



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



**Güvenle  
Büyü  
Türkiye**



**YER ALTI VE  
AÇIK KÖMÜR  
İŞLETMECİLİĞİNDE  
TOZLA MÜCADELE REHBERİ**





T.C.  
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

YER ALTI VE AÇIK KÖMÜR  
İŞLETMECİLİĞİNDE  
TOZLA MÜCADELE REHBERİ

Ankara-2021

Bu Rehber, 5 Kasım 2013 tarih ve 28812 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan  
“Tozla Mücadele Yönetmeliği”nin 7 inci maddesi gereğince kurulan  
Tozla Mücadele Komisyonunun görevleri kapsamında;



**Muzaffer ÇAVDAR**  
TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU  
Maden Mühendisi

**Behçet AKYOL**  
TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU  
Maden Mühendisi

**Yaşar ALBAYRAK**  
TÜRKİYE TAŞKÖMÜRÜ KURUMU  
Maden Mühendisi

**M. Coşkun DOĞANAY**  
TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU  
Maden Mühendisi

**Hatice ÖNCÜ**  
TÜRKİYE KÖMÜR İŞLETMELERİ KURUMU  
Maden Mühendisi

**Nuri VİDİNLİ**  
ÇALIŞMA ve SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
Tabip

tarafından hazırlanmıştır.

Rehberin hazırlık çalışmalarını yürüten İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü (İSGGM) ile İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı (İSGÜM) çalışanlarına, geri bildirimleriyle Rehberin olgunlaşmasına katkı veren Tozla Mücadele Komisyonu üyesi kurum ve kuruluşların temsilcilerine teşekkürlerimizi sunarız.





## İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ VE REHBERİN AMACI.....	8
2. KÖMÜR MADENCİLİĞİNE İLİŞKİN GENEL BİLGİLER .....	9
2.1. Taş Kömürünün Tarihçesi.....	9
2.2. Linyit Kömürünün Tarihçesi .....	11
3. TOZ KAVRAMI VE TOZLARIN SINIFLANDIRILMASI.....	12
3.1. Kimyasal Köken Olarak Organik ve İnorganik Tozlar.....	12
3.1.1. Organik Tozlar .....	12
3.1.2. İnorganik Tozlar .....	12
3.2. Biyolojik Etkileri Bakımından Başlıca Toz Grupları.....	13
3.2.1. Fibrojenik Tozlar .....	13
3.2.2. Toksik Tozlar .....	13
3.2.3. Kanserojen Tozlar.....	13
3.2.4. Radyoaktif Tozlar .....	14
3.2.5. Alerjik Tozlar .....	14
3.2.6. İnert Tozlar .....	14
3.3. Partikül Boyutlarına Göre Tozlar .....	14
4. KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TOZ OLUŞUMU.....	15
4.1. Toz Oluşumu .....	15
4.2. Kömür Maden Ocaklarında Toz Kaynakları.....	15
4.2.1. Yer altı Toz Kaynakları .....	15
4.2.2. Yer Üstü Toz Kaynakları .....	16
4.3. Kömür Yapısının Toz Oluşumuna Etkisi.....	17
5. KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TOZA BAĞLI GÜVENLİK VE SAĞLIK SORUNLARI.....	19
5.1. Toza Bağlı Güvenlik Sorunları (Kömür Tozu Patlamaları) .....	19
5.1.1. Kömür Tozu Patlamasına Neden Olan Kaynaklar .....	19
5.1.2. Kömür Tozu Patlamasına Neden Olan Faktörler .....	20
5.1.3. Kömür Tozu Patlamasının Kontrolünde Uygulanan Yöntemler .....	22
5.1.3.1. Önleme .....	22
5.1.3.2. Temizleme .....	22
5.1.3.3. Bastırma .....	23



5.1.3.4. Hafifletme (Yoğunluk düşürme) .....	24
5.1.4. Kömür Tozu Patlamalarının Yayılmasının Önlenmesinde Uygulanan Yöntemler .....	24
5.1.4.1. Taş Tozu Barajları.....	25
5.1.4.2. Su Barajları .....	27
5.1.4.3. Tetikli Bariyerler ve Patlama Detektörleri .....	29
5.2. Toza Bağlı Sağlık Sorunları.....	30
6.KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TOZ ÖLÇÜMLERİ VE SINIR DEĞERLER .	32
7. KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TOZ KONTROLÜ UYGULAMALARI .....	33
7.1. Kömür Madenlerinde Toz Kaynakları ve Tozla Mücadele .....	33
7.1.1. Yer altında Oluşan Toz Kaynakları ve Tozla Mücadele .....	33
7.1.2. Yer Üstünde Oluşan Toz Kaynakları ve Tozla Mücadele .....	41
7.2. Açık Ocak Kömür İşletmelerinde Toz Kaynakları ve Tozla Mücadele .....	43
7.2. Toplu ve Kişisel Korunma Yöntemleri .....	48
8. KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TOZA BAĞLI SORUNLAR İÇİN SAĞLIK GÖZETİMİ UYGULAMALARI .....	51
9. KAYNAKLAR.....	59





## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1: Kömürdeki uçucu maddenin patlamadaki rolü [18].....	21
Şekil 2: Kömür tozu – Metan patlama diyagramı [18].....	22
Şekil 3: Taş tozu raflarının boyutları [20].....	25
Şekil 4: Taşıyıcı tip su rafı [19].....	27
Şekil 5: Asılı tip su rafı [19].....	28
Şekil 6. Farklı akım hacim eğrisi örnekleri.....	53
Şekil 7: Solunum fonksiyon testleri.....	54
Şekil 8. SFT manevrasının uygun yapıp yapılmadığının değerlendirilmesinde, zorlu soluk verme süresinin değerlendirilmesi, FET; Zorlu soluk verme süresi..	55
Şekil 9. Obstrüktif bozukluğu gösteren rapor örneği.....	55
Şekil 10. Bronkodilatöre yanıt testinin “pozitif” olduğu rapor örneği.....	57
Şekil 11. Pnömokonyoz Tanı Şeması.....	57



## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1: Barajlarda bulunması gereken taş tozu miktarları [18].....	26
Çizelge 2: Raflarda (kasalarda) bulunması gereken taş tozu miktarı [18].....	26
Çizelge 3: Kömür Tozu Solunabilir Sınır Değerleri [11] .....	32
Çizelge 4: Toz ve partikül koruma seviyeleri.....	50
Çizelge 5. Obstrüktif, restriktif ve mikst tip patolojilerin ayırımında solunum fonksiyon testi parametrelerindeki değişimler .....	56
Çizelge 6. Obstrüktif tip patolojilerin FEV <sub>1</sub> ' e göre ağırlığı .....	56
Çizelge 7. Pnömokonyoz Değerlendirme Çizelgesi [28] .....	58





## FOTOĞRAF DİZİNİ

Fotoğraf 1: Kömür madeninde su barajı .....	29
Fotoğraf 2: Sulu plastik kartuşlar .....	36
Fotoğraf 3: Tünelde kuru tip toz toplama .....	37
Fotoğraf 4: Mekanize kazı toz bastırma sistemi .....	37
Fotoğraf 5: Delme patlatmada toz toplama .....	37
Fotoğraf 7: Tünelde (Galeri ) toz toplama sistemi .....	38
Fotoğraf 6: Kuru tip toz toplama .....	38
Fotoğraf 8 : Emme boruları ile tozsuzlaştırma kompakt filtre tesisi .....	38
Fotoğraf 9: Tuz madeni konveyör tozsuzlaştırma .....	38
Fotoğraf 10: Transfer noktası toz toplama .....	38
Fotoğraf 11: Yeniden kullanılabilir maske .....	38
Fotoğraf 12: Motorlu ve hava beslemeli maskeler .....	39
Fotoğraf 13: Kömür tozu patlamasına karşı su bariyerleri .....	40
Fotoğraf 14: Patlama bariyeri .....	40
Fotoğraf 15: Kömür madenciliği açık ocak çalışmasından genel bir görünüş .....	43
Fotoğraf 16: Tek kullanımlık toz maskesi .....	44
Fotoğraf 17: Delik delme işleminde toz oluşumu .....	44
Fotoğraf 18: Tozu bastırma sistemi .....	45
Fotoğraf 19: Delme patlatma toz oluşumu .....	45
Fotoğraf 20: Dekapaj işleri toz oluşumu .....	46
Fotoğraf 21: Kömür kazı yükleme .....	46
Fotoğraf 22: Döküm harmanı toz oluşumu .....	46
Fotoğraf 23: Toz bastırma sistemleri .....	47
Fotoğraf 24: Oluşacak tozu bastırma sistemleri .....	47
Fotoğraf 25: Kömür stoğunda toz bastırma sistemi .....	48





## 1. GİRİŞ VE REHBERİN AMACI

Toza maruziyet bir yandan meslek hastalıklarına sebep olabilirken diğer yandan görüşü azaltma, patlama ve yanıcılık özellikleri ile iş kazalarına sebep olabilmektedir.

Toza bağlı akciğer ve solunum sistemi hastalıkları ülkemizde kayıt altına alınan meslek hastalıkları içinde en sık rastlanan hastalıklardır. Hastalığın nerede gelişeceği ya da hastalığın türü, partiküllerin boyutuna ya da solunan maddenin ne olduğuna ve solunum yollarında ya da akciğerlerde nereye kadar gittiğine bağlıdır. Maruziyetin etkileri, üst solunum yollarının (ÜSY) irritasyonu ile kronik enflamasyonundan pnömokonyoza ve akciğer kanserine kadar değişiklik göstermektedir [1].

Kömür ocaklarında meydana gelen patlamalarda ise, kömür tozu patlamaları ve ortamda bulunan kömür tozlarının ikincil patlamalara sebep olması ilk sıralarda yer almaktadır.

Tozun etkilerinden korunmak için; öncelikle tozun kaynağı, miktarı ve niteliği bilinmeli ve kaynağında mücadele prensibi uygulanmalıdır. Buna ek olarak, kapalı sistem tasarımı geliştirilmeli, emiş ve havalandırma uygulamaları ile temizlik, kontrol ve denetim uygulamalarını içeren tozsuzlaştırma ya da tozla mücadele programları geliştirilmelidir [2].

Bu rehber, yer altı ve yer üstü kömür madenciliğinde toza bağlı sağlık sorunları ile yer altındaki kömür tozu patlamalarının önlenmesi için alınması gereken önlemleri belirlemek amacı ile hazırlanmıştır.





## 2. KÖMÜR MADENCİLİĞİNE İLİŞKİN GENEL BİLGİLER

İnsanoğlunun enerjiye ihtiyaç duyduğu ilk yıllardan beri kömürün insan yaşamında ayrı bir yeri olmuş ve kömür insanların çağ atlamasına yardımcı olmuştur.

Kömür, fosil yakıtlardandır. Bataklıkların altında milyonlarca yılla ifade edilecek derecede uzun zaman diliminde sıkışmış ve birikmiş bitkilerin oluşturduğu karbonumsu kayaçlardır. Kalitesi; jeolojik yaşı ve bununla doğru orantılı olarak sertlik derecesi ile karbon içeriğine bağlı olup, ısıl değerini bunlar belirler. Linyit en genç ve en düşük kalitedeki kömürdür. Antrasit ise en yaşlı ve en yüksek kaliteli olanıdır.

Uluslararası Enerji Ajansı, 2009 yılı işletilebilir dünya kömür rezervinin 723 milyar ton taş kömürü ve 277,5 milyar ton da linyit olmak üzere 1 trilyon tondan fazla olduğunu belirtmiştir. Ayrıca; 2010 yılı dünya kömür üretim miktarlarını; 6 186 milyon ton taş kömürü ve 1 043 milyon ton da linyit olmak üzere toplam 7 229 milyon ton olarak belirtmiştir [3].

Ülkemizde taş kömürü olarak bilinen bituminöz kömür orta kalitede bir kömürdür. Ülkemizde çoğunlukla linyit ve taş kömürü yatakları vardır.

Türkiye'nin toplam kömür rezervi ise 2018 yılı sonu itibariyle 15,6 milyar ton linyit ve 1,3 milyar ton taş kömürü olmak üzere 16,9 milyar tondur [4].

Türkiye geneli linyit üretimi 2018 yılında 97.017.695 ton, 2019 yılında 92.993.461 ton iken 2020 yılında 84.265.524,21 ton olarak gerçekleşmiştir [4].

### 2.1. Taş Kömürünün Tarihçesi

18. yüzyılın sonlarında; özellikle donanma, tophane, darphane ve tersane gibi tesislerin ihtiyacı olan kömürün, büyük bedellerle ithal edilmesi sonucu Osmanlı Devleti sınırları içinde de kömür aranması için talimat verilerek bulunması halinde bulan kişilerin ödüllendirileceği bildirilmiştir. 8 Kasım 1829 tarihinde, terhisî sonrası köyüne dönen Bahriye eri Uzun Mehmet, Karadeniz Ereğlisi Köseağzı Değirmen Mevkii Viren Deresi'nde taş kömürünü bulmuştur. Uzun Mehmet II. Mahmut tarafından 5 000 kuruş ile mükafatlandırılmış ve 600 kuruş maaşa bağlanmıştır.

Ülkemizdeki kömür madenciliğinin günümüzde geldiği noktayı daha iyi anlayabilmek için bugüne kadar nasıl bir süreçten geçtiğinin ortaya konulması gerekmektedir. Bu nedenle aşağıda bu süreçler kısaca özetlenmiştir [5].

**Hazine-i Hassa İdaresi: (1848-1854):** Zonguldak kömür havzasında maden kömürü üretimine 1848 yılında başlanmıştır.



**Meşrutiyet Dönemi: (1908-1914) :** Bu devirde; Osmanlı Anonim Şirketi kurularak Çaydamar ve Karıncadere ocakları satın alınmış, Kozlu Kömür Madeni işletmesi İtalyan ve Yunan sermayesine verilmiştir.

**I. Dünya Savaşı Dönemi: (1914-1920) :** I. Dünya Savaşının başlamasıyla beraber savaş kömür merkezi kurulmuş, havzanın işletmesi Almanlara devredilmiştir.

**Himayeci Dönem (1920-1925):** Milli Mücadele zaferle sonuçlandıktan sonra, sosyal ve iktisadi kalkınmamızın öncelikli konuları tespit edilerek;

- Kömür üretiminin rasyonelleştirilmesi,
- Yüksek Maden ve Sanayi Mektebinin Zonguldak'ta açılması,
- 121 sayılı 15 maddelik Kanun ile Havza-i Fahmiye Amele Kanunu'nun kabul edilmesi,
- Kömürün nakli ve ormanların korunması,
- Kömür yan maddelerinin sanayide kullanılması,
- Kömür ihracı gibi

kömür havzasının ekonomik, sosyal ve teknik problemleri ele alınmış ve esasları belirlenmiştir.

**Vasıtalı Müdahaleci Dönem: (1925-1936):** Bu dönemde kurulan "Havza İktisat Müdürlüğü" ile ocakların kontrolünün yanında devletin havzaya doğrudan doğruya işletmeci olarak girmesi sonucunda yeni yasalarla bir takım şirketler kurulmuştur.

**Maden Tetkik ve Arama Enstitüsünün Kurulması (1935):** Türkiye Cumhuriyeti kurulduktan sonra kalkınma çabaları içerisinde madencilik konusu da ele alınmış, yer altı kaynaklarımızın devlet eliyle çıkarılması ve değerlendirilmesi amacıyla, 1933 yılında Ekonomi Bakanlığı'na bağlı "Petrol Arama ve İşletme" ile "Altın Arama ve İşletme İdaresi" adıyla iki bağımsız kurum kurulmuştur. Daha sonra madenlerimizin gerekli jeoloji ve madencilik yöntemleriyle sistemli olarak araştırılması ve işletilmesi amacıyla 1935 yılında Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) kurulmuştur.

**Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'nun Kurulması (1957):** Kalkınma planında; demir-çelik ve enerji sanayisinin koklaşabilir kömür ihtiyacının karşılanabilmesi için, maden ocaklarının çağın tekniğine uygun bir şekilde işletilebilmesi ve ocakların yönetiminin tek merkezden yürütülebilmesi amacıyla Etibank'ın kömür havzalarındaki yetkileri Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ) bünyesinde toplanmıştır.

**Türkiye Taşkömürü Kurumunun Kurulması (1983):** Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Genel Müdürlüğü (TKİ), kendi bünyesinde faaliyet gösteren Ereğli Kömür İşletmeleri Müessesesi yerine, Kozlu, Karadon, Armutçuk, Üzülmöz, Amasra İşletmelerinden oluşan Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) Genel Müdürlüğü'nün kurulması kararını almıştır [5].



## 2.2. Linyit Kömürünün Tarihçesi

Yurdumuzda linyit kömürünün ne zaman bulunduğu konusunda kesin bir tarih bilinmemekle beraber, Anadolu'nun pek çok yöresinde linyit kömürünün açıkta bulunmuş olması (mostra vermesi) bu kömürün uzun yıllardan beri halk tarafından ısınmak amacıyla kullanılmış olabileceğini göstermektedir. Ancak, Kütahya-Tavşanlı (Tunçbilek) kömürlerinin 1906-1907 yıllarında Mehmet Ağa tarafından bulunduğu tahmin edilmektedir.

Linyit kömürünün ülkemizde büyük ölçeklerde kullanılması ise ilk defa, 1914-1918 yılları arasında 1. Dünya Savaşı sırasında düşünülmüş ve savaş ihtiyacını karşılamak amacı ile başta Soma linyitleri olmak üzere, Değirmisaz'da ve Anadolu'nun birçok bölgesinde linyit işletmeleri kurulmuştur. Bu arada 1916 yılından itibaren, Ağaçlı-Çiftalan linyit havzasında da düzenli bir yer altı işletmesi ile çalışılmaya başlanmıştır.

Cumhuriyetin ilk yıllarında linyit işletmelerinde bir durgunluk olmuş ve üretime ara verilmiştir. Kısa bir duraklamadan sonra Soma İşletmesi yeniden çalışmaya başlamıştır. 1926 yılında Kütahya Kiremit Fabrikasının açılması ile Tunçbilek kömürleri işletilmeye başlanmıştır. Maden arama ve işletmecilik, 1926 yılında kurulan İş Bankası Türk Kömür A.Ş. ve 1927 yılında kurulan Amasya Çeltek Kömür İşletmesi ile hız kazanmıştır. Bunlardan birkaç yıl sonra, Değirmisaz, Yerköy ve Gerenez linyit ocakları özel sektöre verimli sayılabilecek şekilde işletilmeye başlanmıştır [6].



### 3. TOZ KAVRAMI VE TOZLARIN SINIFLANDIRILMASI

Kimya Terimleri Sözlüğüne (IUPAC, 1990) göre; rüzgâr, volkanik patlama gibi doğal güçler ile mekanik veya kırma, taşlama, öğütme, delme, yıkma, küreme, taşıma, elekten geçirme, ambalajlama ve süpürme gibi insan yapımı prosesler tarafından havaya karışan boyutları 1-100 µm arasında değişen küçük, kuru katı partiküllere toz adı verilmektedir. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü de tozu 100 mikrondan küçük, bir süre havada asılı kalan ancak kendi ağırlığı ile çöken küçük katı partiküller olarak tanımlamaktadır. [7]

#### 3.1. Kimyasal Köken Olarak Organik ve İnorganik Tozlar

Kimyasal köken olarak tozlar organik tozlar ve inorganik tozlar olmak üzere başlıca iki gruba ayrılır. Organik tozlar akciğerlerde depolanmazken inorganik tozlar akciğerlerde depolanma eğiliminde olup akciğerlerde dokusal bozukluk meydana getirebilirler.

##### 3.1.1. Organik Tozlar

Organik tozlar, akciğerlerde depolanmaz, doğrudan fibrojenik etki (akciğer dokusunun zarar görüp sertleşmesi, nefes almanın zorlaşması) göstermez, ancak bir tür alerjik mekanizma aracılığı ile solunum yollarında spazma neden olur. Tekrarlayan spazmlarla da kronik akciğer hastalığı oluşturur. Alerjik solunum etkilerine, mukozal ve alerjik olmayan solunum etkilerine ve kansere yol açabilir, astıma ve kronik bronşite sebep olur. Pamuk tozu, bissinosis adlı akciğer hastalığına ve odun tozları astım ve dermatit gibi cilt hastalıklarına sebep olur.

Organik tozlara örnekler aşağıda sıralanmıştır:

- Bitkisel kökenli tozlar (pamuk tozu, tahta tozu, un tozu, saman tozu vb.)
- Hayvansal tozlar (tüy, saç vb.)
- Sentetik bileşenlerin tozları (DDT, trinitro tolüen vb.) [8].

##### 3.1.2. İnorganik Tozlar

İnorganik tozlar ise akciğerde depolanma eğilimindedir. Bunlar arasında fibroz (akciğer dokusunun sertleşmesi) oluşturma riski olan tozlar, akciğerlerdeki hava kesecikleri olan alveollerde dokusal bozukluk meydana getirerek kronik akciğer hastalıklarına neden olurlar [8].

İnorganik tozlar aşağıda verilmiştir:

- Metalik tozlar (demir, bakır, çinko tozu vb.)
- Metalik olmayan tozlar (kükürt, kömür tozu)
- Kimyasal bileşiklerin tozları (çinko oksit, manganez oksit vb.)
- Doğal bileşiklerin tozları (mineraller, killer, maden cevherleri vb.)
- Mineraller: Solunabilir, kristal yapıda silika tozu



- Asbest lifleri içeren tozlar
- İnsan yapımı mineral lifler (alüminyum silikat lifler) [8].

### 3.2. Biyolojik Etkileri Bakımından Başlıca Toz Grupları

Biyolojik etkilerine göre tozlar fibrojenik tozlar, toksik tozlar, kanserojen tozlar, radyoaktif tozlar, alerjik tozlar, inert tozlar olmak üzere gruplandırılmaktadır. Bu sınıflandırma çeşidinde, tozlar biyolojik etkilerine göre sağlık etkileri göstermektedir.

#### 3.2.1. Fibrojenik Tozlar

Bazı maddelerin fibrojen (lif) kapasitesi olan toz partikülleri, bulunduğu ve akciğerlerde biriktiği zaman akciğerlerde fibrotik değişiklikler meydana gelir. Bu fibrotik doku zamanla akciğerin normal aktif dokularının yerini alır. Ciğerleri yavaş yavaş tahrip ederek çalışanın sağlığını olumsuz yönde etkiler ve ömrünün kısalmasına neden olur. Bu tür tozların en belirgin örnekleri silis, asbest, talk, alüminyumdur. Yukarıda saydığımız tozlar sırasıyla silikoz, asbestoz, talkoz, alüminoz adı verilen pnömokonyozlara (akciğerde tozların birikmesine bağlı hastalıklara) yol açar. Çalışanın hastalanmasında bu tozların ortamdaki konsantrasyonları, maruz kalma süresi, vücut direnci gibi faktörler etkilidir [8].

#### 3.2.2. Toksik Tozlar

Vücuda alındıklarında çeşitli organlar üzerinde (sinir sistemi, karaciğer, böbrekler, mide ve bağırsaklar, solunum organları, kan yapıcı organlar gibi) kronik veya akut zehirlenme etkisi yapan tozlar bu sınıfa girer. Tozu oluşturan bileşenlerin biri veya birkaçı toksik bir madde ise, maddenin cinsine, tozdaki yüzdesine, havadaki tozun yoğunluğuna, solunan tozun miktarına göre zehirlenmelere neden olabilirler. Kurşun, kadmiyum, mangan gibi ağır metal tozları bu grubun en belirgin örnekleridir. Kadmiyum böbreklerde, mangan merkezi sinir sisteminde toksik etkiye sahiptir. Kurşun tozları ise dolaşım sistemi, sinir sistemi, boşaltım sistemi ve sindirim sistemi gibi pek çok sistem üzerinde toksik etkiler gösterebilir [8].

#### 3.2.3. Kanserojen Tozlar

Çeşitli iç ve dış faktörlere bağlı olarak insanlarda kansere yol açabilen tozlardır. Beslenme, yaşam koşulları, çevre kirliliği mesleki etkiler gibi faktörlerin kanser oluşumunda rolü olduğu düşünülmektedir. Bugün kanserojen olduğu bilinen tozlar şunlardır: asbest, arsenik ve bileşikleri, berilyum, kromatlar, nikel ve bileşiklerinin tozları ve sert ağaç tozlarıdır [8,9].

### 3.2.4. Radyoaktif Tozlar

Hava içinde toz halinde bulunan radyoaktif maddelerin yaymış oldukları iyonize ışınlar, insan organizmasının hücre ve dokularında hasar yapar, tümör oluşumuna ve genetik bozukluklara neden olurlar. Bunlar çok sayıda olmamakla birlikte en önemlileri; uranyum, toryum, seryum ve zirkonyum bileşikleri, trityum ve radyum tuzlarıdır [8].

### 3.2.5. Alerjik Tozlar

Duyarlı kişilerde ateş, astım, dermatitler gibi çeşitli alerjik reaksiyonlara yol açabilen tozlardır. Çeşitli bakteri, maya, küf ve polenler de böyle etki gösterebilirler. Nemli ve sıcak nitelikteki ambar, ahır gibi yerlerde uzun süre bekleyen hayvan yemi, saman, ot, tahıl, küspe gibi küflü tozların solunması ile alerjik solunum sistemi hastalıkları ortaya çıkabilir. Pamuk, keten, kenevirle çalışanlarda, dokuma fabrikası çalışanlarında görülen bissinoz, fırıncılarda un nedeniyle görülen bronşial astım, alerjik tepkilerdir. Ağaç tozları da bu grupta yer almaktadır [8].

### 3.2.6. İnert Tozlar

Bu tür tozlar, vücutta birikebilen fakat fibrojenik ve toksik etkileri olmayan tozlardır. Solunan ve çöken partiküller ya nefes alma işlemiyle ve solunum sisteminin kendi kendini temizlemesi yoluyla vücuttan atılırlar veya en kötü durumda, akciğerde büyük patolojik etkiler yapmadan daimi bir birikim meydana getirirler. Kireç taşı, mermer, alçı taşı tozları ve tütün tozu bu gruba örnektir [8].

## 3.3. Partikül Boyutlarına Göre Tozlar

Partikül boyutu genellikle partikülün aerodinamik özelliklerinin bir ölçüsü olan aerodinamik çap olarak tanımlanmaktadır. Havadaki bir partikülün solunması aerodinamik çapına, hava ve kişilerin nefes alma hızına bağlıdır. Toz partiküllerinin daha sonra solunum yolundan nasıl ilerleyeceği ve akciğerlerin hangi bölgesinde biriktikleri, parçacığın aerodinamik çapı, hava yolu boyutları ve kişinin solunum düzenine bağlıdır. Partikül boyutu küçüldükçe, solunum yollarında daha derinlere inebilmektedir [10].

Partikül boyutuna göre tozlar 05.11.2015 tarih ve 28812 sayılı Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde solunabilir toz ve toplam toz olarak ikiye ayrılmaktadır.

**Solunabilir Toz (Respirable Dust):** Yönetmelikte solunabilir toz olarak adlandırılan toz fraksiyonu TS EN 481'de şu şekilde tanımlanmıştır: Silier hücrelerin olmadığı solunum yolunda biriken solunan partikül fraksiyonlarının kütlesidir [29].



**Toplam Solunabilir Toz (Inhalable Dust):** Yönetmelikte toplam toz olarak adlandırılan toz fraksiyonu TS EN 481'de şu şekilde tanımlanmıştır : Ağız ve burun yolu ile solunarak alınan asılı haldeki tüm partikül fraksiyonlarının kütesidir [29].

## 4. KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TOZ OLUŞUMU

Tozu, yer altı kömür madenciliğinde insan sağlığına verdiği zararlara ve oluşturduğu potansiyel tehlikelere göre iki grupta incelemek mümkündür.

1. Solunabilir toz
2. Patlayabilir toz

Yer altı işletmelerinde kömür damarlarına ulaşmak için kuyular, lağımalar ve galeriler açmak gerekir. Bu tür hazırlıklar şist, kumtaşı, konglomera vb. kayalar içinde yapılır. Kayaç içerisinde yapılan çalışmalar esnasında oluşan tozlar, tozun cinsine, tane büyüklüğüne, yoğunluğuna bağlı olarak havalandırma ile tüm yer altı işyerlerine ulaşır. Büyük parçalardan yüksek yoğunlukta olanlar kolayca çöker. Özgül ağırlıkları düşük olanlar uzun süre havada asılı kalır ve hava akımı ile bütün ocağı dolaşır.

### 4.1. Toz Oluşumu

Kayaçlarda toz oluşumunu incelemek için; kayaçların mekanik ve fiziksel özelliklerinden sertlik, gevreklik, darbe dayanım, ufalanabilirlik özellikleri araştırılmıştır. Yapılan araştırmalarda gevrekliğin ve sertliğin artması ile oluşan toz miktarının arttığı saptanmıştır [12]. Tozun oluşmasında iki tip kaynak etkindir.

#### » Birincil Toz Kaynakları

Taş veya mineralin parçalanması sonucu toz oluşumudur. Bu tozlar: delik delme, ateşleme, kazı, nakliyat, tarama ve arka göçertme gibi faaliyetler sonucu oluşur. Ortaya çıkan toz, kazılan mineralin cinsine, parçalanma miktarına, yükleme ve nakliyat şekline, yatağın konumuna, üretim yöntemine ve havalandırma yöntemine bağlı olarak değişir.

#### » İkincil Toz Kaynakları

Çökmüş olan tozun yeniden girdaplanarak havalanması ve zeminden kalkması şeklinde tanımlanabilir [13].

### 4.2. Kömür Maden Ocaklarında Toz Kaynakları

#### 4.2.1. Yer altı Toz Kaynakları

Kömür tozu kömürün çarpma, aşınma, kırılma, kesilme, öğütülmesi, patlatılması nedeniyle parçalara ayrılması ile meydana gelmektedir.

- **Giren Hava:** Giren hava tozlu olabilir.



- **Giriş Hava Yolu Üzerinde Toz Kaynakları:** Ocaklarda fazla basınç nedeni ile daralan taban yolları, kömür nakliyatına engel olması nedeni ile tamir tarama işleri yapılarak ayakta tutulur. Bu çalışmalar yapılırken tozlanma sorunu yaşanır.
- **Ayak Dibi Yükleme Noktaları:** Kömürün banda/bantlara ya da diğer nakliyat araçlarına yüklenmesi sırasında toz sorunu ile karşılaşılabilir.
- **Ayıklarda Kazı Esnasında:** Kazı esnasında oluşan toz üretim yerlerinin en önemli toz kaynağıdır. Mekanizasyonun artması ile toz oluşumu da artmıştır. Tavan, taban ve yan taşların durumu, damar yapısı, nem miktarı toz oluşumuna etki eden önemli faktörlerdir. Ayrıca eski imalatlar içinde yapılan kazı önemli toz kaynaklarından biridir.
- **Ayıklarda Ramble Esnasında:** Ramble malzemeleri genelde kömür hazırlama tesislerinden temin olunan, yıkama bakiyesi olarak ayrılan şistlerden oluşur.
- **Ayıklarda Arka Göçertme Esnasında:** Tavan basıncının azaltılması için domuz damlı ayaklarda arka göçertme esnasında büyük çapta kırılma, ezilme, ufalanma meydana geldiğinden toz oluşmaktadır.
- **Topukların Alınması Esnasında:** Topukların alınması sırasında normalin üstünde bir basınca maruz kalan topuk kömürü ezilerek toza sebebiyet vermektedir. Topuğun birden bire basması ve kömürün aniden boşalması çalışma ortamında aniden yüksek miktarda toz oluşmasına neden olacaktır.
- **Deliklerin Delinmesi Esnasında:** Deliklerin delinmesi esnasında oluşan toz yer altında oluşan tozun %20-30'unu teşkil eder. Delik delme işlerinde kullanılan makinaların, galeri açma makinalarının toz oluşumunu azaltmak için düşük devirle çalıştırılması uygun olacaktır.
- **Ateşlemeler:** Ateşlemeler esnasında oluşan toz yer altında oluşan tozun % 10-30'unu teşkil eder. Ateşleme yapıldıktan sonra toz ortamda 10-15 dakika kadar havada asılı kalmaktadır. Yeterli önlem alınmadığı takdirde toz hava akımı ile tüm ocağa yayılarak işyerinin tamamını tehlikeye sokabilmektedir.
- **Nakliyat Tesisleri:** Üretilen kömürün nakliyat araçlarına yüklenmesi ve boşaltılması esnasında da toz meydana gelmektedir [14].

#### 4.2.2. Yer Üstü Toz Kaynakları

- **Boşaltma Noktaları:** Boşaltma noktalarında genellikle yüksek miktarda toz oluşur. Kömürün, arabalardan yükleyicilere alındığı bu yerlerde meydana gelen toz aynı zamanda bir hava akımına neden olur.



- **Silolar** : Silolarda düşme esnasında yüksek miktarda toz oluşur.
- **Elekler** : Eğer eleklerin boşaltma ağızları ardı ardına yerleştirilmişse toz yoğunlaşmasına neden olabilir.
- **Nakliyat Tesisleri** : Kömür hazırlama tesislerinde farklı işlemler ve çeşitli kısımlara geçiş esnasında toz meydana gelir. Malzemenin nakli sırasında serbest düşmeler nedeniyle de toz oluşabilmektedir.
- **Ayıklama Bantları** : Eleklerin iyi kapatılmamış emici başlıklarından kurtulan toz, ayıklama bantlarına yönelir.
- **Taş Kırma Tesisleri** : Taş kırma tesisleri, işletmelerde en yoğun toz oluşumunun meydana geldiği bölümlerden biridir.
- **Bazı Özel Toz Problemleri** : Kömür ocaklarında, kömür tozunun bastırılması için taş (kalker) tozunun serpilmesi (%5 den az silis) ve taş tozu ile şistleme yaparken mekanik toz serpme cihazları kullanılması esnasında da ortamda yoğun miktarda toz oluşmaktadır.

### 4.3. Kömür Yapısının Toz Oluşumuna Etkisi

Kömürler ne kadar genç ve kömürleşme süreci ne kadar az ise, su miktarı o kadar fazla, toz oluşumu ise o kadar az olmaktadır [15].

Yaşlı kömürler, genç kömürlere göre daha fazla kuvars tozu içermektedir. Kömürleşmeden önce kuvars tozu eşit miktarda bulunsa bile, kömürleşme sürecinde organik maddeler azaldığından kül oluşumuna sebep olan inorganik maddeler geriye kalmakta ve kömürlerde kuvars oranı artmaktadır. Bu nedenle, yaşlı kömürlerdeki kuvars oranı genç kömürlerdeki kuvars oranından fazladır [15].

Kömürün uçucu-yanıcı yüzdesinin artması, toz oluşumunu arttırmaktadır. Uçucu-yanıcı miktar %10'dan %20'ye yükseldiğinde ve diğer koşullar aynı kaldığında, toz oluşumunun yaklaşık iki kat arttığı saptanmıştır. [12].

Kömürün karbon içeriği toz oluşumu ile ilişkilendirilmektedir. Diğer bir deyişle kömürün karbon içeriği arttıkça tozlanma miktarının da arttığı saptanmıştır [12].

Nem miktarının toz oluşumuna karşı etkisi büyüktür. Nem miktarı arttıkça, toz oluşumu azalacaktır. Kömürün yoğunluğunun toz oluşumunda artışa neden olduğu bazı araştırmacılar tarafından kabul edilmiştir [12].

Toz oluşumunda yukarıda açıklanan özellikler yanında kömürün sertlik ve yumuşaklık derecesinin de toz oluşumunu etkilediği belirlenmiştir [16].

Çevre koşulları olarak; derinlik, sıcaklık, tabaka basıncı ve ocak havalandırmasının toz oluşumuna etkileri söz konusudur [12].

Meyilli damarlarda kazılan kömür, oluk üzerinde serbestçe kaydığından toz oluşumu fazladır. Ayrıca bu tip damarlarda çalışırken düz yatımlı damarlara oranla taş içerisinde fazla galeri açılmasını gerektirdiğinden ortaya çıkan zararlı toz miktarı da artacaktır [15].

İnce damarlarda toz oluşumu kalın damarlara göre daha fazladır. Çünkü bu işyerlerinde havadaki toz yoğunlukları kalın damarlara göre fazladır. Ayrıca kalın damarlarda galeriler genellikle kömür içerisinde sürüldüğünden daha az taban taşı kesilir [15].

Ayrıca, kayaç basıncının etkisiyle ve üretimden önce toz oluşmuş ve çatlaklarda saklı kalan tozlar, üretimin devamı sırasında meydana çıkarak ocak havasına karışabilir [16].



## 5. KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TOZA BAĞLI GÜVENLİK VE SAĞLIK SORUNLARI

### 5.1. Toza Bağlı Güvenlik Sorunları (Kömür Tozu Patlamaları)

Yeterli miktarda patlama özelliği olan kömür tozunun, bulut şeklinde havalanması ile tutuşturucu bir kaynağa maruz kalması sonucu kömür tozu patlaması oluşur. Patlama sonrası, meydana gelen basınç dalgaları nedeniyle, havaya kalkan toz yığınları patlayarak yayılır [17].

Kömür tozu tanecikleri yüksek ısı karşısında distilasyona uğrar ve çok miktarda metan ile hidrojen meydana gelir. Bu tip patlamalarda diğer hidrokarbonlara da rastlamak mümkündür [17].

Kömür tozunun kuru olması halinde patlama daha hızlı ve şiddetli olmaktadır. Şayet ıslak ve rutubetli kömür tozları da patlama sahasına girerse su gazı meydana gelir ve netice olarak büyük miktarda karbon monoksit ve hidrojen oluşur [17].

Alev geçtikten sonra kimyasal reaksiyonlar durur. Etraftan gelen taze hava, patlama sahasındaki gaz bileşimlerini tamamen değiştirir. Ayrıca, kömür ve mevcut kalmışsa kömür tozları da bazı gazları absorbe eder. Şayet kömür, koka elverişli ise; kömür tozu patlamalarından sonra koklaşmış kömür tanecikleri bulunabilir [17].

#### 5.1.1. Kömür Tozu Patlamasına Neden Olan Kaynaklar

- Grizu patlamalarından oluşan şok ve alevler,
- Patlayıcı maddelerden oluşan şok ve alevler (özellikle lağımın geri tepmesi),
- Tozlu atmosferdeki elektrik hat ve kablolarından oluşan arklardır [17].

Bu kaynakların neden oldukları patlamalar aşağıdaki tedbirler sayesinde önlenmektedir;

- Grizu patlamalarının engellenmesi,
- Emniyetli patlayıcı maddelerin kullanılması,
- Elektrikle çalışan makine, hat ve kabloların alev sızdırmaz özellikte olması,
- Lağım ve taban yollarına belli periyotlarda taş tozu serpilmesi ve sulama yapılması ile önlenir [17].



### 5.1.2. Kömür Tozu Patlamasına Neden Olan Faktörler

A.B.D. Maden Bürosuna göre kömür madenlerindeki patlamaların başlıca nedenleri; elektrik arkları, açık alevler ve patlayıcı maddelerdir [17].

Ayrıca aşağıdaki faktörler de patlamaların büyümesine neden olmaktadır.

**a. Uçucu Madde Miktarı:** Uçucu maddeler, kuru kömür tozlarının kapalı yerde 900 0C ısıtılması ile açığa çıkan gazlardır. Miktarları ise aşağıdaki gibidir.

Antrasitlerde	: % 4 – 10
Taş kömüründe	: % 10 - 45
Linyitlerde	: % 45 – 55

Genel kural olarak, uçucu madde miktarı fazla olan kömür daha kolay tutuşur. Bu nedenle antrasit tozu güçlükle tutuşur.

Uçucu maddenin, bütün yanıcı maddeye oranı 0,12'yi geçen kömür tozları patlayıcıdır [18].

Uçucu-yanıcı (yanabilir) oranı şu eşitlikte açıklanabilir:

$$\text{UÇUCU – YANICI ORANI} = \frac{\text{UÇUCU MADDE}}{\text{UÇUCU MADDE} + \text{SABİT KARBON}}$$

**Örnek:** % 37 uçucu madde, % 54,6 sabit karbon içeren kömürün uçucu yanıcı oranı nedir?

$$\text{Uçucu yanıcı oranı: } \frac{37}{37+54,6} \longrightarrow \text{Uçucu yanıcı oranı:0,404}$$

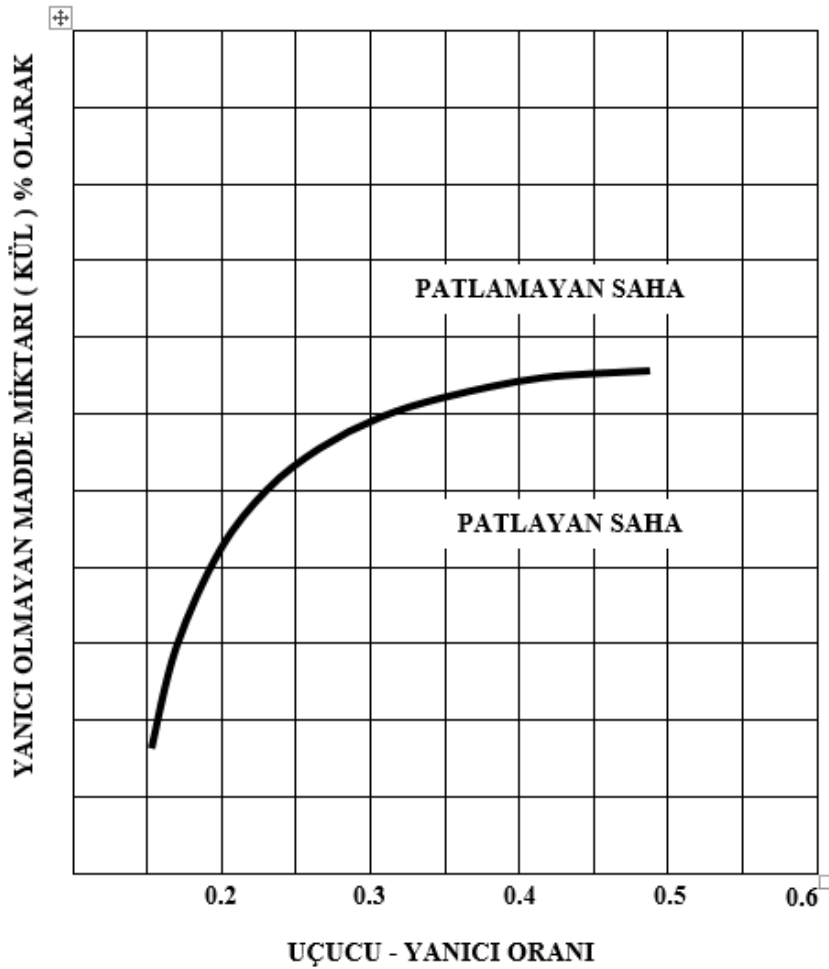
**NOT:** Yapılmış olan tüm deney ve hesaplamalarda, taş kömüründeki uçucu - yanıcı oranı daima 0,12'nin üzerinde çıkmıştır. Bu nedenle bütün taş kömürü tozları patlayıcı özelliğe sahip olup, patlama şiddeti de yüksektir (Şekil 1).



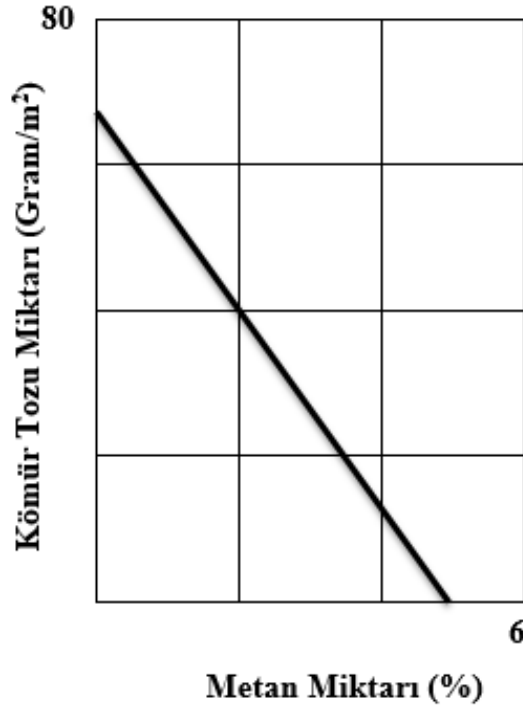
**b. Kömür Tozu Miktarı:** Normal şartlar altında (0 0C ve 1 atm. basınçta) 1 kg kömürün tamamen yanabilmesi için 8,3 m<sup>3</sup> havaya gerek vardır. Buna göre; karışımın patlayıcı olabilmesi için 1 m<sup>3</sup> havada 120 gr kömür tozu yeterlidir [17].

**c. Kömür Tozunun Parça Büyüklüğü:** Küçük taneli tozlar, iri taneli tozlara nazaran daha tehlikelidir. Zira ince taneli tozlar; kolayca bulut gibi havaya serpilerek çok şiddetli patlamalara sebep olurlar. 20 meşten (850 mikron metre) ince tozların patlayabilme özelliği daha yüksektir [17].

**d. Metan Varlığı:** Metan varlığı; patlama yüzdesinin çok altında bile olsa, kömür tozu patlamasının şiddetini artırır. Bu nedenle kömürdeki metan içeriğinin dikkate alınarak hareket edilmesi gerekir (Şekil 2).



Şekil 1: Kömürdeki uçucu maddenin patlamadaki rolü [17]



Şekil 2: Kömür tozu – Metan patlama diyagramı [17]

### 5.1.3. Kömür Tozu Patlamasının Kontrolünde Uygulanan Yöntemler

Kömür tozu patlamasının kontrolü için, öncelikle kömür tozunun kontrol altına alınması gerekir. Toz kontrolünde ana kural, tozun hava içinde yanıcı duruma gelmesini önlemektir. Katı parçacıklar havada yanar duruma geldikten sonra kontrolü çok daha zor ve maliyetli olmaktadır. Toz kontrolü için aşağıdaki yöntemler uygulanabilir [17].

#### 5.1.3.1. Önleme

- Çalışma yöntemlerinin yenilenmesi veya düzeltilmesi.
- Toz yapan araç ve gereçlerin mümkün olduğunca azaltılması.

#### 5.1.3.2. Temizleme

- Birikmiş tozların gerekli sıklıkla temizlenmesi:

Biriken ocak tozlarının belli aralıklarla devamlı olarak temizlenmesi gerekir. Bu temizleme işlemi, taş tozu serpilmeden asla yapılmamalıdır. Aksi halde tehlikeli tozlar ocağın bir tarafından diğer tarafına, hava ceryanı ile sürüklenerek tehlikeli durum oluşturabilir [17].

Tozların temizlenmesi için, mümkün olduğu kadar kapı, perde vb. ile geçen hava miktarı ve hızı azaltılmalıdır. İkinci ve en önemli husus ise, toz temizleme işleminin en az insan bulunan bir vardiyada yapılması gerekliliğidir [17].



b. Toz toplayıcılar ile havanın temizlenmesi:

Toz toplayıcılar yükleme ve devamlı kazı yapan makinelerin üzerine monte edilir. Bu sayede makinelerin çalışması esnasında meydana gelen tozun ana hava akımına karışmadan ayrılması sağlanır [17].

### 5.1.3.3. Bastırma

a. Havaya kalkmış tozun su ile bastırılması:

Havaya kalkmış patlayabilir nitelikteki tozun su ile bastırılması çok güçtür. Suyu sis halinde püskürtecek özel başlıklara ihtiyaç vardır. Ortalama 60 mikron boyutlarındaki sis damlacığı ile daha etkili sonuç alınmaktadır. Bu boyuttaki damlacığın elde edilmesi su veya su-hava spreyinde kullanılan başlık veya memelerin tipine bağlıdır. Çok küçük püskürtme yapabilmek için değişik tipte başlıklar kullanılmaktadır. Bazı başlıklar su akımını döndürerek büyük bir hızla küçücük delik ağzına getirir. Bir kısım başlıklar ise suyun çarpma esasına dayanır [17].

Döndürme veya çarpma düzeni en ince sis damlasını meydana getirir. Sulamanın bazı zararlı yönleri de vardır. Bunlar;

- Ocak havasının rutubetini artırabilir.
- Bazı ocaklarda su tavan, taban ve yanlara tesir eder. Dolayısıyla kabarmalara ve bozulmalara neden olabilir.
- Ocak zemini kömür nakliyesi ve çalışanların yürümesini zorlaştıracak derecede çamurlu ve kaygan olabilir.
- Isının yüksek olduğu ocaklarda su buharı meydana gelebilir. Dolayısıyla böyle bir atmosferde çalışmak daha zordur.
- Soğuk ortamlarda ise donma meydana gelebilir.

b. Kazıdan evvel su enjeksiyonu:

Bu yöntem kazı sırasında toz meydana gelmesini önler. Arının 7-20 m ilerisine açılan deliklere basınçlı su enjekte edilir. Özel köpük ve buhar sudan daha etkili fakat daha maliyetlidir. Basınçlı su özellikle çatlak ve kırıklar boyunca damarlara geçer. Kömür, bu delikler sayesinde ıslanır. İngiltere’de doğan ve A.B.D’de büyük başarı ile uygulanan bu yöntemle normal kazıyla oluşan tozun %80’i önlenmiştir [17].

Deneyle %70-90 tehlikeli tozun kömürdeki çatlak ve kırıklardan dolayı meydana geldiğini göstermiştir. Yüksek basınçla enjekte olunan su mevcut çatlak ve yarıklara girerek ıslatılacağından tozlanma önlenmiş olur. Tozun azaltılmasıyla görme ve etrafı tetkik oranı artacağından çalışmaların emniyet ve randımanı da artacaktır [17].

Su enjeksiyonunun başka faydaları da vardır.Örneğin; kömürde bir gevşetme yapacağından kazı işi nispeten rahat olur. Dolayısıyla daha az patlayıcı madde kullanılmış olur. Yine su enjekte işlemi sırasında metan drenajı olacağından normal kazı sırasında tehlikeli miktarda metanın çıkışı önlenmiş olur. Çok gazlı damarlarda su enjektisi için uzun delik delinirken, fazla miktarda metan çıkacağı düşünülerek ek güvenlik önlemlerinin alınması unutulmamalıdır [17].





#### 5.1.3.4. Hafifletme (Yoğunluk düşürme)

a. Yardımcı ve ana havalandırma ile kömür tozu yoğunluğunun düşürülmesi:

Yardımcı ve ana havalandırma havadaki tozların sulandırma veya temizlenmesinde rol oynar. Bu nedenle ocakta hava girdaplarının oluşmaması için asgari hava hızının tespiti zorunludur. Arınlardaki tozun sürüklenmesi için asgari hava hızı 0,5 m/sn olmalıdır. Azami hız ise; rahatlık ve ekonomik koşullara göre tanzim edilir. Ana hava yollarındaki hız genel olarak 5,83 m/sn'den azdır. Çünkü yüksek hava hızı, yerde birikmiş olan tozları havaya kaldırır. Bu nedenle çalışma yerlerindeki hava hızı 1,67 – 2,25 m/sn olarak kısıtlanmıştır [17].

b. Taş tozu serpilerek kömür tozu yoğunluğunun düşürülmesi.

Taş tozu; kömür tozu patlamalarının önlenmesinde kullanılır. Taş tozunun bu önemli rolü ısıyı absorbe etmesinden kaynaklanır. Isının absorbesiyle alev sıcaklığı düşer ve patlamanın yayılması önlenmiş olur [17]. Şöyle ki;

- Taş tozu tanecikleri ısıyı doğrudan sıcak gazlardan alır.
- Taş tozu tanecikleri alevin radyasyonu sayesinde, kömür tozu tanecikleriyle temasa geçerek ısıyı alırlar.
- Şayet taş tozu su taşıyorsa, suyun buharlaşmasıyla sıcaklık absorbe olur. Ayrıca meydana gelen su buharı alev üzerinde söndürücü tesir yapar. İyi dağılabilen taş tozu sıcak gazlarla kolay temasa geçeceğinden etkilidir.

Taş kömürü ocaklarında arınlara 12 m kalıncaya kadar bütün açık yerlere taş tozu serpilir. Islak yerler hariç bütün açık yerlerin tavan, taban ve yanlarına taş tozu serpilmelidir. Serpilen taş tozu miktarının %65'den aşağı olmaması gerekir. Örneğin; ortamdaki 100 gram tozun en az 65 gramı taş tozu, geri kalan 35 gramının da kömür tozu olması gerekir [17].

Havada metan varsa; her %0,1 metan için, taş tozu miktarı %65 ten sonra %1 oranında artırılır [17].

Issız ve hava dönüş yollarına taş tozu, 25 kg'lık kümeler halinde her metre yol başına 15 kg hesap edilerek zikzak şekilde bırakılır [17].

İlave taş tozunun gerekli olup olmadığını belirlemek için her ay ve kimi zamanda rastgele zamanlarda numuneler alınmalıdır. Alınan numune neticeleri, aylık ve senelik ilave edilen taş tozu miktarı mahallinde bulundurulacak olan tabelaya yazılmalıdır [17].

#### 5.1.4. Kömür Tozu Patlamalarının Yayılmasının Önlenmesinde Uygulanan Yöntemler

Kömür tozu patlamalarının yayılmasını önlemek için taş tozu ve/veya aktif/pasif su barajları yapılmaktadır. Amaç patlamalarda alevin önünde giden basınç dalgası yardımı ile yeterli boyut ve yoğunlukta bir taş tozu bulutu ve/veya su oluşturarak alevin daha ileriye yayılmasını önlemektir [17].



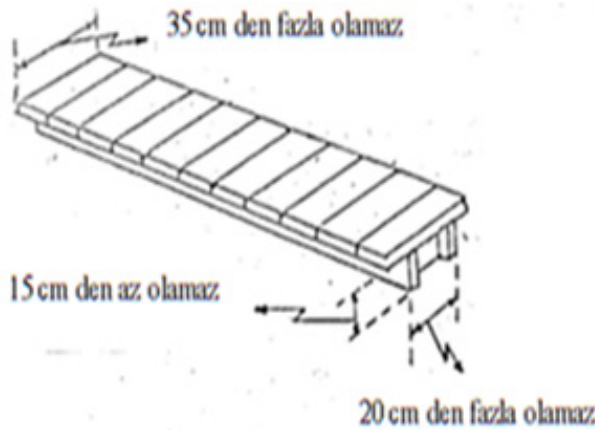
#### 5.1.4.1. Taş Tozu Barajları

Taş tozu barajlarından maksimum verim elde edebilmek için aşağıdaki kurallara mutlaka uyulması gerekir.

Barajın olası patlama noktasına yakın bir yere yapılması, dolayısıyla patlamayı mümkün olduğu kadar yakın bir yerde durdurması arzu edilen bir husustur. Ancak baraj patlama noktasına çok yakın olursa, basınç dalgasını yakından takip eden alev toz kasalarının harekete geçmesine vakit kalmadan barajı aşabilir. Bundan dolayı barajın arınlara ve olabilecek patlama noktalarına çok yakın olmaması gerekir. 35-50 m. kadar olabilen bu uzaklık 60 m'yi aşmamalıdır [18].

- Baraj için geniş kesitli yerler seçilmemelidir. Çünkü patlamanın etkisi geniş yerlerde azalacağı için kasalar harekete geçmeyebilir [17].
- Yapılacak olan her bir barajın önüne özel levhaların yapılması gerekir. Bu levhalara; yolun kesiti (m<sup>2</sup>), barajın tipi, taş tozunun miktarı (kg), raf adedi, taş tozunun yenilendiği tarihi ve kontrol tarihi konulmalıdır [19].
- Barajların kontrolü periyodik bir şekilde asgari olarak her ay yapılmalıdır [19].
- Barajdaki rafların boyutları mutlaka Şekil 3'te gösterildiği gibi olmalıdır. Taş tozunu taşıyan tahtalar, altındaki taşıyıcıya ve birbirlerine çivi veya herhangi bir şekilde sabitlenmemelidir [19].

#### HAFIF YÜKLENMİŞ RAFIN BOYUTU



#### AĞIR YÜKLENMİŞ RAFIN BOYUTU



Şekil 3: Taş tozu raflarının boyutları [20]

- Raflar lağım atmalarında meydana gelen basınç dalgalarından etkilenmemelidir. En zayıf kömür patlamalarında ise harekete geçmelidir [18].
- Hafif yüklenmiş raflarda maksimum taş tozu yükü: Raf uzunluğunun her 30 cm'si için 9 kilogramı geçmemelidir [19].
- Ağır yüklenmiş raflarda maksimum taş tozu yükü: Raf uzunluğunun her 30 cm'si için 18 kilogramı geçmemelidir [19].

- Hafif yüklü rafların arası; en az 0,9 m en fazla 2,1 m olmalıdır. Ağır yüklü rafların arası; en az 1,2 m en fazla 2,6 m olmalıdır. Hafif ile ağır yüklü rafların arasındaki mesafeler ise; en az 1,2 m en fazla 2,6 m olacak şekilde düzenlenmelidir [19].
- Pratik olarak bir patlamayı durdurmak için; yol kesitinin her metre karesine 220 kg taş tozu gerekmektedir. Emniyet için bu rakam %50 daha fazla alınarak 330 kg'a yükseltilmiştir. Örneğin Polonya maden kanununa göre gazlı ve gazsız damarların esas ve tali barajlar için taş tozu miktarları çizelge 1'de belirtilmiştir [17].

**Çizelge 1: Barajlarda bulunması gereken taş tozu miktarları [18]**

BARAJ TÜRÜ		GAZLI DAMARLAR (kg/m <sup>2</sup> )	GAZSIZ DAMARLAR (kg/m <sup>2</sup> )
Esas	Barajlar	440	220
Tali	Barajlar	165	110

**NOT:** Esas barajlar olabilecek patlama noktasında 300 m'den fazla uzaklaşmadıkça tali barajlara gerek yoktur. Esas barajlar olabilecek patlama noktasını 300 m'yi aştığında 100 m. içerisinde tali baraj kurulması tavsiye edilmektedir [17].

Taş tozu miktarı rafın boyuna yani yolun genişliğine bağlıdır. Rafların genişliği genellikle 35-50 cm'dir. Herhangi bir patlamada, ideal bir sonuç alabilmek için; raflarda bulunması gereken taş tozu miktarları çizelge 2'deki gibi olması gerekir.

**Çizelge 2: Raflarda (kasalarda) bulunması gereken taş tozu miktarı [17]**

Kasa Genişliği (cm)	35			50		
Raf (Kasa) Uzunluğu (m.)	2	3	4	2	3	4
Normal Taş Tozu Miktarı (kg.)	50	75	100	90	140	180

Rafların patlama esnasında devrilebilmesi için; raflarla tavan arasında yeterli miktarda açıklık olması gerekir. Bu açıklık (rafın en yüksek noktası ile tavan arası) en az 25 cm olmalıdır [17].

Barajlar nemli, rutubetli yerlere kurulmamalıdır. Bu gibi yerlerde taş tozunun hızlı dağılma ve bastırma özelliği kaybolur [17].

Toz barajlarının avantajı; toz barajlarında yere düşen tozlar ikinci hatta üçüncü patlamadan sonra bile tekrar havalanarak etkili olabilmektedir [18].



#### 5.1.4.2. Su Barajları

Alevin önünde giden basınç darbesiyle yerleştirilmiş olan su dolu kapların ya da torbaların parçalanması sonucu, suyun havalanarak dağılmak suretiyle alevi söndürmesi ve patlamayı durdurması için su barajları yapılmaktadır [18].

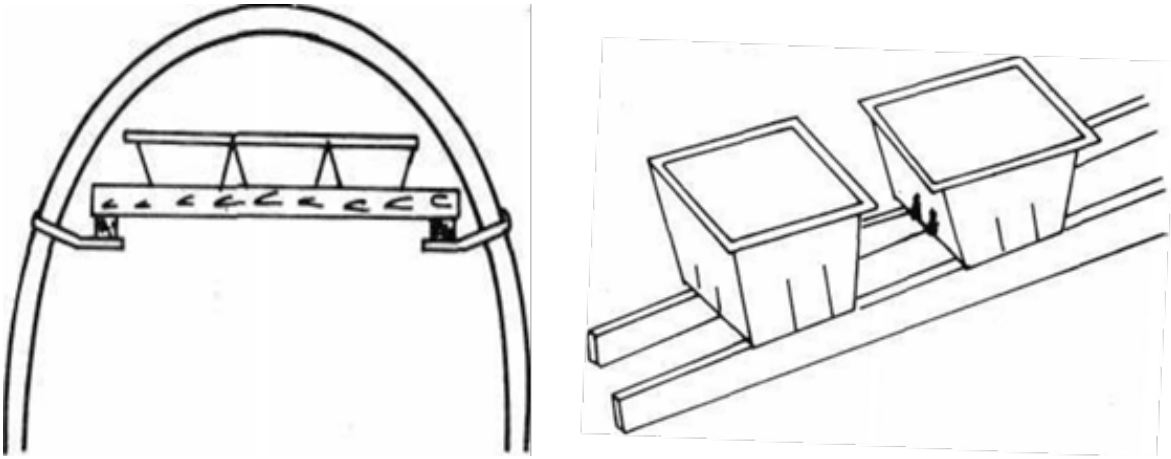
İnfilakların ocak içinde yayılmasını önlemek için, su tekneleri ve su torbaları şekil ve malzeme özellikleri açısından uluslararası standartlara uygun alev geciktirici, anti statik özellikte olmalı ve PVC den yapılmalıdır [18].

Su barajlarının avantajları;

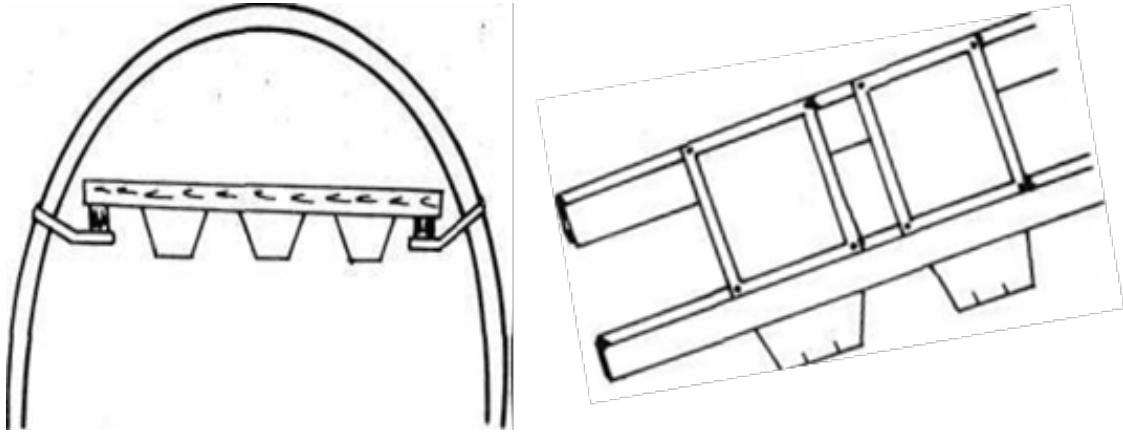
- Yer altında kolay temin edilmesi,
- Nemlenme probleminin olmaması,
- Topaklanma sakıncalarının olmaması,
- Toza göre raflara daha kolay yerleştirilmesi,
- En önemlisi de su teknelerinin ya da su torbalarının parçalanması esasıyla çalışacağından oynak raf yapısına gereksinim duyulmamasıdır [18].

Su barajlarının dezavantajı ise; olası bir patlama sonrasında yere düşen suların işlevini yitirmesidir [18].

Şekil 4'te taşıyıcı tip su rafı ve Şekil 5'te asılı tip su rafı yer almaktadır.



Şekil 4: Taşıyıcı tip su rafı [18]



Şekil 5: Asılı tip su rafı [18]

**a. Etkin bir su barajı uygulamasında dikkat edilmesi gereken noktalar:**

- Dönemeçlere yakın barajlar etkili olmamaktadır. Bu yüzden barajların dönemeçlerden 50 m. kadar uzaklıkta kurulmaları önerilmektedir [18].
- Galeri kesitinin her metrekaresi için en az 200 litre su bulunmalı ve baraj sınırları içerisinde her m<sup>3</sup> hacim için en az 5 litre su düşecek şekilde tekneler ve/veya torbalar yerleştirilmelidir [19].
- Raflar arası uzaklıklar en az 1,2 m, en fazla 2,0 m. olmalıdır [19].

**b. Barajların Kurulmasında İzlenecek Yollar**

- Barajların yerleri belirlenirken izlenecek ana konu; bir kömür tozu patlamasının hiç bir şekilde 200 m'den daha uzağa yayılmasına izin verilmemesidir. Barajlar olası patlama noktasına en yakın 60 m, en fazla ise 200 m. uzaklıkta konumlandırılmalıdır. Patlama olasılığının çok yüksek olduğu noktalarda ise bu mesafe 40 m'ye kadar inilebilir[18].
- Eğer galeri baraj kurulması için çok kısaysa (60 m'den kısa) barajın bir bölümü bu galeride diğer bölümü ise komşu galerilerde kurulabilir. Böyle durumlarda taş tozu barajları hemen komşu galerinin başlangıcında, su barajları ise komşu galeri başlangıcından 50 m. uzağa yerleştirilmelidir [18].
- Genel olarak, baraj kurulması için yeterli uzaklığı kazanmamış bulunan iş yerleri, taş tozuyla tozlanmak suretiyle korunmalıdır [18].
- Karışık şebekelerde baraj yerleri özenle saptanmalıdır. Ana ilke, olası bir patlamanın bir baraja rastlamaksızın, 200 m'den fazla yayılmasına izin verilemeyeceğidir. Ayrıca, tüm bağımsız havalandırma bölümleri mutlaka ana barajlarla korunmalıdır. Diğer önemli bir nokta, barajların olabildiğince az yer değiştirecek biçimde yerleştirilmesidir. Patlama noktalarına uzaklıklar 60-200m. olabildiğine göre eğer çalışanların barajı doğru yerliyse barajı 200 m. ötede, barajdan uzaklaşıyorsa 60 m. ötede kurmak uygun olacaktır [18].

Fotoğraf 1'de su torbalarından oluşturulmuş su barajı yer almaktadır.



Fotoğraf 1: Kömür madeninde su barajı

#### 5.1.4.3. Tetikli Bariyerler ve Patlama Detektörleri

Taş tozu ve su barajlarının dezavantajı, patlama sırasında oluşan şok dalgası ile kalker tozu veya suyun dökülmesindeki gecikmedir. Tetikli bariyerler, içsel güç kaynağı ile çalışacak şekilde dizayn edilmişlerdir. Bir su tankı ve bu su tankına bağlanmış birçok su memesi, galerinin belirli bir uzunluğuna yerleştirilir. Normal çalışma şartlarında suyun memelere akması bir diyaframla engellenmektedir. İçinde sıkıştırılmış nitrojen veya karbon dioksit bulunan bir tüp, su tankının içine yerleştirilmiştir. Gaz tüpü, kopabilir bir kapak ile kapatılmıştır.

Patlama sırasındaki hareketlenme ile gaz tüpündeki ısıtıcı, gazın genişmesine ve kapağının açılmasına neden olur. Bu durum, suyun basıncının çok kısa bir sürede artmasını sağlar. Basıncı artan su, engelleyici diyaframı parçalar ve su memelerinden basınçlı bir şekilde fışkırır. Bir saniyeden kısa bir sürede, birkaç yüz litre su memelerden akar. Bazı tetikli bariyerlerde su ve gaz tüpü yerine, toz bahrindeki alev bastırıcılar ve etkisi düşük patlayıcılar kullanılır.

Tetikli bariyerler, patlamanın başladığı anda, çalışma yerine yakın bir yere yerleştirilmiş bir detektörün gönderdiği elektrik sinyali ile harekete geçer. Bu sistemin avantajı, detektör ve bariyer arasında uygun bir uzaklığın ayarlanabilmesidir. Bu sayede yaklaşan alev için bariyer tam zamanında harekete geçer [20].

## 5.2. Toza Bağlı Sağlık Sorunları

Havada asılı kalan ve tane büyüklüğü 0,1-5 µm büyüklüğünde olan tozların uzun süre solunması ortaya çıkan akciğer toz hastalıkları Pnömokonyoz olarak anılır. Akciğer Toz Hastalığı (Pnömokonyoz) madenci meslek hastalığı olarak bilinir.

Akciğer hastalıkları tozun cinsine bağlı olarak aynı dil kökenli olarak adlandırılır. Kömür tozundan olan Antrakoz, silis tozundan olana silikoz, asbest tozundan olana Asbestoz, demir tozundan olan sideroz şeklinde adlandırılır.

Yer altı işletmelerinde genelde galeri açılırken, kuyu kazımı ve lağım ilerlemeleri esnasında oluşan toz, silikoz tehlikesi oluşturur. Bu tür işlerde çalışanların etkilenimi kayaçtaki silis oranı arttıkça yükselmektedir. Yer altı maden ocaklarında galeri, bür ve lağımlarda çalışanlarda silikoz görülmekle birlikte genelde kömür kazısı esnasında ve yan kayaçların kırılması sırasında oluşan toz ve şistli bantlardaki taş tozlarının kömür tozları ile birleşmesi sonucu madencilerin meslek hastalığı olarak bilinen pnömokonyoz hastalığı oluşur.

Silikoz, hastalığının etken maddesi serbest silis (SiO<sub>2</sub>)'dir. 0,1-5 µm büyüklüğündeki tozlar solunumla akciğerlere girer ve birikerek Silikoz-Pnömokonyoz hastalığını oluşturur.

Silis tozunun solunması ile silis tozları solunum yollarına girer. Solunum yollarına giren tozların fiziksel ve kimyasal yapısının yanı sıra biyolojik davranışı da sağlık sorunlarının oluşmasına neden olmaktadır. Fiziksel özellik olarak önemli olan partikül büyüklüğüdür. Büyüklüğü 0,1-10 µm arasında olan tozlar solunum yollarına girerek akciğerlerin uç noktalarına kadar ilerleyebilir. Daha büyük olan tozlar üst solunum yollarında tutulduğu için alveollere kadar ilerleyemezler. Toza bağlı akciğer hastalıklarının meydana gelmesi bakımından tozun biyolojik davranışı, yani fibrojenik potansiyeli de önemlidir. Fibrojenik kapasitesi yüksek olan tozlar daha tehlikelidir. Bu bakımdan kömür madenlerinde maruz kalınan tozlardan silis tozu önemlidir. Silis tozu akciğerlerde depolanır ve fibrotik reaksiyona yol açar. Bu şekilde ilerleyici bir solunum yolu hastalığı olan silikozis hastalığı gelişebilir. Silikozis hastalığının oluşmasında tozun ortamdaki yoğunluğu önemlidir. Tozun yoğunluğu ne kadar fazla olursa hastalığın gelişmesi olasılığı artar. Toza bağlı akciğer hastalığının meydana gelmesinde kişinin sigara içiyor olması da önemlidir. Sigara içenlerde hastalığın gelişmesi olasılığı daha fazladır. Ayrıca, ender bir durum olan alfa-1 anti tripsin enzimi eksikliği olanlarda da toza bağlı akciğer hastalığı gelişmesi olasılığı yüksektir.

Toz solunması sonucu tozların akciğerlerde depolanması ve fibrotik reaksiyonun gelişmesi oldukça yavaş bir süreçtir. Sonuç olarak kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) oluşabilmektedir. Hastalık genellikle 10 yıl ve daha uzun süreli etkilenim sonucunda gelişir. Hatta çoğu zaman hastalık, çalışanın emekli olmasından sonra ortaya çıkar. Bu hastaların önemli bir bölümünde hastalık KOAH olarak değerlendirilir ve meslek öyküsü konusunda yeterli bilgi öğrenilmezse hastalığın meslekle bağlantısı kurulamaz [8].

Silis tozu (kristalize silis tozu) IARC (Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı) tarafından grup I kanserojen madde olarak sınıflandırmış olup akciğer kanserine neden olmaktadır [21].



Silis tozu ve tüberküloz birlikteliği, yüzyıllardır bilinen bir durumdur. Silis tozuna maruz kalan çalışanlarda silikozis olsa da olmasa da tüberküloz ve nontüberküloz mikobakteri enfeksiyonları riski artar. Tüberküloz normal topluma göre silikozislilerde 3-39 kat fazla görülür. Plevra, perikard ve lenf bezi tüberkülozu başta olmak üzere, ekstrapulmoner tüberküloz insidansı da daha yüksektir. Silis tozu maruziyeti, tedavi görmüş hastalarda uyuyan basillerin yeniden aktivasyonunu sağlar. Tüberküloz da silikozisin morbidite ve mortalitesini artırır. Akut ve akselere formların tüberkülozla birlikteliği kronik formlardan daha fazladır. Progresif masif fibrozisli hastalarda tüberküloz insidansını %50'ye kadar bildiren yayınlar vardır. [28]

Kömür işçisi pnömokonyozu (KİP), inorganik kömür tozlarının inhalasyon sonucu akciğerlerde birikmeleri ve sonu fibrozisle bitecek bir doku reaksiyonuna yol açması ile oluşan parankimal bir akciğer hastalığıdır. Yavaş gelişir ve 10 yıldan erken görülmez. Daha düşük maruziyetlerde bu süre daha uzundur. Kömür işçisi pnömokonyozuna daha önceki dönemlerde sıklıkla antrakozis ismi de verilmiştir. Kömür tozları kömür madeninde çalışanlarda KİP dışında kronik bronşit, amfizem gibi kronik solunum yolları hastalıklarının oluşumuna da sebep olur. Kömür tozuyla bazı romatoid reaksiyonlar arasında da ilişki vardır (Progressif Masif Fibrozis+Romatoid Artrit=Caplan Sendromu).

KİP görülme sıklığı kömürün tipine, karbon, silika ve diğer mineral içeriğine, tozun yoğunluğu ve çalışma süresi gibi birçok faktöre bağlıdır. Linyitin karbon içeriği azdır, antrasitin ise en fazladır. Değişik kömür ocaklarından farklı KİP insidanslarının bildirilmesinin ana nedeni karbon içeriğinin farklılığıdır. Aynı madende farklı işlerde çalışanlarda da değişik maruziyet tipi ve yoğunluğu nedeniyle KİP görülme sıklığında farklılık olabilmektedir. Özellikle daha derinlerde çalışan kişilerde kömür tozu dışında diğer silikatlara maruziyet de yoğun olabilmektedir. KİP görülme sıklığı kömür madenlerinde çalışanlar arasında yapılan kesitsel çalışmalarda % 2-12 arasında bildirilmektedir. Ülkemizde değişik zamanlarda yapılan lokal çalışmalarda KİP prevalansının % 1-14 arasında değiştiği belirlenmiştir [22].

Kömür madenlerinde çalışanlarda ağaç tozları, küf sporları ve diğer tozların solunması sonucu astım oluşabilir. Kömür madenlerinde çalışanların ciltlerinin tozlara maruz kalması sonucu dermatitler de oluşabilmektedir [22].



## 6.KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TOZ ÖLÇÜMLERİ VE SINIR DEĞERLER

Çalışanların toz maruziyetinin belirlenebilmesi için, ilgili yönetmeliklerce belirtilen aralıklarda risk değerlendirmesine bağlı olarak iş hijyeni ölçümleri gerçekleştirilmelidir [24]. Ölçümlerin, çalışanın maruziyetini doğru yansıtabilmesi için kişisel maruziyet ölçümü olması yönetmelik tarafından belirlenmiş bir zorunluluktur. Kişisel toz maruziyeti ölçümlerinde, toz örnekleme cihazının örnekleme başlığı çalışanın solunum bölgesine gelecek şekilde takılmaktadır. Bu durum çalışanın maruziyetinin daha iyi yansıtılmasını sağlamaktadır. Toz ölçümü kişisel maruziyeti yansıtacak şekilde gerçekleştirildikten sonra alınan numunelerin iş hijyeni standartlarına uygun şekilde gerek gravimetrik gerekse ileri analiz yöntemleri ile alınan hava numunelerdeki toz konsantrasyonu hesaplanmaktadır. Tespit edilen maruziyet değerleri, Tozla Mücadele Yönetmeliği'nde yer alan sınır değerler ile kıyaslanmalıdır.

**Çizelge 3: Kömür Tozu Solunabilir Sınır Değerleri [11]**

Kömür Tozu	Sınır Değer
%5 ve daha az SiO <sub>2</sub> içeren solunabilir toz	2,4 mg/m <sup>3</sup>
%5'den fazla SiO <sub>2</sub> içeren solunabilir toz	10 mg/m <sup>3</sup> (%SiO <sub>2</sub> +2)
İnert veya İstenmeyen Toz	Sınır Değer
Solunabilir Kısım	5 mg/m <sup>3</sup>
Toplam Toz	15 mg/m <sup>3</sup>

Toz ölçümleri, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı-İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitü Başkanlığı (İSGÜM) tarafınca yetkilendirilmiş laboratuvarlar tarafından yapılmalıdır. Yetkilendirilmiş laboratuvar listesi <https://www.csgeb.gov.tr/isgum/contents/hizlierisim/laboratuvaryetkilendirme/> internet adresinde yer almaktadır.



## 7. KÖMÜR MADENCİLİĞİNDE TOZ KONTROLÜ UYGULAMALARI

Tozla mücadele çalışmaları mühendislik yöntemleriyle korunma ve tıbbi korunma olmak üzere iki şekilde ele alınır. Amaç toza maruziyeti yok etmek, tozu belirli sınırlar içinde tutmaktır.

### 7.1. Kömür Madenlerinde Toz Kaynakları ve Tozla Mücadele

Kömür madenlerinde toz kontrolünün yeterli seviyede sağlanması için yer altındaki toz kaynaklarına ilişkin alınacak tedbirler kadar yer üstünde oluşan toz kaynaklarının kontrolü de önem arz etmektedir.

#### 7.1.1. Yer altında Oluşan Toz Kaynakları ve Tozla Mücadele

- Ocağa giren hava tozlu olabilir. Bu sorunun giderilmesi için, hava yolu üzerinde kurulan fiskete düzeni ile toz bastırılmalıdır. Direnci az, toz tutma kabiliyeti yüksek kumaşlarla toz süzücüler yapılabilir. Yardımcı havalandırma tesisin içerisine toz tutucu tertibatlar yerleştirilerek gelen havanın %90'ı bu tesis içerisinden geçirilerek toz tutulabilir.
- Üretim çalışmaları sırasında fazla basınç nedeni ile daralan taban yollarında tamir tarama yapılması gerekmektedir. Taramalarda sulu çalışma uygulanması ile tozları tutmak mümkün olabilir. Bu mümkün olmadığı takdirde tarama sayıları azaltılır, postayı ıslatma, sulu delik delme, ateşlemelerde sulu kartuşlar kullanılarak ve fisketeler açık bırakılarak tozlar bastırılır. Emici havalandırma yapılarak tozlu havanın bertaraf edilmesi ve tutulması yararlı olabilir.
- Yükleme silolarının dolu tutulması yararlı olacaktır. Kömürün kayması halinde, yuvarlanma ve düşmeye göre daha az toz oluşumuna neden olacaktır. Arabaların dolduğu yerlerde fiskete sistemleri kurulmalıdır. Kalın ve dik damarlardaki ayak dibi yükleme noktalarında oluşan tozlanmayı önlemek için, ilave olarak dip oluşun 10 m yukarısına ayak içine toz bastırma fisketesi kurmak yararlı olacaktır.
- Üretimde toz en fazla kazı işleri esnasında oluşmaktadır . Mekanizasyonun artması ile toz oluşumu da artmıştır. Tavan, taban ve yan taşların durumu, damar yapısı, nem miktarı toz oluşumuna etki eden önemli faktörlerdir. Ayrıca eski imalatlar içinde yapılan kazılarda da önemli miktarda toz oluşmaktadır. Büyük fayların ve tektonik arızaların olduğu yerlerde çok dikkatli olunmalıdır. Önceleri düşük basınçta yapılan su enjeksiyonu sınırlı başarısını, yüksek basınçta enjeksiyonların yapılması takip etmiştir. Büyük arıza ve çatlakların bulunmadığı ayak arınlarında 10-15 m derine delinen deliklere 350 kg/cm<sup>2</sup>'e varan su basılarak kömür damarı suni olarak ıslatılır. Bu uygulama yatay eğimli damarların kazısı için çok uygundur. Oldukça sıcak ve nemli ocaklarda fazla suyun iklim şartlarını olumsuz etkileyeceği unutulmamalıdır.
- Ayrıca sert özellik gösteren kömür damarı içine açılacak deliklerin ana klivaj düzlemleri ikiye bölmesi amaçlanmalıdır. Delikler ilerleme istikametine paralel delinmelidir. Deliklerin boyu, miktarı, pozisyonu bulunmalıdır. Klivaj düzlemleri, tavan ve taban şartları, orta kesme durumu, yatımı, kalınlığı gibi faktörler dikkate



alınmalıdır. Delik aralıkları: iki komşu deliğin birbiri üzerine gelecek şekilde ıslatma yaptığı bölge olarak seçilmelidir. Bir delikten verilen su diğer delikten çıkmalıdır. Bu mesafe deneyerek bulunur. Delik derinliği, ilerlenecek havaya bağlı olarak düzenlenmelidir. Delik çapı; yaklaşık 50 mm olup, 42'lik jakbitler bu iş için yeterli olmaktadır. Spiral bitler deliğin temizlenmesine yardımcı olur. Islak delme tercih edilmelidir. Genellikle elektrikli veya basınçlı havalı rotary deliciler kullanılır.

- **Şişme Hortum:** Su enjeksiyonu yapılacak deliklere yaklaşık 100 atm'de şişebilen lastik hortumlar yerleştirilerek suyun dışarı çıkması engellenir. Su besleme için enjeksiyonlarda genellikle su enjeksiyon tulumbaları kullanılmaktadır. Yüksek basınçta yer üstü kaynağından elde edilen sular, su bacası vasıtası ile tavandan damar içine delinen delikler ile beslenmektedir. Statik basınç 15 kg/cm<sup>2</sup>'den 45 kg/cm<sup>2</sup>'ye kadar değişmektedir. Basınçlı hava ile çalışan su enjeksiyon tulumbaları vasıtası ile su basma 100-350 atm kadar çıkarılarak delinen deliklerden damara su enjekte edilmektedir. Ayrıca kömüre dinamit atılması gerekli durumlarda sulu sıkılama kartuşları ile toz bastırılması gerçekleştirilmektedir.
- Ramble malzemeleri genelde kömür hazırlama tesislerinden temin olunan, yıkama bakiyesi olarak ayrılan şistlerden oluşur. Bu nedenle ıslaktır ve tumba edildikleri ayak başlarından sabit oluklarla veya zincirli konveyörlerle doldurma yerlerine gelinceye kadar toz oluşumuna sebep olmazlar. Ocakta yardımcı kırıcılarla, ocak malzemeleri ile yapılan ramble malzemelerinde, malzemenin ıslatılması ihmal edilmemelidir. Pnömatik ramble malzemeleri boşaltma yerine uygun olacak şekilde düzenleme yapılmalıdır.
- Tavan basıncının azaltılması için domuz damlı ayaklarda arka göçertme esnasında büyük çapta kırılma, ezilme ufalanma meydana geldiğinden toz oluşacaktır. Önlem olarak çalışmaya başlamadan önce ıslatma yapılması faydalı olacaktır. Tozlu hava dönüşünde fisketeler yerleştirilmesi dönüş hava yolu üzerinde insan bulunmaması, göçertme işleminin vardiya sonuna getirilmesi toza maruz kalanları korumak açısından yararlı olacaktır. Ayrıca, çalışanlara kişisel koruyucu donanım (KKD) olarak solunum koruyucu maske (toz maskesi) kullanılması önerilmektedir.
- Topukların alınması sırasında normalin üstünde bir basınca maruz kalan topuk kömürü ezilerek toza sebebiyet verecektir. Topuğun birden bire basması, kömürün aniden boşalması, toz yanında çalışan işçilerin güvenliğini tehdit eder ve aşırı toz oluşur. Bu gibi durumlarda önceden ıslatma, dönüş yollarında fisketeler ve KKD kullanılması faydalı sonuçlar verir.
- Deliklerin delinmesi esnasında oluşan toz yer altında oluşan tozun %20-30'unu teşkil eder. Bu konuda alınacak önlemler aşağıda sıralanmıştır;
  - » Solunabilir tozun zararları, solunum süresi ve ortamdaki toz konsantrasyonuna bağlıdır. Çalışanın tozlu havaya fazla maruz kalması önlenmelidir.
  - » Postanın elle yüklenmesi yerine mekanik kürekle yüklenmesi daha az yorgunluğa ve daha az çalışma havası solunmasını gerektirecektir.
  - » Aynı şekilde sehpalı makine kullanılması, birkaç delik delme makinesini kullanan Jumbolar kullanılması gibi önlemler uygulanabilir.
  - » Delikler delinirken kullanılan burgunun yeni olması, iyi bilenmiş olması, her darbeye kesilen taş miktarına etki eder. İyi bilenmiş burgular daha iri toz oluşturur, tehlikeli solunabilir toz miktarını azaltır.



- » Basınçlı havanın yeterli basınçta olması; kesiklerin kesilen yerden uzaklaşmasını, toz tanelerinin ezilme ve ufalanmasını ve tekrar toz oluşmasını engeller.
- » En etkili önlem ise deliklerin mutlaka sulu delinmesidir Martoperferatörlerin randımanlı çalışması için su basıncının 1-15 atm olması gerekir. Eğer su basıncı yetersiz ise burğu ucunda çamurlaşma ve sıkışma, fazla ise makinanın dönerek darbeli çalışmasında aksamalar söz konusu olur.
- » Kullanma suyunun temizliği tozla mücadelenin önemli konularından biridir. Eğer yer altı su şebekesi yer üstü su şebekesine bağlı değil ise yer altı suyu taşıdığı tozlar nedeni ile dinlendirilerek kullanılmalıdır.
- Ateşlemeler esnasında oluşan toz yer altında oluşan tozun % 10-30'unu teşkil eder. Ayrıca ateşleme yapılan yerde oluşan toz bu yerler için çalışma vardiyasının 10-15 dakikalık bir bölümü için söz konusudur. Yeterli önlem alınmadığı takdirde toz hava akımı ile tüm ocağın çalışma yerlerine ulaşarak bütün işyerlerini tehlikeye sokar.
- » Ateşleme esnasında plastik sulu sıkılama kartuşları kullanılması,
- » Ateşleme ile birlikte asılı plastik su dolu torbaların patlatılması ve toz tutucu macunlar kullanılması,
- » Ateşleme sonrası su fisketelerinin açılarak çıkan tozun bastırılması,
- » Arının ıslatılması,
- » Hava dönüşünde emici pervaneler kullanılması,
- » Yağmurlama perdeleri yapılması,
- » Havanın toz tutuculardan geçirilmesi

önlemler olarak sayılabilir.

Ateşleme yerinde oluşan iri tozlar hemen 20-50 m mesafede yer çekimi etkisi ile yere düşer. Solunabilir ince tozlar ise hava akımı ile çok uzaklara kadar gidebilirler. Stokes yasasına göre ince tozlar hava akımı ile giderken dakikada ancak 1 m yükseklik kaybedebilirler. Ayrıca hava türbülansları toza etki ederek normal düşme süresini daha da uzatır. Bu nedenle arına 12 m kadar mesafede 20-30 mikron su taneciği verebilen fisketeler, 20-30 m kadar mesafede ise 50-150 mikron ebadında su tozu taneciği verebilen fisketeler tesis edilmelidir. 20-50 mikron ebadındaki su zerreciklerinin solunabilir tozu yakalama şansları fazladır. Eğer bertaraf olunmaz ise sıcaklık ile buharlaşarak taşıdıkları tozun tekrar havaya karışmasına neden olurlar. Bu yüzden 50-150 mikron su taneciği veren fisketelerin hemen sonra gelmesi, solunabilir tozu taşıyan su taneciklerinin bastırılması ve yere düşürülmesi gerekir. Fisketelerin tüm galeriyi kapsayacak şekilde tesis edilmesi sağlanmalıdır. Basınçlı hava + basınçlı su ile çalışan fisketeler bu amaçla kullanılmaktadır. Batı Avrupa ülkelerinde 10 atm basınçlı su verilerek su zerreciği temin olunmaktadır. Sıkılama macunları iyi sonuç vermesine rağmen dışa bağımlı olması ve kimyasal yapısı nedeni ile tercih edilmemektedir. Alınması gereken önlemler: sulu sıkılama kartuşları kullanılması (Fotoğraf 2), su fisketeleri kullanılması ve ateşlemelerden sonra çalışanların vantüpten imal edilebilecek basınçlı hava teneffüs istasyonlarında beklemesi olarak sıralabilir.





**Fotoğraf 2: Sulu plastik kartuşlar**

- Bir madende cevher nakli: ayak içinde veya lağımlarda taşın yüklenmesinden, taşınmasına ve yer üstüne kadar geçirdiği tüm aşamaları kapsar. Kömür kesici makinelerin kullanılmadığı durumlarda kazma veya martopikörle kazılan kömürler önce ayak içinde sabit oluk veya konveyöre daha sonra ayak dibinde bulunan araba veya diğer nakliyat ünitelerine yüklenir. Cevherin oluğa kürekle yüklenmesi veya arabaya dökülmesi veya konveyörle aktarılması sırasında cevher küçük parçalara ayrılarak toz oluşumuna neden olur. Cevher nakli ile havalandırmanın ters istikamette olması, nakliyat esnasında oluşan tozun ayakta bütün çalışanları etkilemesine neden olur. Dik ayaklarda cevherin serbest düşmesi yerine, kaymayı sağlamak için oluklar boş tutulmamalı, ara ara yarım kapaklar tutularak, cevherin kontrollü boşalması sağlanmalıdır. Kömür nakliyatı: ana yükleme istasyonlarından yatay olarak bant veya lokomotiflerle, düşey olarak helezon, kuyu, skip gibi sistemler ile sevk edilir. Nakliyat sistemlerine geçişlerde boşaltma noktalarında tumba tesisleri genellikle hava giriş ana nakliyat yolları üzerinde olup, ana nakliyat ve hava alanı yönü aksi istikamette olmasından dolayı toz oluşumunu artırır. Bant konveyörlerde aktarma noktalarında cevher yüksekten düşme yapıyorsa tozlanma o derece fazla olacaktır. Bant üzerindeki postanın fazla ıslatılması bantta kaymalara neden olacağı gibi dökülme noktasında motor aksanının ıslanmasına da sebep olabilecektir. Bu nedenle aktarma noktalarına yerleştirilecek fisketelerin motorlara ve çevreyi ıslatmayacak şekilde ve sadece postanın geçişi esnasında ıslatma yapan otomatik fisketeler tercih edilmesi, postanın konveyöre yüklenmeden önce ıslatılması faydalı olacaktır. Dolu arabaların ana nakliyat yoluna çıkmadan fisketeler altından geçirilerek ıslatılması, vagonların fazla doldurulmaması, bantlarda toz bastırarak fisketeler konması, tumbaların mekanik olarak çalıştırılması, toz oluşumuna neden olacak bunkerlerin dolu olması, üstünde tozlu havayı emici sistemler kurulması, nakliyat tesislerinin kapalı devre çalıştırılması, fisketelerin tumba esnasında sürekli çalıştırılması tozun bastırılmasında önemli etki edecektir.
- Yükleme ve boşaltma noktalarının fazla miktarda toz oluşumuna neden olduğu görülmüştür. Bu nedenle bu noktalarda düşmeyi kayma olayına dönüştürmek, mümkünse silo ve bunkerleri dolu tutmak, yükleme-boşaltma noktalarında yüksekliği fazla tutmamak, postayı ıslatmak veya birleşik sistemler kullanmak, boşaltma noktalarını kapalı devre yapmak etkili önlemler olarak uygulanabilir. Ana nakliyat yolu üzerinde biriken toz depolarının sık sık yıkanarak yola toz tutucu ıslak talaş,  $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$  gibi toz tutucu ajanlar serpilerek yoldaki tozun kalkması önlenmelidir. Boşaltma noktalarında hava emişi ile toz miktarı daha da fazla olacaktır. Bu nedenle silolar boş tutulmamalıdır. Siloların tıkanmaması için tedbirler alınmalı, boşaltma ağızlarına, kapalı devre toz tutucu perdeler yapılması faydalı olacaktır.



- Taramalar esnasında toz kontrolü özel önem taşır. Genelde taşlar tarandığından çıkan toz ocak havasına karışacağından taramalara sulu delik delme makineleri kullanılması ve taranacak kısmı ve çıkan postanın ıslatılması ve sık kapak tutularak malzemenin serbest düşmesinin önlenmesi uygun olacaktır [15].

**Tozlu işyerlerinde genel havalandırma** ile birlikte, uygun aspirasyon sistemi ile tozun, çevre havasına yayılmasını önlemek için toz kaynaklarını kapalı devre içine almak, su perdeleri yapmak, vakum ve uzaktan kumanda sistemleri ile tozu emmek üzere gerekli sistemler kurulmalıdır.

Toz çıkaran işler teknik imkânlarla göre kapalı sistemde yapılmalı veya bu işler diğerlerinden tecrit edilmelidir.

Hava-toz karışımını uygun hava hızı ile seyreltmek ve çöken tozun girdaplanması önlenmelidir.

Çalışanların tozlu hava akımından etkilenmemeleri için hava yönüne dikkat edilerek çalışmalarını sağlanmalıdır.



Fotoğraf 3: Tünelde kuru tip toz toplama

**Tozun Oluşumunu Önlemek:** Sulu delik delme, arına su empenye edilmesi şeklinde yürütülen çalışmalardır.

**Tozu Bastırmak:** Özellikle ateşleme sonrası oluşan tozları önlemek için sulu plastik kartuşlar kullanmak, su fisketeleri ile çıkan tozların ocak havasına karışmasını önlemek (Fotoğraf 4-5).



Fotoğraf 4: Mekanize kazı toz bastırma sistemi



Fotoğraf 5: Delme patlatmada toz toplama

Tozu Toplamak: Oluşan tozun özel toz emme aygıtları veya NaCl ve CaCl<sub>2</sub> gibi kimyasallar ile tutulup toplanmasını sağlamaktır (Fotoğraf 6-10).



Fotoğraf 6: Kuru tip toz toplama



Fotoğraf 7: Tünelde (Galeri ) toz toplama sistemi



Fotoğraf 8 : Emme boruları ile tozsuzlaştırma kompakt filtre tesisi



Fotoğraf 9: Tuz madeni konveyör tozsuzlaştırma



Fotoğraf 10: Transfer noktası toz toplama



**Toz Konsantrasyonunu Düşürmek:** Bu çok iyi bir havalandırma ile mümkündür. Tozun girdaplanmasını önleyecek seviyede yavaş, tozun konsantrasyonunu azaltacak şekilde hızlı hava akımının sağlanması gerekir. Bunun için en az hava hızı 0,5-1,5 m/sn ve en fazla hava hızı 1,5-2 m/sn arasında olması istenir [18].

**Toz Solunmasını Önlemek:** Etkin bir çözüm olmamasına karşın, çok kısa süreli tozdan korunma önlemlidir. Tozlu ortamda çalışmalarını sınırlamak ve çalışanlara, kişisel solunum koruyucu maske kullanılarak çalışanların tozlu ortamdan korunmasını sağlamak mümkündür (solunum koruyucu maskeler için çıkarılan standart EN 149 FFP1 olup, standarda göre maskelerde solunabilir (0,5-5 mikron) tozların en az %80 inin tutulması gerekmektedir.)



Fotoğraf 11: Yeniden kullanılabilir maske



Fotoğraf 12: Motorlu ve hava beslemeli maskeler

**Patlayıcı Tozun Önlenmesi:** Patlayıcı tozun etkisinin azaltılması iki şekilde yapılmaktadır.

- Çökelmiş tozun güvenilir hale getirilmesi.
- Patlamanın etki alanının azaltılması.

**Çökelmiş Tozu Güvenilir Hale Dönüştürme:** Çökelmiş tozun güvenilir hale getirilmesi, hem patlamanın oluşmasını, hem de yayılmasının engellenmesi açısından önemlidir. Bunu sağlamak için, taş tozu serpmeye ve püskürtücülerle tozu iyice ıslatma işlemi olmak üzere iki ayrı yöntem uygulanabilmektedir.

Kömür tozuna taş tozu karıştırmak, kömür tozunun kül yüzdesini yapay olarak artıracığından karışımın yanma özelliğini azaltmaktadır. Taş tozu serpmeye işleminde kullanılan taş tozu; pulverize edilmiş, kireç taşı, dolomit, anhidrit, alçı taşı, kil taşı ve diğer nötr maddelerden oluşan, tamamı - 20 meş ya da en az % 70'i - 200 meş olan, % 5'den fazla yanıcı madde, % 4'den fazla serbest ya da birleşik silika içermeyen, ıslanıp kuruduktan sonra opaklaşmayan toz karışımı olarak tanımlanmıştır.

Ancak, bazı durumlarda silis içermemesi nedeniyle, kalker tozu, taş tozu olarak kullanılmaktadır. Taş tozu serpmeye işleminin yapılmasının gerekli olduğu yerlerde taş tozu tavan, taban ve yan yüzeylere dağıtılmalıdır [18].



Patlamanın Etki Alanını Azaltma: Yer altı kömür ocaklarında patlamanın etki alanını sınırlamak için taş tozu bariyerleri kullanılmaktadır. Bu bariyerler özellikle kömür tozu patlamalarında alevi durdurmak için geliştirilmiş olup uygun ve doğru olarak kullanıldığında grizu patlamalarında da etkili olabilmektedir [18].

Önceki bölümde anlatılan taş tozu serpmeye yöntemi daha ziyade kömür tozu patlamalarını önlemede etkili olup, başlamış bir patlamanın yayılmasını önlemede fazla etkili olamamaktadır. Bu nedenle günümüz kömür madenciliğinde patlamanın yayılmasını önlemede bariyer kullanımı yaygınlaşmıştır [18].

Taş tozu bariyerleri, patlama sonrası oluşan ve alev dalgasının önünde giden basınçlı hava dalgasının rafları devirerek üzerindeki taş tozlarının galeri içerisine yayılması esasına göre düzenlenmiştir. Saçılan tozlar galeri içinde bir toz perdesi oluşturmakta ve bu perde de alevin ilerlemesine engel olmaktadır (Fotoğraf 13-14).



Fotoğraf 13: Kömür tozu patlamasına karşı su bariyerleri



Fotoğraf 14: Patlama bariyeri



### 7.1.2. Yer Üstünde Oluşan Toz Kaynakları ve Tozla Mücadele

- Boşaltma Noktaları: Boşaltma noktaları genellikle büyük kaplardır. Kömürün arabalardan bantlara ve yükleyicilere alındığı bu yerlerde meydana gelen toz aynı zamanda bir hava akımına neden olur. Tozu bertaraf etmenin en iyi yolu tozun oluştuğu alt seviyelerden emilerek ya da üstten çekilerek alınmasıdır. Eğer çalışmalara engel bir durum yoksa tozun dağılabileceği açıklıklar, lastik perdelerle kapatılmalıdır. Eğer kömür, boşaltma yerlerinden doğrudan bunkerler içine intikal ediyorsa emici ve toplayıcı ağızların üst kısımları kapatılarak tozun havaya karışması önlenir.
- Silolarda toz; düşme esnasında meydana gelir. Eğer silo kapağı otomatik olarak kapalı tutulabiliyorsa faydalı olacaktır. Aksi takdirde boşalma ağızlarında hava emişi ile birlikte toz miktarı artar. Bu gibi durumlarda silolar tam boşaltılmamalıdır. Siloların toz emici başlıkları arabaların veya doldurmanın alt seviyesinde olmalıdır. Boşaltma noktası ağızları kapalı devre olmalı ve toz tutucu perdeler ile donatılmalıdır. Bazı tesislerde olduğu gibi hemen eleğe veya kırıcıya intikal ediyorsa müşterek toz tutucu tesisler uygulanmalıdır.
- Eğer elekler boşaltma ağızlarını müteakiben tesis olunmuş ise toz büyük konsantrasyona ulaşabilir. Bu takdirde bütün tesisi kaplamak ve kısmi bir vakum uygulayarak tozu bertaraf etmek gerekir. Elekler kapalı durumda değil iseler toz emici başlıklar bulunmalıdır.
- Eleklerden iyi kapatılmış emici başlıklardan kurtulan toz ayıklama bantlarına boşaltılır. Bu noktalarda toz toplama noktaları tesis edilerek toz buralarda biriktirilmelidir. Bu gibi yerlerde ıslatma en iyi yöntemdir.
- Kömür hazırlama tesislerinde farklı işlemler ve çeşitli kısımlara geçiş sırasında meydana gelen tozun toplanması ve bertaraf edilmesi çok önemlidir. Konveyörler, elevatörler, şutlar gibi tesisler kapalı devre yapılmalı ve toz emici devreler tesis edilmelidir. Malzemenin nakli esnasında mümkün olduğunca serbest düşmesine fırsat verilmemeli, gerekli durumlarda kaydırma plakaları kullanılarak cevherin kayması sağlanmalıdır. Aktarma noktaları kapalı devre yapılmalı, toz emici tesisler kurulmalı ve mümkünse cevher su zarfı içinden geçecek şekilde fisketeler tesis edilmelidir. Bütün transfer noktaları kolay hareket edebilir esnek (lastik) perdeler ile kapatılmalıdır. Bu perdeler kullanılmış eski bantlar kullanılarak yapılabilir.
- Taş kırma tesisleri en önemli toz kaynaklarından biridir. İster yer altında olsun, ister yer üstünde olsun bu gibi yerlerde kayaların kırılmaları esnasında sulu kırma yapacak tesislerin kurulması, ayrıca kapalı devre kırma yapacak tesislerin tercih edilmesi, bütün işlerin mekanize edilmesi ve mümkün olduğu kadar az insan çalıştırılması, kirli hava dönüş yollarında ve insanların tozdan etkilenebileceği alanlardan uzak tutulması gerekmektedir.
- Toz kontrolü ve bastırılması için en önemli etken hem yer altı hem de yer üstü tesisleri için geçerli olmak üzere yeterli miktarda ve basınçta su temin edilmesidir. Şayet bütün materyal ıslak vaziyette nakledilir ve işlem görürse önemli oranda toz bastırılacaktır. Bu nedenle bütün tesislerde ve aktarma noktalarında kullanılabilir durumda ve kalitede su temini ile su şebekesi tesis edilmelidir. Bu şebeke uygun noktalarda fisketelerle donatılmalıdır.



- Kömür ocaklarında, kömür tozunun bastırılması için kullanılan taş (kalker) tozunun %5 den daha fazla serbest silis ihtiva etmemesi gerekir. Ayrıca taş tozu ile şistleme yaparken mekanik toz serpme cihazları kullanılması, şistlemenin iki vardiya arasına getirilmesi, taş tozu serpenlerin daima temiz hava tarafında kalacak şekilde toz serpme işini yapması, çalışanlara kişisel solunum koruyucu maskeler verilerek kullandırılması alınacak önlemler olarak sayılabilir [16].

İş ortamında organik ve inorganik maddelerin aşınma, yanma, mekanik olarak kırma parçalama, delme, öğütme işlemleri sırasında ve sonucunda oluşan tozlara maruziyeti etkileyen, faktörler şunlardır:

- Havadaki kütle miktarı,
- Partikül sayısı,
- Partikül çapı dağılımı,
- Partiküllerin kimyasal bileşimi,
- Şekli, yoğunluğu, aerodinamik özellikleri

Madencilik faaliyetlerinde oluşan tozun büyük çoğunluğu, kayaçların ve toprağın dragline (kazıcı) veya kürek, buldozerleme, patlatma ve toprak yolda giden taşıtlar gibi mekanik işlemler sonucu oluşur. Toprak yol üzerinde, farklı türde atık yığınları üzerinde ve yer altında galerilerde rüzgar esmesi sonucunda da partikül oluşur. Daha büyük boyuttaki bu partiküller, kişinin sağlığını olumsuz etkilemesinin yanı sıra çalışma ortamını konforsuz bir hale getirir.

Toz bastırma yöntemleri kullanıldığında veya toz gözle görünmez olduğunda dahi ince ve gözle görülemeyen partiküllerin getirdiği bir sağlık riski söz konusu olabilir. Taşın veya kayanın kırıldığı veya parçalandığı bölgelerdeki toz seviyelerini ve tozun içeriğini sayısal olarak tespit etmek amacıyla bilimsel araştırma yapılmalıdır. Çok küçük partikül düzeyinde tozun varlığının göstergelerinden birisi de dokunulmamış düz yüzeylerde birikmesidir. Araç egzozlarından ve seyyar ekipmanlardan çıkan ince partiküller de madenlerdeki toz kaynakları arasındadır.

Silisyum (Si) yer kabuğunda ikinci en yaygın elementtir (Oksijen en yaygın elementtir). Aynı zamanda silisyum dioksit ( $\text{SiO}_2$ ) olarak da bilinen bileşik silika, silisyum ve oksijen atomlarından oluşur. Mermer, kumtaşı, çakmak ve kayağan taşı (arduvaz) gibi pek çok kayacın ve bazı metal filizlerinin içinde bulunur. Silika kumun temel bileşeni olabilir. Ayrıca toprakta, inşaat harçlarında, alçıda ve agrega içerisinde de bulunabilir. Bu malzemeler üzerinde yapılan kesim, kırma, parçalama, delme, taşlama veya aşındırıcı patlatma işlemleri sonucunda çok küçük partikül düzeyinde silika tozu açığa çıkabilir.

Kömür damarından kırılarak alındığında kömür tozu oluşur. Kömür tozu ayrıca patlatma, delme veya nakliye işleri sırasında da oluşur. Yer üstü kömür madenciliğinde çalışanlar, kaya deliciler ve delicilerin yardımcıları silikoz açısından en yüksek risk grubunu oluşturmaktadır. Kömür tozu, 50'nin üzerinde farklı element ve bunların oksitlerini içerir; ayrıca mineral içeriği de damardan damara farklılık gösterir. Araştırmalar, kömürün sertliğinin madencilikte oluşan toz miktarı üzerinde etkisi olduğunu ve toz kontrolü için benimsenen yaklaşımları da etkilediğini göstermiştir.



Kömür üretimi ve nakliyesi işlerinin hepsinde toz oluşur. Yükleyici, kepçe, dozer, dragline ve kamyon gibi yer üstünde kullanılan ekipmanlar da toz yapar. Galerilerde ve pasa toplama sahalarının etrafında ve yükleme işlerinde ortaya çıkan toz genellikle sorun teşkil eder. Yer altı maden ocaklarında kayaç içinde açılan galerilerde, açık ocaklarda da maden üzerindeki örtünün kaldırılması işlerinde yüksek oranda silika maruziyeti gerçekleşebilir [24].

## 7.2. Açık Ocak Kömür İşletmelerinde Toz Kaynakları ve Tozla Mücadele

Tane büyüklüğü 0,3 mm'nin altında olan kömüre, kömür tozu denilmektedir. Eğer tane büyüklüğü 0,075 mm'nin altında ise ince toz olarak tanımlanır. Kömür tozunun içinde bulunan ince toz oranı, iş sağlığı ve güvenliği bakımından özellikle dikkat edilmesi gereken bir husus olmakla birlikte, aynı zamanda patlayıcı özellikte olması nedeniyle çok önemlidir.



**Fotoğraf 15: Kömür madenciliği açık ocak çalışmasından genel bir görünüş**

Açık ocak kömür işletmelerinde delik delme ve delici makineler, patlatma işleri, kazı işleri, yükleme ve boşaltma işlemleri, nakliyat ve kömür stok sahaları başıca toz kaynağı olarak sayılmaktadır.

### a. Delik Delme ve Delici Makineler

Delik delme ve delici makinelerin kullanımı sırasında (Fotoğraf 17) meydana gelen toz oluşumunu önlemek için:

- Kuru delme yerine sulu delme tercih edilmelidir.
- Delme hızı yüksek olan deliciler tercih edilmelidir.
- Matkap uçları sağlam ve keskin olmalıdır.
- Delik çapı mümkün olduğunca geniş seçilmelidir.
- Delik makinesine delme işlemi sırasında uygun baskı verilmelidir.
- Makinelerin periyodik bakımları yapılmalı, makineler verimli işler şekilde tutulmalıdır.
- Toz bastırma: Delik ağzındaki toz, köpük, su veya uygun solüsyonlarla tutulmalıdır.
- Tozu toplama: Kuru delme ile delikten çıkan toz delik ağzında emilmelidir. (vakumlanmalı).

Tozun solunmasını önleme:

- Delik makinesinin operatör kabini için yalıtım tam olmalıdır.
- Operatöre tozun özelliğine uygun KKD (verilmelidir. (Fotoğraf 16)



Fotoğraf 16: Tek kullanımlık toz maskesi



Fotoğraf 17: Delik delme işleminde toz oluşumu

## b. Patlatma İşleri

Toz oluşumunu önleme:

- Delik patlatma düzeni istenen parça boyutuna uygun seçilmelidir.
- Patlatma sonrası alınacak parça boyutunun mümkün olduğunca büyük olmasına özen gösterilmelidir.
- Gereğinden fazla patlayıcı madde kullanmamalıdır.

Tozu bastırma:

- Mümkünse patlatma sonrası su fisketeleri veya hortumla sulama yapılmalıdır (Fotoğraf 18).



Fotoğraf 18: Tozu bastırma sistemi

Toz solunmasını önleme:

- Patlatma vardiya sonunda yapılmalıdır (Fotoğraf 19)



Fotoğraf 19: Delme patlatma toz oluşumu

### c. Kömür/Örtü Kazı ve Yükleme - Boşaltma

Toz oluşumunu önleme:

Yükleyici kamyonu yüklemeye yaparken, mümkün olan en alçak mesafeden kepçesini boşaltmalıdır. Malzemenin düşme yüksekliği ne kadar az ise tozlanma da o kadar az olur. (Fotoğraf 25-28 )

- Kamyonların döküm harmanlarında yükü boşaltması sırasında, parçaların birbirine çarpması ve sürtünmesi toz oluşumuna neden olur. Harmanlar fazla yükseltilmemelidir (Fotoğraf 29).
- Yükleyici ile kamyonların kapasiteleri uygun olmalıdır.
- Yükleyicinin kepçe boyutu kamyonun kasa boyutu ile uyumlu olmalıdır.
- Yükleyici kepçesinin tam dolu olması sağlanmalıdır.
- Kamyon kapasitesinden fazla yükleme yapıp, kasadan dökülmesine izin verilmemelidir.
- Lastik tekerlekli yükleyici yerine ekskavatör tercih edilmelidir.
- Paletli makinelerin kömür üzerinde fazladan manevralarına izin verilmemelidir.
- Ripperleme, uygun ripper derinliğinde ve tek seferde yapılmalı kömür ezilmemelidir.

Tozu bastırma:

- Yüklenecek malzeme olarak varsa ıslatılmalıdır.

Toz solunmasını önleme:

- Yükleyici, kazıcı, küreyici ve kamyonların operatör kabinlerinin toz geçirmeyecek düzeyde yalıtımı sağlanmalıdır.
- Uygun olduğu takdirde, yükleme veya boşaltma yönünün hava akımının ters yönüne çevrilmesi sağlanmalıdır.
- Gerekirse operatör ve manevracıların tozun niteliklerine uygun solunum koruyucu maske gibi KKD kullanmaları sağlanmalıdır.



Fotoğraf 20: Dekapaj işleri toz oluşumu



Fotoğraf 21: Kömür kazı yükleme

Fotoğraf 22: Döküm harmanı toz oluşumu

#### d. Nakliyat

Toz oluşumunu önleme:

- Nakliye araçlarının tepeleme doldurulmasına izin verilmemelidir. Kamyon veya bantlardan dökülen malzeme toz oluşumuna neden olur.



- Kamyonların şantiye içinde stabilize yollarda 30 km/s hız sınırını geçmesi önlenmelidir. (Ocak yollarında tozlanmaya karşı mücadele yapılırken, kamyonların hızı 15 km/sa'den 30 km/sa'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. Özellikle boş kamyonlar için mutlak hız kontrolü sağlanmalıdır [25].
- Nakliye yollarına düşen malzemeler (taş, kömür vs.) ezilmelerine izin verilmeden düzenli olarak temizlenmelidir.
- Bant yollarının transfer noktaları kapalı olmalıdır.
- Nakliye yolları asfaltla veya silika içermeyen ya da yasal oranda silika içeren, tozlanmaya dirençli malzeme ile kaplanmalıdır.

Tozu bastırma:

- Nakliye yolları, yeterli miktarda su kullanılarak ve gerekli sıklıkla ıslatılmalıdır (Fotoğraf 23-24).



Fotoğraf 23: Toz bastırma sistemleri



Fotoğraf 24: Oluşacak tozu bastırma sistemleri



- Bant nakliyatında fiskete ile ıslatma yapılmalı ve mümkünse bant hattı kapalı olmalıdır.
- Kamyonlar için dolundan sonra üstündeki malzemeyi ıslatacak duş fisketeler tesis edilmelidir.

#### e. Kömür Stok Sahaları

- Kömür, stok sahasında yığın haline geldiğinde üzerine su ile karışık kabuklanma kimyasalı uygulanabilir.
- Kömür yığınlarının (lodaların) yüklenmesi sırasında fisketelerle ıslatılması sağlanabilir.
- Stok boşaltması ve yüklemesi yapılırken manevra alanı sık sık ıslatılmalıdır.
- Stok sahası koruma görevlileri için; kapalı ve çevreyi rahatça görebilecekleri kulübeler yapılmalı ve mümkünse saha gece-gündüz kameralar ile izlenebilmelidir.
- Yükleme için kullanılan makinelerinin kabinlerinin tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır.
- Yükleme sahasında görev yapanların toz maskelerini kullanması sağlanmalıdır.



Fotoğraf 25: Kömür stoğunda toz bastırma sistemi

#### 7.2. Toplu ve Kişisel Korunma Yöntemleri

Yer altında tozlu hava dönüşüne fisketeler yerleştirilmesi, dönüş hava yolu üzerinde insan bulunmaması, göçertme işleminin vardiya sonuna getirilmesi toza maruz kalanları korumak açısından yararlı olacaktır.

Topuğun birden bire basması, kömürün aniden boşalması hem toz yanında çalışanların güvenliğini tehdit eder hem de aşırı toz oluşur. Bu gibi durumlarda önceden ıslatma yapılması, dönüş yollarında fisketeler kullanılması, KKD kullanılmasının sağlanması faydalı sonuçlar vermektedir [26].

Dolu arabaların ana nakliyat yoluna çıkmadan önce fisketeler altından geçirilerek ıslatılması, vagonların fazla doldurulmaması, bantlarda toz bastırarak fisketeler bulundurulması, tumbaların mekanik olarak çalıştırılması, toz oluşumuna neden olacak bunkerlerin dolu olması, bunkerlerin üst bölümüne tozlu havayı emici sistemler kurulması, nakliyat tesislerinin kapalı devre çalıştırılması, fisketelerin tumba esnasında sürekli çalıştırılması tozun bastırılmasında önemli etki edecektir.



Tozlu işyerlerinde genel havalandırma ile birlikte, tozun, çevre havasına yayılmasını önlemek için toz kaynaklarını uygun aspirasyon sistemi ile kapalı devre içine almak, su perdeleri yapmak, vakum ve uzaktan kumanda sistemleri ile tozu emmek üzere gerekli sistemler kurulmalıdır.

Çalışanların tozlu hava akımından etkilenmemeleri için hava yönüne dikkat edilerek çalışmaları sağlanmalıdır.

Kömür ocaklarında, kömür tozunun bastırılması için kullanılan taş (kalker) tozunun %5'den daha fazla serbest silis ihtiva etmemesi gerekir. Ayrıca taş tozu ile şistleme yaparken mekanik toz serpme cihazları kullanılması, şistlemenin iki vardiya arasına getirilmesi, taş tozu serpenlerin bu işi daima temiz hava tarafında kalacak şekilde yapması, alınacak teknik ve yönetsel önlemler olarak sayılabilir.

Çalışanın daha az güçle çalışmasını sağlamak için teknolojik araç ve gereçlerden yararlanılmalıdır. Çünkü fazla efor sarf etmek daha sık ve hızlı nefes alıp vermeye neden olacağından çalışanın toza maruziyetini artıracaktır. İş makinesi, araç ve ekipmanların mühendislik kontrollerinin düzenli yapılmasını ve testlerin sıklıkla yapılmasını sağlamak sızıntı gibi tehlikelerin önlenmesi bakımından önem taşımaktadır. Yer üstü tesislerinde kullanılan ekipman üzerine çevresel kabinler konulmalıdır.

Kömür hazırlama tesislerinde farklı işlemler ve çeşitli kısımlara geçiş sırasında meydana gelen tozun toplanması ve bertaraf edilmesi çok önemlidir. Konveyörler, elevatörler, şutlar gibi tesisler toz patlamaları açısından ekstra bir risk oluşturmayacak şekilde kapalı devre yapılmalı ve toz emici devreler tesis edilmelidir.

Taş kırma tesisleri en önemli toz kanallarından biridir. İster yer altında olsun, ister yer üstünde olsun bu gibi yerlerde kayaların kırılmaları esnasında sulu kırma yapacak tesislerin kurulması, ayrıca kapalı devre kırma yapacak tesislerin tercih edilmesi, bütün işlerin mekanize edilmesi ve buralarda mümkün olduğu kadar az insan çalıştırılması, çalışanların kirli hava dönüş yollarında ve insanların tozdan etkilenebileceği alanlardan uzak tutulması gerekmektedir.

Toz solunmasını önlemek için izlenecek bir diğer yol tozlu ortamda çalışmalarını sınırlamaktır. KKD kullanımı, mesleki solunum maruziyetlerini önlemek için başvurulan en az tatmin edici yöntem olarak görülmektedir. KKD, bütün teknik kontroller ve toplu koruma önlemleri yerine getirildikten sonra geri kalan tehlikeyi kontrol altına almak için kullanılmalıdır. Solunum koruyucu maske kullanacak kişilere eğitim verilmeli ve maskelerin kişinin yüzüne tam oturup oturmadığı da kontrol edilmelidir.

Çalışanlar; maruz kalınan tozun niteliklerine, kişiye ve kişisel maruziyet değerlerine uygun kişisel solunum koruyucu maskeler kullanılarak tozlu ortamdan korunmalıdır. Toz maskelerinin seçiminde solunabilir kömür tozunun içerdiği silis oranı önem arz eder. Solunum koruyucu maske seçimi (ilgili standartlar: EN 149 ve EN 143); yapılan kişisel maruziyet ölçümleri, maruziyet sınır değerini ve maskelerin koruma seviyesini göz önünde tutularak yapılır.



Çizelge 4: Toz ve partikül koruma seviyeleri

FFP EN 149	Minimum Koruma Oranı	Koruma Faktörü
FFP1	%78	4
FFP2	%92	12
FFP3	%98	50

**Örneğin:** Mevcut tozdaki silis oranı %8 ise maruziyet sınır değeri ilgili formülden 1 mg/m<sup>3</sup> olarak ortaya çıkar. Bu durumda maruz kalınan toz miktarı 4 mg/m<sup>3</sup> ise FFP1, eğer bu oran 12 mg/m<sup>3</sup> ise FFP2 maske seçimi yapılmalıdır.

İşyerinden ayrılmadan önce duş almak ve temiz kıyafetler giymek, tehlikeli maddelerin bulaşmasını ve çalşanların evlerine taşınmasını engeller.

Çalışanların sağlık gözetimi, çalışanların kişisel özellikleri, risk değerlendirmesi, aralıklarla yapılan toz ölçüm sonuçları ve tozun cinsi dikkate alınarak işyeri hekimince belirlenen sıklıkla, çalışanların solunum fonksiyon testi (SFT) yapılmalı, EKG'leri, göğüs radyografisi çekilmeli ve göğüs radyografileri en az iki pnömokonyoz okuyucusu hekim tarafından değerlendirilmelidir.

Çalışanların (işe giriş ve periyodik muayeneleri vs.) düzenli aralıklarla solunum sistemi, kalp damar sistemi ve deri sağlığı değerlendirilmelidir.

Bu tıbbi tetkiklerin çalışana ek risk yaratmamasına (göğüs radyografisi çekimi sırasında röntgen ışınlarına maruz kalınmasından dolayı çalışanların radyasyona maruz kalmaları nedeniyle göğüs radyografi çekim sıklığına dikkat edilmeli vs.) özen gösterilmelidir. Tozun diğer alerjenlerle de karışarak (küf, kimyasal, emprenye edilmiş ahşaplar vs.) başka hastalıklara neden olması da önlenmelidir [26].



## 8. KÖMÜR MADENCLİĞİNDE TOZA BAĞLI SORUNLAR İÇİN SAĞLIK GÖZETİMİ UYGULAMALARI

Hekim ile çalışan arasındaki ilk temas işe giriş muayenesi ile başlar. Daha sonra çalışanların kişisel ve sağlık özellikleri, risk değerlendirmesi, aralıklarla yapılan toz ölçüm sonuçları ve tozun cinsi dikkate alınarak işyeri hekimince belirlenen sıklıkta periyodik muayeneler gerçekleştirilir [8].

### İşe giriş muayenesi:

Aslında işe giriş muayenesi yapılacak iş ile çalışanın uyumunun değerlendirilmesidir. İşe giriş muayenesi yapacak hekimin iş ortamını, işi ve hangi iş için nasıl bir çalışan istendiğini bilmesi gerekir. Bunun için en uygunu işe giriş muayenesini o işyerinin hekiminin yapmasıdır ki iş sağlığı ve güvenliği mevzuatında bu düzenleme yer almaktadır. O işyerinin hekimi, işyeri ortamını bildiği için çalışacak kişinin çalışma kapasitesi, işe uygunluğuna en doğru kararı verecek kişidir[2] İşe giriş muayenesinde:

- Sağlık öyküsünün gözden geçirilmesi (genel anamnezin alınması, kişinin sağlığı ile ilgili kaygılara neden olabilecek bozukluklara özellikle önem verilmesi),
- Ayrıntılı meslek öyküsünün alınması (en son yaptığı ve daha önce çalıştığı işler, çalıştığı bölümler, kullandığı ve çalıştığı ortamdaki maddeler, çalışanın maruz kaldığı tehlikeler),
- Kişi yüksek düzeylerde toza maruz kalınan işte çalıştıysa tozun türü ve maruziyet süresi ile ilgili bilgi edinilmesi,
- Daha önceki işyerinde maruz kalınmış olan tahriş edici ve/veya duyarlaştırıcı maddelerin öğrenilmesi,
- Çalışılmış olan işyeri ile ya da özellikle iş ile ilişkisi bulunan belirtilerin (örnek: öksürük, balgam, solunum sıkıntısı vb.) alınması,
- Tütün ürünü kullanma durumunun (tütün ürünü kullanıp kullanmadığı, kullanıyorsa türü, süresi ve miktarı; bırakmışsa ne kadar kullandığı ve ne zaman bıraktığı) öğrenilmesi,
- Kişinin alışkanlıkları ve iş dışı uğraşlarının öğrenilmesi,
- Sistemlere ait bilgilerin toplanması,
- Göğüs, akciğer, plevrayı ve bronşları etkileyen her türlü tıbbi tedaviye dair bilgi edinilmesi,
- Solunum sistemi öyküsünün (öksürük/balgam anamnezinin alınması (ne zamandan beri, ne sıklıkla olduğu, ne kadar sürdüğü) alınması,
- Solunum sıkıntısı öyküsü detaylarının (fiziksel bir çalışma sırasında mı, dinlenirken mi görüldüğü ve ne zamandan beri görüldüğü, önceki iş/çalışma öyküsü ve varsa muayene ve tetkikleri karşılaştırma için solunum yollarına zarar veren tozlara ya da maddelere maruz kalma düzeyleri ve süreleri) alınması,
- Fiziki muayene yapılması: (özellikle solunum sistemi, kalp-damar sistemi ve deri muayenesi),
- Göğüs radyografisinin değerlendirilmesi (işe uygunluk açısından pnömokonyoz yapan tozlara maruziyetin olduğu işyerinde çalışacakların ve pnömokonyoz yapan tozlara maruziyetin olduğu işyerinde çalışanların göğüs radyografileri en az iki ayrı pnömokonyoz okuyucusu hekim tarafından değerlendirilecektir. (Bu konuda ayrıntılı bilgi için mevzuata ve "ILO Pnömokonyoz Radyografilerinin Uluslararası Sınıflandırması

- Kullanım Rehberi"ne başvurulabilir).
- Solunum fonksiyon testi yapılması,
  - Verem (tüberküloz) hastalığına yönelik ppd (pure protein derivative, tüberkülin deri testi) yapılması ve balgamda ARB (asido-rezistan basil, tüberküloz basili) ve balgam kültürüne bakılması,

gerekmektedir [22].

### **Periyodik muayene (aralıklı kontrol muayenesi, izleme muayenesi):**

İşyeri hekimi, yapılan çalışma ortamı gözetimi sonuçlarına, kişisel maruziyet ölçüm sonuçlarına, aralıklarla yapılan toz ölçüm sonuçları ve tozun cinsi, risk değerlendirmesine, sağlık gözetimi sonuçlarına, çalışanların kişisel ve sağlık özelliklerine göre ve çalışanların daha önce çalışmış olduğu işleri ve çalışanın maruz kaldığı tehlikeleri dikkate alarak çalışanların periyodik muayene planlamasını yapar, gözetim sıklığını belirler ve ilgili formları doldurularak periyodik muayeneleri yapar ve ilgili kaydı tutar [11].

Sağlık gözetiminden sorumlu işyeri hekimi; muayene ve tetkiklerin sonucuna göre, çalışanın toza maruz kalacağı işlerde çalıştırılmaması da dahil, her türlü koruyucu ve önleyici tedbiri belirleyip ve tavsiyelerde bulunmalıdır [11]. Hekim bu durumları göz önüne alarak çalışanın görev tanımına, iş organizasyonuna ilişkin önerilerini paylaşmalıdır.

Periyodik muayene sadece işyerindeki risklere göre değil ayrıca işyerindeki risk gruplarına ve kişilerin özel risklerine göre de yapılmalıdır. İşyeri hekimleri yaşlı, genç, gebe çalışanın veya çalışanların meslek hastalığı dışında işle ilgili hastalıklarını hatta işle ilgisi olmayan hastalıklarını da izlemelidir [8].

Periyodik muayene işe giriş muayenesine benzerlik gösterir. Özellikle işyerinde toza maruz kalma ve iş ile ilgili alınan ara anamnez, öksürme, balgam çıkarma, solunum sıkıntısı gibi işyeri ile ilişkili belirtilerin varlığı, yakın zamanda geçirilmiş solunum sistemi bozuklukları, bu belirtilerin süregelen ya da çevresel olarak işyeri ile bağlantılı olup olmaması ya da çalışılmayan süreler boyunca semptomların gerileyip gerilemediği değerlendirilir. Daha sonraki değişikliklerin değerlendirilmesi ve belgelendirilmesi için temel bir inceleme olarak spirometri ve volüm – akım eğrisi kullanılabilir. İşe giriş muayenesinde FEV1'deki tüm değişikliklerin ve en son yapılan muayeneden bu yana maksimum vital kapasitenin (VCmax) saptanması yapılır. Hekimin gerekli görmesi durumunda obstrüktif akciğer hastalıklarının tanısında PEFmetre takipleri, reversibilite testleri, bronş provakasyon testleri de yapılabilir. Tozlu ortamda çalışmada sağlık gözetiminde öne çıkan iki konu göğüs radyografilerinin çekilmesi ve solunum fonksiyonu testlerinin uygulanmasıdır.

### **Radyoloji:**

Çalışanların işe girişlerinden önce mevzuata ve ILO Uluslararası Pnömonyoz Radyografisi Sınıflandırması Kullanım Rehberine uygun standartlarda göğüs radyografileri veya dijital göğüs radyografilerinin çekilmesi gerekmektedir. Düşük dozda x-ray alımı, uzun yıllar saklama, yıllar itibariyle kıyaslama kolaylığı, gerekse internet ortamında paylaşım ve görüntü üzerinde işlem yapma avantajları nedeniyle tercihen dijital göğüs radyografisi çektirilmelidir. Göğüs radyografisi muayenesi (yapılan çalışma ortamı

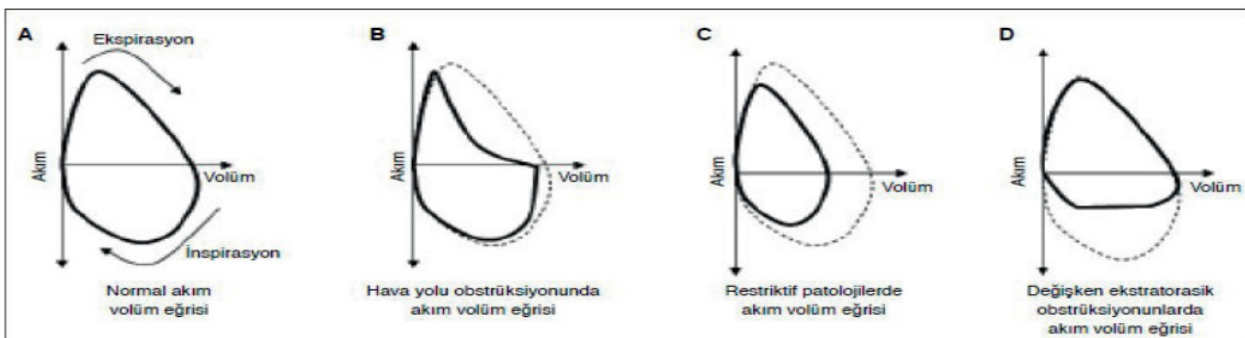


gözetimi sonuçlarına, aralıklarla yapılan toz ölçüm sonuçlarına ve tozun cinsine, kişisel maruziyet ölçüm sonuçlarına ve etkilenme durumuna, risk değerlendirme sonuçlarına, sağlık gözetimi sonuçlarına, çalışanların kişisel ve sağlık özelliklerine göre ve çalışanların daha önce çalışmış olduğu işleri ve çalışanın maruz kaldığı tehlikeleri dikkate alarak) işyeri hekiminin belirleyeceği aralıklarla tekrarlanır. Pnömokonyoz yapan tozlara maruziyeti olan çalışanların göğüs radyografileri en az iki okuyucu (ILO Uluslararası Pnömokonyoz Radyografileri Sınıflandırılması konusunda eğitim almış hekim) tarafından ILO Uluslararası Pnömokonyoz Radyografi Sınıflandırılması Kullanım Rehberine göre değerlendirilir. Farklılık gösteren değerlendirme sonuçları, okuyucular tarafından birlikte değerlendirilerek nihai sonuçlar işverene yazılı olarak bildirilir. Okuyucu listeleri, İSGGM veya İSGÜM'ün internet sayfasından temin edilebilir. Doktor gerekli gördüğü durumlarda daha ileri radyolojik incelemeleri de yapabilir. Göğüs radyografileri veya dijital göğüs radyografileri ve kayıtlar işyerinde en az 15 yıl (çalışanın maruz kaldığı tehlikeye göre mevzuatta belirtilen özel süreler varsa mevzuatta belirtilen süre kadar,örneğin; çalışanın asbest maruziyeti varsa 40 yıl) saklanmalıdır [8].

### Solunum fonksiyon testi (SFT):

Solunum fonksiyon testleri (SFT), bir kişinin havayı zamanla ilişkili olarak nasıl soluduğunu belirleyen yani akciğer işlevlerini sayısal olarak ölçen fizyolojik testlerdir.SFT yapılan çalışma ortamı gözetimi sonuçlarına, aralıklarla yapılan toz ölçüm sonuçlarına ve tozun cinsine, kişisel maruziyet ölçüm sonuçlarına ve etkilenme durumuna, risk değerlendirme sonuçlarına, sağlık gözetimi sonuçlarına, çalışanların kişisel ve sağlık özelliklerine göre ve çalışanların daha önce çalışmış olduğu işleri ve çalışanın maruz kaldığı tehlikeleri dikkate alarak işyeri hekiminin belirleyeceği aralıklarla tekrarlanır. Solunum fonksiyon testleri tek başına etiyolojik tanıya götürmez ancak, akciğerlerin fonksiyonel değerlendirilmesinde ve izleminde yararlı testlerdir. Hemoptizi, pnömotoraks, bulantı ve kusma, kararlı olmayan kardiyovasküler durum, yeni geçirilmiş miyokart enfarktüsü veya pulmoner emboli, aort ve beyin anevrizmaları, yeni geçirilmiş toraks, karın veya göz cerrahisi SFT için rölatif kontrendikasyonlar olarak sayılmaktadır.

Testlerin uygulanmasında ve elde edilen sonuçların geçerliliğinde hastanın yeterli gayreti ve uyumu göstermesi önemlidir. Bunu sağlamak için de testleri uygulayan, hastayı ve manevraları yönlendiren teknisyenin bu konuda eğitilmiş ve deneyimli olması gereklidir. Kullanılan spirometrenin de kalibrasyonunun tavsiye edilen sıklıkta yapıldığından emin olunmalıdır. Aksi takdirde elde edilen sonuçlar yanıltıcı olabilmektedir.Solunum fonksiyon testlerinden pratikte en sık kullanılan dinamik ventilasyon testleridir [8].



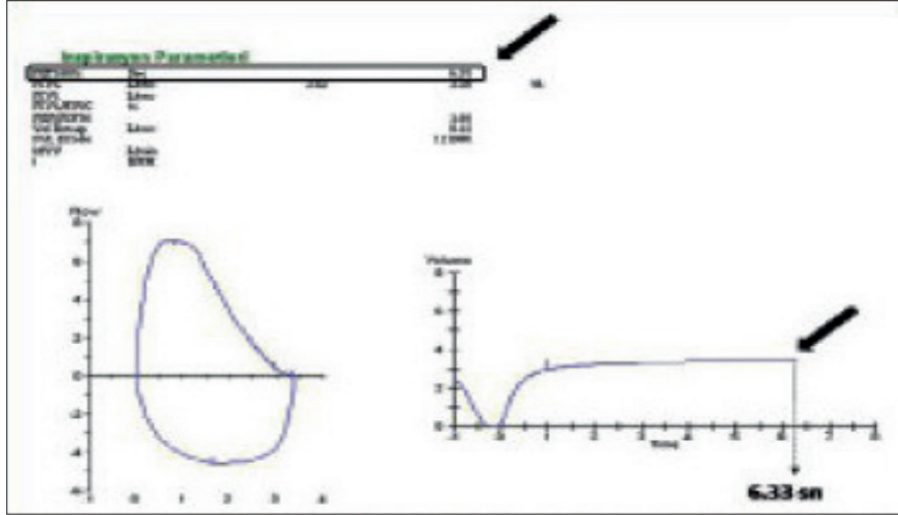
Şekil 6. Farklı akım hacim eğrisi örnekleri

Dinamik ventilasyon testlerinden elde edilen ve SFT yorumlanmasında en sık kullanılan parametreler zorlu vital kapasite (forced vital capacity-FVC) ve birinci saniyedeki zorlu soluk verme hacmidir (forced expiratory volume in one second-FEV<sub>1</sub>). Zorlu vital kapasite efor kullanarak derin ve zorlu bir soluk almanın ardından zorlu, hızlı ve derin bir soluk verilerek akciğerlerden çıkartılabilen hava hacmidir. Bu manevradan elde edilen hacim zaman eğrisindeki diğer bir parametre ise FEV<sub>1</sub>'dir. FEV<sub>1</sub> zorlu soluk verişin ilk bir saniyesi içinde dışarı atılan hava hacmidir. Obstrüktif akciğer hastalıklarında düşer. Akım hacim eğrisi spirometrik traseden elde edilmektedir (Şekil 6A). Akım hacim eğrisinin incelenmesi akciğerlerde oluşturulan akımı etkileyen faktörleri yorumlamamıza yardım eder ve olası patoloji hakkında bilgi verir. Akım hacim eğrisinin en üst noktası maksimum soluk verme akım hızını gösterir (peak expiratory flow-PEF). Tepe akım hızı olarak da isimlendirilen PEF büyük hava yollarının çapını ve soluk verme kaslarının aktivitesini yansıtır. Akım hacim eğrisinin farklı modelleri, toraks içi obstrüksiyonda (astım, KOAH gibi), restriktif akciğer hastalıklarında (parankim hastalıkları, solunum kaslarının hastalıkları, toraks duvarı hastalıkları, akciğer ödemi, konjestif kalp yetersizliği gibi) ve toraks dışı solunum yolu darlıklarında (trakea obstrüksiyonu, ses teli paralizisi gibi) tanısaldır (sırasıyla Şekil 6B-D).

Spirrometry		Ref *	Pre **	Pre ***	Post meas	Post %Ref
FVC	Liters	3.52	3.37	96		
FEV <sub>1</sub>	Liters	3.07	2.96	96		
FEV <sub>1</sub> /FVC	%	88	88			
PEF	L/sec	6.91	7.09	103		
FEF <sub>25%</sub>	L/sec	6.10	7.09	116		
FEF <sub>50%</sub>	L/sec	4.43	4.89	110		
FEF <sub>75%</sub>	L/sec	2.14	1.64	77		
FEF <sub>25-75%</sub>	L/sec	4.04	3.97	98		
IsoFEF <sub>25-75</sub>	L/sec		3.97			
PFT100%	Sec		6.33			

Şekil 7: Solunum fonksiyon testleri

Solunum fonksiyon testlerinin değerlendirilmesi, ölçülen değer, sağlıklı kişilerden elde edilen kaynak (beklenen) değerlerle karşılaştırılması esasına dayanır (Şekil 7). Beklenen değerler aynı antropometrik (yaş, cinsiyet, boy gibi) ve etnik özellikleri olan normal veya sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalardan elde edilmiştir. SFT'nin değerlendirilmesinde en sık kullanılan parametreler FVC ve FEV<sub>1</sub>'dir



Şekil 8. SFT manevrasının uygun yapıp yapılmadığının değerlendirilmesinde, zorlu soluk verme süresinin değerlendirilmesi, FET; Zorlu soluk verme süresi

Ventilasyon testlerinin değerlendirmesine klasik olarak öncelikle hastanın SFT manevrasını uygun yapıp yapımadığı değerlendirilerek başlanır. İlk olarak zorlu soluk verme süresine bakılmalıdır. Bu süre altı saniyeden kısa olmamalıdır. Bu süre testlerde hacim-zaman grafiği ile veya FET (zorlu soluk verme süresi) olarak gösterilmektedir (Şekil 8). Altı saniyeden kısa süreli manevralarla çıkan sonuçlar sağlıklı değildir. İkinci adım, akım hacim eğrisinin incelenmesidir. Bu eğri hem hastanın teste uyumu, hem de olası patolojinin tipi konusunda fikir verir (Şekil 6). Test sırasında öksürük veya hava kaçağı gibi olayların yol açtığı artefaktların varlığı da bu eğriden anlaşılabilir. Daha sonra sırasıyla FEV<sub>1</sub>/FVC oranı ve FVC değerlerine göre patolojiler kategorize edilerek olası tanılara yönlenebilir. Ventilasyona ait bozukluklar, obstrüktif veya restriktif olarak iki grupta incelenebilir. FEV<sub>1</sub>/FVC düşmüş, FVC normale obstrüktif bir bozukluktan; FEV<sub>1</sub>/FVC normal, FVC düşmüşse restriktif bir bozukluktan; FEV<sub>1</sub>/FVC ve FVC birlikte düşmüşse mikst tip yani hem obstrüktif hem de restriktif bozukluktan söz edilebilir (Çizelge 4).

	Ref	Best	% Ref	1
FVC	3.83	3.37	88	3.37
FEV1	3.04	1.54	51	1.54
FEV1/FVC	76	46		46
FEV3/FVC		70		70
FET100%		10.98		10.98
FEF25-75%	3.40	0.50	15	0.50
FEF25%	7.02	1.55	22	1.55
FEF50%	4.20	0.62	15	0.62
FEF75%	1.51	0.22	14	0.22
PEF	7.95	5.02	63	5.02

Şekil 9. Obstrüktif bozukluğu gösteren rapor örneği



Obstrüktif bozuklukta akciğerden atılan maksimum hava akımında, maksimum hacimle orantısız bir azalma görülmektedir. Bu durum soluk verme sırasında hava yollarında daralmayı temsil eder ve FEV<sub>1</sub>/FVC oranının kaynak değerlerin %70-75'inin altında olması ile tanımlanır. Obstrüktif bozukluğa ait SFT örneği Şekil 9'da, akım hacim eğrisi Şekil 6B'de görülmektedir. FVC korunmuştur, obstrüksiyonun derecesini FEV<sub>1</sub>'deki düşme belirler. Avrupa Solunum Derneği ve Amerikan Toraks Derneği'nin 2005 yılında yayımlanan ortak raporuna göre obstrüksiyonun ağırlığının sınıflanması Çizelge 5'te görülmektedir.

**Çizelge 5. Obstrüktif, restriktif ve mikst tip patolojilerin ayırımında solunum fonksiyon testi parametrelerindeki değişimler**

	Obstrüktif	Restriktif	Mikst
FEV <sub>1</sub>	Azalmış	Azalmış	Azalmış
FVC	Normal	Azalmış	Azalmış
FEV <sub>1</sub> /FVC	Azalmış	Normal veya artmış	Azalmış
PEF	Azalmış	Normal	Azalmış

Obstrüktif hastalıkların ayırıcı tanısını yapmak amacıyla, bronkodilatöre yanıt testi (reversibilite testi) yapılmaktadır. Bu testte SFT sonrasında hastaya 400 mcg salbutamol solutularak 15 dk sonra ölçümler tekrarlanır. FEV<sub>1</sub> değerinde %12 ve 200 ml'nin üzerindeki artış pozitif kabul edilir (Şekil 10).

**Çizelge 6. Obstrüktif tip patolojilerin FEV<sub>1</sub>' e göre ağırlığı**

Ağırlık derecesi	FEV <sub>1</sub> (% beklenen)
Hafif	>70
Orta	60-69
Orta derecede ağır	50-59
Ağır	35-49
Çok ağır	<35

Bronkodilatöre yanıtı olan obstrüktif patern astımı düşündürmektedir. Restriktif bozuklukta ise FEV<sub>1</sub>/FVC oranı normalken hem FVC, hem FEV<sub>1</sub> azalmıştır. FVC'nin azaldığı ancak FEV<sub>1</sub>/FVC oranının arttığı (%85-90) durumlarda da restriktif bozuklukta bahsedilebilir. Restriktif bozukluğu gösteren akım hacim eğrisi örneği Şekil 6'da görülmektedir.



Solunum Fonksiyon Testleri

Protokol No:673632  
Date: 14/02/13  
Technician:

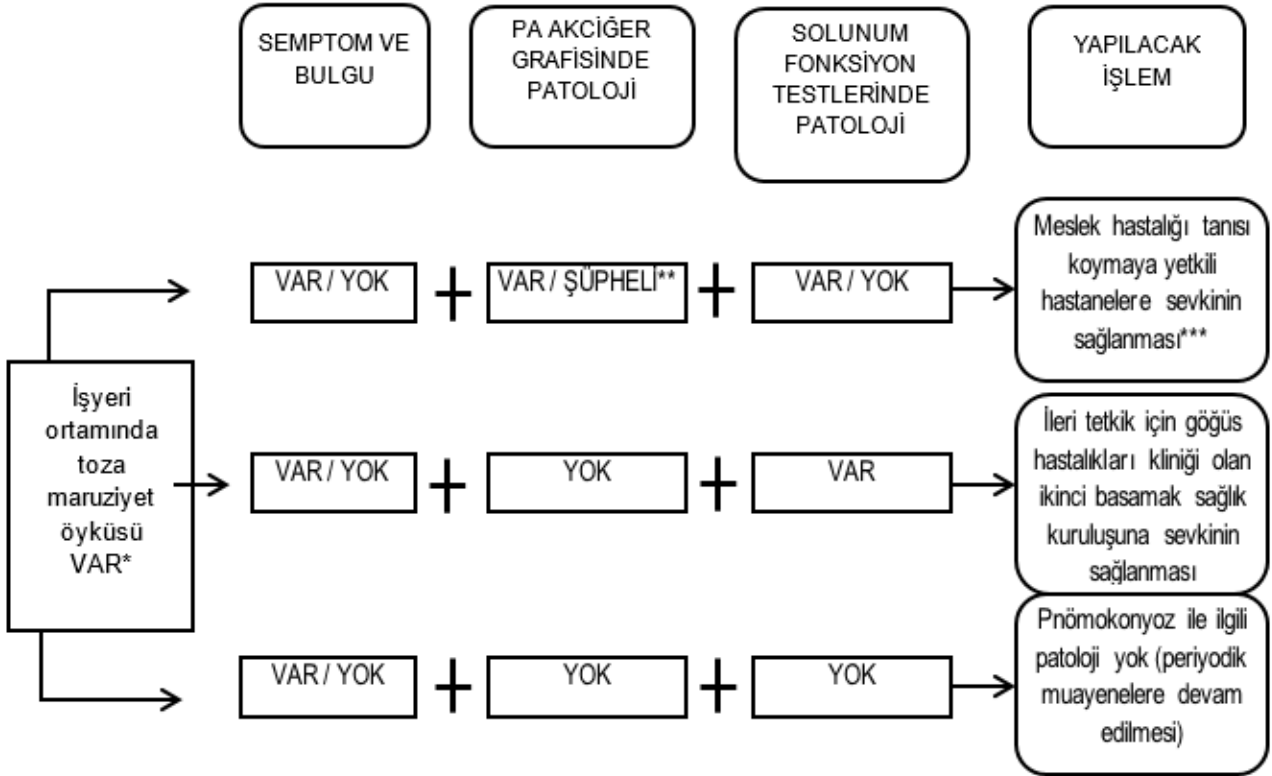
Yaş: 47      Boy:156      Kilo: 61.0      Cinsiyet Female

		Ref	Pre Meas	%Pre	Post meas	Post %Ref	Post % CHG
<b>Spirometry</b>							
FEV1	L/Sec	289	1.74*	100	2.89***	107	20
FEV1/FVC	%	229	(72)		3.92	67	
FEF	L/Sec	6.06	4.82	80	4.80	79	23
FEF25%	L/Sec	5.45	(2.26)	(41)	4.80	73	69
FEF50%	L/Sec	3.81	(1.07)	(28)	(1.57)	(33)	53
FEF75%	L/Sec	1.57	(0.23)	(21)	8.45	29	28
FEF25-75%	L/Sec	3.27	(0.89)	(27)	(1.52)	(46)	51
FEF200%	Sec		7.56		7.65		99
<b>Inspirasyon Parametreleri</b>							
FEI 200%	Sec		7.56		7.65		1
FVC	L/Sec	280	2.93	105	2.93	105	0
FEV1	L/Sec		2.70		2.89		-9
FEV1/FVC	%		92		92		
FEF215%			6.24		6.25		66

\*: Hastanın FEV<sub>1</sub> değeri 1.74 litre\* iken, bronkodilatör sonrası 2.09\*\* litreye yükseldi, FEV<sub>1</sub>'de %20\*\*\* açılma (30 ml) görülmüştür.

Şekil 10. Bronkodilatöre yanıt testinin "pozitif" olduğu rapor örneği

**Pnömokonyoz Tanısı:** Pnömokonyoz tanısının koyulmasında izlenen yol Şekil 11'de verilmiştir. Okuyucular tarafından pnömokonyoz olgusu ya da şüphesi kabul edilen ve işverene bildirilen çalışanlar, meslek hastalıkları tanısı koymakla yetkili hastaneye sevk edilir.



Şekil 11. Pnömokonyoz Tanı Şeması

Çizelge 7. Pnömokonyoz Değerlendirme Çizelgesi [28]

ILO ULUSLARARASI PNÖMOKONYOZ DEĞERLENDİRME KATEGORİSİ ÇİZELGESİ			
0. Kategori	0/-	0/0	0/1
I. Kategori	1/0	1/1	1/2
II. Kategori	2/1	2/2	2/3
III. Kategori	3/2	3/3	3/+

Yukarıdaki ILO Uluslararası Pnömokonyoz Değerlendirme Kategorisi Çizelgesi'ne göre okuyucuların nihai değerlendirme sonuçlarına ilişkin raporunu alan işveren:

- Kategori 0 olarak değerlendirilenlerin; aralıklı muayenelerle takibinin yapılmasını,
- Kategori 1 ve üzeri olarak değerlendirilenlerin; SGK tarafından yetkilendirilen sağlık hizmet sunucularına sevkini sağlar.

Meslek hastalıkları tıbbi tanısında yetkili sağlık kuruluşu, düzenlediği raporların birer örneğini ilgili işverene gönderir.

İşveren, meslek hastalıkları tanısında yetkili sağlık kuruluşunun çalışanla ilgili düzenlediği raporda belirtilen çalışma koşullarını sağlamakla yükümlüdür.

İşyeri hekimi, çalışanın maruziyetinin sona ermesinden sonra da yapılması gereken sağlık değerlendirmesi ile ilgili bilgi verir ve maruziyetin bitmesinden sonra sağlık gözetiminin devam etmesi gereken süreyi belirlemelidir.

Çalışan veya işveren sağlık muayenesi ve tetkiklerinin yeniden yapılmasını isteme hakkına sahiptir.

İşveren, işyerinde çalışanların yaptıkları iş, çalışma süresi, toz ölçüm sonuçları ile kişisel sağlık dosyalarının kayıtlarını ilgili mevzuatta ayrıca belirlenmemişse çalışanın işten ayrılma tarihinden itibaren on beş yıl süreyle saklar. İşyeri ortamındaki tozlardan kaynaklanan hastalıkların yükümlülük süresi bu süreyi aşan işyerlerinde, evrakların saklanması hastalıkların yükümlülük süresine göre uzar (örneğin çalışanın asbest maruziyeti varsa 40 yıl). Çalışanın işyerinden ayrılarak başka bir işyerinde çalışmaya başlaması halinde, yeni işveren çalışanın kişisel sağlık dosyasını ve diğer kayıtları ister, önceki işveren de dosyanın bir örneğini onaylayarak gönderir [8].

Çalışanlar kendilerine ait kayıtların bir örneğini alabilirler. Çalışanlar ve/veya çalışan temsilcileri de kayıtlar hakkında isimsiz olarak genel bilgileri alabilirler.



## 9. KAYNAKLAR

- [1] [http://www.isgip.gov.tr/wp-content/uploads/2015/11/isgip\\_maden\\_3\\_komur\\_RA.pdf](http://www.isgip.gov.tr/wp-content/uploads/2015/11/isgip_maden_3_komur_RA.pdf)
- [2] <http://www.isgip.gov.tr/wp-content/uploads/2018/06/TEKST%C4%B0L SE-KT%C3%96R%C3%9CNDE-%C4%B0%C5%9E-SA%C4%9ELI%C4%9EI G%C3%96ZET%C4%B0M%C4%B0-REHBER%C4%B0.pdf>
- [3] Uluslararası Enerji Ajansı, 2016 Yılı Kömür Raporu, Ankara, 2016
- [4] [https://mapeg.gov.tr/maden\\_istatistik.aspx/](https://mapeg.gov.tr/maden_istatistik.aspx/) Erişim Tarihi: 24/06/2021
- [5] [www.taskomuru.gov.tr/index.php?page=sayfagoster&id=8](http://www.taskomuru.gov.tr/index.php?page=sayfagoster&id=8)
- [6] Türkiye'de Kömür Madenciliği ve Enerjideki Rolü, TKİ Mustafa Aktaş, 2014
- [7] <http://publications.iupac.org/pac/1990/pdf/6211x2167.pdf>
- [8] Çimento Sektöründe Tozla Mücadele Rehberi, T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Yayını, Bakanlık Yayın No:57, 2016
- [9] Kanserojen Veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık Ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik (6/8/2013) , Resmi Gazete (Sayı:28730), Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/08/20130806-4.htm>
- [10] Occupational And Environmental Health Department Of Protection Of The Human Environment World Health Organization (Who), Airborne Dust, Cenevre, Sayfa: 11-13 Ağustos 1999
- [11] Tozla Mücadele Yönetmeliği (5/11/2013) Resmi Gazete (Sayı: 28812) Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/11/20131105-9.htm>
- [12] Güyagüler T., Toz Oluşumunu Etkileyen Faktörler, Türkiye 3. Kömür Kongresi, Zonguldak, 1982
- [13] Baysal, F., İşyerlerinde Toz Sorunu, Türkiye Madencilik Bilimsel Ve Teknik 6 Kongresi, Ankara , 1979
- [14] Dergipark: Madencilikte Toz Kaynakları ve Kontrolü İ.Göktay Ediz, Sunay Beyhan, Şahin Yuwka
- [15] Saltoğlu S., Maden İşletmelerinde Toz Ve Silikozla Mücadele, İ.T.Ü. Yay. 805, 1970
- [16] Ayoazoğlu E., Madenlerde Havalandırma Ve Emniyet, İ.T.Ü. Yay. 13, 1984
- [17] Ergin Z., Maden Kömürü Ocaklarında Patlamalar Ve Önlemler, T.T.K. İş Güvenliği Ve Eğitim Daire Başkanlığı, Yayın No:45, 1984
- [18] Didari V., Kömür Tozu Patlamalarına Karşı Alınacak Önlemler, H.Ü. Yayın No:1, 1986



[19] Türkiye Taşkömürü Kurumu, Tozla Mücadele Yönergesi, 1985

[20] Kaynak Yalçın, E., Yer altı Havalandırması, Dokuz Eylül .Ü. Isbn-978-975-441-358-6, Sayfa-34-350 2012, İzmir

[21] Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (International Agency For Reserch On Cancer)(Iarc), Silica Dust, Crystalline, In The Form Of Quartz Or Cristobalite, Iarc Monographs On The Evaluation Of Carcinogenic Risks To Humans, Fransa, 2012

[22] Tc. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı , İsgip Meslek Hastalıkları Ve İş İle İlgili Hastalıklar Tanı Rehberi, Ankara, 2012

[23] İş Sağlığı Ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği (20/11/2012) Resmi Gazete (Sayı: 28512) Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121229-13.htm>

[24] Kobi'ler İçin İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetim Rehberi-Kömür, Kitap No: 7421, 2012

[25] Alosmanoğlu, M.S., İbrahimov, B.V., Kopilev, B.A., Abdullahev, A.M., "Karakanda Şahdiyar Kömür Ocaklarında Tozun Önlenmesinde Petrol Atıklarının Kullanılması", Patent No: 201301, Rusya, 1972

[26] Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik (2/7/2013) Resmi Gazete (Sayı: 28695) Erişim Adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130702.pdf>

[27] International Labour Office (ILO), Guidelines For The Use Of Ilo International Classification Of Radiographs Of Pneumoconioses, Cenevre, Revised Edition 2011

[28] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Seramik Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi, Ankara, 2018

[29] TS EN 481: İşyeri Atmosferi Havadaki Partikül Ölçümleri İçin Boyut Fraksiyonu Tarifleri



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

Türkiye Cumhuriyeti Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı

İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

**Adres:** Emek Mahallesi Naci Ayvalıoğlu Caddesi

**No:** 13 Pk: 06520 Emek / ANKARA

**Telefon:** 0 312 296 60 00 (Dahili: 14)

**Faks:** 0 312 296 18 77



isggmmedya