

MADENCİLİKTE TOZ KAYNAKLARI VE KONTROLÜ

Dust Sources in Mining and Control

İ. Göktay EDİZ*
Sunay BEYHAN*
Şahin YUVKA*

ÖZET

Toz, günümüzde başlıca madencilikte yaygın olarak uygulanan mekanizasyonun bir sonucu olarak ortaya çıkan ve özellikle yeraltında işçi sağlığı ve iş güvenliğini tehdit eden önemli sorunlardan biridir. Yeraltı işletmelerinde kömür üretimi ve nakliyesi esnasında oluşan kömür tozları havalandırma ile bütün ocağı dolaşarak galeri yüzeyleri ile tahkimat üzerlerinde birikmektedir. Açık işletmelerde de üretim ve nakliye sırasında oluşan tozlar ise hava akımının etkisi ile bütün ocağa dağılmakta, hatta işletme çevresini etkilemektedir. Madencilik operasyonları için toz kontrol yöntemlerinin planlanması sırasında, tüm toz kaynaklarının ayrıntılı incelemesi yapılmalı; çok tozlu, tozlu ve az tozlu kaynaklar belirlenmelidir. Ayrıca çalışanlar üzerindeki olumsuzlukları belirlemek için toz kaynaklarının her biri, toz konsantrasyon düzeyi ve maden personelinin bu toz konsantrasyon düzeyine maruz kalma süresi gibi kriterlere göre değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada, yeraltı ve açık ocak kömür madenciliğinde toz kaynakları hakkında bilgi verilmiş ve tozla mücadele amacıyla alınması gereken önlemler özetlenmiştir.

ABSTRACT

Dust is one of the most important problem, affecting severely safety and health of the workers underground. Dust mainly occurs due to the intensive use of mechanisation in mining. Coal dusts, occurring during production and transportation processes in underground can travel through the whole mine and be deposited on the surfaces of galleries and on the support systems. In surface mines, on the other hand, the dusts generated can be dispersed all around and easily affect the vicinity of the mine. In the planing stage of dust control for mining operations, all the dust sources should be investigated in details and high-level, moderate and low-level dust sources should be determined. Each dust sources should then be investigated for the parameters such as dust concentration level and the exposure time of mine personnel to these concentration levels.

In this paper, dust sources of underground and surface mines are explained and the measures that should be taken in combating dust problem are summarised.

Anahtar Kelimeler: Ocak Tozları, Toz Kontrolü, Toz Bastırma

Key Words: Mine Dust, Dust Control, Dust Suppression

(*) Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Bölümü, Kütahya

1. GİRİŞ

Maden işletmelerinde genelde iki çeşit toz kaynağı mevcuttur. Bunlardan primer toz kaynağı, kömürün ve kayacın (veya ara kesmelerin) üretimi esnasında parçalanmasından ve ufalanmasından, sekonder toz kaynağı ise çökmüş olan tozun çeşitli etkenlerle (havalandırma, rüzgar, işçilerin ocak içerisindeki hareketleri, nakliye yolları vb gibi) havada tekrar girdaplanması ile oluşur. Madenlerde toz kontrolünün yapılmasının nedenleri şöyle sıralanabilir;

- maden çevresinde yaşanabilecek daha güzel ortamlar oluşturmak,
- maden çalışanları için daha sağlıklı ortam sağlamak,
- madencilik faaliyetleri sırasında görüşün bozulmasından kaynaklanan tehlikelerin ve kazaların azaltılmasını sağlamak,
- madencilik faaliyetleri sırasında oluşan tozların, ekipmanlara verebileceği zararları önlemek.

Yeraltı kömür ocaklarında, kazı, delme-patlatma, yükleme-boşaltma ve nakliye toz oluşturan ana kaynaklardır. Açık ocaklarda ise, cevher hazırlama tesisleri (lavvar), nakliye, delme-patlatma ve boşaltma yerleri toz oluşumunun başlıca kaynaklarıdır.

Yeraltı ve açık işletmelerde üretimi artırıcı teknolojik gelişmelerin sonucu olarak, toz konsantrasyonunda da belirgin bir artış gözlenmektedir. Yani mekanizasyonun artması, üretimi ve çalışma şartlarını kolaylaştırırsa da, toz oluşumu ve bunun sonucu gelişen zararlar tamamen engellenememektedir. Ancak mevcut sistemlerin uygun şekilde kullanımı ile, sağlık ve çevre için tehdit edici tozluluğun azaltılabilmesi mümkündür.

Tozla mücadelede su kullanımı bugün bile temel bir yöntemdir. Çünkü su, hem kullanımı kolay hem de ekonomiktir. Ancak, uzun sürede etkin bir mücadele yöntemi değildir. Bu nedenle su ile birlikte kullanılan kimyasallar, tozla mücadelede istenilen verim elde etmek için yaygınlaşmaktadır.

Tozlu ortamda çalışanların gördüğü zarar derecesi; tozlu ortamda çalışılan süre, tozun kompozisyonu, toz miktarı, tozun tane boyut dağılımı ve toza karşı kişisel hassasiyete bağlı olarak değişmektedir. Tozun tane boyut dağılımı önemli bir etkidir. Zira belirli bir boyut aralığındaki tozlar toz hastalıklarına neden olmaktadır. Tozun 5,0 μm ' den daha büyük olanları solunum organları tarafından tutulmakta ve zamanla dışarı atılmaktadır. Bu nedenle tozun alveollere en fazla nüfuz edebilen büyüklükleri önem kazanmaktadır. Solunabilir toz olarak bilinen bu boyutların 0,2-0,5 μm arasında olduğu, ancak pratikte 5 μm ' nin altındaki toz tanelerinin zararlı olduğu kabul edilmiştir (Güyağüler ve Durucan, 1985).

İnsan bünyesi belirli bir sınıra kadar tozdan etkilenmez. Bu nedenle ocak havasının toz içeriğini temiz havadaki seviyeye indirmek mutlaka gerekli değildir. Ancak, izin verilebilir toz içeriği saptanırken günde 8 saat, haftada 40 saat normal çalışma süresi içinde, çalışanlara zarar vermeden solunabilecek konsantrasyon göz önünde tutulur. Aynı zamanda bu değer, tozlu havayı teneffüs etme süresi ile toz yoğunluğunu hesaba katan ağırlıklı ortalama (TWA) olarak düşünülmelidir (Güyağüler, 1992).

2. TOZ VE TOZLULUK KAYNAKLARI

2.1 Toz Tanımı

Toz, çeşitli büyüklükteki katı taneler için kullanılan bir terim olup, daima havada veya başka bir gaz ile karışım halinde bulunur. Toz, üretim esnasında kullanılan mekanik işlemler sonucu cevher ve taşın küçük parçacıklara ayrılması ile oluşur. Genel anlamda toz, çapı 1 mm 'den küçük, havada askıda kalabilen veya zamanla çökelen parçacıklardır (Güyağüler ve Durucan, 1985).

İnsan gözüyle görülebilen en küçük toz partikülleri yaklaşık 50 μm 'dir. Dolayısıyla havada asılı halde bulunan zararlı toz görsel olarak farkedilemez. Maden havasında solunabilen tozun yaklaşık % 80'i 1 μm 'den küçüktür ve yalnızca % 4 kadarı 4 μm 'den büyüktür (Cronje, vd., 1997).

2.2. Toz Konsantrasyonu

İzin verilen toz miktarı günde 8 saat, haftada 40 saat çalışma durumunda işçinin sağlığına zarar vermeyecek şekilde saptanmalıdır. Bu değerler; Alt Eşik Değer (Threshold Limit Value-TLV), izin verilen maksimum değer (MAK) veya zaman ağırlıklı ortalama (Time Weighted Average-TWA) olarak bilinmektedir (Vutukuri, 1986, Walli, 1982). Aynı değer Türkiye'de Eşik Sınır Değer (ESD) olarak kullanılmaktadır. Değişik tozlar için "American Conference of Governmental Industrial Hygienists" tarafından 1989-1990 yılı için belirlenen TWA değerleri Çizelge 2.1 'de verilmiştir (Güyağüler, 1992).

Çizelge 2.1. Bazı Tozların İzin Verilen Zaman Ağırlıklı Ortalama Değerleri (TWA)

Madde	Toz Yoğunluğu (mg/m^3)
Al metal tozu	10
Cr metal tozu	0,5
Asbest	
- Amosit	0,5 lif/ cm^3
- Krizotil	2 lif/ cm^3
- Krozidolit	0,2 lif/ cm^3
- Diğer türler	2 lif/ cm^3
Jips (CaSO_4)	10
Kömür Tozu	2 (Silika içeriği %5'den az)
Talk	2 (Hiç asbest içermiyor)
Mermer (CaCO_3)	10 (Toplam toz. Asbest yok, %1'den az kristal silika)
Silika (Kristalize)	
- Kristobalit	0,05 solunabilir toz
- Kuvars	0,10 solunabilir toz
- Tridimit	0,05 solunabilir toz
- Tripoli	0,10 solunabilir toz

2.3 Toz Riski

Sağlığa zararlı toz bulunan yeraltı işyerleri; ortam havasındaki toz miktarı ve toz niteliklerine göre I, II, III, IV olarak belirlenen toz risk dereceleriyle sınıflandırılır. Toz risk derecesi, kuvars içeren solunabilir toz ve solunabilir kuvars tozu içeriğine göre Çizelge 2.2 'de verilmiştir (Tozla Mücadele Yönetmeliği, 1990).

Çizelge 2.2. Toz Risk Dereceleri ve Eşik Sınır Değerleri

Toz Risk Derecesi	Kuvars İçeren Solunabilir Toz Yoğunluğu (mg/m ³)	Solunabilir Kuvars Toz Yoğunluğu (mg/m ³)
I	0-2,5	0-0,125
II	2,6-6	0,130-0,25
III	5,1-10	0,27-0,50
IV	>10	>0,5

Sınıflandırmada kuvars içeren solunabilir toz ve solunabilir kuvars tozu verilerine göre farklı toz riski dereceleri ortaya çıkarsa yüksek risk derecesi esas alınır (Tozla Mücadele Yönetmeliği, 1990).

Toz yönetmeliğine göre; toz riski derecesi IV olan işyerlerinde, tozla mücadele işinden başka işte işçi çalıştırılmaz. Bu işyerlerinde tozu bastırma işlerine müteakip ölçme yenilenir ve toz riski derecesi düşürülmüş ise çalışmaya izin verilir. Toz riski derecesi III olan yeraltı işyerlerinde, işçinin birbirini takip eden aralıksız 5 çalışma yılında en fazla 500 vardiya çalışmasına izin verilir. İlk 5 yıllık süre içinde toz riski derecesi III olan bir işyerinde, 500 vardiya çalıştırılmış bir işçi bu süre sonunda ancak toz riski derecesi I ve II olan işyerlerinde çalıştırılabilir. İkinci bir 5 yıllık çalışma süresi sona erince tıbbi kontrol sonucu pnömokonyoz bulunmadığı takdirde toz kademesi III olan işyerinde tekrar çalıştırılabilir (Tozla Mücadele Yönetmeliği, 1990).

Sağlığa zararlı toz görülen yerüstü iş yerleri ile kırma, eleme ve öğütme tesislerinde 5 mg/m³ kuvars içeren solunabilir toz veya solunabilir kuvars tozu 0,25 mg/m³ 'den fazla ise bu işyerlerinde işçi çalıştırılmaz. Bu gibi işyerlerinde toz oluşumunun önlenmesi veya tozu bastırma yöntemleri ile tozluluk Alt Eşik Değerin altına düşürüldükten sonra çalışılır (Tozla Mücadele Yönetmeliği, 1990).

3. YERALTI MADENCİLİĞİNDE TOZ KAYNAKLARI VE KONTROLÜ

Madencilik işlemlerinin birçoğu, hem toz oluşmasına hem de daha önce çökelmiş olan tozun maden havasına dağılmasına neden olabilmektedir. Maden havasındaki tozun iki ana kaynağı vardır. Bunlar; dışarıdan ocağa temiz havayla gelen tozlar ile yeraltı çalışmalarını sonucu oluşup ocak havasına karışan tozlardır (Günyagüler ve Durucan, 1985).

Madencilik işlemlerinde toz; mineral bir madde delinince, patlatılınca, kırılınca, taranınca, taşınınca, başka bir nakliye sistemine aktarılınca veya hava akımına maruz kalınca ortaya çıkabilir. Daha birçok operasyon ve durumlar toz oluşumuna ve etrafa yayılmasına neden olabilir. Dolayısıyla tüm maden üretim ve işleme yerlerinin potansiyel olarak toz üreten kaynaklar haline gelmesine yol açar. Çizelge 3.1'de potansiyel toz kaynaklarının tam bir listesi verilmektedir. Bu liste yalnızca en belirgin ana toz kaynaklarını içerir. Bunlar düşük

maliyetli toz kontrol tekniklerinin çoğunun uygulanabileceği kaynaklardır. Madencilikte toz kaynaklarının önemini değerlendirmede ilgi çeken bir başka değişken de, ortaya çıkan tozun biyomedikal zararlılığıdır. Silikat veya asbestoz mineralleri özellikle zararlı tozların kökeni olarak kaydedilmelidir (Mutmansky, vd., 1996).

Çizelge 3.1. Değişik Madencilik İşlemlerindeki Birincil ve İkincil Toz Kaynakları

Madencilik Tipi	Operasyon/ Ekipman	Birincil Kaynak	İkincil Kaynak
Uzunayak (Kömür)	Tambur Kesici/ Saban	+	+
	Yükleyici/ Kırıcı	+	-
	Tavan Tahkimatı	-	-
	Bant Konveyör	0	-
	Diğer Ekipmanlar	0	-
Sürekli Madencilik (Kömür)	Sürekli Kazı	+	-
	Tavan Civatalaması	+	-
	Mekik Araba	0	+
	Besleyici	-	-
	Bant Konveyör	0	-
Kömür Dışı Yeraltı Madenciliği	Diğer Ekipmanlar	0	-
	Patlatma	+	+
	Kesme, Sürekli Madencilik	+	-
	Delme, Tavan civatalaması	+	-
	Yükleme	-	+
	Çamurlaşma	-	+
	Boşaltma Oluğu	-	+
	Skip Yükleme	-	+
	Havalandırma Deliği	0	+
	Kırma	+	-
	Transfer, Aktarma	0	-
	Nakliye	0	-
	Ağaç Tahkimat	0	-
Taş Ocağı	0	-	
Yüzey Madenciliği	Delme	+	-
	Patlatma	+	-
	Dragline	-	+
	Yükleyiciler, Kepçe	-	+
	Nakliye Yolları	0	+
	Kırıcılar	+	-
	Bant Konveyörler	0	-
	Atıklar ve Liç Deşarjı	0	-
	Atık Havuzları	0	-
Stok Yığınları	0	-	

(Kaynak : (+) Asıl kaynağı belirtir, (-) Düşük toz kaynağını belirtir, (0) Çok düşük toz kaynağı belirtir.)

Kurulacak olan toz kontrol stratejilerinin değerlendirilmesinde, mevcut seçeneklerin gözden geçirilmesi de çok yararlıdır. Çizelge 3.2 'de, kullanılan çeşitli toz kontrol yöntemlerinin ve bu yöntemlerden beklenen etkinlikler ile maliyetlerinin genel dağılımı hakkında bilgiler

verilmektedir. İyi bir tozla mücadele için bu çizelge yalnızca bir çalışma listesi olmalıdır ve diğer yöntemler ile stratejiler de hesaba katılmalıdır (Mutmansky, vd., 1996).

Madencilik operasyonu için toz kontrol yöntemlerinin planlanmasında, o madencilik ve işleme operasyonu için tüm toz kaynaklarının ayrıntılı listesi yapılmalıdır. Büyük ve küçük tüm kaynaklar ayırt edilmeli, böylece iyileştirmenin potansiyel kaynakları benzer şekilde belirlenmelidir. Kaynakların her biri, toz konsantrasyon düzeyi, bu tozla ilgili özel değerlendirmeler ve madende çalışanların bu toza maruz kalma derecesi gibi hususlara göre değerlendirilmelidir. Bu karşılaştırma, madende çalışanların acil müdahale gerektiren ve en az maliyet ile çözümlenebilecek toz kaynaklarını ayırt etmesine yardım eder (Mutmansky, vd., 1996).

Çizelge 3.2. Temel Toz Kontrol Stratejileri ve Yöntemleri

Strateji	Yöntem	Gider	Verim
1-Önleme	Su / buhar püskürtme	Yüksek	Orta
	Köpük püskürtme	Yüksek	Orta
	Sulu delik delme	Düşük	Yüksek
2-Uzaklaştırma	Toz kollektörleri-ıslak	Orta	Yüksek
	Toz kollektörleri-kuru	Orta	Yüksek
3-Bastırma	Su spreyleri	Düşük	Orta
	Sulu kazı	Düşük	Orta
	Köpük	Orta	Orta
	Kesme değişkenlerinin optimizasyonu	Düşük	Orta
	Higroskopik (su emen) kimyasallar	Orta	Orta
	Su-jeti yardımıyla kesme	Yüksek	Orta
4-Ayırma	(a) Kapalı arabalar	Orta	Orta/Yüksek
	(b) Kapalı toz üretimi	Orta	Orta
	(c) Emici havalandırma	Düşük	Orta
	(d) Vardiya dışı patlatma	Düşük	Orta
	(e) Hava akışı kontrolü		
	(i) Ayrı hava yolu	Düşük	Orta
	(ii) Üfleyici sprej	Düşük	Orta
	(iii) Hava perdesi	Orta	Orta
	Personel konumunun kontrolü		
(i) Uzaktan kontrol	Orta	Yüksek	
(ii) Tek yönlü kesme	Yüksek	Orta	
5-Seyreltme	Ana havalandırma akımı	Orta	Orta
	Lokal havalandırma seyreltmesi	Düşük	Orta

Madencilik operasyonlarında toz konsantrasyonlarının azaltılması için mevcut imkanların analizinde, birçok yöntem ve stratejiler değerlendirilebilir. Burada toz azaltılması amacına yönelik uygulanabilecek düşük maliyetli çeşitli yöntemler vardır. Çizelge 3.3 'de ana hatları verilmiş olan asıl yöntemlerde değerlendirilmelidir (Mutmansky, vd., 1996).

Madencilik operasyonlarında toz kontrolü için suyun kullanımı, madenlerde toz azaltılmasının günümüzdeki en ucuz yöntemidir. Tozun havaya karışmasını önlemek ve havaya karıştıktan sonra maden ortamından uzaklaştırmak için çeşitli su uygulama

yöntemleri vardır. Yalnızca su kullanılarak, çoğu madenlerde toz konsantrasyonları %50'den daha fazla azaltılabilir (Mutmansky, vd., 1996).

Toz partiküllerinin su damlacıkları tarafından yakalanması; partiküllerle damlacıkların çarpışmaları, partiküllerin damlacıklara tutunması ve partiküllerin damlacıkların içine girmesi aşamalarını içerir. Sürfaktanlar olarak bilinen yüzey aktif maddeler; bastırıcı sıvının yüzey gerilimi, ıslatma özellikleri ve damlacık yükü üzerine olan etkileri sayesinde bu aşamaları olumlu olarak etkilerler (Hu, vd., 1992).

Cizelge 3.3. Madenlerde Düşük Maliyetli Toz Kontrolünün En İyi 10 Yöntemi.

Yöntem	Maliyet
Suya dayalı yöntemler	
1- Sulu delik delme	Düşük
2- Su spreyi (toz bastırması için)	Düşük
3- Deliklerin su torbalarıyla sıkılanması	Düşük
4- Vagon, konveyörler ve yığınların spreyleneşmesi	Düşük
5- Hava akışlı spreyleşer	Düşük
6- Skruber-Filtre	Orta
Havalandırmaya dayalı yöntemler	
7- Emici havalandırma	Değişken
8- Kaynakların izole edilmesi	Düşük
Diğer yöntemler	
9- Üretim yöntemi deęişimi	Değişken
10-Toz üretim parametrelerinin optimize edilmesi	Düşük

Havalandırma sistemlerinin iyi uygulanması, küçük bir yatırım ile çok şey kazandıracak olan ikinci genel stratejidir. Bu yöntem, bir maden için havalandırma planlarının değiştirilmesini veya üretim sistemi ile daha iyi çalışmaya geçilmesini gerektirir. Bu kavramı kullanarak, her bir havalandırma değişkeninin toz üzerindeki etkilerini anlayabilmek çok önemlidir. Daha sonra havalandırma planlayıcısı, toz oluşumunu ve toza maruz kalmayı azaltmak için, üretim sistemleriyle birlikte etkin olarak çalışacak havalandırma sistemini dizayn edebilir (Tatar, vd., 1990).

Taban yolları sürülürken kazı arının da yoğun olarak kömür tozu oluşmaktadır. Kömür damarındaki düzensiz sileks bantları ve kömür bünyesindeki kuvars, kömür tozunun kuvars yüzdesini artırır. Mekanize üretimde çift tamburlu kesici yükleyici yoğun olarak toz oluşumuna neden olur. Kazı yapılan yerden itibaren ayak sonuna doğru tozlu bir ortam meydana gelir. Galeri açma makinalarının ve tamburlu kesici-yükleyici makinalarda kesici uçların keskinliği, kayaç ve kömür üzerinde kesilen veya delinen kısmın küçülmesini sağlayacak ve daha az toz üreteceklerdir. Keskin delici-kazıcı uç, keskin olmayan uçlara oranla daha az toz oluşturur (Tatar, vd., 1990). Kesici tambur üzerine az, ancak daha uzun kesici ucun takılması toz oluşumunu % 25-30 oranında azaltmaktadır. Diğer bir önlem ise kesici ucun hızını azaltmaktır. Bu konuda yapılan bir araştırma bu ilişkiyi kesin olarak açığa çıkarmıştır. Örneğin kesici ucun hızı 60 d/d 'dan 30 d/d 'ya düşürüldüğünde toz oluşum miktarı % 60 oranında azaltılmaktadır (Güyağüler ve Durucan, 1985).

Üretilen kömürün nakliyat araçlarına yüklenmesi ve boşaltılması esnasında da toz meydana gelmektedir. Hava akımına ters olan nakliyat esnasında meydana gelen toz, tüm ocak

içerisine dağılır. Yükleme boşaltma işleminde, toz miktarı boşaltılan malzemenin düşme yüksekliği ile malzemenin kırılgenliğına bağılıdır. Düşme yüksekliği, maddenin kırılmasına neden olacak kadar yüksek değıil ise, çok gevrek ve kırılgen olan malzemeler bile toz oluşturmazacaktır. Oluşan toz miktarında çevre koşullarının etkisinin önemli yeri vardır. Derinlik, sıcaklık, tabaka basıncı, ocak iklimi ve havalandırmanın etkisi çevre koşulları olarak sıralanabilir (Tatar, vd., 1990).

Metal madenciliğinde delme işlemleri, toz oluşturmazı açısından çok önemlidir. Tipik bir metal madeninde yapılan araştırmada, havada asılı tozların %85 'inin delme işleminden, %10 'unun patlatmadan, %5 'inin de diğere toz oluşturan işlemlerden meydana geldiğı görülmüştür. Delme işleminin diğere önemli bir yönü ise, delme anında oluşan tozların boyutunun insan için en zararlı boyut aralığı olan 0,2-0,5 µm arasında olmasıdır (Güyağüler ve Durucan, 1985).

Tam mekanize üretimin vazgeçilmez unsurlarından biri de dolgu sistemidir. Dolgu malzemesi üretimi için oluşturulan taş ocağı ve kırma tesislerinde toz oluşumu önemlidir. Dolgu malzemesi için üretilen kalkerin içerisindeki kuvars, toz problemini daha da artırmaktadır.

Amerikan Maden Dairesi (Bureau of Mines), solunabilir toz kaynaklarını belirleyen ve günümüzde yüksek kapasiteli uzunayaklara uygulanabilen toz kontrol yöntemlerini içeren bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, mekanize ayaklarda kesici tamburların ana toz kaynağı olduğu belirtilmektedir. Kesici tamburun üretim hızının artmasının, aksamalara sebep olmaması için nakliyenin de artmasını gerektirdiğı belirtilmektedir. Yani kesici tambur ve nakliye hızının artması, toz konsantrasyonunu da artırmaktadır (Niewiademski, vd., 1993).

Yapılan araştırmalara göre kömürün tozlanabilirliği aşağıdaki etkenlere bağılı olarak değıismektedir (Güyağüler, 1982).

- Kömürün uçucu madde oranı arttıkça, tozlanabilirliği artmaktadır.
- Kömürün karbon miktarı arttıkça, tozlanma artmaktadır.
- Nem miktarı arttıkça, tozlanabilirlik azalmaktadır.
- Kömürün sertliği arttıkça, tozlanabilirlik artmaktadır.
- Kömür gevrekliğinin de tozlanabilirlik üzerinde önemli etkisi vardır.

4. AÇIK İŞLETME MADENCİLİĞİNDE TOZ KAYNAKLARI VE KONTROLÜ

Açık işletme madenciliğinde örtü tabakası ve cevher kazısı, amaca uygun olarak oluşturulan basamaklarda gerçekleştirilmektedir. Bu basamaklarda delme-patlatma ve kazı-yükleme etkin bir şekilde uygulanmaktadır. Açık işletmelerde toz oluşumunun ilk adımı, patlatma deliklerinin delik delme makinası ile delinmeleri sırasında gerçekleşir. Genellikle, örtü tabakası ve kömür, yüksek kil içeren plastik formasyonlardan oluşmaktadır. Bu nedenle sulu delik delme işleminde, suyun kuyu içinde oluşan kırıntı malzemeleri ıslatarak çamur oluşturmazı ve bununda tıjlere sıvanması, delik delme hızlarının düşmesine yol açmaktadır. Bu nedenle; açık işletmelerde zorunlu olarak kuru sistemle ve hava üflelemeli delik makinaları ile çalışılmaktadır. Açık işletmelerde, sulu sistem için gerekli suyun temini ve çamurlaşan malzemelerin, ekskavatör kepçelerine ve kamyon kasalarına sıvanarak iş randımanını düşürmeleri; delik delme makinalarının kuru sistemle çalışmalarını zorunlu kılan diğere faktörlerdir.

Kuru sistemle delik delme işleminde, kuyu dibinde kazı sonucu oluşan kırıntılar, basınçlı hava üflenerek dışarı atılır. Bunun sonucunda delik çevresinde toz yığınları oluşmakta, iri taneli kırıntılar delik çevresine birikirken, ince taneli tozlar atmosfere toz bulutu halinde dağılmaktadırlar. Deliklerin patlayıcı madde doldurularak patlatılmaları anında delik içi cidarları, yüksek basınç ve ısıнын oluşturduğu şok etkisi ile ezilerek tozlanırlar. Oluşan ince taneli tozlar atmosfere dağılırlar. Patlatma anında, formasyonlarda oluşan kırılmalar ve açık işletme basamaklarında meydana gelen devrilmelerle oluşan tozlar da tüm ocak atmosferine rüzgarın etkisine bağlı olarak yayılırlar.

Delme-patlatma sonucu kırılıp gevşetilen malzemeler, kazı, yükleme, taşıma, dökme ve serme sırasında oluşan tozlarla ve rüzgarın etkileri ile ocak atmosferinin tozlanmasına neden olmaktadır. Havada asılı olarak kalan ince taneli bu tozlar, açık işletmeciliğin her aşamasında, atmosferin etkin bir şekilde kirlenmesine neden olurlar (Kızıl, 1993).

Açık işletme madencisinde tozların kontrolü ve azaltılması dört yöntemle sağlanabilir . Ancak bu yöntemler arasında kesin çizgilerle ayırım yapılması mümkün değildir. Bu yöntemler (Kızıl, vd., 1996);

- problemleri önceden görüp tahmin ederek önleme,
- tozun atmosfere kaçışının önlenmesi,
- havaya karışan tozun, atmosferde yeniden yakalanması,
- havadaki tozların yayılmasının azaltılması.

Metalik olmayan maden endüstrisinde toz kontrolü daha çok ilgi çekmektedir. Hava kalitesinin ve işçi sağlığının korunması için, hava ile birlikte atmosfere taşınan ince toprak partiküllerinin kontrolünün tozla mücadelede en başta gelen husus olduğu saptanmıştır. Açık işletmelerde toz probleminin önceden görülmesi ve önlenmesinde, toz kaynaklarının iyi belirlenmesi gerekir. Madencilik faaliyetlerinden olan delme ve patlatma toz oluşumunun en başta gelen nedenlerinden birisidir (Bohur, 1998).

4.1 Delik Delme İşlemlerinde Toz Kontrolü

Klasik delik delme yöntem ve teknikleri dışında toz oluşumunu en aza indiren "ısılı delik delme", "ses ötesi-elektrik impulsu" ve "yüksek frekans-elektrik" yöntemleri kullanılmaktadır (Saltoğlu, 1970). Ancak yukarıda bahsedilen yöntemler, oldukça pahalı ve ileri teknoloji gerektirmektedir. Ayrıca bu yöntemler, çok büyük üretim kapasitelerine ulaşmış günümüzün metalik olmayan açık işletmelerinde kullanılamamaktadır.

Özellikle, açık işletme ile üretilen günümüzün ekonomik minerallerinin hemen hemen tamamının yüksek kil içeren formasyonlardan oluşması; delme işleminin sulu olarak yapılmasını engellemektedir. Kuru sistemle uygulanan delik delme işlemlerinde de; emmeli yerine basınçlı hava üflemeli delik makinalarının kullanılması, toz oluşumunun kaynağında önlenmesini büsbütün imkansız hale getirmektedir (Bohur, 1998).

4.2 Kazı Yükleme ve Taşıma İşlemlerinde Toz Kontrolü

Delme-patlatma yapılan basamaklarda oluşan tozların kaynağında kontrolü; gerek delik makinalarının kuru sistemle delik delmeleri gerekse kazılan malzemenin çok büyük miktarlarda olması nedeniyle teknik olarak mümkün olamamaktadır. Kazı ve yükleme

sirasında malzeme üzerine su püskürtülerek veya delik makinalarına kuru toz emici aparatlar monte edilerek, tozun kaynağında kontrol etmek oldukça güç ve hatta olanaksızdır. Ancak, kömür nakliye yollarındaki toz kontrolü, fiske monte edilmiş su tankları ile yol yüzeyine su püskürtülmesi yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Günümüzde açık işletme ocaklarındaki yollarda bu yöntem oldukça yaygın olarak uygulanmaktadır.

Sıcak yaz aylarında ocak yol yüzeyinde ıslatma işleminin sürekli tekrarlanması gerekeceğinden, yöntem uzun ömürlü veya kalıcı değildir. Sadece toza sebep olan yollarda uygulanabilir oluşu, uygulama alanını sınırlamaktadır. Bu yöntemin en büyük dezavantajı, sıcak havalarda uygulanmasının güçlüğüdür. Bastırılan tozlar kuruduktan sonra, kısa sürede rüzgarın da etkisiyle yeniden savrulur. Bu dezavantajı önlemek için yöntem, hava nemliliğinin % 40' dan çok olduğu yerlerde uygulanır ve higroskopik tuz çözeltilerinden (NaCl, CaCl₂, MgCl₂) yararlanır.

Açık işletmelerde, ocak havasının ve çevrenin kirlenmesinde maden yolları özel bir öneme sahiptir. Ocaklardan çıkarılan cevherin veya örtü toprağının taşınmasında kamyonlar çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kamyonlar büyük tonajlarda yük taşıma özelliklerine sahiptir. Ocaklardaki kamyonlar belli bir plan dahilinde ve genellikle her 2-5 dakikada bir ocaktan cevher taşımakta ve yük boşaltmaktadırlar. Bu nedenle maden yollarında her zaman çok miktarda toz oluşmaktadır. Rüzgarın şiddeti ve kamyonun hareket hızı toz oluşumunu etkilemektedir. Ocak yollarında tozlanmaya karşı mücadele yapılırken, kamyonların hızı 15 km/h 'den 30 km/h 'a çıktığı zaman, toz oluşumu 7-11 kat arasında artmaktadır. Rüzgarın hızı 3-3.6 m/sn 'den az olduğu zamanlarda, ocaklardaki atmosfer havasını etkileyen ve toz oluşmasına sebep olan en önemli etken kamyon yolları ve taşımacılığıdır (Alosmanoğlu, vd., 1972). Bu durumda kamyon operatörleri ve ocakta çalışan işçiler direkt, maden çevresinde yaşayan tüm canlılar ise dolaylı olarak tozun zararlı etkisine maruz kalmaktadır.

5. SONUÇ

Madencilikte toz konsantrasyonlarını azaltmak için çeşitli toz kontrol yöntemleri kullanılabilir. Ancak en önemli koşul; işlemlerdeki toz şartlarını iyileştirmek ve ortaya çıkacak fırsatları sürekli değerlendirilmektir. Bu işlemde tüm toz kaynaklarının ve azaltma yöntemlerinin envanterini tutmak önemli hedefler olmalıdır. Daha iyi bir maden ortamı oluşturmak için çalışan tüm personelin aktif tutulması da gereklidir.

Yeraltında su kullanılarak tozun kontrol edilmesi hem yaygın hem de etkin olmasına rağmen, açık ocaklarda kullanımı fazlaca etkin değildir. Milyonlarcaya ton örtü tabakasının ve cevherin kazılmasında su kullanımı, oluşan tozun kontrol edilmesinde etkin bir sonuç vermemektedir.

Yeraltında taş içerisinde patlayıcı madde deliklerinin delinmesi su enjeksiyonlu sistemlerle yapılmaktadır. Su temini imkansız olan yerlerde ise, toz toplayıcı cihazlarla patlayıcı madde delikleri açılmaktadır. Yeraltında taşa patlatma yapıldığında çıkacak tozun önlenmesi için, patlayıcı deliklerine su kartuşları konulmalı, patlatma esnasında patlayacak su torbaları asılmalı veya patlamayı takiben su fiskeyelerinin çalıştığı bir sistem kurulmalıdır.

Açık işletmelerin nakliye yollarının da sürekli ıslatılması gerekmektedir. Ayrıca mümkün olduğunca sulu delik delinmesine önem verilmelidir. Silolar ve tumba sahalarında rüzgarın etkisi ile uçuşan tozların bastırılması için buraların sürekli ıslak tutulması gerekmektedir.

Tozla mücadelede başarılı olabilmek için aşağıdaki diğer hususlar da dikkate alınmalıdır.

- Tozla mücadelede birinci etken su olduğundan, çalışma ortamlarının her noktasına su tesisatı çekilmelidir.
- Aşırı tozlu yerlerde kazı öncesi damar içerisine ve yan tabakalarına mümkün olduğu ölçüde su enjeksiyonu yapılmalıdır.
- Kazı esnasında kazı makinalarının kesici kısımlarına devamlı su püskürtülmeli, patlayıcı madde deliklerine su kartuşları konulmalıdır.
- Yükleme, boşaltma ve aktarma noktalarında sisteme bağlı su püskürtme sistemleri tesis edilmelidir.
- Çalışma ortamında birikmiş toz yığınlarının toz kaynağı haline dönüşmemesi için buralarda periyodik toplama ve temizleme yapılmalıdır. Tozlu bölgelerde bastırma işlemleri yapılmalıdır.
- Toz ölçüm ve analiz sistemleri kullanılmalı, toz ölçümleri periyodik olarak yapılmalı ve sonuçlar kaydedilmelidir.
- İşletmelerin her kademesinde çalışan işçiler, tozun tehlikelerine karşı eğitilmelidir.
- Ocağın temiz hava girişlerinde tozlanmaya neden olan kırma-eleme gibi cevher hazırlama tesisleri kurulmamalıdır.
- Cevherin ve yan kayaçların tozlanma ve zararları yönündeki fiziksel/kimyasal özellikleri tespit edilmelidir.

İş yerlerindeki tozluluğun en önemli sakıncaları, iş makinalarının arızalanması, iş veriminin azalması, çalışanların sağlığının tehlikeye girmesidir. Özellikle pnömokonyoz etkisi olan tozların kronik akciğer dokusu hasarına ve önemli ölçülerde solunum fonksiyonu kayıplarına sebep olması toz kontrol konusuna önem verilmesini zorunlu kılmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Alosmanoğlu, M.S., İbrahimov, B.V., Kopilev, B.A., Abdullahev, A.M., 1972, "Karakanda Şahdiyar Kömür Ocaklarında Tozun Önlenmesinde Petrol Atıklarının Kullanılması", Patent No: 201301, Rusya.
- Bohur, H., 1998, "Açık Ocaklarda Toz Sorunu ve Önleme Yöntemleri", Yüksek Lisans Tezi, D.P.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü, Kütahya.
- Cronje, GP, Van Vuuren, PJJ, Rawlins, CA., 1997, "Respirable Dust in The Intake Airways of a Coal Mine", Journal of The Mine Ventilation Society of South Africa pp 11-14.
- Güyagüler, T., Durucan, Ş., 1985, "Ocak Tozları", Yeraltı Kömür Madencilğinde Çevre Sorunları ve Kontrol Yöntemleri Seminer El Kitabı, 55-57-58-77 s.
- Güyagüler, T., 1992, "Tozun Önemi, Meslek Hastalıkları ve Toz Yönetmeliği", ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümü, Ankara.

- Güyagüler, T., 1982, “ Toz Oluşumunu Etkileyen Faktörler”, Türkiye 3. Kömür Kongresi, Zonguldak.
- Hu, Q., Polat, H., Chander, S., 1992, “Effect of Surfactants in Dust Control by Water Sprays”. Emerging Process Technologies For a Cleaner Environment. PA 16802, Chapter 36, pp 269-276.
- Kızıl, M.S., Kızıl, G., Denby, B., 1996, “Dust Control Methods in Surface Mining”, The First International Symposium on Mine Environmental Engineering, July, Kütahya.
- Kızıl, G., 1993, “Computerised Dust Hazard Assessment in Surface Mine Design” Ph.D. Thesis, Department of Mineral Resources Engineering, University of Nottingham.
- Maden ve Taş Ocakları İşletmelerinde ve Tünel Yapımında Tozla Mücadeleyle İlgili Yönetmelik, 1990, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Resmi Gazete, Sayı: 20635, 12-14 s.
- Mutmansky, J.M., Jankowski, R.A., Mohamed, M.A.K., 1996, “Overview of Proven Low Cost and High Efficiency Dust Control Strategies for Mining Operations”, Mining Technology, The Institution of Mining Engineers, Volume 78, No.897, pp 141-148.
- Niewiademski, G.E., Jankowski, R.A., 1993, “ Longwall Dust Trends and Developments in Longwall Dust Controls”, Proceedings of the 6th US Mine Ventilation Symposium.
- Saltoğlu, S., 1970, “Maden İşletmelerinde Toz ve Silikozla Mücadele”, İTÜ yayınları.
- Tatar, Ç., Tatar, D., 1990, “OAL’de Mekanize Kömür madenciliğinde Oluşan Toz ve Gürültü Ölçümleri ile Bunların Fizyolojik Etkileri”, Türkiye 7. Kömür Kongresi, Mayıs 1990, Zonguldak.
- Vutukuri, V.S., Lama, R.D., 1986, " Dusts in Mine Air and Its Control ". Environmental Engineering In Mines, Cambridge University Press, Cambridge, pp.163.
- Walli, R.A., 1982, " Mine Dusts ". Mine Ventilation and Air Conditioning, pp. 87-91.