

**T.C.  
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**YERALTI MADEN İŞLETMELERİNDE GAZ VE TOZ  
PATLAMALARI VE ÖNLEMLER**

**Ali Rıza ERGUN**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**

**ANKARA-2007**

**T.C.  
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**YERALTI MADEN İŞLETMELERİNDE GAZ VE TOZ  
PATLAMALARI VE ÖNLEMLER**

**Ali Rıza ERGUN**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**

**Tez Danışmanı: Mehmet BERK**

**ANKARA-2007**

ANKARA–2007

T.C.

**Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı**

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

## **O N A Y**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü  
İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı **Ali Rıza ERGUN**,  
Mehmet BERK danışmanlığında tez başlığı “**Yeraltı Maden İşletmelerinde Gaz ve Toz Patlamaları ve Önlemler**” olarak teslim edilen bu tezin tez savunma sınavı 26/12/2007 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından “**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**” olarak kabul edilmiştir.

Sabit YAMAN  
İSGGM Genel Müdür V.  
JÜRİ BAŞKANI

Adnan İnem  
İSGÜM Müdür V.  
ÜYE

Mehmet Berk  
İSGGM Daire Başkanı  
ÜYE

Mehmet BAŞAR  
İSGGM Daire Başkanı  
ÜYE

Ümit TARHAN  
İSGGM Daire Başkanı  
ÜYE

Yukarıdaki imzaların adı geçen kişilere ait olduğunu onaylarım.

İSGGM Genel Müdürü

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasında benden desteklerini esirgemeyen, bilgi ve önerilerini benimle paylaşan İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürü sayın Sabit YAMAN' a, bir nceki İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürü sayın Erhan BATUR' a, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yardımcıları sayın Dr. Rana GÜVEN' e ve sayın Kemal ÇETİNTAŐ' a, İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi Müdürü sayın Adnam İnem' e, bu uzmanlık tezinin oluşmasında manevi ve teknik her türlü desteklerini benden esirgemeyen değerli İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü Daire Baőkanları sayın Mehmet BERK' e, sayın mit TARHAN' a, sayın Mehmet BAŞAR' a, sayın Mustafa BİR BENLİ' ye, sayın Ali UYAR'a ve sayın Meftun SAKALLI' ya, ihtiyacım olduğunda her türlü yardımda bulunan İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü çalıőanlarına ve çalışma arkadaşlarıma Őukranlarımı sunarım.

# ÖZET

**Ali Rıza ERGUN**

**Yeraltı Maden İşletmelerinde Gaz ve Toz Patlamaları ve Önlemler**

**Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü**

**İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**

**Ankara, 2007**

Bu tez çalışmasının ana amacı ülkemizde ve de dünyada önemli üretim alanlarından biri olan madencilik sektörünün önde gelen risklerini irdelemektir. Yeraltı madencilik çalışmalarının başlıca risklerini gaz ve toz patlamaları oluşturmaktadır. Bu çalışmada öncelikle genel yeraltı madencilik güvenliği, daha sonra gaz ve toz patlamaları incelenmiş ve gaz ve toz patlamaları ayrı ayrı ele alınarak değerlendirilmiştir.

Yeraltında gaz patlamalarının kaynağı olarak, metan gazı temel özellikleriyle aktarılmış ve yeraltında metan patlamasının gerçekleşmesine neden olan faktörler değerlendirilmiştir. Gaz patlamalarıyla mücadelenin temelini oluşturan unsurlar belirlenerek ayrıntılı biçimde aktarılmıştır. Gaz patlamalarıyla mücadelede ana amaç patlamanın oluşmasını engellemek olmalı, bunun için gereken çalışmalar eksiksiz yapılmalıdır. Yapılan çalışmalar sonucunda gaz patlamalarının yine de oluşabilme ihtimaline karşın ikincil önlemlerde alınmalıdır. Bu önlemler meydana gelen bir patlamanın doğuracağı sonuçları mümkün olan en az seviyede tutmayı hedeflemelidir.

Yeraltında meydana gelen toz patlamalarında, kömür tozunun doğurduğu risklerin aktarılmasıyla anlatılmıştır. Kömür tozunun oluşumu ve patlama mekanizmasının anlaşılması bu tip patlamalarla mücadelede oldukça etkilidir. Metan patlamalarında olduğu gibi, kömür tozu patlamalarıyla mücadelede ilk hedef patlamanın oluşmasını engellemektir. İkincil hedef olarak da yine patlamanın doğuracağı sonuçların en az düzeyde tutulması için çalışılmalıdır.

Bütün bu çıktılarına ulaşılrken, yapılan incelemeler ve araştırmalar şunu göstermektedir ki; gaz ve toz patlamaları önlenabilir olaylardır. Madencilğin doğası gereği bu tip risklerle sürekli karşı karşıya kalınmaktadır ve madencilğin yapılabilmesi için bu risklerle beraber çalışılması öğrenilmelidir. Alınması gereken tedbirlerin bir bütün olduğunun bilinmesi ve uygulamanın bu bilinç ile gerçekleştirilmesi gaz ve toz patlamaları ile mücadelenin temel taşı olarak kendini göstermektedir.

# **SUMMARY**

**Ali Rıza ERGUN**

**Gas and Dust Explosions in Underground Mines and Precautions**

**Ministry of the Labor and Social Security**

**Directorate General of Occupational Health and Safety**

**Thesis for Occupational Health and Safety Expertise**

**Ankara, 2007**

The main purpose of this thesis study is to explicate the leading risks in the mining sector which is one of the important production fields in our country and worldwide. The leading risks in the underground mining operations are gas (methane) and dust explosions. In the study performed, first general underground safety measures are analysed and then gas and dust explosions are covered. The gas and dust explosions are worked individually in this thesis.

Methane gas, the source of underground gas explosions, is talked in details with basic properties and the factors that triggers these explosions are assessed. The components of the gas explosion preventing measures are determined and relaid in details. The main purpose of the gaz explosion preventing measures should be hindering of the explosion forming and the necessary accions should be accurately taken. In addition to these explosion prevention measures, for the probability of an explosion to be formed, secondary precautions should be taken. These secondary precautions should aim to keep the results of the gas explosions with in minimum damage.

The dust explosions form in underground are described with the explanation of the risks that are born from the coal dust. The understanding of the coal dust production and explosion mechanism is very crucial. As in the methane explosions, in the coal dust explosion preventing measures first aim should be the hindering of the explosion forming. Also, as an secondary precaution, works should be done to keep the results of the explosions with in minimum damage.

All the analysis and researches done while composing these outputs, shows that gas and dust explosions are preventable events. In the nature of mining facing with those risks are very probable and to carry on activities in mining it should be learned to continue work together with these risks. The understanding of the prevention measures as a whole and performing the implementations with this knowledge composes the corner stone of the prevention against gas and dust explosions.



## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
SUMMARY.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
SİMGE VE KISALTMALAR.....	x
GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
GENEL BİLGİLER.....	3
MADENCİLİK İŞKOLU.....	4
YERALTI MADEN İŞLETMELERİ.....	4
GAZLAR.....	6
TOZLAR.....	12
ERGONOMİ.....	14
TERMAL KONFOR.....	17
GÜRÜLTÜ.....	18
AYDINLATMA / GÖRSEL ÇEVRE.....	20
TİTREŞİM.....	21
TAHKİMAT.....	23
MADEN YANGINLARI.....	25
MADEN TOZ HASTALIKLARI.....	29
PATLAYICI MADDE KULLANIMI.....	31
ELEKTRİK.....	32
GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	33
BULGULAR.....	35
METAN GAZI ve GRIZU PATLAMALARI.....	36
KÖMÜR TOZU VE TOZ PATLAMALARI.....	48
HAVALANDIRMA.....	65
TARTIŞMA.....	72
SONUÇLAR.....	74
KAYNAKLAR.....	78
ÖZGEÇMİŞ.....	79

## SİMGELER VE KISALTMALAR

An-Fo	Amonyumnitrate / fuel oil
cm	Santimetre, uzunluk ölçüsü birimi
cm <sup>3</sup>	Santimetre küp, hacim ölçüsü birimi
CO	Karbonmonoksit
COHb	Karboksihemoglobin
CH <sub>4</sub>	Metan
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
dB	Desibel, ses şiddeti ölçüsü birimi
dk	Dakika
do	Boru çapı
d/s	Frekans, devir / saniye
g	Yerçekimi ivmesi, ivme ölçüsü birimi
g/cm <sup>3</sup>	Gram / santimetreküp, yoğunluk ölçüsü birimi
g/m <sup>3</sup>	Gram / metreküp, yoğunluk ölçüsü birimi
H <sub>2</sub> S	Hidrojen Sülfür
H <sub>2</sub> O	Su
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
İSGGM	İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
Kcal	Kilokalori, ısı ölçüsü birimi
kg	Kilogram, ağırlık ölçüsü birimi
kg/cm <sup>2</sup>	Kilogram / santimetrekare, basınç ölçüsü birimi
kg/cm <sup>3</sup>	Kilogram / santimetreküp, yoğunluk ölçüsü birimi
kg/m <sup>2</sup>	Kilogram / metrekare, basınç ölçüsü birimi
kg/m <sup>3</sup>	Kilogram bölü metreküp, yoğunluk ölçüsü birimi
m	Metre, uzunluk ölçüsü birimi
mg/m <sup>3</sup>	Miligram / metreküp, yoğunluk ölçüsü birimi
m/sn	Metre / saniye, hız ölçüsü birimi
m/s <sup>2</sup>	Metre / saniyekare, ivme ölçüsü birimi
N <sub>2</sub>	Azot
O <sub>2</sub>	Oksijen
O <sub>2</sub> Hb	Oksihemoglobin

ppm	Milyonda partikül sayısı
SO <sub>2</sub>	Sülfürdioksit
SSK	Sosyal Sigortalar Kurumu
st	Saat, zaman ölçüsü birimi
Vo	Ortalama hava hızı, hız ölçüsü birimi
°C	Santigrat derece, sıcaklık ölçüsü birimi
µm	Mikrometre, uzunluk ölçüsü birimi

## **GİRİŞ VE AMAÇ**

Türkiye’de çalışma hayatının önemli sektörlerinden olan madencilik sektörünün önde gelen sorunları göçükler, yangın ve gaz ve toz patlamalarıdır. Bilindiği üzere madencilik yapısı gereği oldukça karmaşık ve sürekli değişen bir zemin üzerinde devam edilen bir faaliyettir, bu unsurlar madenciliğin yüksek risk içeren bir sektör olması gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

Madencilik sektöründe önde gelen sorunlara bakıldığında grizu patlamaları, kömür tozu patlamaları gibi toplu ölümlere yol açan riskler ve bunlar neticesinde ortaya çıkan olumsuz sonuçlarla sıklıkla karşılaşılmaktadır. Gerek ülkemizde gerekse de dünyada madencilik sektöründe meydana gelmiş büyük iş kazaları incelendiğinde, bu iki unsurun, yani gaz ve toz patlamaları nedeniyle meydana gelmiş kazaların çokluğu, yeraltı madenciliğinin temel sorunları olarak bu iki riske işaret etmektedir. İş sağlığı ve güvenliğinde hedef önleme ve korunma olduğundan, toplu ölümlere neden olan bu risklerin bertarafı İSG açısından oldukça önemlidir.

Metan gazının yeraltında varlığı birçok madende değiştirilemez bir gerçektir; bu nedenle madende mevcut olan metanla çalışmayı öğrenmek, metan tehlikesinin doğuracağı risklerin farkında olarak alınması gereken önlemleri almak ve kazasız bir çalışma yaşamı sağlamak için gerekli bilgileri toplamak yine kömür tozu patlamalarının önüne geçmek için gerekenler, bu patlamaların engellenmesi ve de doğuracağı olumsuz sonuçların en aza indirilmesi için yapılması gereken çalışmaların belirlenmesi bu tezin çıktuları arasında olacaktır.

Bu tez çalışması ile yeraltı madenciliği yapılan işletmelerde temel sağlık ve güvenlik önlemlerinin yanı sıra madencilik sektörünün önde gelen sorunlarından gaz ve toz patlamalarına karşı yapılacak önleme çalışmalarının ayrıntılı olarak ortaya konulması amaçlanmıştır.

## **GENEL BİLGİLER**

## **MADENCİLİK İŞKOLU**

Madencilik işkolu çalışma hayatında en tehlikeli sektörler arasında yer almaktadır. 1996–2006 yılları arasındaki SGK verilerini incelediğimizde, ortalama değerlere göre iş kazalarının %8,71'i, meslek hastalığı vakalarının %49,20'si, sürekli iş göremezlik vakalarının %26,76'sı, ölüm vakalarının ise %10,05'i madencilik sektöründe meydana gelmiştir. Ayrıca 2006 yılı istatistiklerine bakıldığında ülkemizde kömür madenciliği yapan 473 işletme, kömürden gayri madencilik yapan 500 işletme ve 2852 taş, kil ve kum ocağı bulunmakta ve bu işletmelerde toplam 93566 kişi istihdam edilmektedir. Bu istatistiki veriler madencilik sektörünün iş güvenliği açısından önemini bir kez daha göstermektedir. (1)

## **YERALTI MADEN İŞLETMELERİ**

Bilindiği üzere madencilik; açık ocak işletmeleri ve kapalı ocak işletmeleri olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Yeraltı işletme yöntemleri de, açık işletmecilikte olduğu gibi, maden damarının yapısı (kalınlık, eğim, sertlik, uzunluk vb. açısından), yan kayaçların yapısı, tektonizma, hava sıcaklığı, metan gazı içeriği, günlük üretim, drenaj vb. kriterler yönünden çeşitlilik gösterir. En yaygın olarak kullanılan yeraltı işletme yöntemleri şu şekilde sıralanabilir;

- Uzun kazı arınlı üretim yöntemi (uzun ayak, diyagonal ayak),
- Kısa kazı arınlı üretim yöntemi (tavan ayak, taban ayak),
- Topuklu üretim yöntemi (göçertmeli topuklu, dolgulu topuklu, çapraz topuklu, travers ayak, ara katlı topuklu ayak),
- Oda üretim yöntemi (oda-topuk yöntemi, tali katlı göçertme),
- Blok yöntemleri.

İş güvenliği açısından her iki işletme türünün de benzer yanları olmasının yanında kapalı ocak / yeraltı madenciliği daha fazla tehlike barındıran ve iş güvenliği açısından

üzerinde daha fazla durulması gereken bir alandır. Temel olarak yeraltı madenciliğinde iş sağlığı ve güvenliği açısından ele alınması gereken konuları şöyle sıralayabiliriz:

- ~ Maden gazları / Grizu patlamaları
- ~ Kömür tozu patlamaları
- ~ Havalandırma
- ~ Termal konfor
- ~ Yangın
- ~ Toz ve tozun neden olduğu hastalıklar
- ~ Gürültü
- ~ Titreşim
- ~ Aydınlatma
- ~ Tahkimat ve maden göçükleri
- ~ Patlayıcı madde kullanımı
- ~ Elektrik
- ~ Su baskını
- ~ Mekanizasyon ve makine kullanımı
- ~ Malzeme ve insan nakliyesi

Yukarıda maddeler halinde sıralanan tehlikeler genel olarak bütün yeraltı maden işletmelerinde karşılaşılabilecek ve iş güvenliği açısından önem verilmesi gereken sorunlardır. Gerek meslek hastalığına gerekse de iş kazalarına neden olabilecek bu tehlikeleri zamanında belirlemek ve gerekli önlemleri almak güvenli bir maden iş hayatı için önemlidir, bu sebeple belirtilen tehlikelerin meydana geliş nedenlerinin iyi etüt edilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bütün faaliyet kollarında olduğu gibi yeraltı madenciliğinde de tehlikenin ve risklerin önceden değerlendirilerek gerekli önlemlerin alınması gerek çalışan sağlığı, gerek işverenin yükümlülükleri ve firma ekonomisi gerekse de ülke ekonomisi için önem teşkil etmektedir.

Yeraltı madenciliğinin güvenlik sorunlarının başında metan ve kömür tozunun neden olduğu patlamalar gelmektedir. Bu sorunlarla çalışma yapılırken maden havasının iyice etüt edilmesi gerekmektedir. (2, 3)



## GAZLAR

Günlük hayatta soluduğumuz atmosferik hava hacmen %79,04 Azot, %20,93 Oksijen ve %0,03 Karbondioksit ihtiva etmektedir. Yeraltı maden ocaklarında ise hava gazların, tozların ve buharların bir karışımdır ki atmosferik havaya ek olarak zehirli ve patlayıcı özellikteki aktif gazları ve artık gazları da içerir. Maden havasındaki bu kirleticilerin miktarı çalışılan metotla, havalandırmayla, çıkarılan madenin çeşidiyle, mekanizasyonla ve diğer birçok nedenle doğrudan ilgilidir. Kapalı ortamlarda oksijen yoğunluğu diğer gazların hacminin artması nedeniyle azalabilir. Özellikle havalandırmanın yeterli olmadığı ortamlarda zararlı gazların konsantrasyonu artabilir. Eğer bu ortamlarda gerekli önlemler alınmazsa çalışanlar ölüm riski ile karşı karşıya kalabilirler. Kaynakları değişmekle beraber yeraltı maden işletmelerindeki zararlı gazlar üç başlık altında toplanabilirler. (3, 4)

- ~ Boğucu gazlar
- ~ Toksik gazlar
- ~ Patlayıcı gazlar

### **Boğucu Gazlar**

Oda sıcaklığında, deniz seviyesinde solunulan havanın %21'i oksijendir. Boğucu gazlar olarak tanımlanan gazlar, biyolojik olarak tesirsiz (inert) gazlardır. Bu gazlar; Argon, Nitrojen, Hidrojen, Helyum, Metan, Etan, Karbondioksittir. Normal hava içeriğinde bulunabilirler ancak belirli bir yoğunluğun üzerine çıktıklarında havadaki oksijen hacmi azalır. Bu durumda solunulan havadaki oksijen miktarı azalmış olur. Havada azalan oksijen, alveollerdeki kısmi oksijen basıncını azaltır ve dokulara yetersiz oksijen gitmesine neden olur. Oksijence zayıf bir atmosferin klinik etkilerinin birçoğu merkezi sinir sistemi üzerindeki etkilerle başlar. Azalan oksijenin sağlığı etkileri tablo 1’ gösterilmiştir. (4, 5, 6, 7, 8)

Tablo 1. Azalan oksijenin sağlığı etkileri.

Havadaki hacmen oksijen miktarı (%)	Etki
17–21	Normal Solunum
15–17	Hızlı ve daha derin soluk alma
9–15	Yüksek nabız, yorgunluk, baş ağrısı
6–9	Bulantı, kusma, bilinç kaybı
<6	Bayılma, ölüm

Boğucu gazların çalışan sağlığına etkileri havadaki oksijen konsantrasyonunun düşmesinin yanında başka faktörlerin etkisinde de ortaya çıkmaktadır. Örneğin, işyerlerindeki havalandırma gibi çevresel koşulların yetersizliği veya bunlarda meydana gelen aksaklıklar, koruyucu ekipmanların doğru olarak ve tamamen kullanılmaması veya uygun olmaması, etkilenen kişilerin sağlık durumunun kötü olması, etkilenim süresinin uzun olması ve iş temposunun ve yükünün ağır olması gibi faktörler; etkilenme süresini kısaltan, belirtilerin oluşmasını hızlandıran/artıran faktörlerdendir. Bütün bu faktörler neticesinde, dokulara ulaşabilen oksijen miktarı azalabilir veya alınan havadaki mevcut oksijen tarafından karşılanamayacak bir oksijen gereksinimi söz konusu olabilir. Artan irtifa ve hava sıcaklığı gibi çevresel faktörlerin de dokuların oksijen ihtiyacını etkilediği bilinmektedir. Yeraltı maden ortamında %19'dan düşük oksijen konsantrasyonunda çalışmak yasaktır.

#### Karbon dioksit (CO<sub>2</sub>)

Bu gaz havadan daha ağır, renksiz ve kokusuzdur. Patlayıcı veya yanıcı etkisi olmayan Karbon dioksit temel olarak solunum neticesinde veya karbon ihtiva eden maddelerin tam olarak yanması neticesinde oluşarak maden havasına yayılır. Ayrıca yangın veya patlama olan yerlerde de görülebilir. Havadan ağır olması nedeni ile maden ocaklarında aşağı kısımlarda (dipte) toplanır. İş yeri havasında müsaade edilen azami konsantrasyonu % 0,5'dir (5000 ppm). Havadaki CO<sub>2</sub> miktarı ve soluma süresine göre sağlığa zararlı etkileri değişmektedir. Genel olarak havada % 2–3 arasında CO<sub>2</sub> olduğunda semptomlar görülmez. Bundan sonra nefes darlığı, baş ağrısı, baş dönmesi ve bulantı başlar. % 10 CO<sub>2</sub> bulunan havanın solunmasıyla toksik etki kendini göstermeye başlar. Bu konsantrasyonda görme bozukluğu,

titreme, kulak çınlaması, terleme, yüksek kan basıncı ve bilinç kaybı oluşur. Daha yüksek konsantrasyonlarda (%25, 25000ppm) uyarıcı etkilerin yerini depresyon alır, bilinçsizlik, koma ve havaleyi ölüm takip eder. %20–30 CO<sub>2</sub> solunumu ise solunum yavaşlaması, kan basıncının düşmesi, baygınlığa ve ölüme yol açar. Tespiti için gaz analiz cihazları veya kimyasal laboratuvar testleri kullanılabilir.

### **Toksik Gazlar**

Bu gazlar hücrel oksijen kullanımını kimyasal olarak etkilerler yani biyolojik olarak etkin maddelerdir. Oksijenle yarışma halindedirler. Basit gazlarda söz edilen; gazın yoğunluğu, etkilenim süresi ve havalandırmanın yetersizliği, koruyucu ekipmanların uygun olmayan kullanımı, bireysel sağlık düzeyinin kötü olması gibi faktörler bu grup gazlar için geçerlidir. Bunun yanında birden fazla boğucu gazın aynı anda ortamda bulunması etkilenim şiddetini artırıp süreyi kısaltacaktır.

#### **Karbon monoksit (CO)**

Karbon monoksit renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olup yetersiz yanma sonucu ve egzozlarından açığa çıkan kimyasal boğucular grubundan bir gazdır. Mavi alevle yanan karbon monoksit, alevlenebilecek bir yapıda da olsa nerdeyse hiç bir zaman ortamda yanmaya veya patlamaya neden olacak yoğunlukta bulunmaz (%12,5–75).

CO'in hemoglobine affinitesi oksijene göre 220 kat fazladır. Solunulan havadaki CO konsantrasyonu çok düşük bile olsa bu yüksek affinite nedeniyle önemli klinik sonuçlara neden olabilir. CO, oksijenin hemoglobinden ayrılmasına neden olur ve sonra oksijenin bağlanmasını engeller. İlâveten karboksihemoglobin (COHb) oluşturarak hemoglobinin dokulara oksijen taşıma işlevini bozar. Karbon monoksit ile zehirlenen bir kişi cildi pembe bir renge bürünecektir. Zehirlenmenin ciddiyeti, karboksihemoglobinin derecesine bağlıdır. Bireysel aktivite durumu, etkilenim süresi ve solunulan havadaki CO konsantrasyonu da bu durumu etkileyen faktörlerdir. Karbon monoksitle zehirlenmede, kanın dokulara oksijen taşıma kapasitesi ve dolayısıyla da doku oksijen basıncı düşer. Ayrıca CO, O<sub>2</sub>Hb'den oksijen ayrılmasını azaltır. Sonuçta oksijenin hemoglobine olan ilgisinin artmasıyla, dokulardaki oksijen miktarının daha da çok azalmasına neden olur. Genel olarak zehirlenme şiddeti havada bulunan CO miktarı, solunum süresi ve dolayısıyla COHb saturasyon derecesine

bağlıdır. %20 COHb olduğunda ciddi zehirlenme semptomları başlar ve %40 COHb ile bu semptomlar şiddetlenir. %60 COHb'ya yaklaşıldığında ölüm olayı görülür. Ayrıca zehirlenme şiddetini kişinin solunum fizyolojisi ile ilgili diğer özellikleri ve dokuların oksijen ihtiyacı da etkiler.

Karbon monoksitle zehirlenmenin semptomları hemoglobinin oksijen taşıma fonksiyonunun engellenmesi yani asfeksi ile ilgilidir. İlk belirtiler başta sersemlik (dolgunluk hissi), baş ağrısı, bulantı ve kusma şeklinde ortaya çıkar. Yorgunluk, görme bulanıklığı, kulak çınlaması, mental şaşkınlık, konuşma zorluğu kaslarda istemsiz kasılmalar görülür. Nabız hızlanır, ciltte ateş basması hissedilir, solunum hızlı ve düzensizdir. Boğulma ve bilinç kaybını ölüm takip eder. Karbon monoksitin insan üzerindeki etkileri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Karbon monoksitin insan üzerindeki etkileri.

Havadaki CO ppm	Maruz kalma süresi	% COHb	Semptomlar
100 >	Devamlı	0 – 10	Psikomotor bozukluklar
100 – 200	Uzun süre	10 – 20	Alında sıkışma, hafif baş ağrısı, cilt damarlarında genişleme
200 – 300	5 – 6 saat	20 – 30	Baş ağrısı, şakaklarda sıkışmalar
400 – 600	4 – 5 saat	30 – 40	Şiddetli baş ağrısı, halsizlik, görme bulanıklığı, bulantı, kusma, dudak ve ciltte kırmızılık
700 – 1000	3 – 4 saat	40 – 50	Bayılma, nabız ve solunum hızının artması
1000 – 1500	1.5 – 3 saat	50 – 60	Nabız ve solunum hızının artması, bayılma, koma, periyodik solum ve havale
1600 – 3000	1.5 – 3 saat	60 – 70	Koma, havale, kalp ve solunumun yavaşlaması
5000 – 10000	1 – 2 dk.	70 – 80	Zayıf nabız, solunum yetersizliği ve ölüm

Karbon monoksitin müsaade edilen azami değeri 8 saatlik bir çalışma için 50 ppm (%0.005) dir. Karbon monoksitin tespiti için kimyasal laboratuvar testleri, kalorimetrik detektörler, termal detektörler veya dijital detektörler kullanılabilir.

### Hidrojen Sülfür (kükürtlü hidrojen, H<sub>2</sub>S)

Hidrojen sülfür renksiz, bozuk yumurta kokusuna benzeyen yoğun kötü kokulu, havadan ağır ve mavi alevle yanan bir gaz olup özellikle organik maddelerin bozunması sırasında, kara barut patlaması neticesinde, sülfatlı madenlerin patlatılması sonucu ve sel alanının kurutulması sonrasında ortaya çıkan bir gazdır. Ortamda %4,4–44,5 arasında bulunduğunda patlayıcıdır. H<sub>2</sub>S'in sağlık yönünden zarar getirebilecek alt sınır değeri 10 ppm'dir. Akciğerlerde absorbe olan H<sub>2</sub>S, düşük dozlarda solunum yolu ve göz mukozasını etkiler. Havada 100 ppm olduğunda iritan etki gösterir. Mukozadaki iritan etki sonucu gözde iltihaplanma, göz kapaklarında ödem, kornea iltihabı, ışıktan korkma, bulanık görme ve ya ışığı halkalar halinde görme gibi etkiler ortaya çıkar. Solunum yolundaki iritan etki ise trakeada iltihap, bronşit, pnömoni, pulmoner ödem ve yeşilimsi siyanozis'e yol açar. Sağlığa diğer etkileri tablo 3'de sıralanmıştır.

Tablo 3. Hidrojen sülfürün sağlığa etkileri.

H <sub>2</sub> S Konsantrasyonu (ppm)	Klinik Etki
0.1–0,2	Koku eşiği
10–100	Göz ve üst solunum yollarında irritasyon
> 200	Geç dönemde halüsinasyonlar
> 500	Bilinç kaybı
>1000	Solunum felci, ölüm

### Sülfür Dioksit (kükürt dioksit, SO<sub>2</sub>)

Havadan ağır, renksiz ve keskin bir sülfür kokusuna sahip olan bu gaz yanıcı olmamakla beraber zehirlidir. Demir piritlerinin yanması ve sülfürlü madenlerin patlatılması Sülfür dioksitin ana kaynaklarıdır. Havada 0,5 ppm SO<sub>2</sub>'nin kokusu hissedilebilir. 0.3 – 1 ppm'de acı lezzeti duyulur. 5 ppm SO<sub>2</sub>'nin solunması ile okside etkinin semptomları görülmeye başlanır. SO<sub>2</sub> buharları solunum sistemini irrite eder, bronşit ve oksijen yetersizliğine neden olabilir. 5 ppm burun ve boğazda kuruluk yapar, bronşiyal hava akımına direnci artırır. 6 – 8 ppm SO<sub>2</sub>'nin solunumu ise soluk hacmini azaltır; 10 ppm hapşırma,

öksürme ve gözlerde irritasyona neden olur. 20 ppm soluk yollarında daralmalara yol açar. Yüksek düzeyde sülfür dioksit içeren havanın solunması ciğerlerde ağır hasara neden olabilmektedir. Sülfür dioksitin diğer etkileri tablo 4’de sıralanmıştır.

Tablo 4. Sülfür dioksitin diğer etkileri.

Konsantrasyon (ppm)	Etki
20	Öksürük, gözlerde tahriş, korku
150	Birkaç dakika dayanılabilir
400	Soluk almak imkânsızlaşır
1000	10 dakikada ölüm gerçekleşir.

#### Azot Oksitler

Nitro patlayıcıların kullanılmasıyla veya dizel motorların egzostlarından maden havasına yayılan barut dumanı kokulu azot oksitleri oldukça tehlikelidir. Hacmen % 0,1 azot buharı içeren havayı yarım saat bile solumak azot oksitlerinin ciğerde çözülmesiyle sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Azot oksitleri için müsaade edilen azami konsantrasyon 25 ppm’dir ve etkileri tablo 5’de sıralanmıştır.

Tablo 5. Azot oksitlerinsağlığa etkileri.

Konsantrasyon (ppm)	Etki
25	Uzun süreli maruziyet için sınır değer
25–60	Anında gırtlak tahrişi
60–100	Öksürük
100–200	Kısa süreli maruziyet bile tehlikeli
200 <	Kısa süreli maruziyet ani ölüm

#### **Boğucu ve toksik gazlarla mücadele**

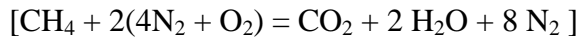
Boğucu ve zehirli gazlarla mücadele için öncelikle uygun çevresel önlemlerin alınması gerekmektedir bu sayede toksik ve boğuculara maruziyet engellenebilir. Havalandırma

yoluyla havadaki gazın seyreltilmesi, makinelerin uygun bakımının yapılması, havalandırma ve egzost sisteminin uygun olması gaz konsantrasyonlarının sağlığa zararlı etki gösterecek düzeyin altında tutulmasını sağlayabilecektir. Madenlere girmeden önce; kolaylıkla erişilebilen, sahada kullanılabilen, oksijen ve toksik gazları ölçebilen ekipmanlar kullanılarak hava kalitesinin ölçülmesi ve bu ölçümlerin iş süresince periyodik olarak sürdürülmesi gerekmektedir. Ayrıca bilgisayar destekli ve sürekli aktif ölçümler yapan izleme sistemleri ile kontrol altında tutulması ve acil durumlarda kişisel koruyucu donanımların kullanılması bu gazlara maruziyetin doğuracağı kötü sonuçların önüne geçmekte etkili olacaktır. (4, 5, 6, 7, 8)

### **Patlayıcı Gazlar**

#### **Metan**

Genellikle kömür ocaklarında görülen bu gaz, kömürün oluşumundan itibaren kömürün içerisinde veya damarı çevreleyen kayaçların arasında sıkışmış olarak bulunabilir. Renksiz, kokusuz, tatsız ve zehirli olmayan metan, yeraltı maden işletmeleri için yüksek tehlike içeren patlayıcı bir gazdır. Yeraltı maden havasında % 4 -15 metan bulunduğu durumlarda grizu patlaması gerçekleşebilir. Patlamanın kimyasal formülü şöyle gösterilebilir.



### **TOZLAR**

Madencilik sektöründe yapılan çalışmaların şekli gereği toz oluşmakta ve maden ortamına yayılmaktadır. Madenlerde gazların yanı sıra ortamda bulunan tozlarda maden güvenliği ve çalışan sağlığı açısından oldukça önemlidir.

Tozlar büyük maddelerin kırma, öğütme, patlatma veya delme esnasında ufalanmaları neticesinde oluşurlar. Bu işlemler sonucunda oluşacak toz çok ince olabileceği gibi kalında olabilir. Yeraltı madenlerinde yapılan nerdeyse bütün çalışmaların toz oluşturması nedeniyle,

madenin her yerinde tozla karşılaşmak mümkündür, ayrıca madenlerde mekanizasyon ne kadar artarsa toz oluşumu da o kadar artmaktadır.

Madenlerde yapılan çalışmalar, ya doğrudan toz oluşumunun birincil kaynağıdır ya da oluşmuş tozun havalanmasına neden olarak ikincil kaynağıdır. Genel olarak tozun konsantrasyonunu belirlemek için gravimetrik metot ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) veya partikül sayım metodu (partikül sayısı/ $\text{cm}^3$ ) kullanılır.

Özellikle yeraltı madenlerinde yapılan hemen hemen tüm çalışmalarda toz oluşması ve oluşan tozun çeşitli nedenlerle ortam havasına karışması sonucu, çalışanlar bu sorunla karşı karşıya kalmaktadır.

#### Toz Kaynakları

Madenlerde toz oluşumuna neden olan işler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Delik delme işleri,
- Patlayıcı madde kullanılan işler,
- Ateşlemeden sonra gevşetilen malzemenin kaldırılması,
- Üretim sırasında kazıcı ve kesici makinelerle yapılan çalışmalar,
- Kırma işleri,
- Tamburların sürtünmesi,
- Malzemelerin doldurulması veya boşaltılması işleri,
- Kazı sonucu oluşan boşlukların doldurulması (özellikle pnömatik ramble),
- Eski ocaklarda göçük veya tavan akması,
- Patlamaların yayılmasını önlemek ve kömür tozu patlamalarına karşı tedbir almak amacıyla taş tozu kullanılması,
- Yüksek tavan basıncı ile aynanın veya topukların parçalanması,
- Galeri kesitinin genişletilmesi (tarama),
- Tahkimat yapımı,
- Göçükler,
- Nakliyat.



Yukarıda belirtilen toz kaynaklarından çalışma ortamına yayılan toz, hava akımı ile taşınır ve özellikle hava akımı hızının az olduğu yerlerde, tahkimat aralarında, tabanda, galeri aynasında ve tavan boşluklarında birikir. (4, 9)

Toz oluşumunu etkileyen faktörler.

Yeraltında toz oluşumunu etkileyen faktörler aşağıda belirtildiği şekilde sıralanabilir.

1. Üretimi yapılan cevherin özellikleri (tane büyüklüğü, nemi vb.),
2. Maden yatağının durumu (dik damarlardaki üretimde diğerlerine oranla daha çok toz oluşur),
3. Üretim metodu (kazı, patlatma, makine ile kazı),
4. Üretimdeki gevşetme tekniği (el ile makine ile basınçlı su yardımıyla, basınçlı gaz ile veya ateşleme ile),
5. Doldurma veya boşaltma yöntemi,
6. Nakliyat sistemi.

## **ERGONOMİ**

Madencilikte ergonomik sorunlarla da sıkça karşılaşmaktadır. Ergonomi insan makine ve çevre arasındaki ilişkinin bilimsel değerlendirmesi olarak tanımlanabilir. Çevreden kasıt çalışılan ortamda bulunan tüm aletler, ekipmanlar, çalışma metotları ve iş organizasyonu gibi faktörlerdir.

Ergonomik yaklaşımın ana amacı şöyle sıralanabilir;

- ~ Daha güvenli ve sağlıklı bir iş ortamı yaratmak
- ~ Yapılan işi daha verimli hale getirmek
- ~ İşin; bu işte çalışan kişinin özellik ve kapasitesine göre düzenlenmesini sağlamak
- ~ Uygun psiko-sosyal ortamın oluşmasını sağlamak
- ~ Kullanılan alet, ekipman ve benzerlerinin kolaylıkla ve rahat biçimde kullanılacak şekilde tasarlanmasını sağlamak

Madenlerde ergonomik yaklaşımın doğru olarak analiz edilmesi ve uygulanması neticesinde yüksek sağlık ve güvenlik düzeylerine erişilebilir, maden kazaları ve meslek hastalıları azaltılabilir, işgünü kayıplarının sayısı düşürülebilir, iş stresi alt seviyelere çekilebilir ve verimlilik artırılabilir.

### **Maden kazalarını etkileyen mental faktörler**

#### **Anlık hafıza:**

Madenlerde oluşan kazaların birçoğu insanların yapmaları gerektiği şeyleri yapmayı unutmaları, yanlış hatırlamaları ve bunlara bağlı olarak hatalı davranmaları sonucunda meydana gelmektedir. Çalışacak makineden önce verilmesi gereken sesli ikazın unutulması gibi anlık hafıza eksikliklerinden kaynaklanacak kazaların önüne geçilmesi için, makinelere bir tür hafıza sisteminin yerleştirilmesi faydalı olacaktır. Çalışan sinyal vermeyi unutsa bile makine unutmayacaktır.

#### **Beklentiler:**

İnsanlar genellikle meydana gelen belirli şeylerin doğuracağı sonuçlar konusunda önceden çeşitli beklentilere kapılırlar ve bunlara göre hareket ederler. Her zaman kullanılan bir aletin kullanımı sırasında karşılaşılanların, kullanılmaya başlanan yeni alette de aynı olacağının beklenmesi kazalara neden olabilmektedir. Bunun önüne geçmenin etkin yolu yeni kullanılmaya başlanan aletlerle ilgili eğitimlerin verilmesi ve uygulamalarla insanların önyargılarının giderilmesidir.

#### **Bilgi tutma kapasitesi:**

Bir insanın hafızasında devamlı tutabileceği bilginin bir limiti vardır. Çalışanın yaptığı işin yanında birçok etmen konusunda da her şeyi bilmesinin beklenmesi sorunlara neden olabilmektedir. rnek olarak karşılaşılan bir yangında çalışanın yangın türüne göre hangi yangın söndürme cihazını kullanması gerektiğini karşıştırması yangın büyümesine veya işçinin kazaya uğramasına neden olabilir. Bilgi karmaşasının önüne geçmek için işyerinde kullanılacak aletlerin doğru etiketlenmesi, oluşabilecek risklere karşı kullanılacak ekipmanın bu risklerin görülmesinin muhtemel olduğu yerlere yakın bulundurulması kazaların oluşumunu ve büyümesini engelleyecektir.

#### Riskin tahmin edilmesi:

Kazalar çalışanların bir durumda mevcut olan riski doğru tahmin edememesi veya küçümsemesi nedeniyle oluşabilirler. Yeraltında kullanılan birçok ekipman ve araç yüksek risk taşımaktadır, çalışanlar birçok kez bu riskleri görmez veya kendilerinin bu riskin üstesinden gelebileceklerini düşünürler. Çalışanların maden sevkiyatı için kullanılan bantların üzerinde seyahat edebileceklerini düşünmeleri ve varmak istedikleri yere geldiklerinde sorunsuzca atlaya bileceklerini düşünmeleri buna bir örnektir. Bu tür kazaların engellenebilmesi için işçilerin bu riskler konusunda bilinçlendirilmeleri ve de bu riskleri ortadan kaldıracak önlemlerin alınması gerekmektedir.

#### Karara varmada hata yapılması:

İnsanların bir karara varmada hata yapma eğilimleri yüksektir. Yapılan çalışmalarda doğru yargılarda bulunamamaları çalışanların kazalarla karşılaşmalarına neden olmaktadır. Aşırı yüklenmiş bir maden arabasının tahkimata, kapılara ya da kendine zarar vermesi gibi madenlerde sıkça karşılaşılan kazaların önüne geçebilmek için standartlar belirlenmeli, kontroller yapılmalı ve çeşitli uyarıcı sistemler kullanılmalıdır.

#### Algısal limitler:

Bir insanın algılayabileceği şeyler sınırlıdır. Madenlerde çalışanlar ancak çevresinde gördükleri ve duydukları şeyleri algılayabilirler. Çalışanların görüş alanlarının dışında olan veya duymalarının imkânsız olduğu şeyler birçok kez yeraltında kazalara neden olmaktadır. Yeraltında kullanılan bir aracın operatörünün aracın önünde eğilmiş veya oturan bir kişiyi algılaması oldukça güçtür ve buna benzer kazalar yeraltında sıkça yaşanmaktadır. Uygun aydınlatma, çalışanların bilgilendirmesi ve sensorların kullanımı bu tür kazaların azaltılmasında etkili olacaktır.

#### Fiziksel limitler:

İnsanlar genellikle çalışmalarını engelledikleri kanaatine vardıkları gerek kişisel koruyucuları gerekse de makine koruyucularını çıkarma eğilimindedirler. Daha rahat iş yapacakları düşüncesiyle yaptıkları bu eylemler genellikle büyük sonuçlar doğuran kazalara yol açmaktadır. Çalışanların bu konularda eğitilmesi, kullanılan koruyucuların düzenli kontrolünün ve bakımının yapılması, fiziksel limitlerin kısıtlandığı gerekçesiyle yapılan eylemlerin neticesinde oluşan kazaların önlenmesinde yararlı olacaktır.

Ortam stresi:

Gerek termal konfor şartlarının kötülüğü gerekse de aydınlatma veya gürültü gibi olumsuz etkiler çalışanlarda ortama bağlı stres oluşturmakta ve bu strese bağlı olarak da performans düşüklüğü ve dikkat dağılması sonucunda kazalar meydana gelmektedir. İş yerinde stres yaratacak bu tür etkenlerin giderilmesi, oluşabilecek kazaların önüne geçilmesi için uygulanacak önlemlerden biridir. (2, 3)

## **TERMAL KONFOR**

Madenlerde sıcaklığın çalışan sağlığına etkisi bağıl nem, hava akış hızı ve barometrik basınç ile beraber değerlendirilmelidir. Termal konfor üretimde verimliliğin önemli etkenlerinden biridir. Termal konfordaki olumsuzluklar verimlilikte düşüşe, dikkatsizliğe veya konsantrasyon bozukluğuna neden olur ki; bunlarda iş kazaları, meslek hastalıkları ve de sakatlanmalardaki artışlara yol açarlar.

Yapılan araştırmalar, artan sıcaklıkla beraber madenlerde yapılan çalışmaların daha uzun sürmeye başladığını, çalışanların dinlenmek için daha sık durduğunu ve en uygun sıcaklık olan 19 – 20,5 °C'den uzaklaştıkça kaza sayılarında artışlar olduğunu göstermektedir.

Yeraltı çalışmalarında havanın ılık ve nemli olması, yüksek nemin çalışanların terleme oranını düşürmesi nedeni ile çalışmayı zorlaştırmaktadır. İnsan vücudu ısı dengesini sağlayarak sabit bir vücut sıcaklığında kalmak ister; eyer atmosfere salınan ısı ile vücudun ürettiği metabolik ısı eşit ise ısı dengesi kurulmuş olur.

Eyer denge sağlanamaz ise iki olasılık vardır;

1- Metabolik üretilen ısı atmosfere salınan ısıdan az ise:

- ~ Kalp atışı hızlanır
- ~ Kılcal kan damarları daralır
- ~ İstemsiz kas hareketleri başlar. (titreme)

Bunlar neticesinde fazla ısı kaybından dolayı vücut ısısı düşer ve bu şartların devamı halinde hipotermia gelişir.

2- Metabolik üretilen ısı atmosfere salınan ısıdan fazla ise

- ~ Düzenli dinlenme aralarına ihtiyaç artar
- ~ Terleyerek buharlaşma yoluyla soğuma ve yüksek cilt ısı gibi vücudun ayarlama mekanizmaları devreye girer
- ~ Isı nedeniyle zorlanmalar başlar
- ~ Kalp atışı hızlanır
- ~ Terleme oranında artış başlar
- ~ Dolaşım düzensizlikleri, rahatsızlık hissi ve verimlilik kaybı başlar
- ~ Vücut ısı almaya başlar

Vücudun normal sıcaklığının üzerinde olması nedeniyle ve etkiler sonucunda sıcaklık çarpması meydana gelir, sıcaklık çarpmasının etkileri şöyle sıralanabilir:

- ~ Uyuşukluk
- ~ Dikkat eksikliği
- ~ Baş ağrısı
- ~ Mide bulantısı
- ~ Koma
- ~ Ölüm

Bir insanın buharlaşma yolu ile ısıyı vücuttan uzaklaştırması vücudun terleme sistemine ve maden ortamının bağıl nem miktarına bağlıdır. Ayrıca; yeraltı maden ortamında vücuttan buharlaşma ile ortama yayılabilecek ısı miktarı hava akış hızı ve de maden havasının buhar basıncı ile ilintilidir. (2, 3)

## **GÜRÜLTÜ**

Gürültü en basit olarak istenmeyen sesler olarak tarif edilebilir. Sesin yoğunluğu onu oluşturan dalgaların genliğine bağlıdır ve bu genlik ne kadar büyük olursa taşınan ses basıncıda o kadar büyük olur.

Sesin tonu ise frekansı ile ifade edilir, duyma eşiği 20 ila 19000 devir/saniyedir. 2400 ila 4800 d/s frekans aralığındaki sesler işitme sistemine zarar verme riski taşır.

Gürültünün çalışan sağlığına verdiği en büyük zarar uzun süreli maruziyetler neticesinde işitme kaybıdır. Ama belirli bir maruziyetin doğuracağı neticeler kesin olarak bilinmemektedir. Genellikle gürültünün vereceği zarar gürültü çeşidine göre oluşmaktadır.

Temel olarak üç gürültü çeşidi vardır.

Devam eden gürültü

Geniş bant: yoğunluğuna göre zara verir. İletişimi gleştirmenin ve çalışma verimini düşürmenin yanı sıra sağırlığa da neden olabilir.

Dar bant: frekansları dalga bandının tepesindedir. Sınırlılık haline neden olabilir

Fasıllalı gürültü

Düzenli: devam eden gürültüye benzer sonuçlar doğurabilir.

Düzensiz (beklenmedik): ani korku, sıçramalara neden olabilir.

Anlamsız Gürültü

Etkisi genellikle o anki duruma göre, sesin doğasına ve de maruz kalanın ne duyduğuna göre değişiklik gösterir.

Gürültüye maruziyet nedeni ile ortaya çıkabilecek hasarın mahiyeti maruz kalan çalışanın hassasiyetine, gürültünün hasar sınırını ne kadar geçtiğine, maruziyet süresinin uzunluğuna ve gürültünün düzenli veya düzensiz olduğuna göre değişmektedir. Genel olarak dünyada kabul gören gürültü düzeylerine göre çalışılabilecek süreler şöyle gösterilebilir;

Gürültü seviyesi (desibel)	alışma Süresi(saat)
90 dB	8
92 dB	6
95 dB	4
97 dB	3
100 dB	2
102 dB	1,5
105 dB	1
107 dB	0,75
110 dB	0,50
115 dB	0,25 ve daha az

Ülkemizde kullanılan gürültü değerleri ise şu şekildedir,

- ~ Maruziyet sınır değerleri:  $8st = 87$
- ~ En yüksek maruziyet etkin değerleri:  $8st = 85$  dB
- ~ En düşük maruziyet etkin değerleri:  $8st = 80$  dB

Eğer bir işçi çalıştığı süre boyunca değişik seviyelerde gürültüye maruz kalıyor ise bu sürelerin ağırlıklı değerlendirilmesi ile toplam çalışılabilinecek süreye ulaşılır.

Gürültünün kontrol altına alınabilmesi için;

- ~ Gürültünün kaynağında azaltılması
- ~ Gürültünün yayılmaması için gürültü kaynağının çevresinden yalıtımı
- ~ Doğrudan veya yansiyarak gelen gürültünün önüne geçilebilmesi için gürültünün emiliminin sağlanması faydalı olacaktır.

Eğer gürültü kontrol altına alınamıyor ve de ortamda gürültü seviyesi tehlike limitlerinin üzerinde ise çalışanlara kişisel koruyucu donanımlar verilmesi ve bunların kullanılmasının sağlanması gürültünün vereceği hasarların önüne geçilmesi açısından önemlidir. (2, 3, 10)

## **AYDINLATMA / GÖRSEL ÇEVRE**

Aydınlatma, maddelerin yüzeylerinin görünebilir olmaları için ışıklandırılması anlamına gelmektedir. Yapılan işlerde verimliliği sağlamada aydınlatma önemli bir etkidir; bu etkenin önemli faktörleri arasında yapılan işle çevresi arasındaki uyumsuzluk, renklerin etkisi veya parlaklığın çok fazla ya da az olması sayılabilir.

Ne yazık ki hala hangi iş için ne kadar aydınlatma gerekeceği konusunda kesin veriler bulunmamakla birlikte, İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü'nün 18. maddesinde bu konu ile ilgili değerlere yer verilmiştir. Bunun yanında yapılan çalışmalar neticesinde doğru yapılmış aydınlatmanın genellikle çalışma koşullarında üretkenliği arttırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca doğru yapılmış aydınlatma çalışanın genel psikolojisini de olumlu yönde etkilemektedir.

Yüksek kaza oranlarının uygun olmayan aydınlatma sonucunda ortaya çıktığı da bilinmektedir.

Bir işin yapılması sırasında görsellik açısından gerekecek ışık miktarının belirlenmesi için şua dört faktör dikkate alınmalıdır;

- ~ Çalışılan nesnenin boyutu
- ~ Çalışılan nesne ile çevresinin uyumu
- ~ Çevrenin ne kadar yansıtıcı olduğu
- ~ Yapılan işi görmek için ne kadar zamanın gerektiği

Bu faktörler göz önüne alınarak yeraltında yapılacak olan aydınlatma bütün yapılarda, yaya yollarında, merdiven ve geçitlerde, kontrol panellerinde, yükleme ve boşaltım sahalarında ve çalışma alanlarında güvenli çalışma koşullarını sağlayabilecek düzeye göre yapılandırılmış olmalıdır. (2, 3)

## **TİTREŞİM**

Titreşim elastiki sistemlerin ya da cisimlerin salınımları neticesinde oluşur. Bir salınım zamanı olan periyodun tersi olan frekans (devir/saniye) ile ölçülür.

Salınım çeşitleri:

Doğal salınım: harekete direnç yoktur, serbest salınım

Sönümlü salınım: harekete karşı bir direnç vardır

Güdümlü salınım: harekete neden olan harici bir güç vardır

Titreşim çeşitleri

Düşük frekanslı titreşim: 1 – 6 d/s

Orta frekanslı titreşim: 6 – 60 d/s

Yüksek frekanslı titreşim 60 < d/s

Düşük frekanslarda genellikle hareket bozukluğu ve benzeri olumsuz etkiler gözlenirken, ani titreşim hareketleri neticesinde düşme sonucu yaralanmalarda görülebilir.



Asıl olarak 30 devir/saniye'den büyük frekanslardaki salınımlar titreşim oluştururlar. Titreşimler üç parametre ile ayırt edilirler:

- ~ Yer değiştirmenin genişliği
- ~ Salınımın hızı
- ~ İvme

Titreşimler iç organların sarsılmasına, dolaşım sistemi bozukluklarına ve benzeri sorunlara neden olabilecekleri gibi daha uç noktalarda yaralanmalara da neden olabilirler. Titreşimin etkileri, çalışanın titreşime bütün vücuduyla mı maruz kaldığı yoksa sadece vücudunun belirli kısımlarının titreşime uğradığına göre değişir. Buna göre, çalışanın üzerinde durduğu platform, zemin veya oturduğu koltuktan iletilen titreşimden çalışan etkileniyor ise genel titreşime, çalışanın kullandığı el aletlerinden, matkaplardan ve benzerlerinden iletilen titreşim genellikle çalışanın elleri olmak üzere vücudun belli bir parçası etkileniyorsa da kısmi titreşime maruz kalınıyor demektir. Kısmi titreşim kan damarlarına kan akışını sekteye uğratarak özellikle ellerde ve kollarda; cildin duyarlılığını kaybetmesine, deformasyonlara ve hareket eksikliklerine neden olabilir.

Titreşimden kaynaklı hareket bozukluğu problemi ağır ağır gelişir ve ilk etapta uzun süre boyunca hissedilmeyebilir ama hareket bozukluğu ilerlerse kalp ve damar aktivitelerinin ve metabolizmanın salgı sistemini bozarak kaçınılmaz sonuçlar doğurabilir.

Titreşimden kaynaklı problemlerin başlıca belirtileri, acı, güçsüzlük, üşümeye karşı artan hassasiyet, kramplar, cilt duyarlılığının azalması ve beyaz parmak olarak bilinen rahatsızlıktır.

Ülkemiz için titreşim maruziyet sınır değerleri ve maruziyet etkin değerleri şöyledir:

a) El – kol titreşimi için;

- ~ Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri  $5 \text{ m/s}^2$ ,
- ~ Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

b) Bütün vücut titreşimi için;

- ~ Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet sınır değeri  $1,15 \text{ m/s}^2$ ,
- ~ Sekiz saatlik çalışma süresi için günlük maruziyet etkin değeri  $0,5 \text{ m/s}^2$ .

Titreşimden korunmak için, titreşim meydana çıkaran aletlerin ve çalışmaların önlenmesi, çalışma sırasında titreşim oluşması kaçınılmazsa da titreşimden etkilenmenin önlenmesi gerekmektedir. Eğer çalışan işçi kullandığı alet veya bulunduğu yüzey nedeni ile titreşime maruz kalıyor ve çalışmanın bu şartlar altında yapılması gerekiyorsa;

- ~ Çalışanı genel titreşimden koruyacak şok emme özellikli uygun iş ayakkabılarının kullanılması sağlanmalı,
- ~ Titreşimi emen elastik eldivenler ve benzer önlemler kullanılarak çalışanın el veya kolunu etkileyecek kısmi titreşimin önüne geçilmelidir.

Alınacak bu tür önlemlerin yararlılığı vücudun maruz kaldığı titreşim miktarındaki azalma ve de önlem uygulanırken ve uygulanmazken yapılan salınım hızlarının karşılaştırılması ile belirlenecektir. (2, 3, 11)

## **TAHKİMAT**

Yeraltı maden işletmelerinde galeri açılması ya da maden çıkarılması sonucunda oluşan boşlukların belirli önlemlerle doldurulması ya da çökmesinin önlenmesi gerekmektedir. İşletme faaliyetleri sonucu açılan boşlukları, çalışmaların devam ettiği sürece ayakta tutabilmek için alınan tedbirlerin tamamına “Tahkimat” denir. Tahkimat yönteminin seçimi yeraltında bulunan kayaçların sağlamlık derecesine ve açılmış olan galeri ve çalışma sahalarının bulunduğu yerdeki basınç koşullarına bağlıdır. Uygulanacak tahkimat yöntemi, kullanılacak tahkimatın dayanıklılık derecesine ve zeminin özelliklerine göre değişiklik göstermektedir.

Tahkimat yeraltı maden işletmelerinin de birinci dereceden önem verilmesi ve üzerinde durulması gereken konulardan biridir. Zira yeraltı maden işletmelerinin tasarlanma aşamasında öncelikle üzerinde durulan ve de maden işletmesinin tüm çalışma süresince kontrol altında tutulması gereken bir konudur. Ayrıca yeraltında gerçekleşen ölümlü kazaların önemli bir bölümünü doğrudan veya başka etmenler sonucunda oluşan göçükler, taş – kömür düşmeleri neticesinde olmakta buda doğrudan doğruya tahkimatın önemini gözler önüne sermektedir. Yeraltı ocaklarının genellikle ömürlerinin yüksek olması, bu süreçte güvenlik içinde çalışılması ve ocakların açık tutulabilmesi için mutlaka tahkim edilmesi gerekmektedir.

Maden işletmesinin açılmış olduğu kayaç dayanıklılık bakımından sağlam ise, açılmış bulunan boşlukların tahkimatına gerek kalmayabilir. Böyle durumlarda kaya mekaniği değerlendirmeleri özenle yapılmalı, gerekli yerlerde topuklar bırakılarak dayanıklılık artırılmalıdır. Bu tür tahkimat gerektirmeyecek sağlamlıkta kayaçlar içine açılmış madenlerde dikkat edilmesi gereken bir hususta kayaçlarında kavlaklaşabileceğidir. Gerek tavan gerekse yan duvarlarda oluşabilecek kavlaklar göz önüne alınarak seyrek de olsa tahkim uygulanması ya da kavlakların çalışanlar üzerinde düşmesinin önlenmesi uygulamalarının yapılmasına ihtiyaç vardır.

İşletmelerde açılan boşlukların çalışma süresi boyunca ayakta kalması ve güvenli bir şekilde taşıyıcı sistemlerle tutulmaları, iş güvenliğinin tam anlamıyla sağlanabilmesi ve üretimin veya yeraltında gerçekleştirilen diğer faaliyetin devamlı olarak yapılmasının zorunlu olmasından dolayı önemlidir.

Yeraltında açılan boşluklar, üzerlerinde etkili olan arazi basıncı nedeniyle değişimlere maruz kalırlar. Açıklıklarda kullanılacak tahkimat sistemlerin öncelikle aşağıda verilenleri kontrol altında tutacak şekilde olması gerekmektedir:

- ~ Sistem, üzerine gelebilecek muhtemel arazi yükünü emniyetle taşınmalıdır.
- ~ Üzerine etki eden basınç nedeniyle açıklıklarda meydana gelecek değişiklikler kontrol etmeli,
- ~ Kullanılacak sistem, aynı zamanda yapılacak olan tahkimat ekonomik yönden de basit ve ucuz olmalıdır.
- ~ Kısacası tahkimat, yeraltı işletmelerinin faaliyetlerinde kurulum aşamasında planlama ve kazıdan sonra uygulanmaya başlayan, yeraltı madenlerinde işyeri güvenliğinin sağlanmasında en önemli unsurlardan biridir. Bu bakımdan tahkimat, yeraltı maden işletmelerinde güvenlik denildiğinde ele alınılması gereken önemli konulardan biri olarak kendini göstermektedir.

Yeraltı maden işletmelerinde uygulanan madencilik metotlarının çok çeşitli olması, bu değişik metotların her birine uygun tahkimat sistemlerinin olması gerektiği gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Aynı zamanda genellikle maden ocaklarında randıman ve güvenlik kullanılan tahkimatın tesirli ve uygun olmasına bağlıdır. Uygun olarak seçilmeyen ve yetersiz olarak

uygulanan tahkimat göçüklere, tavandan veya yan duvarlardan kayaç parçalarının düşmesine ve tavan seviyelerinin çatlamasına neden olmaktadır. Bu durumlar iş güvenliği açısından sürekli tehlikeler yaratmaktadır. Madende üretim yapılan aynada iyi bir tahkimatın yapılması ile üretim güvenliği sağlanmış olur ve de ana geçiş yollarında uygulanan doğru tahkimat ile maden işletmesinin güvenliğini sürdürmesi sağlanır. Aynada kullanılan tahkimatın çoğunluğu geçici olup, gereksiz tavan basmasına ve çatlamasına engel olmak ve işçileri tavan düşmelerinin yaratacağı kazalara karşı korumak maksadı ile yapılır. Ana geçit yollarında ve ayna bağlantılarında uygulanan tahkimat ise kalıcıdır. Bu yollar, bütün maden işletme ömrü boyunca ayakta kalacak ve madenin üretim, üretilenin taşınması ve de gerektiği zaman tahliye ihtiyacını karşılamak için ana damarları olacaktır. (2, 3)

## **MADEN YANGINLARI**

Yeraltında meydana gelen maden yangınlarının nedenlerini şöyle sıralayabiliriz:

- ~ Açık alev
- ~ Elektrik
- ~ Sürtünme
- ~ Patlatma
- ~ Patlamalar
- ~ Kendiliğinden yanma

Ülkemizde yeraltı madenciliğinin önemli bir kısmını bilindiği üzere kömür madenleri oluşturmaktadır. Kömür gibi kolaylıkla okside olabilen maddelerin doğal atmosferik şartlarda otomatik olarak oksidasyona uğrayarak kendi kendilerine ısınması olarak bilinen kendiliğinden yanma, ülkemizde yeraltı madenciliği açısından yangınla ilgili özellikle üzerinde durulması gereken bir konudur.

Kömür madenlerinde kendiliğinden yanmayı etkileyen faktörler aşağıda verilmiştir:

- ~ Kömürün yüzey alanı (yüksek yüzey alanı kendiliğinden yanmayı artırır)
- ~ Kömürün kalori değeri (yüksek değer kendiliğinden yanmayı azaltır)
- ~ Kömürün içindeki gaz haline gelebilen içerik (yüksek gaz haline gelebilen içerik kendiliğinden yanmayı artırır)
- ~ Kömürün petrografik bileşimi

- ~ Oksijen miktarı
- ~ Nem miktarı (yüksek nem miktarı kendiliğinden yanmayı artırır)
- ~ Piritin olup olmadığı (yüksek pirit muhtevası kendiliğinden yanmayı artırır)
- ~ Kül miktarı (yüksek kül muhtevası kendiliğinden yanmayı artırır)
- ~ Sıcaklık
- ~ Kömürle temas halindeki havadaki oksijen yoğunluğu
- ~ Kömürün metan içeriği

Ayrıca maden yatağının kalınlığı, eğimi, çökertmenin özellikleri, madende bulunan faylar, cevherin derinliği gibi jeolojik faktörlerde kendiliğinden yanma açısından önem taşımaktadırlar.

Kendiliğinden yanmanın önüne geçilebilmesi için madencilik işlerinin sistematik bir biçimde ve de dikkatlice yapılması gerekmektedir. Meydana gelebilecek olayların sayısının azaltılabilmesi için doğru ve düzenli bir gelişme planlanmalı ve kömür kazanım teknikleri uygulanmalıdır. Bunun gibi uygulamalar yapıldıktan sonra havalandırma düzenli olarak kontrol edilmeli ve yanmanın ilk aşamalarında ortaya çıkacak karbon monoksit gazı devamlı gözlemlenmelidir.

Kendiliğinden yanma değerlendirilirken havalandırma ile ilgili şu kıstaslara dikkat edilmelidir:

- ~ Bütün aktif olarak çalışılan yeraltı sahaları yeterli seviyede havalandırılmalıdır.
- ~ Havalandırma basıncı, kırılmış topuklardan, hatalı barajlardan ya da çalışılıp bırakılmış alanlardan hava sızmasına neden olacak kadar fazla olmamalıdır.
- ~ Havanın istenmeyen kısa devreleri ve de kontrolsüz dolanmasının önüne geçilmeli, yüksek risk barındıran yataklarda hava sızma testleri gerçekleştirilmelidir.
- ~ Bütün taşıma ve yaya yolları havalandırılmalı, kullanılmayan yollar baraj ile diğer maden alanlarından ayrılmalıdır.
- ~ Kömür madenlerinde açılan galeriler havanın dağılıp gitmesine neden olacak kadar yüksek ve geniş olmamalıdır.
- ~ Havalandırma kapıları, barajları ve regülatörleri doğru olarak konumlandırılmalıdır.

- ~ Hava geçişleri yangına dayanıklı malzemedен yapılmalı ve hava sızdırmaz olmalıdır.
- ~ Yeraltı maden havalandırma sistemleri düzenli olarak kontrol edilmeli ve gözlemlenmelidir.

Yeraltı madenlerinde yangınla mücadele edilebilmesi için personelin doğru bilgilendirilmesi ve seçilenlerin düzenli eğitimi önemlidir. Yangınla mücadele konusunda seçilmiş çalışanlardan oluşan yangınla mücadele takımları oluşturulmalı, bu takım üyeleri düzenli olarak eğitilmeli ve bir yangın anında yangına müdahale etmeleri sağlanmalıdır. Aynı zamanda yangınla mücadelede kullanılacak malzeme ve ekipman da doğru yerde ve şekilde konumlandırılmalıdır. Yangınlara etkili ve zamanında müdahale edilebilmesi için yangınla mücadele istasyonu kurmanın yanında seyyar araçların da bulundurulması faydalı olacaktır. Eğer mümkünse madenin tümüne basınçlı su sağlayacak düzenekler kurulmalıdır.

Bu sayılanların sağlanması için aşağıda verilen bilgilere dikkat edilmesi gerekmektedir:

- ~ Madende bulunan bütün yangınla mücadele ekipmanları düzenli olarak kontrol edilmeli, kullanılır durumda olduklarından emin olunmalıdır.
- ~ Acil kaçış planları ve acil eylem planları önceden hazırlanmalı, bu planlar konusunda bütün çalışanlar bilgilendirilmeli, yangın anında ne yapacakları önceden yapılacak tatbikatlar ile çalışanlara gösterilmelidir.
- ~ Yangın anında yapılacaklara ilişkin kısa bilgi notları hazırlanmalı ve madende çalışanların görebileceği yerlere asılmalıdır.
- ~ Özel emniyet gerektiren yerler bu konularda eğitilmiş personelce kontrol edilmelidir.

Yangından korunma ve yangın önleme faaliyetleri için harcanan maddi ve manevi değerlerin, yangın sonucunda ortaya çıkacaklardan daima daha az olduğu bilinmeli, bu doğrultuda yangından korunmak ve yangını önlemek için aşağıda verilen önlemlere dikkat edilmelidir:

- ~ Yeraltında mümkün olduğunca yanmaz özellikli maddeler kullanılmalıdır.

- ~ Jeneratörlerin, yanıcı madde depolarının ve benzin veya mazot depolarının yakınında ahşap malzeme kullanılmasından kaçınılmalıdır.
- ~ Elektrik ekipmanları doğru kullanılmalı, aşırı yüklemekten, uygunsuz kablo kullanılmasından, doğru topraklama yapılmamasından, izolasyon hatalarından ve yanlış voltaj seçiminden kaçınılmalı, alev-almaz malzeme kullanılmalıdır.
- ~ Yangına mümkün olduğunca erken müdahale edilmeli, söndürmek mümkün olmuyorsa yangın barajları yardımı ile yangın sahacı tecrit edilmelidir.

Yeraltında yangınlar dört ana gruba ayrılırlar ve bu gruplar için kullanılacak yangın söndürme cihazları da ayrı ayrıdır.

A grubu yangınlar: ahşap, kömür, plastik, kumaş vb maddelerin tutuşması

B grubu yangınlar: mazot, fuel-oil, benzin vb maddelerin tutuşması

C grubu yangınlar: elektrik ekipmanlarındaki yangınları

D grubu yangınlar: Magnezyum, titanyum vb metal yangınları

Bu dört gruptaki yangınların söndürülmesinde kullanılan yangın söndürücü cihazlarda aşağıdaki gibidir:

Grup A: A Sınıfı	Su-CO <sub>2</sub> yangın söndürücü, genleşen köpük
Grup B: B Sınıfı	CO <sub>2</sub> yangın söndürücü, kuru kimyasal yangın söndürücü, genleşen köpük
Grup C: C Sınıfı	CO <sub>2</sub> yangın söndürücü, kuru kimyasal yangın söndürücü
Grup D: D Sınıfı	Kum

Ayrıca birkaç grupta kullanılması etkili olacak karma sınıf yangın söndürücüler de mevcuttur; AB sınıfı veya ABC sınıfı gibi.

Yeraltı maden işletmelerinde meydana gelecek yangınların neticeleri çok tehlikeli olabilir. Temel olarak madenlerde yaşanacak yangınların ortaya çıkarabileceği sorunlar 5 tanedir.

1- Açık Alev: açık alevle yapılan çalışmalar, çalışanlarda yanıkların oluşmasına neden olabileceği gibi, bir tutuşma kaynağı olarak da tehlike yaratır. Ayrıca maden içerisinde bulunan yanıcı gazlar neden ile diğer bölümlere de yayılması muhtemeldir.

2- Sıcaklık: Sıcaklık, yangının madenin diğer bölümlerinde yayılmasına neden olabilmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklığın çalışanlarda solunumu zorlaştırması ve yüksek sıcaklığa dayanmanın güç olması da yeraltı maden işletmelerinde sorunlara neden olabilir.

3- Gazlar: Maden yangınları sonucunda meydana gelen ölümlerin büyük çoğunluğu CO veya CO<sub>2</sub> gazlarından kaynaklanmaktadır.

4- Duman: Yangın esnasında ortama yayılacak duman görüşü engellediği gibi, bazı zehirli gazları bünyesinde bulundurarak sağlığa da zarar verebilir.

5- O<sub>2</sub> Yetersizliği: Yangın neticesinde düşen O<sub>2</sub> miktarı, solunum sorunlarına neden olmaktadır.

Kaçabilmek için sınırlı alanınızın olduğu ve gerek dumanın gerekse de diğer olumsuz etmenlerin dağılması için yeterli alanın bulunmadığı yeraltında yangına karşı alınması gereken önlemlerin önemi oldukça yüksektir. En başta yangın güvenlik programları oluşturularak çalışanlar bilgilendirilmelidir. Maden yönetimi, sadece bir yangın güvenlik politikası belirlemekle yetinmemeli aynı zamanda uygun ekipmanlar, tesisler ve kaynaklar sağlamalıdır. Yönetimce yaptırılacak periyodik eğitimler, araştırmalar, güvenlik toplantıları ve denetimler yeraltında yangınları önlemek ve olumsuz etkilerini azaltmak bakımından etkili olacaktır. (2, 3)

## **MADEN TOZ HASTALIKLARI**

Madenlerde bulunan tozlar nedeni ile özellikle akciğerlerde hastalıklar oluşmaktadır. Oluşan bu toz hastalıkları arasında en çok karşılaşılan silis tozuna bağlı olarak meydana gelen silikozistir. Genel bir tanımlama ile akciğerlerde toz depolanması ve fibrojen tozlardan kaynaklanan akciğer hastalıkları pnömokonyoz olarak adlandırılmaktadır.

### **Silikozis:**

Serbest silis kristallerinin solunumu sonucu ortaya çıkan bir pnömokonyoz çeşididir. Kayaçların hemen hemen hepsinde silis vardır. Bu nedenle kayaların delinmesi, patlatılması veya herhangi bir şekilde parçalanması sonucunda oluşan toz nedeni ile yeraltında yapılan işlerde silikozis riski bulunmaktadır. En çok karşılaşılan silis kristalleri kuartz, tridimit ve kristobalit'tir. Solunarak akciğere ulaşan toz burada parçalanamadığından birikmeye başlar ve akciğer, biriken tozlara karşı sürekli reaksiyon oluşturmaya başlar.



Silikozis esas olarak kronik seyirli bir hastalıktır, toz maruziyetinin ilk yıllarında herhangi bozukluk olmaz, klinik belirtiler yıllar sonra ortaya çıkar. En çok görülen belirtiler nefes darlığı ve kuru öksürüktür, hastalığın ilerlemesi ile bu şikâyetler artar ve ilerleyen safhalarda kalp yetmezliği sorunu ortaya çıkar. Kalp veya solunum yetmezliği silikozis vakalarında başlıca ölüm nedenleridir.

#### Kömür Tozu Pnömokonyozu:

Pnömokonyoz genellikle mineral tozlarının solunması sonrasında ortaya çıkan akciğer hastalığı olarak tanımlanmaktadır. Tozun niteliğine göre farklı etkiler görülmektedir. Madenlerde en çok karşılaşılan pnömokonyoz türü kömür tozuna maruziyet sonucunda ortaya çıkan madenci akciğeridir. Bu hastalığın seyri silikozise göre daha hafiftir ve de genellikle akciğer fonksiyonunda az bir bozulmaya neden olur.

#### Pnömokonyozun oluşumu için;

- ~ Tozun tane büyüklüğü,
- ~ Tozun mineralojik bileşimi
- ~ Tozun yoğunluğu,
- ~ Etkilenme süresi,
- ~ Kişisel özellikler, en önemli faktörlerdir.

Tane Büyüklüğü olarak genel olarak 0,1–5,0 mikron büyüklüğündeki tozlar insan organizmasına zararlı tozlar olarak tanımlanır. Pnömokonyoz araştırmalarına göre, tozun mineralojik bileşimi pnömokonyoza yakalanmada birincil etken değildir, ayrıca yine araştırma bulgularında tek etkenin bu olmadığı da görülmektedir. Pnömokonyoz oluşmasında tozun yoğunluğu da önemli faktörlerden biridir. Genellikle 0,2 mg/m<sup>3</sup> toz yoğunluğu zararsız, 2–4 mg/m<sup>3</sup> toz yoğunlukları normal olarak kabul edilmektedir. Hastalığın 3–5 yıldan daha az zamanda yakalanma çok nadir bir olaydır. Pnömokonyozun gelişme süresi 10–20 yıldır. Bu arada toz konsantrasyonunun ve kişisel özelliklerin etkisini unutmamak gerekir. Çünkü hastalığın oluşması ve gelişmesi, etkilenme süresi ile birlikte toz konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Pnömokonyoz hastalığı ilerleyici bir hastalık olduğundan, hastalığı bulunduğu aşamada tutmak için gerekenlerin yapılmasına önem verilmelidir.

Bu tür hastalıklarda kesin bir tedavi mevcut değildir. Maruziyetin kesilmesi ve destekleyici tedavi yapılabilir. Söz konusu hastalıkların tedavisinden çok bu hastalıkları oluşturan faktörlerden korunmak önemlidir. Bu amaçla çalışma yöntemi değiştirilebilir, etkili havalandırma sistemleri kurulabilir, işlemler kapalı düzeneklerle gerçekleştirilebilir ve de bu önlemler uygun değil ise çalışanlara kişisel koruyucu donanımlar verilerek bu hastalıkların oluşması önenebilir. (2, 5, 7, 8)

## **PATLAYICI MADDE KULLANIMI**

Yeraltı maden işletmelerinde gerek cevhere ulaşmak için yapılan kazı ve tünel açma çalışmalarında gerekse de uygun cevherler için üretim çalışmalarında patlayıcılar kullanılmaktadır. Yeraltında patlayıcı kullanımı güvenlik bakımından oldukça önemli ve dikkatle üzerinde durulması gereken bir konudur. Patlatma esnasında oluşacak sarsıntının, cevhere verebileceği zararın yanı sıra patlatmanın çıktısı olarak ortama yayılan gazların da dikkatle etüt edilmesi gerekmektedir.

Patlatmaya, patlatılacak yüzeyin hazırlanması ile başlanır. Öncelikle istenilen kırılma büyüklüğüne göre lağım deliklerinin açılacağı yerler tespit edilir ve de bu delikler istenilen büyüklüğe uygun boylarda açılırlar. Patlatmanın güvenli olması, istenmeyen sonuçlar doğurmaması açısından bu hesaplar büyük önem taşımaktadır. Bir diğer önemli konu ise deliklere yerleştirilecek patlayıcı türü, miktarı ve sıkılama malzemeleridir. Gerekenden az veya çok kullanılan patlayıcılar, yanlış patlayıcı seçimi ve doğru uygulanmayan sıkılama beraberinde iş kazalarını getirmektedir. Patlatma yapılırken maden ortamına göre elektrikli, ya da fitilli füyeler kullanılabilir, aynı zamanda dinamit ve benzerleri ile An-fo gibi birçok patlayıcı seçeneği de mevcuttur. Uygun zamanla yapılarak hazırlanan patlamalarda, patlamadan önce çalışanlara haber verilerek patlamadan haberdar olmaları ve patlatma alanından uzakta bulunmaları sağlanmalıdır. Patlatma yapıldıktan sonra patlatma alanına yetkililer izin vermeden girilmesi engellenmelidir.

Patlatma yapmanın bir diğer tehlikesi ise patlamamış lağımlar olarak sayılabilir. Bazen yanlış hesaplamalar veya tasarım eksiklikleri nedeniyle deliklerden patlamayanlar kalabilir, bu deliklere müdahale etmek için kullanılan metotlara ve de patlayıcılara göre belirli bir süre beklenmeli, sadece bu konuda bilgi sahibi yetkililer deliklere müdahale etmelidirler. (2, 3)

## **ELEKTRİK**

Bütün işletmelerde olduğu gibi elektrik kullanılan yeraltı işletmelerinde de elektrikle ilgili hususlarda dikkatli olunması gerekmektedir. Diğer işletmelere ek olarak yeraltı maden işletmelerinde patlayıcı gaz içeriği olabileceği için bu işletmelerde elektrik konusuna daha fazla özen gösterilmesi gerekmektedir.

Patlayıcı gaz içermesi muhtemel yeraltı işletmelerinde elektrik kaçağı veya atlaması neticesinde oluşacak kıvılcımlar tutuşma sebebi olarak patlamayı başlatabilirler. Aynı zamanda madende birçok yanıcı maddenin bulunması elektrik nedenli kıvılcımların bu maddeleri de tutuşturmasına neden olabilir. Bütün bu sorunların önüne geçilmesi için yeraltı maden işletmelerinde kurulacak olan elektrik ağının dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi ve oluşabilecek sorunların kısa zamanda çözülmesi gerekmektedir.

## **GEREÇ VE YÖNTEMLER**

Bu uzmanlık tezi çalışması; Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü'nce hazırlanan ve 11.06.2004 tarih ve 25489 sayılı Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmiş olan, İSGGM İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcılığı ve Uzmanlığı Atama, Görev ve Çalışma Yönetmeliği' ne göre hazırlanmıştır.

Üzerinde çalışma yapılacak tez konusunun belirlenmesinde ülkemizde madencilik sektörünün temel sorunları irdelenmiştir ve bu sorunların en önemlilerinden olan madenlerde gaz ve toz patlamaları üzerine çalışmalar yapılması hedeflenmiştir. Madencilik alanında temel tehlike ve riskler gözden geçirildiğinde ve ülkemizde bu alanda karşılaşılan ve istenmeyen sonuçlar doğuran büyük kazalar değerlendirildiğinde bu seçimin ne kadar doğru olduğu tekrar görülmektedir.

Yapılan çalışmanın genel bilgiler bölümünde grizu ve toz patlamalarının temel sorununu oluşturduğu yeraltı madenlerinde genel sağlık ve güvenlik sorunları üzerinde durulmuş, bulgular kısmında tezin ana amacı olan gaz ve toz patlamamaları ayrıntılarıyla irdelenmiş ve bu olumsuz sonuçların ortaya çıkmaması için alınması gereken önlemlere yer verilmiştir.

Tez çalışmasında bir arada bulunan bilgiler, kaynaklarda verilen birçok kitaptan, çeşitli dergilerden, internetten ve tez yazarının daha önceki çalışmaları ile lisans ve yüksek lisans sırasında topladığı bilgilerin derlenmesi sonucu oluşmuştur. Çalışma yapılırken önce sorunun belirlenmesi ve ana hatları ile değerlendirilmesi, bunu takiben sorunun bertaraf edilmesi ve ya önlenmesi için gerekli faaliyetlerin tanımlanması ve önerilerde bulunulması şeklinde bir çalışma prensibi belirlenmiştir. Belirlenen önlemlere ek olarak ülkemiz mevzuatında bu konularda mevcut bulunan bilgiler de aktarılmıştır.

## **BULGULAR**

## METAN GAZI ve GRIZU PATLAMALARI

Kimyasal formülü CH<sub>4</sub> olan metan renksiz, kokusuz ve yanıcı bir gazdır. Metan gazı; kömürleşme, kömürün kökeni olan ve su altında havasız kalan bitkilerdeki karbon, hidrojen ve oksijenin birbirleri ile yaptıkları kimyasal tepkimeler ile oluşur. Bu kimyasal tepkimeler neticesinde karbon oksijen ile birleşerek (CO<sub>2</sub>), oksijen hidrojen ile birleşerek (H<sub>2</sub>O) ve hidrojen karbon ile birleşerek (CH<sub>4</sub>) meydana gelmektedir.

Kömürleşme olayındaki bu değişimler sırasında bitkilerden 54 molekül hidrojen ve oksijenin çekilmesine karşın 24 molekül karbon azalır. Böylece bitki artıklarında karbon miktarı gittikçe yükselir.

Serbest gazın bir kısmı kömür ve kömür civarındaki taş tabakalarının gözenek ve çatlaklarına dolar. Esas kısmı ise kömür yüzeyinde ve içinde kömür tarafından absorbe edilir. Kömür madenlerinde metan gazının bulunması kömürleşme olayının doğal bir neticesidir. Özgül ağırlığı 0,55 g/cm<sup>3</sup> olduğu için havaya göre daha hafif bir gaz olan metan aslında zehirli olmamakla beraber eğer maden havasında oksijen oranını %12'nin altına düşürecek kadar çoğalır ise boğucu özellik göstermektedir. Grizu, metanla havanın karışımını ifade etmektedir ve Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliğine göre yeraltı çalışmalarında patlayıcı ortam oluşması riski yaratacak miktarda metan gazı çıkma ihtimalinin olduğu yerler grizulu kabul edilir. Metan (grizu) patlaması, maden havasında % 4 – 15 oranında metan bulunduğu durumlarda ve bir tutuşturucu kaynağıyla karşılaşıldığında gerçekleşebilir; en güçlü patlama ise metan oranı %9,5 seviyesinde bulunduğu meydana gelir. Patlama limit değerleri dışında metan yanıcı özellik gösterir. Tutuşma sıcaklığı 650 °C'nin üzerinde olan metanın 1 kilogramının yanması neticesinde, 13300 Kcal ısı açığa çıkmaktadır ki bu oran 1 kg barutta 580 Kcal'dir.

Metan, yeraltı maden işletmelerinde üç şekilde maden havasına karışabilir.

- ~ Kazı sırasında ortama metan yayılması,
- ~ Metan boşalması (arından ortama metan yayılımı),
- ~ Ani metan çıkışı (degaj).

Metan gazı, kömürün oluşumundan itibaren kömürün içinde veya çevre kayalarda sıkışmış olarak bulunmaktadır. Metan çıkışı genellikle; kısa aynalarda, dar alanlarda, jeolojik

olarak kalınlığı sabit olmayan alanlarda, kömür madeninin kuru alanlarında ve toz çıkışı sırasında görülür. Ayrıca kömür aynasından, makine tarafından kırılan kömürden ve konveyörde taşınan kömürden de metan çıkışı gözlemlenebilir. Kısacası metan kömür üretimi sırasında, yeraltındaki çalışma yerlerine kömürden veya çevre kayalardan sızarak tehlikeli bir ortamın oluşmasına neden olmaktadır.

Metan patlaması yeterli miktarda oksijenin (%12 den yüksek), patlayıcı gazın CH<sub>4</sub> (%4–15) bir araya gelmesi ve bir tutuşturucu kaynağı ile teması sonucunda gerçekleşir. Tutuşma kaynaklarını şöyle sıralaya biliriz:

- ~ Açık alev
- ~ Fazla ısınan yüzeyler
- ~ Sürtünme veya elektrik ile oluşan kıvılcımlar
- ~ Patlayıcı madde kullanımı
- ~ Yangınlar
- ~ Dizel araçların eksoz çıktıları

Patlama sırasında ortamın genişliğine göre sıcaklık 1850–2650 °C'ye ulaşırken patlama sonrasında basınçlı hava dalgası ve alev dalgası etkili olur, alev dalgası ikincil ve üçüncül patlamalara neden olabilir. Metan patladıktan sonra patlama noktasında 10 kg/cm<sup>2</sup> yi bulan yüksek bir basınç kuvveti ile “ileri şok” olarak adlandırılan hava dalgasını oluşturur. Patlama noktasındaki gazların soğuması ve su buharının yoğunlaşması neticesinde düşen basınç etkisi ile “ters şok” isimli ikincil bir etki oluşur. Ters şok ileri şoktan daha düşük kuvvette olmasına rağmen daha fazla yıkıcı etkiye sahiptir. Ayrıca bir grizu patlaması sonucunda karbondioksit ve su buharı da meydana gelmektedir ve su buharı kendisinden daha az ısı gösteren ocak havasından su damlacıkları halinde etrafa yayılmaktadır.

Grizu patlamasının sonucunda kalkan kömür tozu da patlayabilmekte ve meydana gelen kazanın sonuçları daha da vahim olabilmektedir.

Daha önceden de değinildiği gibi grizu patlamasının olabilmesi için üç unsurun bir araya gelmesi gereklidir. Bu unsurlar; metan gazı, oksijen ve karışımın patlamasına neden olan bir kıvılcım veya ısı kaynağıdır. Bunlardan hava içindeki oksijeni ortamdaki yok etmeye olanak yoktur çünkü yeraltı madenlerinde en önemli unsurların başında havalandırma



gelmektedir. Yeraltı çalışmalarında ateşleme kaynağının (bir kıvılcım veya ısı kaynağı) oluşması, alınan tüm önlemlere karşın çalışmanın karakteri icabı her zaman önlenememektedir. O halde, patlamanın önlenmesi için yapılacak tek işlem metan gazının ortamdaki uzaklaştırılması olmaktadır.

Grizu patlaması ile mücadele üç aşamada yapılabilir.

1. Metan birikiminin önlenmesi,
2. Biriken metanın alev almasının engellenmesi,
3. Patlamanın yayılmasının sınırlandırılması.

### **Yeraltında Metan Gazının Birikmesinin Önlenilmesi**

Yeraltında çalışılan madenlerde havalandırma düzenlemesinin, hava metan karışımındaki metan oranının %1 in altında tutacak ve dönüş yollarında metan gazı oranını %1 'i geçirmeyecek şekilde hesaplanması gerekmektedir. Madende havalandırma hesapları yapılırken, maden dahilindeki yerlere gereken miktarda temiz havanın gönderilmesi hususunda da hesaplamalar yapılmalıdır.

Metan birikiminin önlenmesi için;

- ~ Metanın drenaj ile önceden tahliyesi tercih edilmelidir. Mümkün olduğu ölçüde bütün çalışma sahasının drene edilmesi faydalı olacaktır. Bunun dışında çalışılan yüzeyin metandan drene edilmesi için gereken önlemler alınmalıdır.
- ~ Grizulu madenlerde doğal havalandırma yerine mekanik havalandırma yapılmalı, emici ve üfleyici fanlar kullanılmalıdır. Ayrıca bu ocaklar için her fanın mutlaka yedekleri olmalı ve bir aksaklıkta devreye girmeleri sağlanmalıdır.
- ~ Maden ocaklarının havalandırma planları en ince ayrıntılarına kadar ve madenin tamamını kapsayacak hassasiyette yapılmalıdır.
- ~ Maden, içerideki havanın dışarıya çıkacağı şekilde havalandırılmalıdır.
- ~ Maden ocağında tasarlanan havalandırma sistemi basit olmalı, karmaşık havalandırma şebekelerinden kaçınılmalı fakat yapılan planlarda gereken havalandırma miktarları her zaman göz önüne alınmalıdır.

- ~ Çalışma alanında havalandırma doğal havalandırma ile aynı yönde yapılmalı ve ters havalandırmadan kaçınılmalıdır.
- ~ Aynaların havalandırılmasında aktif (temiz) hava kullanılmalıdır.
- ~ Aktif (temiz) hava öncelikle en alt kotlardaki çalışma yerlerine gönderilmeli ve daha sonra havalandırma sistemiyle maden içerisine dağıtılmalıdır.
- ~ Ortamdaki metanın tahliyesini sağlamaya yeterli havanın geçişine imkân verecek kesitte taban, tavan yolları oluşturulmalıdır.
- ~ Tali havalandırma yalnızca hazırlık işlerinde uygulanmalı, üretim panoları ana havalandırma sistemine bağlanmalıdır.
- ~ Gerektiğinde maden içerisindeki hava akımını kolaylıkla düzenleyebilecek şekilde ayarlanabilen havalandırma tertibatları yapılmalıdır.
- ~ Ayak eğimi 5 derece veya daha fazla olduğunda, hava akımı yönü aşağıdan yukarıya doğru olmalıdır.
- ~ Kaçaklar minimum seviyeye indirilmelidir.
- ~ Havalandırma kapıları düzgün ve kuvvetli şekilde kurulmalı, regülatörler gerekli yerlere ve standartlara uygun şekilde yapılmalıdır.
- ~ Çalışma yöntemi seçilirken, ayakların kolayca havalandırmasına olanak verecek ve öncelikle baş yukarılar olmak üzere kör bacaları en az içerecek nitelikte yöntemlerin seçilmesine dikkat edilmelidir.
- ~ Sistematik ölçümlerle havalandırma ve gaz emisyonu takip edilmelidir.

Bunu gerçekleştirmek için;

- Havalandırma ve gaz ölçümleri için kayıt defterleri ve sistematik planlar bulunmalı ve sürekli güncellenmelidir.
- Periyodik hava örnekleri alınmalı ve analizleri yapılmalıdır.
- Havalandırma ve gaz detektörlerinin kalibrasyonunu takip edilmelidir.
- Gaz ölçümü ve havalandırma için özel nitelikli personel bulunmalıdır.

Metan ölçümleri, makine dairesi dâhil bütün çalışma yerlerinde her vardiyanın başında ve vardiya içinde, her 1–3 saatte bir tekrar yapılmalıdır. Çalışma yerinde metan %1 olduğunda gaz oranını düşürmek için gerekli önlemler alınmalı, oran yükselmeye başladığında da grizulu bölge boşaltılmalıdır.

## **Biriken Metanın Alev Almasının Engellenmesi**

Yeraltında yapılan çalışmalarla metan seviyesi kontrol altında tutuluyor olsa da istenmeyen durumlardan ve önüne geçilemeyen sebeplerle metan emisyonu meydana gelebilir. Bu durum karşısında grizu patlamasının önüne geçilmesi için; ortamda biriken metanın patlaması engellenmelidir. Biriken metanın patlamasını önlemek için alınması gereken önlemler şöyle sıralanabilir;

- ~ Yeraltında açık alev kaynakları kullanılmamalı, kibrit veya sigara kesinlikle bulundurulmamalıdır,
- ~ Kişisel aydınlanma için pilli (bataryalı) lambalar kullanılmalıdır,
- ~ Gaz ölçümleri için özel gaz analiz cihazları kullanılmalıdır,
- ~ Yeraltında kullanılan elektrikli ekipmanlar alev-sızdırmaz özellikli olmalıdır,
- ~ Yüksek ölçüde metan çıkışı olan ocaklarda, elektrikli ekipmanlar yerine basınçlı hava ile çalışan (pnomatik) ekipmanlar kullanılmalıdır,
- ~ Yeraltı ocakların aydınlatmasında kullanılan elektrik tesisatı ve aydınlatma ekipmanları grizu patlamasına sebep olmayacak özellikte ve şekilde seçilmelidir,
- ~ Fünne ile patlatma en aza indirilmeli, yeraltında yapılan patlatmalarda çok sıkı güvenlik tedbirleri alınmalıdır,
- ~ Kullanılan patlayıcılar anti-grizu cinsten olmalı ve patlatmaları gerçekleştiren ateşçiler deneyimli ve işi konusunda eğitilmiş olmalıdır,
- ~ Yapılan lağım atışları mümkün olduğunca azaltılmalı; lağım atışları sırasında;
  - Grizulu ocaklarda kullanılmaya uygun patlayıcıların seçilmesine,
  - Gecikmeli kapsüllerin emniyet nizamnamesinde belirtilen uygulamalar doğrultusunda kullanılmasına,
  - Ateşleme yapılacak deliklerin sıkılanması sırasında, deliklerin atlanmamasına ve sıkılamanın düzenli yapılmasına,
  - Sıkılama amaçlı kullanılan malzemenin yanmaz özellik taşımasına,
  - Yapılan lağım atışı esnasında ayakta ve ayaktan 20 metre uzaklıktaki havada %1'den fazla metan bulunmamasına,

- Lağım atışı yapılan ayak zemininde biriken yüksek miktarda kömür tozu var ise, atıştan önce ayakta ve ayaktan 20 m mesafede taş tozu serpilmesine dikkat edilmelidir.

### **Patlamanın Yayılmasının Sınırlandırılması**

Grizu patlamalarıyla mücadelenin üçüncü aşaması olarak, meydana gelen patlamanın sınırlandırılması için alınması gereken önlemler sayılabilir. İlk iki aşamada alınan önlemler ile büyük ölçüde grizu patlamalarının önüne geçilebilecek olsa da, olası bir patlama neticesinde meydana gelecek olumsuz sonuçların mümkün olan en az düzeyde tutulabilmesi için, patlamanın etki alanının küçük tutulması esastır. Grizu patlamaları ile mücadelede son adım olan patlamanın etki alanını azaltmak için alınacak önlemleri şöyle sıralanabiliriz;

- ~ Maden ocağı mümkün olan en fazla sayıda birbirinden bağımsız havalandırma bölümlerine ayrılmalıdır,
- ~ Ocaktaki herhangi bir ayaktan çıkan hava diğer bir ayağa gönderilmemelidir,
- ~ Ocaklardaki bölümlerin havalandırma planlanmasında, bölüme hava giriş ve çıkış yollarının olası bir patlamada kısa devre yapmayacak şekilde düzenlenmesine dikkat edilmelidir,
- ~ Toz alevlenmesi ve yayılması engellenmeli, toz patlamasına karşı gerekli tedbirler alınmalıdır,
- ~ Kalıcı ve kolay ulaşılır kurtarma birimi olmalı, en kısa zamanda olaya müdahale edilmelidir,
- ~ Kurtarma biriminde çalışan elemanlar deneyimli, bilgili ve her zaman göreve hazır olacak şekilde eğitilmelidir,
- ~ Meydana gelen bir patlamadan en kısa zamanda haberdar olunmalı ve en kısa zamanda ocak içerisinde güvenliğin sağlanması için gereken işlemlere başlanmalıdır.

(2, 3, 4, 9, 12, 13)

## Grizu Nedenli Maden Kazaları

Son 25 yılda ülkemizde meydana gelen başlıca grizu patlamaları tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Grizu patlamaları

Tarih	Yer	Kaza nedeni	Sonuç
7.3.1983	Armutçuk/Zonguldak	Grizu	103 ölü.-96 yaralı
11.4.1983	Kozlu/Zonguldak	Grizu	10 ölü.-9 yaralı
1983	Ermenek/Karama	Grizu	12 ölü
1986	Oltu/Erzurum	Grizu	6 ölü
31.1.1988	Gediz/Kütahya	Grizu	6 ölü
7.2.1990	Yeniçelttek	Grizu	68 ölü-1 yaralı
3.3.1992	Kozlu/Zonguldak	Grizu	263 ölü-51 yaralı
26.3.1995	Sorgun	Grizu	40 ölü
30.11.1996	Yapraklı	Grizu	5 ölü
12.09.2003	Aşkale	Grizu	7 ölü
22.11.2003	Ermenek	Grizu	10 ölü
21.04.2005	Gediz	Grizu	18 ölü
03.06.2007	Dursunbey	Grizu	17 ölü

## **Türk İSG Mevzuatında Grizu Patlamaları**

21/02/2004 tarih ve 25380 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği.

### **Bölüm C Yeraltı Maden İşletmelerinde Uygulanacak Asgari Özel Hükümler**

#### **8. Grizulu maden ocakları**

1. Yeraltı çalışmalarında patlayıcı ortam oluşması riski yaratacak miktarda metan gazı çıkma ihtimalinin olduğu yerler grizulu kabul edilir.

2. Havalandırma bir veya daha fazla mekanik sistemle sağlanacaktır.

3. Çalışmalar metan gazı çıkışı dikkate alınarak yürütülecektir.

Metan gazından kaynaklanacak riskleri mümkün olduğunca ortadan kaldıracak tedbirler alınacaktır.

4. Tali havalandırma sadece ana havalandırma akışı ile bağlantısı bulunan, ilerleme çalışmaları ve kurtarma çalışmalarının yapıldığı yerlerde uygulanacaktır.

Üretim yapılan yerlerde, sadece işçilerin sağlık ve güvenliği için yeterli ek önlemler alınması şartıyla tali havalandırma yapılabilir.

5. 7.3’de belirtilen havalandırma ölçümleri, metan gazı ölçümleri ile birlikte yapılacaktır.

Sağlık ve güvenlik dokümanında belirtilmesi halinde, üretim ünitelerinden dönüş havası içinde ve üretim yerlerindeki gazların birikebileceği yerlerde, metan gazı seviyesi sürekli olarak izlenecektir.

6. Grizulu maden ocaklarında yalnız bu tür ocaklar için uygun olan patlayıcı maddeler ve ateşleyiciler kullanılır.

7. Sigara içmek, içmek amacıyla tütün mamulleri ile alev ve kıvılcım çıkarabilecek her türlü maddeyi taşımak ve bulundurmamak yasaktır.

Alevle kesme, kaynak yapma ve benzeri diğer işlemlere, işçilerin sağlık ve güvenliklerini korumaya yönelik özel önlemler alınması kaydıyla sadece istisnai durumlarda izin verilir.

21/02/2004 tarih ve 25380 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Maden ve Taş Ocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Alınacak İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Önlemlerine İlişkin Tüzük.

Sekizinci bölüm

Grizu Tehlikesi Olan Ocaklar

Grizulu ocaklar

Ocağın bütün kısımlarında, her gün, her vardiyada, fenni nezaretçi veya bu hususta yetiştirilmiş yetkili kimseler tarafından, emniyet lambası veya metan detektörüyle, grizu ölçmeleri yapılır. Bu ölçmelerde, eser miktarda bile olsa metan saptanan ocaklar, grizulu ocak kabul edilir ve buralarda tüzüğün bu tür ocaklarda alınmasını öngördüğü tüm önlemler alınır.

Grizu ölçmelerinin sonuçları, noterce onaylı emniyet defterine, ölçmeyi yapan tarafından yazılır ve imzalanır.

Kontrol sondajları

Bacalar, grizu bulunabilecek eski çalışma yerlerinde veya ani grizu boşalabilecek yönlerde devam ettirildiği takdirde, ilk önce, yukarıdaki maddede sözü edilen kimselerin gözetiminde en az 25 metre boyunda kontrol sondajları yapılır. Diğer zararlı gazların bulunduğu ocaklarda yapılacak kontrol sondajlarının boyu, 5 metredir. Kontrol sondaj deliklerinde, grizu veya diğer zararlı gazların varlığı anlaşılırsa, iş durdurulur; işçiler söz konusu yeri terk ederler; giriş yeri kapatılır, durum yetkililere derhal bildirilir.

Havalandırma kısımları

Ocaklar, gereği kadar bağımsız havalandırma kısımlarına ayrılır; özellikle tehlikeli yerler, bağımsız olarak havalandırılır.

Havalandırmanın yönü

Havalandırma esas itibariyle aşağıdan yukarıya doğru yapılır. Zorunluluk halinde, bakanlıktan izin alınarak, yukarıdan aşağıya doğru havalandırma yapılabilir.

Eğimi hiç bir kısımda % 10 u geçmeyen, kesitinin herhangi bir noktasında grizu toplanmasına olanak bulunmayan ve grizu birikimini önleyecek hava akımı sağlanan galeriler, havalandırma bakımından düz sayılır.

#### Bölme ve borularla havalandırma

Hazırlık işleri veya grizu birikimlerini dağıtmak amacıyla yapılan işler dışında, bölmeyle veya borularla havalandırma yasaktır.

#### Grizu birikintilerinin temizlenmesi

Önemli grizu birikintileri, tehlike doğurmayacak biçimde ve büyük bir dikkatle temizlenir. Temizleme, fenni nezaretçi veya görevlendireceği nezaretçinin yönergesine göre yapılır. Pek az miktarda bile olsa, grizu birikimleri, doğrudan basınçlı hava verilerek giderilemez.

#### Çıplak alev, çıplak ateş ve ark

Kömür ve kükürt ocaklarında veya patlayabilecek gaz ve toz saptanan diğer ocaklarda, çıplak alevli veya tek kafesli lamba kullanılamaz.

Bu ocaklarda kaynak yapılması, kaynakla kesim yapılması veya başka bir amaçla çıplak ateş veya ark kullanılması Bakanlığın onaylayacağı esaslara uygun olarak yürütülür.

#### Emniyet lambaları ve detektörler

İşveren, her havalandırma bölgesinde, emniyet lambalarına ve metan detektörlerine ek olarak, bilgi ve deneyimine güvenilen işçiler ve nezaretçiler tarafından kullanılacak olan ve diğer zararlı gazları ölçen detektörleri sağlamakla yükümlüdür.

Emniyet lambaları veya detektörleri kullanacaklara, bunların kullanılma yöntemleri önceden öğretilecektir.

Ölçüyü yapanlar, sonuçlarını, derhal, özel cep defterlerine yazacak ve rapor defterine aynen işleyerek imzalayacaklardır.

#### Aynı hava akımında çalışabilecek yerlerin sayısı

Aynı hava akımı üzerinde bulunan ve aynı anda çalışılan yerlerin sayısı, hava miktarına ve grizu çıkışına göre düzenlenir.

Aynı hava akımından yararlanan ayaklarda ve damar içindeki düz ve eğimli yollarda, metan oranı % 1,5 u, bunların bağlandığı hava dönüş yollarında % 1 i geçemez.



#### Boşlukların doldurulması

Dolgu uygulanan ayak gerilerinde boşluk bırakılmamasına dikkat edilir. Dolgular iyice sıkıştırılır; olabildiğince hava sızdırmayacak biçimde yapılır; tavadaki bütün boşluklar doldurulur.

Göçertme metodu uygulanan durumlarda, tavanın süratle ve tamamen göçertilmesi sağlanır. Tavan düşürülünceye kadar üretim durdurulur.

#### Karbonmonoksit maskesi

Grizulu ve yangına elverişli kömür damarlarının bulunduğu ocaklarda, tüm işçiler, çalışma süresince, yanlarında karbonmonoksit maskesi taşımak zorundadırlar. Alınması gerekli görülen diğer güvenlik önlemleri, Bakanlıkça, bu Tüzüğün yürürlüğe girdiği tarihten başlayarak bir yıl içinde çıkarılacak yönetmelikte belirtilir.

#### Yerüstü önlemleri

Yerüstünde, ocaktan çıkan grizu veya diğer zararlı gazların tehlike yaratmalarını önlemek üzere gerekli güvenlik önlemleri alınır.

#### İki havalandırma grubu zorunluluğu

Bütün grizulu ocaklarda, her biri tek başına ocağın havalandırılmasını sağlayacak güçte, birinin herhangi bir nedenle durması halinde, diğeri derhal, çalışacak durumda, iki havalandırma grubu bulunacaktır.

#### Vantilatör ve aspiratörlerin arızalanması

Vantilatör ve aspiratörlerin arızalanması halinde, durum, derhal fenni nezaretçiye, yoksa, görev başında bulunan sorumlu nezaretçiye bildirilir.

Nezaretçi, işçilerin güvenliği için gerekli bütün önlemleri derhal alır ve gerektiğinde ocağın tamamını veya bir kısmını boşaltır.

Boşaltılan ocaklara veya kısımlarına, ancak, fenni nezaretçi veya görev başında bulunan en üst dereceli sorumlu nezaretçinin izniyle öngöreceği güvenlik önlemlerine uyularak girilebilir.

### İki enerji kaynağına bağlanma

Vantilatörler ve aspiratörler, ancak, fenni nezaretçinin emriyle durdurulur. Ana vantilatör ve aspiratörler birbirinden bağımsız iki ayrı enerji kaynağına bağlanırlar. Birinin durması halinde, diğerinin ocak havalandırılmasını aksatmayacak en kısa sürede çalışması sağlanır.

### Havasında % 2 den çok metan bulunan yerler

Havasında % 2 den çok metan saptanan ocaklarda veya ocak kısımlarında, işçilerin kurtarılması ve grizunun temizlenmesi dışında çalışma yapmak yasaktır. Metan oranının çalışma ortamında sık sık değiştiği hallerde, metan oranına göre ayarlı, ses ve ışık uyarısı yapan metan detektörü bulundurulacak veya bir merkezden izlenebilecek otomatik kontrol sistemi kurulacaktır.

Metan oranının % 2 yi aştığını ilk gören, bacadaki çalışmayı durdurur; durumu sorumlu nezaretçiye bildirir.

Kurtarma, bir tehlikeyi önleme veya giderme amacıyla çalışılması gereken ve içinde tehlikeli derecede grizu birikmiş bulunan yerlerdeki işler, fenni nezaretçinin emir ve yönergesine uygun biçimde, özel olarak görevlendirilen nezaretçinin sürekli denetimi altında bu iş için yetiştirilmiş ve seçilmiş kimseler tarafından yapılır.

### Boşaltılan ocaklar ve ocak kısımları

Grizu ve tehlikeli gazlar bulunduğu için boşaltılmış olan ocaklar veya ocak kısımları, içine girilmeyecek biçimde kapatılır.

Kurtarma işleri dışında, fenni nezaretçiden veya nezaretçilerden başka hiç kimse, emir almadan, bu yerlere giremez.

### Grizu ölçümleri

Bütün grizulu ocakların, havalandırma planında saptanan istasyonlarında, en geç 10 günde bir hava ölçmeleri yapılır. Havada % 1 den çok metan saptandığında, bu oran, % 1 in altına düşünceye kadar, ölçümler aralıksız sürdürülür.

Hava akımını etkileyecek yeni bir galeri delinmesi, kapılarda değişiklik yapılması, vb. nedenlerle hava akımının ana kollarından birinin yönünde veya miktarında önemli bir değişikliğin veya değişiklik ihtimalinin söz konusu olması halinde, hava ve grizu ölçmeleri yenilenir.

Genel hava ölçmelerine ek olarak, hava çıkış yollarında, metan miktarı, her gün ölçülür ve bütün ölçümler havalandırma defterine yazılarak imzalanır. (14, 15)

## **KÖMÜR TOZU VE TOZ PATLAMALARI**

Ülkemizde yeraltı maden işletmelerinin önemli bir kısmının kömür işletmeleri olması nedeni ile kömür tozuna verilmesi gereken önem de fazladır. Kömür genellikle parçalanıp ufalanarak toz oluşturmaya elverişlidir. Kömür tozu, patlamalara neden olabildiği gibi doğrudan çalışanın sağlığını olumsuz etkileyerek çeşitli hastalıklara da neden olmaktadır. Parçalanmış kömürün oluşturduğu tozlar akciğer sıvılarınca parçalanamadıkları için burada birikerek hastalıklara yol açarlar. Akciğerde kömür tozu birikimi nedeniyle oluşan hastalık antrakoz olarak adlandırılır. Ayrıca madende bulunan kömürün kuvars içermesi çalışanlarda silikoz ve antrakoz hastalıklarının beraber gelişmesine neden olabilir. Bu özellikle eski ve fazla kömürleşme olan ve kuvars içeren taş kömürü madenlerinde görülür

Genelde kömür tozu nedeniyle hastalığın gelişmesi yavaş seyretmektedir. Kömür madeninde çalışan ve gerekli önlemleri uygulamayan işçilerinin hastalanması, kuvars içeren cevherlerde çalışan işçilere nazaran daha yavaş olmakta ve sakıncalı durumlar uzun zamandan sonra meydana çıkmaktadır.

Kömür tozu büyüklüğü bakımından dört gruba ayrılabilir:

- ~ Gevşek kömür
- ~ Kömür tozu
- ~ Uçucu kömür tozu
- ~ Solunabilir kömür tozu

Kömür tozunun madenlerde yarattığı en önemli tehlike kömür tozu patlamalarıdır. Kömür tozu patlaması yeraltı madenlerinde biriken tozun havaya yayılarak bir etken ile tutuşması sonucunda patlamasıdır. Genellikle metan patlamasını takiben havaya karışan kömür tozu da patlayarak ikincil bir patlama yaratmaktadır. Kömür tozu patlamalarında kömür tozunun büyüklüğü, bileşimi, konsantrasyonu, havanın oksijen içeriği, yanmaya elverişli gaz içeriği,

tutuşma kaynağı, ortamın nem içeriği ve dağılma koşulları gibi etmenler aktif rol oynamaktadır.

Kömür tozunun ateş alma mekanizmasını ve patlama seyrinin araştırılması üzerine çeşitli teoriler mevcuttur. Bazı bilgiler kömür tozu patlamalarının gaz fazında olduğunu ve kömür taneciğinin ısınması neticesinde açığa çıkan uçucu maddenin bu reaksiyonu meydana getirdiği düşüncesini ileri sürmektedir. Buna karşın bazı araştırmacılar ise patlamayı, kömür taneciğinin dış yüzeyindeki oksidasyon olayına bağlamaktadır. Kömür taneciği ve açığa çıkan uçucu madde miktarının, patlamayı beraberce meydana getirdiği görüşü ise yapılan çalışmalarla önem kazanmaya başlamıştır.

Kömür taneciğinin yanması üç aşamada meydana gelmektedir;

- ~ Taneciğin ısınması ve uçucu katran maddelerin ortaya çıkması.
- ~ Ortaya çıkan uçucu ve katran maddelerin ateş alması ve yanması.
- ~ Kök ve kömür artıklarının ateş alması ve yanması.

Bu üç aşamanın zaman bakımından sıralanışı, tanecik büyüklüğüne ve ısınma hızına bağlıdır.  $10^4$  k/dak'lık ısınma hızında ve ortalama çapı 1 milimetre olan bağımsız bir tanecikte gaz çıkışı ve yanmanın birbirinden ayrı aşamalarda olduğu tespit edilmiştir. Küçük taneciklerde ve  $10^4$  k/dak'lık ısıtma hızında gaz çıkışı belirli bir biçimde başlamadan önce, tanecik yüzeyinde ateş alma meydana gelmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar ısıtma hızının  $10^5$  k/dak'lık sınıra kadar artması ile patlama reaksiyonlarının daha yüksek sıcaklıklara itildiğini göstermektedir.

Kömür tozu patlamalarında ısınma hızı, yapılan çalışmalara göre  $10^4$  ve  $10^9$  k/dak arasında bulunmaktadır. Tanecik çapı ise 100  $\mu\text{m}$  den daha küçüktür. Bu bakımdan patlama esnasında kömür taneciğinden gaz çıkışı, ateşlenmesi, uçucu ve katran maddelerin ve kömür artıklarının yanması aynı zamanda olmaktadır. Bir diğer araştırmada ise uçucu ve katran maddelerin, kömür taneciğinin dış yüzeyini büyüttüğü ve dolayısıyla da yanma olayını hızlandırdığı tespit edilmiştir.

Kömür tozu patlamasında görülen yüksek hızdaki alev çıkışının ateş almış bir tanecikten civar havaya ve buradan başka bir soğuk taneciğe enerji nakli oldukça yavaş olmaktadır.

Araştırmalar, kömür tozu ateşlenmelerinde radyasyon ile enerji naklinin konveksiyonla olana göre milyon kat daha hızlı olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun için, yanan kömür taneciğinden komşu soğuk taneciğe radyasyon ile ısı naklinin olduğu ve ayrıca tanecikten civar havaya verilen ısıнын ise kayıp olduğu kabul edilir. Ayrıca, alevsiz yanma için kömür tozu taneciğinin dış yüzeyinde bir ateşleme fazının olduğu ve patlamanın bu safhasında dış yüzeyde bulunan oksijen molekülünün yanmayı sağladığı kabul edilir. Teorik düşünceler ve yapılmış olan çalışmalar toz/hava karışımının ateş almasının, alev ile direkt temas olmaksızın radyasyon enerjisi ile meydana geldiğini göstermiştir.

Kömür tozu patlamaları için gereken ısı kaynağı grizu patlamalarına nazaran daha fazladır. Grizuda reaksiyonda bulunan bir gaz karışımı mevcut olduğu halde, kömür tozu yere çökmüş bir vaziyette yani patlamaya elverişli olmayan bir halde bulunur. Ocak havasında mevcut olarak bulunan süspansiyon halindeki kömür tozu ise çok tozlu ocaklarda bile patlamayı meydana getirecek konsantrasyonda değildir. Bu husun ancak yerde çökmüş olarak bulunan tozun bir şekilde havalanarak havaya karışması esnasında oluşur. Bunun için de kuvvetli bir hava darbesi lazımdır. Kömür tozunun havaya kalkarak karışmasına neden olacak yüksek enerjinin yanında, toz bulutunun ateşlenmesi içinde büyük ısı enerjisine de ihtiyaç vardır ki çoğu zaman bu yüksek enerji ve ısı meydana gelen bir grizu patlaması sonucu ortaya çıkmaktadır. Kömür içerisinde bulunan uçucu maddeler dışarı çıktıktan sonra, bağımsız toz taneciklerinin etrafında yanarak bu yüksek ısı enerjisini meydana getirmektedirler.

Yeraltı işletmelerinde kömür tozu patlamaları için gereken ateş kaynağı olarak ilk başta, ocakta kullanılan patlayıcı maddeler ve meydana gelen grizu patlamasının alevi akla gelmektedir. Ayrıca elektrik kıvılcımları da patlamayı meydana getirebilir. Küçük miktarda grizunun kıvılcım veya alev etkisiyle patlaması neticesinde meydana gelen basınç kömür tozunun havaya karışmasına ve toz bulutu oluşmasına neden olabilir. Meydana gelen toz/hava karışımı ortamın sıcaklığı ve alevin etkisiyle ateş alarak kömür tozu patlamalarını meydana getirir. Bu durum maden işletmelerinde en çok karşılaşılan toz patlaması durumudur.

Kömür tozunun patlamaya olan eğilimini şu şartlar belirler;

- ~ Mevcut olan gaz miktarı
- ~ Katı maddeye bağlı olan gaz cinsi
- ~ Kömür tozunun tane büyüklüğü

~ Kömürün ince toz taneciği haline gelebilme eğilimi

Patlama tehlikesi yukarıda sayılan unsurların yanı sıra, kömür tozunun girdaplanabilme ve bulut haline geçebilme durumuna da bağlıdır. Tozun patlamadan önce havada asılı halde bulunması en tehlikeli ortamı yaratmaktadır. Ayrıca patlamayı meydana getiren sıcaklık miktarı da oldukça önemli bir faktördür. Çok yüksek sıcaklıklarda, düşük gazlı kömür tozlarının bile patladığına şahit olunmuştur.

Bunların yanında patlamaya etki eden önemli faktörler arasında kül miktarı ve konsantrasyonu da sayılmalı, galeri kesiti, kullanılan tahkimat cinsi, dönemeçler ve galerilerin kesişme noktaları gibi maden şartlarının da patlamada önemli unsurlardan olduğu unutulmamalıdır.

Özel (spesifik) güç

Patlamanın yayılması için ilk şart, bir kömür tozu hava karışımının mevcut olmasıdır. Daha sonra alev ile doğrudan teması olmayan toz bulutunun ateşlenmesi ve patlaması ancak yeterli bir radyasyon şiddetine sahip olmasıyla gerçekleşebilir. Bu güç miktarı patlamadan birim zamanda alınan ve atmosfere sevk edilen ısı miktarının tespiti ile belirlenir.

Patlamanın spesifik gücü, kapalı bir sistemde birim hacimdeki homojen toz ve hava karışımının gaz fazına verdiği güçtür.

Gaz hızına bağlı olarak kömür üç halde bulunabilir;

Zayıf derecede girdaplanma: hava akımı tozun az bir kısmını hareket ettirmektedir.

Orta derecede girdaplanma: burada girdaplaşmanın yan yana üç fazı mevcuttur;

~ yere çökmüş halde bulunan hareketsiz toz

~ yüksek yoğunlukta yavaş hareket eden toz

~ az yoğunlukta tamamen girdaplaşmış toz

Kuvvetli derecede girdaplanma: tozun hava akımında homojen bir şekilde dağılımı

Tozun girdaplanması; kendisinin ağırlığı ve toza verilecek ivmeye bağlı olduğundan; girdaplanma derecesi Froude sayısı ile ifade edilir.

$$Fr_o = V_o / \sqrt{g \cdot d_o}$$

$V_o$  : ortalama hava hızı (m/sn)

$g$  : yerçekimi ivmesi (m/sn<sup>2</sup>)

$d_o$  : boru çapı (m)

Oluşan kömür tozunun boyutu ne kadar ufak olursa, havaya yayılması ve de havada asılı kalma süresi o kadar fazla olacaktır. Havaya yayılan ince kömür tozları, kömür toz bulutu oluştururlar ve patlamada, tutuşma esnasında, yayılmada ve patlamanın büyüklüğünde etkilidirler.

Kömür karbondan, buharlaşabilen materyallerden, küllerden ve de nemden oluşur. Kömürdeki buharlaşabilen madde oranı kömür tozunun patlayabilirliğini belirler.

Kömür tozu patlamalarında kömür konsantrasyonu da önemli rol oynamaktadır. En güçlü kömür tozu patlamaları ortamda bulunan bütün kömür tozlarının maden havasındaki mevcut oksijen ile yanması sonucunda gerçekleşmektedir. Patlama için alt limit 60 g/m<sup>3</sup> tür.

Maden ekipmanlarından, elektrik sisteminden, sert kayaların kesilmesinden veya hatalı güvenlik lambalarından kaynaklanan kıvılcımlar, kömür tozu patlamalarını başlatan başlıca tutuşma sebepleridir.

Madenlerde mevcut metan gazı miktarı da kömür tozu patlamalarının patlama alt limitini düşürmesi bakımından önemlidir.

### **Kömür Tozu Patlamalarıyla Mücadele**

Kömür tozu patlamalarına karşı alınacak önlemler

Toz patlamalarına karşı alınabilecek önlemler, birkaç aşamadan oluşan bir bütündür. Bu önlemler bütününün hiçbir aşamadan ödün verilmeksizin uygulanmasının hayati önemi vardır. Tersine davranışların yapılması büyük afetlere davetiye çıkarılması anlamına gelebilmektedir.

Toz patlamalarına karşı alınabilecek önlemler sırasıyla şu aşamalardan oluşmaktadır;

- ~ Tozun oluşmasını, havaya karışmasını ve birikmesini önlemek
- ~ Tozun ateşlenmesini önlemek
- ~ Toz patlamasının gelişmesini ve diğer ocak kısımlarına yayılmasını önlemek

Tozun oluşmasını, havaya karışmasını ve ocakta birikmesini önlemek

Ocakta solunabilir tozla savaşmak konusundaki önlemlerin, patlayıcı toz açısından da büyük değeri vardır. Fisketelerde çeşitli aşamalarda ıslatma, sulama, arına su emprenyesi gibi çalışmalar patlayıcı tozları da bağlayacaktır. Islatılmak yoluyla bağlanmış olan tozun havalanarak bir toz bulutu oluşturma özelliği büyük ölçüde azalacaktır. Ancak, ıslatmanın tüm ocak kesimlerinde arada kuru sahalar bırakmaksızın ve tozun kuruyarak daha da incelmeye olanak vermeksizin yapılmasının önemi büyüktür.

Pratik olarak görünmesede tozun ocaktan uzaklaştırılması için tozun süpürülmesi veya kürekle temizlenmesi gibi yöntemlerde kullanılabilir. Ocaktaki toz miktarı ne kadar az olursa önlemlerin uygulanması o denli rahat olacaktır. Ayrıca az da olsa sağlanacak ekonomik katkıda göz önünde bulundurulmalıdır.

Tozun ateşlenmesini önlemek

Grizulu ocaklarda, grizunun birikmesini ve alev almasını engellemek için yapılacak tüm çalışmalar toz patlamalarının önlenmesinde de yararlı olacaktır. Ayrıca tozun alevlenebilme özelliğini azaltmak üzere ıslatmak ya da koruyucu taş tozu katmakta düşünülebilir. Özellikle ateşlemelerin yapıldığı arınlara yakın uzaklıklarda bu işlemlerin yapılmasında yarar vardır. Ancak en güvenilir yolun uygun patlayıcı madde olduğu da daima hatırlanmalıdır.

Toz patlamasının gelişmesini önlemek

Yukarıda sözü edilen iki aşamadaki önlemlerin uygulanmasına karşın toz patlamaları oluşabilmektedir. Patlamaların gelişimini önlemek amacıyla su kullanımının uygun bir teknoloji seçilmiş olması koşuluyla başarılı olabileceği görülmekle birlikte bugünkü madencilik uygulamalarında taş tozu uygulamaları daha yaygındır.

Bu uygulamaların temeli, ocakta biriken tozun yanmaz malzeme içeriğini arttırarak tozun patlamaz duruma getirilmesidir.



Gelişen toz patlamalarını durdurmak

Alınan tüm önlemlere karşı başlamış ve gelişen bir toz patlamasını, olayın boyutları büyümeden ve diğer ocak kesimlerine sıçramadan durdurmak amacıyla taş tozu barajları ve su barajları (alev barajları, durdurucu barajlar) uygulanmaktadır.

Toz patlamalarının gelişmesini önlemeye ve gelişen patlamaları durdurmaya yönelik önlemler:

Kömür tozu patlamalarıyla mücadele çalışmaları bir önlemler bütününden oluşmaktadır. Bu önlemlerin hiçbirinin göz ardı edilmeden uygulanması hayati önem taşımaktadır.

Tozun oluşmasına, oluşan tozun havaya karışmasına ve ocakta birikmesine engel olmak üzere yapılan tüm çalışmalar, gerek solunabilir nitelikteki sağlığa zararlı tozlarla gerekse de patlayıcı tozlarla mücadelede son derece önemlidir.

Daha öncede belirtildiği gibi grizulu ocaklarda grizu patlamasına karşı alınacak önlemler ve solunabilir toza karşı alınan önlemler toz patlamalarının önüne geçmek için etkili olmaktadır. Ama ne yazık ki bu iki konudaki önlemlerin alınmasına karşın yinede toz patlamalarıyla karşı karşıya kalılabilmekte ve de doğrudan toz patlamalarına karşı önlem alınmasının önemi tekrar ortaya çıkmaktadır. Bu önlemleri şöyle sıralayabiliriz;

i- Toz patlamasının gelişmesini önlemek

Toz patlamalarının gelişmesini önlemek üzere, ya tüm ocak kesimlerinde eşit biçimde ve tozun kuruyarak ufalanmasına olanak vermeksizin uygulamak koşuluyla tozu ıslatma ya da tozun yanmaz madde içeriğini artırmak üzere, ocak kesimlerini koruyucu taş tozuyla tozlama çalışmaları yapılabilmektedir.

Etkin bir biçimde uygulandığı takdirde başarı sağlandığı saptanmış olsa da ıslatma tekniği günümüz madenciliğinde pek yaygın değildir. Genel olarak uygulanan teknik koruyucu taş tozuyla tozlama değildir. Bu işlemin özü biriken tozun yanmaz madde içeriğini arttırarak tozu patlamaz duruma getirmektir. Yanmaz madde içeriği arttıkça tozun patlayabilirliğinin önemli oranda azaldığı bilinmektedir.

Koruyucu taş tozu uygulamasında karşılaşılan sorunlar ve çözüm yolları

Koruyucu taş tozu olarak yoğun bir biçimde kullanılan kalkerin en büyük sakıncası, kömür tozuna göre nemlenmeye daha yatkın olmasıdır. Kalker tozu çok az nem almış da olsa havalanma özelliğini kaybedebilmektedir. Özellikle ocakların nemli kesimlerinde bu durum önemli sorunlar yaratacaktır. Akla gelen ilk çözüm tozlamayı sık sık yenilemektir, ama bu durum ekonomik yük anlamına gelmektedir. Bugün birçok ülkede tozun hazırlanması sırasında içine kolay nem tutmayan maddeler katılarak bu sorun çözülmektedir. Böylece koruyucu tozun nemlenmesi uzun süreler engellenebilmektedir. Katkı maddesi içeren tozlar en nemli koşullarda bile havalanabilme ve dağılma özelliklerini yitirmemektedir. Doğal yada sentetik stearin, olein gibi yağ asitleri, katran ya da parafin yağı ve reçine karışımı kullanıldığında istenilen sonuçlar elde edilmektedir. Ancak bu şekillerde hazırlanmış tozlar çok kolayca ocak havasına karışabildiklerinden koruyucu tozlama işleminin ocakların tatil olduğu günlerde yapılması önemlidir.

Tozlama yapılırken kullanılacak taş tozunun silis içermemesi, silisten kaynaklanan risklerin önüne geçilebilmesi için oldukça önemlidir ve tozlama için seçilecek taş tozu tipinde bu konuya dikkat edilmelidir..

Koruyucu tozlama işi ya elle ya da mekanik araçlarla yapılabilmektedir. Elle yapılan işlem pahalıdır. Mekanik araçlar ise tozun ocak havasına karışımına yol açmaktadır.

Ayrıca iş yerlerinin özelliklerine bağlı olarak bazı durumlarda söz konusu olabilmektedir. Örneğin toz oluşumunun hızlı bir biçimde gerçekleştiği işyerlerinde, bir kaç saat içinde koruyucu tozun üstüne bir kömür tozu tabakası çökebilmektedir. Böylece koruyucu taş tozu iş görmez duruma gelmektedir. Özellikle ocaklarda yapılan ateşlemeler sırasında meydana gelen hava darbeleriyle çökmüş toz havalanarak tekrar çökmekte ve bu sırada daha hafif olan kömür tozu üstte kalabilmektedir. Tozun bu tür sonuçlar doğurduğu işyerlerine özel bir dikkat gösterilmesi gerekmektedir. Kömürün taş tozu ile kirlenmesi ise diğer bir sorundur.

Koruyucu tozlamanın denetimi

Koruyucu tozlamanın etkinliğini denetlemek üzere, işyerlerinden düzenli olarak toz örneklerinin alınması ve laboratuarlarda yanmaz malzeme içeriğinin saptanması gerekmektedir. Toz dağılımı eşit olmadığından örneklemede güçlükler söz konusudur. Daha

tehlikeli olan tavan ve yan duvarlardan ve tabanda çökmüş olan tozdan ayrı ayrı örnekleme yapılmalıdır. İncelenecek kesimde, o kesimin durumunu gerçeğe en yakın biçimde yansıtabilecek uygun noktalar seçilmelidir. Örneğin Polonya uygulamalarında 200 metre uzunluğundaki bir galeride en az 5 noktada tekrarlanmak üzere galeri kesitinin çevresi boyunca 20 cm enli şeritlerden 5 mm kadar kalınlıkta toz tabakası alınmaya çalışılmaktadır. ABD’de 100 metrede bir örnekleme yapılmakta, Rusya’da ise 3’er aylık periyotlarla arınlara yakın yerlerde 100 metrede bir ve 300 metre uzaklıktan sonra her 300 metrede bir örnek alınmaktadır. Toplanan toz örnekleri, özenli bir biçimde karıştırılıp elenerek azaltılmakta ve etiketlenmiş bir torbaya konularak laboratuara taşınmaktadır.

#### Taş tozu uygulanmasının yararları ve taş tozu miktarı

Koruyucu taş tozu, dünya madenciliğinde yararları açık olarak görülmüş ve yaygınlık kazanmış bir uygulamadır. Bu tekniğin uygulanmaya başlamasıyla birlikte, özellikle çok sayıda ölümlere yol açan patlamaların sayısında önemli düşüşler olduğunu istatistikler göstermektedir. Son yıllarda yoğunlaşan araştırmalar sonucunda saptana güvenilir toz miktarı çok daha sağlıklı değerlerdir. Ama hala bütün ülkelerde eş uygulamalar henüz söz konusu değildir. Zonguldak havzasında bazı damarlarda yapılan bir araştırmada uygun yanmaz malzeme içerikleri % 75 olarak saptanmıştır.

Taş tozunun açık rengi nedeniyle görüş üzerindeki etkisine de bir üstünlük olarak bakılabilir.

#### Tuzlama teknikleri

Daha önce söz edildiği gibi, çökmüş toz üzerinde oluşabilen kömür tozu tabakasının tehlikesini sık sık tozlama ile gidermeye çalışmak olanaklı ise de bu her zaman kolay uygulanabilir bir işlem değildir. Tozu çöker çökmez bağlamak ve tekrar havalanmasına engel olmak diğer bir çözüm yoludur. Nemli işyerlerinde çöken tozun uçuculuğu bir süre sonra kaybolacaktır. Katkı maddeli ıslatma sıvıları kullanmak suretiyle tozun bu bağlanma süresini uzatmak ve kuruyarak tekrar havaya karışmasını engellemek mümkündür. Tuzlu su  $CaCl_2$ ,  $MgCl_2$  esaslı macunlar ile bunların kurutulmuş pudraları, kömür tozunu bağlamak üzere pek yaygın olmasa da kullanılmaktadır.

1- Kaya tuzu tekniği: ince öğütülmüş ve pelte haline getirilmiş kaya tuzu, iri tuz ve su ile birlikte galerinin tavanına, tabanına ve duvarlarına püskürtülür. Kömür tozu kurumu sonucu oluşan tuz kristalleri arasında tutulmaktadır. Galeri zaman zaman ıslatılmakta ve göreceli nemliliğinin %75 kadar olmasına çalışılmaktadır.

2- Nem tutucu macun tekniği: nem tutucu tuzlar bir jel malzemesi katkısıyla macun durumuna getirilerek galerinin tavanına ve duvarlarına yaklaşık 5mm kalınlıkta püskürtülür. Tabana ise tuz kepekleri serpilir. Böylece kuruma süresi çok uzatılabilmekte olup, işlemin 1 -3 ayda bir yenilemek yeterli olmaktadır.

#### ii- Gelişen toz patlamalarını durdurmak

Alınan tüm önlemlere karşın başlamış ve gelişme gösteren bir toz patlamasını boyutları daha da büyümeden ve diğer ocak kesimlerine yayılmadan durdurmak amacıyla taş tozu ve su barajları uygulanmaktadır.

#### 1- Taş tozu barajları

Patlama alevinin önünde giden basınç dalgasının etkisiyle, kolayca devrilecek şekilde kurulmuş raflara yerleştirilmiş olan taş tozunun havalanması ve tüm galeri kesitini kaplayacak bir bulut oluşturması ve böylece patlama alevinin daha ilerilere geçmesinin önlenmesi, taş tozu barajları yapılması düşüncesinin özünü oluşturmaktadır.

Dünya madenciliğinde ilk uygulanan barajların çok etkili olmadıkları görülmüştür. Ama ilerleyen yıllarla yakın zamana gelindiğinde oldukça etkin baraj tipleri geliştirilmiştir.

Taş tozu barajları, ahşap malzemedan yapılmış ve metal parçaları olanaklar ölçüsünde az tutulmuş basit düzeneklerdir. Etkin bir taş tozu barajı tasarımında şu noktalar göz önünde tutulmalıdır:

Oluşabilecek her şiddetteki patlama, olanaklı en kısa uzaklıklarda durdurulabilmedir. 35–50 m kadar olabilen bu uzaklık 60 m'yi aşmamalıdır.

Barajlar, değişik boyutlardaki galeri kesitlerinde etkili olabilmelidir. Güçsüz bir patlamayla devrilebilmeli ve bunu sağlamak üzere aşırı toz yüklenmemelidir. Normal ocak çalışmaları sırasında oluşabilecek darbelerle yıkılmamalıdır.

Kurulmaları ve denetlenmeleri kolay olmalıdır. Ocakta yer alan borular vantüpler vb. barajın kurulmasını zorlaştırmamalı ve patlama sonrası baraja gelecek darbeye engel

oluşturmamalıdır. Ayrıca işçilerin gelip geçmelerini engellememeli ve bu sırada çarpmalar sonucu yıkılmamalıdır. Keza, taşıma araçlarının hareketleri de barajlar tarafından engellenmemelidir. Bir yanlışlık sonucu devrilmeleri durumunda ocak atmosferine zararlı olmamalıdır.

Bu özelliklerin tümünü birden taşıyan bir baraj oluşturmak çok zordur. Seçilen bir baraj tipi yapılacak pilot uygulamalarla denenmelidir.

#### 1) Polonya tipi barajlar

Galeri tahkimatına takılmış askılar, bu askılara yerleştirilmiş kepçeler ve merdiven olarak adlandırılan bir çerçeve ile çok sayıda tahtalardan oluşan bir platform bu tip barajların kısımlarını oluşturur. Tahtaların uzunlukları 35 ya da 50 cm'dir (dar ve geniş raflar). Askılar dışında kalan tüm elemanlar ahşap olup, bir yere bağlı değildir. Çerçeveyi oluşturan tahtalar birbirlerine iki üç noktadan birleştirilmiştir.

Çerçeve, platformun dağılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Çerçeve yüksekliği 20 - 30 cm civarındadır. Yüzey ne denli büyük olursa darbe o denli iyi alınacaktır. Geniş raflara daha çok taş tozu yüklendiğinden daha yüksek çerçeveler uygulanmalıdır. Denemeler dar rafların etkin olduğunu göstermekle birlikte yasalar gereği, fazla miktarlarda taş tozu konulması gereken yerlerde raf sayısını azaltması nedeniyle, uygulamada geniş raflarında önemli rolü vardır.

#### 2) Almanya tipi barajlar

Bir çift ray demiri üzerine enine olarak konulmuş tahtalar ile bunların üzerine yerleştirilmiş boyuna tahtalardan oluşmaktadır. Ray demirleri ya doğrudan tahkimata bağlanmakta ya da özel askılarla asılmaktadır. Bu tip barajların küçük patlamalarda harekete geçmesine yardımcı olacak parçaları (çerçeve) bulunmamaktadır.

#### 3) Dönemeçlere rastlayan barajlar

Taş tozu barajları esas olarak düz galeri kısımlarında kurulmalıdırlar. Dönemeçler civarında baraj kurulması zorunluysa, baraj birimlerinin olanaklar ölçüsünde mümkün olan en fazla kısmı düz galeri içinde kalmalıdır. Barajın tamamen dönemeç içinde ya da olası patlama noktasını görmeyecek şekilde dönemeç ötesinde kalması durumunda sahanın koruyucu taş

tozuyla tozlanması yararlıdır. Genel olarak barajların bulunduğu kesimlerde tozlama da yapılıyorsa etkinlik artırılmış olmaktadır.

#### 4) Birimler (raflar) arası uzaklık

Denemeler, iş yeri hacmi içinde  $0,5 \text{ kg/m}^3$  taş tozundan az kullanmamak ve her bir rafa  $0.5 \text{ kg/m}^2$  toz yüklenmesi koşuluyla, raflar birbirlerinden uzak da olsalar barajların etkili olabildiğini göstermektedir. Ayrıca, yukarda sözü geçen miktarlara uymak koşuluyla, galeri kesitini tam olarak kaplamayan yarım barajlarında yeterli olacağı saptanmıştır.

Raflar arası uzaklıklar galeri kesitinin büyüklüğü ile ilgilidir.  $1 \text{ kg/m}^3$  değerini sağlamak üzere, dar raflar kullanıldığında raflar arası uzaklık 8 m değerindeyken geniş raflarda yapılan uygulamalarda bu uzaklık 15 m'ye varabilmektedir.

#### 5) Taş tozu miktarı

Kullanılan taş tozu miktarları, barajların ana baraj (ana galerilerde) ya da ikincil baraj (taban yollarında) oluşuna ya da damarın gazlı ya da gazsız oluşuna göre değişmektedir.

#### 6) Barajların arına uzaklığı

Denemeler toz patlaması olasılığı olan arınlara 100 m uzaklığın optimal olduğunu ve 200 m'den fazla uzaklıkların uygun olmayacağını göstermiştir. Patlamaları en kısa uzaklıkta karşılamak amaç olduğundan arınlara 60 m kadar yaklaşılabilceği ve 40 m'nin riskli bir uzaklık olacağı belirtilmektedir.

## 2- Su barajları

Su barajları düşüncesinin özü, alevin önünde giden basınç darbesini alacak şekilde yerleştirilmiş olan su dolu kapların darbe sonucu devrilmesi ve suyun havalanarak dağılması suretiyle alevi söndürmesi ve patlamayı durdurmasıdır. Su kapları polivinilklorür, polyester vb. Plastik malzemelerden yapılmaktadır.

Su barajları pek çok yönden taş tozu barajlarından üstündür. Yeraltında kolayca bulunması, topaklanma vb. sakıncaları olmaması, toza göre raflara daha kolay yerleştirilmesi ve barajlar su kaplarının parçalanmasıyla çalışacağından, oynak raf yapısına gereksinim göstermeyişi bu üstünlüklerin ilk akla gelenleridir.

Taş tozu barajları kadar etkili olabilen su barajlarında kullanılan su miktarı taş tozu miktarına yakındır. Bu tür barajları uygularken yerleri sürekli ıslak tutmak ya da uzak aralı barajları da birlikte uygulamak gibi ek işlemler göz ardı edilmemelidir.

Etkin bir su barajı uygulamasında şu noktalara dikkat edilmelidir:

- ~ Dönemeçlere yakın barajlar etkili olmamaktadır. Bu yüzden 50 m kadar uzaklıkta kurulmaları önerilmektedir.
- ~ Kullanılmakta olan kapılar, zayıf patlamalarda kolay kolay parçalanmamalıdır.
- ~ Bir raftaki su miktarı  $7,5 \text{ kg/m}^2$ 'den az olmamalıdır.
- ~ Raflar arası uzaklık en az 2–3 m kadar olmalıdır. Ancak, koşulların zorladığı yerlerde bu uzaklık 1 m'ye kadar inebilir.

Su barajlarında bir patlama etkisiyle su döküldükten sonra suyun işlevi bitmektedir. Oysa taş tozu barajlarında dökülen tozun ikinci bir patlamada tekrar havalandırılarak etkili olması gibi önemli bir yarar söz konusudur.

Barajların kurulmasında izlenecek yollar

Barajları ocakta uygun biçimde dağıtmak, yerel koşullar dikkatle incelenmek suretiyle yapılması gereken çok önemli bir çalışmadır.

Bir panoyu ya da havalandırma açısından bağımsız bir ocak kesimini (kapatılmış sahalar da dâhil), ocağın diğer pano ve kesimlerinden soyutlamak amacıyla “ana barajlar” uygulanır. Pano ya da bağımsız ocak kesimi içinde “ikincil barajlar” (yardımcı barajlar) kurulur.

Barajların yerleri belirlenirken temelde düşünülecek konu, bir kömür tozu patlamasının hiç bir şekilde 200 m'den daha uzağa yayılmasına izin verilmemesi gerektiğidir. Bu barajların olası patlama kaynaklarından itibaren kurulabilecekleri en büyük uzaklıktır. Barajların kurulabileceği en az uzaklık ise 60 m'dir. Patlama olasılığının çok yüksek olduğu noktalarda 40 m'ye kadar inilebilir.

Olası patlama kaynakları gazsız ocaklarda ateşlemelerin yürütüldüğü galeri alınları ve koruyucu taş tozunun kullanılmadığı tozlu iş yerleridir. Keza, taşıma işlerinin yürütüldüğü desandire ve varageller ve elektrik kablolarının yer aldığı işyerlerine de dikkat edilmelidir.

Gazlı ocaklarda metan birikimlerinin olabileceği yerler de olası patlama noktalarıdır. Ayrıca; kapatılmış yangın sahaları da (çok sağlam barajlanmadıysa) patlama olabilecek yerlerdendir.

Barajların kurulduğu galeri bölümünün önünde ve gerisinde kalan galeri kısımlarında kesit, olanakları ölçüsünde eşdeğer biçimde olmalı, kesitin geniş ya da tavanın bozuk olduğu yerlerde baraj kurulmamalıdır.

Eğer galeri baraj kurulması için çok kısaysa (60 m'den kısa) barajın bir bölümü bu galeride ve bir bölümü de komşu galeriler içinde kurulabilir. Böyle durumlarda taş tozu barajları hemen komşu galerinin başlangıcında, su barajları ise komşu galeri başlangıcından 50 m içeride yerleştirilir. Su barajlarının en az  $\frac{1}{2}$ 'si ve taş tozu barajlarının en az  $\frac{1}{4}$ 'ü asıl korunacak galerinin içinde bulunmalıdır. Genel olarak baraj kurulması için yeterli uzaklık kazanmamış bulunan işyerleri, taş tozuyla tozlamak suretiyle korunmalıdır.

Karışık şebekelerde baraj yerleri özenle saptanmalıdır. Ana ilke, olası bir patlamanın bir baraja rastlamaksızın, 200 m'den fazla yayılmasına izin verilmeyeceğidir. Ayrıca, tüm bağımsız havalandırma bölümleri ana barajlarla kesinlikle korunmalıdır. Diğer önemli bir nokta, barajların olabildiğince az yer değiştirecek biçimde yerleştirilmesidir. Patlama noktalarına uzaklıklar 60–200 m olabildiğine göre eğer çalışan arınlar baraja doğru ilerliyorsa barajı 200 m ötede, barajdan uzaklaşıyorsa 60 m ötede kurmak yararlıdır.

Elektronikteki gelişmelerden yararlanılarak, otomatik olarak harekete geçen baraj türleri tasarlanmıştır. Bu tür barajların çalışmasındaki ilke, patlamanın basınç, sıcaklık ya da radyasyon özelliklerinden birine duyarlı olan bir detektörün etkisiyle çalışan ve barajı harekete geçiren bir tetik düzeneği oluşturmaktır. Söndürücü olarak taş tozu, su, sodyum ya da potasyum bikarbonat ya da azot, karbondioksit vb. nötr gazlar kullanılabilir.

Bu tür barajların yaygın olarak kullanıma girmesiyle birlikte birçok iş yerinde patlamaları çok kısa bir uzaklıkta durdurmak mümkün olabilecektir.

Kömür tozunun olduğu yeraltı çalışmalarında, özellikle grizulu ocaklarda, tozluluk, nemlilik vb. koşullar çok olumlu da olsa, bir toz patlaması olasılığı vardır. Bu yüzden, oluşabilecek toz patlamalarının gelişmesini önlemeye ve gelişme gösterebilecek patlamaları durdurmaya yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir.

(2, 3, 4, 9, 12, 13)



## **Türk İSG Mevzuatında Kömür Tozu Patlamaları**

21/02/2004 tarih ve 25380 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği.

Yanıcı toz bulunan maden ocakları

1. Açılan bütün maden damarlarında oluşabilecek tozun, patlamanın yayılmasına neden olmayacağı sağlık ve güvenlik dokümanında belirtilmedikçe, kömür madenleri yanıcı toz bulunan maden ocakları olarak kabul edilecektir.

2. Yanıcı toz bulunan maden ocaklarında yalnız bu tür ocaklar için uygun olan patlayıcı maddeler ve ateşleyiciler kullanılır.

Sigara içmek, içmek amacıyla tütün mamulleri ile alev ve kıvılcım çıkarabilecek her türlü maddeyi taşımak ve bulundurmaktır yasaktır.

3. Yanıcı toz birikimini azaltacak, nötralize ederek (yanma özelliğini yok etme) veya bağlayarak (su ve benzeri maddelerde tozu tutma) uzaklaştırılmasını sağlayacak önlemler alınacaktır.

4. Zincirleme toz patlamalarına neden olabilecek, yanıcı toz ve/veya grizu patlamalarının yayılması, patlama barajları yapılarak önlenecektir.

Periyodik olarak güncellenen patlama barajlarının yerleri bir dokümanda gösterilecek ve bu doküman işyerinde bulundurulacaktır.

21/02/2004 tarih ve 25380 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Maden ve Taş Ocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Alınacak İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Önlemlerine İlişkin Tüzük.

Dokuzuncu bölüm

Kömür Tozları ve Toz Patlamalarına Karşı Alınacak Önlemler

Patlamaya elverişli kömür tozlarının saptanması

Fenni nezaretçi, bir ocakta patlamaya elverişli kömür tozu bulunup bulunmadığını saptayarak gerekli önlemleri almakla yükümlüdür.

Tozumaya karşı önlemler

Kömür ocaklarında, gerekli görülen yerlerde, tozumayı önlemek ve tozu bastırmak üzere su kullanılır; taş tozu serpilir veya başkaca etkili önlemler alınır.

### Arabaların niteliği

Kömür ocaklarındaki arabalar, içlerinden kömür tozu dökülmeyecek biçimde olacaktır.

### Toz birikintilerinin yok edilmesi

İçlerinde sürekli taşıma yapılan ve dolaşılan galerilerde, ana hava yollarındaki tehlikeli toz birikintileri, belirli zamanlarda, ıslatılarak toplanır veya başka yollarla yok edilir.

Üretim, yükleme, taşıma, aktarma ve boşaltma yapılan yerlerde, tozun havaya yayılmasını önlemek için, pülverize su fisketeleri konur.

### Yerüstündeki önlemler

Hava giriş kuyusundan kömür tozu girmesini önlemek üzere yerüstünde gerekli önlemler alınır. Ayrıca, kuyular ve çevreleri, belirli aralıklarla, toz birikintilerinden temizlenir. Tozların havaya karışmasına engel olacak önlemler alınmadıkça, ocak dışında, hava giriş kuyusuna 80 metreden daha yakın eleme ve ayıklama tesisi kurulamaz.

### Aylık denetim

Tozlu kömür ocaklarının tavan, taban ve çevresindeki toz, ayda en az bir kez denetlenerek gerekli önlemler alınır.

### Toz defteri

Taş tozu kullanılan ocaklarda özel bir toz defteri tutulur. Bu deftere toz numunesi alınan yerler ve alınma tarihleri, numuneler içinde bulunan yanıcı madde miktarını saptamak için yapılan deney sonuçları, ocağın çeşitli kısımlarında hangi tarihlerde taş tozu kullanıldığı yazılır.

### Taş tozu serpmeye

Taş tozu serpmeye işlemi (şistleme), bu iş için özel olarak yetiştirilmiş ve görevlendirilmiş bir nezaretçinin gözetiminde yapılır. Patlamaya elverişli kömür tozu varsa, bütün vardiya süresince taş tozu serpilir. Ayak alınlarındaki taş tozu serpmeye işleri dışında, diğer bütün şistlemeler, en az sayıda işçi çalıştırılan vardiyada, makinelerle şistleme ise, çevrede kimsenin bulunmadığı zamanlarda ve havanın gidiş yönünde yapılır. Şistlemeye çalışan bütün işçilere kişisel koruyucular verilir.

#### Taş tozu oranı

Taş tozu serpme işlemi, kömür tozunun yanma ve patlama etkisini yok edecek veya azaltacak oranda ve uygun nitelikteki maddelerle yapılır. Taş tozu, bu oranı sürekli olarak koruyacak biçimde ve uygun aralıklarla serpilir.

Doğal koşulların gereksiz kıldığı durumlar dışında girilip çıkılan ve içerisinde dolaşılan galerilere de taş tozu serpilir. Taş tozu kullanılmadan önce, tahkimat üzerleri de dâhil olmak üzere, tavanda, yanlarda ve yerde bulunan kömür tozu birikintileri temizlenir.

#### Taş tozunun niteliği

Kullanılacak taş tozu, olabildiğince nem tutmayacak, silis içermeyecek, içinde % 1,5' dan çok organik madde bulunmayacak ve sağlığa zararlı etki yapmayacak nitelikte olmalıdır.

Taş tozu, inceliği ve dağılım özelliği bakımından belirli aralıklarla denetlenir. Bozulmuş veya çamurlaşmış taş tozu birikintileri toplanarak ocaktan dışarıya çıkarılır.

#### Patlamanın yayılmasına karşı önlemler

Kömür ocaklarında meydana gelecek patlamaların başka kısımlara yayılmalarını önlemek için iki veya daha çok üretim panosunun bağlı olduğu ana hava giriş ve dönüş (nefeslik) yollarının uygun yerlerine taş tozuyla durdurucu barajlar yapılır veya galeri tavanına, patlamanın etkisiyle boşalabilecek su kapları yerleştirilir.

#### Barajların yapılacağı yerler

Durdurucu barajlar, yolun tamamen serbest bir kısmında, tavana yakın ancak, toz yığınının tepe noktasıyla tavan arasında yeterli bir aralık kalması sağlanacak biçimde yapılır.

Bu barajlarda, her zaman yeteri kadar taş tozu bulundurulur. Barajlar üzerindeki taş tozunun niteliklerine uygun bulunup bulunmadığı, üzerinde kömür tozlarının birikip birikmediği sık sık denetlenir.

#### Barajların havalandırma planında gösterilmesi

Durdurucu barajların yerleri, havalandırma planında gösterilir; ayrıca yıllık imalat haritalarına işaretlenir. Durdurucu barajların yapım tarihleriyle baraj üzerindeki taş tozlarının değiştirildikleri tarihler, toz defterine yazılır. (14, 15)

## HAVALANDIRMA

Madencilikte grizu ve toz patlamaları ile doğru biçimde mücadelenin temel yapı taşlarından birinin doğru tasarlanmış bir havalandırma sistemi olduğu daha önce aktarılmıştı. Özellikle yeraltı madenciliğinde önemli konulardan biri olan havalandırma konusuna grizu ve toz patlamaları ile mücadele konusunda da değinilmelidir.

Yeraltı madenciliğinde havalandırmanın ana amacı yeraltındaki çalışma alanlarına ve geçiş yollarına yeterli gelecek miktarlarda hava sağlanması ve başka yollarla kontrol altına alınması zor olan kirleticilerin seviyelerinin kabul edilebilir düzeylere seyreltilmesidir. Ayrıca havalandırmanın ikinci bir kullanım amacı da yeraltı madenlerinde soğutmayı ve ısıtmayı düzenlemek de olacaktır.

Havalandırma ile seyreltilerek kontrol altına alınan kirleticiler genellikle tozlar ve gazlardır. Bir madende kirleticiye kabul edilebilir sınırlara seyreltmek için gereken hava miktarı kirletici kaynağının gücüne ve tozu bastırmak amaçlı su barajları veya metan drenaj sistemleri gibi kontrol önlemlerine bağlıdır. Yeraltı maden işletmesinde hava akış hızı belirlenirken birden fazla kirletici mevcut ise bu kirleticilerin birleşmesi ile oluşacak etkilerde göz önüne alınarak, en yüksek seyreltme gerektiren kirletici kaynağına göre düzenlemeler yapılmalıdır. Mekanize çalışan işletmelerde de dizel araçların açığa çıkaracağı egzoz gazları da düzenli bir gaz gözlem sistemi mevcut değil ise hava akış hızı belirlenirken göz önüne alınmalıdır.

Maden işletmelerinde ilk etapta doğal yollarla yapılan havalandırma gözden geçirilir. Doğal havalandırma terim olarak basınç farklarından doğal yollarla oluşan hava akımı anlamına gelmektedir. Bu basınç farkını, maden kuyularının alt ve üst kısımlarında bulunan havanın yoğunluklarının değişik olması oluşturmaktadır. Güçlü bir hava akışı yaratan ve devam ettiren bu doğal güç, sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan termal enerjidir. Bilindiği üzere soğuk hava sıcak havadan daha ağırdır, bu nedenle soğuk hava aşağıya doğru ilerlerken daha hafif olan sıcak hava yukarıya doğru ilerleyerek bir hava akımı oluşturur. Maden içindeki havanın ısınmasının başlıca sebebi kayalardan, makinelerden, çalışanlardan ve ışıklandırmadan ortama yayılan ısıdır. Küçük ve derin olmayan madenlerde bazen doğal havalandırma kullanılabilir; ama doğal havalandırma genellikle zayıf, kararsız ve zaman zaman ters yöne dahi dönebilecek bir yapıdadır. Doğal havalandırmanın bir olumsuz özelliği

de yeraltı maden yangınları gibi tehlikeli durumlarda doğal havalandırmanın kontrol edilememesidir. Sayılan bu nedenlerden ötürü yeraltı kömür işletmelerinde doğal havalandırma kullanılmaz.

Doğal havalandırmanın yeterli olmayacağı düşünülen ve ortama yayılan kirletici miktarlarının yüksek olduğu yeraltı kömür madenlerinde havalandırma sistemleri kullanılır. Havalandırma sistemleri madenlerdeki aynalara, galerilere ve geçitlere gereken yeterli düzeyde temiz ve serin havayı iletebilecek şekilde ve ortama yayılan kirleticileri kabul edilebilir düzeylerin altına indirecek şekilde hava akımı sağlayacak sistemlerdir. Havalandırma sistemleri tüm yeraltı maden işletmesini kapsayacak şekilde düşünülmeli ana ve yan dallardan oluşacak şekilde tasarlanmalıdır. Tüm ocakta bulunan yerlerin ne kadar havaya ihtiyaç duyduğu yapılan ölçümler neticesinde matematiksel hesaplardan yararlanılarak bulunur ve alt dallarda üst dallara doğru toplanarak gereken ana havalandırma akış hızı bulunur. Temel olarak yeraltı maden havalandırma sistemlerinde havanın çıkacağı ikincil kuyunun yerüstü kısmına ana fan veya fanlar yerleştirilir. Ana fan emici özelliindedir çünkü madene temiz hava girerken havalandırma prensibinde maden içindeki kirlenmiş, ısınmış ve oksijence zayıf havanın dışarıya atılması esastır. Ayrıca hava basılmasının yaratacağı ısınma etkisi de bertaraf edilmiş olur. Buna ek olarak ana maden girişleri genellikle insan, makine ve ekipman sevkiyatı için ve de çıkarılan madenin taşınması için kullanılıyor olduğundan fanın yerleştirilmesi için uygun olmayacaktır.

Ana havalandırma sistemine yardımcı olmak üzere kör galerilerde veya yeni sürülen galerilerde ikincil havalandırma sistemleri kullanılır. Bunlar genelde iki tiptir. Birincisi galerinin ilerlediği yönde en sonuna ana galeriden hava basarak kör galerinin hava sirkülasyonunu sağlamak yoluyla yapılır. İkincisi ise ana galeri ile birleşilen yere emici sistem yerleştirilerek kör galeri içindeki havanın ana galeriye verilmesini sağlamak yoluyla havalandırmaktır. Ayrıca havalandırma sistemlerinde havanın akış yönünü, hızını ve geçen hava miktarını kontrol altında tutabilmek için kapılar kullanılmaktadır.

Havalandırma; yeraltı maden çalışmalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından en önemli parçalarından biridir. Yeraltında insan çalışabilmesinin, maden gaz ve toz patlamalarının önüne geçilmesinin ve cevherin zarar görmemesinin temini için yeraltı maden işletmelerinde doğru ve verimli planlanmış bir havalandırma şarttır. (2, 3, 4)

## **Türk İSG Mevzuatında Havalandırma**

21/02/2004 tarih ve 25380 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği.

### Havalandırma

1. İşçilerin çalıştığı bütün yeraltı işyerlerinde yeterli havalandırma sağlanacaktır.

Yeraltı işyerlerinde;

- Sağlığa uygun solunabilir hava sağlanması,
- Ortamdaki patlama riskini ve solunabilir toz konsantrasyonunu kontrol altında tutulması,
- Kullanılan çalışma yöntemi ve işçilerin fiziki faaliyetleri dikkate alınarak çalışma koşullarına uygun havanın sağlanması ve bu durumun sürdürülebilmesi için sürekli havalandırma yapılması zorunludur.

2. 1’de belirtilen şartların doğal havalandırma ile sağlanamadığı yerlerde, havalandırma bir veya daha fazla mekanik sistemle sağlanacaktır.

Havalandırmanın sürekliliğini ve kararlılığını sağlayacak önlemler alınacaktır.

Havalandırma sistemlerinin devre dışı kalmaması için bunlar devamlı surette izlenecek ve istenmeyen devre dışı kalmaları bildirecek otomatik alarm sistemi bulunacaktır.

3. Havalandırma ile ilgili değerler periyodik olarak ölçülecek ve ölçüm sonuçları kaydedilecektir.

Havalandırma sisteminin gerekli detaylarını içeren bir havalandırma planı hazırlanacak, periyodik olarak güncellenecek ve işyerinde hazır bulundurulacaktır.

21/02/2004 tarih ve 25380 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Maden ve Taş Ocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Alınacak İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Önlemlerine İlişkin Tüzük.

## Yedinci bölüm

### Havalandırma

#### Hava akımı sağlanması

İşçilerin çalıştırıldığı bütün yeraltı işyerlerinde, çalışma koşullarını ve işçilerin çalışma yeteneklerini korumaya, hava sıcaklığının sağlığa zararlı düzeye yükselmesini önlemeye, grizu ve diğer zararlı gaz ve dumanları zararsız bir orana indirmeye yeterli, sürekli, güvenlik gereklerine uygun, temiz hava akımı sağlanır.

Bunun için üretime başlamadan önce, her ocakta, uygun bir havalandırma sistemi kurulması zorunludur.

#### Hava hızı

İnsan ve malzeme taşımada kullanılan kuyularda, lağımlarda, ana nefeslik yollarında, eğimli ve düz yollarda, hava hızı, saniyede 8 metreyi geçemez.

#### İçinde çalışılmayacak hava

Havasında % 19 dan az oksijen, % 2 den çok metan, % 05 den çok karbondioksit ve diğer tehlikeli gazlar bulunan yerlerde çalışılmaz.

Oksijen miktarı azalan veya yanıcı, parlayıcı ve zararlı diğer gazların karışmasıyla bozulan yahut çok ısınan hava akımları, diğer çalışma yerlerinden geçmesine meydan verilmeden, derhal ve en kısa yoldan, ocak dışına atılır.

İşçileri, havanın bozulmasından, ısınmasından ve oksijen azalmasından ileri gelen olumsuz etkilerden korumak için, gerekirse, çalışma alanı ve zamanı sınırlanır.

#### Havalandırma sisteminde değişiklik

Fenni nezaretçinin izni olmadan ve görevli nezaretçi ve işçiler dışındaki işçiler dışarı çıkarılmadan, ocağın genel havalandırma sisteminde esaslı herhangi bir değişiklik yapılamaz.

Acil durumlarda, sorumlu nezaretçiler, gerekli ve zorunlu önlemleri hemen alırlar ve durumu, derhal, fenni nezaretçiye bildirirler.

Barajlar, hava köprüleri ve kapılar

Ana hava giriş ve çıkış yolları arasında bulunan barajlar, hava köprüleri ve kapılar, bir patlama veya yangın halinde kolayca yıkılmayacak sağlamlıkta yapılmış olacaktır.

Hava geçiş yolları

Bütün hava geçiş yollarının yeterli kesitte yapılması ve sık sık denetlenmesi zorunludur.

Kısa devreyi önleyici düzen

Vantilatör ve aspiratörlerle dışarıdaki hava arasındaki kısa devreyi önlemek için, havanın dışardan ocağa verilmesine ve ocaktan dışarı atılmasına yarayan bütün kuyu ve yolların dışarıya açılan kısımları gerekli düzenle donatılır.

Vantilatör ve aspiratörlerin yerleştirilmesi

Vantilatör ve aspiratörler, yol veya kuyu ağızlarından güvenli uzaklıkta bulunacaktır. Sistem bir bina içindeyse, bina, hava kanalı ve infilak kapağı, yangına dayanıklı malzemedir yapılmış olacaktır.

Vantilatör ve aspiratör, gerektiğinde, hava akımını ters yöne çevirebilecek tipte düzenlenmiş olacaktır. Vantilatör ve aspiratörlerde bir su manometresi ve olanak varsa, basınç değişikliklerini otomatik olarak kaydedecek bir düzen bulundurulacaktır.

Vantilatör ve aspiratörler için işaret düzeni

Ana vantilatörlerin ve aspiratörlerin sürekli olarak gözetim altında bulundurulmadığı yerlerde, içinde sürekli insan bulunan bir yere, bunların çalışmasındaki eksiklikleri derhal haber verecek bir işaret düzeni konur.

Bu düzen, ilgili nezaretçi tarafından her hafta muayene edilir; sonuçları havalandırma defterine yazılıp imzalanır.

Hava akımının yönlendirilmesi

Mekanik havalandırma sistemi kullanılan ocaklarda, hava akımı, olanak varsa, doğal hava akımı doğrultusunda yönlendirilir.



### Kapılar ve perdeler

Ocak havalandırma sistemi, havayı bir tarafa yönlendirmek veya bölmek için kullanılan kapı sayısını en aza indirecek biçimde düzenlenir.

Çok işlek galerilerde, ana hava giriş çıkışları arasındaki bağlantı galerilerinde ve önemli ölçüde hava kaybına uğranılabilecek yerlerde, uygun aralıklarla konulmuş olmak koşuluyla, yeterli sayıda kapı yapılır.

Bunlardan en az birinin sürekli kapalı kalması için gerekli önlemler alınır veya kapılar kendiliklerinden kapanacak biçimle ayarlanır.

Havalandırma kapısı yerine, hava perdelerinin kullanılması, ancak iş gereği havalandırma kapıları yapılamayan yerler için kabul edilir.

Bu gibi yerlerdeki hava perdeleri, yeterli sayıda olmalı ve taşıma sırasında en az birinin kapalı kalması sağlanmalıdır.

Taşıma yollarında yapılan hava ölçü kasalarının ve kapı kasalarının iç ölçüleri, geçecek araçların üstünden ve yaya yolu tarafından en az 60 santimetre daha yüksek ve daha geniş olacaktır.

### Hava ölçümü ve analizi

Ocaklarda yeterli sayıda hava ölçme istasyonu yapılır ve daha sıkı hükümlere bağlanan ocaklar dışında, bu istasyonlarda, ayda en az bir kez, ana ve kısmi hava akımlarının hızı, geçen hava miktarı ölçülür. Numune alınmasına ve analiz yapılmasına kesin olarak gerek olmayan durumlar dışında, her havalandırma bölgesinde, ayda birden az olmamak üzere, düzenli aralıklarla, hava numunesi alınır ve analizi yapılır. Bu ölçü ve analizlerin sonuçları, havalandırma defterine yazılır.

### Terk edilen ve havalandırılmayan yerler

Terk edilen veya yeterince havalandırılmayan yerler, işçilerin girmesini önleyecek biçimde kapatılır ve üzerlerine uyarı işareti konur.

Çalışmanın bittiği yerlerle terk edilmiş katlar, çalışılan yerlerden ve hava yollarından topuk veya gaz sızdırmaz barajlarla ayrılır. Buna olanak yoksa buralardan gelecek pis hava, en kısa yoldan nefesliğe verilerek dışarı atılır. Buralar, nezaretçilerce her vardiyada denetlenir.

### Havalandırma planı

Her ocakta, hava dağılım şebekesini, akımın yönünü, ana kapıların ve ölçme istasyonlarının yer ve durumlarını ve buna ilişkin diğer bilgileri kapsayan bir havalandırma planı bulundurulur.

### Havalandırma sisteminin denetimi

Fenni nezaretçi, havalandırma sisteminin genel denetimi ve hava ölçüm ve analizleri için yeterli sayıda ve nitelikte nezaretçi görevlendirerek, söz konusu denetim, ölçüm ve analizlerin düzenli olarak yapılmasını sağlar.

### Sıcaklığın ve nem oranının ölçülmesi

Ocağın çeşitli kısımlarında, sıcaklık ve nem oranı düzenli olarak ölçülür. Hava sıcaklığının sağlığa zararlı düzeye yükselmemesi için gerekli önlemler alınır. Bu düzeye yaklaşıldığında, ölçme işlemi, her gün, gerekli görülecek aralıklarla yapılır ve ölçme sonuçları havalandırma defterine yazılır.

Söz konusu koşulların sağlık için tehlikeli olması halinde, çalışma, geçici olarak durdurulur. (14, 15)

## **TARTIŞMA**

Yapılan çalışmalar ve araştırmalar sonucunda yeraltı madenciliğinde en önemli risklerin başında gaz ve toz patlamalarının geldiği açıkça ortaya konulmuştur. Bu gerçeği ülkemiz ve dünya istatistikleri de desteklemektedir. Madencilik sektöründe toplu ölümler çoğu kez bu iki risk faktörünün istenmeyen sonuçlar doğurması sonucunda gerçekleşmiştir. Çalışma yapılırken değerlendirmeye alınan birçok kaynak bu riskleri birbiri ile yakın şekillerde tanımlamış ve bu tanımlardan ortaya çıkan en doğru ve kapsamlı tanım çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca yapılan çalışma şunu göstermektedir ki, bu risklerin bertaraf edilmesi ve ya doğacak olumsuz sonuçların en aza indirilmesi için yapılması gerekenler konusunda temel hatlarda bir bütünlük bulunmaktadır. Uygulamalardaki farklılıkların genellikle belirlenen önlemlerin yürütümü veya kapsadığı faaliyetlerle ilgili konularda olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak çalışma sonucunda ortaya çıkan önleyici faaliyetlerin sırası ve kapsamı bu konuda ki mevzuat hükümleri de göz önüne alındığında oldukça yerindedir.

Ayrıca geçmişte meydana gelmiş kazaların, kaza seyri incelendiğinde bu çalışmada belirtilen tehlike kaynaklarının ve risklerin oldukça doğru saptandığı ve uygulanması önerilen önleyici faaliyetlerin meydana gelebilecek kazaların engellenmesinde ve de meydana gelen kazaların daha büyük sorunlar doğurmasının önüne geçilmesinde etkili olacağı ortadadır.

Madencilik çok eski zamanlardan beri sürdürülen bir faaliyettir ve günlük gelişmeler dışında sürekli gelişmenin meydana geldiği bir sektör olmaktan uzaktır. Madencilikte meydana gelmiş belki de en büyük değişim mekanizasyondur ve bu çalışmada mekanizasyon neticesinde de ortaya çıkabilecek özel durumlar irdelenmiş, bunlara karşı savunma önlemleri sunulmuştur.

Bütün bunların yanında şu hiç unutulmamalıdır ki, madencilik sürekli doğayla mücadeleyi gerektiren ve değişen koşullar karşısında sürdürülen bir faaliyettir. Burada ve diğer kaynaklarda değinilen bütün bilgilerin yanında madencilikte risklere karşı sürekli hazırlıklı olmak ve her zaman yeni bir tehlikenin ortaya çıkabileceğini bilerek hareket etmek gerekmektedir.

## **SONUÇLAR**

Çalışmanın sonuçlarını yeraltında gaz patlamaları (metan patlamaları) ve kömür tozu patlamaları konularıyla ikiye ayırmak mantıklı olacaktır.

Çalışmada metan patlamaları konusunda, metan çıkışının yeraltında genellikle; kısa aynalarda, dar alanlarda, jeolojik olarak kalınlığı sabit olmayan alanlarda, kömür madeninin kuru alanlarında ve toz çıkışı sırasında görüldüğü, ayrıca kömür aynasından, makine tarafından kırılan kömürden ve konveyörde taşınan kömürden de metan çıkışının görülebileceği saptanmıştır. Metan patlamasının ise yeterli miktarda oksijenin (%12 den yüksek), patlayıcı gazın CH<sub>4</sub> (%4–15) bir araya gelmesi ve bir tutuşturucu kaynağı ile teması sonucunda gerçekleştiği vurgulanmış tutuşturucu kaynakları olarak da;

- ~ Açık alev
- ~ Fazla ısınan yüzeyler
- ~ Sürtünme veya elektrik ile oluşan kıvılcıklar
- ~ Patlayıcı madde kullanımı
- ~ Yangınlar
- ~ Dizel araçların eksoz çıktıları

sayılmıştır. İstenmeyen bir sonuç olsa da metan patlaması gerçekleşmesinin sonrasında basınçlı hava dalgasının ve alev dalgasının madende etkili olacağı, alev dalgası ikincil ve üçüncül patlamalara neden olabileceği vurgulanmıştır. Belirlenen bu faktörlerin gerçekleşmemesi için metan patlamalarıyla mücadelenin aşamaları olarak şunların üzerinde durulmuştur;

- ~ Metan birikiminin önlenmesi,
- ~ Biriken metanın alev almasının engellenmesi,
- ~ Patlamanın yayılmasının sınırlandırılması.

Bu üç mücadele yöntemi bulgular kısmında detayları ile irdelenmiş ve metan patlamalarının önüne geçebilmek için yapılması gerekenler ortaya konulmuştur. Ayrıca ülkemizde meydana gelmiş son 25 yıldaki grizu patlamalarının bir tablo halinde verilmesi konunun önemini ve ortaya çıkacak sonuçların vahametinin anlatılabilmesi açısından oldukça etkilidir. Gaz patlamaları konusunda son olarak ülkemiz mevzuatında yer alan konuyla ilgili kısımlar sıralanmıştır.

Kömür tozu patlamasının tanımı olarak bu çalışmada, yeraltı madenlerinde biriken tozun havaya yayılarak bir etken ile tutuşması ve de sonucunda patlaması olarak verilmiştir. Ayrıca, metan patlamasını takiben havaya karışan kömür tozunun patlayarak ikincil bir patlama yaratabileceği de bu çalışmada göz önüne alınmıştır. Kömür tozu patlamalarında kömür tozunun büyüklüğünün, bileşiminin, konsantrasyonunun, havanın oksijen içeriğinin, yanmaya elverişli gaz içeriğinin, tutuşma kaynağının, ortamın nem içeriğinin ve dağılma koşulları gibi etmenlerin aktif rol oynadığı aktarılmıştır. Kömür tozunun ateş alma mekanizmasının ve patlama seyrinin incelenmesi kömür tozu patlamalarına karşı geliştirilecek önlemlerin belirlenmesinde etkili olmuştur.

Meydana gelen toz/hava karışımının ortamın sıcaklığı ve alevin etkisiyle ateş alarak kömür tozu patlamalarını meydana getirmesinin; maden işletmelerinde en çok karşılaşılan toz patlaması durumu olduğu belirlenmiştir. Kömür tozunun patlamaya olan eğilimini belirleyen şartlar da şöyle sıralanmıştır;

- ~ Mevcut olan gaz miktarı
- ~ Katı maddeye bağlı olan gaz cinsi
- ~ Kömür tozunun tane büyüklüğü
- ~ Kömürün ince toz taneciği haline gelebilme eğilimi

Bunların yanında patlamaya etki eden önemli faktörler arasında kül miktarı ve konsantrasyonu da sayılmalı, galeri kesiti, kullanılan tahkimat cinsi, dönemeçler ve galerilerin kesişme noktaları gibi maden şartlarının da patlamada önemli unsurlardan olduğu unutulmamalıdır.

Toz patlamalarına karşı alınabilecek önlemlerin, birkaç aşamadan oluşan bir bütün olduğu, bu önlemler bütününe hiçbir aşamadan ödün verilmeksizin uygulanmasının hayati önem taşıdığı ve tersine davranışların yapılmasının büyük afetlere davetiye çıkarılması anlamına gelebildiği ortadadır.

Toz patlamalarına karşı alınabilecek önlemleri sırasıyla şu aşamalardan oluşmaktadır;

- ~ Tozun oluşmasını, havaya karışmasını ve birikmesini önlemek
- ~ Tozun ateşlenmesini önlemek
- ~ Toz patlamasının gelişmesini ve diğer ocak kısımlarına yayılmasını önlemek

Yukarıda dile getirilen önlemlerde ayrıntılarıyla bu çalışmada anlatılmış ve bunların gerçekleştirilmesi için gerekenler ve gerçekleştirilmelerinin önemi vurgulanmıştır. Metan patlamalarında olduğu gibi ulusal mevzuatın konu ile ilgili maddelerine değinilmiştir.

Özel olarak gaz patlamaları ve kömür tozu patlamalarına karşı alınması gereken önlemler vurgulandıktan sonra yer altı madenciliğinin temelini oluşturan havalandırmaya da değinilmiş, bu konunun çalışmada vurgulanan risklerin önlenmesindeki yeri de aktarılmıştır.

Sonuç olarak yeraltı madenciliğinde gaz ve toz patlamalarının önemi ortadadır. Bu konularda devamlı tetikte olmak, hiçbir tehlikeyi göze almadan devamlı aktif korunma yöntemlerini uygulamak gerekmektedir. Ana amaç riskleri oluşturan unsurların önlenmesi olmalı, bu çalışmalar neticesinde yine de risk meydana geliyorsa bu riskin ortaya çıkaracağı olumsuz koşulların önüne geçilmesi için gerekli çalışmalar yapılmalı, yapılan bütün çalışmalar neticesinde hala istenmeyen durumlarla karşı karşıya kalınıyorsa da bu durumdan etkilenmenin en aza indirilmesi için önlemler alınmalı ve bir düzen içinde gerekli faaliyetler yürütülmelidir.



## KAYNAKLAR

- (1) Sosyal Sigortalar Kurumu. İstatistik Yıllığı. Ankara: 1996 - 2006
- (2) GÜYAGÜLER T. Occupational Health & Safety. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2000
- (3) Mine Environment and Safety Lecture Notes. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 2004
- (4) GÜYAGÜLER T. Mine Ventilation Engineering. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 1999
- (5) Sanayide En Çok Rastlanan Zehirli ve Tehlikeli Maddeler. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İşçi Sağlığı Genel Müdürlüğü, 1970
- (6) VURAL N. Toksikoloji. Ankara: Ankara Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, 1996
- (7) PLUNKETT E. R. Handbook of Industrial Toxicology. Newyork: Chemical Publishing Company Inc, 1966
- (8) TEKBAŞ Ö, VAİZOĞLU S. Toksik Gazların Sağlığa Etkileri ve Korunma Önlemleri
- (9) Yıldız N, KARADAĞ Y. 1. Fenni Nezaretçilik Semineri. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Ankara: 1999
- (10) Gürültü Yönetmeliği. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 25325 / 23.12.2003
- (11) Titreşim Yönetmeliği. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 25325 / 23.12.2003
- (12) Madencilik Özel İhtisas Komisyonu. Sekizince Beş Yıllık Kalkınma Planı. Ankara: 2000
- (13) Madencilik Özel İhtisas Komisyonu. Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı. Ankara: 2004
- (14) Yeraltı ve Yerüstü Maden İşletmelerinde Sağlık ve Güvenlik Şartları Hakkında Yönetmelik. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, 25380 / 21.02.2004
- (15) Maden ve Taş Ocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Alınacak İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Önlemlerine İlişkin Tüzük. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı 25380 / 21.02.2004

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali Rıza ERGUN  
Doğum Yeri : Ankara  
Doğum Tarihi : 28.03.1981  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Ankara Atatürk Lisesi (1992 – 1999)  
Lisans : Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Maden Mühendisliği Bölümü (1999 – 2004)  
Yüksek Lisans: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Bölümü  
Mühendislik Yönetimi Yüksek Lisans Programı (2004 – 2007)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (2004 – devam ediyor)