

MT Bilimsel

Yer Altı Kaynakları Dergisi | *Journal of Underground Resources*

Derginin Adı
MT Bilimsel

İmtiyaz Sahibi
MAYEB Basın Yayın İnsan Kaynakları Ltd. Şti.
adına Onur Aydın

Genel Koordinatör
Onur Aydın
onur@mayeb.com.tr

Yazı İşleri Müdürü
Volkan Okyay
volkan@mayeb.com.tr

Yurtdışı İlişkiler
Eray İmgel
eray@mayeb.com.tr

Grafik Tasarım - Uygulama
Gökçe Çınar
gokce@mayeb.com.tr

Hukuk Danışmanı
Av. Evrim İnal
evrim@ocgdtqo.öt

Yayın İdare Merkezi
1042. Cd. (Eski 4. Cd.) 1335. Sk.
(Eski 19. Sk.) Vadi Köşk Apt.
No: 6/8 A. Öveçler ANK.
Tel : +90 (312) 482 18 60
Fax : +90 (312) 482 18 61

info@mtbilimsel.com
www.mtbilimsel.com

Yerel Süreli Yayındır

ISSN 2146-9431

Ulusal Hakemli Dergidir



Yayın Kurulu

Baş Editör:

C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
o.aksoy@mtbilimsel.com

Yardımcı Editörler:

Mahmut Yavuz

Eskişehir Osmangazi Üni., Maden Müh. Bölümü

Vehbi Özacar

Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü

Eren Kömürlü

Karadeniz Teknik Üni., Maden Müh. Bölümü

Madencilik Türkiye Dergisi Temsilcisi

Onur Aydın (Madencilik Türkiye Dergisi)
onur@mayeb.com.tr

Editörler (Alfabetik):

- Ali Sarıışık (Afyon Kocatepe Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Bahtiyar Ünver (Hacettepe Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Christopher Mark (Mine Safety & Health Admin., Coal Mine S. & H.)
- Çağatay Pamukçu (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Emin Candansayar (Ankara Üni., Jeofizik Müh. Bölümü)
- Erol Kaya (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- G. Gülsev Uyar Aldaş (Ankara Üni., Jeofizik Müh. Bölümü)
- Güner Gürtunca (National Institute for Occupational Safety & Health)
- Hakan Başarır (Malatya İnönü Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Işık Yılmaz (Cumhuriyet Üni., Jeoloji Müh. Bölümü)
- İhsan Özkan (Selçuk Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Kadri Dağdelen (Colorado School Of Mines, Dept. of Mining Eng.)
- Kerim Küçük (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Melih Geniş (Zonguldak Karaelmas Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Melih İphar (Eskişehir Osmangazi Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Mustafa Ayhan (Dicle Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Nuh Bilgin (İstanbul Teknik Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Nuray Demirel (Orta Doğu Teknik Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Pinnaduva Kulatilake (The Univ. of Arizona, Dept. of Min. & Geo. Eng.)
- Raşit Altındağ (Süleyman Demirel Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Reşat Ulusay (Hacettepe Üni., Jeoloji Müh. Bölümü)
- Sair Kahraman (Niğde Üni., Maden Müh. Bölümü)
- Samuel Frimpong (Missouri Univ. of Science & Tech., Dept. of Min. Eng.)
- Şevket Durucan (Imperial College, Mining And Environmental Eng.)
- Tim Joseph (Univ. of Alberta, School of Mining & Petroleum Eng.)
- Turgay Ertekin (The Pennsylvania State Univ., Petroleum & Nat. Gas Eng.)
- Turgay Onargan (Dokuz Eylül Üni., Maden Müh. Bölümü)

Yıl:6 | Sayı:12 | Temmuz 2017

ISSN: 2146-9431

Year:6 | Number:12 | July2017

İçindekiler

Eren Kömürlü, Ayhan Kesimal

Murgul Akarşen Yeraltı İşletmesi için Püskürtülen İnce Kaplama (PİK) Kullanılabilirliği.....3

Fatih Perçin, Seda Köken, Oğuzhan Takıcak

Yeraltı Yapılarında Olası Riskler.....27

Abdurrahman Tosun

Determination of The Discontinuity Characteristics of The Blast Surfaces.....35

Makale Gönderim Tarihi: 09.12.2016

Yayına Kabul Tarihi: 13.03.2017

Murgul Akarşen Yeraltı İşletmesi için Püskürtülen İnce Kaplama (PİK) Kullanılabilirliği

*Usability of Thin Spray-on Liners (TSL) for Akarsen Underground Mine in Murgul*Eren Kömürlü^{1*}, Ayhan Kesimal¹¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Trabzon*Sorumlu Yazar: ekomurlu@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Artvin ili Murgul ilçesi içerisinde bulunan Akarşen yeraltı madeninde kullanılmakta olan püskürtme beton yerine PİK (Püskürtülen ince kaplama) uygulanabilirliği bir dizi saha ve laboratuvar ölçekli deneysel çalışmalar ile incelenmiştir. Elde edilen verilere göre, işletmede 5 mm kalınlığında saf poliüre türü çift bileşenli sıvı fazda uygulanmakta olan PİK malzemesinin kullanılabilir olduğuna karar verilmiştir. PİK tasarımı için uygulamadaki püskürtme beton ile tahkimat performanslarının kıyaslaması yapılmış ve kaya kütlesi özelliklerinin belirlenmesi yolu ile literatürdeki PİK kullanımı üzerine ampirik çalışma sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Püskürtülen ince kaplamalar, Püskürtme beton, Tahkimat, Poliüre, Püskürtme polimer.

Abstract

In this study, thin spray-on liners usability instead of shotcrete applied in galleries of Akarsen copper mine in Artvin city of Turkey was investigated carrying out a series of field and laboratory scale experimental studies. According to the results obtained from this study, two liquid component pure polyurea type TSL material with 5 mm thickness was found to be usable in the mine. In the topic of TSL design, shotcrete and TSL load bearing capacities have been compared and empirical study results on TSL applications in literature were considered.

Key words: Thin spray-on liners, Shotcrete, Support, Polyurea, Spraying polymers .

1. GİRİŞ

Uluslararası literatürde TSL (Thin spray-on liners), ulusal literatürde PİK (Püskürtülen ince kaplamalar) adı ile geçen kaplama malzemelerinin yeraltı açıklıkları için tahkimat özellikleri 1980'li yılların sonundan itibaren incelenmektedir (Archibald ve DeGagne, 2001; Archibald, 2004; Öztürk, 2011). Betona nazaran çok kısa süre içerisinde dayanım kazanan ve pratik olarak uygulanabilen PİK, ilk olarak Kanada madenlerinde incelenmeye başlamıştır. Başlangıçta poliüretan türü polimer malzeme denenmiş olup, 1990'lı yılların sonunda poliüre türü, poliüretan ve poliüre karışımı içeren polimer, su bazlı, lateks bazlı, polimer ve çimento katkılı, metakrilat bazlı çeşitli PİK malzemeleri de üretilmiştir. 2000 yılına gelindiğinde altı adet PİK malzemesi üreticisi mevcut olmuştur. Bu rakam Kanada, Güney Afrika, ABD, Avustralya, İsveç, Şili gibi birçok farklı ülkede PİK uygulamalarının yaygınlaşması neticesinde günümüzde yirmi üzerindedir (Boeg-Jensen, 2013).

PİK malzemelerinin performansları üzerine araştırma ve geliştirme çalışmaları devam etmektedir. PİK, uygulananın pratik olması, zaman kazancı, hızlı kurlenmesi ve püskürtüldükten sonra kısa süre içinde dayanım değerlerinin artması, kaya ve beton yüzeyine iyi yapışma özelliği göstermesi gibi nedenlerden dolayı avantaj sağlamaktadır. PİK uygulamalarında yenilme, yapışma ile ilgili adesif olarak veya PİK'in makaslama ve çekme gerilmeleri neticesinde yenilmesi ile gerçekleşebilir (Öztürk ve Tannant, 2010; Tannant, 2001; Kömürlü ve Kesimal, 2012). Bu durumu gösteren bir resim Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Hareket etmiş blok ve PİK (Kömürlü ve Kesimal, 2013)

PİK'ler püskürtme betona nazaran çok kısa süre içinde dayanım kazanması, hızlı kaplama oluşturulması, kazı sonrası ani gevşeyen malzemenin düşmesini engelleyebilmesi ile önemli avantaj sağlamaktadır. Tahkimat reaksiyonu olarak çelik hasır ve püskürtme beton arasında bir özelliğe sahip olan PİK'in doğrudan püskürtme beton alternatifi olması için kalın malzeme uygulama ihtiyacı maliyetleri artırmaktadır. Bu sebeple, 10 cm - 20 cm gibi kalınlıklarda püskürtme beton kaplamaların alternatifi olarak maliyetleri yüksek olsa da 5 cm dolaylarındaki ince yüzey kaplamaları olarak kullanılan püskürtme betonlar için alternatif olarak kullanılabilir (Ferreira ve Piroddi, 2011; Stacey, 2001).

Ayrıca, şişme problemlili killi zeminlerde veya kaya sıkışması problemi olan alanlarda püskürtme beton tahkimatın kırılmaması için kalın beton malzemeler yerine PİK uygulaması ekonomik olmakta, avantaj sağlamaktadır. PİK'in avantaj sağladığı bir diğer konu ise kaya kütlelerinin hava ile temasının kesilmesine yönelik etkili ve pratik oluşudur. PİK aynı zamanda pratik bir şekilde kesintisiz su yalıtımı sağlanması amacı ile tünellerde endüstrisinde püskürtme membran adı altında geleneksel membran örtülerinin yerine kullanılmaktadır. Şekil 2'de su yalıtım amaçlı bir PİK uygulaması görülmektedir.



Şekil 2. Su yalıtım amaçlı bir PİK uygulaması (Wallis, 2008)

Madenlerde çoğunlukla uygulanmakta olan PİK'lerin kalınlık değerleri birkaç milimetre boyutlarındadır. Büyük bir kütle duraysızlığını doğrudan önleme özelliği bulunmayan PİK'ler yüzeysel duraysızlıkları önleyebilme özelliğine sahiptir ve kaya kütlelerinin çevre ile etkileşimini kesmesi nedeni ile uzun vadeli olarak duraylılığın korunmasına katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda, göçük potansiyeli olan blokları askıda tutmaktadır. PİK uygulamalarının 5 cm gibi kalınlığa sahip ince püskürtme beton alternatifi olarak kullanımı yaygınlaşmakta olsa da, kalın püskürtme betonlara alternatif tahkimat reaksiyonlarının sağlanması için henüz ekonomik değildir. İnce püskürtme beton kaplamaların kalınlığı boyunca bir iki agrega tanesinin bulunması, bağlayıcı malzeme özelliklerine ve agrega çimento hamuru arayüzeyi özelliklerine bağlı olarak çok düşük yük altında yenilme açısından riskli olabilmektedir. Bu sebeple, ince yüzey kaplamaları olarak taneli beton malzemeleri yerine kalınlık kesiti boyunca homojen özelliğe sahip PİK türü tahkimat kullanımı avantaj sağlamaktadır.

Polimer PİK malzemeleri betona kıyasla çok yüksek enerji emme kapasitelerine, dinamik yüklere karşı dirence sahiplerdir. Dinamik yüklere karşı tahkimatın yüksek dirençli olması, yeraltı yapılarının depreme karşı duraylılığının korunması ve madencilik açısından düşüldüğünde gelecekte artacak olan derin yeraltı madenciliği uygulamalarındaki kaya patlaması problemlerine karşı avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, patlatmalı yer altı kazılarında tahkimatın zarar görmemesi açısından dinamik yüklere karşı yüksek dirençli malzemelerin kullanımı avantaj sağlamaktadır (Yi ve Kaiser, 1994; Li ve Doucet, 2012; Li vd., 2014; Stacey, 2016). PİK uygulamalarının avantajları maddeler halinde Tablo 1'de özetlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, Artvin ili Murgul ilçesindeki Akarşen yeraltı bakır ocağında uygulanmakta olan püskürtme beton yerine PİK kullanılabilirliği incelenmiştir. İşletmede kullanılmakta olan püskürtme beton lif katkılı olarak 5 - 7 cm kalınlığında ocağa uygulanmaktadır. Tavanda %30 seviyesine kadar artan geri sekme problemi nedeni ile önemli miktarda malzeme kaybı yaşanmakta ve geri seken malzeme ocak içerisinde çalışma koşullarını olumsuz yönde etkilemektedir.

PİK malzemesi olarak poliüre türü elastomer test edilmiştir. PİK'in uygulanabilirliği konusunda karar verilmesi için, deneysel çalışmalar ile püskürtme beton ve poliürenin tahkimat performanslarının kıyaslaması yapılmış ve kaya kütleleri özelliklerinin belirlenmesi yolu ile literatürdeki ampirik çalışma sonuçları değerlendirilmiştir. Poliüre, poliüretan gibi sıvı fazda püskürtülerek hızlı kürlenene termoset türü PİK malzemeleri kullanılarak gerçekleştirilen çalışma sonuçlarına göre Espley vd. (1999) tarafından kaya kütleleri özelliklerine bağlı olarak önerilen PİK kullanımı detayları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2 ile ilgili notlar ise Tablo 3'te mevcuttur.

Tablo 1. PİK ve püskürtme beton kıyaslaması

PİK özellikleri	Püskürtme Beton özellikleri
Düşük püskürtülen malzeme hacmi dolayısı ile püskürtme ufak ve daha ucuz makineler ile yapılabilir	Büyük hacimlerde malzeme püskürtülür, pahalı püskürtme robotları ile uygulanır.
Geri sekme problemi nedeni ile malzeme kaybı olmaz (%5'ten düşük)	Geri sekme problemi ile malzeme kaybı (Tavanda %30'a varan malzeme kaybı) vardır
Hızlı kürlenir, termoset polimer bazlı olanları püskürtüldükten sonra saniyeler içerisinde yük taşıyabilir.	Yük taşımaya başlaması için kürlenmesi beklenir.
Ekstra kimyasal katkılara gerek kalmaz.	Püskürtme beton içeriğinde uygulamaya bağlı olarak akışkanlaştırıcı, priz hızlandırıcı, priz geciktirici gibi çeşitli kimyasal katkıların kullanımı gerekmektedir.
Yüzeye iyi yapışma özelliğine sahiptir. Yüzey pürüz şekillerini alarak yapışma yüzeyinde minimum boşluk oluşumu sağlar.	Agrega içeriği nedeni ile yapışma arayüzeyinde yüksek boşluk oranına sahiptir.
Yüksek kimyasal direnci vardır ve yeraltı suları ile temas halinde mekanik özelliklerinde değişim yaşanmaz.	Yeraltı suları ile temas halinde olumsuz yönde etkilenir. Özellikle asidik yeraltı suları nedeni ile kimyasal bozunma ve mekanik özelliklerinde kötüleşme yaşanır.
Kaya kütlelerinin çevre ile mükemmel yalıtımı sağlanır.	Kaya kütlelerinin çevre ile mükemmel yalıtımının sağlanması için 5 cm gibi kalınlıklardaki ince kaplamalar yeterli olmaz
Dinamik yüklere karşı yüksek direnç gösterir, çatlak oluşumu direnci son derece yüksektir. Bu sebeple yakınlarda yapılan patlatmalara karşı yüksek direnç gösterir.	Dinamik yüklere karşı direnci düşüktür, gevrek malzeme özelliği nedeni ile çatlak direnci oldukça düşüktür. Çatlak direncinin iyileştirilmesi için lif ya da hasır gibi donatı kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, patlatmalara karşı PİK kadar yüksek dirence sahip olunamaz.
Agregaya ihtiyaç duyulmadığı için ekstra taş ocağı çalışmaları, kırıcı tesislerindeki işlemlere gerek kalmaz, çevreci bir uygulamadır.	Kırmataş faaliyetlerine ihtiyaç duyulmaktadır, uygulama alanı yakınlarda beton santali olmalıdır.
Uygulandıktan sonra birkaç saat içerisinde çekme dayanımı 20 MPa - 25 MPa seviyelerine kadar çıkmaktadır (Saf poliüre ürünler için geçerlidir).	Uygulandıktan bir gün sonra çekme dayanımı priz hızlandırıcı katkı kullanım koşullarında 1 MPa üzerindedir, 28 gün içinde çekme dayanımı 3 MPa - 4 MPa dolaylarındadır.
İnce kaplama uygulamalarında kaplama kesiti boyunca homojen malzeme özelliği gösterilir.	İnce kaplamalarda homojen olmayan kesitte agrega çimento yapışma arayüzeyine bağlı çok düşük yük altında yenilebilme riski vardır.
Betona kıyas ile hava akımı karşısında direnç düşüktür, havalandırma performansını iyileştirir.	Hava akımı karşısında direnç yüksektir.
Açık renkli ürünler aydınlatmayı iyileştirir	Işık yansıtma özelliği zayıftır.

Tablo 2. PİK uygulama rehberi (Espley vd., 1999)

Yeraltı açıklığı	RMR (%)	PİK kalınlığı (mm)	Saplama düzeni ¹ (boy x aralık)
Galeri (duvar)	45-65	2-3	1,8 mx1,5m ²
	>65	2-3	1,8 mx1,5m ³
Galeri (tavan)	45-65	3-4	1,8 mx1,1m ⁴
	>65	3-4	1,8 mx1,3m ⁴
Üretim panosu yolu (duvar)	45-65	2-3	1,8 mx1,5m ⁵
	>65	2-3	Saplamasız, seyrek saplama ⁵
Üretim panosu yolu (tavan)	45-65	3-4	1,8 m veya 2,4 mx1,1 m ⁴
	>65	3-4	

Tablo 3. Tablo 2 ile ilgili notlar

Rakam	Not
1	Mekanik saplama
2	Her iki ilerleme vardiyası sonrası saplama
3	Süresiz iki yıllık denetimler ile gecikmeli
4	PİK öncesi veya hemen sonrası saplama
5	Saplama ertelenebilir

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Yapılan deneysel çalışmalar sıradaki alt başlıklar halinde anlatılmıştır.

2.1. Kaya Kütle Sınıflaması

Kaya kütle özelliklerinin PİK kullanımı için yeterli seviyede olduğu veya olmadığıın tayin edilmesi için RMR değerleri belirlenmiştir. Akarşen yeraltı işletmesinde son üretim alanı olan güney cevherleşme bölgesindeki kaya kütlelerinin RMR değerlerinin belirlenmesi için karotlu sondajlar kullanılmıştır (Şekil 3). Süreksizlik özellikleri (süreksizlik aralığı, süreksizlik durumu) dikkatli biçimde incelenerek puanlandırma yapılmıştır. Çatlak suyu puanlandırması yapılırken zeminin “ıslak” olma koşulu göz önünde bulundurulmuştur. Kaya malzemesi dayanım puanının hesaplanması için Şekil 4 ve Şekil 5’te görüldüğü gibi karotlar kesilerek boy çap oranı 2 olan tek eksenli sıkışma dayanımı numuneleri hazırlanmıştır ve 1.4 kN/saniye yükleme hızı ile her formasyona ait üçer numune kırılmıştır. RMR belirlemesi için diğer bir önemli parametre olan RQD değerleri karotlar üzerinde ölçümler ile hesaplanmış ve Tablo 4-6’da verildiği üzere RMR değerleri belirlenmiştir. Tablolardaki RMR değerleri patlatma ve zayıf düzlem için düzenleme puanları ile çarpılmış olarak verilmiştir. Bu düzenleme puanlarının belirlenmesi için “Denetimli patlatma” koşulu dikkate alınmış ve tek eksenli sıkışma dayanımı 2 MPa altında olan cevherde kazı için “Yumuşak cevher zonu” koşulu diğer durumlar için ise “Zayıflık düzlemi yok” koşulları göz önünde bulundurulmuştur.



Şekil 3. Bazı karot örnekleri



Şekil 4. Karot kesme



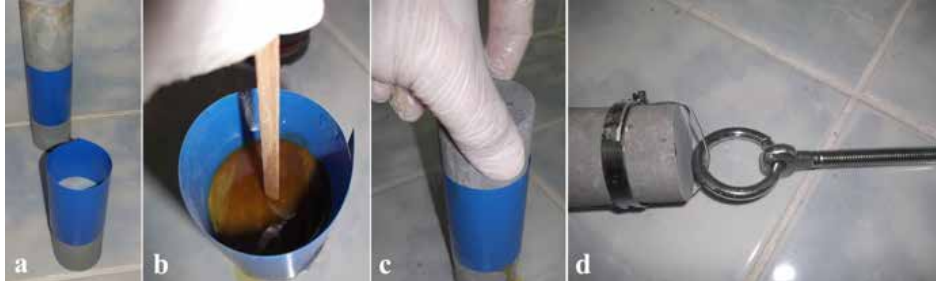
Şekil 5. Tek eksenli sıkıştırma testi

2.2. Yapışma Arayüzeyine Çekme Testleri

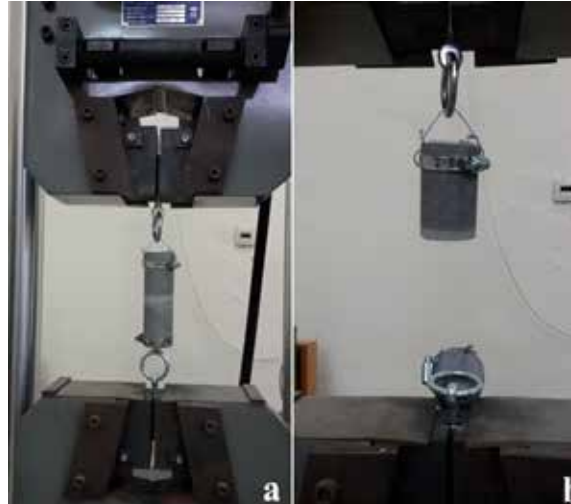
Poliüre PİK ve püskürtme beton numunelerinin kaya yüzeyine yapışma performanslarının kıyaslamalı olarak incelenmesi amacı ile, ocakta bulunan farklı kaya malzemeleri kullanarak yapışma yüzeyine doğrudan çekme testleri yapılmıştır. Yüzey nemine bağlı olarak PİK ve betonun yapışma performanslarının kıyaslandığı bu deneysel çalışmada karot numuneleri hazırlanmıştır. Kesilmiş karot numunesi etrafına Şekil 6'da görüldüğü gibi plastik katman sarılarak yapıştırılmıştır. Böylelikle, karot yüzeyine uygulanmak üzere beton ve PİK için döküm kalıpları oluşturulmuştur. Sıvı fazda poliüre (izosiyanat ve amin karışımı) ve su/çimento karışımı 3 mm kalınlık oluşturacak şekilde dökülmüştür. Hemen ardından, diğer düz yüzeyli kesilmiş

karot numuneleri plastik kalıplar içine yerleştirilerek PİK ve çimento malzemelerinin iki taraflı kaya malzemelerine yapışması sağlanmıştır. Yapışma numuneleri 1 gün süre ile bekletildikten sonra yapışma yüzeyine çekme testleri uygulanmıştır. Karot numunelerinin tutulması için çelik kablolar halkalı civatalar içerisinden geçirilerek kelepçeler yardımı ile karot numuneleri üzerine sabitlenmiştir. Şekil 7’te görülmekte olan çekme testi düzeneği çeneleri ile civatalardan tutma sağlanarak PİK ve çimento/su karışımının farklı kaya malzemelerine yapışma dayanımları belirlenmiştir. Bu kapsamda, her bir yapışma testi numunesi için ikişer adet aynı kaya malzemesi karotları kullanılmıştır.

Hassas olarak 0,1 kN/saniye yükleme hızı ile farklı kaplamaların yapışma dayanımları (arayüzey çekme dayanımları) belirlenmiştir. Betonun yapışma performansının agrega içeriğine bağlı olarak azalmasından dolayı, betonun en iyi yapışma özelliğini temsil etmesi amacı ile bu kıyaslama çalışmasında agrega içermeyen çimento ve su karışımı test edilmiştir. Kaya yüzeylerine yapışma numunesi hazırlanırken uygulamadaki beton içeriğindeki su/çimento oranı kullanılmıştır. Poliüre birleşenlerinin en iyi polimerleşme özelliğine sahip olması için birbirleri ile 60 C° sıcaklıkta temas etmeleri sağlanmalıdır. Bu sebeple, birleşenler oda sıcaklığına çıkarılıp karıştırılmadan önce 75 C° sıcaklıktaki etüv içinde bekletilmiştir. Oda sıcaklığında hava nemi içeriğinde bekleyen kaya malzemesi numunelerine ek olarak, cevher numunelerinin bir bölümü su içerisinde bekletilerek ıslak numuneler hazırlanmıştır.



Şekil 6. Yapışma testi numune hazırlama işlemleri: a) plastik tabaka ile sarılmış kaplama malzemesi dökülecek numune, b) taze poliüre bileşenleri karışımı dökülmüş numune, c) poliüre dökümü ardından ikinci bir karot numunesinin yerleştirilmesi, d) numune tutma civatası bağlanması



Şekil 7. a) Yapışma yüzeyi çekme testi, b) yenilmiş bir numune

2.3. Plak Yükleme Testleri

Püskürtme beton kaplama performansının değerlendirilmesi için en yaygın uygulanan, standart deneylerden biri olan plak yükleme testi (3 boyutlu eğilme testi) farklı kalınlıklarda yeraltında püskürtülmüş beton ve PİK numunelerine uygulanmıştır. 60cm x 60 cm en ve boydaki numunelerin kalınlıkları beton için 4 cm, 7 cm, 10 cm, PİK için 4 mm, 7 mm, 10 mm olacak şekilde oluşturulmuş ve taşıma kapasiteleri test edilmiştir. Püskürtme beton numuneleri farklı kalınlıklar için hazırlanan kalıplara püskürtülmüş olup, PİK numuneleri için kalınlık püskürtme yapan operatör tarafından katlı uygulama yapılarak oluşturulmuştur. 28 gün kür süreli püskürtme beton plak yükleme testlerinde kullanılmıştır.

Plak yükleme testlerinde yükleme hızı 0,3 kN/saniye olarak seçilmiştir. Püskürtme beton numuneleri plak yükleme çerçevesi üzerine yerleştirilmiştir. Numune yerleştirme çerçevesi üzerine konan PİK örnekleri ise pürüzlü çelik sürtünme (tutma) yüzeyine sahip ışkence çerçeveleri ile sıkıca sabitlenmiştir. Püskürtme beton ve PİK için plak yükleme testleri görselleri sırası ile Şekil 8-11'de verilmiştir.



Şekil 8. Püskürtme beton plak yükleme testi



Şekil 9. Farklı kalınlıklardaki PİK numuneleri



Şekil 10. PİK plak yükleme testi



Şekil 11. Test edilmiş bir PİK numunesi

2.4. Blok Taşıma (Blok İtme) Testi

Üçlü bloklar üzerine uygulanmış püskürtülen ince kaplama (PİK) ve püskürtme beton numunelerinin deformasyon kontrollü olarak taşıma kapasitesi testlerini kapsamaktadır. Bu deneysel çalışmada farklı kaplama malzemeleri ve kaplama kalınlıklarının taşıma kapasitesi üzerindeki etkileri kıyaslamalı olarak değerlendirilmiştir. Üçlü bloklardan sağ ve soldakilerin plak yükleme testinde de kullanılan numune yerleştirme çerçevesine mesnetlenmesi ve ortadaki bloğun düşey yönde itilmesi ile kaplamaların veya yapışma yüzeylerinin yenilmesine bağlı taşıma kapasiteleri incelenmiştir. Her biri 200 mm x 100 mm x 30 mm boyutlarında üç adet bloktan sağ ve sol blokların mesnetlenmesi için üçer adet işkence çerçevesi kullanılmıştır. Üçlü bloklar plastik tabakalarla sarılarak üzerlerine kaplamaların dökülmesi için kalıp oluşturulmuştur. Madende uygulanan lifli beton karışımının 4 cm kalınlığında dökümü yapılmış ve taşıma kapasitesinin kıyaslanması için 4 mm kalınlığında PİK malzemesi kullanılmıştır. Blok taşıma testlerinden görseller Şekil 12’de verilmiştir. Blok taşıma testinde yükleme hızı 0,2 kN/saniye olarak seçilmiş olup, püskürtme beton ve PİK numuneler blok üzerine dökümleri yapıldıktan 2 gün sonra testler gerçekleştirilmiştir. PİK numunelerin hazırlanması için, püskürtme makinesi kullanılarak kalıp içine düşük basınç ile tabancadan döküm yapılmıştır.



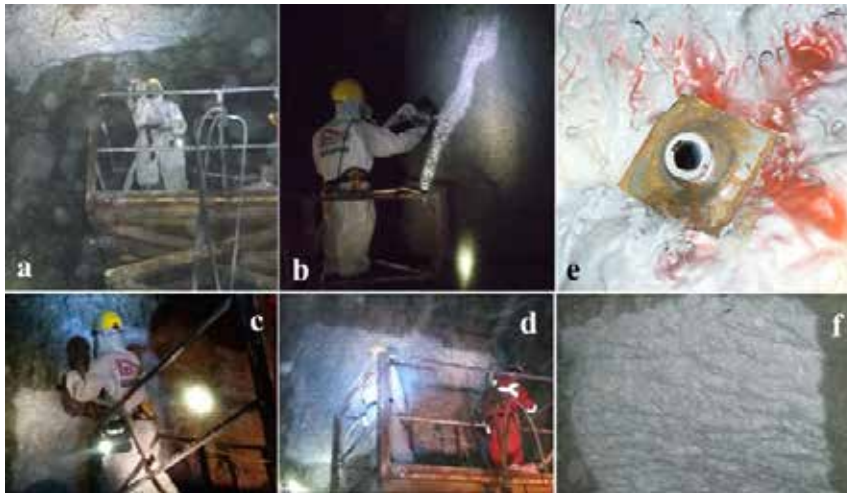
Şekil 12.a) Poliüre kaplama, b ve c) beton ve polimer kaplamalı blokların mesnetlenmesi, d) çatlamış beton kaplama, e) beton yapışma yüzeyindeki ayrılma, f) poliüre yapışma yüzeyi tarafından taşınan orta blok, g) poliüre yapışma yüzeyinde tamamen ayrılma

2.5. Saha Uygulamaları

Bu çalışma kapsamında Akarşen yeraltı işletmesinde pilot bir poliüre püskürtme işlemi gerçekleştirilmiştir. Poliüre püskürtme makine ve ekipmanları yaygın olarak 12 kg/dakika ile 20 kg/dakika arasında püskürtme kapasitesine sahiptirler, devam eden uygulamalar için hızlı kaplama yapılabilmesi nedeni ile 20 kg/dakika kapasiteli profesyonel bir poliüre püskürtme makinesi pilot uygulamalarda test edilmiştir. Profesyonel ekipmanlar ile poliüreyi oluşturan sıvı fazdaki izosiyenat ve amin isimli birleşenler kütlece eşit oranlarda karışarak püskürtme işlemi gerçekleştirilmekte, iyi polimerleşme için 60 Co sıcaklıkta birleşenlerin teması sağlanmaktadır. Bu pilot uygulama çalışması kapsamında, bir patlatma sonrası kaplama yapmak için geçen süre, birim kalınlık için toplam harcanan malzeme miktarı, geri sekme nedeni ile malzeme kaybı, uygulamada karşılaşılabilecek çeşitli güçlükler, iş güvenliği ve işçi sağlığı açısından dikkat edilmesi gereken birçok detay belirlenmiştir. Sahada PİK uygulamasına yönelik görseller Şekil 13 ve Şekil 14’te verilmiştir.



Şekil 13. PİK püskürtme işlemi (a ve b), PİK kaplanmış galeride saplama delgisi (c ve d), Split set türü sürtümlü saplamaların delik içerisine çakılması (e, f, g, h ve i)



Şekil 14. Yeraltında PİK uygulaması (a, b, c, d), PİK sonrası montajı yapılmış bir saplama (e), PİK ile kaplanmış bir ayna (f)

3. BULGULAR

Kaya kütlesi sınıflamalarına yönelik puanlandırma çalışması için elde edilen ve hesaplanan değerler Tablo 4’te verilmiştir. Püskürtme beton ve PİK için plak yükleme testi sonuçları sırası ile Tablo 5 ve Tablo 6’da verilmiştir. 8 cm olan yükleme pistonunun düşey yöndeki deformasyon limiti nedeni ile poliüre türü PİK malzemesinde yenilme olmadan plak yükleme testleri sonlandırılmıştır. Bu sebeple, Tablo 6’da verilen değerler için büyüktür, “>” işareti kullanılmıştır. Şekil 11’de görüldüğü gibi yük çekildikten sonra PİK numunelerinin eski hallerine döndükleri, Tablo 6’da verilmekte olan yüklerde elastik deformasyon sınırı içerisinde kaldığı görülmüştür.

Çimento harcı ve poliüre için Akarşen yeraltı işletmesine ait çeşitli kaya malzemelerine yapışma dayanımı testi sonuçları Tablo 7 ve Tablo 8’de verilmiştir. Yeraltındaki ilerleme süreleri ve kazı etki alanı yaklaşımları dikkate alınarak blok taşıma (blok itme) testlerinde 2 gün kür süreli taze beton kullanılmıştır. PİK te benzer şekilde 2 gün kürlenme süresi sonunda blok taşıma testleri ile test edilmiş olup, 4 mm kalınlığında PİK in 4 cm kalınlıktaki püskürtme betona nazaran daha yüksek taşıma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Blok taşıma testlerinden elde edilen veriler Tablo 9’da verilmiştir. PİK kaplamalı numuneler yapışma arayüzeyi boyunca ayrılma gerçekleşmesi ile gövde de herhangi bir yenilme olmaksızın blok taşıma testleri tamamlanmıştır. Belirli bir seviyeye kadar PİK malzemesinin uzamasını takiben yapışma arayüzeyinde ayrılma gerçekleşmiş ve bu ayrılmanın mesnetlenmiş kısma kadar devam etmesi neticesinde PİK numuneleri için blok taşıma testi sonlandırılmıştır. Püskürtme beton kaplamalı blok taşıma testi numunelerinde ise betonda yenilme ile testler sonlandırılmıştır.

Patlatma neticesinde galeri cidarının düzgün olmayan, girintili çıkıntılı şekle sahip olmasının 2 mm gibi ince PİK kalınlıklarda yer yer yüzeyin kaplanamaması nedeni ile güvenilir olmadığı görülmüştür. Ayrıca, yüzey şekillerinden dolayı istenilen kalınlığa sahip olunması için düz yüzeylere nazaran daha çok malzeme kullanılması gerektiği görülmüştür. Poliüre ile 4 mm kalınlığında 1 m² düz yüzeyli bir alanı kaplamak için yaklaşık 4 kg malzeme gerekirken, bu değer patlatma ile kazılan cidar şekline bağlı olarak %15-20 artacağı gözlemlenmiştir. Bu malzeme ihtiyacındaki artışın yüzey alanı artışı sebebi ile püskürtme beton için de geçerli olduğunu ifade etmek gereklidir. Poliüre türü PİK uygulamasında pratik olarak geri sekmelerin ihmal edilebilir olduğu görülmüştür. Saplama deliklerinin poliüre üzerinden delinmesi için bir problem olmadığı ve poliüre üzerine saplama montajlarının rahatlıkla yapıldığı görülmüştür. Saplama ile poliürenin birlikte pratik olarak kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Saplama montajı yapılmış poliüre kaplama görüntüleri Şekil 13 ve Şekil 14’te verilmiştir.

Kullanılan ürünün polimerleşmesi süresince toksik gaz çıkışı mevcut değildir. 1990’lı yıllardan günümüze madencilikte PİK malzemesi olarak kullanılmakta olan poliürelerin işçi sağlığı açısından son yıllarda önemli ilerlemeler kaydettiğini bu noktada ifade etmek gereklidir. Yine de, polimerleşmenin büyük ölçüde gerçekleştiği ilk 1 saat solunum yollarına zarar verebilecek gaz çıkma riskine karşılık uygulamanın yapıldığı alandan 30 metre mesafeye kadar çalışma alanına tam yüz maskesi olmayan kişiler girmemelidir. Bu öneri poliüre uygulandıktan sonra iyi bir havalandırma yapılması koşulu ile geçerlidir. Yukarıda yazılan iş güvenliği ve işçi sağlığı konusundaki tedbirlere pilot uygulamaları gerçekleştiren profesyonel poliüre yalıtım firması ile ortak çalışmalar sonucunda karar verilmiştir.

Poliüre püskürtüldükten sonra saniyeler içerisinde katılaşmaya başlar ve delme işlemi için uygun hale gelir, bu sebeple püskürtmeden hemen sonra kaya saplaması montajı yapılabilir. Ancak, delgi ve/veya saplama yapacak kişi kaplama işleminden sonra 1 saat içinde alana gelmiş ise tam yüz maskesi takması gereklidir. Polimerleşme reaksiyonları tamamlanan poliürenin gaz salınım riski bulunmamaktadır. Poliüre içme suyu depolama gibi kimyasal direnci son derece yüksek olması gereken uygulamalarda dahi kullanılmakta olan bir malzemedir. Sülfürik yeraltı sularına sahip ilgili madende püskürtme beton zamanla kimyasal bozunmaya uğrayarak dayanımını kaybetmektedir. Bu problemin çözümü için poliüre kullanımı düşünülebilir. Poliüre sülfürlü atıkların depolanması ve sulfurik gaz birikiminin yaşandığı kanalizasyon hatlarında kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Tablo 4. Farklı sondajlardan formasyonlara ait jeoteknik veriler (ÇD=çok düşük, elle kırılan)

Formasyon adı	RQD (%)	UCS (MPa)	RMR89
F2 Çamurtaşı	64	4,32	49
F2 Silttaşı	84	2,15	51
F2 Geçiş zonu	55	-	-
F2 Hematitli malzeme	22	4,12	38
F2 Bornitli cevher	60	3,37	44
F2 Kalkopiritli cevher	80	4,15	45
F2 Hematitli cevher	45	1,92	34
F3 Çamurtaşı	79	9,93	52
F3 çamurtaşı-silttaşı geçiş	100	9,25	56
F3 Silttaşı	91	10,92	55
F3 Kireçtaşı	89	12,66	53
F3 Hematitli malzeme	48	1,61	43
F3 Kalkopiritli cevher	82	3,86	44
F3 Dasidik tüflü cevher	51	1,87	37
F10 Çamurtaşı	47	5,63	45
F10 Hematitli malzeme	90	2,58	50
F10 Geçiş zonu	57	-	-
F10 Dasit	70	11,75	58
F10 Cevher	94	34,17	61
F11 Çamurtaşı	83	2,23	52
F11 Kalkopiritli cevher	100	-	-
F11 Tüflü cevher	50	ÇD	36
F11 Silttaşı	63	7,80	50
F18 tüflü geçiş zonu	74	3,65	42
F18 Çamurtaşı	65	6,57	48
F18 Kireçtaşı	54	38,15	52
F18 Silttaşı	78	20,41	58
F18 Silttaşı geçiş zonu	-	10,16	-
F18 Hematitli geçiş zonu	43	15,02	47
F18 Hematitli malzeme	55	4,12	45
F18 Çinkolu cevher	60	7,65	47
F18 Kalkopiritli cevher	56	4,14	41
F18 Tüflü cevher	0	-	-
F19 Çamurtaşı	63	12,81	44
F19 Geçiş zonu	52	-	-
F19 Kireçtaşı	72	2,85	47
F19 Geçiş zonu	10	ÇD	25
F19 Dasit	13	18,46	40
F19 Kalkopiritli cevher	94	3,11	48
F22 tüflü cevher	63	ÇD	42
F22 Dasit	100	13,03	64
F22 Geçiş zonu	68	3,54	45
F22 Hematitli malzeme	53	3,69	43
F22 cevher	86	1,98	40

Tablo 5. Püskürtme beton plak yükleme testi sonuçları (PB: Püskürtme beton, 40: 40 mm kalınlık, 70: 70 mm kalınlık, 100: 100 mm kalınlığa sahip)

Numune adı	Fmax (kN)
PB-40	13,25
PB-40	14,12
PB-70	26,99
PB-70	23,24
PB-100	43,18
PB-100	45,57

Tablo 6. PİK plak yükleme testi sonuçları (4: 4 mm, 7: 7 mm, 10: 10 mm kalınlığa sahip)

Numune adı	Fmax (kN)
PİK-4	>11,53
PİK-4	>12,38
PİK-7	>17,94
PİK-7	>18,26
PİK-10	>25,01
PİK-10	>23,53

Tablo 7. Çimento harcı yapışma testi sonuçları

Yapışma yüzeyi	Çekme dayanımı (MPa)	Numune sayısı	Standart sapma (MPa)
Silttaşı	1,12	3	0,09
Marn	1,73	3	0,11
Kireçtaşı	1,47	3	0,12
Tüflü cevher	>0,55	2	0,07
Sağlam cevher (F10)	2,10	3	0,08
Islak sağlam cevher (F10)	1,54	3	0,10

Tablo 8. PİK yapışma testi sonuçları

Yapışma yüzeyi	Çekme dayanımı (MPa)	Numune sayısı	Standart sapma (MPa)
Silttaşı	1,03	3	0,09
Marn	1,29	3	0,08
Kireçtaşı	2,31	3	0,10
Tüflü cevher	>0,61	3	0,09
Sağlam cevher (F10)	2,35	3	0,13
Islak sağlam cevher (F10)	0,74	3	0,05

Tablo 9. Blok taşıma testi sonuçları

Numune adı	Fmax (kN)
PİK-4	3,60
PİK-4	3,14
PİK-4	3,42
PB-40	2,43
PB-40	2,55
PB-40	2,67

4. MALİYET KIYASLAMASI

Madende bir atım ile 3 metre ilerlenmesi sonucu oluşturulan yaklaşık 50 m² cıdarda kaplama alanı için püskürtme beton maliyeti herşey dahil 635 Euro (Ekim 2016 kuru ile 2100 TL) tutarındadır. Kullanılan püskürtme beton plastik lif ve kimyasal katkı içermektedir. Püskürtme işlemi için tüm giderler ve malzeme temini için gerekli maliyetlerin toplamı 5 mm kalınlığındaki poliüre kaplama için 925 Eurodur. Poliüre kaplamanın makine alımı hariç, herşey dahil maliyeti 3,7 Euro/kilogram tutarındadır. Bu durumda, kaplama maliyeti olarak 4 mm PİK kaplama dahi 740 Euro/atım maliyeti ile madende uygulanmakta olan püskürtme betona nazaran pahalı olacaktır. Ancak, PİK için avantajlı olunan konu bekleme süresinin minimum seviyelerde olmasıdır. Poliüre kaplama püskürtülmesinin hemen ardından saplama montajı yapılabilmektedir, püskürtme betonda olduğu gibi 1 vardiyalık bir süre saplamaların montajı ve kazı için beklemeye ihtiyaç duyulmamaktadır. Üretim yolu çalışmalarında poliüre kullanımını birim ilerleme için geçen süreyi %25 oranında azaltacaktır. Ayrıca, patlatma nedeni ile sıkça karşılaşılabilen beton hasarlarını onarım maliyetlerinin de poliüre kaplama için gerekli olmaması PİK kullanımını için avantaj sağlamaktadır. Üretim hızının önemli ölçüde azalması nedeni ile 4 mm kalınlığa kadar PİK'in madende uygulanan püskürtme betona kıyasla daha ekonomik olduğu değerlendirilmiştir. Detaylı piyasa araştırması neticesinde PİK'in burada belirtilenden daha ekonomik uygulanması mümkündür.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Akarşen yeraltı işletmesinin kaya kütlesi özellikleri ince bir poliüre kaplama için uygun olmayıp, güvenilir bir uygulama için zayıf cevher zonları dışında 5 mm kaplama kalınlığının yeterli olduğu belirlenmiştir. RMR değeri çok düşen zayıf cevher zonlarında ise PİK kaplamanın ekonomik olarak kullanılabilir olmadığı görülmüştür. Bu sebeple, zemin türüne ve lokasyona bağlı olarak ince olmayan püskürtme betonun (10 cm kalınlıkta) kullanımı önerilmektedir. Lokal olarak denk gelinen bazı geçiş zonları ve zayıf cevher zonlarında kaya saplaması ve beton kaplamaya ek olarak, kazı öncesi zemin güçlendirmesi ve çelik bağların kullanımı önerilmektedir. Tablo 10'da Bieniawski tarafından geliştirilen RMR değerlerine bağlı olarak tahkimat önerileri de 20-30 aralığında RMR değerine sahip olan madendeki zeminler için yukarıda bahsedilen uygulamaları önermektedir. Bu önerilere paralel olarak, çelik bağ kullanılmayan ve yeteri kalınlıkta beton kaplama yapılmayan tüflü geçiş zonlarında ve zayıf cevher zonlarında yaşanan duraysızlık problemleri olmuştur.

Projeye göre kalınlığın 5 cm altına düşmemesi gerekse de, işletmede kaplama kalınlığının iyi yapışamama, geri sekme ve operatörden kaynaklı çeşitli eksiklikler nedeni ile pek çok yerde 5 cm altına düştüğü görülmüştür. Plak yükleme ve blok taşıma testlerinden elde edilen veriler 4 cm püskürtme beton yerine 4 mm kalınlığında PİK'in uygulanabilir olduğunu göstermektedir. PİK için plak yükleme deneyi sonuçlarını avantajlı hale getiren bir diğer durum

ise test edilen betonların uzun süre (28 gün) kürlenmiş olmalarıdır. Yeraltında bir gün gibi kısa süre kürlenmiş betonun yeni kazı neticesinde oluşan gerilmelere cevap vermesi gerektiği düşünüldüğünde 4 mm kalınlıkta PİK'in taşıma kapasitesine sahip olması için püskürtme betonun kalınlık değerlerinin daha yüksek olması gereklidir (Kömürlü ve Kesimal, 2011; Kolymbas, 2005; Hemphill, 2013). Bu durumda 4 mm kalınlığında PİK'in 5 cm kalınlığındaki püskürtme betonun yerini alabileceği düşünülmektedir. Blok taşıma testlerinden elde edilen bulgular da bu doğrultudadır. Paralel olarak, Espley vd. (1999) ve Bieniawski (1989) tarafından geliştirilen tahkimat önerileri beraber incelendiğinde 4 mm kalınlığında poliürenin 5 cm kalınlığında püskürtme betonun yerine kullanılabilir olduğu görülmektedir. Bieniawski'ye göre RMR değeri 41-60 arası olan bir kaya kütlelerinde 1,0-1,5 metre aralık ile kaya saplamaları kullanılarak yan duvarda 5 cm, tavada 10 cm'ye kadar çıkabilen püskürtme beton yerine, RMR değeri 45 ve üzerinde olması durumunda Espley vd. (1999) 1,1 metre aralıkla saplama ile 4 mm kalınlığında PİK kullanmayı önermiştir. Espley vd. (1999) önerilerindeki malzemelerin, bu çalışmaya paralel olarak poliüre ve poliüretan gibi termoset polimer PİK ürünleri olduğu hatırlanmalıdır. Madende RMR değerinin çoğunlukla 38 ve üzerinde olduğu düşünüldüğünde PİK kalınlığının 4 mm üzerine artırılması ve/veya saplama kullanım aralığının azaltılması gerekeceği görülmektedir. Akarşen yeraltı işletmesinde uygulanmakta olan 1 metre saplama kullanım aralığının PİK ile devam etmesi uygun bulunmuş olup, madenin genelinde bulunan RMR değerinin 40 dolaylarında ve üzerinde olduğu zemin özelliklerinde PİK için 5 mm kalınlığa çıkılması önerilmiştir. Bu değerleri belirlerken, literatürdeki ampirik yaklaşımlar ve laboratuvar testlerinden elde edilen taşıma kapasitesi değerleri birlikte değerlendirilmiştir. 4 mm kalınlıkta PİK kaplama numunelerinin, 4 cm kalınlığında beton kaplamaya kıyasla blok taşıma testlerinde oldukça yüksek taşıma kapasitesine sahip olduğunun görülmesi bu değerlendirmede göz önünde bulundurulmuştur.

Ancak, zayıf cevher ve tüflü geçiş zonlarında olduğu gibi madende RMR değerinin çok düşüğü, püskürtme beton kalınlığının 5 cm gibi düşük değerlerde olmaması gereken alanlarda PİK betonun alternatifi olarak kullanılabilir değildir. Birim kaplama maliyetleri arttıkça püskürtme betonun PİK'e nazaran daha avantajlı kaplamalar olduğu, yalnızca ince püskürtme beton kaplamaların alternatifi olarak PİK'in ekonomik olduğu bu noktada hatırlanmalıdır (Espley vd. 1996; Kömürlü ve Kesimal, 2013; Yılmaz, 2010).

Tablo 10. RMR değerine göre tahkimat seçimi tablosu

RMR değeri	Kazı Şekli	Tahkimat		
		Kaya saptamaları, tam dolgulu, 20 mm çaplı	P ü s k ü r t m e beton	Çelik İksa
81-100	Tam ayna, 3 metreye kadar ilerleme	Belli noktalar dışında genellikle tahkimat gerekmez		
61-80	Tam ayna, belli noktalar dışında genellikle tahkimat gerekmez	Tavanda bölgesel kaya saptaması 3 metre uzunlukta, 2.5 metre aralıklarla ve gerektiğinde çelik hasır ile birlikte uygulanmalı	Tavanda gerekli yerlere 5 cm kalınlıkta	Gerekmez
41-60	İki basamak halinde ilerleme, üst basamakta 3 metreye kadar ilerleme, kaya saptaması ile ayna arası mesafe en fazla 10 metre	Sistemantik kaya saptaması, 4 metre uzunlukta, tavan ve yan duvarlarda 1.5-2 metre aralıklarla, gerektiğinde çelik hasır ile birlikte uygulanmalı	Tavanda 5-10 cm, yan duvarlarda 5 cm kalınlıkta	Gerekmez
21-40	İki basamak halinde ilerleme, üst basamakta en fazla 1.5 metre ilerleme, her patlatma sonrası tahkimat uygulanmalı, kaya saptaması ile ayna arası mesafe en fazla 10 metre	Sistemantik kaya saptaması 4-5 metre uzunlukta, tavan ve yan duvarlarda 1.0-1.5 metre aralıkta çelik hasırla birlikte uygulanmalı	Tavanda 10-15 cm, yan duvarlarda 10 cm kalınlıkta	Gerektiğinde 1.5 metre aralıklarla hafif bağ
<20	Çok basamaklı, üst basamakta en fazla 1.5 metre ilerleme. İksa ve kaya saptamaları kazı ile birlikte yürütülmesi, patlatma sonrası derhal püskürtme beton uygulanmalı	Sistemantik kaya saptaması, 5-6 metre uzunlukta, tavan ve yan duvarlarda 1-1.5 metre aralıkta çelik hasır ile birlikte uygulanmalı, taban saptamaları kullanılmalı	Tavanda 15-20 cm, yan duvarlarda 15 cm ve aynada 5 cm kalınlıkta	Orta veya ağır bağ 75 cm aralıklarla

Laboratuvar testlerinde de görüldüğü üzere PİK, püskürtme betona nazaran çok yüksek oranda deformasyona müsaade etmektedir, RMR değeri düşük olan zeminlerde hızlı gevşeme yaşanabileceği için, ölü yüklerin tahkimat üzerine binmesi ve göçük riskinin giderilmesi konusunda rijit(katı) bir tahkimat sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum zayıf zeminlerde PİK kullanılmaması için diğer bir sebep olarak dikkate alınmalıdır (Archibald vd., 1996; Kömürlü, 2016; Song vd., 2013). Ancak, püskürtme betonun geç priz alması ve uygulandıktan hemen sonra yük taşıyamaması nedeni ile zayıf zemin taze püskürtme beton ile birlikte dökülme yaşayabilmektedir. Bu sebeple, ilerleme hızı, kazı detayları, kazı öncesi süren vb. tahkimat kurulumları, beton içeriğindeki yüksek oranda kimyasal katkıları, beton püskürtme işçiliği gibi etkenler önemli rol oynamaktadır.

Çok kısa süre içerisinde poliürenin polimerleşme tepkimelerinin gerçekleşmesi, katılaşması ve yük taşımaya başlayabilmesi, püskürtme beton kullanımına kıyasla daha erken kaya saplaması montajının yapılmasını sağlamaktadır. Bu durumda, saplama yapılmadan uzun süre taze beton kaplama ile bekleyen zemine nazaran duraylılık için önemli bir avantaj sağlanmaktadır (Yılmaz vd., 2003; Jjuuka ve Kalumba, 2014). Poliüre kullanımı neticesinde kaplama sonrası saplamaların çakılması ve yeni kazı adımına geçilmesi için bir vardiya beton prizlenmesi için bekleme süresine gerek kalmayacaktır. Poliüre uygulandıktan hemen sonra saplamaların montajları gerçekleştirilebilmektedir. Saf poliüreyi diğer çeşitli hibrit çimento/polimer bazlı PİKler karşısında avantajlı hale getiren en önemli özelliklerden biri kısa süre içerisinde maksimum yük taşıma kapasitesine sahip olmasıdır (Boeg-Jensen, 2013; Kömürlü ve Kesimal, 2015).

Düşük kaya kütleli dayanım değerleri nedeni ile kaya saplaması performansının düşeceğini de göz önünde bulundurarak PİK kullanımı açısından ekonomik olmayan RMR değerine sahip kaya kütleleri için hafif çelik bağların yer yer kullanılabilir olduğu hatırlanmalıdır (Hoek, 2006; Kolybas, 2005; Bieniawski, 1989).

PİK, malzeme maliyeti olarak püskürtme betona nazaran daha pahalı olsa da, sağladığı diğer avantajlar ile kullanılabilir olmaktadır. Bu avantajlardan ilk akla geleni uygulama pratikliği, kısa süre içerisinde polimerleşmesi ve üretim hızını artırmasıdır. Düşük miktarda malzeme püskürtülmesi, madene yakın bir yerde beton santrali kurulumuna ihtiyaç duyulmaması gibi önemli avantajlara sahiptir. Beton santralleri kurulumuna ihtiyaç duyulan madenlerde ilk yatırım maliyetleri önemli ölçüde artmaktadır. PİK avantajları, ışığı yansıtarak aydınlatmaya olan katkısı, geri sekme problemi olmadığı için çalışma alanında birikme yapmaması yeraltında çalışmaları kolaylaştırmaktadır (Archibald, 2004).

Bu çalışma kapsamında çatlak suyu durumunu “ıslak” olarak dikkate alınmıştır. Ancak galeri içinde damlama veya su akışının olduğu bölgelerde RMR değerinin 3 ile 7 puan arasında düşeceğini de göz önünde bulundurmak gereklidir. Bu sebeple su akışı olan bir yüzeye kaplama uygulandığında yapışma performansındaki düşüşe ek olarak, zemin RMR değerindeki düşüşü ve kaya kütleli dayanım değerinin azaldığını hatırlamak gereklidir. Poliürenin kuru yüzeylere yapışma mukavemetinin yeterli seviyede olduğu ancak su damlama/akışı olan yüzeylere yapışma mukavemeti oldukça düşük olan bir kaplama olduğu bu deneysel çalışma ile belirlenmiştir. Yüzeye iyi yapışmaması durumunda kaya saplamalarının PİK’i mesnetleme etkisi taşıma kapasitesi için belirleyicidir. PİK’in fazla deformasyonu neticesinde saplama plakaları kenarlarında yırtılmalar, zımbalama çatlakları görülebilir. Bu durumun önlenmesi için kare kesit yerine dairesel şekilli plakaların kullanımı kaplama ve plaka temas sınırındaki gerilmeleri azaltmaktadır (Kömürlü vd. 2014; Li., 2010).

Poliürenin polimerleşmesi süresince havalandırma yapılması ve kaplama yapılan alanda polimerleşme tepkimelerinin büyük oranda tamamlandığı ilk 1 saat tam yüz maskesi kullanılarak bulunmak ilk etapta önerilen iş güvenliği kurallarından olup, ilerleyen çalışmalar ile bu kuralların detaylandırılması önem arz etmektedir.

Bu çalışma neticesinde, 5-7 cm kalınlığında püskürtme beton yerine 5-6 mm PİK kullanımı ile RMR değeri 40 ve üzerinde olan zeminlerde PİK'in uygulanabilir olduğu, farklı kaya kütlesi özelliklerine bağlı olarak saplama ile birlikte PİK kullanım detaylarına yönelik Espley vd. (1999) tarafından önerilen Tablo 2'nin, Tablo 11'de görüldüğü gibi yeniden düzenlenmesi önerilmiştir. Tablo 11 ile ilgili çeşitli açıklamalar Tablo 12 ve Tablo 13'te verilmiştir. Yeni düzenlemede, saplama boyutlarının kesit alanına bağlı olarak seçilmesi, son saplama ile ayna arasında olması gereken maksimum mesafenin kaya kütlesi özelliklerine bağlı olarak tabloya eklenmesi, açıklık kesit boyutlarına göre düzenleme puanı ile toplanmış RMR değerinin kullanılması önerilmiştir. Saplama seçimi için Tablo 2'deki verilerin tipik olarak 4 m x 4 m boyutlarında galeriler için önerildiği dikkate alınarak saplama uzunlukları açıklık boyutları ile ilişkilendirilmiştir. Tablo 11'de Tablo 2'deki 45-65 arasındaki RMR puanı koşullarında önerilen PİK kalınlığının, 50-65 aralığında RMR değerleri için kullanılması gerektiği ifade edilmiştir. Bu durum için temel neden, cidarın pürüzlü şekilleri dolayısı ile yer yer planlanandan düşük kaplama kalınlıklarına sahip olunması durumunda 40-45 gibi orta/düşük RMR değerlerindeki zeminde yaşanabilecek gevşeme riskidir. Ayrıca, Tablo 10'da görüldüğü üzere RMR değeri 45 dolaylarında olduğunda tavan için önerilen 10 cm kalınlığa varan püskürtme betonun alternatifinin 2-3 mm kalınlığında poliüre olmayacağı deneysel çalışmalar ile belirlenmiştir. Bu sebeple, Tablo 2'deki 45-65 aralığı Tablo 11'de 50-65'e çekilmiştir. Gerek plak yükleme ve gerek blok taşıma testlerinde Akarşen yeraltı işletmesinde uygulanan 5-7 cm kalınlığında püskürtme betonun alternatifi olarak 5-6 mm kalınlıkta saf poliüre türü PİK'in kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Akarşen yeraltı işletmesi genellikle orta/düşük dayanımlı kaya kütlesi özelliklerine sahip olup, bu çalışma kapsamında elde edilen deneysel veriler doğrultusunda PİK ve kaya saptamalarının birlikte kullanımına yönelik Tablo 11'deki RMR 40-50 aralığındaki öneriler belirlenmiştir. Bu kapsamda, Akarşen yeraltı madenindeki 5 m x 5 m üretim yolu kazılarında 1 m aralıkta montajı yapılmış 3 metre uzunluğunda saptamalar ile 5 mm kalınlıktaki PİK kullanılabilir olarak değerlendirilmiştir. Madendeki saplama montaj aralıklarını değiştirmeden, 5 mm PİK ile tahkimat faaliyetlerinin devam ettirilmesi uygun bulunmuştur.

65'ten büyük RMR değerleri için "saptamasız veya seyrek saplama" durumunu Bieniawski'nin önerdiği Tablo 10'a paralel olarak, Tablo 11'de RMR değerleri 65-80 ve 80-100 arasında iki grupta incelenmiştir. 80 üzeri RMR değerleri için "saptamasız veya seyrek saplama" uygulanabilirken, 65-80 arasındaki RMR değerleri için sistematik saplama uygulamaları önerilmiştir. Saplama montaj süreleri ile ilgili olarak ise Tablo 13'te görüldüğü gibi net veriler eklenmiş ve rakamsal olmayan ifadelerden kaynaklanan kişisel farklılıklar ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Yeni kazının aynadan belirli bir mesafeye kadar zemindeki gerilme dağılımlarına etkisi vardır. Kaya kütlesinin deformasyon modülü, birincil gerilme dağılımları, kesit şekli, ilerleme hızı gibi çeşitli değişkenlere bağlı olarak genellikle açıklık çapının 2 ile 3 katından aynaya daha uzak olan mesafelerde yeni kazı nedeni ile gerilme artışı gözlenmez (Kavvadas, 2005; Aydan ve Genis, 2010; Komurlu vd., 2015). Bu limit içerisinde düşük RMR değeri olan zeminlerde saptamasız ilerleme mesafesinin daha kısıtlı tutulması önerilmiştir.

$$RMR^*=RMR_{89-C}$$

(1)

Tablo 11. RMR değerine bağlı olarak PİK ve kaya saplaması kullanımı önerileri

Yeraltı açıklığı	RMR* (%)	PİK kalınlığı (mm)	Saplama düzeni ¹ (boy x aralık)
Galeri (duvar)	40-50	4-5	0,60L x 1,5m ²
	50-65	2-3	0,45L x 1,5m ³
	65-80	2-3	0,45L x 1,5m ⁴
	>80	2-3	Saplamasız
Galeri (tavan)	40-50	5-6	0,60L x 1,1m ²
	50-65	3-4	0,45L x 1,1m ³
	65-80	3-4	0,45L x 1,3m ⁴
	>80	2-3	Saplamasız, seyrek saplama ⁵
Üretim panosu yolu (duvar)	40-50	4-5	0,60L x 1,3 m ²
	50-65	2-3	0,45L x 1,5m ³
	65-80	2-3	0,45L x 2,0m ⁴
	>80	2-3	Saplamasız, seyrek saplama ⁵
Üretim panosu yolu (tavan)	40-50	5-6	0,60L x 1,0 m ²
	50-65	3-4	0,45L x 1,1 m ³
	65-80	3-4	0,45L x 1,5m ⁴
	>80	2-3	Seyrek saplama ⁵

* kesit boyutlarına göre düzenleme puanı ile toplanmış RMR değeri kullanılmalıdır.

Tablo 12. Kesit boyutlarına göre düzenleme puanı (C) için rehber tablo

Açıklık kesit alanı	<20m ²	20m ² -30m ²	30m ² -40m ²	>40m ²
C	0	5	10	Geçerli değildir

Tablo 13. Tablo 11 ile ilgili açıklamalar

Rakam	Not
1	Mekanik saplama
2	Kazı aynası ile son saplama arasındaki mesafe en fazla 0,60 R
3	Kazı aynası ile son saplama arasındaki mesafe en fazla 1,00 R
4	Kazı aynası ile son saplama arasındaki mesafe en fazla 1,40 R
5	Saplama ertelenebilir

L değeri $1,4 > H/W > 0,70$ koşulu ile H veya W değerinden büyük olanına, R değeri ise H veya W değerinden küçük olanına eşittir. Burada, H değeri açıklık kesitinin düşey yönde yüksekliği, W açıklık kesitinin eni yani yatay doğrultuda kesit boyutudur.

Yukarıdaki tabloların kaya saplamalarının çalışabildiği kaya kütlesi özellikleri için geçerli olduğu hatırlanmalıdır. RMR değerleri Tablo 11'de verilenler için uygun olsa dahi suda dağılma direnci çok düşük olan malzemelerin saplama delgisi esnasında çamur oluşturarak akma göstermesi veya fisürlü malzemelerin delgi esnasında kırıklanması gibi nedenlerden dolayı saplamaların verimli şekilde yük taşıyamayacağı bazı olumsuz koşullar göz önünde bulundurulmalıdır.

Kaynaklar

- AKDE, 2014. Teknik Bilgi Formu (TDS) Whitechem Polyurea 1044, Arnavutköy, İstanbul
- Archibald, J.F., Mercer, R.A., Lausch, P., 1995. Innovative ground support using rapid deployment of spray-on liners, *Mining Engineering*, 47, 856-860
- Archibald, J.F., DeGagne, D.O., 2001. "Spray-on Lining Support in Canadian Underground Mining - A Research Summary," *Journal of the Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum (CIM Bulletin)* 94, 1050, 49-56, 2001.
- Archibald, J.F. , "Chapter 4 - Surface Support in Mining. ," (p. 73-87) in *Publication of the Australian Centre for Geomechanics*, 2004, ISBN 0-9756756-0-5
- Archibald JF (2004) Canadian laboratory and field testing. In: Potvin Y, Stacey TR, Hadjigeorgiou J (ed) *Surface support in mining australian centre for geomechanics*, pp 135–139
- Aydan, Ö., Geniş, M. (2010) Yeraltı açıklıklarında kaya patlaması olgusu ve önlemleri üzerine değerlendirme (in Turkish). *Turkish Journal of Rock Mechanics*, 17, 1-62
- Bieniawski, Z.T. 1989. *Engineering rock mass classifications*. New York: Wiley
- Boeg-Jensen, P., 2013. *Managing the Engineering, Health and Safety Aspects of Thin Spray- On Liner Application*. Thesis, Master of Science in Engineering Technology Natural Resources Engineering, Lulea Technical University of Technology, Lulea, Sweden.
- Espley, J.S., O'Donnell, J.D., Thibodeau, D., Paradis-Sokoloski, P., 1996. Investigation into the replacement of conventional support with spray-on liners. *CIM Bulletin*, June 1996, 135-143.
- Espley, J.S., Tannant, D.D., Baiden, G. and Kaiser, P.K. 1999. "Design criteria for thin sprayon membrane support for underground hardrock mining". *Canadian Ins. Of Mining and Metallurgy Annual Meeting*, Calgary
- Ferreira, P.H., Piroddi, A., 2011. *The Application of GRP and Thin spray on liner support products in a typical block cave mining method to enhance safety and productivity*. 6th Southern African Base Metals Conference, Phalaborwa, South Africa
- Hemphill, G.B., 2013. *Practical Tunnel Construction*, John Wiley & Sons, USA
- Hoek, E, 2006. *Kaya Mühendisliği* (Turkish translation: Karakuş ve Başarır). *The Chamber of Mining Engineers of Turkey*, Ankara, 319 p.
- ISRM (2007), "The blue book - the complete ISRM suggested methods for rock characterisation, testing and monitoring: 1974-2006" (Ulusay, R., Hudson, J.A. in eds), *ISRM & Turkish Group of ISRM*, Ankara
- Jjuuko, S., Kalumba, D., 2014. *A Review of Application and Benefits of Thin SprayOn Liners for Underground Rock Support in South African Mines*, *Proceedings of the 8th South African Young Geotechnical Engineers Conference*, 17, 18 & 19 September 2014, Spier Conference Centre, Stellenbosch, Western Cape, 1-10

Kavvadas, M., Numerical Analysis in the Design of Urban Tunnels, 11th International Conference of IACMAG, keynote lecture, Torino, 2005.

Kolymbas, D. 2005. Tunnelling and Tunnel Mechanics, Springer, Germany

Komurlu, E., 2016. Usability of Various Engineering Polymers as Rock Bolt Materials, PhD. Thesis, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey

Komurlu, E., Kesimal, A., 2011. Effect of Polymer Fiber on the Shotcrete Tunnel Support. Rock-Mec'2011 Xth Regional Rock Mechanics Symposium. Ankara/Turkey, pp. 47-55.

Komurlu, E., Kesimal, A., 2012. Using Sprayed Polymer as Tunnel Support. 7th Asian Rock Mechanics Symposium, pp. 1486-1499, Seoul, South Korea

Komurlu, E., Kesimal, A., 2013. Tunnelling and Support Materials from Past to Present. The Journal of The Chamber of Mining Engineers of Turkey, Vol. 52, pp. 33-47

Komurlu, E., Kesimal, A., 2015. Improved Performance of Rock Bolts using Sprayed Polyurea Coating. Rock Mechanics and Rock Engineering, Vol. 48, pp. 2179-2182

Komurlu, E., Kesimal, A., Colak, U., 2014. Polyurea type Thin Spray-on Liner Coating to Prevent Rock Bolt Corrosion. 8th Asian Rock Mechanics Symposium, pp. 1389-1397, Sapporo, Japan.

Komurlu E, Kesimal A, Hasanpour, R., 2015. In situ horizontal stress effect on plastic zone around circular underground openings excavated in elastic zones. Geomechanics and Engineering, Vol. 8, pp. 783-799.

Komurlu, E., Kesimal, A., Durmus Demir, A., 2016. A Numerical Study for Determining Ideal Size and Geometry of Dog bone shaped direct tensile strength test specimens. European Rock Mechanics Symposium 2016 (EUROCK 2016), Cappadocia, Turkey, pp. 325-330

Li, C.C., 2010. Field Observations of Rock Bolts in High Stress Rock Masses, Rock Mechanics and Rock Engineering, 43, 491-496

Li, C.C., Doucet, C., 2012. Performance of D-Bolts Under Dynamic Loading, Rock Mechanics and Rock Engineering, 45, 193-204

Li, C.C., Stjern, G., Myrvang, A., 2014. A review on the performance of conventional and energy-absorbing rockbolts, Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 6, 315-327

Öztürk, H., 2011, Püskürtülen ince kaplamaların elastik malzeme özellikleri, Madencilik, 50: 41-45

Öztürk, H., Tannant, D.D., 2010, Thin spray-on liner adhesive strength test method and effect of liner thickness on adhesion. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science,

47: 808-815.

Song, K., Cho, G., Chang, S., Lee, I., 2013. Beam–spring structural analysis for the design of a tunnel pre-reinforcement support system. *International Journal of Rock Mechanics and Rock Engineering*, 59, 139-150

Stacey TR. Review of membrane support mechanisms, loading mechanisms, desired membrane performance and appropriate test methods. *J South African Institute of Mining and Metallurgy*, 101, 2001, 343 – 351

Stacey, T.R., 2016. Addressing the Consequences of Dynamic Rock Failure in Underground Excavations. *Rock Mechanics and Rock Engineering*, 49(10), 4091–4101

Tannant, D.D. 2001. Thin spray-on liners for underground rock support testing and design issues. *International Conference on Surface Support Liners: Membranes, Shotcrete and Mesh*. Perth: Australian Centre for Geomechanics.

Wallis, S. 2008. Spray-on waterproofing - Finding real application, <http://tunneltalk.com/Spray-on-waterproofingFinding-real-application.php>

Yi, X., Kaiser, P.K., 1994. Impact testing for rockbolt design in rockburst conditions, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 31, 671-685

Yilmaz, H., Saydam, S., Topper, A.Z., 2003. Emerging Support Concept: ThinSpray-onLiners, 18th International MiningCongressandExhibitionot Turkey-IMCET2003, Antalya, Turkey, 65-72

Yilmaz, H., 2010. Tensile strength testing of thin spray-on liner products (TSLs) and shotcrete. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 559-569

Makale Gönderim Tarihi: 04.12.2016

Yayına Kabul Tarihi: 12.02.2017

Yeraltı Yapılarında Olası Riskler

Potential Risks in Underwater Tunnel

Fatih Perçin^{1,2}, Seda Köken^{1*}, Oğuzhan Takıçak¹

¹ Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İş Güvenliği Anabilim Dalı, İzmir

² Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İzmir

*Sorumlu Yazar: seda_koken@hotmail.com

Özet

Yeraltı kazı işlerinin başlangıcı tarih öncesi çağlara kadar uzanmaktadır. İlk olarak sığınak sağlamak amacıyla yapılan yeraltı yapıları sonrasında başlıca maden, ulaşım gibi alanlarda gelişerek günümüze kadar ulaşmış ve bir sektör haline gelmiştir. Dünyada ve ülkemizde özellikle ulaşımı kolaylaştırmak amacıyla sualtında tünel, tüp geçit gibi projeler yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalarda birçok tehlike ile karşılaşılmaktadır. Öncelikli olarak bu alanda dikkat edilmesi gereken hususlar havalandırma, toz, tahkimat, gürültü, titreşim gibi konulardır. Bu çalışma kapsamında yeraltı yapılarındaki olası riskler ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: İş güvenliği, risk, yeraltı.

Abstract

Underground excavation studies date back to prehistoric times. Even if underground structures had been realized to providing shelters to communities at first, they have been used through different fields such as mining and transportation that become a sector later on. For the purpose of providing ease in transportation, various projects have been developed regarding to underwater tunnel and tube passage. Besides, a lot of danger is encountered during construction processes. Air circulation, dust, fortification, noise and vibration are the main topics that have to be examined through construction process without compromising safety. In this study, underground structures has been investigated by taking into account of potential risks.

Key words: Occupational safety, risk, underground.

1.Giriş

İnsanoğlu tarih öncesi çağlarda ahşap ve kerpici kullanmaya başlamadan, kendisine sığınak sağlamak amacıyla mağaraları seçmiş ve ihtiyacı oldukça bu mağara barınaklarını genişleterek, bilmeden de olsa yeraltı kazıları işine başlamıştır. Tarih öncesi çağlarda başlayan yeraltı kazıları hakkındaki bilgi birikimi asırlar boyu genişleyerek, madencilik işlerinde kullanılmaya başlamıştır (Kun, 2010).

Makalede öncelikle yeraltı yapılarında tehlikeler ve olası riskler değerlendirilerek, su altında açılan yer altı yapılarındaki olası risklerden bahsedilmektedir.

20/06/2012 ve 30/06/2012 tarihinde resmi gazetede yayımlanmış olan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun amacı; işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlemektir. Kamu ve özel sektöre ait bütün işlere ve işyerlerine, bu işyerlerinin işverenleri ile işveren vekillerine, çırak ve stajyerler de dâhil olmak üzere tüm çalışanları kapsamaktadır (MBS, 2016a).

20/06/2012 tarihli ve 6331 sayılı İş sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamına giren, yeraltı ve yerüstü maden işyerlerinde çalışan işçilerin sağlık ve güvenliğinin korunması için uyulması gereken asgari şartlar ve işverenin yerine getirmekle yükümlü olduğu genel hususlar Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliğinde belirlenmiştir (MBS, 2016b).

13.4.1997 tarih ve 22963 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmış olan deniz, göl ve nehir altında bulunan madenlerdeki çalışmalar hakkındaki yönetmelik deniz, göl, nehir veya su taşıyan katman altındaki madencilik faaliyetlerini kapsar. Bu yönetmeliğin amacı deniz, göl, nehir veya su taşıyan katman altındaki madencilik faaliyetleri sırasında meydana gelebilecek su baskınlarının önlenmesi amacıyla düzenlenmiştir (MBS, 2016c).

2.Yeraltı Yapılarında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

2.1.Havalandırma

Yeraltında delme-patlatma işleminde kaya kütlesi parçalanır ve dökülür. Dökülen parçalar toplanarak belli bir bölgeye taşınır. Bu işlemler gerçekleşirken yeraltı çalışmalarında farklı miktarlarda ve büyüklüklerde tozlar meydana gelmektedir. Tünel havasından bahsedildiğinde, kazı çalışmaları sırasında yayılan ve oluşan gazlar ile bunların karışımını anlamak gerekir. Tünele girip, arı-na ulaşan hava "Giriş Havası" ve kirlenerek tüneli terk eden hava ise "Dönüş Havası" olarak isimlendirilir. Bu nedenle hava temiz ve kirli olmak üzere iki gruba ayrılır. Henüz kirlenmemiş olan temiz hava, özellikle tünel havalandırılmasında yeryüzü atmosfer havası ile bileşimdedir. Temiz havayı oluşturan gazlar, hacimce ; % 20.93 Oksijen (O₂), % 79.04 Azot (N₂), % 0.03 - 0.04 Karbondioksit'dir. Ayrıca daima ve değişen miktarlarda su buharı da bulunur. Ama havadaki N₂ / O₂ oranını etkilemez. Kirli hava ise içerdiği kirleticilere ve dolayısıyla taşıdığı özelliklere göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır: Pis Hava: Oksijen içeriği % 20 den az olan havadır. Boğucu özelliğine sahiptir (Yüksek konsantrasyonda CO₂ ve N₂ içeren hava gibi). Zehirli Hava : Organizmayı bozan ve dolayısıyla yaşam için tehlikeli olan gazlar içeren havadır (CO, H₂S, Azot Oksitleri, SO₂ ve Radon içeren hava gibi). Patlayıcı Hava : Hidrokarbonların gaz elemanlarını (CH₄ vd.), H₂ , CO vd. yanıcı gazlar içeren havadır. Tozlu Hava: içinde taş tozu bulunan havadır. Sağlığa zararlı ve kayaç özeliğine bağlı olarak patlayıcı olabilir. Toz, genel olarak "Pnömokonyoz" diye isimlendirilen akciğer hastalıklarını meydana getirir (Imanbekov, 2012).

2.2.Termal Konfor

İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü madde 20 de kapalı işyerlerindeki sıcaklık ve nem derecesinin, yapılan işin niteliğine uygun olmakla beraber ılımlı bulunması esastır. Bu itibarla, yazın sıcaklığın dayanılmayacak bir dereceye çıkmaması için işyerlerinde serinletici tedbirler alınacak, kışın da işçilerin muhtaç buldukları en az sıcaklığın sağlanması için, işyerleri zararlı gazlar çıkararak havayı bozmayacak şekilde uygun vasıtalarla ısıtılacaktır. Çok buğu husule gelen işyerlerinde sıcaklık derecesi 15 santigrat dereceden az ve 30 santigrat dereceden yüksek olmayacaktır. Fazla ısı veren ısıtıcı vasıtaların yakınında çalışan işçilerin bulunması halinde, doğrudan yansıyan sıcaklığa karşı, gereken tedbirler alınacak ve işyerlerinin, ısıtıcı vasıtalarından oldukça uzak ve uygun yükseklikte bir yerine, santigrat taksimatlı bir termometre asılı bulundurulacaktır. Yapılan işin niteliğine göre, sürekli olarak çok sıcak veya çok soğuk bir derecede çalışılması ve bu durumun değiştirilmemesi zorunlu olunan hallerde, işçilere, kendilerini fazla sıcak veya soğuktan koruyacak özellikte elbise vesaire malzeme verilecektir.

2.3.Tahkimat

İşletme faaliyeti sonucu açılan boşluğun çalışma süresince emniyetli şekilde açık tutulması için alınan tedbirlerin toplamına tahkimat adı verilir. Tahkimat, işletme faaliyetlerinde kazıdan sonra uygulanan ve iş yerinin emniyetini sağlayan en önemli işlemdir. Yer altında hazırlık, üretim, havalandırma, nakliyat vb. amaçlar için açılan boşlukların çeşitli tahkimat şekilleri mevcuttur. Başlıca tahkimat uygulamaları, ahşap tahkimat, çelik tahkimat, beton tahkimatlardır (ÇSGB, 2016). Göçükler, genellikle tahkimatın eksik ya da yanlış yapılmasından, çalışmanın yetersizliğinden ve eksik eğitimlerden kaynaklanmaktadır (Kömürlü ve Kesimal, 2017).

2.4.Toz

Toz, genel anlamda kayaç ve cevherin mekanik işlemler sonucunda küçük parçalara ayrılması ile oluşmuş, çapı 1 mm'den küçük, hava içinde asılı kalabilen veya zamanla çöken parçacıklardır (ÇSGB, 2016). Toz, çalışma ortamlarındaki görüş mesafesini azaltır, gözü tahriş eder, yeraltında çalışanları psikolojik olarak etkiler ve çalışma verimini düşürür. Alet ve teçhizata makinelere zarar verir. Bazı tozlar hava ile karıştığında patlayıcı özellik gösterir. Değişik türden tozlar fazla miktarda ve belirli sürelerde teneffüs edildiğinde bazı hastalıklara neden olmaktadır. 5 Kasım 2013'te 28812 sayılı Resmi Gazete' de yayınlanan yönetmelik, sağlığa zararlı toz bulunan yeraltı işyerleri havasındaki Eşik Sınır Değer'leri (ESD), Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Toz Risk Derecesi ve Maruziyet Eşik Sınır Değeri (ÇSGB 2016)

Toz Risk Derecesi	ESD	ESD
	Kuvars İçeren Solunabilir Toz (mg/m ³)	Solunabilir Kuvars Toz (mg/m ³)
I	0.0 – 2.5	0.0 – 0.125
II	2.6 – 6.0	0.130 – 0.025
III	5.1 – 10.0	0.27 – 0.50
IV	10'dan fazla	0.5'm üzeri

Solunan tozun bir kısmı, burun ve boğazda tutulur ve tekrar dışarıya atılır. Geri kalan ve çoğunlukla boyutu 10 mikronun altında olan tozlar akciğer alveollerine ulaşır ve akciğer fibrözünü meydana getirir. Akciğerlere ulaşan tozun bir kısmı çözünür ve kana karışır. Tozun, alveolleri etkilemesi ve dolayısıyla vücut fonksiyonlarını bozması sonucu oluşan hastalıklara genel olarak "Pnömonyoz" denir.

- Toz riski derecesi IV olan işyerlerinde, tozla mücadele işinden başka işte işçi çalıştırılmaz,
- Toz riski derecesi III olan yeraltı işyerlerinde işçinin birbirini takip eden aralıksız 5 çalışma yılında 500 vardiya çalışmasına izin verilir. Bu süre sonunda işçi ancak toz riski derecesi I ve II olan işyerlerinde çalıştırılabilir. İkinci bir 5 yıllık çalışma süresi sona erince, pnömokonyoz bulunmadığı tespit edilirse derecesi III olan işyerinde tekrar çalıştırılabilir.
- Tozlu yerüstü işyerleri ile kırma, eleme, öğütme tesislerindeki işyerlerinde kuvars tozu 0.25 mg /m³ 'ten fazla ise işçi çalıştırılmaz.

2.5.Gürültü

Yeraltı yapı işlerinde beton, taş, kömür, kaya gibi sert cisimlerle çalışılır. Bu maddelere işlem yapabilmek için ağır ve güçlü makineler yardımıyla, kazı veya delme- patlatma işlemleri uygulanır. Bu işlemler sırasında hem yapılan işlem, hem de çalışan makineler çok yüksek miktarlarda gürültüler çıkarır. Çalışanların kulak sağlığı için devamlı olarak yüksek gürültüye maruz kalmak sağlığa neden olabilmektedir. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü'nde madde 22'de: Ağır ve tehlikeli işlerin yapılmadığı yerlerde, gürültü derecesi 80 desibel geçmeyecektir. Daha çok gürültülü çalışmayı gerektiren işlerin yapıldığı yerlerde, gürültü derecesi en çok 95 desibel olabilir. Ancak, bu durumda işçilere başlık, kulaklık veya kulak tıkaçları gibi uygun koruyucu araç ve gereçler verilecektir.

Çalışanların gürültüye maruz kalmaları sonucunda işitme ile ilgili risklerden korunmaları için Çalışanların Gürültü İle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte maruziyet sınır değerleri ve maruziyet eylem değerleri verilmiştir.

- En düşük maruziyet eylem değerleri: (LEX, 8saat) = 80 dB(A) veya (Ptepe) = 112 Pa [135 dB(C) re. 20 µPa] (20 µPa referans alındığında 135 dB (C) olarak hesaplanan değer).
- En yüksek maruziyet eylem değerleri: (LEX, 8saat) = 85 dB(A) veya (Ptepe) = 140 Pa [137 dB(C) re. 20 µPa].
- Maruziyet sınır değerleri: (LEX, 8saat) = 87 dB(A) veya (Ptepe) = 200 Pa [140 dB(C) re. 20 µPa].
- Maruziyet sınır değerleri uygulanırken, çalışanların maruziyetinin tespitinde, çalışanın kullandığı kişisel kulak koruyucu donanımların koruyucu etkisi de dikkate alınır.
- Maruziyet eylem değerlerinde kulak koruyucularının etkisi dikkate alınmaz.
- Günlük gürültü maruziyetinin günden güne belirgin şekilde farklılık gösterdiğinin kesin olarak tespit edildiği işlerde, maruziyet sınır değerleri ile maruziyet eylem değerlerinin uygulanmasında günlük gürültü maruziyet düzeyi yerine, haftalık gürültü maruziyet düzeyi kullanılabilir. Bu işlerde;
 - a) Yeterli ölçümle tespit edilen haftalık gürültü maruziyet düzeyi, 87 dB(A) maruziyet sınır değerini aşamaz.
 - b) Bu işlerle ilgili risklerin en aza indirilmesi için uygun tedbirler alınır.

2.6.Titreşim

Çalışanların mekanik titreşime maruz kalmaları sonucu oluşabilecek sağlık ve güvenlik risklerinden korunmalarını sağlamak için maruziyet sınır değerleri ve maruziyet eylem değerleri Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelikte belirlenmiştir.

El-kol titreşimi için;

- 1) Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: 5 m/s²
- 2) Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: 5 m/s²

Bütün vücut titreşimi için;

- 1) Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri: 1,15 m/s²
- 2) Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet eylem değeri: 0,5 m/s²

2.7.Sualtında olası riskler

Deniz tabanını teşkil eden kayaçlar içinde, kıtasal yamaç bölgesinde, kaya tuzu, kömür, kükürt, petrol ve tabii gaz yatakları mevcuttur. İngiltere, Şili, Japonya, Taiwan ve diğer birçok ülkede denizlerin altındaki kömür yatakları işletilmektedir. Denizin altında bulunan tabakalar genellikle karalardaki tabakaların devamını teşkil etmektedir.

Sualtında yapılacak bir kazının ilgili bölgelerinde denizaltı topografyası çıkartılmalı ve deniz dibinde kablo gibi engeller tespit edilmelidir. Deniz dibinin kazılması sonucunda farklı taş ve deniz dip yapısındaki tabakanın bozulması,

- Basınç dayanımı,
- Deniz dibinde akıntı olan yerlerdeki çalışmalar,
- Dalga boyu ve hızı dikkate alınır.
- Sualtında akıntının ve derinliğin fazla olduğu yerlerde kullanılan ekipmanların uygun ve dikkatli kullanılmaması,
- Deniz dibine yapılan bir tahkimatın su sızdırması,
- Sualtından geçen bir fay hattında sismik bir hareketin gerçekleşmesiyle depremi meydana getirmesi sonucunda deniz dibinde gerçekleştirilen bir faaliyetin zarar görmesi engellenmelidir.

3.Yeraltı Yapılarında Güvenlik Tedbirleri

3.1.Havalandırma

- Çalışma yapılan bütün yeraltı işletmelerinde üretime başlamadan önce uygun bir havalandırma sistemi kurulmalıdır.
- Havalandırmanın doğal havalandırma ile sağlanamadığı yerlerde, havalandırma bir veya daha fazla mekanik sistemle sağlanır.
- Havalandırmanın sürekliliğini ve kararlılığını sağlayacak tedbirler alınır.
- Mekanik havalandırma sistemi kullanılan yerlerde hava akımı mümkünse doğal hava akımı doğrultusunda yönlendirilir.
- Havalandırma ile ilgili değerler periyodik olarak ölçülür ve ölçüm sonuçları kaydedilir.
- Havasında % 19'dan az oksijen, % 2'den çok metan, % 0.5'den çok karbondioksit, 50 ppm (%0.005) den çok karbonmonoksit ve diğer tehlikeli gazlar bulunan yerlerde çalışılmaz.
- Terk edilen veya yeterince havalandırılmayan yerler çalışanların girmesini önleyecek biçimde kapatılır ve uyarı işareti konulur.
- Ocağın çeşitli kısımlarında, sıcaklık ve nem oranı düzenli olarak ölçülür.
- Havalandırma ile ilgili mevzuat hükümleri doğrultusunda bir yönerge hazırlanır ve çalışanların görebileceği yerlere asılır (ÇSGB, 2016).

3.2. Tahkimat

- Bütün yeraltı işlerinde, taş, toprak, kömür, cevher vb. maddelerin kayma ve düşmelerini önlemek üzere, uygun ve yeterli tahkimat yapılır.
- Tavanlar, yan duvarlar ve tahkimat düzenli olarak muayene edilir.
- Çalışılan yerin güvenilir şekilde tahkimini, gereğinde derhal onarımını, değiştirilmesini veya takviyesini sağlayacak tedbirler alınır.
- Tahkimat, planlara ve yazılı talimatlara uygun olarak yapılır ve bu talimatlar sorumlu kişilerin rapor defterinde bulundurulur.

-Galeriler zeminin sağlamlığı ve dayanıklılığı açısından düzenli olarak kontrol edilir ve tahkimatların bakımı düzenli olarak yapılır.

-Tavanlarda ve yanlardaki boşluklar doldurulur ve sıkıştırılır. Bir daha kullanılmayacak olan yollarda dolgu ile ilgili gerekli tedbirler alınır.

-Yeraltı yapılarındaki maden ocaklarında ise grizulu veya damar kendi kendine yanmaya elverişli ise ayak arkası, tavan veya yanlarda meydana gelen boşluklar sıkıca doldurulur.

3.3. Toz

05.11.2013 tarihinde 28812 sayılı Tozla Mücadele Yönetmeliğinde;

(1) İşveren, çalışanlarının sağlık ve güvenliğini tehlikeye atacaktır, işyerinde bulunan tozlardan kaynaklanan olumsuz etkileri belirlemek üzere, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve 29/12/2012 tarihli ve 28512 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği hükümlerine uygun şekilde risk değerlendirmesi yapmakla yükümlüdür.

(2) Tozlu işlerde yapılacak risk değerlendirmesinde ortamda bulunan tozun çeşidi, ortamda bulunan tozun sağlık ve güvenlik yönünden tehlike ve zararları, maruziyetin düzeyi, süresi ve sıklığı, bu Yönetmeliğin Ek-1’inde yer alan mesleki maruziyet sınır değerleri, toz ölçüm sonuçları, alınması gereken önleyici tedbirleri özellikle dikkate alınmaktadır (Madde 6).

-Çalışma yerinin havalandırılması,

-Delik delme işlemlerinde toz oluşumunun azaltılması,

-Nakliye işlemlerinde toz oluşumunun engellenmesi,

-Toz toplama ve filtrasyon sağlanır.

-Taş tozu ve benzeri maddelerle tozun yanma özelliğini yok edecek veya su ve benzeri maddelerde tozu bağlayarak uzaklaştırılmasını sağlayacak tedbirler alınır.

-Kömür ocaklarındaki arabalar, içlerinden kömür tozu dökülmeyecek biçimde olur.

-Üretim, yükleme, taşıma, aktarma ve boşaltma yapılan yerlerde tozun havaya yayılmasını önlemek için pülverize su fisketeleri gibi gerekli tedbirler alınır.

-Taş tozu serpmeye işlemi, kömür tozunun yanma ve patlama etkisini yok edecek veya azaltacak oranda ve uygun nitelikteki maddelerle yapılır.

4. İş Sağlığı Ve Güvenliğinde Kullanılan Kişisel Koruyucu Donanımlar

Kişisel koruyucu donanımlar 29/11/2006 tarihli ve 26361 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Kişisel Koruyucu Donanım Yönetmeliği esas alınmak üzere,

1) Çalışanı, yürütülen işten kaynaklanan, sağlık ve güvenliği etkileyen bir veya birden fazla riske karşı koruyan, çalışan tarafından giyilen, takılan veya tutulan, bu amaca uygun olarak tasarımı yapılmış tüm alet, araç, gereç ve cihazları,

2) Kişiyi bir veya birden fazla riske karşı korumak amacıyla üretici tarafından bir bütün haline getirilmiş cihaz, alet veya malzemedan oluşmuş donanımı,

3) Belirli bir faaliyette bulunmak için korunma amacı olmaksızın taşınan veya giyilen donanımla birlikte kullanılan, ayrılabilir veya ayrılamaz nitelikteki koruyucu cihaz, alet veya malzemeyi,

4) Kişisel koruyucu donanımın rahat ve işlevsel bir şekilde çalışması için gerekli olan ve sadece bu tür donanımlarla kullanılan değiştirilebilir parçaları, ifade eder (4. Madde) .

4.1. Baş Koruyucuları:

Yeraltında en yaygın olarak kullanılan kişisel koruyucular baş koruyuculardır. Çalışma alanlarına göre farklı tipte baretler kullanılmaktadır. Yeraltı ve yapı işlerinde genellikle plastik

baretler kullanılmaktadır. Bu baretler çalışanı, çalışma ortamında çarpmalardan dolayı meydana gelebilecek ve parça düşmesinden kaynaklanacak zararları önemli ölçüde azaltan özelliğe sahiptir. Düşme mesafesine bağlı olarak 10-15 kilogram ağırlığındaki cisimlerin etkilerinden korur, yalıtkan özelliği nedeni ile 600V'a kadar güvenlik sağlar. Sert, sağlam, güneş ışınına, yağa, neme dayanıklı, plastik malzemeden yapılmalıdır. Plastik baretler asgari 300 gram ağırlığında olup iyi kullanıldığı takdirde 5 yıl süreyle kullanılabilir. Baret ile kullanıcının kafasındaki boşluğun az olması baretin koruyucu özelliğini azaltmaktadır. Gürültüden korunmayı gerektiren yeraltı işlerinde kulak koruyuculu baretler kullanılmaktadır. Sürekli aydınlatmanın sağlanamadığı işlerde baş lambaları çalışanların güvenliği için çok önemlidir.

4.2. El-Kol Koruyucuları:

Bazı yer altı yapı işlerinde el, kol ve deri tahriş olabilir. Buna karşı eldiven ve benzeri el ve kol koruyucuları kullanılmalıdır. Eldivenlerin giyilemediği durumlarda ek koruma olarak önleyici kremler kullanılmalıdır.

4.3. Göz-Yüz Koruyucuları:

Tam yüz koruması gerektiren kaynak, kırma, öğütme, delme-patlatma, kesme, doğrama ve benzeri işlemler sonucu oluşabilecek parçacıklara karşı çalışanı korumada tam yüz siper kullanılmalıdır.

4.4. Kulak Koruyucuları:

Yer altı taşlıları, makineler ve güç kaynakları uzun vadede işitme kayıplarına sebep olabilecek yüksek seviyede gürültü oluşturabilmektedir. Bu gürültülerden korunmak amacıyla genellikle barete monte edilen kulak koruyucular kullanılabilir.

4.5. Ayak Koruyucuları:

Yeraltı yapısının kuru ya da ıslak olmasına bağlı olarak deri ya da lastik iş ayakkabıları kullanılabilir. Ayakkabılarda/çizmelerde delinme ve kırılmaya dayanıklı, kaymayı önleyici taban, darbeye karşı dayanıklı dış yüzey ve parça düşmelerine karşı burunda çelik maskarat bulunmalıdır.

4.6. Koruyucu kıyafetler:

Yeraltında normal iş elbiseleri pamukludur. Yangın riski olan madenlerde de aleve karşı dirençli pamuklu iş elbiseleri kullanılır. Genellikle yeraltındaki hareketli vasıtaların tehlikelerine karşı çalışanı daha görünür kılmak için giysilere yansıtıcı şeritler eklenmektedir.

4.7. Solunum Koruyucuları:

Yeraltında en çok karşılaşılan risk faktörü tozdur. Kömür tozu ve diğer ortam tozlarının çoğu pahalı olmayan bir yarım yüz toz maskesi kullanımı ile etkin bir şekilde filtrelenebilir. Esnek yapıda kauçuk malzemeden yapılmış bir ağız-burun maskesi ve değiştirilebilir filtreli maskeler etkili koruma sağlayabilmektedir. Ortamda bulunabilecek toz, sis, duman, organik buharlar ve asit gazlarının bileşimleri gibi hava kirleticileri, akciğerde hasara veya geri dönüşü olmayan meslek hastalıklarına neden olabilir. Bu tehlikelerden korunmak için iki tarafında da kartuş bulunan uygun solunum maskeleri kullanılması gerekmektedir. Çalışılan alanda oksijen miktarı %16'dan düşük ise temiz hava beslemeli maskelerin veya oksijen maskelerinin kullanılması gerekmektedir.

5.Sonuç

Bu çalışmada öncelikle yeraltı yapılarındaki olası riskler düşünülmüştür. Çalışmada insan sağlığı ön planda tutularak olası riskler belirlenmiştir. İnsan yaşamını sağlıklı şekilde sürdürbilmesi için çalıştığı ortamda soluduğu havanın optimal şartlarda olması gerekmektedir. Bu yüzden yeraltı yapılarında çalışan kişiler için toz, gürültü, titreşim gibi risklerde yönetmelikler mevcuttur. Toz çalışanın görüş mesafesini azaltır, gözlerini tahriş eder, kişiyi o anlık psikolojik rahatsız eder ve belli miktarda sürekli olarak tozu solumak ciddi derecede meslek hastalığına yol açmaktadır. Yeraltında çalışma şartları yerüstüne göre daha zorlu geçebilmektedir. Her geçen gün gelişen teknoloji sayesinde yeraltı yapılarına günümüzde çok sık rastlanmaktadır. En ufak bir hatanın ölümle sonuçlanabileceği göz önünde bulundurularak yeraltında yapılan çalışmalarda iş güvenliği kurallarının hayati derecede öneme sahip olduğu unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (ÇSGB), 2016. Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi, Yayın no: 43.

Imanbekov, D., 2012. Melen Projesi Kapsamında Cendere I, Cendere II ve Kağıthane Tünelleri Açımında Hidrolik Kırıcı ve Delme-patlatma Yöntemi Performanslarının İncelenmesi. Doktora tezi, Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü

Kun, M., 2010. Zayıf kayalarda ve faylı zonlarda tünel açma tasarım ve yapım gereksinmelerinin araştırılması ve çözümlenmesi. Doktora tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü

Komurlu, E., Kesimal, A., 2017. An Experimental Study on Usability of Friction Rock Bolts with Plastic Body. International Journal of Geomechanics, Vol. 17(9), Paper no: 04017058
Mevzuat Bilgi Sistemi (MBS), 2016a. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu,

Mevzuat Bilgi Sistemi (MBS), 2016b. Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği,

Mevzuat Bilgi Sistemi (MBS), 2016c. Deniz, Göl veya Nehir Altında Bulunan Madenlerdeki Çalışmalar Hakkında Yönetmelik

URL 1: <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/> (Erişim Tarihi 16.06.2016)

URL 2: <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/> (Erişim Tarihi 16.06.2016)

URL 3: <http://www.avrasyatuneli.com.tr/tr/proje-hakkinda/avrasya-tuneli-hakkinda> (Erişim tarihi 13.06.2016)

URL 4: <http://www.marmaray.gov.tr/icerik/marmaray/Tarih%C3%A7esi/1> (Erişim tarihi 13.10.2016)

URL 5: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Marmaray> (Erişim tarihi 13.10.2016)

Makale Gönderim Tarihi: 07.06.2016Yayına Kabul Tarihi: 15.08.2017

Determination of The Discontinuity Characteristics of The Blast Surfaces

Patlatma Yüzeylerine Ait Süreksizlik Özelliklerinin Belirlenmesi

Abdurrahman Tosun¹

¹ *Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü ve Bergama Meslek Yüksekokulu İzmir*

*Sorumlu Yazar: abdurrahman.tosun@deu.edu.tr

Abstract

The mean heap size distribution effects the efficiency of loading, hauling and crushing operations. Thus it should be known before blasts for a good cost planning. As it is known from the literature, the mean heap size distribution depends on discontinuity characteristics of the blast surfaces, strength values of the material and specific charge factor in blast operations. Strength values of the material and specific charge factor can be measured certainly. But discontinuity characteristics of the blast surfaces can not be determined correctly because they are generally found by man-hand. In this study, the results of seven blast tests were considered. A new method was improved for determining the discontinuities characteristics of the blast surfaces. Within the method, the percentage value of the amount of crack in the blast surfaces was considered for the each blast test. Beside this, strength values of the material and specific charge factor in blast operations were determined very sensitively. The mean heap size distribution is also related to the efficiency of the loader directly. So the multiple regression was established between the efficiency of the loader and specific charge factor, the amount of crack of the surfaces. Thus, it would be understood if the new method determining the discontinuities characteristics of the blast surfaces would give accurate results or not. Strength value of the material was ignored for relations because blast tests were carried out in the same field.

Key words: Blast, discontinuity, the heap distribution.

Özet

Patlatma sonucu oluşan ortalama yığın boyut dağılımı, yükleme, nakliye ve kırma operasyonlarının verimini etkilemektedir. Bu nedenle iyi bir maliyet planı için yığın boyut dağılımının patlatma öncesi bilinmesi gerekmektedir. Literatürden de bilindiği gibi yığın boyut dağılımı, patlatma yüzeyinin süreksizlik özellikleri, kayanın dayanımı ve özgül şarj değerlerine bağlıdır. Kayanın dayanımı ve özgül şarj değerlerinin kesin bir biçimde ölçülmesi mümkündür. Ancak yüzeylerin süreksizlik özellikleri doğru bir şekilde ölçülememektedir. Çünkü bunlar genellikle insan eliyle belirlenmektedir. Bu çalışmada, yedi adet patlatma deneyi değerlendirilmiştir. Patlatma yüzeylerinin süreksizlik özelliklerinin doğru bir biçimde ölçülmesi için yeni bir yöntem geliştirilmiş ve her bir patlatma deneyi için çatlak miktarlarının yüzdesel değerleri bulunmuştur. Ayrıca patlatma deneylerine ait kayanın dayanımı ve özgül şarj değerleri hassas olarak belirlenmiştir. Ortalama yığın boyut dağılımı aynı zamanda yükleyici verimiyle direkt olarak ilişkilidir. Bu nedenle deneylere ait yükleyici verimi ile özgül şarj ve yüzeylerdeki çatlak miktarları arasında çoklu regresyon analizi yapılmıştır. Böylece patlatma yüzeylerinin süreksizlik özelliklerini belirleyen yeni yöntemin doğru sonuçlar verip vermediği anlaşılmıştır. Patlatma deneyleri aynı sahada yapıldığı için kayanın dayanım parametresi gözardı edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Patlatma, süreksizlik, yığın boyut dağılımı.

1. Introduction

The mean heap size distribution which can be predicted before blasting operations controls the cost of open-pit processes. Therefore, some scientists have developed some mathematical equations that predict to the mean heap size distribution before blasting in order to manage the cost of these operations. Langefors ve Kilhström (1963), Holmberg (1974) and Larsson (1974) developed an equation called as SveDeFo and it predicts the the value of heap size distribution as follows (Ouchterlony, 2003).

$$X50 = 0.143 \cdot f \left(\frac{L_{tot}}{H} \right) \cdot \left[B^2 \frac{\sqrt{1.25}}{\sqrt{S/B}} \right]^{0.29} \cdot \left(\frac{Crock}{SDx \cdot q} \right)^{1.35} \quad (1)$$

Here;

X50= The mean heap size distribution (cm)

$$f = 1 + 4.67 \cdot \left(1 - \frac{L_{tot}}{H} \right)^{2.5}$$

Ltot= Column charge length of explosive material (m)

H= Blasthole length (m)

B= Blast burden (m)

S= Blast spacing (m)

Crock= The rock constant

SDx= The amount of dynamite per amount of explosive material

q= Specific charge (kg/m³)

Bergmann, Riggle and Wu (1973) improved an equation that predicts the mean heap size distribution (X50) and have used the amount of energy occurred by per amount of explosive material in the equation(Ouchterlony, 2003).

$$X50 = \frac{A \cdot B}{(f \cdot e \cdot q)^{0.67}} \quad (2)$$

Here,

X50= The mean heap size distribution (cm)

A= Rock mass factor

$$f = 1 + 4.67 \cdot \left(1 - \frac{L_{tot}}{H} \right)^{2.5} \quad (3)$$

Ltot= Column charge length of explosive material (m)

H= Blasthole length (m)

B= Burden (m)

e = The amount of energy occurred per amount of explosive material (Joule/kg)

q= Specific charge (kg/m³)

Rustan (1981) suggested an equation that calculated the mean heap size distribution (X50) according to burden, spacing and radial cracks of blasting surface. Grady and Kipp (1987) developed an equation as regards radial cracks of blasting surface and used in the equation that calculated the mean heap size distribution (X50) and was suggested by Rustan. After that Persson et al. (1994) developed the equation and suggested as follows (Ouchterlony, 2003).

$$X50 = constant. (K_{1c})^{1/3} \cdot \left\{ (B \cdot S)^{\frac{1}{6}} \cdot Qh^{\frac{1}{2}} \right\} \cdot \frac{1}{(q \cdot D^2)^{1/3}} \quad (3)$$

Here;

X50= The mean heap size distribution (cm)

K_{1c}= Resistance to the spread of crack in the rock

B= Burden (m)

S= Spacing (m)

Qh= Hole diameter (m)

q= Specific charge (kg/m³)

D= Blasting detonation velocity (m/s)

Cunningham (1983, 1987) also suggested an equation called as Kuz-Ram with respect to the value of muck pile fragmentation as follows.

$$X50 = A \cdot Qe^{\frac{1}{6}} \cdot \left(\frac{115}{S_{Anfo}} \right)^{19/30} \cdot \frac{1}{q^{0.8}} \quad (4)$$

Here,

X50= The mean heap size distribution (cm)

A= Rock mass factor

Qe= The amount of explosive material in a blasthole (kg)

S_{Anfo}= The percentage of the amount of Anfo (it is 100)

q= Specific charge (kg/m³)

Kou ve Rustan (1993) suggested an another equation with respect to The mean heap size distribution (X50) as follows (Ouchterlony, 2003).

$$X50 = 0.01 \cdot (\rho_c)^{0.6} \cdot B^{0.2} \cdot (S/B)^{0.5} \cdot (H/L_{tot})^{0.7} / (D^{0.4} \cdot q) \quad (5)$$

Here;

X50= The mean heap size distribution (cm)

ρ_c= Rock density (kg/m³)

L_{tot}= Column charge length of explosive material (m)

H= Blasthole length (m)

B= Burden (m)

S= Spacing (m)

D= Blasting detonation velocity (m/s)

q= Specific charge (kg/m³)

Chung and Katsabanis (2000) proposed an another equation called as CK as follows.

$$X50 = \frac{A \cdot B^{0.075} \cdot S^{0.061} \cdot H^{0.073}}{q^{1.193}} \quad (6)$$

Here,

X50= The mean heap size distribution (cm)

A= Rock mass factor

H= Blasthole length (m)

B= Burden (m)

S= Spacing (m)

q= Specific charge (kg/m³)

Besides this, the efficiency of the loader is also related to the mean heap size distribution. Some researchers have tried to determine the productivity of loaders. Michaud and Blanchet (1996) reported a linear correlation between the extent of the fragmentation within the heap resulting from a blast and the amount of material that the loader loads into its bucket with each grab. Frimpong et al. (1996) carried out using different specific charges some blasting tests and when they used the high amounts of explosive blasting tests, dragline's bucket fill factor increased. Singh and Yalcin (2002) investigated the loader bucket fill factor for different size distributions of heaps formed after a blast; they determined that the fill factor decreases for large fragments. Osanloo and Hekmat (2005) observed the efficiency of loaders different specific charges.

They also used different heap size distributions and suggested some formulas for loader's cycle time. Sarı and Lever (2007) determined the productivity of wheel, cable and hydraulic loader in different heap size distributions. Topal and Akcakoca (2009) measured the productivity of backhoe loaders in different heap size distributions and observed that loader productivity decreases when the mean size of the heap formed after the blast increases. Segarra et al. (2010) used bucket fill factor as an important parameter and developed an estimation model for the calculation of the productivity of loader. Molotilov et al. (2010) have emphasized that loader capacity depends on the mean blasted fragment size and loader digging cycle time.

Scientists have used discontinuity characteristics of the blast surfaces, strength values of the material and specific charge factor. All of above equations predict the mean heap size distribution (X50) before blast operations. Especially for determining the discontinuities, range characteristics of the blast surfaces are generally measured with hand from field by using tape line. However, it is known that the discontinuity characteristics of the surfaces can not be determined completely and correctly by this way. Because measuring by hand can not reach every point of surfaces.

In this study, the results of seven blast tests were considered in order to improve a new method for determining the discontinuities characteristics of the blast surfaces and they were found as the percentage value of the amount of fracture representing everywhere of the surface for the each blast test. During the loading; the front pump, the back pump, the arm off and bucket off hydraulic pressure values determining efficiency of the loader were used and monitored as numeric data values from loader monitor instantly. These data collected for all of material and each blast test. Specific charge factors were calculated sensitively. Strength value of the material was found by using rock mechanics laboratory. These values are certain. However the data of the discontinuities fractures of the blasting surfaces are doubtful. At this point, the multiple regression was established between the efficiency of the loader and specific charge factor, the percentage value of the amount of crack representing everywhere of the surface. Strength value of the material was ignored for relations because blast tests were carried out in the same field.

2. Obtainment of The Discontinuities Fractures of The Blast Surfaces

In this phase, discontinuities available in the blast surfaces must be measured completely and correctly. At this point, the photos of the blasted surfaces were evaluated. First, all fractures in the photo of blast surface painted in black color sensitively (Fig. 1). After that, the area other than black color in the picture was created as white color (Fig. 2).

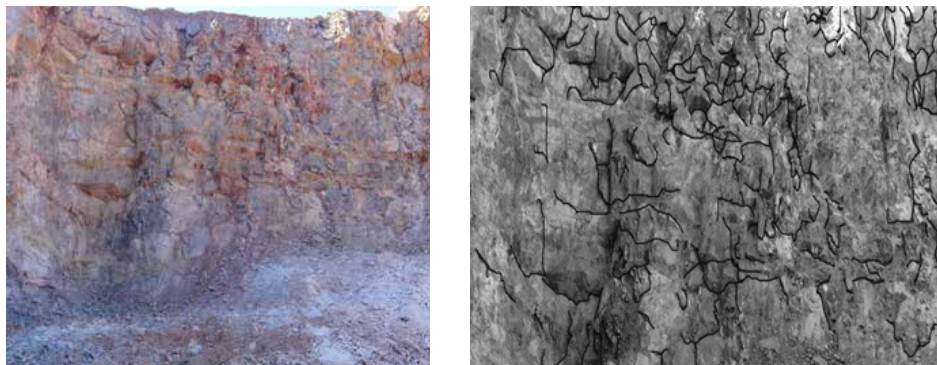


Figure 1. Example of original and painted in black color photos of the surface



Figure 2. The conversion to white color of the area other than black color in the picture

Here, the black color in the picture represents to the fractures of the surface. A mathematical code was created by using matlab software in order to determine a percentage expression of the black area in the picture. Thus, a new method was improved for determining the discontinuities characteristics of the blast surfaces. The percentage values of the amount of fracture representing everywhere of the surfaces were determined for the each blast test (Table 1).

Table 1. The percentage values of the amount of fracture of the blast surfaces

Test No.	The amount of fracture in all blast surfaces calculated according to the new method (%)
1	3.9650
2	3.8504
3	3.7649
4	2.7456
5	2.4498
6	2.6332
7	2.8417

A calibration technique was applied to understand if the created mathematical code calculated to the percentage value of black area in the picture correctly or not. In this technique, two separate pictures having it's the whole surface in black and white area were used. It was seen that the new method calculated as a hundred percent for black picture and as a zero percent for white picture.

3. Determination of The Efficiency of The Loader

In the study area, exploded material was loaded by inverse bucket hydraulic loader which has 3.6m³ bucket capacity and power 362. The front pump, the back pump, the arm off and bucket off hydraulic pressure values which determine efficiency of the loader can be monitored as numeric data values from loader monitor instantly during the loading. As shown in Figure 3, instant hydraulic pressure values of the loader monitor which has been taken in 2-3 seconds with a fixed a camera system in front of the loader monitor and continuously recorded in the digital format to the computer. Record process is continuously done for all blasting test, during the loading.



Figure 3. Recorded in digital format the data received from the loader monitor

Thus, the front pump, the back pump, the arm off and bucket off hydraulic pressure values which determine efficiency of the loader were recorded for all blasting tests without any problem (Table 2).

Table 2. Loader hydraulic pressure values measured

Test No.	The Loader's Average Hydraulic Pressure Values (kg/cm ²)				
	The front pump	The back pump	The arm off pump	The bucket off pump	Total
1	192.46	185.83	12.09	14.67	405.04
2	181.20	183.83	5.56	23.42	394.02
3	189.24	193.02	9.74	8.09	400.10
4	172.72	177.19	7.80	10.83	368.54
5	161.10	160.85	4.83	9.42	336.21
6	165.56	169.85	7.31	10.69	353.41
7	169.82	176.69	5.53	8.10	360.14

4. Determination of Specific Charge Values

In this research study, nitroglycerin and ammonium nitrate explosives (ANFO) were used in all blast tests. The amount of explosive is recorded for each blast test as very sensitive. The amount of material which occurs as a result of blasting is recorded in the weighbridge belonging to enterprises for each blast test. This information was reported from weighbridge at the end

of each blast test for which all heap volume has been determined separately. The amount of explosives is divided to the heap volume which occurs as a result of blasting and the value of the specific charge is determined for each blast test (Table 3).

Table 3. The values of specific charge for blast tests

Test No.	Total amount of material formed as a result of blasting (tonne)	Total amount of ANFO used (kg)	Total amount of dynamit used (kg)	Specific charge factor (kg/m ³)
1	4156.98	650	12.5	0.422
2	3721.76	625	12.5	0.454
3	2447.66	362.5	7.50	0.401
4	3167.98	550	11.25	0.469
5	3814.88	850	11.25	0.598
6	5987.43	1350	12.50	0.603
7	2272.54	400	7.50	0.475

5. Determination of Physical and Mechanical Characteristics of The Material to be Blasted

Physical and mechanical tests were performed in a rock mechanics laboratory using samples obtained from the regions where the blast tests were performed. Based on these tests, the density, unit weight, uniaxial compressive strength, and indirect tensile strength of the rocks were determined (Table 4).

Table 4. The physical and mechanical properties of rock

The average unit weight of rock (tonnes/m ³) (gr/cm ³)	The average density of rock (gr/cm ³)	The average uniaxial compressive strength of rock (MPa)	The average indirect tensile strength of rock (MPa)
2.65±0.003	2.74±0.002	38.00±1.75	6.41±0.55

6. Evaluation and Results

The data used for the research result is given in Table 5. As it is known from the literature, the efficiency of the loader is directly related to both discontinuity characteristics of the blasting surfaces and also specific charge factor in blast operations. Thus the multiple regression was established for parameters said (Equation 7).

Table 5. The data used for relations

Test No.	The Loader's Average Hydraulic Pressure Values (kg/cm ²)					The amount of crack in all blast surfaces calculated according to the new method (%)	Specific charge factor (kg/m ³)	The average uniaxial compressive strength of rock (MPa)
	The front pump	The back pump	The arm off pump	The bucket off pump	Total			
1	192.46	185.83	12.09	14.67	405.04	3.9650	0.422	38.00
2	181.20	183.83	5.56	23.42	394.02	3.8504	0.454	
3	189.24	193.02	9.74	8.09	400.10	3.7649	0.401	
4	172.72	177.19	7.80	10.83	368.54	2.7456	0.469	
5	161.10	160.85	4.83	9.42	336.21	2.4498	0.598	
6	165.56	169.85	7.31	10.69	353.41	2.6332	0.603	
7	169.82	176.69	5.53	8.10	360.14	2.8417	0.475	

87.26 % of correlation coefficient value was determined for the amount of crack in all blast surfaces calculated according to the new method.

$$hd = 328.7 - 97.1 q + 29.14 c \quad (7)$$

hd = The average total hydraulic pressure values of loader (kg/cm²)

q = Specific charge factor (kg/m³)

c = The amount of crack in all blast surfaces calculated according to the new method (%)

When we evaluate with the amount of crack in all blast surfaces calculated according to the new method; we understand that the percentage value of the amount of crack representing everywhere of the surface can give accurate results because here, the efficiency of the loader and specific charge factor values are certain, but only the discontinuity characteristics are doubtful and need to be studied with further study. Finally, the new method can be used for every surfaces (excavated, tunnel opening, underground mine production places, galleries...).

References

Bergmann, O. R., Riggle J. W., & Wu F. C., 1973. Model rock blasting – Effect of explosives properties and other variables on blasting results. *International J. Rock Mechanics and Mining Sciences*.10, 585– 612.

Chung, S. H., & Katsabanis, P. D., 2000. Fragmentation prediction using improved engineering formulas. *International J. Fragmentation by Blasting*. 4, 198– 207.

Cunningham, C. V. B., 1983. The Kuz-Ram model for prediction of fragmentation from blasting. In *Proc 1st Int. Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*. pp. 439– 453.

Cunningham, C. V. B., 1987. Fragmentation estimations and the Kuz-Ram model – four years on. In Proc 2nd Int Symp on Rock Fragmentation by Blasting. pp. 475–487.

Frimpong, M., Kabongo, K. and Davies, C., 1996. Diggability in a measure of dragline effectiveness and productivity. Proceedings of 22nd Annual Conference on Explosives and Blasting Techniques. pp 95-104.

Grady, D. E., & Kipp, M. E., 1987. Dynamic rock fragmentation. In Fracture Mechanic of Rock. B.K. Atkinson (ed). Academic press, London. pp. 429– 475.

Heinze, H. et al., 1974. Hanbuch Spreng Technik. Leibzing, GDR.

Kou S., & Rustan A., 1993. Computerized design and result prediction of bench blasting. In Proc 4th. International Symposium on rock fragmentation by blasting. H.P. Rossmannith (ed), , Balkema Rotterdam, pp. 263– 271.

Langefors, U. & Khilström, B., 1963. The modern Technique of rock blasting. Almqvist and Wicksell. Uppsala, Sweden.

Michaud, P. R. & Blanchet, J. Y., 1996. Establishing a quantitative relation between post blast fragmentation and mine productivity a case study. Proceedings of 5th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting. pp 386-396.

Molotilov, S. G, Cheskidov, V. I., Norri, V. K., Botvinnik, A. A., and Kh. Il'bul'din D., 2010. Methodical principles for planning the mining and loading equipment capacity for open cast mining with the use of dumpers. Part III: Service capacity determination, Journal of Mining Science. Vol. 46, No. 1,.

Osanloo, M.& Hekmat, A., 2005. Prediction of shovel productivity in the Gol-E- Gohar mine. Journal of Mining Science. Vol. 41, No 2,.

Ouchterlony, F., 2003. Influence of blasting on the size distribution and properties of muckpile fragments, a state of the art review. Lulea University of Technology. Swebrec.

Persson, P. A., Holmberg R., & Lee J., 1994. Rock blasting and explosives engineering. CRC Press, Boca Raton FL.

Rustan, A., 1981. Fragmentation influencing factors in rock blasting. Technical rapport Lulea university of Technology. Lulea, Sweden, 1981:38T.

Sari, M.& Lever, P. J. A., 2007. Effect of blasted rock particle size on excavation machine loading performance. 20th Intenational Mining Congress and Exhibition of Turkey. ISBN 978-9944-89-288-9.

Segarra, P., Sanchidrián, J. A., López, L. M., and Querol, E., 2010. On the prediction of mucking rates in metal ore blasting. Journal of Mining Science. Vol. 46, No. 2,.

Singh, S. P. & Yalcin, T., 2002. Effects of muck size distribution on scooping operations. Proceedings of 28th Annual Conference on Explosives and Blasting Techniques. pp 315-325.

Topal, I., Elevli, B., Akcakoca, H., 2009. Kırmataş üretiminde hammadde tane boyutunun Kırma-Sınıflandırma tesisi Üretim maliyetlerine etkileri. Türkiye 21. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi (Turkey 21st International Mining Congress and Exhibition). 545-554.

Makale Yazım Kuralları

1.Dergi Hakkında

MT Bilimsel, Türkiye'nin ilk ve tek madencilik ve yer bilimleri dergisi olan Madencilik Türkiye Dergisi'nin yayıncı şirketi MAYEB Madencilik ve Yerbilimleri Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti. tarafından çıkarılmaktadır.

MT Bilimsel'de yayınlanması için hazırlanan makaleler daha önce yayınlanmamış özgün yazı, derleme yazı, teknik notlar ve tartışma yazıları niteliğinde olmalıdır. Yazının MT Bilimsel'e gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığını kabulü anlamına gelmektedir.

Maden, petrol, doğal gaz, jeotermal gibi her türlü yer altı kaynakları konusunda ve alt dallarında; ilk kez yazarı tarafından açıklanan teorik ve pratik çalışmaları içeren yazılar **özgün yazı**, daha önce yapılmış çalışmaları eleştirel bir yaklaşımla derleyip o konuda yeni bir görüş ortaya koyan yazılar **derleme yazısı**, devam eden bir çalışmanın ön notları, önceden yapılmış bir çalışmanın uzantısı, sınırlı bir çalışmanın tam anlatımı, özel bir uygulamanın ya da uygulanan deneysel bir işlemin tanıtımı şeklinde çalışılan bilimsel içerikli yazılar **teknik not**, dergide daha önce yayımlanan yazılara okurlardan gelen eleştiriler, katkılar ve bu eleştirilere yazar tarafından verilen yanıtları içeren yazılar da **tartışma yazısı** olarak adlandırılır.

2.Yazıların Telif Hakları

MT Bilimsel'de yayınlanan makalelerin telif hakları MAYEB'e aittir. Yazının yayına kabulünün ardından Yayın İdare Merkezi (YİM) tarafından sorumlu yazara elektronik ortamda "telif hakkı devir sözleşmesi" gönderilir. Bu sözleşme ile dergide yayınlanan yazılar, yazarları adına koruma altına alınmış olur ve başka bir yayın organında yayınlanamaz. Telif hakkının devredildiğine ilişkin bu belgenin imzalanarak YİM'e gönderilmesiyle makale yayın için hazırlanır. Sözleşme YİM'e ulaşmadan, makale kabul edilmiş olsa bile dergide yayınlanmaz.

3.Yazıların Hazırlanması

MT Bilimsel Türkçe ve İngilizce yayınları kabul etmektedir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı, özeti, çizelge ve şekillerin açıklamaları editörlükçe Türkçe'ye çevrilir.

Makalelerin MS Word formatında ve aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanması gerekmektedir.

3.1 Makale Bölüm Sıralaması

Makaleler aşağıdaki başlık sıralamasına uygun bir biçimde hazırlanmalıdır.

Özet

Abstract

Giriş

Ana Başlık

Alt Başlıklar

Sonuçlar ve Tartışma
Katkı Belirtme ve Teşekkür
Referanslar

3.1.2 Başlık

Yazının başlığı, olabildiğince kısa ve çalışmanın içeriğini net bir şekilde yansıtmalıdır. Başlığın mutlaka İngilizcesi de bulunmalıdır. Türkçe başlık 14 punto, koyu (bold), satır arası tek ve yalnızca kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde; İngilizce başlık ise 11 punto, italik, satır arası tek ve yalnızca kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde yazılmalıdır. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise yukarıda belirtilenlerin tersi uygulanmalıdır.

3.1.2 Yazarlar

Yazarların ad - soyadları açıkça ve yalnızca ilk harfler büyük olacak şekilde yazılmalı, çalışılan kuruluş isimleri, yazar soyadının sonuna konulacak bir numara ile bir alt satırda italik olarak belirtilmelidir. Birden fazla yazar bulunan makalelerde "Sorumlu Yazar" soyadının sonuna konulacak " * " işareti ile belirtilmelidir. Yazarların elektronik posta adresleri de italik olarak belirtilmelidir.

Sorumlu Yazar: Birden fazla yazara sahip makalelerde YİM ile iletişimde kalacak kişidir. Özellikle belirtilmediyse, yayına kabul aşamasında yazışmalar hangi yazar ile gerçekleştirildiyse, o kişi sorumlu yazar olarak kabul edilir. Sorumlu yazarın telefon, faks elektronik posta adresi ve posta adresi YİM'e bildirilmelidir. İletişim bilgilerinin, sorumlu yazar tarafından güncel tutulması gerekir.

Bu bölümdeki tüm karakterler 11 punto büyüklüğünde, tek satır arası bırakılarak hazırlanmalıdır. Yalnızca belirteçler üslü olarak yazılmalıdır. Örnek yazar adı yazımı aşağıdaki şekildedir:

C. Okay Aksoy^{1*}, Bülent Kaypak²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Müh. Bölümü, İzmir

²Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü, Ankara

* Sorumlu Yazar: okay.aksoy@deu.edu.tr

3.1.3 Özet, Abstract ve Anahtar Kelimeler

Özet ve Abstract bölümünün toplamı 400 kelimeyi geçmemelidir. Özet, araştırmanın amacını ve başlıca sonuçları belirtmelidir. Özette kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Ayrıca, standart olmayan ya da seyrek kısaltmalardan kaçınılmalıdır. Kısaltma kullanılması zorunlu ise özeti içinde tanımlanması gerekir.

Türkçe hazırlanmış yazılarda "Özet"ten sonra "Abstract (İngilizce Özet)" yer almalıdır. Abstract italik olmalıdır. İngilizce makalelerde Abstract önce, italik yazılmış Türkçe Özet sonra yer almalıdır.

Anahtar kelimeler/Key words, özeti ve abstract'ın ayrı ayrı hemen altında yer almalıdır. En az iki en fazla altı kelime kullanılmalıdır. Özet için Türkçe, Abstract için İngilizce olarak verilmelidir. Yalnızca alanıyla direkt ilgisi olan anahtar kelimeler uygun olabilir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla, küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik not ve tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

3.2 Makalenin Ana Gövdesi

A4 kağıdı boyutlarına (21,0 x 29,7 cm) ayarlanmış MS Word sayfası üzerindeki yazı alanı, tüm kenarlardan 2,5 cm boşluk bırakılarak düzenlenmelidir. Yalnızca yazının başlığının ve yazar isimlerinin bulunduğu ilk sayfada üstten 5,0 cm, sağ, sol ve alt kenarlardan yine 2,5 cm boşluk bırakılmalıdır. Bu şekilde ayarlanan ilk sayfaya başlık, yazar isimleri, çalışılan kurum, iletişim bilgileri, özet, abstract (özet ve abstract toplam 400 kelimeyi geçmemelidir) ve anahtar kelimeler sığmış olmalıdır. Yazarlara kolaylık olması açısından bu ilk sayfa ana yazıdan ayrıca hazırlanarak gönderilebilir.

Makale yazımında, Times New Roman yazı karakteri kullanılmalıdır. Karakterler 12 punto büyüklüğünde, satır aralıkları 1 nk olmalıdır. Sayfa yapısı tek kolon, yazı sayfanın her iki tarafına yaslanmış şekilde kaydedilmelidir. Ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

3.2.1 Başlıklar ve Bölüm Numaralandırmaları

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar aşağıdaki şartlarda ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Tüm başlıklar yalnızca ilk harfleri büyük ve koyu (bold) olarak yazılmalıdır,

Makale, açıkça tanımlanmış ve numaralandırılmış bölüm ve alt bölümlere ayrılmalıdır. Alt bölümler 1.1 (1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, vb. şekilde numaralandırılmalıdır. Özet, numaralandırılmış bölümlere dahil edilmemelidir. Herhangi bir alt bölüme kısa bir başlık verilebilir. Her başlık kendi başına ayrı bir satır üzerinde görünmelidir.

3.2.2 Giriş

Giriş bölümü, araştırmanın amacı ve konu ile ilgili geçmiş çalışmaların sunulduğu, yazıyı okumaya hazırlayan ve yazının genelini anlaşılmasını kolaylaştıran bilgilerden oluşmalıdır.

3.2.3 Gereç ve Yöntemler

Çalışmanın tekrarlanabilmesi için yeterli ayrıntıyı sağlayan bölümdür. Önceden yayınlanmış yöntemler referans olarak belirtilmelidir.

3.2.4 Tartışma ve Sonuçlar

Bu bölümde çalışmanın sonuçları ve önemi tartışılarak açıklanmalıdır.

3.2.5 Ekler

Birden fazla ek varsa, bunlar A, B, vb. şekilde belirtilmelidir. Formül ve denklemler için ayrı bir numaralandırma yapılmalıdır: Eş. 1, Eş. 2 vb. Aynı işlem tablo ve resimler içinde yapılmalıdır: Tablo 1; Şekil 1, vb.

3.2.6 Katkı Belirtme ve Teşekkür

Katkı belirtme ve teşekkür bölümü, makalelerin ilk gönderiminde belirtilmemeli, çalışma yayına kabul edildikten sonra son düzenlemeler yapılırken eklenmelidir. Teşekkür, referanslardan önce, makalenin sonunda ayrı bir bölüm olarak toparlanmalıdır. Teşekkür, araştırma sırasında yardım sağlayan (makaleyi okuma, yazma, dil yardımı vb.) bireylere ve/veya kuruluşlara, olabildiğince kısa ve öz bir şekilde belirtilmelidir.

3.3 Kaynaklar ve Atıflar

3.3.1 Metin İçinde Atıf

Metin olarak gösterilen her referans, aynı zamanda referans listesinde de bulunmalıdır (veya tam tersi). 'Baskıda' gibi bir referans, atfın yayına kabul edildiği anlamına gelmektedir.

3.3.2 Referans Şekli

Metin içinde atıfta bulunulan tüm yayınlar, metni takip eden referans listesinde sunulmalıdır.

3.3.3 Metin

Metin içinde her referansta bakılmalıdır:

1. Tek Yazar: yazarın soyadı ve yayın yılı;
2. İki yazarlı: iki yazarın soyadları ve yayın yılı;
3. Üç ya da daha çok yazarlı yayınlarda ilk yazarın soyadından sonra "ve ark." ve yayın yılı.

Atıflar doğrudan (ya da parantez) içinde yapılabilir. Kaynak grupları ilk olarak alfabetik sırayla, sonra kronolojik olarak listelenmiş olmalıdır.

Örnekler olarak; (Aksoy, 1999; 2004a; 2008b; Aksoy ve Köse, 1995; Geniş ve ark., 2010; Kramer ve ark., 2000).

3.3.4 Kaynakların Listelenmesi

Kaynaklar alfabetik olarak, gerekirse daha sonra kronolojik sıraya göre dizilmelidir. Aynı yıl aynı yazar (lar) 'dan birden fazla referans yayınlandığında, yayınlandığı yıldan sonra konulan "a", "b", "c", vb. harfleri ile gösterilmelidir. Kaynakça için bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

Basılmış Dergiye Referanslar

Aksoy, C.O., 2008b. Chemical injection application at tunnel service shaft to prevent ground settlement induced by ground water drainage: a case study. International Journal of Rock Mechanic and Mining Sciences. 45(3), 376-383.

Kitaba Referanslar

Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., 1995. Support of Underground Excavations in Hardrock. Rotterdam, Balkema.

Düzenlenmiş Bir Kitaptaki Bölüme Referans

ISRM The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. Ulusay R, Hudson JA, editors. Ankara: Kozan Ofset; 2007.

Raporlar ve Tezler

Demirok, Y, 1978. Muğla-Yatağan Linyit Sahaları Jeoloji ve Rezerv Ön Raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s (yayınlanmamış).

Tuna, K., 2011. Stratejik ve Kritik Madenlere İlişkin Küresel Politikalar Çerçevesinde Türkiye'deki Stratejik ve Kritik Madenlerin Ulusal Güvenliğe Etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı, Çanakkale, Yüksek Lisans Tezi, 240 s (yayınlanmamış).

Kişisel Görüşme

Aksoy, O., 2005. Kişisel görüşme. Dokuz Eylül Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

İnternet Kaynakları

USGS, Chromium Statistics and Information, 2011.

www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/ (Erişim Tarihi: 01.01.2012)

4.Dikkat edilmesi Gereken Diğer Konular

4.1 Kısaltmalar

Alanında standart olmayan kısaltmalar, makalenin ilk sayfasında yerleştirilmek üzere bir dipnot olarak tanımlanmalıdır. Kısaltmalarda metin içinde tutarlı olunması gerekmektedir.

4.2 Birimler

Uluslararası kabul görmüş kuralları ve gelenekleri izlenmelidir. Uluslararası birimler sistemi (SI) kullanılmalıdır. Diğer birimler belirtilmişse, lütfen SI birim sistemine eşitliğini veriniz.

4.3 Matematik Formüller

Mevcut basit formüllerde, normal metin içinde küçük kesirli koşullar için yatay bir çizgi yerine “solidus” (/) kullanılmalıdır. Örneğin, (X / Y). Prensiplerde, değişkenler italik olarak sunulur. e'nin kuvvetleri (exp) kullanılarak belirtilmelidir. Herhangi ardışık şekilde numaralandırılıp atıf yapılmış denklemler metinden ayrı bir şekilde belirtilir. Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin; CO₂, x²).

4.4 Dipnotlar

Dipnotlar gerekmedikçe kullanılmamalıdır. Makale boyunca sırayla üstsimge numaraları kullanarak sıralayınız.

4.5 Tablo Dipnotları

Bir tabloda her bir dipnotu üst simge küçük harf ile belirtiniz.

4.6 Şekil, Çizim ve Fotoğraflar

Tek tip yazı ve boyutlandırma kullanılmalıdır. Metin çalışmanın içine grafik olarak kaydedilmelidir. Sadece resimlerde belirtilen yazı tipini kullanılmalıdır; Arial, Courier, Times New Roman, Sembol. Çizimlerin metin içinde sıralandırılması gerekir. Çalışma dosyaları mantıksal bir adlandırma kuralı içinde adlandırılmalıdır. Çizimler için ayrı ayrı başlık verilmelidir. Her şekli ayrı bir dosya olarak gönderilmelidir.

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak "Şekil" başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır.

Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15,8 cm (genişlik) x 22,5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması önerilir. Özellikle haritalar, araziyle ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Şekillerde açık, gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır.

Fotoğraflar mümkün olduğunca net ve aydınlık olmalıdır. Fotoğraflar ilk başvuruda normal çözünürlükte ve yazı içerisinde ilgili yerlerine yerleştirilerek gönderilmelidir. Makale yayına kabul edildikten sonra tüm fotoğraflar en az 300 dpi kalite ile makaleden ayrı bir şekilde gönderilmelidir.

4.7 Şekil Başlıkları

Her şekil ve resimde bir başlık olmalıdır. Başlıklar, şekillerin kaynağından ayrı olmalıdır. Bir başlık, kısa bir başlık ve şeklin bir açıklamasını içermelidir. Kullanılan tüm semboller ve kısaltmaları açıklanmalıdır.

4.8 Tablolar

Tablolar, ardışık şekilde numaralandırılmalıdır. Dipnotlar, tabloya gömülmeli ve üst simge küçük harfler ile belirtilmelidir. Dikey yazımdan kaçınılmalıdır.

5. Makalelerin Dergiye Gönderilmesi

Yazılar ikinci bir duyuruya kadar aşağıdaki editörlere elektronik posta yoluyla gönderilecektir.

Baş Editör C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü)

ör:

o.aksoy@mtbilimsel.com

Madencilik Türkiye Dergisi Temsilcisi: Onur Aydın (Madencilik Türkiye Dergisi)

onur@mtbilimsel.com

6. Yayına Kabul Edilen Makaleler Hakkında

Makalelerin yayına kabul edilmesi halinde editörlük tarafından yazarla iletişime geçilecektir. Çalışmanın yayına kabulünün yazara bildirilmesinin ardından yazarlar, editörlük tarafından belirtilen süre içerisinde, makalelerinin bu yazım kılavuzuna göre düzenlendiği ve editörya tarafından istenen diğer düzenlemelerin yapıldığı son kopyasını YİM'e göndermelidir.

Article Writing Norms

1. About Journal

MT Scientific is published by Turkey's first and only mining and earth sciences journal Mining Turkey's publisher company MAYEB, Mining and Earth Sciences Publication Release Distribution Co. Ltd.

Articles which are prepared to be published in MT Scientific should be unpublished, research articles, edited articles, technical notes and discussion articles. Sending a paper to MT Scientific means the recognition that the paper has never been published or reviewed before in any other magazine.

Papers about any underground resources like mine, petrol, gas, geothermal or about their subfields; articles including theoretical and practical studies firstly mentioned by the author are called **Original Research Article**, articles editing earlier studies with a critical approach and giving new insights about the subject are called **Review Articles**, pre-notes of an ongoing study, extensions of earlier studies, whole presentation of a limited study, articles as an introduction of a specific application or an applied scientific operation are called **Technical Notes** and articles including critics or contributions made by readers on a paper published in a magazine and responses given by the author about those critics are called **discussion articles**.

2. Copyrights of Articles

Copyrights of the papers published in MT Scientific are owned by MAYEB. After the acceptance of the paper for publication, Publication Management Center (PMC) sends a "copyright transfer contract" to responsible author in electronically environment. With this contract, articles published in magazine are put under protection on behalf of the author and cannot be published in an another media organ. With signing this document, indicating the transfer of the copyright and sending it to PMC, the article is prepared for publication. Even if the article is accepted for publication, if the contract is not got through to PMC, the article cannot be published.

3. Preparation of the Articles

MT Scientific accepts papers written in Turkish and English. If the authors are not native Turkish speakers, headline of the article, summary, presentations of the tables and shapes are translated in Turkish by the editorship.

Articles should be written in MS Word format and within the scope of the orders given below.

3.1 Article Outline

- Summary
- Abstract
- Introduction
- Main Topic
- Subtitles
- Conclusion and Discussion

Contributions and Thanks References

3.1.2 Headline

Main headline should be as short as possible and should identify the content transparently. Headline should also be able to be translated into English. Turkish headline should be written in 14 font size, bold, single-spaced and only the word's first letters capitalized; English headline should be written in 11 font size, italics, single-spaced and only the word's first letters capitalized. In English articles, vice versa should be done.

3.1.2 Authors

Author's name and surname should be clearly written and first letters should be capitalized, firms worked in should be stated after author's surname with a number in low line with italics. If there are multiple authors, "Responsible Author" should be indicated by adding " * " symbol after his/her surname.

Responsible Author: In articles with multiple authors, he is the one who communicates with PMC. If not indicated specifically, the author with whom correspondences are made during the publication acceptance phase is considered responsible author. Responsible author's phone and fax number, e-mail address and postal address should be informed to PMC. Contact information of the responsible author should be kept up-to-date.

All characters in this section should be in 11 font size, single-spaced. Only the indicators should be written exponentially. Sample writer name and orthography should be as below:

C. Okay Aksoy^{1*}, Bülent Kaypak²

¹*Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Department of Mining Engineering, İzmir*

²*Ankara University,, Engineering Faculty, Department of Geophysical, Ankara*

* *Responsible Author: okay.aksoy@deu.edu.tr*

3.1.3 Summary, Abstract and Key Words

Summary and abstract part shouldn't consist of more than 400 words as a whole. Summary should indicate the author's aims and primary results. In summary, references shouldn't be addressed to. Non-standard and scarce abbreviations should also be avoided. If an abbreviation is compulsory, it should be identified.

In Turkish articles, after the "Summary", there should be an "Abstract". Abstract should be written in italics. In English articles, Abstract should be placed before Turkish Summary and be written in italics.

Key words should be placed just below the summary and abstract separately. There should be at least two and at most six keywords. Keywords should be in Turkish for summary and English for abstract. Only the subject related keywords can be appropriate. Keywords should be written in alphabetic order with lower case (first word's first letter is in upper case) and there should be a comma between them. In technical notes and discussion articles there is no need for keywords.

3.2 Outline of the Article

Writing field on MS Word page which is adjusted as an A4 paper (21,0 × 29,7 cm) should be organized with 2,5 cm margins from all sides. Only the first page on which the headline and the author names are written has 5,0 cm margin from the top and 2,5 cm margins from the other sides. Headline, authors' names, firms worked in, contact information, summary, abstract (summary and abstract should not exceed 400 words as a whole) and keywords should be fitted into this organized page. For convenience, the author can send this first page early on, separately from the main article.

Times New Roman font should be used for articles. Characters should be 12 font sized and line spacing should be 1 pt. Page setup should be single columned, and should be saved justified to both sides. Each page should be given a number as well.

3.2.1 Headings and Numbering the Sections

Diverse headings in an article should be given as below order and left justified. All headings should be written bold with only their first letters in upper case,

Article should be cut into transparently identified and numbered sections and sub-sections. Sub sections should be numbered as 1.1 (1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. Summary should not be attached to these numbered sections. Any sub-section can be given a short heading. Each heading should stand on its own line separately.

3.2.2 Introduction

Introduction part should include information about the aim of the author and earlier studies on same subject and moreover should prepare the reader for the article by giving some general clues about the subject.

3.2.3 Instruments and Methods

This part supplies adequate detail to make the study quotable. Earlier published methods should be stated as reference.

3.2.4 Discussion and Conclusions

In this section conclusions and importance of the study should be mentioned argumentatively.

3.2.5 Appendixes

If there are multiple appendixes, those should be indicated as A, B, etc. Formulas and equations should be numbered separately: Eq. 1, Eq. 2 etc. Same should be done for tables and images too: Table 1; Image 1, etc.

3.2.6 Contributions and Thanks

Contributions and thanks section should not be attached to article at first post but after the acceptance of the article, it should be attached to article by making post normalizations.

Thanks should be stated separately at the last of the article before references. Thanks should be sent to aide (reading, writing and language help etc.) people or firms as short as possible.

3.3 Resources and References

3.3.1 Internal references in article

All internal references should be indicated in reference list as well (or vice versa). A reference as „In-print“ means the article is accepted for press.

3.3.2 Form of Reference

All internal references should also be indicated in reference list as well.

3.3.3 Text

These points should be taken into account at every internal reference:

1. One Author: author's surname and print year;
2. Two authors: two author's surnames and print year;
3. If there are three or more authors in an article, after the first author's surname "et al." and print year.

References can be done directly (or in brackets). Resource groups should firstly be listed alphabetically, then chronologically.

As a sample; (Aksoy, 1999; 2004a; 2008b; Aksoy ve Köse, 1995; Geniş et al., 2010; Kramer et al., 2000).

3.3.4 Listing of Resources

Resources need to be listed firstly alphabetically, then chronologically. If there are multiple author's quoted articles in same year, those should be indicated with "a", "b", "c", etc. letters after print year. Some samples for resources are listed below.

References Printed To Magazine

Aksoy, C.O., 2008b. Chemical injection application at tunnel service shaft to prevent ground settlement induced by ground water drainage: a case study. *International Journal of Rock Mechanic and Mining Sciences*. 45(3), 376-383.

References Printed To Book

Hoek, E., Kaiser, P.K., Bawden, W.F., 1995. *Support of Underground Excavations in Hardrock*. Rotterdam, Balkema.

References To An Edited Part Of A Book

ISRM The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006. Ulusay R, Hudson JA, editors. Ankara: Kozan Ofset; 2007.

Reports and Theses

Demirok, Y, 1978. Muğla-Yatağan Lignite Fields Geology and Reserve Pre-Report. MTA Compilation No:6234, 17 p (unpublished).

Tuna, K., 2011. Turkey's Strategic and Critical Ore's Effects on National Security within the Frame of Politics Related to Strategic and Critical Ores. Çanakkale Onsekiz Mart University, Institute of Social Sciences, Department of Internal, Çanakkale, Postgraduate Thesis, 240 p (unpublished).

Personal Dialogue

Aksoy, O., 2005. Personal Dialogue. Dokuz Eylül University, Department of Mining Engineering, İzmir, Turkey

Internet Resources

USGS, Chromium Statistics and Information, 2011.

www.minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/chromium/ (Erişim Tarihi: 01.01.2012)

4. Other Points to Take into Account

4.1 Abbreviations

Non-standard abbreviations should be placed at first page, defined as footnotes. Abbreviations should be coherent with the text.

4.2 Scales

Internationally accepted rules and customs should be followed. The International System of Units (SI) should be used. If there are different scales, please mention their SI equivalents.

4.3 Mathematical Formulas

In present basic formulas, for fractional expressions in text, "solidus" (/) should be used rather than a horizontal line. For example, (X/Y). In principles, variables are presented in italics. e's powers should be given with the use of (exp). Any referred, sequentially numbered equations are indicated separately from the text. Subscripts and superscripts used in equalities should be indicated explicitly and in lower character fonts (for example; CO₂, x²).

4.4 Footnotes

Footnotes shouldn't be used if unnecessary. List the footnotes in the course of article with superscript numbers.

4.5 Table Footnotes

In a table indicate each footnote with a superscript letter.

4.6 Image, Drawing and Photos

Writing font and size should be monotype. Text should be saved into article as a graph. Only the typefont mentioned in the image should be used; Arial, Courier, Times New Roman, Symbol. Drawings should be numbered in text. Working files should be named within a logical naming rule. Drawings should be headlined separately. Each graph should be sent as different files.

Images such as drawings, tables and photos, printed in high quality should be given under the title of "Image" and should be given according to their cited numbers in text. Image numbers should be written at the right top of the page, in addition images should be given shrinkable and extendable.

Maximum size for images with heading should be in 15,8 cm (width) x 22,5 cm (length). It is suggested that all images are prepared to be scaled-to-fit to a single column of the magazine. Especially the maps and drawings and photos of the lands should be given with linear scale suitable with metric system rather than numerical scale (1:25000 etc.). Northern direction should be indicated in all maps. In regional maps, if possible, national grid or latitude/longitude units should be given. Map explanations should be given above the image separately from image heading. Photos, drawings or images composed of each can be given as groups like (a), (b) etc. Toning the images with tinting and shading should be avoided, especially for the images generated from computers; this should be taken into account. All images should be numbered as cited in the text as Image 1 or Image 1 and 2 (if more than one image is mentioned).

Photos should be as explicit and bright as possible. Photos should be sent in normal quality and placed in it's related section at the first application. After the acceptance of the article for publishing, all photos should be sent separately from the article with at least in 300 dpi quality.

4.7. Image Headings

Each image and picture should have a heading. Headings should be different from the image's resources. A heading should include a short heading and an explanation of the image. All symbols and abbreviations used should be identified.

4.8 Tables

Tables should be named sequentially. Footnotes should be embedded into tables and should be mentioned with superscript lower case letters. Vertical writing should be avoided.

5. Posting the Article to Magazine

Articles should be sent to editors below with e-mail till further notice.

Editor in Chief: C. Okay Aksoy (Dokuz Eylül University Department of Mining Engineering)
o.aksoy@mtbilimsel.com

Madencilik Türkiye Magazine Agent : Onur Aydın (Madencilik Türkiye Magazine)
onur@mtbilimsel.com

6. About the Articles Accepted for Printing

Editorship communicates with the author if the article is accepted for printing. After the acceptance of the article for the publication, the author should prepare the article according to this spell check, in time given by the editorship and send the last copy to PMC after doing other editings according to the other requirements of the editorship.