75ms olduğunda elde edilen dalgalar ve değerleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Metro inşaatlarında yapılan kontrollü patlatmalar yüksek maliyetli ve kurumlar arası işbirliğini gerektiren çalışmalardır.

Kent içinde patlatmalar yapılmadan önce, güzergah üzerindeki üst ve alt yapılarda tespitler yapılarak raporlandırılmalı, ilgili birimlere sunulmalıdır. Risk Analizi yapılmalı, çalışanlara eğitim verilmeli, çevre sakinleri bilgilendirilmelidir.

Bütün patlatmaların ölçümleri yapılarak ilgili yasalara ve/veya normlara göre değerlendirilmeli, bağımsız kuruluşlar tarafından raporlanarak onaylanmalıdır. Bu raporlar: haklı veya haksız sebepler ile meydana gelebilecek sözlü-yazılı şikâyet veya hukuksal davalarda kanıt; benzer özellikleri taşıyan formasyonlarda ve/veya kayaçlarda yapılacak patlatmalarda ön tasarım yapmak için veri olacaktır.

Dalgaların sönmülendirilerek genliğinin düşürülmesi; düşük PPV-yüksek frekans elde edebilecek kapsül kullanıp gecikme başına özgül şarjın maksimum düzeyde tutulması; sıkılama yaparak verimin artırılması, toz ve gaz konsantrasyon oranlarının azaltılması; tünel girişine perde çekilerek hava şokunun (Gündüz T., 1994) limit değer (140 dB) altında tutulması; emniyetli-verimli-ekonomik prensipleri ile, 1,49 kg/m³ ortalama patlayıcı madde kullanarak, % 88,40 verim ile şehir içinde kontrollü tünel patlatmaları yapılmış, hiçbir yapıya zarar verilmemiştir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu makalenin hazırlanmasında gösterdikleri akademik destekleri için Anadoluray Ortak Girişimi Proje Müdürü İnş Müh. Sayın Ramih MUŞTU'ya, Yapım İşleri Müdürü İnş. Yük. Müh. Sayın Ertuğrul DİNÇEL'e, Jeoteknik Grup Şefi Maden Yük. Müh. Sayın Ali YÜKSEL'e, Tünel Şefi Jeoloji Müh. Sayın Timuçin ÖZBAYIR'a ve Sayın Aylin GÜVENDİKSOY'a, projemizin diğer çalışanlarına ve eğitimimizde büyük emeği geçen İstanbul Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Ali KAHRİMAN'a teşekkürü bir görev bilirler.

Makalede belirtilen görüş ve sayısal değerlendirmeler yazarlarına aittir. Herhangi kurum veya kuruluşu bağlamaz.

KAYNAKLAR

- Alan E. 2001, *Kontrollü Tünel Patlatmaları*, İstanbul (Yayınlanmamış, Bitirme tezi)
- Aldaş G.U. 1998, *Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntıları ile İlgili Literatür Araştırması*, Ankara
- Bilgin H.A. Esen S. Kılıç M. 2000, *Yeniköy Linyit İşletmesi'nde patlatma kaynaklı yer sarsıntılarının incelenmesi, 4.Delme ve Patlatma Semp.* Ankara
- Çilingir. M. N., *Yeni Avusturya Tünel Açma Metodu*, İstanbul
- Dowding C. H., 1985, *Blast Vibration Monitoring and Control*
- Ergun U. 1983, *Zayıf Formasyonlarda Açılan Tüneller ve Yeni Avusturya Yöntemi, Tünelcilik Semineri*
- Erkoç Ö. Y. 1990, *Kaya Patlatma Tekniği*, İstanbul
- Erkoç Ö. Y. 1996, *Patlatma İle Çevreye Verilen Sarsıntıda Frekansın Önemi ve Değerlendirilmesi*
- Evergen T. Kahriman A. Yağanoğlu A. Girit A. 1999, *Delik Delme, Patlayıcı Maddeler ve Kullanımı*, İstanbul
- Gündüz T. 1994, *Çevre Sorunları*, Ankara
- Hoek E. Bray J.W. 1999, *Kaya Şev Stabilitesi*
- Kahriman A. İpekoğlu B. Tuncer G. Kesimal A. Karadoğan A.K. Görgün S. Alan E. 1998, *Tuzla-Dragos Tünelleri Projesi L1-K Şaftları Arasındaki Tünel Kazısında Patlatmadan Kaynaklanan Titreşim Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi* İst
- Murat H. 2004, *Yeni Avusturya Tünel Açma Metodunun Selatin ve Karşıyaka Tünellerinde Uygulanması*, İzmir
- Orica Nitro, 2006, *Kaya Patlatma Tekniği*, Ankara
- Olofsson O.S. Gustafsson T. Ek G. 2002, *Blaster's Manuel, Riyadh*
- Tamrock, 1988, *Surface Drilling And Blasting*, Fin.
- Taşlıca A. H., 1983, *Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi*, Ankara
- Vardar M., 1996, *Yeraltı Kaya Yapıları Mekaniğinde Yeni Avusturya Tünel Açma Yönteminin Ana İlkeleri*
- Yeşilçimen Ö. Yüksel A. Balıklı P. Bayraklı Y. Sözak N.N. Güllü G.Yücel H. Özaydın K. 2005-2006, *Tünel Yapıları Geoteknik Raporu*, İstanbul.
- Yüksel A. Yeşilçimen Ö. Sözak N.N. Güllü G. 2005, *Kadıköy-Kartal Raylı Toplu Taşıma Sistemi Mühendislik Jeolojisi Raporu*, İstanbul
- Yüksel A. Yeşilçimen A. Arıoğlu E. 2006, *Kadıköy-Kartal raylı toplu taşıma sistemi projesinde jeolojik ve jeoteknik araştırma çalışmaları, VIII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu*, İstanbul

Uşak Kışladağ Altın Madeninde Üretim Patlatmasından Kaynaklanan Yer Titreşimlerinin Analizi

Investigation of Ground Vibrations Induced By Production Blasting At Uşak Kışladağ Gold Mine

Bezmi Barış Çakmak, Hasan Aydın Bilgin
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

ÖZET Patlatmadan kaynaklanan yer titreşimleri yer katmanlarında ilerleyen akustik dalgalardır. Bir açık işletmede veya çevresinde patlatmadan kaynaklanan titreşim büyüklüğü ve frekansı bir zaman aralığında patlayan maksimum patlayıcı miktarı ve patlatma yeri ile ölçüm yeri arasındaki fiziksel mesafe gibi pek çok unsura bağlı olarak değişebilir. Bu çalışmada Uşak Kışladağ Altın madeninde üretim patlatması uygulamasından kaynaklanan yer titreşiminin ölçülmesi, kaydedilmesi ve komşu yerleşim alanlarındaki yer titreşimi durumunun incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu araştırmada patlayıcı miktarı, ölçüm istasyonlarına veya yerleşim alanlarına olan uzaklık gibi parametreler kaydedilmiş, incelenmiş ve sismik dalgaların frekansı ile birlikte değerlendirilmiştir. Belirlenen yer titreşimi hızları Türk Yönetmeliği'nde, ABD Federal Tüzüğü'nde ve DIN 4150 standardında izin verilen sınır değerler ile karşılaştırılmış ve güvenli bulunmuştur.

ABSTRACT Ground vibrations from blasting are acoustic waves that propagate through the earth. Vibration amplitude and frequency of a ground vibration induced from blasting may vary significantly at or around an open pit mine depending on several parameters such as the maximum amount of explosive detonating at a time interval and the physical distance between the shot and the location of concern. The aim of this study is to monitor and record the ground vibration and to investigate and assess the vibration conditions at neighbouring districts that will be induced from production blasting operations at Uşak Kışladağ Gold Mine. In this study, several parameters such as the amount of charge, the physical distance to the location of monitoring device or residential structures were recorded, analyzed and evaluated together with the frequencies of the seismic waves. The monitored ground vibration velocities were compared with the allowable limits given in Turkish Regulation, US Federal Regulation and DIN 4150 standard and found to be safe.

1 GİRİŞ

Yapılan patlatmadan iyi bir sonuç almak için belirli miktarda enerjiye ihtiyaç vardır. Patlayıcı maddeler kullanılarak elde edilen bu enerjinin tamamı kaya üzerinde yararlı iş görmemekte sadece % 20 kadarı

patlatmadan verimli bir sonuç almak için kullanılabilir (Berta, 1990). Toplam enerji dengesi hesaplamaları sonucunda Berta (1990), patlatma sonrası açığa çıkan enerjinin % 40 kadarının yer titreşimlerini oluşturduğunu belirtmiştir. Bu nedenle patlatmanın sadece verimli olması değil,

çevresel etkileri açısından da emniyetli olması gerekmektedir. Patlatma sırasında oluşacak yer titreşimlerinin çevre yerleşim birimlerine en az düzeyde ulaşması için patlatma tasarımı, kullanılan gecikme aralığı, patlatma kaynağına olan mesafe ve kullanılan en fazla patlayıcı madde miktarı gibi faktörler dikkate alınarak kontrollü atımların yapılması sağlanmalıdır.

Patlatma ile oluşan titreşim (sismik) dalgaları taşıdıkları enerji düzeyine bağlı olarak hasara neden olabilmektedirler. Titreşimlerin enerji düzeyleri şu parametrelerle ölçülmeye çalışılmaktadır; zemin yer değiştirmesi (mm), titreşim hızı (mm/s), titreşim ivmesi (mm/s²) ve dalga frekansı (Hz). Türk Yönetmeliği uyarınca bu çalışmada titreşim hızı ve sismik dalga frekansı dikkate alınmıştır. Binalara verilmesi olası hasarda, titreşimlerin taşıdığı enerji düzeyinin yanı sıra binaların yapıım tekniği, boyutları ve üzerine oturdukları zemin özellikleri de etkin olmaktadır (Siskind vd., 1980).

Sismograflar ölçüm yapılacak yerlere yerleştirilip patlatma yapılan bölgeye yönlendirilerek kayıtlar alındıktan sonra yanal, düşey, boyuna bileşenler ve en yüksek vektörel bileşke için, en yüksek parçacık (titreşim) hızı ve ölçekli mesafe ilişkilerinin belirlenmesi gerekir. Bu ilişki aşağıdaki eşitlik ile gösterilebilir (Dowding, 1985):

$$PPV = k \left(\frac{R}{Q^{1/2}} \right)^{-\beta} \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikte; PPV ölçülen en yüksek parçacık (titreşim) hızı (mm/s), R ölçüm noktasının patlatma yerinden olan uzaklığı (m), Q her gecikmede (bir anda) infilak eden patlayıcı madde miktarı (kg), k ve β sismik dalgaının zeminde iletim ve sönümlenmesi ile ilgili katsayılarıdır. Bu eşitlik çoğu araştırmacı tarafından %50 güvenilirlikte kullanılmıştır. Günümüze kadar geliştirilen en pratik ve güvenilir yöntem ham verilerle bulunan bu eşitliği %95 güvenilirlikte belirlemektir. %95 güvenilirlik, gerçekleşmesi olası sarsıntı değerinin

ölçümlerden çıkarılan formülle hesaplanan değerden %95 olasılıkla küçük olması anlamına gelir. Bu yaklaşımı sismografla birlikte verilen bazı yazılımlar sağlayabilir ya da Dowding (1985)'in hesaplama yöntemiyle kullanıcı kendisi hesaplayabilir (Bilgin vd., 2000). Bu çalışmada % 95 güvenilirlik formülü kullanılmıştır.

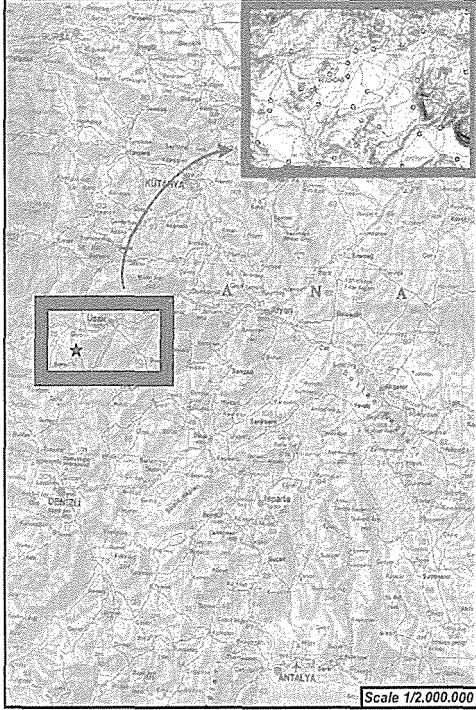
Bu çalışmanın amacı, Uşak Kışladağ Altın Madeni tarafından yapılmakta olan patlatmalardan kaynaklanan yer titreşimlerinin, çevresel etkilerini tespit etme, bu amaçla patlatmalar sırasında yer titreşimi ölçümleri yapma ve kaydetme, ölçüm sonuçlarını kullanarak durum tespiti yapma, risk bulunup bulunmadığını belirlemektir.

2 ÇALIŞMA SAHASI

Çalışma, TÜPRAG Metal Madencilik Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Uşak Kışladağ Altın Madeni açık ocağında yapılmış ve yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir. Uşak Kışladağ Altın Madeni açık ocağı, Türkiye'nin batısında Uşak ilinin Ulubey ve İnay ilçelerinin kuzeybatısında, Ulubey ilçesinin Gümüşkol ve Söğütlü köyleri ile Eşme ilçesinin Katrancılar Mahallesi bitişindedir.

Kışladağ Altın Madeni açık ocağı çevresinde bulunan Gümüşkol Köyü, bu köyün Micanlar (Özcanlar) Mahallesi, ayrıca Karapınar ve Katrancılar Mahalleleri Şekil 2'deki haritada gösterilmiştir. Kışladağ Altın Madeni açık ocağının güneyinde Gümüşkol Köyü ile açık ocak arasında Gökgöz Tepe, güneydoğusunda Arap Tepe, batısında Karapınar Mahallesi ile açık ocak arasında Tınas Tepe, kuzeybatısında Küçükçömlek Tepe ve kuzeyinde ise Katrancılar Mahallesi ile açık ocak arasında Kocaçömlek Tepe yer almaktadır. Açık ocağın nihai sınırı şekilde kalın, yer yer zigzag biçimli kapalı çizgi ile belirtilmiştir. Ocakta yapılan üretim patlatmaları koyu gri renkli yıldız, önkasma patlatmaları ise açık gri renkli daire sembolleri ile gösterilmiştir. Gümüşkol köyü,

Katrancılar mahallesi ve Karapınar mahallesi doğrultularında kurulan ölçüm istasyonları bir hat boyunca dizilmiş açık gri renkli kare sembolleri ile belirtilmiştir. Ölçüm istasyonlarına verilen kod isimleri ise açık gri renkli kare sembollerinin yanında yazı ile belirtilmiştir. Yerleşim birimlerindeki yapılar ise toplu halde sunulan küçük koyu gri renkli kareler şeklinde görülmektedir.



Şekil 1. Uşak Kışladağ Altın Madeni yer bulduru haritası

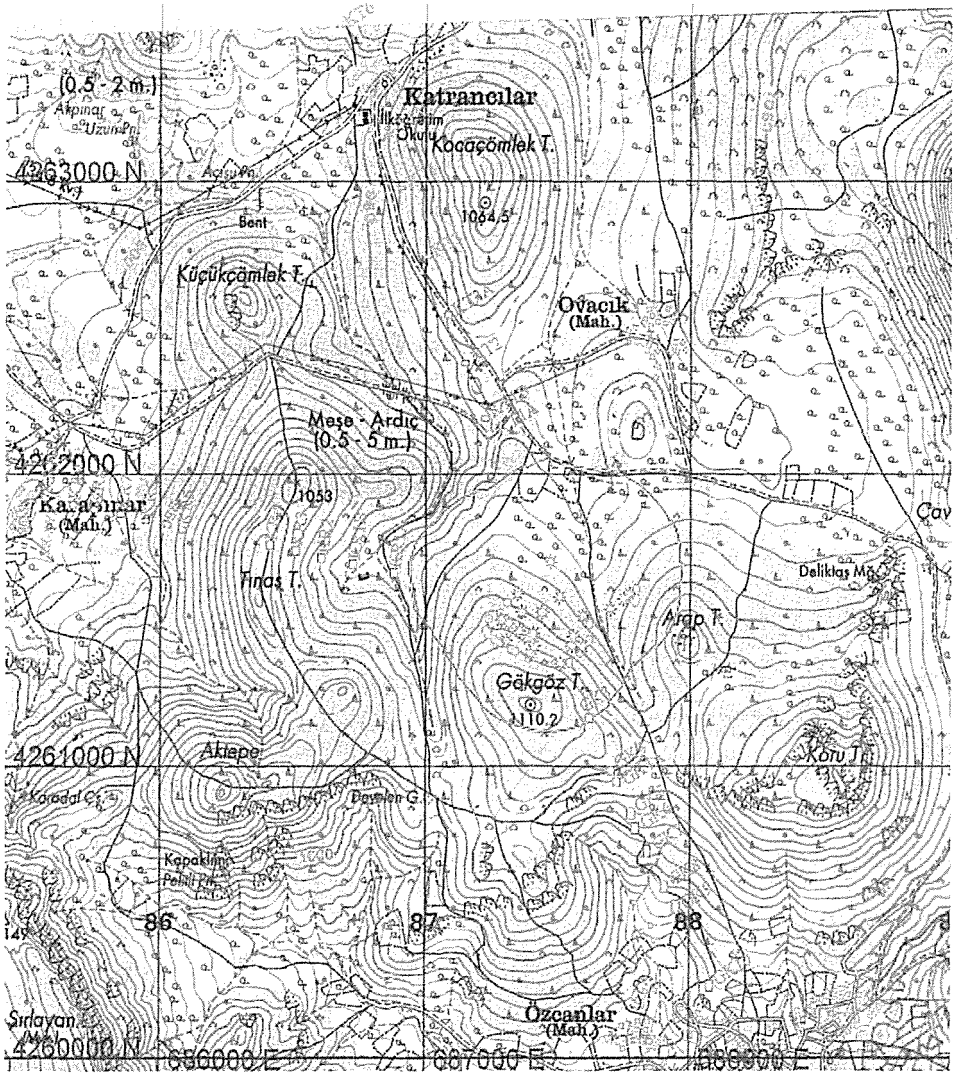
2.1 Jeoloji

Kışladağ Altın Madeni intrüzif, ekstrüzif ve Menderes Metamorfik Kompleksinin Üst-Kretaze yaşlı bölgesel temel şistleri ve gnaysları içerisine gömülü veya bu birimleri üzerleyen, erozyona uğramış Eosen stratovulkanın volkaniklastik kayaçları içerisinde oluşmuştur (Orhan, 2004). Kışladağ'daki volkanik kayaçlar ve sokulum kayaçları maden sahası sınırlarının dışına kadar yayılır ve Beydağı Volkanik İstifine uzanırlar. Volkanik merkezlerden

uzaklaştıkça Beydağı Volkanik İstifine ait kayaçlar kısmen aynı yaştaki klastik sedimenter kayaçlara ve Ulubey ve Ahmetler Formasyonlarına ait gölsel kireç taşlarına geçmektedirler. Maden sahasında ve yakın çevresinde bulunan Gümüşkol Köyü, Micanlar Mahallesi, Katrancılar ve Karapınar Mahallelerinde Beydağı Volkanik İstifine ait kayaçlar yüzeylenmektedir. Kayaçların yüzeylendiği yerler hariç, hemen her yerde en az 0.2-0.4 metre kalınlığında açık kahve renkte toprak bulunmaktadır. Toprak derinliği yer yer 1.5-2.0 metre derinliğe ulaşmakta, toprak derinliği tarım yapılan alanlarda nadiren daha fazla olabilmektedir (Lewis Geoscience Services Inc., 2002).

3 YÖNTEM

Kışladağ Altın Madeni bir merkezi sokulum çevresinde birçok sokulumdan oluşan tipik bir porfiri altın yatağıdır. Sokulumlar arasında ve üzerinde yan kayaçlar da bulunmaktadır. Gerek cevher gerekse yan taş sert kayalardan oluştuğundan patlatma gerektirmektedir. Hem cevher hem de yan taş basamak patlatması yöntemi ile parçalanıp gevşetildikten sonra ekskavatör-kamyon yöntemi ile çıkartılmaktadır. Ocak henüz başlangıç safhasında bulunmakta ve yeni basamaklar oluşturulmaktadır. Eski ve yeni basamaklarda üretim için basamak patlatması yapılmaktadır. Ocakta yerinde yapılan incelemeler sonucunda halen uygulanmakta olan basamak patlatması parametreleri ölçüm ve gözlemlerle belirlenmiştir. Ocak henüz başlangıç aşamasında olduğundan, doğal eğimli yamaçta yeni basamak oluşturmak için bir patlatma grubunun ön sırasındaki delikler kısa süre delinmekte, arka sıralara gidildikçe delik derinliği artırılmaktadır. Ön sıradaki delikler genellikle 3,5 m derinliktedir. Basamak yüksekliği 10 m olarak saptanmış olduğundan en gerideki delik derinliği ortalama 11 m olmaktadır.



Üretim patlatması deliklerinin çapları matkap çapına bağlı olarak 152 mm (6 inç), 158 mm (6 ¼ inç) veya 165 mm (6 ½ inç) olarak uygulanmaktadır. Kullanılan ana patlayıcı madde ANFO'dur. Satın alınan ANFO'nun yoğunluğunun 0,72 ile 0,80 gr/cm³ arasında değiştiği saptanmıştır. Bu nedenle delik çapı ve ANFO yoğunluğuna bağlı olarak; deliğin bir metresine, en az 13 Kg, en çok 18 Kg patlayıcı madde yerleştirilebilmektedir. İlk sıradaki deliklerin aynadan uzaklığı (dilim kalınlığı) 4,5 ile 5,5 metre arasında değişmektedir. Aynı sıradaki delikler arası mesafenin 5 metre ile 6 metre

arasında değişmekte olduğu belirlenmiştir. Buna göre ortalamaya olarak 5 m x 5,5 m delik düzeni uygulandığını söylemek mümkündür. Derinliği 3,5 m civarında olan kısa deliklere 13-20 kg arasında patlayıcı yerleştirildiği saptanmıştır. Ortalama derinliği 11 m olan basamak deliklerinde delik başına en az 80 kg, en çok 95 kg ANFO kullanılmaktadır. Bu deliklere nadiren 100 kg, en çok 110 kg patlayıcı yerleştirildiği patlatma kayıtlarının incelenmesinden anlaşılmıştır. Bir kez Üniversite araştırma ekibinin isteği üzerine bir deliğe 122 kg patlayıcı yerleştirilmiştir.

Yemleme için her delikte 0,74 kg veya 1 kg ağırlıkta bir adet kapsüle duyarlı emülsiyon dinamit kartuşu kullanılmaktadır. Ateşleme elektriksiz şok tüplü kapsüller kullanılarak yapılmaktadır. Bu kapsüllerle hem sıra içerisinde hem de sıralar arasında gecikme verilmekte olup, aynı patlatma grubunda bulunan her delik, birbiri peşi sıra fakat tek tek patlamaktadır. Bu nedenle bir grupta kaç delik bulunduğunun önemi bulunmamaktadır. Diğer bir deyişle yer titreşimi açısından dikkate alınması gerekli olan miktar, birim zamanda ateşlenen patlayıcı madde miktarıdır. İki tür gecikmeli ateşleme düzeni uygulanmaktadır. Birinci düzende, delikler arasında 25 ms (milisaniye), sıralar arasında 42 ms gecikme bulunmaktadır. İkinci düzende, delikler arasında 42 ms (milisaniye), sıralar arasında 67 ms gecikme kullanılmaktadır. Böylece gecikme verilerek sismik dalgaların birbirlerinden ayrıştırılması veya üst üste binmelerinin önlenmesine çalışıldığı ve bu yolla yer titreşimlerinin denetlendiği saptanmıştır (Bilgin vd., 2007).

4 ÖLÇÜM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan çalışma sırasında ölçüm cihazları istasyonlara 71 kez yerleştirilmiş, bunlardan 15 tanesinde titreşim ya da gürültü seviyesinin düşüklüğü sebebiyle kayıt alınamamıştır. Üretim patlatmaları sırasında toplam 56 titreşim kaydı alınmıştır. Bu ölçüm ve kayıtların 23 adedi, Gümüşkol köyü güzergahında belirlenen istasyonlardan alınmıştır. Kayıtların 17 adedi ise ocak ile Katrancı mahallesi arasında oluşturulan hat üzerinde yer alan istasyonlardan alınmıştır. Ocak ile Karapınar mahallesi arasında oluşturulan hat üzerinde belirlenen istasyonlardan alınan kayıt sayısı ise 16 adettir.

Her patlatma öncesinde deliklerin konumu, koordinatları ölçülerek belirlenmiştir. Ayrıca maden planlama

birimi tarafından tasarlanan ve bilgisayarda kaydı tutulan patlatma plan ve hesap tablolarının bir kopyası alınmış ve incelenmiştir. Üretim patlatmalarında bir patlatma grubunda bulunan delik sayısına bakılmaksızın her deliğin farklı zamanda patlamasının planlandığı ve uygulandığı saptanmıştır. Dolayısı ile gecikme başına en yüksek patlayıcı miktarına sahip olan delik belirlenmiş ve mesafe hesabında bu deliğin koordinatı esas alınmıştır.

Panolarda yapılan patlatmalar sırasında gerçekleştirilmiş ölçümlerin sonuçları tablolar halinde düzenlenmiş ve ayrıntılı olarak incelenerek risk analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler sırasında, üç güzergah için ayrı ayrı olmak üzere, zeminde yol alan sismik dalgaların hakim frekansları tayin edilmiş, sismik dalga yayılma formülü kullanılarak gecikme başına güvenle patlatılabilecek patlayıcı madde miktarları belirlenmiştir. Ek olarak belirli uzaklıklar için “Güvenli Patlayıcı Miktarı” cetvelleri hazırlanmıştır.

Uşak Kışladağ Altın Madeni tarafından ocakta yapılan patlatmalar sırasında ölçüm hatları boyunca kaydedilen yer titreşimi değerleri tablolar halinde sunulmuştur. Buna örnek olarak Gümüşkol Köyü ölçüm hattı boyunca kaydedilen yer titreşimi değerleri Tablo 1’de sunulmuştur (Çakmak, B.B.;2007).

Tablolarda; cihaz no, ölçüm istasyonu, zeminde boyuna (R), düşey (V), yanal (T) bileşenlerde ölçülen parçacık hızları, vektörel bileşke parçacık hızı (VS), en yüksek bileşen parçacık hızı (PPV), gecikme başına ateşlenen patlayıcı miktarı (Q), patlatma yeri ile ölçüm yeri arasındaki uzaklık (D) ve hesaplanan ölçekli mesafe (SD) sunulmuştur. “Bileşen Parçacık Hızı” deyimlerini şu şekilde tanımlamak mümkündür. Zeminde yol alan sismik dalganın zemindeki bir noktayı ileri geri sarsma hızı boyuna bileşen (R), aşağı yukarı sarsma hızı düşey bileşen (V) ve sağ ve sol yana sarsma hızı yanal

bileşen (T) olarak tanımlanır. Bu üç bileşenin bileşkesine ise vektörel bileşke parçacık hızı (VS) denir. Tablolarda ayrıca, Fourier Transform tekniği ile hesaplanan

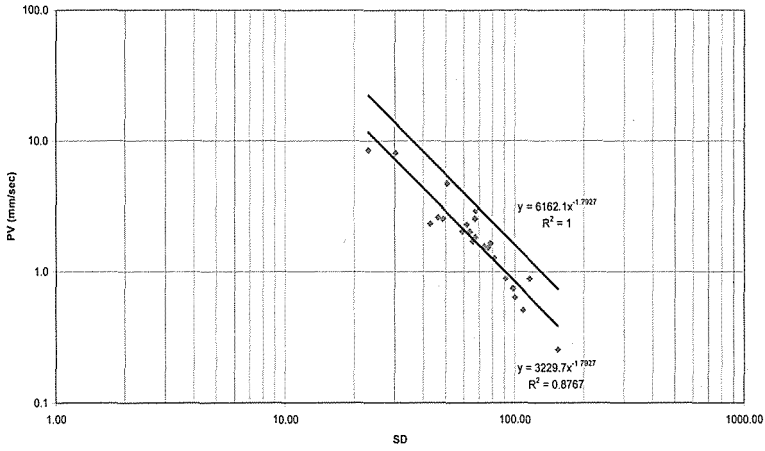
sismik dalga hakim frekansları boyuna (R, Hz), düşey (V, Hz) ve yanal (T, Hz) bileşenler için verilmiştir.

Tablo 1. Gümüşkol Köyü Güzergahında kaydedilen yer titreşimi sonuçları (Çakmak, B.B.;2007)

Cihaz No	İstasyon Kodu	Parçacık Hızı (mm/s)					Miktar Q (kg)	Mesafe D (m)	Ölçekli Mesafe SD	Hakim Frekans (Hz)			Saat	Tarih
		R	V	T	VS	PPV				R	V	T		
316	GK3	2.320	2.190	1.620	2.490	2.320	88.97	404.38	42.87	6.38	9.00	11.90	15:40:24	28 Haziran 2006
317	GK4	2.020	1.370	2.020	2.200	2.020	88.97	601.79	63.80	16.00	8.75	6.88	15:41:38	
W-160	GK5	0.889	1.270	1.016	1.397	1.270	88.97	766.69	81.28	16.19	8.38	9.00	14:49:00	
317	GK3	8.410	5.920	8.480	8.990	8.480	88.56	216.81	23.04	23.10	37.40	44.80	15:44:12	29 Haziran 2006
316	GK4A	2.210	1.900	2.520	2.900	2.520	88.56	458.89	48.76	15.10	23.00	23.00	15:44:11	
W-161	GK-6	1.397	1.524	2.540	2.540	2.540	88.56	632.02	67.16	23.19	17.75	13.25	15:42:00	
317	GK5	0.794	0.714	0.889	1.010	0.889	59.93	704.37	90.99	32.50	14.00	11.00	16:11:26	03 Temmuz 2006
316	GK6	0.730	0.508	0.746	0.774	0.746	59.93	757.84	97.89	14.30	14.30	11.00	16:11:16	
W-165	GK7	0.508	0.381	0.381	0.508	0.508	59.93	842.77	108.86	22.50	23.06	22.69	16:09:00	
317	GK5	1.510	0.952	1.650	1.770	1.650	94.70	763.99	78.51	11.40	15.80	10.90	16:41:10	06 Temmuz 2006
W-170	GK9	0.889	0.635	0.762	1.016	0.889	94.70	1126.91	115.80	14.06	8.50	16.63	16:40:00	07 Temmuz 2006
317	GK4	1.700	2.030	1.570	2.170	2.030	99.18	588.52	59.09	14.10	22.60	9.88	16:15:09	
316	GK5	1.560	1.240	1.170	1.650	1.560	99.18	734.18	73.72	21.30	22.60	12.60	16:06:56	
W-173	GK8	0.508	0.508	0.635	0.635	0.635	99.18	998.39	100.25	12.88	12.69	23.19	16:14:00	11 Temmuz 2006
317	GK3	2.600	2.170	1.860	3.210	2.600	86.55	431.68	46.40	10.90	10.80	14.60	15:09:48	
316	GK4	1.810	1.830	1.830	2.140	1.830	86.55	626.87	67.38	9.75	11.10	11.10	15:01:27	
317	GK3	8.030	6.180	7.220	8.250	8.030	90.32	287.44	30.25	23.60	23.40	23.90	15:25:07	13 Temmuz 2006
316	GK4	2.860	4.600	4.750	5.330	4.750	90.32	481.66	50.68	23.40	24.10	19.90	15:24:04	
W-174	GK5	2.794	2.786	2.921	3.429	2.921	90.32	644.86	67.85	23.19	23.94	23.44	15:23:00	
317	GK4	2.000	1.640	2.290	2.390	2.290	96.71	608.81	61.91	16.60	22.30	8.88	16:54:27	14 Temmuz 2006
316	GK4A	1.710	1.210	1.600	1.870	1.710	96.71	646.36	65.73	27.50	19.10	24.40	16:54:27	
W-175	GK5	1.524	1.143	1.347	2.032	1.524	96.71	752.01	76.47	18.69	23.94	18.06	16:54:00	
W-010	GK10	0.254	0.127	0.254	0.254	0.254	90.73	1465.14	153.82	27.06	30.69	15.69	16:17:00	08 Ağustos 2006

Tablolarda sunulan parçacık hızı ve ölçekli mesafe (SD) değerleri kullanılarak her güzergah için grafikler çizilmiştir. Gümüşkol Köyü güzergahı için çizilen ölçekli mesafe (SD) en yüksek bileşen parçacık hızı (PPV) grafiği Şekil 3’de sunulmuştur (Çakmak, B.B.;2007). Grafiklerde yer alan doğrulardan altta olanı % 50 olasılık, üstte yer alanı ise % 5 olasılık (% 95 güvenilirlik) doğrularıdır. Doğruların hemen yakınında verilen denklemler ise sismik dalgaların zeminde

yayıma formülleridir. Mesafe-miktar cetveli, “en yüksek parçacık hızı” için %95 güvenilirlikte hesaplanmış olan formül kullanılarak hazırlanmıştır. Mesafe-miktar cetveli, hasar görmemesi (sıvasında kılcal çatlak dahi oluşmaması) istenilen herhangi bir bina ile patlatma yapılacak yer arasındaki mesafe ölçülmüş ve biliniyor ise, aynı anda kaç kilogram patlayıcı maddenin güvenle ateşlenebileceğini belirlemekte kullanılır.



Şekil 3. Gümüşkol Köyü Güzergahında En Yüksek Bileşen Parçacık Hızları (PPV)-Ölçekli Mesafe İlişkisi

ABD Federal Tüzüğü, (Tablo 2); 92-1524 m arasında değişen uzaklıklarda yapılacak patlatmalar için 25,40 mm/s sarsıntı hızına, Türk Yönetmeliği ise 4-10 Hz titreşim frekansı için 19 mm/s sarsıntı hızına izin vermektedir.

Tablo 2. ABD Açık Ocak Maden Bürosu Tarafından İzin Verilen Değerler (OSMRE, 1983, 30 CFR, Parts 715, 780, 816, 817)

PATLATMA YERİNDEN UZAKLIK, m (ft)	İzin Verilen En Yüksek Titreşim Hızı, mm/s (inç/s)	Ölçüm Yapılmaz ise Uygulanacak Ölçekli Mesafe
0-92 (0-300)	31,75 (1,25)	50
92-1524 (301-5000)	25,40 (1,00)	55
>1524 (≥5001)	19,05 (0,75)	65

Buna göre yapılmış olan bütün patlatmalar bilimsel ve teknik standartlara, Türk Yönetmeliği'ne ve ABD Federal Tüzüğü'ne uygundur. Ahşap elemanlı eski yapılar için Tablo 3'te izin verilen değer 12,7 mm/s

olduğundan, tüm titreşim değerleri bu standarda da uygun bulunmaktadır.

Tablo 3. Emniyetli yer titreşim düzeyleri (Siskind vd., 1980, USBM).

Yapı Türü	En yüksek yer titreşim hızı (mm/s) değeri	
	Düşük frekans (<40 Hz)	Yüksek frekans (>40 Hz)
Modern Evler	19,0	50,8
Eski Yapılar (Ahşap Elemanlı)	12,7	50,8

Gümüşkol Köyü, Katrancılar Mahallesi ve Karapınar Mahallesi yakınında ölçülmüş olan titreşim değerleri Türk Yönetmeliği'nde izin verilen 19 mm/s değerinin sırasıyla yetmişbeşte birine (% 1,33'üne), ellide birine (% 2'sine) ve yetmişbeşte birine (% 1,33'üne) eşittir. Gümüşkol Köyü, Karapınar Mahallesi ve Katrancılar Mahallesi güzergahlarında ölçülen titreşim değerleri ABD Federal Tüzüğü'nde izin verilen 25,40 mm/s değerinin sırasıyla yüzde birine, % 1,5'ine ve yüzde birine eşit olup ahşap

elemanlı eski yapılar için izin verilen 12,7 mm/s değerinin ise sırasıyla yüzde ikisine, yüzde 3'üne ve ellide birine eşdeğerdir. Alman DIN 4150 standardında sarsıntıya duyarlı (özel koruma altındaki antik) yapılar için izin verilen 3 mm/s değerinin ise sırasıyla onikide birine, yedide birine ve onikide birine karşılık gelmektedir. Buna göre Gümüşkol Köyü'nde, Karapınar Mahallesi'nde ve Katrancılar Mahallesi'nde bulunan binalar özel koruma altında bulunan harabe, antik ve tarihi yapılarda dahi hasar yaratmayacak düzeyde düşük yer titreşimi etkisi altında bulunmaktadır. Bu nedenle ocakta yapılan patlatmaların Gümüşkol Köyü'nde, Karapınar Mahallesi'nde ve Katrancılar Mahallesi'nde bulunan yapılarda hiçbir hasar oluşturmadığı değerlendirilmektedir.

Gümüşkol Köyü, Karapınar Mahallesi ve Katrancılar Mahallesi güzergahlarında yapılan sarsıntı ölçümleri sonucunda elde edilen sismik dalga yayılma formülü kullanılarak; değişik mesafeler ve farklı eşik titreşim hızları gözetilerek her güzergah için güvenli patlayıcı miktarları hesaplanmıştır. Gümüşkol Köyü için sismik dalga yayılma formülü kullanılarak (Şekil 3) hesaplanan mesafe-miktar cetveli Tablo 4'de sunulmuştur (Çakmak, B.B.;2007).

Gelecekte patlatmaların ocak nihai sınırında yapılacağı varsayılarak, nihai ocak sınırına olan mesafeleri dikkate alınarak Gümüşkol Köyü, Karapınar Mahallesi ve Katrancılar Mahallesi girişinde titreşim değerlerinin harabeler ve antik yapılar için izin verilen 3 mm/s değerini aşmaması (köylerde bulunan yapılarda kılcal çatlak dahi yaratmaması) için bir delikte (bir anda) güvenle ateşlenebilecek en yüksek patlayıcı madde miktarları sırasıyla 243,85 kg, 489.69 kg ve 250.58 kg olarak hesaplanmıştır. Çalışmalar sırasında, ocakta, patlatmalardan verim alabilmek için bir deliğe olağan olarak 80-95 kg, nadiren 100 kg, en çok 110 kg patlayıcı konulduğu ve kullanılan gecikmeli ateşleme düzeni gereği deliklerin tek tek

patladığı saptanmıştır. Buna göre halen kullanılan miktarlar ölçüm sonuçlarına dayanılarak hesaplanan miktardan düşük (sırasıyla 110 kg < 243,85 kg, 110 kg < 489.69 kg ve 110 kg < 250.58 kg) olup uygun bulunmaktadır

Tablo 4. Gümüşkol Köyü güzergahında değişik mesafeler ve farklı eşik titreşim hızları gözetilerek hesaplanan patlayıcı güvenli miktar tablosu (Çakmak, B.B.;2007)

MESAFE (m)	Verilen PPV (mm/s) Değeri için Patlayıcı Madde Güvenli Miktarı (kg)			
	3.00	5.00	12.70	19.00
500	50.38	89.08	252.01	395.01
600	72.55	128.27	362.90	568.81
700	98.75	174.60	493.95	774.22
800	128.98	228.04	645.16	1011.22
900	163.24	288.62	816.53	1279.83
1000	201.53	356.32	1008.06	1580.03
1100	243.85	431.15	1219.75	1911.84
1200	290.20	513.10	1451.61	2275.25
1300	340.58	602.18	1703.62	2670.26
1400	395.00	698.39	1975.80	3096.87
1500	453.44	801.72	2268.13	3555.08
1600	515.91	912.18	2580.63	4044.89
1700	582.42	1029.76	2913.29	4566.30
1800	652.95	1154.47	3266.11	5119.31

Gümüşkol Köyü, Karapınar Mahallesi ve Katrancılar Mahallesi güzergahlarında değişik patlayıcı miktarları ve farklı eşik sarsıntı hızları gözetilerek kaç metre mesafede titreşimlerin belirli değerlere düşeceği hesaplanmıştır. Gümüşkol Köyü güzergahında değişik patlayıcı miktarları ve farklı eşik titreşim hızları gözetilerek hesaplanan güvenli mesafe cetveli Tablo 5'de sunulmuştur (Çakmak, B.B.;2007). Buna göre bir deliğe 110 kg patlayıcı madde yerleştirildiğinde ve halen olduğu gibi her gecikmede bir delik patlatıldığı takdirde titreşim hızları Gümüşkol Köyü güzergahı için 555,62 m mesafede 5 mm/s, 738,80 m mesafede 3 mm/s, 926,31 m mesafede ise 2 mm/s, Karapınar Mahallesi güzergahı için 442,68 m mesafede 5 mm/s, 663,54 m mesafede 3 mm/s, 914,93 m mesafede ise 2 mm/s, Katrancılar Mahallesi güzergahı için ise 619,39 m mesafede 5 mm/s, 795,07 m

mesafede 3 mm/s, 969,36 m mesafede ise 2 mm/s değerlerine düşmektedir (Çakmak, B.B.;2007). Oysa Gümüşkol Köyü, Karapınar Mahallesi ve Katrancılar Mahallesi ocak nihai sınırından sırasıyla 1109 m, 1402 m ve 1220 m uzaklıkta bulunduklarından (Şekil 1) Gümüşkol Köyü'ne, Karapınar Mahallesi'ne ve Katrancılar Mahallesi'ne ulaşabilecek titreşim hızlarının daha da düşük olacağı anlaşılmaktadır.

Tablo 5. Gümüşkol Köyü güzergahında değişik patlayıcı miktarları ve farklı eşik titreşim hızları gözetilerek hesaplanan güvenli mesafeler tablosu (Çakmak, B.B.;2007)

PATLAYICI MİKTARI (kg)	Verilen PPV (mm/s) Değeri için Güvenli Mesafe (m)			
	3.00	5.00	12.70	19.00
50	498.10	374.60	222.71	177.89
60	545.64	410.35	243.97	194.87
70	589.36	443.23	263.52	210.48
80	630.05	473.83	281.71	225.02
90	668.27	502.58	298.80	238.66
100	704.42	529.76	314.96	251.57
110	738.80	555.62	330.33	263.85
120	771.65	580.32	345.02	275.59
130	803.16	604.02	359.11	286.84
140	833.48	626.82	372.67	297.67
150	862.73	648.82	385.75	308.11
160	891.03	670.10	398.40	318.22

5. SONUÇ

Kışladağ Altın Madeni tarafından yapılmakta bulunan ve gelecekte de yapılmaya devam edilecek olan patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntılarının çevre yerleşim birimlerinde bulunan yapılarda hasar yaratma riski ve kişileri tedirgin etme durumu olup olmadığını saptamak amacı ile araştırma ve inceleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Her yerleşim yerine en yakın istasyonda ölçülen ve madene en yakın yerleşim birimleri zemininde oluşacak, % 95 güvenirlikle

hesaplanan en yüksek titreşim hızları Tablo 6'da özetlenmiştir.

Türk Yönetmeliği ve A.B.D. Federal Tüzüğünde izin verilen değerler mühendislik hizmeti görmüş ve layıkı ile yapılmış yapılar için geçerlidir. Kanımızca çevre yerleşim birimlerindeki çamur harçlı yapılar 19 mm/s titreşim değerine tahammül edebilecek özellikte değildirler. Bu sebeple DIN 4150 normunda özel korumaya alınmış harabeler, antik ve tarihi yapılar için izin verilen 3 mm/s titreşim değeri yapısal hasar değerlendirmesinde esas alınmıştır. Ölçülen titreşim hızları Gümüşkol Köyüne 500 m mesafe dahilinde 1 mm/s'den, Karapınar Mahallesine 284 m mesafe dahilinde 0,5 mm/s'den ve Katrancılar Mahallesine 152 m mesafe dahilinde 0,5 mm/s'den daha düşüktür. Bu nedenle çevre yerleşim birimlerindeki binalarda geçmişte ve günümüzde herhangi bir yapısal hasar meydana gelmemiştir. Halen üretim patlatmalarında, bir anda (bir delikte) patlatılan patlayıcı madde miktarı en çok 110 Kg olarak uygulanmaktadır. Buna devam edildiği ve bir anda patlayan miktar 240 kg'dan, tercihen 155 kg'dan az olarak uygulanmaya devam edildiği takdirde gelecekte de hiçbir hasar tehlikesi söz konusu olmayacaktır (Çakmak, B.B.;2007).

Hesaplanan ve Tablo 6'nın 6. satırında verilen tüm titreşim hızları 1,5 mm/s'den düşük olup, insanlar tarafından doğrudan algılanamayacak düzeydedir. Binada bulunan kişilerin tahammül ve kabul edilemez düzeyde rahatsız olmaması için en yüksek titreşim sınırı, günde 12 adete kadar yapılan patlatma sayıları için, Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI) tarafından 6,35 mm/s olarak verilmektedir (ANSI S3.29-1983). Ancak bu değer, çevre yerleşim birimlerindeki çamur harçlı binaların durumları gözönüne alındığında, üniversite ekibi tarafından yapısal hasar açısından yüksek bulunmuş, emniyetli tarafta kalmak için yerleşim yerleri zemininde izin verilebilecek titreşim hızı 3 mm/s olarak esas

alınmıştır. Yer titreşimlerine insanların tepkisi ve rahatsızlık duyup duymama açısından yapılan değerlendirmede de 3 mm/s değeri esas alınmıştır. Sismik dalga hakim frekansları dikkate alındığında çevre yerleşim birimlerindeki en hassas kişilerin titreşimleri algılamaya başlayabilecekleri en düşük değer 1,78 mm/s'dir. Oysaki halen civar yerleşim birimlerine ulaşan titreşimler 1 mm/s'den daha düşüktür Tablo 6, satır-8). Bu nedenle kişilerin titreşimleri algılamadıkları, büyütme olması halinde ise titreşimlerden rahatsız olmadıkları sonuç ve kanaatine varılmıştır.

Diğer taraftan, ölçülen ve tablonun 8. satırında verilen titreşim hızları, 6. satırda

verilen değerlerden çok düşüktür. DIN 4150 standardında özel koruma altındaki binalar için izin verilen 3 mm/s ve ABD Standartlar Enstitüsü tarafından binada bulunan kişilerin rahatça tahammül edebilecekleri 6,35 mm/s titreşim hızı değerleri hatırlandığında, madende yapılan patlatmaların geçmişte ne yapısal hasar ne de insanlar üzerinde rahatsızlık yaratmadığı anlaşılmıştır. Ölçekli mesafe (patlatma yeri ile yerleşim birimi arasındaki fiziksel uzaklığın her gecikmede patlatılan patlayıcı miktarının kareköküne bölümü) değerinin 150 veya daha büyük olması halinde yer titreşimin yapıları ve kişileri olumsuz etkilemesi olasılığı bulunmamaktadır.

Tablo 6. Ölçülen ve Hesaplanan Titreşim Hızlarının Karşılaştırılması (Bilgin vd. 2007)

	YERLEŞİM YERİ ADI		
	Gümüşkol	Karapınar	Katrancılar
1. Yerleşim yerinin ocak nihai sınırına mesafesi	1109 m	1402 m	1220 m
2. Titreşim hızı hesabına esas alınan fiziksel uzaklık	1100 m	1400 m	1200 m
3. Yerleşim zemininde 3 mm/s titreşim hızını aşmamak için bir anda ateşlenebilecek patlayıcı miktarı	243.85 kg	489.69 kg	250.58 kg
4. Yerleşim zemininde 2 mm/s titreşim hızını aşmamak için bir anda ateşlenebilecek patlayıcı miktarı	155.12 kg	257.56 kg	168.57 kg
5. Halen bir anda ateşlenen en çok patlayıcı miktarı	110 kg	110 kg	110 kg
6. Bir anda patlatılan en çok 110 kg patlayıcı için % 95 güvenilirlikle hesaplanan en yüksek titreşim hızı	1.47 mm/s	1.17 mm/s	1.29 mm/s
7. İlgili yerleşim biriminin en yakınında bulunan ölçüm istasyonunun kod adı	GK10	KR10	KT4
8. Kodu verilen istasyonda ölçülen titreşim değeri	0.254 mm/s	0.381 mm/s	0.254 mm/s
9. Kodu verilen istasyondaki ölçüm sırasında gerçekleşen ölçekli mesafe	153.82	210.96	166.00
10. Titreşim ölçüm istasyonu ile patlatma yeri arasında ölçülen fiziksel uzaklık	1465.14 m	2090.11 m	1647.08 m
11. Kodu verilen istasyonda ölçüm yapılırken bir anda patlatılan patlayıcı miktarı	90.73 kg	98.16 kg	98.45 kg

TEŞEKKÜR

Kontrollü patlatma yapmak amacı ile titreşim ve gürültü ölçer cihaz satın alan, bunlarla sürekli kayıtlar alarak kendi kendini denetleyen, ayrıca kendini bağımsız bir

kuruluş olan Üniversiteye denetleten, bu amaçla tüm bilgi ve belgelerini Üniversite incelemesine açan, bilgi birikimi yolu ile bilim ve teknolojinin gelişmesine katkıda bulunan ve bu araştırma projesini destekleyen, böylece çevreye ve insana

duyarlı madencilik yapma isteği ve iradesini ortaya koyan Tüprag Metal Madencilik Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Kışladağ Altın Madeni Müdürlüğü'ne teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

American National Standards Institute, 1983, *Guide to the Evaluation of Human Exposure to Vibrations in Buildings*, ANSI S3.29-1983, 10 pp.

Berta G., 1990, "*Explosives: An Engineering Tool*", Italesplosivi, Milano, Italy.

Bilgin, H.A., Esen, S., Kılıç, M., Aldaş, G.G.U., 2000, *Yeniköy Linyit İşletmesinde Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının İncelenmesi, 4. Delme ve Patlatma Sempozyumu*, Ankara, s. 147-158.

Bilgin, H.A., Çakmak, B. B. ve Haciosmanoğlu, M. E., 2007, *Tüprag Metal Madencilik Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. Uşak Kışladağ Altın Madeni Patlatma Çevresel Etki Etüdü*, Proje Kodu: 06-03-05-2-00-06, ODTÜ, Ankara, Sonuç Raporu, 89 sayfa.

Çakmak B. B., 2007, *Investigation of Ground Vibrations Induced By Production Blasting At Uşak Kışladağ Gold Mine*, Msc. Thesis, Middle East

Technical University, Ankara, Turkey, 194 pages.

Dowding, C.H., 1985, *Blast Vibration Monitoring and Control*, Prentice-Hall, 297 pages.

Lewis Geoscience Services Inc., 2002, *Report on Geological Mapping and Structural Analysis*, Kışladağ Au Project, Western Turkey, 46 pages.

Orhan, A. A., 2004, *Kışladağ Altın Madeni (Uşak) için Yapılan Mevzii İmar Planına Esas Jeolojik Etüt Raporu*, 33 sayfa.

Siskind, D. E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H., 1980, *Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting*, RI 8507, United States Department of the Interior, 75 pages.

The Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement, 1983, Federal Register, 30 CFR Parts, 715, 780, 816 and 817, Vol. 48, No. 46, *Rules and Regulations (governing the blasts associated with surface and underground mines)*, pp. 9788-9811.

Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete, 1 Temmuz 2005, No.25862, *Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği*, 25 sayfa (59 madde, 7 Ek).

Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin Analizine Dayalı Basamak Patlatma Tasarımı

Bench Blasting Design Based on Vibrations Analysis of Blast-Induced

Abdulkadir Karadoğan, Ümit Özer, Ali Kahrıman, Mehmet Aksoy, Deniz Adıgüzel, U. Gökhan Akkaya

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul

ÖZET: Bu çalışmada; İstanbul İli Çatalca İlçesi yakınında bulunan, GİS Firmasına ait Kireçtaşı Ocağında düzenlenen test atımlarında ortaya çıkan titreşimlerin analizi sonuçlarına dayalı basamak patlatma tasarımları sunulmuştur. Çalışmada, atımların ölçekli mesafe unsurları kaydedilmiş ve 8 adet titreşim ölçer cihazı ile bütün atımlar için yersarsıntısı bileşenleri ölçülmüştür. Daha sonra, düzenlenen 4 test atımına ait 32 olayın parçacık hızı ve ölçekli mesafe veri çiftleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. İstatistiksel değerlendirme sonunda, söz konusu saha için parçacık hızı ile ölçekli mesafe arasında, iyi korelasyonlu ampirik bir ilişki elde edilmiştir. Bulunan ampirik ilişki kullanılarak, gecikme başına kullanılması gereken maksimum patlayıcı madde miktarları, buna bağlı olarak uygulanabilecek basamak yükseklikleri ve delik çapları belirlenmiştir. Bu belirleme sırasında, söz konusu sahada patlatmalı kazı sırasında oluşan titreşimlerin, saha yakınında bulunan NATO'ya ait yakıt tanklarında hasara neden olmaması için, DIN 4150 Alman Normu'nun yıpranmış eski yapılar için belirlediği hasar başlangıç sınırı dikkate alınmıştır.

ABSTRACT: This paper presents bench blasting designs based on results of vibrations analysis on test shots organised in limestone quarry belong to GİS Company located near to Çatalca district in Istanbul province. In this study, parameters of scaled distance were recorded and the ground vibration components were measured for all test shots using 8 vibration monitors. Then, the data pairs of scaled distance and particle velocity obtained from the 32 event records belong to 4 test shots were analyzed statistically. At the end of statistical evaluation of the data pairs, an empirical relation with a good correlation coefficient was established between peak particle velocity and scaled distance. Maximum charge per delay, bench height and hole diameters were determined by using obtained empirical equation. During this determination, threshold damage limit stated by DIN 4150 norm for historical building were taken into consideration in order to prevent damage nearby fuel tanks belonging to the NATO.

1 GİRİŞ

Patlatmanın kaçınılmaz olduğu taş ocakçılığı, madencilik, inşaat altyapı kazıları, kuyu-tünel, boru hattı, baraj gibi çeşitli sektörlerde; yersarsıntısı ve hava şokundan kaynaklanan çevresel problemlerle sıkça karşılaşmakta ve tartışılmaktadır.

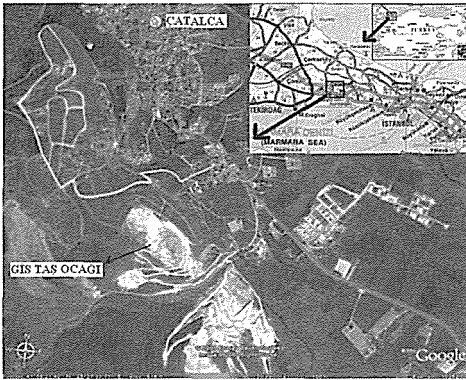
(Dowding, 1985; Kahrıman, 2004). Patlatma kaynağından belirli bir uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin, patlatma sonucunda oluşacak yersarsıntısı ve hava şoku gibi sonuçlardan etkilenmemesi için, patlatma tasarımında herhangi bir gecikme aralığında kullanılabilecek en fazla patlayıcı madde miktarını önceden belirleyebilmek ve

kontrollü atımlar gerçekleştirebilmek önemlidir (Felice, 1993; Kahriman ve diğ., 2006a).

Patlatmadan kaynaklanan çevresel problemler, gelişmiş ülkelerde; ülkemize göre daha önceleri yaşanmıştır. Bu nedenle, bu konuların çözümü ve konuyla ilgili bazı standartların oluşturulması amacıyla çeşitli sistematik araştırma programları yürürlüğe konulmuştur. Bu programların sonucunda "Kontrollü Patlatma Tekniğinin İlkeleri" ortaya konulmuştur. (Johnston ve Durucan, 1994; Ozer, 2007).

2 ÇALIŞMA SAHASI

Çalışma sahası olan GIS İnşaat ve Tic. Ltd. Şti'nin kireçtaşı ocağı, İstanbul İline bağlı Çatalca ilçesinin hemen güneyinde yer almaktadır (Şek. 1).



Şekil 1 İnceleme alanı yer bulduru haritası

3 ARAŞTIRMADA UYGULANAN YÖNTEM

Bu araştırma kapsamında, İstanbul İli Çatalca İlçesinin yakınında GIS İnşaat ve Tic. Ltd. Şti'nin, IR8352 ruhsat sahasında agrega üretimine yönelik faaliyet gösteren kireçtaşı ocağındaki patlatmalı kazıların, söz konusu ocağın yakınında bulunan NATO'ya ait yakıt tanklarında hasarlara neden olabilecek seviyelerde olup olamayacağı konusunda değerlendirme yapılması ve düzenlenen test atımlarında ortaya çıkan titreşim analizleri sonucunda elde edilen saha sabitleri kullanılarak, söz konusu ocak yakınında bulunan yakıt tanklarına zarar

vermeyecek tarzda patlatma tasarımının yapılması amacıyla titreşim ve hava şoku ölçümleri yapılmıştır.

Söz konusu çalışma alanında egemen kaya birimi, aynı zamanda kazı ve üretimi yapılan kireçtaşıdır. (Kahriman ve diğ., 2006b). Kireçtaşının kazı zorluğu derecesini belirlemek amacıyla uygulana gelmekte olan patlatmalı kazı faaliyetlerinin gözlemlerine ek olarak, Schmidt çekici deneyleri de yapılmıştır. Deneylerin sonucunda, elde edilen sertlik değerlerinin, Uluslararası Kaya Mekanığı Deneği (ISRM) tarafından önerilen Schmidt çekici sertlik skalasındaki yerleri belirlenerek kaya sertliği tasvirleri yapılmıştır. Buna göre "SERT" kaya sınıfında yer aldığı anlaşılmıştır. Yapılan deney sonuçları Çizelge 1'te verilmiştir.

Çizelge 1. Schmidt Çekici Deney Sonuçları

Nokta No	Schmidt Değeri	Nokta No	Schmidt Değeri
1	40	8	44
2	38	9	52
3	38	10	52
4	50	11	42
5	42	12	54
6	38	13	44
7	40		
Aritmetik Ortalama		44.15	
Standart Sapma		± 5.86	
ISRM Sınıflamasındaki Yeri		SERT	

Belirlenen kaya özellikleri ve saha gözlemleri ile birlikte benzer sahalardaki işletme tecrübelerinden de yararlanılarak yapılan değerlendirmeler ışığında üretim sürecinde patlatmalı kazının kaçınılmaz olduğu anlaşılmıştır.

Çalışma kapsamında, söz konusu işletmenin ocağındaki atımlarda uygulanan patlatma paternleri, delik düzenleri ve patlayıcı şarjları; işletmelerin yetkilileri tarafından sistematik olarak uygulanan şekliyle (herhangi bir müdahalede bulunulmadan) gözlemlenmiş ve ölçümler bu şekildeki çalışmalarda alınmıştır. Titreşim ölçümlerine esas olacak söz konusu atımlarda, sadece gerekli kantitatif ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. İşletme yetkililerinin

atımlarla ilgili uygulanan patern ve protokolleri gerekli verilerin türetilmesinde kullanılmıştır.

Her bir gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı, her bir delik için planlanan patlayıcı maddenin kontrollü bir şekilde şarj edilmesiyle belirlenmiştir. Atım noktaları ile yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler ise GPS kullanılarak belirlenmiştir. Ölçekli mesafenin belirlenmesinde literatürde en sık kullanılan kareköklü eşitlikten yararlanılmıştır.

$$SD = R / W^{0.5} \quad (1)$$

SD: Ölçekli mesafe

R: Atım ile ölçüm istasyonu arasındaki mesafe (m)

W: Gecikme başına kullanılan toplam şarj miktarı (kg).

Araştırma süresince; amaçlar doğrultusunda, daha önce açıklanan yöntem uygun olarak düzenlenen 4 adet test atımına ait toplam 32 olay cihazlar tarafından kaydedilmiştir. Her bir atımla ilgili patlatma paterni, patlayıcı madde şarj parametreleri ve titreşim ölçüm sonuçları titizlikle kaydedilmiştir. Elde edilen veriler; bu amaçla geliştirilen form ve çizelgelere aktarılmıştır.

Sahada basamak atımı şeklinde gerçekleştirilen toplam 4 adet atıma ait patlatma parametreleri Çizelge 2’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir (Kahriman ve diğ., 2006b).

Çizelge 2. Titreşim Ölçümü Yapılan Atımların Patlatma Geometrisi

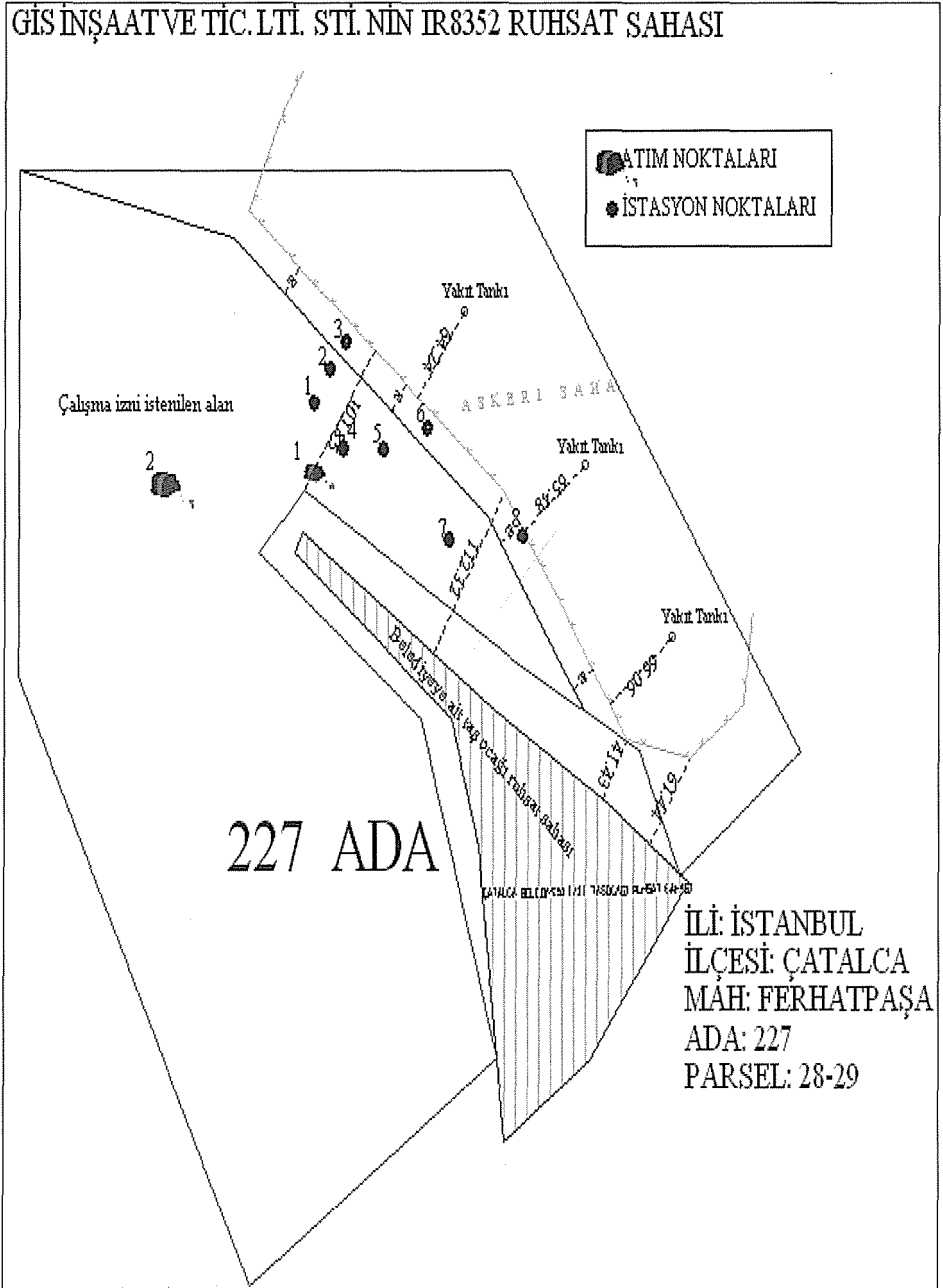
Atım No	1	2	3	4
Delik Sayısı	5	11	5	5
Delik Çapı, d (mm)	102	102	102	102
Delik Eğimi, α (°)	90	90	90	90
Basamak Yüksekliği K (m)	14	7	14	14
Sıra Sayısı	1	2	1	1
Delik Boyu, H (m)	14	7	14	14
Dilim Kalınlığı, B (m)	3,5	3,5	3,5	3,5
Deliklerarası Mesafe, S (m)	3,5	3,5	3,5	3,5
Sıkılama Boyu, h_0 (m)	3,5	3	3,5	3,5
Kullanılan Yemleyici	Emulite T-G	Emulite T-G	Emulite T-G	Emulite T-G
Yemleme Miktarı, (kg)	4	5	4	4
Esas Patlayıcı Madde	ANFO	ANFO	ANFO	ANFO
Esas Patlayıcı Miktarı (kg)	300	330	300	300
Toplam Şarj, Q (kg)	304	335	304	304
Gec. Baş. Toplam Şarj, W (kg)	61	61	61	61
Kullanılan Kapsül Tipi	Gecikmeli Elektrikli	Gecikmeli Elektrikli	Gecikmeli Elektrikli	Gecikmeli Elektrikli
Toplam Kapsül Adedi	5	11	5	5

Araştırma kapsamında; gerçekleştirilen toplam 4 atıma ait titreşim ölçümleri, 6 adet Instanetel Minimate Plus ve 2 adet White Mini-Seis Model olmak üzere toplam 8 adet titreşim ölçer cihazları ile ölçülmüştür. Titreşim ölçer cihazları, söz konusu ocakta yapılan atım noktaları ile NATO’ya ait 3 adet yakıt tankları arasında muhtelif

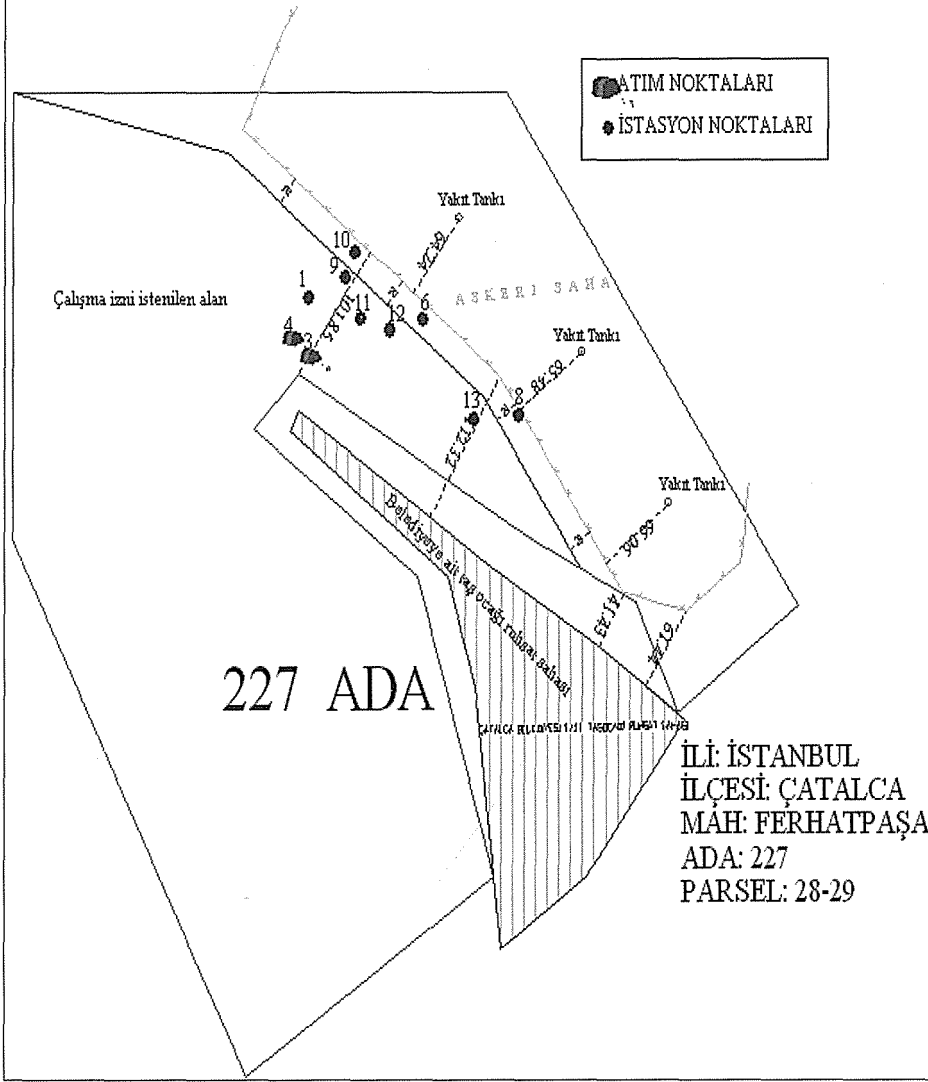
uzaklıklarda belirlenen ölçüm istasyonlarına Şekil 2 ve Şekil 3’deki gibi sistematik bir şekilde yerleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında, sahada yapılan atımların NATO’ya ait yakıt tanklarına etki edip etmediğinin belirlenebilmesi açısından, atımlarla yakıt tankları arasında daha fazla noktadan ölçüm alabilmek için, titreşim ölçer

cihazları, ilk iki atımda Şekil 2’de istasyon noktalarına kurulmuştur (Kahriman ve diğ., 2006b).
gösterilen istasyon noktalarına, üçüncü ve dördüncü atımda ise Şekil 3’de gösterilen



Şekil 2. Atım 1 ve Atım 2 noktaları ve ölçüm istasyonlarının konumu



Şekil 3. Atım 3 ve Atım 4 noktaları ve ölçüm istasyonlarının konumu

4 ÖLÇÜM SONUÇLARI

Konumu, paterni ve patlayıcı tüketimleri, yukarıda detaylı olarak açıklanan toplam 4 atım sonucunda, kayaç içi titreşimlerin oluşturduğu parçacık hızı, deplasman, ivme ve frekans değerleri, kayıt cihazları ile tespit edilmiştir. Atımlardaki kayıt alımlarında, parçacık hızının enine, boyuna ve dikey bileşenlerini ölçen ve bunların bileşkesi olan

hız değerlerini veren titreşim ölçer cihazları yerleştirilmiştir.

Atımlar sonucunda cihazlar tarafından kaydedilen toplam 32 olayın maksimum parçacık hızlarını, frekans değerlerini ve hava şoku değerlerini içeren bilgileri ile istasyon noktaları ve atımlar ile istasyon noktaları arasındaki mesafeler, Çizelge 3'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 3. Atımlara Ait Ölçüm Sonuçları

Atım No	Titreşim Ölçer Modeli	İstasyon No	Maksimum Parçacık Hızı (PPV) (mm/s)	Frekans f (Hz)	Hava Şoku (dB)	Gecikme Başına Top. Şarj (W) (kg)	Mesafe (R) (m)	Ölçekli Mesafe (SD)
1	İntanşel BE10707	1	98,70	30	124,9	61	45	5,82
	İntanşel BE10773	2	73,40	43	121,9	61	67	8,58
	İntanşel BE10687	3	21,70	43	120,6	61	86	11,03
	İntanşel BE10772	4	55,40	51	*	61	29	3,65
	White 1458	5	75,18	39,3	*	61	60	7,62
	White 1455	6	11,43	42,6	*	61	99	12,72
	İntanşel BE10688	7	17,30	34	122,2	61	118	15,14
	İntanşel BE10708	8	15,50	7	117,5	61	180	22,98
2	İntanşel BE10707	1	6,10	12	128,9	61	138	17,64
	İntanşel BE10773	2	3,68	14	126,0	61	159	20,35
	İntanşel BE10687	3	4,83	14	125,9	61	179	22,91
	İntanşel BE10772	4	2,03	11	*	61	156	19,93
	White 1458	5	3,05	39,3	*	61	190	24,38
	White 1455	6	2,29	9,6	*	61	229	29,34
	İntanşel BE10688	7	1,27	16	118,8	61	248	31,70
	İntanşel BE10708	8	1,78	32	115,7	61	310	39,73
3	İntanşel BE10707	1	119,00	28	126,0	61	39	5,05
	White 1455	6	51,59	22,2	*	61	106	13,57
	İntanşel BE10708	8	10,80	5	119,0	61	189	24,23
	İntanşel BE10773	9	45,20	47	121,6	61	65	8,29
	İntanşel BE10687	10	13,30	47	120,1	61	83	10,68
	İntanşel BE10772	11	60,20	30	*	61	56	7,18
	White 1458	12	31,50	46,5	*	61	77	9,84
	İntanşel BE10688	13	12,80	47	123,1	61	153	19,61
4	İntanşel BE10707	1	202,00	47	129,8	61	35	4,51
	White 1455	6	10,41	16	*	61	116	14,79
	İntanşel BE10708	8	11,30	5	117,2	61	202	25,85
	İntanşel BE10773	9	71,90	34	124,3	61	66	8,49
	İntanşel BE10687	10	19,90	51	122,8	61	84	10,77
	İntanşel BE10772	11	57,90	27	*	61	64	8,16
	White 1458	12	23,88	42,6	*	61	87	11,09
	İntanşel BE10688	13	6,60	30	118,6	61	166	21,28
* Mikrofon bağlanmadı								

5 ÖLÇÜM SONUÇLARININ ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

5.1. Ölçüm Sonuçlarının İstatistiksel Analizi

Bu çalışma kapsamında; izlenen 4 adet test atımına ait toplam 32 adet olay kaydedilmiş ve oluşan yer sarsıntısı ölçüm sonuçları Çizelge 3’de sunulmuştur. Parçacık hızı tahmini için gecikme başına düşen en fazla

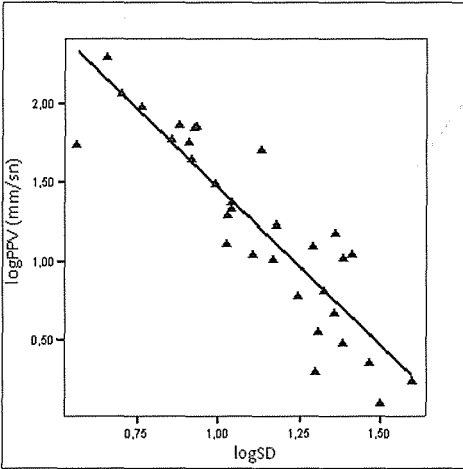
patlayıcı miktarı ve kaynak ile ölçüm istasyonu arasındaki uzaklıklar dikkate alınarak türetilen ölçekli mesafe ile parçacık hızı arasındaki ilişki incelenmiştir.

Çizelge 3’deki verilerden hareketle; ölçülen en yüksek parçacık hızı ile ölçekli mesafe veri çiftleri kullanılarak yapılan regresyon analizi sonucunda, bölgede yapılacak kontrollü patlatma tasarımlarında parçacık hızı tahmininde kullanılması

önerilen çalışma sahasının sabitleri aşağıdaki formülle ifade edilmiştir.

$$PPV = 2874 \times SD^{-1.993}; \quad (r=0.89) \quad (2)$$

Buna göre, çalışılan saha sabitleri sırasıyla $K=2874$ ve $\beta = -1.993$ olarak bulunmuştur. Oldukça iyi bir korelasyon katsayısı ile sonuçlanmış olan bu regresyon ifadesi, işletmede titreşim ölçer kullanılmadığı durumlarda; herhangi bir atımdaki gecikme başına kullanılan belirli miktardaki bir patlayıcı maddenin yaratacağı titreşimin hızının belirli bir uzaklıktaki değerinin ne olacağını tahmin etmede çok önemli bir yaklaşım olarak rahatlıkla (kabul edilebilir limitlerdeki bir sapma ile) kullanılabilir. Literatüre uygun olarak iyi korelasyon katsayısıyla elde edilen bu fonksiyonun en yüksek parçacık hızına karşılık gelen ölçekli mesafe ilişkisinin logaritmik grafiksel görünümü de Şekil 4'de gösterilmiştir (SPSS).



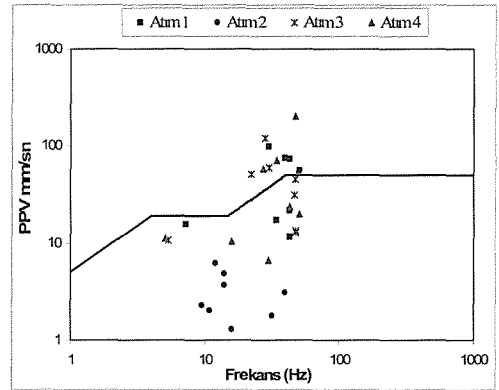
Şekil 4. En yüksek parçacık hızı ve ölçekli mesafe ilişkisi

5.2. Hasar Riski Değerlendirmesi

Bu çalışma kapsamında; cihazların kaydettiği parçacık hızı bileşenlerinin oluşum frekansları dikkate alınarak, NATO'ya ait yakıt tanklarına etki derecelerini tahmin ve

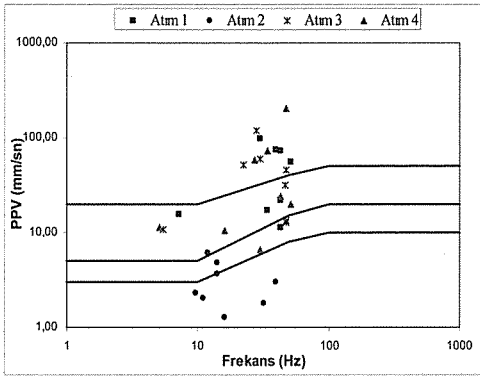
mukayese etmek amacıyla, USBM, Alman DIN 4150 ve Çevre ve Orman Bakanlığı Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği Norm'larına göre değerlendirilmiştir.

Kaydedilen tüm atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızı ve karşılık gelen frekans değerleri, USBM kriterine göre mukayese edilmek üzere Şekil 5'deki grafik üzerinde topluca gösterilmiştir. Şekil 5'de görüldüğü üzere, 1, 3 ve 4. atıma çok yakın seçilen ve Şekil 2 ve 3'de konumları ve Çizelge 3'de atımlara olan mesafeleri gösterilen 1, 2, 4, 5, 6, 11 ve 12 numaralı ölçüm istasyonlarında kaydedilen değerler, USBM normuna ait hasar limitinin üzerinde olmuştur. Özellikle NATO'ya ait bölgenin sınırına yakın istasyonlarda kaydedilen değerlerin hasar limitinin altında kaldığı görülmektedir.



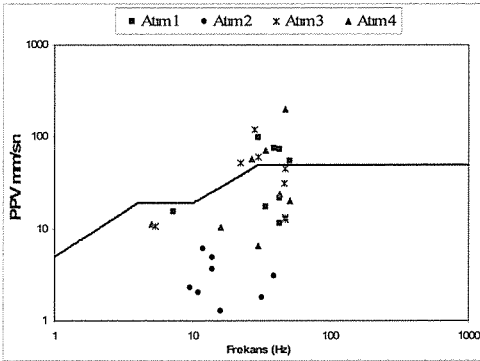
Şekil 5. PPV ve frekansların USBM kriterine göre değerlendirilmesi

Şekil 6'da ise kaydedilen tüm atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızı ve karşılık gelen frekans değerleri daha muhafazakar limitler öngören DIN 4150 Alman Normu'na ait grafik üzerinde topluca gösterilmiştir. Şekil 6'da görüldüğü üzere, 1, 3 ve 4. atımda tüm istasyonlarda kaydedilen değerler, 3 mm/sn'lik hasar limitinin üzerinde olmuştur. İstasyon noktalarına daha uzak olan 2. atımda, yakıt tanklarına yakın olan istasyonlarda kaydedilen değerlerin hasar limitinin altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 6. PPV ve frekansların DIN 4150 Alman Normu'na göre değerlendirilmesi

Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliğine göre atımlarda ölçülen maksimum parçacık hızı ve karşılık gelen frekans değerleri, mukayese edilmek üzere Şekil 7'deki grafik üzerinde de topluca gösterilmiştir. Şekil 5'de görüldüğü üzere, 1, 3 ve 4. atıma çok yakın seçilen 1, 2, 4, 5, 6, 11 ve 12 numaralı ölçüm istasyonlarında kaydedilen değerler, hasar limitlerinin üzerinde olmuştur. Özellikle NATO'ya ait bölgenin sınırına yakın istasyonlarda kaydedilen değerlerin hasar limitinin altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 7. PPV ve frekansların Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmesi

5.3. Titreşim Analizine Dayalı Basamak Tasarımı

Araştırma kapsamında yapılan atımlarda gecikme başına kullanılan maksimum

patlayıcı madde miktarlarının 61 kg olduğu düşünüldüğünde, söz konusu atımların ve bundan sonra benzer şarj miktarlarının kullanılacağı atımların, NATO'ya ait yakıt tanklarına DIN 4150 Normu'ndaki yıpranmış eski yapılarla ilgili 3 mm/sn eşik hasar limitine göre hasar verme riski bulunduğu Şekil 6'daki grafikten anlaşılmaktadır.

Söz konusu ocağın zaman içerisinde NATO'ya ait yakıt tanklarının bulunduğu yönde ilerleyeceği gözönüne alındığında bu riskin daha da artabileceği açıktır. Bu riskin azaltılabilmesi için ocaktaki atımlarda uygulanan gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı madde miktarının azaltılması gerekliliği yukarıda yapılan analizlerle anlaşılmaktadır. Bu miktarın azaltılabilmesi için, sahada özellikle NATO'ya ait yakıt tanklarının bulunduğu yönde 14 m olarak uygulanan basamak yüksekliğinin kademeli olarak azaltılması gerekmektedir.

Çizelge 4'de farklı basamak yükseklikleri ve farklı delik çapları için hesaplanan gecikme başına kullanılacak patlayıcı madde miktarları verilmiştir. İşletmenin mevcut imkanları dahilinde delik delme işleminde kullandığı 102 mm çaplı delici makinenin kullanılacağı, ateşlemede kullanılan gecikmeli elektrikli kapsüllerin kullanımına devam edileceği ve her deliğin ayrı gecikmelerde patlatılacağı düşünüldüğünde, Çizelge 4'de görüldüğü üzere, 10 m'lik basamak yüksekliğinde gecikme başına kullanılacak patlayıcı madde miktarının 45 kg, 7,5 m'de 33 kg, 5 m'de 23 kg ve 3 m'de 13 kg olacağı hesaplanmıştır.

GIS İnşaat ve Tic. Ltd. Şti'nin Taş Ocağı'nda patlatmadan kaynaklanan titreşim hareketiyle ilgili parametrelerin, özellikle de literatürde genel kabul görmüş olan maksimum parçacık hızının genliklerinin, (geçmişe ya da geleceğe yönelik) tahmininde yukarıda verilen eşitlik kullanılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmede eşik hasar limiti olarak en olumsuz koşullar düşünülerek, daha muhafazakâr limitler öngören DIN 4150 Alman Normu esas alınmıştır. Burada da yapı tipleri için yıpranmış eski yapılarla ilgili kriter düşünülmüştür. Hasar normuna göre

EŞİK HASAR için 3 mm /s'lik maksimum parçacık hızı söz konusu olmaktadır. NATO'ya ait yakıt tankları önemli ve hassas yapı olarak kabul edildiğinden, mevcut uluslararası standartlar içinde en muhafazakar hasar limitleri içeren DIN 4150 Alman Normu'nu değerlendirmelerde kullanılmıştır.

Çizelge 4. Farklı Basamak Yükseklikleri ve Delik Çapları İçin Hesaplanan Gecikme Başına Kullanılacak Patlayıcı Madde Miktarları

Basamak Yüksekliği (m)	Gecikme Başına Kullanılacak Patlayıcı Madde Miktarı (kg)		
	Delik Çapı		
	102 mm	89 mm	76 mm
10	45	35	25
7.5	33	25	18
5	23	17	13
3	13	10	7

Araştırma kapsamında sahada yapılan ölçüm sonuçlarından elde edilen eşitlik kullanılarak, farklı mesafelerde 3 mm/sn'lik hasar başlangıç sınırı dikkate alınarak gecikme başına kullanılması gereken maksimum patlayıcı madde miktarları ve buna bağlı olarak da uygulanabilecek basamak yükseklikleri Çizelge 5'de verilmiştir.

Söz konusu taş ocağında, çalışma izni istenilen alanın NATO'ya ait yakıt tanklarının bulunduğu yönde tanklara en yakın mesafesi, Şekil 2 ve 3'de görüldüğü gibi 85 m'dir. Çizelge 5'de görüleceği üzere, sahada yakıt tanklarına 85 m'de yapılacak atımlarda 3 mm/sn'lik eşik hasar limitinin oluşabilmesi için, gecikme başına kullanılması gereken maksimum patlayıcı madde miktarı, %50 tahmin hattına göre 7,5 kg, olarak hesaplanmıştır. Bu miktarın aşılması için, söz konusu ocağın yakıt tanklarına en yakın olan 85 m'lik mesafelerinde uygulanması gereken basamak yüksekliği 3 m olarak öngörülmüştür.

Çizelge 5. DIN 4150 Normu Eşik Hasar Limitine Göre Hesaplanan Gecikme Başına

Düşen Maksimum Şarj Miktarı (W) ve Öngörülen Basamak Yükseklikleri

Mesafe (m)	Eşik hasar limiti (mm/sn)	W (kg)	Öngörülen Basamak Yüksekliği (m)
85	3	7.5	3
100	3	10	3
125	3	16	5
150	3	23	7,5
175	3	31	10
200	3	41	10
250	3	64	10

Çizelge 5'de yapılan değerlendirmelerde, yine ocağın yakıt tanklarına 100 m'lik mesafelerinde hasar limitinin aşılmaması için kullanılması gereken miktar 10 kg hesaplandığından, bu mesafelerde de 3 m'lik basamak yüksekliği öngörülmüştür. Aynı şekilde yakıt tanklarına 125 m'lik mesafelerde 5 m, 150 m'lik mesafelerde 7,5 m ve 175 m'den uzak mesafelerde 10 m'lik basamak yüksekliklerinde çalışılabileceği öngörülmüştür.

Ocağın zaman içerisinde NATO'ya ait yakıt tanklarının bulunduğu yönde ilerleyeceği gözönüne alındığında, Çizelge 5'de değişik mesafeler için hesaplanan gecikme başına kullanılabilecek maksimum patlayıcı madde miktarları, işletmenin mevcut imkanları dahilinde kullandığı 102 mm'lik delik çapının, öngörülen basamak yüksekliklerine uygun olmadığını ortaya koymaktadır. Keza bu delik çapının kullanılması durumunda, sahada yapılacak atımların yakıt tanklarına hasar verme riskinin her zaman olabileceği anlaşılmaktadır.

Söz konusu sahada 3 m'lik basamak yüksekliğinde yapılacak atımlarda, 3 mm/sn'lik hasar limitinin aşılmaması için Çizelge 5'de 7,5 m olarak hesaplanan gecikme başına kullanılabilecek patlayıcı madde miktarını aşmadan uygulanabilecek delik çapının, Çizelge 5'de de görüleceği üzere 76 mm olduğu ve bu çapta gecikme başına kullanılacak patlayıcı madde miktarının da 7 kg olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde, Çizelge 4'de gecikme başına 5 m'lik basamak yüksekliğinde 13 kg, 7,5

m'lik basamak yüksekliğinde 18 kg ve 10 m'lik basamak yüksekliğinde 25 kg kullanılacağı tespit edilen patlayıcı madde miktarları, sahada yakıt tanklarından uzaklaştıkça Çizelge 5'de uygulanması öngörülen 5 m 7,5 m ve 10 m'lik basamak yükseklikleri için hesaplanan gecikme başına kullanılabilecek maksimum patlayıcı madde miktarlarından daha az olduğundan, bu basamak yüksekliklerinde de 76 mm'lik delik çapının kullanılması gerektiği anlaşılmaktadır.

Ayrıca; söz konusu sahada yakıt tanklarına 175 m'den daha uzak mesafelerde

uygulanabileceği öngörülen 10 m'lik basamak yüksekliklerinde 89 mm'lik delik çaplarında da çalışılabileceği Çizelge 4 ve 5'de hesaplanan değerlerden de anlaşılmaktadır.

Buna ilaveten, yine yukarıda elde edilen eşitlik kullanılarak Çizelge 5'de % 50 tahmin hattına göre elde edilen miktarların ocakta yapılan patlatmalarda kullanılması durumunda, değişik mesafelerde elde edilecek maksimum parçacık hızları da Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Farklı Mesafeler İçin Hesaplanan En Yüksek Parçacık Hızı (PPV)

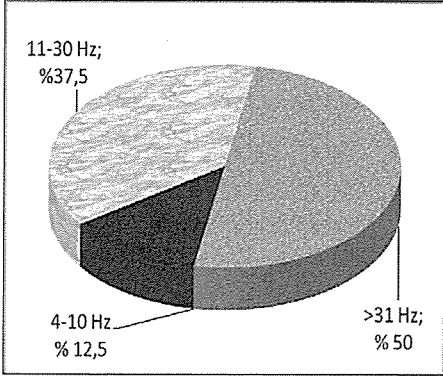
Mesafe (m)	Hesaplanan En Yüksek Parçacık Hızı -PPV (mm/sn)						
	Gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)						
	7 kg	13 kg	18 kg	25 kg	35 kg	45 kg	50 kg
50	8,2	15,2	21,0	29,2	40,8	52,4	58,2
85	2,8	5,3	7,3	10,1	14,2	18,2	20,2
100	2,1	3,8	5,3	7,3	10,2	13,2	14,6
125	1,3	2,4	3,4	4,7	6,6	8,4	9,4
150	0,9	1,7	2,4	3,3	4,6	5,9	6,5
175	0,7	1,3	1,7	2,4	3,4	4,3	4,8
250	0,3	0,6	0,9	1,2	1,7	2,1	2,4

Çizelge 6'da görüldüğü üzere, ocakta NATO'ya ait yakıt tanklarının bulunduğu yönde çalışılması düşünülen ve tanklara en yakın mesafe olan 85 m'de, 7 kg'lık gecikme başına kullanılan maksimum patlayıcı madde miktarının kullanılması durumunda, en yüksek parçacık hızı 2,8 mm/sn olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değer de, DIN 5150 Normu'nun 3 mm/sn'lik eşik hasar limitinden düşüktür. Çizelge 6'da verilen taralı bölge, farklı delik çaplarında uygulanabilecek gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarlarında mesafeye bağlı olarak ortaya çıkabilecek ve 3 mm/sn lik parçacık hızının geçilmesi riskini ortadan kaldıracak uygulama koşullarını tanımlamaktadır. Bu güvenli öneriye rağmen 85 m de 7 kg 2,8 mm/sn ve 100 m de 10 kg 2,9 mm/sn'lik parçacık hızları verebileceğinden uygulamada çok dikkatli olunması gerekmektedir.

Patlayıcı madde atımları sırasında hava şoklarının, ölçüm istasyonunda 140 dB' den yüksek değerlerinde sestən rahatsız olma, pencere camı kırılmaları ve binalarda hasar meydana gelebilmektedir. Kazı sahasında yapılan atımlar sırasında cihazları mikrofonu zemine yerleştirilerek hava şoku değerleri 115 - 130 dB arasında kaydedilmiştir. Bu değerlerin, atımların, seçilen ölçüm istasyonlarına göre çok daha uzakta bulunan çevredeki tesis ve yapılarda herhangi bir hasar yaratmayacağı gibi, cam kırılmaları ve sestən rahatsız olma gibi durumların da meydana gelmeyeceği anlaşılmıştır.

Gecikme başına düşen şarjın mevcut olanaklarla kısıtlanmaya çalışıldığı bu atımlarda; kaydedilen olaylarda ortaya çıkan maksimum parçacık hızlarına karşılık gelen frekans değerlerinin dağılımları incelendiğinde, kaydedilen 32 olaya ait titreşim frekansları değerlerinin % 12,5'1 4-

10 Hz değer aralığında, % 37,5'i 11–30 değer aralığında, % 50'si ise 31 Hz'den yüksek olmuştur (Şekil 8).



Şekil 8. Kaydedilen Frekans değerlerinin dağılımı

Ölçülen titreşim frekanslarının yüksek olması, genel olarak 5–10 Hertz düzeyinde olan yapıların öz yapısal frekanslarıyla karşılaştırıldığında, rezonans riskinin minimum düzeyde olacağını göstermektedir.

6 SONUÇLAR

İstanbul'da hammadde ihtiyaçlarını karşılamak üzere agrega üretimine yönelik faaliyetlerini sürdüren GIS İnşaat ve Tic. Ltd. Şti'nin, Çatalca İlçesinin yakınında IR8352 ruhsat sahasında bulunan taş ocağında izlenen ve ölçülen paternlerdeki test atımları sırasında, patlatmadan kaynaklanarak kayaç içinde oluşan titreşimlerin, ölçü alınan noktalar itibarıyla çevrede bulunan NATO'ya ait yakıt tanklarına hasar yaratma riski açısından etkili olabileceği anlaşılmaktadır.

Ancak; araştırma kapsamında yapılan analizler sonucunda, söz konusu sahada uygulanan patlatma tasarımına yönelik yukarıda verilen öneriler ışığında, ocağın NATO sınırına yakın 85 – 100 m'lik mesafelerinde yapılacak patlatmalarda 3 m'lik basamak yüksekliğinin, 125 m'lik mesafelerinde 5 m'lik basamak yüksekliğinin 150 m'lik mesafelerinde 7,5 m'lik basamak yüksekliğinin ve 175 m'den daha uzak mesafelerde ise 10 m'lik basamak

yüksekliğinin uygulanması durumunda ortaya çıkacak titreşimlerin NATO'ya ait yakıt tanklarında hasar yaratma riski açısından etkili olamayacağı anlaşılmaktadır.

Ancak bu riskin, başarısız ya da uygun olmayan tasarımlar sonucunda varolabileceği de unutulmamalıdır. Keza başarısız tasarımların uygulandığı durumlarda yakındaki yerleşim birimlerinde veya ocakların içindeki yapı ve personele yönelik istenmeyen kaya fırlaması sonucu mal ve can kayıpları da söz konusu olabileceği göz önünde tutulmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sırasında, gerek arazi çalışmalarında gerekse diğer faaliyetlerde her türlü yardımda bulunan GIS İnşaat ve Tic. Ltd. Şti.'nin yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği (Proje No: 429/13092005), Devlet Planlama Teşkilatı (Proje No: 2005K120990) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (Proje No: MİSAG-283) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği, Devlet Planlama Teşkilatı ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na finansal destekleri için teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- Dowding, C.H, 1985, *Blast Vibration Monitoring and Control*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ, pp. 119-126.
- Felice, J.J, 1993, Applications of Modelling to Reduce Vibration and Airblast Levels, *4th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*, Vienna, 5-8 July 1993.
- Johnston, G.J, Durucan, S, 1994, The Numerical Prediction, Analysis and Modelling of Ground Vibration Induced by Blasting, *Third International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection*, Istanbul, 18-20 October 1994.

- Kahriman, A, Özer, U, Aksoy, M, Karadoğan, A, Tuncer, G 2006a, Environmental impacts of bench blasting at Hisarcik Boron open pit mine in Turkey, *International Journal of Geosciences Environmental Geology*, Springer Press, DOI 10.1007/s00254-006-0274-5, pp.1015–1023.
- Kahriman, A.,Özer, U, Karadoğan, A., Aksoy, M, Adıgüzel, D., Akaya, U. G, 2006b, *Çatalca Yöresi Gİs İnşaat ve Tic. Ltd. Şti'nin IR8352 Ruhsat Sahasındaki Taş Ocağında Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin Ölçümü ve Nato'ya Ait Yakıt Tanklarına Etki Etmeyecek Tarzda Tasarımının Yapılması*, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Döner Sermaye Projesi. İstanbul.
- Kahriman, A, 2004, Analysis of parameters of ground vibrations produced from bench blasting at a limestone quarry, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 24, Elsevier, London, U.K, pp. 887-892.
- Özer, U, Kahriman, A, Adıgüzel, D, Aksoy, M, Karadoğan, A, 2007, The Investigation of Ground Vibrations Induced by Bench Blasting at Different Quarries at Çatalca District in Turkey, *The Thirty-Three Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*, January 28 -31, 2007 Nashville, Tennessee, USA. Volume I. pp 241-253.
- SPSS, Statistical Software, SPSS 11.5 for Windows.

Uşak Kışladağ Altın Madeninde Önkesme Patlatmasından Kaynaklanan Hava Şoku Basıncı Analizi

Preslipt Blast Induced Air Overpressure Investigation At Uşak Kışladağ Gold Mine

Onur Bigikoçin, Hasan Aydın Bilgin

Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

ÖZET Önkesme patlatması uygulamalarında, yüksek hava şoku basıncı veya ani gürültü olarak adlandırılan havada ilerleyen enerji dalgaları oluşur. Bir açık işletmede veya çevresinde patlatmadan kaynaklanan hava şoku; ateşlenen patlayıcı miktarı, patlatma yeri ile ölçüm yeri arasındaki uzaklık ve hava şartları gibi pek çok unsura bağlı olarak değişebilir. Bu sebeple herhangi bir açık işletmede veya çevresinde gürültü durumunun değerlendirilmesi ve belirlenmesi gereklidir.

Bu araştırmada, Kışladağ Altın madeninde önkesme patlatması uygulamasından kaynaklanan hava şoku ölçülüp kaydedilmiş, incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışmada, patlayıcı miktarı, ölçüm istasyonlarına veya yerleşim alanlarına olan uzaklık, rüzgar yönü, rüzgar hızı gibi parametreler kaydedilmiş, incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Türk Yönetmeliğinde patlatma kaynaklı hava şoku için izin verilen sınır değer belirtilmediği ancak özel durumlarda ek gürültü göstergeleri kullanımına izin verildiği için değerlendirmede A.B.D. standardı esas alınmıştır. Ölçülen hava şoku değerlerinin A.B.D. standartlarına uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

ABSTRACT In presplit blasting operations airborne energy called air blast overpressure or impulsive sound is produced. The air blast induced by blasting may vary significantly at or around an open pit mine depending on several parameters such as the amount of charge detonated, the physical distance between the blast and the monitoring locations and the weather conditions. Therefore evaluation and assessment of air blast condition at or around an open pit mine is necessary.

In this research study the airblast conditions induced by presplit blasting operations at Kışladağ Gold Mine are monitored, recorded, analysed and evaluated. In this research study, several parameters such as the amount of charge, the physical distance to the location of monitoring device or residential structures and the weather condition parameters such as wind direction, wind speed were recorded, analyzed and evaluated. No permitted level is set for blasting induced air blast in Turkish Regulation. However, Turkish Regulation permits the use of special noise criteria under certain circumstances such as blasting therefore US Federal Regulation is taken as a basis for compliance evaluation. The monitored air blast levels are found to be in compliance with US Federal Regulation.

1. GİRİŞ

Madencilik sektöründe hammadde üretimi için yapılan kaya kazılarını gerçekleştirmenin verimli ve ekonomik yollarından biri patlatmalı kaya kazısı uygulamaktır. Patlatmalı kaya kazıları yararlarının yanı sıra titreşim ve hava şoku gibi çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunları en az seviyeye indirmek için gerekli ölçüm ve değerlendirme çalışmaları yapılmalıdır.

Uşak Kışladağ Altın madeninde açık işletme yöntemi ile altın cevheri üretilmektedir. Bu madendeki ön kesme patlatmalarından kaynaklanan hava şoku değerleri üç ayrı yerleşim birimi yönünde ölçülüp, bu yerleşimlere olan etkileri tüm yönleriyle yorumlanıp değerlendirilmiştir. Bu bildiride ise bunlardan sadece Karapınar mahallesine olan etkiler incelenmiştir.

2. PATLATMA KAYNAKLI HAVA ŞOKUNUN ÖZELLİKLERİ VE HASAR KRİTERLERİ

Hava şoku patlatma ile oluşan istenmeyen etkilerden biridir. Hava şoku ender olarak binalarda hasara yol açsa da yarattığı ani ve güçlü gürültü sebebiyle yakında yerleşimlerdeki kişiler için şikayet kaynağıdır. Patlatma ile oluşan hava şoku düzeyleri desibel (dB) cinsinden ifade edilmekte ve sahip olduğu büyüklük oranında hasar yaratmaktadır. Ülkemiz Gürültü Yönetmeliğinde patlatma kaynaklı hava şoku değerlendirmesi için herhangi bir sınır değer bulunmadığı için A.B.D. tarafından saptanmış sınır değerler çalışmada kullanılmıştır.

Hava şoku patlatmadan kaynaklanan, havada yayılan basınç dalgalarıdır. Havanın makaslama direnci olmadığı için sadece basınç dalgaları taşınır. Hava şoku dalgaları genellikle yer sarsıntılarına göre 5-20 kat daha yavaş yayılır ve patlatma yerinden uzaklaştıkça sönümlenir. Hava şoku

incelemelerinde incelenmesi gereken en önemli parametreler gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarı ve ölçüm istasyonuna olan uzaklıktır. Ayrıca sıkılamanın derecesi de önemli bir parametredir. Sıkılamanın derecesinin düşmesiyle birlikte oluşan hava şoku seviyesi artmaktadır. Ön kesme delikleri uygulanan patlatma tekniği gereği sıkılamasız patlatıldıkları için olağan olarak yüksek düzeyde hava şoku üretme riski taşımaktadırlar.

Hava şoku yayılımı başta rüzgar hızı ve yönü olmak üzere meteorolojik koşullardan da etkilenmektedir. Bu sebeple hava şoku yayılımının değerlendirilmesinde meteorolojik koşullar da dikkate alınmalıdır.

2.1 Hava Şoku Ölçümü:

İnsan kulağı geniş bir aralıktaki frekanslara hassas olduğundan ses genellikle aritmetik yerine logaritmik ölçekle ifade edilir. Hava şoku dB cinsinden aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$dB = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

P : Ölçülen ses basıncı değeri (Pa)

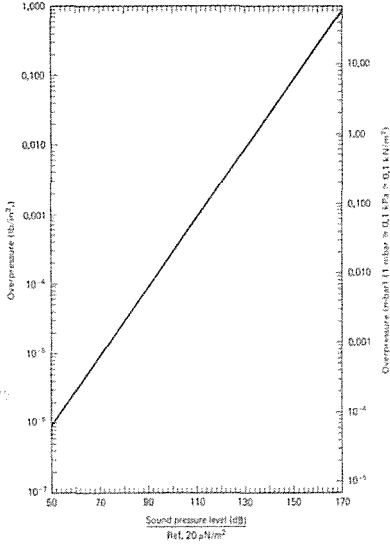
P₀: Atmosferik hava basıncı (Pa)

Ses basıncını doğrudan desibel cinsinden ifade etmek için Şekil 2.1'deki grafikten yararlanılabilir.

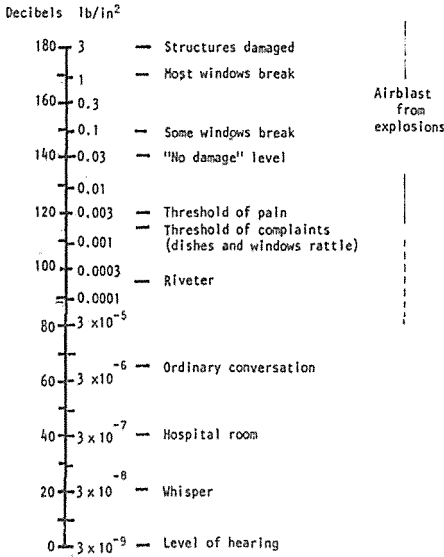
İnsanların ve binaların ses basıncına verdikleri tepkiler ise Şekil 2.2 de gösterilmiştir.

Hava şoku birçok aletle ölçülebilmektedir fakat binalarda hasar yaratan düşük frekanslı dalgaları (1 - 30 Hz) ölçebilen aletler tercih edilmelidir. Hava şoku ölçümlerinde 3 farklı ağırlıklı ölçek kullanılmaktadır. Bunlar A , C ve L ağırlıklı ses düzeyleridir. Şekil 2.3 te A, C ve L cinsi ağırlıklı ses düzeylerinin sahip oldukları frekans spektrumu gösterilmiştir. A ve C ağırlıklı ses düzeyleri düşük frekansları

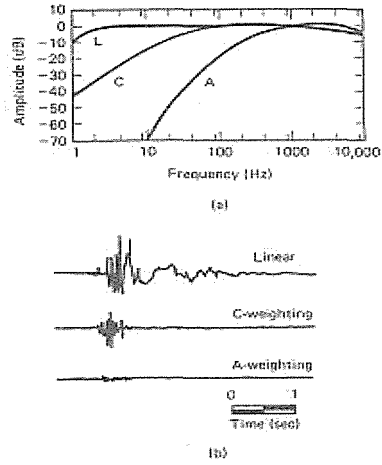
ölçemedikleri için hava şoku ölçümlerinde L ağırlıklı ses düzeyleri kullanılmalıdır. (Dowding, 1985). L ağırlıklı ses düzeyi özellikle binalar için ölçülmesi gerekli olan 5-20 Hz arası frekansları doğru olarak ölçebilmektedir.



Şekil 2.1. Hava şoku seviyelerinin dB cinsinden eşdeğerleri (Siskind vd., 1976).



Şekil 2.2 Hava şoku seviyelerine insanların ve binaların verdikleri tepkiler (Ladegaard-Pedersen ve Dally, 1975).



Şekil 2.3. Farklı ağırlıklı ses düzeyi ölçümlerinin hava şoku kayıtlarına etkisi a) ağırlıklı ses düzeylerinin frekans spektrumu; b) Zamana göre karşılaştırmaları (Siskind ve Summers, 1974).

2.2 Hava Şoku Dalgalarının Yayılımı:

Farklı miktarlarda ve farklı mesafelerde patlatılan patlayıcılardan oluşan hava şoku dalgalarının karşılaştırılması için ölçekli mesafe yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem eşdeğer ölçekli mesafelerde eşdeğer hava şoku dalgalarının oluştuğunu varsayar.

$$r = \frac{R}{W^{1/3}}$$

r = Ölçekli Mesafe (m/kg^{1/3})

R = Patlatma yerine olan uzaklık (m)

W = Patlatılan patlayıcı miktarı (kg) (Siskind, 1980).

Hava şoku yayılımında veriler daha az dağılım gösterdiği için genellikle küp kök tipi ölçekli mesafe yöntemi tercih edilir.

Kullanılan patlayıcı miktarı ve patlatma yerine olan uzak dışında meteorolojik koşullar da hava şoku yayılımında etkili olmaktadır. Rüzgar hızı, yönü ve ayrıca sıcaklık inversiyonu önemli parametrelerdir.

3. HAVA ŞOKU ÖLÇÜM YÖNTEMİ

3.1 Ölçüm cihazları

Ölçümlerde yer sarsıntısı ve hava şokunu ölçüp kaydedebilen dijital sismograflar kullanılmıştır. Cihazlar asgari 100 dB düzeyinde gürültü ölçümü yapabilmektedir. Cihazlar tarafından kaydedilen hava şoku kayıtları cihazla birlikte sağlanan yazılımla bilgisayara aktarılmıştır.

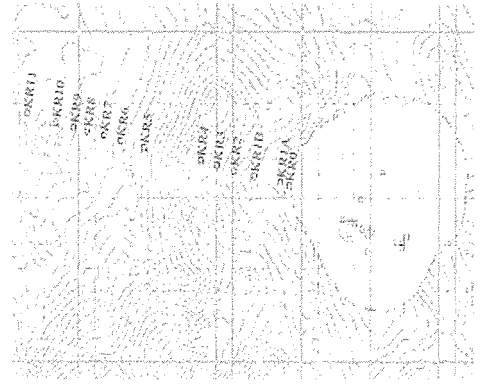
4. UŞAK KIŞLADAĞ ALTIN MADENİNDE HAVA ŞOKU ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Ön Kesme Patlatma Yöntemi ve Ölçüm İstasyonlarının Belirlenmesi

Kışladağ Altın Madeninde şev duraylılığını artırmak için ön kesme patlatmaları yapılmaktadır. Delikler 165 cm çapında ve 1.6 – 1.7 m aralıklarla delinmektedir. Delik boyu 10 metredir. Genellikle patlatmalar 5 veya 6 delikten oluşan gruplar halinde gerçekleştirilmektedir. Bazen 7'li veya 8'li gruplar da patlatılabilmektedir. Bir delikte yaklaşık 7 kg patlayıcı madde olduğu için gecikme başına patlatılan patlayıcı miktarı 35 kg ve 56 kg arasında değişmektedir. Delikler sıkılanmamaktadır.

Bu çalışmada ön kesme patlatmalarından kaynaklanan hava şokunun sadece Karapınar Mahallesi'ne olan etkileri incelenmiştir. Bu sebeple Karapınar mahallesi yönünde ölçüm istasyonları kurulmuştur (Şekil 4.1).

Ocak sınırlarının en son hali kapalı zikzaklı çizgi ile gösterilmiş, ön kesme patlatmaları ise koyu gri noktalarla ifade edilmiştir. Ocak sınırı ile Karapınar mahallesi'ne en yakın olan KR-10 istasyonu arasındaki uzaklık 1402 metredir.



Şekil 4.1 Karapınar Mahallesi yönünde kurulan ölçüm istasyonları

4.2 Hava Şoku Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Karapınar Mahallesi güzergahında alınan tüm kayıtlar Tablo 4.1 de gösterilmiştir. Alınan tüm kayıtlar değerlendirildiğinde Karapınar mahallesi yönünde kaydedilen hava şoku değerleri 133 dB'in altında olduğundan A.B.D. standardına tümüyle uymaktadır. Bir başka deyişle kaydedilen değerlerin tümü hasar oluşması için verilen sınır değer (140 dB, Şekil 2.2) altındadır. Kayıtlar yönetmeliklere uygun olduğu halde ileride oluşabilecek sorunlardan tamamen kurtulmak için hava şoku yayılma dinamiği ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir.

Elde edilen kayıtlardan hava şokunun 850 m ve 1450 m arasında 127 dB'in altında olduğu gözlemlenmiş ve 1450 m den sonra kesin olarak 119 dB'in altına düştüğü gözlemlenmiştir. 127 dB ve 119 dB aralığı izin verilen sınırlar içerisinde olmasına rağmen şikayetlere yol açabilmektedir. 1450 metreden sonra kaydedilen 117 dB ve 106 dB arasındaki değerler ise izin veriler sınırların içerisinde ve yerleşim birimlerinde rahatsızlığa yol açmayacak düzeydedir.

Tablo 4.1 Karapınar Mahallesi Boyunca Alınan Hava Şoku Kayıtları

İstasyon Kodu	Patlayıcı Miktarı Q (kg)	Uzaklık D (m)	Ölçekli Mesafe SD (m/kg ^{1/3})	Hava Şoku dB
KR3	42.00	1132.40	325.77	127.8
KR4	42.00	1230.36	353.96	127.0
KR9	42.00	1980.39	569.73	114.0
KR2	44.44	855.22	241.44	127.9
KR7	44.44	1616.45	456.35	106.0
KR2	42.00	667.86	192.13	125.9
KR6	42.00	1338.61	385.10	106.5
KR1A	49.00	470.11	128.47	129.8
KR1B	49.00	618.91	169.13	131.1
KR6	49.00	1401.58	383.02	126
KR1A	42.00	414.46	119.23	123.6
KR1B	42.00	563.75	162.18	125.4
KR7	42.00	1445.38	415.81	119.0
KR1A	35.00	444.51	135.89	126.2
KR1-A0	42.00	720.56	207.29	131.6

Karapınar Mahallesi yönünde hava şoku yayılımında rüzgar hızı ve yönünün etkilerini incelemek amacıyla madenin meteoroloji istasyonundan gerekli veriler alınmıştır. Rüzgar hızı Karapınar Mahallesi güzergahına paralel ve dik yönde olmak üzere iki bileşene ayrılmıştır. Güzergaha paralel olan bileşen, hava şoku dalgalarının istasyon yönünde rüzgara karşı mı yoksa rüzgar yönünde mi ilerlediğini belirler. Karapınar mahallesi yönünde alınan hava şoku kayıtları aynı zamandaki rüzgar hızı ve yönü değerleriyle eşleştirilmiştir. Kayıtların artan uzaklığa göre sıralanmış şekli Tablo 4.2 de gösterilmiştir.

Normal hava koşullarında rüzgar etkisi olmadığı durumlarda artan ölçekli mesafe ile hava şokunun sönümlenmesi beklenir. Bu sebeple rüzgar etkisini gözlemek için birbirine yakın değerlerdeki ölçekli mesafelerde ölçülen hava şoku değerleri birbirleri ile karşılaştırılmalıdır. Karapınar Mahallesi açık ocağın kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 4.1). Bu sebeple rüzgar hızı paralel bileşeninin pozitif olması hava şoku dalgalarının rüzgara karşı, negatif olması ise rüzgar yönünde ilerlediğini gösterir.

KR1A istasyonunda 119.23 m/kg^{1/3} ölçekli mesafesinde 123.60 dB değeri ölçülmüştür. Aynı istasyonda 128.47 m/kg^{1/3} ölçekli

mesafesinde ölçülen hava şoku değeri 129.80 dB'dir. Ölçekli mesafe arttığı halde hava şoku basıncı da artmıştır. Bu beklenmeyen durum rüzgar etkisi ile açıklanabilir. Rüzgar hızının KR1A istasyonu yönündeki paralel bileşenleri sırasıyla +1.787 m/s ve +1.157 m/s'dir. Hava şoku dalgaları rüzgara karşı yönde ilerlediği için rüzgar hızındaki düşüşün hava şoku basıncısını 123.60 dB'den 129.80 dB'e çıkarttığı düşünülebilir.

KR1B istasyonunda 162.18 m/kg^{1/3} ölçekli mesafesinde 125.40 dB değeri kaydedilmiştir. Aynı istasyonda 169.13 m/kg^{1/3} ölçekli mesafesinde kaydedilen hava şoku basıncı ise 131.10 dB'dir.

KR1B istasyonunda ölçekli mesafenin artmasına rağmen hava şoku basıncındaki bu artış rüzgar hızının KR1B istasyonu yönündeki paralel bileşeninin +1.787 m/s'den +1.157 m/s değerine düşmesiyle açıklanabilir. Ayrıca KR2 ve KR1-A0 istasyonlarında 192.13 m/kg^{1/3} ve 207.29 m/kg^{1/3} ölçekli mesafelerinde sırasıyla 125.90 dB ve 131.60 dB değerleri ölçülmüştür. Ölçekli mesafedeki artışa rağmen hava şoku basıncındaki bu artış, rüzgar hızının bu istasyonlar yönündeki paralel bileşeninin 2.774 m/s 'den 0.064 m/s değerine düşmesiyle diğer bir deyişle KR2 istasyonundaki ölçümde rüzgarın hava şoku dalgalarını daha çok engellemesiyle açıklanabilir.

Karapınar Mahallesi güzergahında rüzgar hızındaki değişimlerin yanı sıra, rüzgar yönlerindeki değişimlerin de kaydedilen hava şoku basıncını etkilediği gözlenmiştir. KR2 ve KR3 istasyonlarında 241.44 m/kg^{1/3} ve 325.77 m/kg^{1/3} ölçekli mesafelerinde sırasıyla 127.90 dB ve 127.80 dB değerleri kaydedilmiştir.

Tablo 4.2 Karapınar Mahallesi Boyunca Alınan Hava Şoku Kayıtları

İstasyon	Uzaklık (m)	Patlayıcı Miktarı (kg)	SD ($m/kg^{1/3}$)	Hava Şoku dB	Rüzgar Hızı (m/s)	Rüzgar Yönü (N°)	Paralel Bileşen (m/s)	Normal Bileşen (m/s)
KR1A	414,46	42,00	119,23	123,60	1,93	302,79	1,79	0,71
KR1A	444,51	35,00	135,89	126,20	2,53	325,18	1,81	1,76
KR1A	470,11	49,00	128,47	129,80	1,72	328,59	1,16	1,27
KR1B	563,75	42,00	162,18	125,40	1,93	302,79	1,79	0,71
KR1B	618,91	49,00	169,13	131,10	1,72	328,59	1,16	1,27
KR2	667,86	42,00	192,13	125,90	3,50	318,50	2,77	2,13
KR1-A0	720,56	42,00	207,29	131,60	2,79	9,69	0,06	2,79
KR2	855,22	44,44	241,44	127,90	1,70	263,01	1,61	-0,52
KR3	1132,40	42,00	325,77	127,80	3,09	57,62	-2,25	2,12
KR4	1230,36	42,00	353,96	127,00	3,09	57,62	-2,25	2,12
KR6	1338,61	42,00	385,10	106,50	3,50	318,50	2,77	2,13
KR6	1401,58	49,00	383,02	126,00	1,72	328,59	1,16	1,27
KR7	1445,38	42,00	415,81	119,00	1,93	302,79	1,79	0,71
KR7	1616,45	44,44	456,35	106,00	1,70	263,01	1,61	-0,52
KR9	1980,39	42,00	569,73	114,00	3,09	57,62	-2,25	2,12

Ölçekli mesafedeki önemli artışa rağmen kaydedilen hava şoku basıncı aynı kalmıştır. Bu beklenmeyen durumun rüzgarın KR2 istasyonunda +1.613 m/s hızında hava şokuna karşı esmesi ve KR3 istasyonunda hava şoku dalgaları ile aynı yönde ve -2.248 m/s hızında esmesi nedeniyle (hava şoku dalgalarını istasyona doğru ötelemesiyle) oluştuğu söylenebilir. Rüzgar hızının KR2 istasyonu doğrultusundaki paralel bileşeni +1.613 m/s ve hava şoku dalgalarına karşı iken, KR3 istasyonunda aynı yönde -2.248 m/s olmasının kaydedilen hava şoku basıncını artırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca KR7 ve KR9 istasyonlarında $456.35 \text{ m/kg}^{1/3}$ ve $569.73 \text{ m/kg}^{1/3}$ ölçekli mesafelerinde sırasıyla 106.0 dB ve 114.0 dB değerleri kaydedilmiştir. Ölçekli mesafedeki artışa karşılık hava şoku basıncındaki bu beklenmeyen artış gene rüzgar hızı ve yönündeki değişim etkisiyle açıklanabilir.

Karapınar Mahallesi güzergahında rüzgarın hava şoku yayılımında önemli bir rol oynadığı gözlenmiştir. Rüzgar hızı ve yönü mevsim şartlarına göre değişebilmektedir. Özellikle kışın daha yüksek hızlarla esmesi beklenir. Alınan

ölçümler yaz aylarında yapıldığı için, rüzgar etkisinin hava şoku yayılımındaki etkisini tam olarak bulabilmek için kışın da ölçümler yapılmalıdır. Mevcut ölçümler sonucunda Kışladağ Altın Madenindeki patlatmaların Karapınar mahallesi açısından izin verilen sınırlar içinde olduğu bulunmuştur. Fakat ileride ocak sınırları genişleyeceği için oluşabilecek herhangi bir sorun riskini azaltmak için kullanılan delik çaplarının küçültülmesi ve gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarının 35 kg ile sınırlandırılması önerilmiştir.

5. SONUÇ

Bu araştırma kapsamında Uşak Kışladağ Altın Madeninde ön kesme patlatmalarından kaynaklanan hava şoku ölçülüp kaydedilmiş ve hava şoku durumu incelenip değerlendirilmiştir. Türk yönetmeliğinde patlatmadan kaynaklanan hava şoku için bir sınır değeri verilmemiş bu araştırmada A.B.D. yönetmeliğindeki hava şoku için belirlenmiş 133 dB (L) sınır değeri kullanılmıştır. Ölçülen değerlerin A.B.D. Federal Tüzüğüne uygun olduğu sonucuna

varılmıştır. Ancak ön kesme patlatmalarından kaynaklanan hava şokunun kişilerde yaratabileceği korku ve endişe sebebiyle hava şoku detaylı olarak incelenmiştir. Ölçülen değerler yapısal hasara yol açabilecek olan 140 dB (L) değerinden oldukça düşüktür. Diğer bir deyişle Kışladağ Altın Madenindeki ön kesme patlatmalarının herhangi bir yapısal hasara yol açmayacağı anlaşılmıştır. Bu çalışmada hava şoku insanları rahatsız etmeyecek olan 117 dB (L) sınırında tutulmaya çalışılmıştır. Karapınar Mahallesi güzergahında alınan ölçümler sonucunda hava şokunun 850 m ve 1450 m arasında 127 dB değerinin altında olduğu ölçülmüştür. 1450 m ve daha sonrasında ise hava şoku 119 dB değerinin altındadır. Karapınar Mahallesi ve açık ocak arasındaki en kısa mesafe 1402 metre olduğundan hava şoku değerleri A.B.D. Tüzüğüne uygundur.

Hava şoku yayılımında gecikme başına patlayıcı miktarı ve patlatma yerine olan uzaklık dışında rüzgar hızı ve yönü de etkili olmaktadır. Çalışmanın yapıldığı yaz aylarına göre kışın rüzgar farklı yönlerden ve daha güçlü eseceği için hava şoku ölçümleri kışın da sürdürülmelidir.

Ocak sınırlarının ileride daha da genişleyeceği göz önünde bulundurularak ve oluşabilecek tüm şikayetleri ortadan kaldırmak için gecikme başına kullanılan patlayıcı miktarının 35 kg ile sınırlandırılması veya tercihen 35 kg'ın altında tutulması önerilmiştir. Ayrıca şu an kullanılan delik çaplarının küçültülmesi ve patlatmaların rüzgar hızının yüksek ve

yönünün yerleşim birimlerine doğru estiği günlerde ertelenmesi önerilmiştir.

6.TEŞEKKÜR

Bu araştırma sırasında ve gerek arazi çalışmaları sırasında her türlü desteği sağlayan TÜPRAG şirketi yetkililerine teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKLAR

- Bilgin, H.A., Hacıosmanoğlu, E. ve Çakmak, B., 2007, Environmental Impact Assessment for Blasting Operations at Kışladağ Gold Mine, Project Code: 06-03-05-2-00-06, METU, Ankara, Final Report, 89 p.
- Bigikoçın, O., 2007, Presplit Blast Induced Air Overpressure Investigation at Kışladağ Gold Mine, Master Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 130 p.
- Dowding, C.H., 1985, Blast Vibration Monitoring and Control, Prentice-Hall, 297 p.
- Siskind D, Stachura VJ, Raddiffe KS (1976) "Noise and vibrations in residential structure from quarry production blasting.", USBM Report of Investigations RI8168.
- Siskind, D. E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H., 1980, Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting, RI 8507, United States Department of the Interior, 75 p.

BLİ Orhaneli İşletmesi Gümüşpınar Köyü Patlatma Risk Etüdü *BLİ Orhaneli Management Gümüşpınar Village Blasting Risk Assessment*

H.Aydın BİLGİN

ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara

H. Sinan İNAL

NİTROMAK A.Ş., Ankara

ÖZET NİTROMAK A.Ş. BLİ-Orhaneli Linyit İşletmesinde patlatma hizmetlerini yürütmeye 4 Mayıs 2005 tarihinde patlatma hizmetine başlamıştır. BLİ İşletmesinin çok yakınında Gümüşpınar Köyü bulunmakta olup, köylüler geçmişte açık ocak kömür madeni işletmesinde yapılan basamak usulü patlatmaların yol açtığı yer sarsıntılarında zaman zaman şikayetçi ve tedirgin olmuşlardır. Hatta bazıları binalarında çatlamalar olduğu iddiasıyla bu hususu dava konusu yapmışlardır. Bu nedenle, araştırma ekibi tarafından, işe başlamadan önce mevcut jeolojik yapı ve Gümüşpınar Köyündeki binaların halihazır durumu da göz önüne alınarak bir durum tespiti ve patlatma kaynaklı muhtemel yer sarsıntıları için bir risk analizi araştırması gerçekleştirmiştir.

Yapılan inceleme, analiz ve değerlendirmeler neticesinde gerek Gümüşpınar halkının duyduğu tedirginliği en aza indirecek gerekse de binalarda hasar riskini ortadan kaldıracak en uygun sonuçlara başarıyla ulaşılmıştır. Bu bağlamda risk durumu araştırılmış, maden sahası risk bölgelerine ayrılmış, binalarda hasara yol açmamak amacıyla izin verilebilecek sarsıntı hızı üst sınır değeri belirlenmiş, buna göre hangi bölgede ve kaç metre mesafe dahilinde, binalara hasar vermeyecek biçimde aynı anda (aynı gecikmede) kaç kilogram patlayıcı maddenin güvenle patlatılabileceği saptanmıştır. Ayrıca alınması gerekli görülen teknik ve idari tedbirler belirlenmiş ve önerilmiştir.

ABSTRACT NİTROMAK A.Ş. has started providing blasting services at BLİ Orhaneli Open Pit Coal mine on 4th of May 2005. Within the close neighborhood of BLİ Orhaneli Coal Mine Gümüşpınar Village is located and the residents of this village has suffered from blasting induced ground vibrations in the past. Moreover some of the villagers have carried their complaints to the court. Due to this fact, research team has performed a blast-induced ground vibrations risk assessment study before the blasting work is started, by considering the geology of the area and the current condition of the buildings in the Gümüşpınar village.

After the monitoring studies , analysis and evaluation works, necessary results required for minimizing the complaints of Gümüşpınar villagers and eliminating the risk of damaging the buildings were achieved succesfully. In order to achieve these results, risk potentials were investigated, mine and village site were divided into risk areas and allowable ground vibration limit values were determined with the suitable blastable charge per delay for each of these risk areas, separately. In addition, necessary technical and managerial precautions were recommended.

1 GİRİŞ

BLİ-Orhaneli Linyit İşletmesinde patlatma hizmetleri ihalesini NİTROMAK A.Ş. kazanmış ve BLİ İşletme Müdürlüğü ile NİTROMAK A.Ş. arasında imzalanmış bulunan sözleşme gereği NİTROMAK A.Ş., 3 Mayıs 2005 günü yer teslim tutanağını imzalayarak 4 Mayıs 2005 tarihinde patlatma hizmetine başlamıştır. BLİ İşletmesinin çok yakınında Gümüşpınar Köyü bulunmakta olup, köylüler geçmişte yerüstü kömür madeni işletmesinde yapılan basamak usulü patlatmaların yol açtığı yer sarsıntılarının zaman zaman şikayetçi ve tedirgin olmuşlardır. Hatta bazıları binalarında çatlamalar olduğu iddiasıyla bu hususu dava konusu yapmışlardır. Bu nedenle NİTROMAK A.Ş. işe başlamadan önce mevcut jeolojik yapı ve Gümüşpınar Köyündeki binaların halihazır durumu da göz önüne alınarak bir durum tespiti ve patlatma kaynaklı muhtemel yer sarsıntıları için bir risk analizi araştırması yapılması için çalışmalar başlatmıştır.

Çalışmalar, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü yönetim ve denetiminde gerçekleştirilmiş olup 2.5 aylık yoğun ve titiz bir çalışma süreci sonunda tamamlanmıştır. Yapılan inceleme, analiz ve değerlendirmeler neticesinde gerek Gümüşpınar halkının duyduğu tedirginliği en aza indirecek gerekse de binalarda hasar riskini ortadan kaldıracak optimum sonuçlara başarıyla ulaşılmıştır. Bu bağlamda risk durumu araştırılmış, maden sahası risk bölgelerine ayrılmış, binalarda hasara yol açmamak amacıyla izin verilebilecek sarsıntı hızı üst sınır değeri belirlenmiş, buna göre hangi bölgede ve kaç metre mesafe dahilinde, binalara hasar vermeyecek biçimde aynı anda (aynı gecikmede) kaç kilogram patlayıcı maddenin güvenle patlatılabileceği saptanmıştır. Ayrıca alınması gerekli görülen

teknik ve idari tedbirler belirlenmiş ve önerilmiştir.

2 YAPILAN ÇALIŞMALAR

Araştırma ekibi Orhaneli İşletmesine giderek 15 Nisan 2005 günü çalışmalarına başlamıştır. 15 Nisan 2005 günü işletme yetkilileri ile ve ayrıca köy muhtarı ile görüşülerek başlanan çalışmalara daha sonra işletmede yürütülen patlatma faaliyetleri hakkında bilgiler alınarak devam edilmiş ve saha gezilerek incelenmiştir. Bu incelemede kömür madeninin sınırları ile en yakındaki binalar arasındaki mesafeler araştırılmış, yapılacak sarsıntı ölçümleri için güzergahlar belirlenmiştir.

Araştırma tarafından yapılan sarsıntı ölçümleri 15 Nisan 2005 ile 15 Haziran 2005 tarihleri arasında İşletmede yapılan tüm patlatmaları kapsayacak şekilde kesintisiz devam etmiştir. 4 Mayıs 2005 tarihinden sonra patlatma işini Nitromak A.Ş. devir almıştır. Bu tarihten 15 Haziran 2005 tarihine kadar geçen zaman içerisinde Nitromak A.Ş.'nin yaptığı patlatmalar 7 ayrı güzergah üzerinden ölçülmüştür. Üniversite ve Nitromak A.Ş. tarafından yapılan 2 aylık çalışma sonunda tek delik patlatmaları ve grup patlatmaları dahil toplam 643 adet sarsıntı ölçümü alınmıştır. Bu ölçüm kayıtlarının 583 adedi mevcut hatlar üzerinde oluşturulan istasyonlarda ve zeminde, 60 adedi ise kömür ocağı sınırına en yakın binalarda ve daha önce TKİ tarafından yapılan patlatmalar sırasında sarsıntılardan şikayeti olan köylülerin evlerinde alınmıştır. Ayrıca kontrol amacı ile 1 Temmuz 2005 tarihinde eş zamanlı olarak hem zeminde, hem de binalarda olmak üzere 17 adet daha sarsıntı ölçümü yapılmış ve kayıt alınmıştır. Böylece çalışma döneminde yapılmış olan sarsıntı ölçümlerinin toplam sayısı 660'a ulaşmıştır.

3 YENİ PATLATMA DÜZENLERİ SIRASINDA ALINAN KAYITLARIN DEĞERLENDİRMESİ

4 Mayıs 2005 tarihi öncesinde yapılan BLİ-Grup patlatmaları ve tek delik patlatmaları sırasında yapılan ölçümlerin sonuçları risk ön analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda önceden uygulanan delik düzenleri daraltılarak ve patlayıcı miktarları kısıtlanarak yeni patlatma düzenleri geliştirilmiş ve mesafeye bağlı olarak gecikme başına güvenli patlatılabilecek patlayıcı miktarları saptanmış ve önerilmiştir. Hazırlanan yeni patlatma düzenleri ve önerilen patlayıcı miktarlarının uygulanması sırasında alınan sarsıntı kayıtlarının değerlendirmesi aşağıda sunulmuştur.

3.1 Ölçülen Sarsıntı Hızlarının Değerlendirilmesi

Yeni düzen ile yapılan patlatmalar, binalara 150 m ve daha uzak mesafelerde gerçekleştirilmiştir. En yüksek sarsıntı hızı, 130 m mesafede ve boş (bina bulunmayan) arazide 16,00 mm/s olarak ölçülmüştür. Boş arazide kaydedilen diğer yüksek hızlar 14,60 mm/s, 13,59 mm/s, 12,45 mm/s, 10,66 mm/s ve 10,40 mm/s'dir. Binalara yakın kesimde ve zeminde ölçülen yüksek hızlar sırası ile 7,37 mm/s, 6,22 mm/s, 5,96 mm/s, 5,72 mm/s'dir. A.B.D. Açık Ocak Maden Bürosunun (Siskind, 2000) kriterleri 92-1524 m arasında değişen uzaklıklarda yapılacak patlatmalar için 25,40 mm/s (1 in/s) sarsıntı hızına izin vermektedir. Buna göre yapılmış olan bütün patlatmalar sırasında binalara yakın kesimde zeminde kaydedilen sarsıntı hızları standarda uygundur. A.B.D. Maden İşleri Genel Müdürlüğü tarafından düşük frekanslı sismik dalgalar ve eski yapılar için izin verilen değer 12,7 mm/s bulunduğundan yine kaydedilmiş olan tüm ölçümler standarda uygun bulunmuştur (Siskind vd., 1980).

Ancak bu durum binalarda hasar riski bulunmadığı anlamına gelmemektedir. Gelecekte de patlatmaların denetim altında yapılması zorunlu bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Her ne kadar verilen düzenler ve önerilen miktarlar patlatmaların güvenli bir şekilde devam etmesini garanti altına almayı amaçlasa da insan faktörü ve hata payı daima göz önünde bulundurulmalıdır.

3.2 Sismik Dalga Hakim Frekansları

İstisnai durumdaki yüksek frekanslar çıkartıldığında zeminde yol alan patlatma kaynaklı sismik dalgaların frekanslarının 2,22 ile 12,18 Hz arasında değiştiği görülmektedir (Bilgin vd., 2005). Bu durum ise köyde bulunan 1-2 veya 3 katlı binaların rezonansa girmesine uygun bir ortam yaratmaktadır. Ayrıca rezonans durumu sarsıntı genliğinin binada bir veya birkaç kat artmasına neden olabilmektedir (Dowding, 1992). Genlik büyümesi ise binalara hasar verme riski bulunduğunu göstermektedir. Düşük frekanslı sismik dalgalar insanların sarsıntıyı kolayca hissetmelerine ve endişeye kapılmalarına neden olmaktadır (Siskind vd., 1980).

Bu durum da göz önünde bulundurularak risk analizi çalışmasında emniyetli tarafta kalmak için izin verilebilir sarsıntı hızı olarak, A.B.D. Açık Ocak Maden Bürosu tarafından daha tutucu olarak nitelenen A.B.D. Maden İşleri Genel Müdürlüğü (USBM,1980) standardında öngörülen değer (12,7 mm/s) esas alınmıştır. Sözü edilen 12,7 mm/s en yüksek parçacık hızı değeri; binaların sadece sıvalarında gözlenebilecek, saç teli inceliğinde kılcal çatlak dahi yaratmamak amacı ile öngörülen değerdir. Diğer bir deyişle binaların iskeletinde ve taşıyıcı duvarlarında hiçbir olumsuz etki yaratmaz. Buna rağmen Gümüşpınar Köyünde oturanların duyduğu tedirginliği gidermek ve rezonansa giren binaların sarsıntıyı büyütme faktörü göz önüne

alınarak hasar riskini ortadan kaldırmak için; izin verilebilir sarsıntı hızı 5,08-6,35 mm/s olarak kabul edilmiştir. Diğer bir deyişle daha tutucu olarak nitelenen A.B.D. Maden İşleri Genel Müdürlüğü (USBM, 1980) standardına ek olarak 2-2.5 güvenlik katsayısı uygulanmıştır.

4 İRDELEME VE DEĞERLENDİRME

4.1 İzin Verilebilir Sarsıntı Hızı

Binalarda hasar yaratmamak amacı ile frekansa bağlı olarak zeminde izin verilebilecek sarsıntı hızlarını dikkate alarak yapılan yorumlar sonucunda 15 Nisan-1 Temmuz 2005 tarihleri arasında ölçülen sarsıntı hızlarının her iki standarda da uygun olduğu belirlenmiştir.

Bu saptamaya karşın, ileride anlatılacağı üzere rezonansa giren binalarda genlik büyümesi saptanmış bulunduğundan, herhangi bir risk almamak ve binalarda kılcal (saç teli inceliğinde dahi) çatlak yaratmamak için zeminde izin verilebilir sarsıntı hızları USBM,1980'de izin verilen değer düşürülerek, Şekil 1'de verilen ocak bölgelerinden, BÖLGE-1 ve BÖLGE-2 için 5,08 mm/s, BÖLGE-3 için ise 6,35 mm/s olarak esas alınmıştır. Söz konusu bölgeler, patlatma kaynaklı sismik dalgalar zemin özelliklerine bağlı olarak farklı sönümlenme özelliği gösterdiği için oluşturulmuştur.

4.2 Gecikme Süresi

Çalışma döneminde Risk Ön Raporunda önerildiği üzere delikler arasında çoğunlukla 42 ms gecikme uygulanmıştır. Bu gecikme süresinden iyi sonuç alındığı anlaşılmıştır. Sarsıntı kayıtlarından saptanan hakim frekanslar göz önüne alındığında delikler arasında 67 ms gecikmenin daha da uygun olabileceği kanaatine ulaşılmış ve bir kaç kez denenmiştir. Ancak köylülerden olumsuz görüşler alınmıştır. Bunu nedeninin toplam patlatma ve dolayısıyla sarsıntı süresinin

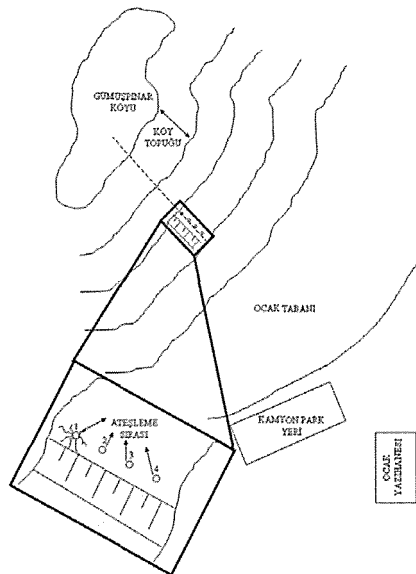
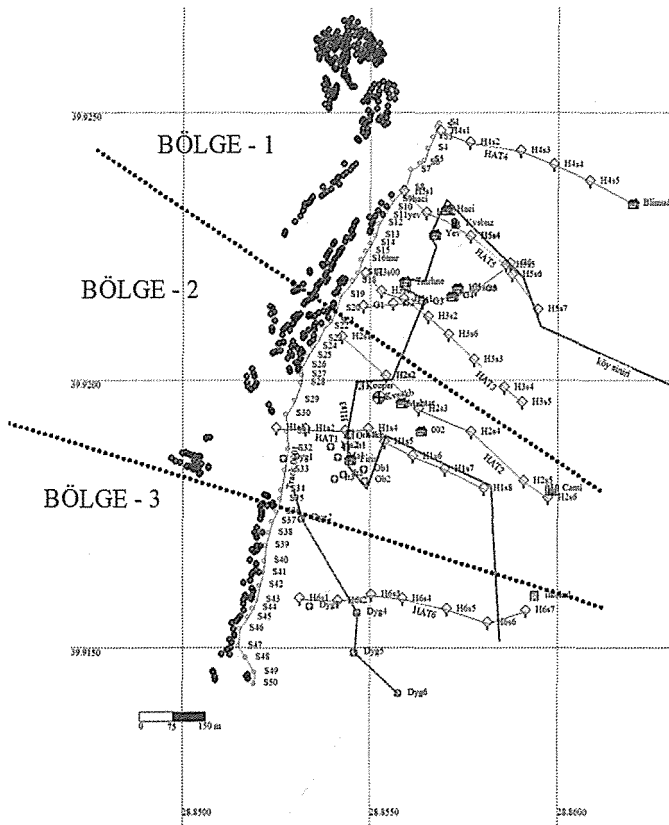
artması olduğu anlaşılmıştır. Köyde oturanları tedirgin etmemek amacı ile 42 ms delikler arası gecikmenin en uygun olduğu kanaatine ulaşılmıştır. Bundan sonraki patlatmalar sırasında da aynı sıradaki delikler arasında 42 ms uygulanması uygun bulunmuştur. Sıraların ayrı ayrı patlatılmasının hiç bir sakıncası bulunmadığı, bunun yanısıra kapsül tasarrufu sağladığı, sıralar birbirine bağlanıp tek patlatma grubu oluşturulması halinde en uygun sıralar arası gecikmenin 201 ms olduğu anlaşılmıştır.

4.3 Ateşleme Yöntü

Araştırma döneminde, Risk Ön Raporunda da belirtildiği gibi, patlatma delikleri sıraları köy yönünde oluşturulmuş ve ateşleme köye en yakın olan delikten başlatılmıştır. Bu uygulamanın yararlı bulunduğu, özellikle yüzeye yakın yapılan patlatmalarda ve ocağa yakın olan binalar için sismik dalgaların köy yönünde etkisinin azalmasına yardımcı olduğu anlaşılmıştır. Önerilen ateşleme yönünü gösteren şema Şekil 2'de sunulmuştur. Araştırma döneminde ve daha sonra denetim amaçlı yapılan sarsıntı ölçüm çalışmaları sırasında yukarıda sözü edilen iki öneriye de sürekli olarak uyulduğu memnuniyetle gözlenmiştir. Bu uygulamalara devam edilmelidir.

5 UYGULANMASI ÖNERİLEN PATLATMA DÜZENİ

Yedi ayrı hat boyunca yapılan sarsıntı ölçüm sonuçları incelenip sismik dalgaların zeminde yayılma kuralını belirleyen ampirik formüller her hat için saptandığında, sarsıntı sönümlenmesinin ocağın değişik kesimlerinde farklı biçimde gerçekleştiği anlaşılmıştır. Bu durum ocağın değişik kesimlerinde bulunan faylar nedeniyle bir bloğun diğerine göre aşağı veya yukarı atılmış olması sebebiyle zemin özelliklerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.



Diğer bir deyişle A-1 Panosunun bulunduğu ocak kesimi Ana Fayın kuzeyinde yer almaktadır ve tektonizma sırasında yukarı atılmış bloktadır. Bu nedenle kömür damarı ve üzerindeki marnlı seviyeler yüzeye daha yakındır. Oysaki A3-2/A Panosu Ana Fayın güneyinde yer almakta ve aşağı düşmüş bloktadır. Bu kesimde yüzeye en yakın olan tuf seviyeleri daha kalındır. Kömür damarı ve üzerindeki marnlı seviyeler daha derinlerde (alt kotlarda) yer almaktadır. Diğer bir deyişle ocağın kuzey ve güney bölümlerinde, aynı kotta farklı kaya cinsleri bulunmakta, tabaka kalınlıkları değişim göstermektedir. Ayrıca A-1 Panosunda bulunan tali fayların yönelimleri ile eğimleri A3-2/A Panosunda mevcut fayların yönelimleri ve eğimlerinden farklılık göstermektedir. Bunun dışında A3-2/A Panosunda değişik jeolojik zamanlarda oluşmuş farklı doğrultuda ve köyden uzaklaşan başka fay sistemleri de bulunmaktadır. Bu gibi nedenlerle sismik dalga sönümlenmesi ocağın değişik kesimlerinde farklılık gösterdiğinden ocağın bölümlere ayrılması ve her bölüm için ayrı mesafe-güvenli patlayıcı miktarı cetveli hazırlanması zorunlu ve uygun bulunmuştur. Kömür ocağı üç bölgeye ayrılmıştır. Bunlar BÖLGE-1, BÖLGE-2 ve BÖLGE-3 olup Şekil 1’de gösterilmiştir.

5.1 Gecikme Başına Patlayıcı Miktarı

Şekil 1’de tanımlanan her bölge için mesafe-gecikme başına güvenli patlayıcı madde miktarlarının saptanmasında, analizlerde kullanılan TKİ BLİ, tek delik ve NİTROMAK A.Ş. patlatmalarından yararlanılmıştır. Ayrıca USBM,1980’de izin verilen sarsıntı hızı, çalışmalar sonucunda tayin edilen emniyet katsayıları kullanılarak ve düşük dalga frekansları gözönünde bulundurularak düşürülmüş ve kısa mesafeler için küçük ayarlamalar yapılmıştır. Gecikme başına güvenli ateşlenebilecek patlayıcı miktarları hesabında Bölüm 4.1’de verilen

hızlar kullanılmıştır. Uzak mesafeler için ise frekans düşüklüğü ve yüzey dalgalarının baskın ve hasar oluşumunda belirleyici olduğu hususları dikkate alınarak güvenli patlayıcı miktarları sabit tutulmuştur. Ayrıca ocağın Gümüşpınar Köyüne çok yaklaşmış olması nedeni ile kısa mesafelerdeki binalara hasar verilmemesi daha fazla önem arz etmekte olup, uzak mesafelerdeki evleri dikkate alarak patlayıcı miktarı saptamak uygulanabilir ve gerçekçi değildir. Aşağıda BÖLGE-1, BÖLGE-2 ve BÖLGE-3 için tespit edilen gecikme başına patlatılabilecek patlayıcı miktarları verilmiştir.

BÖLGE-1		BÖLGE-2		BÖLGE-3	
L (m)	Q (kg)	L (m)	Q (kg)	L (m)	Q (kg)
50	-	50	-	50	-
100	-	100	-	100	-
125	13	125	16	125	18
150	16	150	21	150	26
175	21	175	31	175	31
200	26	200	36	200	41
225	31	225	41	225	51
250	31	250	51	250	63
300	41	300	51	300	63
350	41	350	51	350	63
400	41	400	51	400	63
450	41	450	51	450	63
500	41	500	51	500	63

5.2 Kömür Patlatmalarında Gecikme Başına Patlayıcı Miktarı

Kömür patlatması 2005 yılında kısa vadede (1 yıl içinde) sadece A-1 Panosunda yapılmaktaydı. Hem BLİ tesislerinde çalışanları hem de köyde yaşayanları tedirgin etmemek amacıyla kömür patlatmalarında mesafeden bağımsız olarak önerilen miktar gecikme başına 21 kg’dır. Bu miktar en çok 26 kg’a çıkarılabilir. Daha yüksek miktarların kullanılması kesinlikle sakıncalıdır. Bunun nedeni kömür ile üzerindeki kayaların fiziksel özelliklerindeki farklılıklar ve çok iyi gelişmiş tabakalanma düzlemlerinin mevcudiyetidir.

6 SONUÇ VE ÖNERİLER

BLİ Orhaneli Kömür Açık Ocak İşletmesinde 2005 yılında yapılmakta olan ve gelecekte de yapılmaya devam edilecek olan patlatmalardan kaynaklanan yer sarsıntılarının Gümüşpınar Köyünde bulunan binalarda hasar yaratmaması ve yaşayanları tedirgin etmemesi amacı ile 15 Nisan-1 Temmuz 2005 döneminde gerçekleştirilen araştırma ve inceleme çalışmaları sırasında saptanan bulgular, varılan sonuçlar ve alınması gerekli görülen teknik ve idari tedbirler belirlenmiş ve aşağıda önerilmiştir.

- 1) Ocak 100 m genişliğinde köy topuğu bırakılarak köye çok yaklaşmış bulunduğundan özensiz patlatma yapılması halinde yapısal hasar oluşma riski bulunmaktadır. Bu nedenle patlatmaların kontrollü yapılması ve zaman zaman sarsıntı ölçümü gerçekleştirilerek denetlenmesi gerekli ve zorunludur.
- 2) Araştırma döneminde ölçülüp kaydedilen sarsıntıların değerlendirilmesi için A.B.D. Açık Ocak Maden Bürosu ve Maden İşleri Genel Müdürlüğü standartları birlikte kullanılmıştır. Zeminde izin verilen hızlar, A.B.D. Açık Ocak Maden Bürosu standardında 19,05 mm/s, A.B.D. Maden İşleri Genel Müdürlüğü standardında 12,7 mm/s olarak belirlenmiştir. 15 Nisan – 1 Temmuz 2005 tarihleri arasında ölçülen sarsıntı hızlarının tümünün her iki standarda da uygun olduğu belirlenmiştir.
- 3) Zeminde yol alan sismik dalgaların hakim frekanslarının büyük çoğunlukla 3 Hz ile 10 Hz arasında değiştiği ve düşük frekans sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Düşük frekanslı sismik dalgaların zeminde büyük yerdeğişimler, binalarda ise büyük birim deformasyonlar yarattığı bilindiğinden ve ayrıca Gümüşpınar köyündeki yapılar hiçbir mühendislik hizmeti görmediğinden ve layıkıyla yapılıp yapılmadığı tarafımızca

bilinmediğinden bölgelere göre farklı emniyet katsayıları uygulanmıştır. Buna göre zeminde BÖLGE-1 ve BÖLGE-2’de 5,08 mm/s, BÖLGE-3’de 6,35 mm/s sismik hıza izin verilmiştir.

- 4) Mevcut koşullar altında 120 m’den daha kısa mesafe içinde patlatma yapılması önerilmemektedir.
- 5) Kömür patlatmaları için gecikme başına önerilen olağan miktar 21 kg’dır. Bu miktar en çok 26 kg’a çıkarılabilir.
- 6) Aynı sıradaki delikler arası en uygun gecikme süresinin 42 ms olduğu saptanmış olup bugüne kadar olduğu gibi bundan sonra da 42 ms uygulanması önerilir.
- 7) Sıralar arasında en uygun gecikme süresinin 201 ms olduğu saptanmış olup bugüne kadar olduğu gibi bundan sonra da 201 ms uygulanması önerilir.
- 8) Sıraların ayrı ayrı patlatılmasının hiçbir sakıncası bulunmadığı tespit edilmiştir.
- 9) Delik sıralarının köy yönünde oluşturulmasının ve ateşlemenin köy tarafından başlatılmasının yararı uygulamada görülmüştür. Bu uygulamalara devam edilmelidir.
- 10) Patlatma ile parçalanması zor olan konglomera gibi kayalarda patlatmadan iyi verim alınması için, gecikme başına izin verilen patlayıcı miktarı artırılmamalıdır. Bu sorunun çözümü, delik düzenleri daraltılarak sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Siskind, D. E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H., 1980, *Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting*, USBM RI 8507, United States Department of the Interior, 75 pages.
- Siskind, D.E., 2000, *Vibrations From Blasting*, International Society of Explosives Engineers, 120 pages.

- Dowding, C.H., 1992, *Monitoring and Control of Blast Effects*, SME Mining Engineering Handbook, pp. 746-760
- Bilgin, H.A., İnal, H.S. ve Büyükyıldırım, K., 2005, *BLİ Orhaneli İşletmesi Gümüşpınar Köyü Patlatma Risk Etüdü*, Proje Kod No: 05-03-05-2-00-08, ODTÜ, Ankara, 86 sayfa.

Çan Açık Ocağında Patlatma Kaynaklı Titreşimlerin İncelenmesi

The Analysis of Ground Vibrations Induced by Blasting at Çan Open Pit Mine

Mehmet Aksoy, Ali Kahriman, Ümit Özer, Abdulkadir Karadoğan, Kağan Özdemir

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul

ÖZET Patlatmadan kaynaklanan titreşim bileşenlerinin tahmin edilmesi, yersarsıntısı ve hava şoku şikayetlerini önlemede büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada; T.K.İ. Çan Linyitleri İşletmesi açık ocağında dekapaj kazısı sırasında, patlatmadan kaynaklanan titreşim ve hava şoku gibi çevresel problemleri ölçerek, bu sahaya ait titreşim parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışması esnasında, söz konusu ocakta titreşim ölçümlerine esas olacak atımlarda, sadece gerekli kantitatif ölçüm ve gözlemler yapılmış, patlatma parametreleri de dikkatlice kaydedilmiştir. Elde edilen veriler ve ölçümler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bu analiz esnasında, parçacık hızının kestirimi için literatürde yaygın kullanıma sahip 5 adet farklı maksimum parçacık hız (PPV) tahmin denklemi kullanılarak sonuçları karşılaştırılmıştır.

ABSTRACT Prediction of the vibration components induced by blasting has a vital importance in order to eliminate ground vibration and air blast problems. The aim of this study is to determine the vibration parameters of the Çan open pit mine owned by Turkish Coal Enterprise (TKİ) by measuring the blast induced ground vibrations and air blasts during the overburden removal. Within the scope of this study, only necessary quantitative measurements and observations has been done during the shots. The blasting parameters of these shots were also carefully recorded. Obtained data and measurements were statistically analyzed. During the statistical analysis of the collected data, five different predictor equations widely used in the literature were used to predict peak particle velocity (PPV) and The results and comparison of the predictor equations were presented.

1 GİRİŞ

İyi bir patlatmadan beklenen en önemli unsurlardan biri atımın çevresel etkiler açısından emniyetli olmasıdır. Çevresel duyarlılıklar dikkate alındığında; patlatma kaynağından belirli bir uzaklıkta bulunan bir yerleşim biriminin ya da tesisin, patlatma sonucunda oluşacak yersarsıntısı, taş savrulması ve hava şoku gibi sonuçlardan etkilenmemesi için, patlatma tasarımında

herhangi bir gecikme aralığında kullanılabilecek en fazla patlayıcı madde miktarını önceden belirleyebilmek ve kontrollü atımlar gerçekleştirebilmek önemlidir.

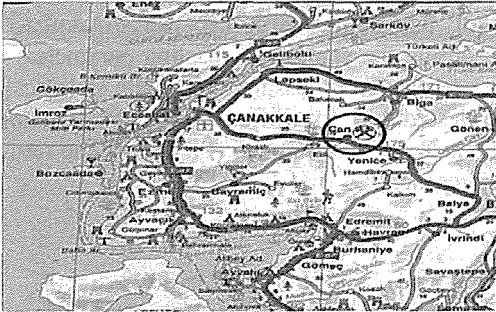
Patlatmadan kaynaklanan çevresel problemler, gelişmiş ülkelerde; ülkemize göre daha çok önceleri yaşanmıştır. Bu nedenle bu konuların çözümü ve konuyla ilgili bazı standartların oluşturulması

amacıyla çeşitli sistematik araştırma programları yürürlüğe konulmuştur. Bu programların sonucunda "Kontrollü Patlatma Tekniğinin İlkeleri" geliştirilmiştir (Kahriman 1995). Günümüzde patlatma sonucu oluşan yersarsıntıları ve hava şokunun etkilerini belirlemek ve gerekli önlemleri alabilmek için araştırmacılar ve bilim adamları tarafından deneysel çalışmalar sürdürülmektedir. Ayrıca, bu konularda çeşitli yasal hükümler de geliştirilmeye çalışılmaktadır (Kahriman 2004, Kahriman ve diğerleri 2006)

Bu çalışmanın amacı; T.K.İ. Çan Linyitleri İşletmesi açık ocağında dekapaj kazısı sırasında, patlatmadan kaynaklanan titreşimlerin ölçülerek, bu sahaya ait titreşim parametrelerinin belirlenmesidir. Bu parametrelerin belirlenmesinde, literatürde verilen beş adet titreşim tahmin denklemi kullanılmıştır. Ayrıca, daha önceden çeşitli araştırmacılar tarafından bu saha için önerilen denklemler dikkate alınmıştır.

ÇALIŞMA SAHASI

Çalışma, T.K.İ. Çan Linyitleri İşletmesi açık ocağında gerçekleştirilmiş ve yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir. Çan Açık Ocağı, Çan ilçe merkezinin bitişiğinde, Çanakkale il merkezine 79 km uzaklıktadır.



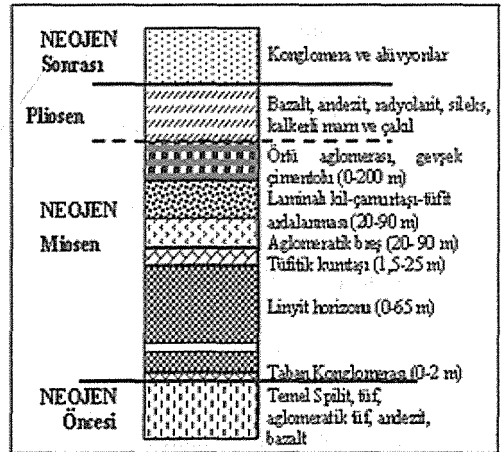
Şekil 1. Çan Açık Ocağı yer bulduru haritası

Sahanın güneyinden ve Kocabaş Vadisi yatağından Çan-Çanakkale karayolu geçmektedir. İşletme faaliyetleri nedeniyle bu yolun güzergahı değiştirilmiştir. Çan ilçesinin yüksekliği ortalama 85 m, kömürlü sahanın yüksekliği ortalama 150 m civarındadır. İşletme faaliyetleri nedeniyle büyük bir kısmı heyelan etkisi altında

bulunan kömürlü sahanın güneyinde ve 500 m genişliğinde Kocabaş Çayı Vadisi bulunmaktadır. Vadinin rakımı 70 m olup, Havza'nın en çukur yeridir. Havza'nın en yüksek yeri ise heyelanlar nedeniyle hasar gördüğü için nakil edilmiş olan eski Çavuşköy'dür. Mevki adı Adamkapa Tepesi olup 276 m yüksekliktedir. Çan Havzası akarsu bakımından oldukça zengin durumdadır (Parlak 1997).

1.1 Jeoloji ve Kayaç Özellikleri

Çalışmaların yapıldığı TKİ Çan linyit açık ocağındaki stratigrafik diziliş üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar, Neojen öncesi, Neojen ve Neojen sonrası devrelerine ait formasyonlardır. Formasyonların genel durumu ve özellikleri Şekil 2 'de verilmiştir (Parlak 1997).



Şekil 2. Çan Linyit Havzasına Ait Stratigrafik kesit.

2 YÖNTEM

Söz konusu ocaktaki patlatmalı kazıda, atımlarda uygulanan patlatma paternleri, delik düzenleri ve patlayıcı şarjları; söz konusu firmanın yetkilileri tarafından sistematik olarak uygulana gelen şekliyle (herhangi bir müdahalede bulunulmadan) gözlemlenmiş ve ölçümler bu şekildeki çalışmalara anlık olarak uygulanmıştır.

Gecikme başına düşen patlayıcı madde miktarı, her bir delik için planlanan patlayıcı maddenin kontrollü bir şekilde şarj edilmesiyle belirlenmiştir. Atım noktaları ile yer sarsıntısı ve hava şoku ölçüm istasyonları arasındaki mesafeler GPS kullanılarak belirlenmiştir.

Patlayıcı madde olarak, ocakta geleneksel olarak kullanıldığı anlaşılan ANFO ve sulu deliklerde Powergel Magnum S-600, yemlemede ise Powergel Magnum kullanılmıştır. Ateşleme, bazı atımlarda gecikmeli elektrikli kapsüllerle, bazı atımlarda da elektriksiz kapsüllerle yapılmıştır. İzlenen atımlar için genellikle uygulanan tasarım parametreleri Çizelge 1’de verilmiştir.

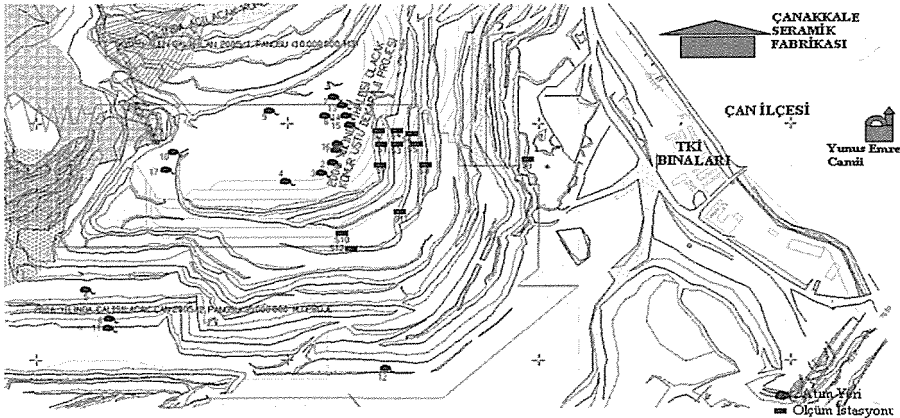
Çizelge 1 deki değerler dikkatlice incelendiğinde atım geometrisi parametreleri arasında (basamak yüksekliği-delik çapı, delik çapı-dilim kalınlığı ve basamak yüksekliği- dilim kalınlığı başta olmak üzere) bir uyumsuzluğun olduğu görülmektedir. Çeşitli işletme şartlarından kaynaklanan ve zorunlu olarak bu şekilde düzenlenen atımlarda, patlayıcının enerjisini, kaya parçalama işinde yeterince kullanamayacağı ve daha çok sismik dalgaya dönüşeceği ve atım kontrolünün yapılamayacağı açıktır. Dolayısıyla her ne kadar bu bildirinin konusu olmamakla birlikte işletmelerde öncelikle patlatma tasarım ve optimizasyonu yapılmalı, teknik-ekonomik ve çevresel açıdan olumlu sonuçlar elde edilmelidir.

Çizelge 1. Atımlarda uygulanan patlatma tasarım parametreleri

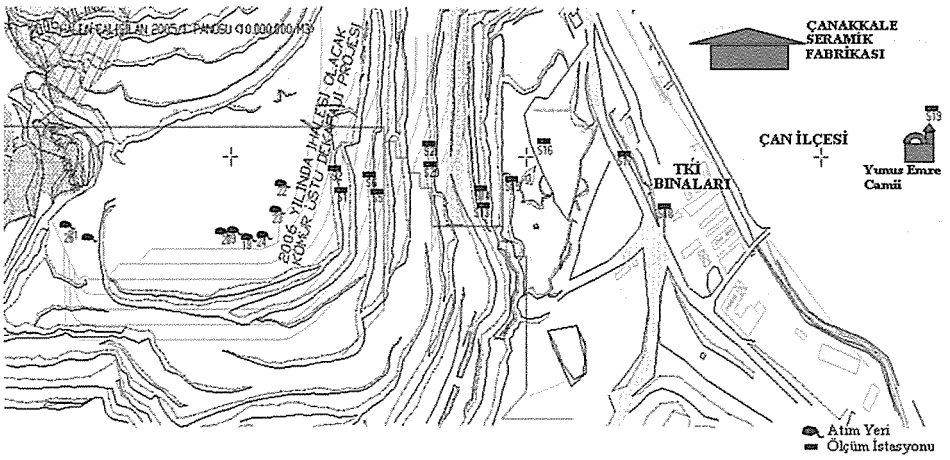
Delik Çapı (D), (mm)	165
Delik Eğimi (α), ($^{\circ}$)	90
Delik Uzunluğu (H), (m)	7
Basamak Yüksekliği (K), (m)	7
Dilim Kalınlığı (B), (m)	4
Delikler Arası Mesafe (S), (m)	4,5

Patlatmadan kaynaklanan titreşimler ve hava şoku; Çan ilçesi ve İşletme binaları yönlerinde olmak üzere farklı noktalardan 8 ayrı (3 adet 8 kanallı InstanTel MiniMate Plus, 3 adet 4 kanallı InstanTel MiniMate Plus ve 2 adet de White Mini-Seis model) titreşim ölçer cihazı ve ekipmanıyla ölçülmüştür. Cihazlar konumlandırılırken mesafenin etkisini belirlemek amacıyla ocağa yakın noktalar bilinçli bir şekilde seçilmiştir.

Çalışma kapsamında, sahada yapılan atımların Çan ilçesinin ocağa yakın bölgesindeki yapılara etki edip etmediğinin belirlenebilmesi açısından, atımlarla Çan ilçesi arasında daha fazla noktadan ölçüm alabilmek için, titreşim ölçer cihazları, ilk 17 atımda Şekil 3’de gösterilen istasyon noktalarına ve 18 – 25 arasındaki atımlar sırasında Şekil 4’de gösterilen istasyon noktalarına kurulmuştur.



Şekil 3. 1 – 17 arasındaki atım noktaları ve ölçüm istasyonlarının konumları



Şekil 4. 18 – 25 arasındaki atım noktaları ve ölçüm istasyonlarının konumları

3 ÖLÇÜM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ

Çalışma kapsamında, Çan Linyit Sahasında gerçekleştirilen 21 atımda 209 olay, test atımı olarak da 4 atımda 37 olay, toplamda da 25 atımda 246 olay cihazlar tarafından kaydedilmiştir. Örnek teşkil etmesi bakımından kaydedilen bu olayların birkaçının ölçüm parametreleri Çizelge 2’ de verilmiştir.

Çizelge 2. Bazı Atımlara Ait Ölçüm Değerleri

Atım No	Cihaz No	PPV mm/s	F Hz	W Kg	SD
1	BE10688-1	16	8,39	505	16,07
	BE10688-2	15,5	22,3	505	15,35
	BE10773-1	18,7	34,1	505	19,91
	BE10773-2	6,98	19,7	505	20,25
	BE10687-1	10,2	42,7	505	24,50
	BE10687-2	9,27	10,9	505	23,35
	BE10707	13,6	26,9	505	16,93
	W1458	10,41	25,6	505	28,52
	W1455	2,794	8,8	505	57,72
	BE10772	5,33	8	505	27,38
10	BE10708	15,6	32	505	29,86
	BE10688-1	1,14	8,98	404	60,97
	BE10688-2	1,27	10,4	404	59,98
	BE10773-1	0,762	9,66	404	64,75
	BE10773-2	0,635	10,4	404	64,92

BE10687-1	0,762	32	404	69,28
BE10687-2	0,762	13,8	404	68,04
BE10707	0,762	10,4	404	60,77
W1458	0,76	34,1	404	72,71
W1455	*		404	101,8
BE10772	1,78	25,6	404	55,38
BE10708	1,14	30,1	404	68,69
BE10688-1	5,97	8,98	455	28,88
BE10688-2	5,46	9,14	455	28,97
BE10773-1	1,14	7,76	455	61,60
BE10773-2	1,14	7,11	455	62,22
BE10687-1	3,05	9,14	455	37,04
20 BE10687-2	3,56	9,14	455	36,42
BE10707	1,02	32	455	96,40
W1458	0,762	6	455	78,40
W1455	*		455	69,89
BE10772	0,762	7,76	455	169,9
BE10708	*		455	105,1

PPV maksimum parçacık hızı

F frekans

W atımda kullanılan toplam şarj

SD ölçekli mesafe

* Uzaklık nedeniyle yeterli genlikte titreşim dalgası oluşmadığından cihaz tarafından kayıt alınmadı.

Daha sonra bu veriler, bilgisayar ortamına aktarılarak parçacık hızı tahminine yönelik analiz yapılmıştır. Bu analiz esnasında, literatürde yer alan genel tahmin denklemlerinden 5 tanesi; USBM, Ambraseys-Hendron, Langefors-Kihlstrom (Khandelwal ve Singh, 2007), Birch-Schaffer (Ceylanoglu ve Arpaz 2001) ve Bilgin

(1998) denklemleri kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu denklemler Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Tahmin denklemleri

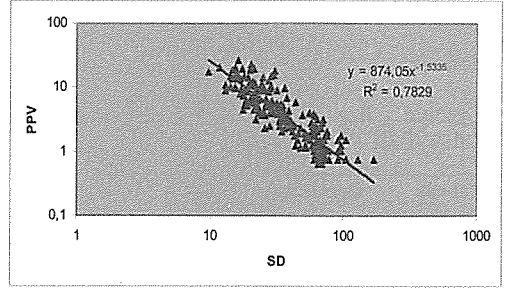
Tahmin Denklem Adı	Denklemleri
USBM (Duvall and Fogelson, 1962)	$ppv = K \left(\frac{R}{W_d^{1/2}} \right)^{-\beta}$
Ambraseys-Hendron (1968)	$ppv = K \left(\frac{R}{W_d^{1/3}} \right)^{-\beta}$
Langefors-Kihlstrom (1978)	$ppv = K \left(\sqrt{\frac{W_d}{R^{2/3}}} \right)^{\beta}$
Birch ve Schaffer (1983)	$ppv = K * R^{\alpha} * W_d^{\beta}$
Bilgin ve diğerleri (1998)	$ppv = K \left(\frac{R}{W_d^{1/2}} \right)^{\alpha} * B^{\beta}$

PPV: maksimum parçacık hızı (mm/s)
R : mesafe (m)
W_d: gecikme başına düşen maksimum şarj (Kg)
B: dilim kalınlığı (m)
K, α, β: saha sabitleri

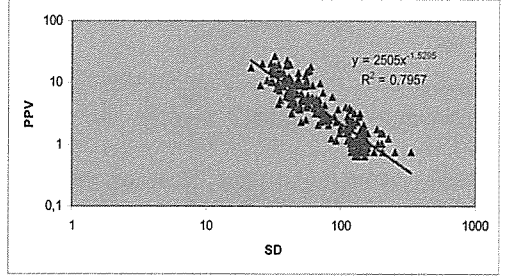
Bu genel denklemler kullanılarak yapılan regresyon analizleri sonucunda, sahaya ait sabitler bulunmuştur. Bunlara ek olarak, Kahrıman (2002) tarafından aynı saha için önerilmiş olan ve aşağıda verilen tahmin denklemi de kullanılmıştır.

$$ppv = 191 \left(\frac{R}{W_d^{1/2}} \right)^{-1,13}$$

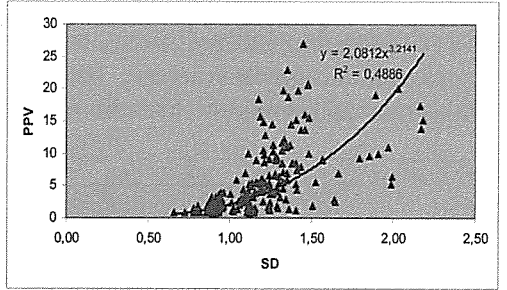
Çizelge 3’te verilen ilk üç denklemde, mesafe (R) ve gecikme başına düşen maksimum şarj miktarı (W_d) ölçekli mesafe (SD) olarak tek bir bağımsız değişkene indirgendiğinden dolayı, regresyon analizi esnasında, basit regresyon modellerinden biri olan Üs’lü modeli kullanılmıştır. Şekil 5, 6 ve 7’de sırasıyla USBM, Ambraseys-Hendron ve Langefors-Kihlstrom denklemleri için PPV–SD grafikleri ve denklemleri verilmiştir.



Şekil 5. USBM tahmin denklemi



Şekil 6. Ambraseys-Hendron tahmin denklemi



Şekil 7. Langefors-Kihlstrom tahmin denklemi

Geriye kalan diğer iki tahmin denkleminde biri olan Birch denkleminde, mesafe (R) ve gecikme başına düşen maksimum şarj miktarı (W_d) iki bağımsız değişken olarak denklemde yer almıştır. Bilgin denkleminde ise mesafe (R) ve gecikme başına düşen maksimum şarj miktarı (W_d) ölçekli mesafe (SD) olarak tanımlanmış ve dilim kalınlığı (B) değişkeni de denkleme eklenmiştir. Bu iki denklemde de bağımsız değişken sayısı 2 olduğu için, regresyon analizinde, Çoklu regresyon modellerinden biri olan doğrusal olmayan (nonlinear) regresyon modeli kullanılmıştır. Bu analizler sonucunda elde

edilen denklemler ve korelasyon katsayısı (r) değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Denklemler ve korelasyon katsayıları

Tahmin Denklemi	Denklemi	r
USBM (Duvall and Fogelson, 1962)	$ppv = 874,05 \left(\frac{R}{W_d^{1/2}} \right)^{-1,5335}$	0,885
Ambraseys-Hendron (1968)	$ppv = 2505 \left(\frac{R}{W_d^{1/3}} \right)^{-1,5295}$	0,892
Langefors-Kihlstrom (1978)	$ppv = 2,0812 \left(\sqrt{\frac{W_d}{R^{2/3}}} \right)^{3,2141}$	0,699
Birch ve Schaffer (1983)	$ppv = 2680,88 * R^{-1,383} * W_d^{0,33}$	0,805
Bilgin vd (1998)	$ppv = 12,158 \left(\frac{R}{W_d^{1/2}} \right)^{-1,27} B^{2,567}$	0,791

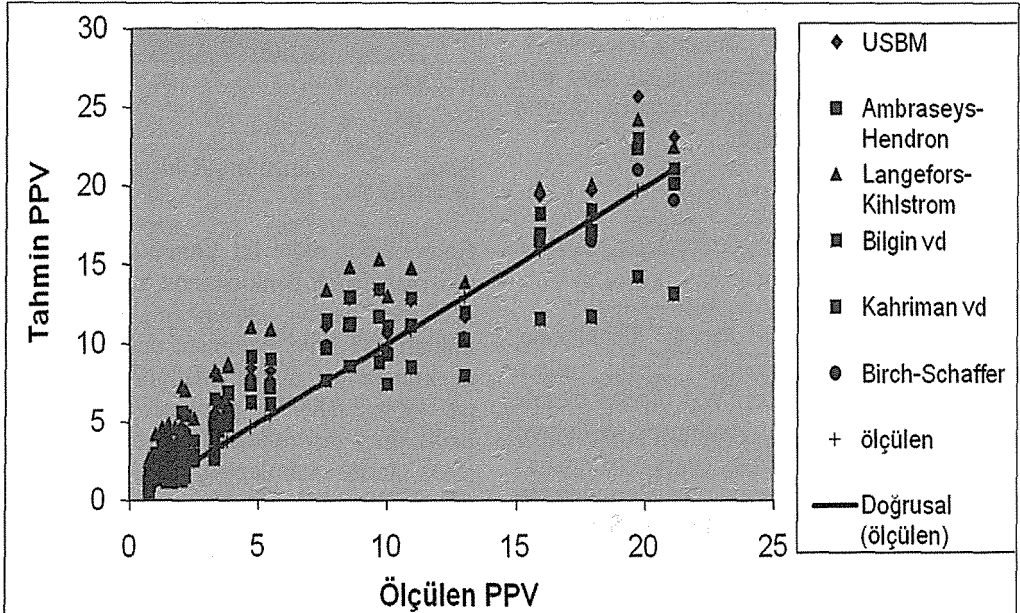
yüksek korelasyon katsayısı ise Ambraseys-Hendron denkleminde elde edilmiştir.

Test atımı olarak yapılan 4 atımda kaydedilen 37 olay için, bu 5 denklem ve ek olarak da Kahriman denklemleri kullanılarak PPV tahminleri yapılmıştır. Şekil 8'te ölçülen ve tahmin edilen PPV grafiği verilmiştir.

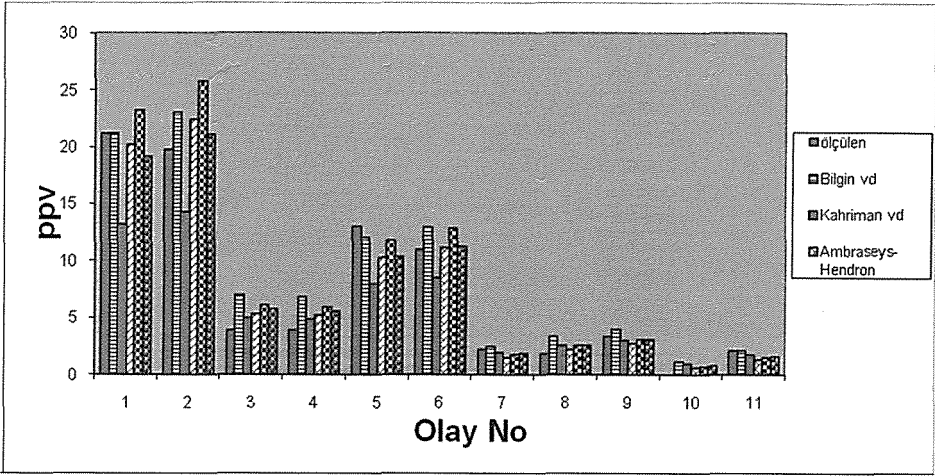
Ayrıca daha ayrıntılı görmek amacıyla, test atımı olarak yapılan 22. atımda kaydedilen 11 olaya ait maksimum parçacık hızı ile, diğer denklemleri (Langefors denklemleri hariç) kullanarak tahmin edilen parçacık hızları için sütun grafiği oluşturulmuştur (Şekil. 9).

Test atımlarında ölçülen ve tahmin edilen PPV'ler arasındaki ortalama, minimum ve maksimum mutlak değişim miktarları Çizelge 5'te verilmiştir.

Bu tablodan da görüleceği üzere, en düşük korelasyon katsayısı değeri Langefors-Kihlstrom denkleminde elde edilmiştir. En



Şekil 8. Ölçülen ve Tahmin edilen PPV değerleri



Şekil 9. Test amaçlı 11 olaya ait kaydedilen ve tahmin edilen parçacık hızları

Çizelge 5. PPV mutlak değişim miktarları

Tahmin denklemleri	PPV Mutlak Değişim Miktarı (mm/s)			
	PPV ölçülen – PPV tahmin			
	Ortalama	St Sapma	Min.	Maks.
USBM	1,58	1,43	0,024	6,009
Ambraseys-Hendron	1,0	0,83	0,052	2,776
Langefors-Kihlstrom	3,3	1,65	0,972	6,392
Birch ve Schaffer	1,1	0,89	0,020	2,989
Bilgin	1,86	1,32	0,002	4,441
Kahrman	1,51	1,89	0,002	7,951

Ancak, parçacık hızı tahmininde, diğer 4 denkleminde, önerilen denkleme yakın sonuçlar verdiği dikkate alınmalıdır.

4 SONUÇ

Bu araştırma kapsamında, Çan ilçesi yerleşim alanına oldukça yakın olan Çan Açık Ocağında, çevresel duyarlıklar dikkate alınarak, patlatmadan kaynaklanan titreşim değişkenlerinin tahminine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmalar esnasında, literatürde yaygın olarak kullanılan 5 tane PPV tahmin denklemi ile saha için daha önceden Kahrman tarafından önerilen denklem dikkate alınmıştır. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda görülmüştür ki, Langefors-Kihlstrom denklemi haricinde, diğer denklemlerin PPV' yi tahmin etmede birbirlerine yakın sonuç verdiği açıkça görülmüştür. Özellikle, bu saha için daha önceden Bilgin ve diğerleri (1998) ve Kahrman (2002) tarafından önerilen denklemlerle, bu çalışmada önerilen Ambraseys-Henderson denklemi arasında, PPV'yi tahmin etmeye yönelik genelde ciddi bir fark olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle, bu saha için bu üç denklemin de kullanılabileceği görülmüştür.

Ancak, PPV 10 mm/s'nin altındaki hızlarda gerçekleştiğinde, Kahrman denkleminin, ölçülen değerlere, Ambraseys-Hendron ve Bilgin denklemlerinden daha

Bu çizelge ve Şekil 8, 9 incelendiğinde, Langefors-Kihlstrom denklemi haricinde kalan diğer 5 denklem birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Bununla beraber, PPV 10 mm/s altındaki hızlarda gerçekleştiğinde, Kahrman denkleminin, ölçülen değerlere, Ambraseys-Hendron ve Bilgin denklemlerinden daha yakın değerler tahmin ettiği görülmekle birlikte, PPV 10 mm/s'nin üzerindeki hızlarda gerçekleştiğinde ise, Kahrman denkleminin, ölçülen değerlerden uzaklaştığı, diğer iki denklemin ise ölçülen değerlere daha yakın sonuçlar ürettiği görülmüştür.

Korelasyon katsayısı, ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum mutlak değişim miktarları dikkate alındığında, bu saha için, Ambraseys-Hendron denkleminin kullanılması daha uygun görülmüştür.

yakın değerler tahmin ettiği görülmüştür. Bununla birlikte, PPV 10 mm/s üzerindeki hızlarda gerçekleştiğinde ise, Kahriman denkleminin, ölçülen değerlerden uzaklaştığı, diğer iki denklemin ise ölçülen değerlere daha yakın sonuçlar ürettiği görülmüştür. Bu saha için hangi denklemin kullanılacağı seçilirken, bu durum dikkate alınmalıdır.

Ayrıca, işletmede uygulanan atım geometrisi parametreleri dikkatlice incelendiğinde, aralarında bir uyumsuzluğun olduğu görülmüştür. Çeşitli işletme şartlarından kaynaklanarak zorunlu olarak bu şekilde düzenlenen bu atımlarda, patlayıcının enerjisini kaya parçalama işinde yeterince kullanamayacağı ve daha çok sismik dalgaya dönüşeceği ve atım kontrolünün yapılamayacağı açıktır. Bu nedenle, işletmelerde öncelikle patlatma tasarım ve optimizasyonu yapılmalı, teknik-ekonomik ve çevresel açıdan olumlu sonuçlar elde edilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sırasında, gerek arazi çalışmalarında gerekse diğer faaliyetlerde her türlü yardımda bulunan Aksu Madencilik San. ve Elk. Ürt. Tic. A.Ş.'nin yetkililerine ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği (Proje No: 429/13092005) ve Devlet Planlama Teşkilatı (Proje No: 2005K120990) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği ve Devlet Planlama Teşkilatı'na finansal destekleri için teşekkür eder.

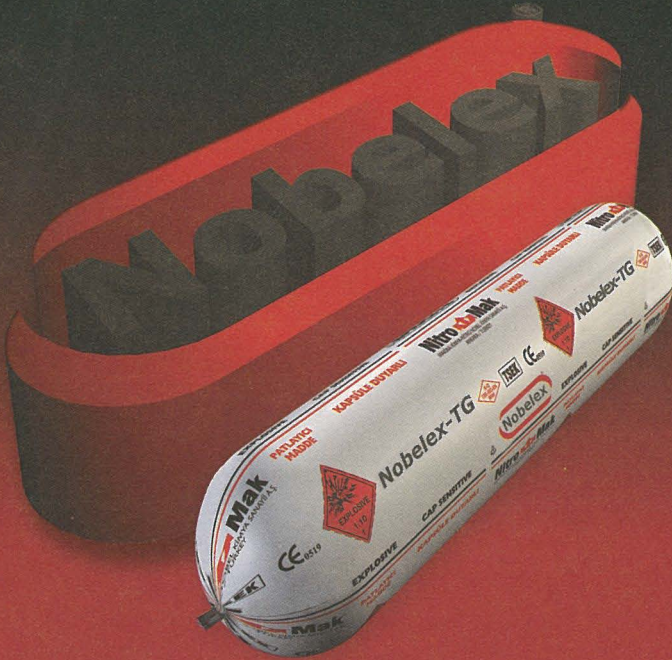
KAYNAKLAR

- Bilgin, H.A. Esen, S. Kılıç, M. 1998. TKİ Çan Linyit İşletmesinde patlatmaların yol açtığı çevre sorunlarının giderilmesi için araştırma, ODTÜ, *Nihai Rapor*, 19 -21, Ankara
- Ceylanoğlu A., Arpaz E., 2001, Belirli bir Kaya Kütlesinde Oluşturulan Yer Sarsıntılarının Ölçümü ve Değerlendirilmesi. *Türkiye 17. Uluslar arası Madencilik Kongresi ve Sergisi TUMAKS 2001*, 19-22 Haziran 2001, ANKARA, pp 39-45
- Kahriman, A., 1995, Sivas Ulaş Yöresi Sölestit Cevheri ve Yankayaçları İçin Optimum Patlatma Koşullarının Araştırılması ve Kayaç Özellikleri İle İlişkilendirilmesi *Doktora Tezi.*, Cumhuriyet Üniversitesi
- Kahriman A., 2002, Analysis of ground vibrations caused by bench blasting at Can Open-pit Lignite Mine in Turkey. *Environmental Geology* (2002) 41:653-661
- Kahriman, A., 2004, Analysis of parameters of ground vibrations produced from bench blasting at A Limestone Quarry, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 24, Elsevier, London, U.K, pp. 887-892.
- Kahriman, A., Ozer, U., Aksoy, M., Karadogan, A., Tuncer, G., 2006, Environmental impacts of bench blasting at Hisarcik Boron open pit mine in Turkey, *Environmental Geology*, (2006) 50: 1015-1023
- Khandelwal M and Singh TN., 2007. Evaluation of blast-induced ground vibration predictors. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 27 (2007) pp 116-125.
- Parlak, T., 1997. Bir Termik Santralı Besleyecek Kömür Sahasının Açık İşletme Dizaynı ve Planlaması, *Doktora Tezi*, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.

Nitro Mak

"Daima bir adım önde"

*Türkiye'nin ve dünyanın
yeni bir marka ile
tanışma zamanı geldi.
Patlayıcı madde üretiminde
yenilenmiş markamız...*



www.bellik.com.tr

Nitro Mak

MAKINA KIMYA-NITRO NOBEL KIMYA SANAYİ A.Ş.

Cinnah Caddesi Pilot Sokak No:17 Çankaya-ANKARA/TÜRKİYE
Tel: +90.312.440 53 17 (pbx) Fax: +90.312.440 61 59

e-mail: nitromak@nitromak.com web site: www.nitromak.com



WWW.ORTICA-NITRO.COM.TR

İstanbul Tel: (90) 312 446 16 00 Pbx • Fax: (90) 312 446 15 35
Tel: (90) 312 446 16 00 Pbx • Fax: (90) 312 446 15 35

Hilal Sokak No:43, 06700 G.O.T. ANKARA / TÜRKİYE
PATLAYICI MADDELER SAN. VE TİC. A.Ş.

ORTICA-NITRO

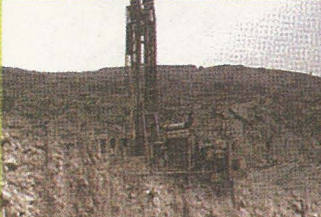


patlatmanın
ötesinde değerler
sunar...



Patlayıcının yeni adı
YAVEX™

YAVAŞÇALAR PATLAYICI



Üretim ve satışı yapılan ürün grupları;

- Dinamit ve muadili kapsüle duyarlı ürünler,
- Anfo ve yemlemeye duyarlı emülsiyon patlayıcılar,
- Elektriksiz (nonelectric) kapsül sistemleri,
- Her türlü elektrikli kapsüller ve adi kapsül,
- Emniyetli ve infilaklı fitiller,
- Gecikme rölesi.

YAVAŞÇALAR AV SPOR MALZ. SAN. ve TİC. A.Ş.
Atatürk Mah. Bandırma Cd. No: 49 BALIKESİR
Tel: 0(266) 245 08 88 - 249 11 56 Fax: 0(266) 241 27 40
www.yavasçalar.com
info@yavasçalar.com



ŞENBAY

PATLAYICI MADDELER NAKLİYE
SANAYİ ve TİCRET ANONİM ŞİRKETİ

HİZMET ALANLARIMIZ

- * PATLAYICI MADDE SATIŞ VE DAĞITIMI
- * UZMAN KADRO İLE SAHA DANIŞMANLIĞI
ve PATLATMA HİZMETİ
- * PATLAYICI MADDE RUHSAT TAKİP İŞLERİ

İLKELERİMİZ

- * GÜVENİLİR HİZMET - KALİTELİ ÜRÜN - DOĞRU FİYAT

MERKEZ: KAZIM KARABEKİR CADDESİ ORTAKLAR İŞ HANI 1203 İSKİTLER/ANKARA

TEL: 0312 311 21 37-324 47 29 • **FAX:** 0312 311 18 15

DEPO: EDİGE KÖYÜ ELMADAĞ/ANKARA

TEL: 0312 863 65 93 • **FAX:** 0312 863 65 94

e-mail: senbay1996@gmail.com

Uğur Mumcu Caddesi No: 45/7
G.O.P. / ANKARA
Tel: 0312 436 77 88
Fax: 0312 436 77 89



Fab: Kayadibi Köyü
Elmadağ / ANKARA
Tel: 0312 869 51 35
Fax: 0312 869 51 34

1986 yılında inşaat sektöründe faaliyete başlayan İLCİ İNŞAAT A.Ş. geçen bu zaman içerisinde büyümesini aynı hızla devam ettirmekle beraber, inşaat sektörünün güvenilir ve saygın firmalarından biri olarak ülkemizin yeniden yapılanması sürecinde üzerine düşen sorumluluğu yoğun ciddiyeti ile çalışmalarını sürdürmeye devam etmektedir.

2007 yılı içerisinde de ülkemiz inşaat sektörünün öncelikli ihtiyaçlarından olan patlayıcı maddenin ülke ihtiyacının tamamının yurt içinden karşılamak ve ihracat yolu ile ülke ekonomisine döviz girdisi sağlamak amacıyla İLCİ PATLAYICI MADDELER SANAYİ VE TİCARET A.Ş. kurulmuştur.

Patlayıcı Sektöründe desteklerinizle hızla büyümekte olan şirketimiz yürütmekte olduğunuz ve başlamaya planladığınız projelerinizde sizinle birlikte çalışmak için tüm altyapısını tamamlamıştır.



Türkiye'nin İlk Özel Elektrikli Kapsül Üreticisi

Türkiye'nin İlk Elektronik Kapsül üreticisi

Türkiye'nin İlk İnfilaklı Fitol Üreticisi

Türkiye'nin İlk İnfilaklı Fitol Yüzey Gecikme Kapsül Üreticisi

Elektriksiz Kapsül Sistemleri

Emnyetli Fitol

A.N.F.O.

Kapsüle Duyarlı Emülsiyon Dinamit

Yemlemeye Duyarlı Emülsiyon Patlayıcılar

Patlatma Hizmetleri

Patlayıcı Madde Tüketimine Dayalı İhale Hazırlıkları

Satış Sonrası Mühendislik Hizmetleri





EGE RIHTIM LTD

Patlayıcı Madde Bayii

Patlayıcı Madde Nakli

Delme & Patlatma Hizmeti

Nomis Sismograf Türkiye Distribütörü

Rock Cracker Türkiye Distribütörü

232 441 47 00 İzmir

544 441 47 00

www.egerihtim.com.tr





ELK.&KABLO

ÜLKÜ KABLO



ATEŞLEME KABLOLARI



0.50 KALIN İZOLELİ ATEŞLEME KABLOSU
0.60 KALIN İZOLELİ ATEŞLEME KABLOSU
0.75 ÇOK TELLİ HAT KABLOSU



ATEŞLEME KABLOSUNDA GÜVEN VE KALİTENİN BULUŞTUĞU YERDESİNİZ
ÜLKÜ KABLO

FABRİKA : KÜÇÜKBALIKLI SARIYER CAD. GEZİCİ SOKAK NO : 4 BURSA
TEL : 0224 215 43 26 / 27 FAX : 0224 215 43 29
WEB : www.ulkukablo.com



TKİ KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Kurumun Amacı:

Devletin genel enerji ve yakıt politikasına uygun olarak linyit, turp, bitümlü şist ve asfaltit gibi enerji hammaddelerini değerlendirmek, ülkenin ihtiyaçlarını karşılamak, yurt ekonomisine azami katkıda bulunmak, plan ve programlar tanzim etmek, takip etmek, uygulama stratejilerini tespit etmek ve gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla 1957 yılında kurulmuş olan bir İktisadi Devlet Teşekkülü olup, faaliyetlerini yurt sathına yayılmış 4 Müessese, 4 İşletme Müdürlüğü, 1 Kontrol Müdürlüğü ve 3 Kontrol Başmühendisliği vasıtasıyla yürütmektedir.

TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü	ANKARA
ELİ	Ege Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü	Soma/MANİSA
ÇLİ	Çan Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü	Çan/ÇANAKKALE
GELİ	Güney Ege Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü	Yatağan/MUĞLA
YLİ	Yeniköy Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü	Milas/MUĞLA
GLİ	Garp Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü	Tavşanlı/KÜTAHYA
İLİ	Ilgın Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü	Ilgın/KONYA
SLİ	Seyitömer Linyitleri İşletmesi Müessese Müdürlüğü	Seyitömer/KÜTAHYA
BLİ	Bursa Linyitleri İşletmesi Müdürlüğü	Orhaneli/BURSA

İşletme Dairesi Başkanlığı'na Bağlı

SKM	Silopi Kontrol Müdürlüğü	Silopi/ŞIRNAK
	Oltu Kontrol Başmühendisliği	Oltu/ERZURUM
	Göynük Kontrol Başmühendisliği	Göynük/BOLU
	Dodurga Kontrol Başmühendisliği	Dodurga/ÇORUM

Kurumun Enerji Sektöründeki Vizyonu:

TKİ Kurumu, enerji arz güvenliği ve enerji kaynaklarında yerli üretime ağırlık verilmesi ilkeleri çerçevesinde linyit üretiminin ekonomik ve verimlilik esasına bağlı olarak azami şekilde artırılması görüşünü benimseye, bu amaç doğrultusunda çalışmalarını sürdüren bir kuruluştur. Bu vizyon içinde, ülkenin linyit sahalarını değerlendirirken yararlanacak katma değere ve ekonomiyeye katkı sağlamayı da hedeflemiştir.

Kurumun Enerji Sektöründeki Misyonu:

TKİ Kurumu, yurdumuzdaki genel enerji dengesi ve elektrik enerjisi üretimine sağladığı katkı ile önemli bir yere sahiptir. Türkiye'deki yaklaşık 8.3 milyar tonluk linyit rezervinin 2.5 milyar tonu (%30'u) TKİ uhdesinde olması na rağmen, Türkiye Linyit üretimin yaklaşık %52'sini TKİ sağlamaktadır. Anlaşılacağı üzere, TKİ'nin misyonu başta elektrik üretimi olmak üzere ısınma sektörü ile sanayinin ihtiyacı olan kömürün üretilmesini sağlamaktadır.

Bu anlamda; TKİ 2003 yılında 25,39 milyon ton üretim yapmış, bu üretimin 6,4 milyon tonunu ısınma ve sanayi sektörüne verirken, 18,98 milyon ton kömürü ise beslediği toplam 4209 MW kurulu güce sahip santrallere vermiştir.



AKBAĞ

Patlayıcı Maddeler ve Av Malzemeleri Ltd. Şti.

ORICA-NİTRO ÜRÜNLERİ YETKİLİ SATICISI

- Yerüstü, yer altı ve özel patlatma uygulamaları için ihtiyaç duyulan yeni nesil ürünlerin (Emülsiyon, Exel Elektriksiz Kapsül vb.) temin edilmesi
- Patlayıcı Madde Ruhsatı alınması ve depo kurulması sürecinde müşterilerimize yardım edilmesi
- Sipariş edilen ürünlerin müşteri şantiyesine naklinin yapılması
- Depo muvafakatnamesi verilmesi

Kale Mahallesi Gaziler Meydanı No: 47/3 **SAMSUN**

Tel: 0- 362- 431 23 53 Faks: 0- 362- 431 56 58



AKDENİZ

Patlayıcı ve Kimyasal Maddeler A.Ş.

ORICA-NİTRO ÜRÜNLERİ YETKİLİ SATICISI

- Yerüstü, yer altı ve özel patlatma uygulamaları için ihtiyaç duyulan yeni nesil ürünlerin (Emülsiyon, Exel Elektriksiz Kapsül vb.) temin edilmesi
- Patlayıcı Madde Ruhsatı alınması ve depo kurulması sürecinde müşterilerimize yardım edilmesi
- Sipariş edilen ürünlerin müşteri şantiyesine naklinin yapılması
- Depo muvafakatnamesi verilmesi

Koca Mustafa Efendi Cad. No:5 Kat: 2 Daire :5 **MUĞLA**

Tel: 0- 252- 214 80 08 ve 214 93 76 Faks: 0- 252- 214 93 77



YÜZBAŞIOĞLU

Patlayıcı Maddeler Kimya ve Av Malzemeleri Ltd. Şti.

ORICA-NİTRO ÜRÜNLERİ YETKİLİ SATICISI

- Yerüstü, yer altı ve özel patlatma uygulamaları için ihtiyaç duyulan yeni nesil ürünlerin (Emülsiyon, Exel Elektriksiz Kapsül vb.) temin edilmesi
- Patlayıcı Madde Ruhsatı alınması ve depo kurulması sürecinde müşterilerimize yardım edilmesi
- Sipariş edilen ürünlerin müşteri şantiyesine naklinin yapılması
- Depo muvafakatnamesi verilmesi

Örnekevler Mah. Kocasinan Bulvarı. No: 100- B Çevreyolu - **KAYSERİ**
Tel: 0- 352- 231 51 28 / 232 20 30 Faks: 0- 352- 231 61 89



ARAZLAR

İnş. Nak. San. Tic. Ltd. Şti.

ORICA-NİTRO ÜRÜNLERİ YETKİLİ SATICISI

- Yerüstü, yer altı ve özel patlatma uygulamaları için ihtiyaç duyulan yeni nesil ürünlerin (Emülsiyon, Exel Elektriksiz Kapsül vb.) temin edilmesi
- Patlayıcı Madde Ruhsatı alınması ve depo kurulması sürecinde müşterilerimize yardım edilmesi
- Sipariş edilen ürünlerin müşteri şantiyesine naklinin yapılması
- Depo muvafakatnamesi verilmesi

Karşıyaka Mah. Transit Cad. No: 36/A **GÜMÜŞHANE**
Tel: 0- 456- 213 36 36 ve 213 38 38 Faks: 0- 456- 213 54 00



KAY-SAN

Patlayıcı Maddeler Baş Bayii

ORICA-NİTRO ÜRÜNLERİ YETKİLİ SATICISI

- Yerüstü, yer altı ve özel patlatma uygulamaları için ihtiyaç duyulan yeni nesil ürünlerin (Emülsiyon, Exel Elektriksiz Kapsül vb.) temin edilmesi
- Patlayıcı Madde Ruhsatı alınması ve depo kurulması sürecinde müşterilerimize yardım edilmesi
- Sipariş edilen ürünlerin müşteri şantiyesine naklinin yapılması
- Depo muvafakatnamesi verilmesi

İsmetpaşa Mah. Milli Egemenlik Cas. Aras İşhanı No: 2/A **KAHRAMANMARAŞ**
Tel: 0- 344- 214 67 56 Faks: 0- 344- 225 33 78

1000
1000
1000

1000
1000
1000

1000
1000
1000

1000
1000
1000

1000

1000
1000
1000

1000



TMMOB

Maden Mühendisleri Odası

Oda Yayın No: 137

ISBN: 978-9944-89-402-9