

AÇIK İŞLETME TAŞIMA YOLLARINDA NAKLİYAT KAYNAKLI TOZ OLUŞUMU VE TOZ BASTIRMA YÖNTEMLERİ

DUST GENERATION ORIGINATING FROM HAULAGE IN HAUL ROADS OF OPEN PIT MINES AND SUPPRESSION METHODS

Abdullah FİŞNE ve Gündüz ÖKTEN, *Istanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fak
80626 Maslak istanbul*

ÖZET

Açık ocak madenciliğinde başlıca toz kaynakları; delik delme ve ateşleme, kazı ve yükleme, boşaltma, nakliyat ile ilgili işlemlerdir. Ayrıca, rüzgarm açık yüzeylerden, kömür veya cevher stoklarından taşıdığı malzemeler de ilave bir toz kaynağıdır. Toz kaynakları, uygulanan üretim tekniğine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Örneğin, ekskavator-kamyon sistemiyle çalışan açık işletmelerde nakliyat sırasında oluşan toz önemli yer tutmaktadır. Nakliyat kaynaklı tozun çevreye verdiği zararın yanı sıra mesleki toz hastalıklarına neden olduğu, görüş mesafesini azalttığı, çalışanların verimini düşürdüğü ve özellikle de taşımacılıkta kullanılan makinelerin arızalanmasına ve kısa sürede yıpranmasına neden olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada nakliyat kaynaklı toz konusu işlenmiş ve tozun bastırılması için uygulanabilecek teknikler özet olarak verilmiştir.

ABSTRACT

Primarily dust sources of open pit mines are ; hole drilling and ignition, excavation and loading, dumping, haulage. Added to that, dust along mine roads originates in untreated berm areas. Dust sources show differences related with production of material. For example, dust is an important issue during haulage for production system of excavator and truck. Dust generation from haulage is also important for occupational illnesses. It reduces the distance of view, decreases the efficiency of labour, causes breakdown for production machine. In this paper, dust generation from haulage is investigated and some techniques for reducing dust is also given briefly.

1. GİRİŞ

Cisimlerin parçalanmaları, kırılmaları ve ezilmeleri sırasında onların özelliklerini taşıyan küçük parçacıklar oluşur. Bu parçacıklar toz olarak adlandırılır. Toz, genel anlamda çapı 1 mm'den küçük, hava içinde asılı kalabilen veya zamanla çökelen katı taneciklerdir. Aşın toz çalışma sahası ve çevrenin hava kalitesini bozmakta, toz hastalıklarına (pnömokonyoz) neden olmakta, görüş mesafesini azaltmakta ve çalışanların verimini düşürmektedir.

Tozun diğer bir zararlı etkisi de, tozlu ortamda çalışan makine ve ekipman üzerinde izlenmektedir. Kullanılan makine ve ekipmanın mekanik aksamında sürtünmeden dolayı aşınmalar meydana gelmekte, arızalar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca aşın toz, tamir-bakım maliyetlerini artırmakta, parça ve sistemlerin servis ömürlerini kısaltmaktadır. Bu da verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir.

2. AÇIK OCAKLARDAKİ TOZ KAYNAKLARI

Açık ocak madenciliğinde, örtü tabakasının kaldırılması ve cevher üretimi için uygulanan işlemler sırasında fazla miktarda toz oluşmaktadır. Bu işlemler arasında en önemlileri;

- Delik delme ve ateşleme,
- Kazı ve yükleme,
- Nakliyat,
- Boşaltma işlemleridir.

Ayrıca, rüzgarın açık yüzeylerden, kömür veya cevher stoklarından taşıdığı malzemeler de ilave bir toz kaynağıdır. Toz kaynakları, uygulanan üretim tekniğine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Örneğin, bu çalışmada incelenmiş olan, ocak içi taşıma işlemleri sırasındaki toz yayılımı ekskavatör - kamyon sistemiyle çalışan açık işletmelerde çok daha önemlidir.

Taşıma yolu üzerindeki araç trafiği, açık ocak kömür madenlerinde yayılan tozun en önemli kaynağı olarak tanımlanmaktadır (Ghose ve Majeed, 2000). Bu tür bir maden işletmesinde oluşan tozun yaklaşık %50' sinin kamyonların taşıma yolu üzerindeki hareketi, %25' inin de kamyonların yüklenmesi ve boşaltılması sırasında meydana geldiği belirlenmiştir (Chadwick et. al. 1987).

Aracın hızı ve ağırlığı, yol üzerindeki trafik yoğunluğu taşıma sırasında meydana gelen toz miktarının önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle kamyon hızı toz oluşumunu etkileyen temel bir faktördür. Son yıllardaki çalışmalar, kamyonun birim hareket mesafesinde oluşturduğu toz miktarının, hızıyla lineer olarak değil geometrik olarak arttığını ortaya koymuştur. İyi döşenmemiş bir yolda, birim hareket mesafesi için (1 mil=1,609 km) hızı 16 km/sa olan kamyonun tek bir dış lastiği 3,6 kg toz oluştururken, bu değer 32 km/sa hızla hareket eden bir kamyon için 23 kg'dan fazladır. Aynı zamanda, yüksek hızla giden büyük kamyonlar, toz bulutları meydana getiren girdaplar da oluşturabilmektedir (Carter, 1999).

Taşıma yollarında oluşan tozun bir miktarı da yol kenarındaki düzeltilmemiş şev alanlarından kaynaklanmaktadır. Şev yüzeylerinin düzeltilmesi için yapılan masraflar başlangıçta toz kontrol maliyetini artırmasına rağmen, bu genellikle tekrar uygulama gerektirmeyen bir işlem olması nedeniyle tercih edilmektedir. Çünkü, düzeltilen şev yüzeylerinde trafikten dolayı bir aşınma söz konusu değildir. Diğer bir toz kaynağı da taşıma yolu üzerinde yüksek hızla hareket eden kamyonlardan düşen İri parçalardır. Bunlar çok ufak taneciklere ayrılarak havadaki toz konsantrasyonunu artırmaktadır (Carter, 1999).

Hindistan'daki açık işletme kömür madenlerinde yapılan bir araştırmaya göre; taşıma yolu üzerinde meydana gelen tozun %3-4 oranında solunabilir toz tanecikleri içerdiği belirlenmiştir (Nair ve Singh, 1990).

Mukherjee ve Singh 1985 yılında Hindistan'daki bir açık kömür işletmesinde yaptığı çalışmada; işçilerin maruz kaldığı toz konsantrasyonlarının, üretimin yapıldığı kesimlerde 3-5 mg/m³, dekapaj yapıldığı basamaklarda ise 1-2 mg/m³ arasında değiştiğini belirlemiştir (Mukherjee ve Singh 1985). Çizelge 1'de, yedi farklı kömür açık işletmesinde üretim ve dekapaj işlemleri sırasında Ölçülmüş toz konsantrasyonları verilmiştir.

Çizelge 1. Üretim ve dekapaj sırasında oluşan toz konsantrasyonu (Mukherjee ve Singh 1985).

Çalışma Yükleme ve Taşıma	Maden No	Toz Konsantrasyonu (mg/m ³)	
		Üretim	Dekapaj
	1	3.00	2.01
	2	4.50	1.00
	3	3.70	1.80
	4	5.00	1.25
	5	3.50	1.02
	6	4.50	1.09
	7	4.70	2.00

3. TOZ BASTIRMA UYGULAMASININ YARARLARI

işletme şartlarına uygun bir toz bastırma programı uygulamasının sağlayacağı yararlar aşağıda özet olarak verilmiştir:

- Taşıma yolu yüzeyini sağlamlaştırır ve yolun taşıma kapasitesini artırır,
- Lastik masraflarını azaltır,
- Görüş niteliğini ve sürüş güvenliğini artırır,
- Kamyonun verimliliğini artırır,
- Tamir- bakım masraflarını azaltır,
- Sulama maliyetlerini azaltır(www.midwestind.com).

Ağırlığı 218 ton olan tipik bir taşıma kamyonu yılda ortalama 6000 saat çalışmaktadır ve kullanım ömrü yaklaşık 10 yıldır. Bu kamyonun satın alma maliyeti yaklaşık 2,5

milyon \$ ve tüm kullanım süresi boyunca yapılacak tamir - bakım masrafı da 2,3 milyon \$ civarındadır. Uygun bir toz bastırma programı ile bu kamyonun tamir-bakım masrafından 300.000 \$ tasarruf sağlanabilmektedir. Bir başka ifadeyle, uygun bir toz kontrol programının uygulanmasıyla mobil ekipmanların tamir - bakım masrafları %15 oranında azaltılabilmektedir (www.midwestind.com).

Günümüz taşıma kamyonlarının fren ve direksiyon gibi mekanik sürüş sistemlerindeki gelişmeler sürücülere yüksek hızlarda taşıma yapma imkanı vermektedir. Taşıma yollarında da bu yüksek hızları karşılayabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Kamyonların boyutlarının büyümesi daha geniş taşıma yollarının yapılmasını gerektirmekte; bu da yol bakım maliyetlerinin artması anlamına gelmektedir. Artan yol maliyetlerini dengelemek için kamyonların çok verimli çalıştırılması zorunludur. Uygun bir toz bastırma programı, taşıma yolu bakım masraflarını düşürmekte, kamyonların verimliliğini belirgin bir şekilde yükseltmektedir.

Kamyonlar için yapılan en büyük harcama, normalde lastik ve yakıt giderleridir. Taşıma yolu her iki gider üzerinde doğrudan rol oynamaktadır. Balamı yapılmamış bir taşıma yolu lastiklerin aşınmasını hızlandırmakta ve dolayısıyla lastik masraflarını artırmaktadır, (www.midwestind.com).

Belirtilen nedenlerle, açık işletme faaliyetleri sırasında meydana gelen aşırı tozun kontrol altına alınması, işçi sağlığı ve iş güvenliği, çevre ve ekipmanların tamir - bakım maliyetleri açısından çok önemlidir.

4. UYGULANACAK TOZ BASTIRMA TEKNİĞİNİN SEÇİMİNDE ESAS ALINACAK FAKTÖRLER

Bir açık maden işletmesinde uygulanacak toz bastırma işleminde kullanılacak malzeme belirlenirken aşağıdaki faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir.

- Toz taneciklerini birbirine veya büyük taneciklere yapıştırmalıdır,
- Trafikten dolayı oluşan aşınmaya direnç göstermelidir,
- Yol yüzeyinde etkinliğini kaybetmeden uzun süre kalmalıdır,
- Çözünmeye (Aging) karşı dirençli olmalıdır.

Araç hızı, sayısı ve ağırlığı, bir araçtaki tekerlek sayısı, yol malzemesinin tane boyut dağılımı, yol yüzey özellikleri, havadaki nem oranı, yağış ve buharlaşma miktarı bir nakliye yolundaki toz oluşumunu, dolayısıyla toz bastırma tekniği seçimini etkilemektedir.

Şartlara en uygun toz bastırma tekniği sadece yukarıdaki faktörlere göre belirlenmemelidir, aynı zamanda uzun dönem maliyetler ve çevresel etkiler de dikkate alınmalıdır. Uzun dönem maliyetleri; yolun hazırlanması, iyileştirilmesi, toz bastırıcı ürünlerin uygulanması ve yol bakım çalışmaları için yapılan harcamalar oluşturmaktadır. Çevresel etkiler ise genel olarak; su kalitesi, suda yaşayan hayvan ve bitki toplulukları üzerinde görülmektedir. İyi bir toz bastırma tekniği toz kontrolünün yanında yol bakım maliyetlerini ve agrega kaybını da azaltmalıdır (Bolander ve Yamada, 1999).

5. TOZ BASTIRMA TEKNİĞİNİN SEÇİMİ VE UYGULAMA

Günümüzde piyasada bir çok toz bastırma ürünü mevcuttur ve sayılan hızla artmaktadır. Ürünler yedi temel kategoride sınıflandırılabilir. Bu kategorilerle ilgili ayrıntılı bir liste aşağıda verilmektedir (Bolander ve Yamada, 1999).

a-Su

b-Su Absorblayan Ürünler

- Kalsiyum klorür
- Magnezyum klorür
- Sodyum klorür

c-Organik Petro! Ürünleri

- Asfalt emülsiyonları
- Eksik asfalt (sıvı asfalt)
- Toz yağları
- Modifiye edilmiş asfalt emülsiyonları

d-Organik, Petrol Olmayan Ürünler

- Hayvansal yağlar
- Lignosülfat
- Şeker pekmezi / Şeker pancarı
- Bitkisel yağlar
- Yüksek yağ emülsiyonları

e-Elektrokimyasal Ürünler

- Enzimler
- İyonik ürünler
- Sülfonat yağları

f-Sentetik Polimer Ürünler

g-Kil Katkılı Ürünler

- Bentonit
- Montmorillonit

Toz bastırıcı ürününün seçimi konusundaki değerlendirmelerde kullanılmak üzere çeşitli çizelgeler geliştirilmiştir. Bu amaçla kullanılacak bir değerlendirme kartı Çizelge 2'de verilmiştir.

Bu kartın kullanılabilmesi için öncelikle nakliyat yolundan geçecek taşıt sayısının (taşıt yoğunluğu) İyi bir yaklaşımla belirlenmesi gerekir. Ayrıca yol yüzey malzemesini sınıflandırmak için toprak analizi yapılmalı; Plastisite İndeksi ve Tane Boyutu Dağılımı da incelenmelidir. Değerlendirilecek diğer bir husus da yöredeki iklim koşullarıdır. Bu kapsamda özellikle yağış durumu dikkate alınmalıdır.

Uygun bir ürün seçildikten sonra ikinci adım, uygulama oram ve uygulama sıklığının belirlenmesidir. Ürünlerin ayrıntılı bir şekilde tanıtıldığı bölümde uygulama oranları ve sıklığı ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Ürün seyreltme oranını belirlemek için üretici firmalar tarafından hazırlanan broşürler, daha Önceki uygulamalarda kazanılan deneyimler, saha veya laboratuvar testleri kullanılabilir. Genel bir değerlendirme yapılacak olursa;

- Yüksek hızlar ile aşın trafik hacmi ve büyük oranda kamyon trafiğinin olduğu zaman dilimlerinde,
- Özellikle CaCl₂ kullanıldığı zaman nem oranının düşük olması durumunda,
- Yol yüzeyinde çok küçük boyutlu tane oranının düşük olduğu durumlarda (75 µm elek altının %10' dan daha az olduğu durumlarda),
- Yol yüzeyinin iyi bir şekilde sıkılaştırılmadığı durumlarda

seyreltme oranının yükseltilmesi ve uygulama sıklığının artırılması gerekir.

Herhangi bir toz bastırıcının performansı birçok uygulama faktörüne bağlıdır. Uygulama yöntemi, oranı, sıklığı ve ürün konsantrasyonu bu faktörlerden bazılarıdır. Yol yüzeyinin sağlam ve sıkı olması da bir diğer faktördür.

Bir toz bastırma programını uygulamadan önce yol yüzeylerini düzenleme ve bakım çalışmalarına aşağıdaki işlemler de dahil edilmelidir:

- Stabil olmayan yol kesimlerinin onarılması,
- Yol yüzeyinin yeterince kurutulması,
- Tekerlek izlerini, çukurları ve erozyonun oluşturduğu küçük vadileri yok etmek için yolun tesviye edilmesi,
- Yolun sıkılaştırılması.

Bir sıvı toz bastırıcıdan maksimum oranda faydalanma, onun yol yüzeyine yeterince nüfuz etmesine bağlıdır. Bu durum aynı zamanda yüzey aşınmasından kaynaklanan bastırıcı kaybını da azaltmaktadır (Langdon et. al. 1980). Belirtilen sakıncayı ortadan kaldırmada yararlı olabilecek bazı öneriler aşağıda verilmiştir.

- Yağışlı mevsimlerden sonra özellikle tuzlu bastırıcılar uygulanmalıdır,
- Eğer mümkünse toz bastırıcılar yağmurdan sonra uygulanmalıdır. Çünkü yağmurdan sonra yol malzemeleri nemlidir ve daha elverişlidir. Eğer bastırıcılar yağmurdan önce uygulanırsa yağmur suyu bastırıcıları sürükleyebilir.
- Yüzey malzemesi kuruysa, sıvı asfalt ürünlerinin kullanıldığı durumlar hariç, yüzey nemlendirilmelidir.
- Eğer sert bir tabaka mevcutsa, yüzey gevşetilmelidir.
- Toz bastırıcıyı yol yüzeyine uniform bir şekilde dağıtmak için basmçlı dağıtıcı düzenek (püskürtücü) kullanılmalıdır(Bolander ve Yamada, 1999).

Çizelge 2. Urun Seçim Tablosu (Bolander ve Yamada, 1999).

Toz Bastırıcılar	Ortalama Günlük Trafik Hacmi			Yüzey Malzemesi								İklim		
	Az <100	Orta 100-250	Çok >250	Plastisite İndeksi			İnce Tane Oranı (-75µm)					Islak	Nemli	Kuru
				<3	3-8	>8	<5	5-10	10-20	20-30	>30			
CaCl ₂	√√	√√	√	χ	√	√√	χ	√	√√	√	χ	χ	√√	χ
MgCl ₂	√√	√√	√	χ	√	√√	χ	√	√√	√	χ	χ	√√	√
Petrol	√	√	√	√√	√	χ	√	√	√	χ	χ	√	√√	√
Lıgnın	√√	√√	√	χ	√	√√	χ	√	√√	√√	√	χ	√√	√√
Tall Oil	√√	√	χ	√√	√	χ	χ	√	√√	√	χ	√	√√	√√
Bit.Yağlar	√	χ	χ	√	√	√	χ	√	√	χ	χ	χ	√	√
Elekt Kim	√√	√	√	χ	√	√√	χ	√	√√	√√	√√	√	√	√
Sent Pol.	√√	√	χ	√√	√	χ	χ	√√	√√	χ	χ	√	√√	√√
Kil Katkılı	√√	√	χ	√√	√√	√	√√	√	√	χ	χ	χ	√	√√

√√ = İyi √ = Orta χ = Kötü

6. TOZ BASTIRICI ÜRÜNLERİN TANITILMASI

Açık maden işletmelerinde taşıma yolu üzerinde oluşan tozun bastırılmasında kullanılan en basit ve yaygın yöntem yüzeyin su ile ıslatılmasıdır. Su aynı zamanda toz kontrolü için kullanılan en ucuz bastırıcı olarak görülebilir. Ancak, su çok çabuk buharlaştığı için tozu bastırarak yerine onu geçici olarak bağlamaktadır. Dolayısıyla bir süre sonra yolun tekrar sulanması gerekir ki, bu da maliyeti arttırıcı bir unsurdur. Ayrıca, aşın su püskürtülmesi, yol yüzeyindeki iri agrega malzemesi için bağlayıcı görevi yapan çok ufak taneciklerin serbest kalmasına, yol yüzeyinin bozulmasına ve toz oluşumuna neden olmaktadır. Bozulan yol yüzeylerinin düzeltilmesi ve oluşan tozun bastırılması da işletme maliyetlerini arttıran unsurlardır.

Açık maden işletmelerinde taşıma yolu üzerinde oluşan tozu bastırarak ve yolu sağlamlaştırmak için Bölüm 5' de bahsedildiği gibi, çeşitli kimyasal ürünler geliştirilmiştir. Bu ürünlerin bir kısmı suyun yüzey gerilimini azaltan maddeler olup, suyun yol yüzeyi ve toprak içerisine nüfuz etmesini arttırmakta, buharlaşma süresini geciktirmekte ve dolayısıyla toz bastırma spreyinin etkinlik süresini uzatmaktadır. Diğer bir grup ise (klorür temelli ürünler) uygulamadan sonra havadaki nemi absorblamakta, bu şekilde toz taneciklerini bastırmaktadır. Aşağıda toz bastırma amacıyla kullanılan çeşitli maddelerle ilgili özellikler, kullanımındaki sınırlamalar, uygulama şekli, maddenin kaynağı, ve çevre üzerindeki etkileri özet olarak verilmiştir(Carter, 1999).

6.1 Su

a- Özellikleri

Kolayca temin edilebilir. Yüzey taneciklerini toplama özelliğine sahiptir.

b- Sınırlamalar

Kolay buharlaşması nedeniyle etkinlik süresi bir günden daha azdır, inorganik bastırıcı lardan daha pahalı ve daha yoğun çalışmaya gerektirir.

c- Uygulama

Uygulama sıklığı sıcaklık ve havadaki nem oranına bağlıdır. Etkinlik süresi genel olarak 0,5 -12 saat arasında değişir.

d- Kaynağı

İşletme İçinde veya çevresindeki bir su kaynağından temin edilebilir.

e-) Çevresel Etkisi

Çevre üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi yoktur (Bolander ve Yamada, 1999).

6.2 Su Absorblayan Ürünler

6.2.1 Kalsiyum Klorür

a- Özellikleri

Havadan su absorblama yeteneği sıcaklık ve bağıl nemin bir fonksiyonudur. Örneğin; 25 °C ve %29 bağıl nemde , 38 °C ve %20 bağıl nemde havadan su absorblamaya başlar. Tanecikler arasındaki ince su filminin yüzey gerilimini önemli ölçüde artırarak suyun daha yavaş buharlaşmasına neden olur. Kalsiyum klorür uygulanan yol; nem ve yoğunluk kaybı durumunda az bir çalışma ile tekrar sıkılaştırılabilir.

b- Sınırlamalar

Havadan nemi absorblaması için, nem oranının minimum seviyede olması gerekmektedir. Uzun kurak dönemlerde $MgCl_2$ daha iyi sonuç verir. Metaller için biraz, alüminyum ve alaşımları için çok aşındırıcıdır.

Uygulama yapılmış yol malzemesinde yüksek miktarda ince tanecik varsa, yağmurlu havalarda yol yüzeyi kayganlaşabilir. Çözeltinin derişimi %20'den daha az olduğu zaman su ile benzer etkiye sahiptir.

c-Uygulama

Genellikle her mevsimde 1- 2 defa uygulama yapılır, ilk uygulama için $CaCl_2$ ince tabaka halinde serpilecekse uygulama oranı $0.5 - 1.1 \text{ kg/m}^2$ arasında değişmektedir. Tipik uygulama oranı ise %77 saflıkta ve 0.9 kg/m^2 'dir. Eğer $CaCl_2$ sıvı halde kullanılacaksa, çözeltinin derişimi % 35 - 38 ve uygulama oranı $0.9 - 1.6 \text{ lt/m}^2$ arasında değişmektedir. Sıvı halde tipik uygulama şekli 1.6 lt/m^2 ve oranı % 38'lik seyreltilmemiş artık konsantredir. Daha sonraki uygulamalarda ilk oranların $1/2 - 1/3$ 'ü kullanılır.

d- Kaynağı

Amonyum-soda işlemleri ile sodyum karbonat imalinden tuzlusu formunda ve doğal tuzlu sularla Br imali sırasında yan ürün olarak elde edilir. Üç ayrı şekilde bulunmakta olup; bunlar ince tabaka, toprak (pelet) ve çözelti olarak isimlendirilir.

e- Çevresel Etkisi

Eğer uygulama yapılan alan ile su tabakası arasında düzgün, tampon görevi yapan bir zon varsa su kalitesine etkisi önemsizdir. Alabalıklar 400 ppm, diğer balık türleri 10.000 ppm kadar düşük klorür konsantrasyonlarında yaşayabilirler. Çam, köknar, kavak, dişbudak, ladin ve akağaç gibi bazı bitki türleri kolay etkilenmektedirler. Ayrıca, sıvı konsantrenin çevreye dökülmesi de potansiyel bir tehlike kaynağıdır.

6.2.2 Magnezyum Klorür

a- Özellikleri

Sıcaktan bağımsız olarak %32 bağıl nemde havadan su absorblamaya başlar. Çok sert bir yol yüzeyinde yüzey gerilimini artırmada $CaCl_2$ 'den daha etkilidir. Uygulama yapılmış yol; nem ve yoğunluk kaybı durumunda az bir çalışma ile tekrar sıkılaştırılabilir.

a- Sınırlamalar

Havadan nem absorblaması için, nem oranının minimum seviyede olması gerekmektedir. Kurak iklimlerde kullanılması daha uygundur. Yoğun çözeltileri çelik için çok aşındırıcıdır. Havadan nemi çektiği için aşındırma süresi uzar. Uygulama yapılmış yol malzemesinde yüksek miktarda ince tanecik varsa, yağmurlu dönemlerde yol yüzeyi kaygan olabilir. Çözeltinin derişimi %20'den daha az olduğu zaman su ile benzer etkiye sahiptir.

c- Uygulama

Genellikle her mevsimde 1-2 defa uygulama yapılır, ilk uygulama için çözelti derişimi %28 - 35 ve uygulama oranı $1.4 - 2.3 \text{ lt/m}^2$ arasında değişmektedir. Tipik uygulama ise %30'luk seyreltilmemiş konsantre ve 2.3 lt/m^2 'dir. Daha sonraki çalışmalarda ilk uygulamadaki oranların $1/2$ 'si kullanılır.

d- Kaynağı

Doğal olarak tuzlu su gibi elde edilmektedir.

e- Çevresel Etkisi

Kalsiyum klorür (CaCl₂) ile aynı etkiye sahiptir.

6.2.3 Sodyum Klorür

a- Özellikleri

Sıcaktan bağımsız olarak %79 bağıl nemde havadan su absorblamaya başlar. Yüzey gerilimini artırma özelliği CaCl₂ oranla daha sınırlıdır.

b-Sınırlamalar

Havadan nem absorblaması için, nem oranının minimum seviyede olması gerekmektedir. Seyreltik çözeltiler için kısmen aşındırıcı etkiye sahiptir.

c- Uygulama

Genellikle her mevsimde 1-2 defa uygulama yapılır. CaCl₂ uygulamasından daha yüksek oranlarda kullanılmalıdır.

d- Kaynağı

Doğal halde kaya tuzu ve tuzlu su şeklinde bulunmaktadır.

e- Çevresel Etkisi

Kalsiyum klorür (CaCl₂) ile aynı etkiye sahiptir (Bolander ve Yamada, 1999).

6.3 Organik Petrol Ürünleri

a- Özellikleri

Asfaltın yapıştırıcı özelliğinden dolayı yüzey taneciklerini yığıştırır ve/veya bağlar. Yolun su sızdırmazlığını sağlar.

b- Sınırlamalar

Kurak iklim koşullarında bazı ürünler esnekliği sürdüremeyebilir. Eğer yüzey malzemesi çok fazla ince tanecik içeriyorsa uygulamadan sonra kabuklar meydana gelebilir ve bunlar yağışlı havalarda, araçların hareketi sırasında parçalanabilir.

c-uygulama

Genellikle her mevsimde 1-2 defa uygulama yapılır. Uygulama oranı 0.5 - 4.5 lt/m² arasında değişmektedir. Bu oran yol yüzeyinin durumuna, seyreltme derecesine ve kullanılan malzemeye bağlıdır. Taneleri arasında geniş açıklık bulunan yüzey malzemeleri için yüksek viskoziteli emülsiyonlar kullanılmaktadır. Daha sonraki çalışmalarda ilk uygulamadaki oranlar azaltılmalıdır.

d- Kaynağı

Eksik asfalt (SC-70), asfalt emülsiyonları (SS-I, SS-Ih, CSS-I veya CSS-Ih)'dir. Genellikle 1/5 oranında su ile seyreltilmektedirler. Diğer ürünler modifiye edilmiş asfalt emülsiyonları ve mineral yağlardır.

e- Çevresel Etkisi

Bu ürünlerde kanşımı oluşturan çok çeşitli maddeler vardır. Kullanılan ürünler zehirlidir. Ürünlerdeki yağlar zehirli olabilir. Sıvı konsantreninin dökülmesi ile meydana gelebilecek potansiyel tehlikeler bulunmaktadır (Bolander ve Yamada, 1999).

6.4 Organik, Petrol Olmayan Ürünler

6.4.1 Lignin Türevleri

a- Özellikleri

Yüzey taneciklerini birbirine bağlar. Kurak iklim koşullarında malzemenin dayanımı büyük oranda artar. Uzun kurak dönemler boyunca havadaki nem oranı düşük olsa bile etkinliğini yitirmez.

b-Sınırlamalar

Alüminyum ve alaşımlarında aşınmaya sebep olabilir. Yüzey taneciklerini bağlama işlevi katıların suda çözünürlüğünden dolayı aşın yağmur nedeniyle azalabilir veya tamamen ortadan kalkabilir. Yol yüzeyi yağış sırasında kaygan, kurak dönemlerde kırılabilir. Yol yüzey sertliğinin (dayanımının) korunması zordur, fakat nemin yeterli olduğu durumlarda bu sağlanabilir.

c- Uygulama

Genellikle her mevsimde 1-2 defa uygulama yapılır. Uygulama için çözelti derişimi %10 - 25 ve oram 2,3 - 4,5 lt/m² arasında değişmektedir. Tipik uygulamada ise %50' lik seyreltilmemiş artık konsantre veya 1/1 oranında suyla seyreltilmiş artık konsantre 2,3 lt/m² lik miktarda kullanılmaktadır, iki uygulama yapmak yararlı olabilir. Toz şeklinde de üretilmekte olup, 1 kg ürün 840 lt su ile seyreltildikten sonra kullanılır.

d- Kaynağı

Bileşim hammaddelere ve selüloz elde etmek için kullanılan kimyasallara bağlıdır. Aktif bileşeni şeker içeren, etkisiz hale getirilmiş (nötralize edilmiş) lignin sülfirik asittir.

e- Çevresel Etkisi

Su kalitesini olumsuz yönde etkilemez. Temiz suda yaşayan canlılar üzerindeki etkisi çözünme derecesine bağlı olarak yüksek olabilir. Bitkiler üzerine etkisi bulunmamaktadır. Sıvı konsantrenin çevreye dökülmesi ile meydana gelebilecek potansiyel tehlikeler söz konusudur.

6.4.2 Şeker Pekmezi/Pancarı

a- Özellikleri

Yüzey taneciklerinin geçici olarak bağlanmasını sağlamaktadır.

b- Sınırlamalar

Kullanımı sınırlıdır.

c- Kaynağı

Şeker pancarı ve işlenmesi sırasındaki çalışmalardan elde edilir.

d- Çevresel Etkisi

Çevresel etkisi konusunda yeterli bilgi bulunmamaktadır.

6.4.3 Tall-Oil

a- Özellikleri

Yüzey taneciklerini birbirine bağlamaktadır. Kurak iklim koşullarında malzemenin dayanımını büyük oranda artırmaktadır.

b- Sınırlamalar

Yüzey taneciklerini bağlama işlevi katıların suda çözünürlüğünden dolayı aşırı yağmur nedeniyle azalabilir veya tamamen ortadan kalkabilir. Yol yüzey sertliğinin (dayanımının) korunması zordur.

c- Uygulama

Genellikle birkaç yılda bir defa uygulama yapılır. Uygulama için çözelti derişimi %10 - 20 ve oranı 1.4 - 4.5 İt/m² arasında değişmektedir. Tipik uygulama ise 1/4 oranında suyla seyreltilmiş %40 - 50'lik artık konsantre şeklindedir. Uygulama oranı 2,3 lt/m² dir.

d- Kaynağı

Kağıt üretim işleminde sülfürik asit esterinin damıtılmasıyla yan ürün olarak elde edilmektedir.

e- Çevresel Etkisi

Çevresel etkisi bilinmemektedir.

6.4.4 Bitkisel Yağlar**a- Özellikleri**

Yüzey taneciklerini topaklaştırmaktadır.

b- Sınırlamalar

Kullanımı sınırlıdır. Hızlı bir şekilde oksitlenmekte ve daha sonra kırılğan bir yapı kazanmaktadır.

c-Uygulama

Genellikle her mevsimde 1 defa uygulama yapılır. Uygulama oranı ürüne göre genellikle 1,1 - 2.3 İt/m² arasında değişmektedir. Ürün ne kadar sıcak olursa nüfuz etme o kadar hızlı gelişmektedir. Daha sonraki uygulamalarda başlangıçtaki oranlar azaltılarak kullanılır.

d- Kaynağı

Canola yağı, soya yağı, pamuk tohumu yağı ve keten tohumu yağı bu ürünlerden bazılarıdır.

e- Çevresel Etkisi

Su kalitesine etkisi bilinmemektedir. Temiz suda yaşayan canlılar üzerine etkisini belirlemek için bazı Ürünler test edilmiş ve düşük bir etkiye sahip oldukları görülmüştür. Bitkiler üzerine etkisi konusunda kesin bir değerlendirme yoktur (Bolander ve Yamada, 1999).

6.5 Elektrokimyasal Ürünler**a- Özellikleri**

Kil boyutlu taneciklerin özelliklerini değiştirmektedir. Etkisi genel olarak iklim koşullarından bağımsızdır.

b- Sınırlamalar

Performansı ince kil taneciklerinin mineralojisine bağlıdır. Ömrü sınırlıdır.

c- Uygulama

Kullanım sırasında ürün genellikle 1/100 - 600 oranında suyla seyreltilmektedir. Seyreltilmiş ürün aynı zamanda gevşetilmiş yüzeyi sıkılaştırmak için de kullanılmaktadır.

d- Kaynağı

Sulfonat yağları, amonyum klorür enzimleri, iyonik ürünler örnek olarak verilebilir.

e- Çevresel Etkisi

Ürünlerin çevresel etkisini belirlemek için özel analizler gerekmektedir. Bazı ürünlerin seyreltilmemiş formda çok asidik oldukları bilinmektedir(Bolander ve Yamada, 1999)

6.6 Sentetik Polimer Ürünleri

a- Özellikleri

Polimerler yapıştırıcı özelliklerinden dolayı yüzey taneciklerini bağlamaktadır.

b- Sınırlamalar

Yol yüzey sertliğinin (dayanımının) korunması zordur.

c- Uygulama

Genellikle birkaç yılda bir defa uygulama yapılır. Uygulama için çözelti derişimi %5-15 ve uygulama oranı 1.4 - 4.5 İt/m² arasında değişmektedir. Tipik uygulama ise 1/9 oranında suyla seyreltilmiş %40 - 50'lük artık konsantre olup uygulama oranı 2.3 İt/m² dir

d- Kaynağı

Yapıştırıcı üretim işlemlerinde yan ürünü olarak elde edilir. Genellikle %40-60'ı katıdır.

e- Çevresel Etkisi

Çevresel etkilen konusunda herhangi bir bilgi yoktur (Bolander ve Yamada, 1999)

6.7 Kil Katkılı Ürünler

a- Özellikleri

ince toz taneciklerini birbirine bağlamaktadır. Kurak iklim koşullarında malzemenin dayanımını büyük oranda artırmaktadır

b- Sınırlamalar

Uygulama yapılmış yol malzemesinde yüksek miktarda ince tanecik varsa , yağmurlu zamanlarda yol yüzeyi kaygan olabilir.

c- Uygulama

Genellikle her 5 yılda bir uygulama yapılır. Tipik uygulama oram %1 - 3 kuru ağırlıktır.

d- Kaynağı

Bentomt ve montmorillonit turu killer bu amaçla kullanılabilir.Doğal kil yataklarından temin edilmektedir.

e- Çevresel Etkisi

Herhangi bir çevresel etkisi yoktur (Bolander ve Yamada, 1999).

7. SONUÇ

Madencilik çalışmaları yoğun toz oluşumuna neden olan çeşitli faaliyetleri içermektedir. Açığa çıkan toz, çevreye verdiği zararı yanı sıra mesleki toz hastalıklarına sebep olmakta, görüş mesafesini azaltmakta, çalışma verimini düşürmektedir. Tozun diğer bir olumsuz etkisi de açık işletmelerde kullanılan makinalar uzannda görülmektedir Özellikle ekskavatör - kamyon sistemiyle çalışan işletmelerde dekapaj malzemesi ve cevher taşıyan kamyonlar yoğun tozlu ortamlarda daha sık arızalanmakta ve kısa sürede yıpranmaktadır. Maliyeti çok yüksek olan bu kamyonların

hizmet süresini uzatma ve bakım masraflarını düşürebilmenin tek yolu, şartlara uygun, etkili toz bastırma tekniklerinin uygulanmasıdır. Bu amaçla çok sayıda kimyasal madde geliştirilmiş olup, birçok açık ocakta kullanılmaktadır. Ancak, sonucun başarılı olması için uygulama yapılacak yer ile ilgili faktörler iyi bir şekilde araştırılmalı, malzeme seçimi bu verilere dayanarak yapılmalı ve uygulama kuralları eksiksiz yerine getirilmelidir.

8. KAYNAKLAR

- Bolander, P. and Yamada, A.** (1999) Dust Palliative Selection and Application Guide, San Dimas Technology and Development Center, California, U.S.A., 20 p.
- Carter, R. A. (1999) Cut Costs by Controlling Dust, Coal Age, Vol. 104, No. 12, pp 19-21.
- Chadwick, M.G., Highton, N.H. and Lindman, N.** (1987) Environmental impacts of coal mining and utilization, Pergamon Press, England, 295 p.
- Goose, M. K. and Majee, S. R.** (2000) Sources of air pollution due to coal mining and their impacts In Jharia coalfield. Environment International, Vol. 26, pp 81-85.
- Langdon, B., Hicks, G. and Williamson, R.** (1980) A Guide for selecting and using dust palliatives, Transportation Research Institute, Civil Engineering Department, Oregon State University, Research Report 83 - 13.
- Mukherjee, R.J.N. and Singh, B.** (1985) Proceedings II nd World Congress on Engineering and Environment, New Delhi, November 7-9.
- Nair, P.K. and Singh, B.** (1990) Haul road dust consolidation in opencast mines-a new approach, Indian Journal of Environmental Protection, India, Vol. **10(1)**, pp. 35-39.

www.midwestind.com