

YER ALTI KAZILARINDA H AVALANDIRMA UYGULAMALARI VENTILATION IN UNDERGROUND WORKINGS

Erdil AYVAZOĞLU *
Gündüz ÖKTEN**
ZekaiTUNCEL***

ANAHTAR SÖZCÜKLER : Havalandırma, Tali havalandırma, Ocak havası, Pnömkonyoz, Vantilatör

ÖZET

Havalandırma, yeraltı kazı çalışmaları sırasında üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Özellikle son 25 yıl içerisinde tünelticilik teknolojisinde sağlanan gelişmeler bu olguyu daha da belirginleştirmiştir.

Bu çalışmada öncelikle tünel havasının kompozisyonu, çalışmalar sırasında tünel havasına karışarak niteliklerinin bozulmasına neden olan gaz ve katı maddeler ana hatalarıyla tanıtılmıştır. Söz konusu kirliticilerin tünel havasından uzaklaştırılması amacıyla uygulanan teknik ve bu amaçla kullanılan donanım, bilhassa uygulamada çalışan teknik elemanlar dikkate alınarak özetlenmiştir.

ABSTRACT

Ventilation is an important subject in underground works. Especially, with the improvement in the tunneling technology during last 25 years, ventilation seems to be more important.

In this study, the composition of tunnel air and gases and particules found in tunnel air during the excavation work are examined

The techniques and equipment in order to dilute the pollutants in tunnel air mentioned above are summarized by considering the technical personnel who will use these techniques.

* *Prof Dr Maden Fakültesi, 80626 Ayazağa -İSTANBUL*

* • * *Doç Di Maden Fakültesi, 80626 Ayazağa - İSTANBUL*

*** *Ars Goi Maden Fakültesi, 80626 Ayazağa-İSTANBUL*

1. GİRİŞ

Havalandırma, yeraltı kazılarında üzerinde titizlikle durması gereken ve vazgeçilmez bir konudur. Havalandırmanın amacı, kısaca gerekli hava miktarının temin olunmasıyla güvenli ve sağlıklı çalışma koşullarının elde edilmesi şeklinde açıklanabilir. Diğer bir deyişle sevk edilen havadan beklenen:

- * İşçilere temiz hava temin etmek,
- * Yayılan veya oluşan patlayıcı ve zararlı gazların ve tozların hava içindeki oranlarını azaltmak veya dışarıya sevk etmek.
- * Çok ender de olsa işyeri havasını iklim şartları bakımından iyileştirmektedir

Genel olarak, tünel havalandırılma maliyeti yüksek değildir Dolayısıyla, ilk bakışta, havalandırmanın önemli bir faaliyet olmadığı düşünülebilir. Fakat, maliyetin dışında ,yukarıda sayılan amaçlar göz önüne alındığında, işletmecilik yönünden havalandırmanın yaşamsal önemde yan etkilerinin olduğu kolayca görülür. Şöyle ki;

- * Yeraltı boşluklarında hava hızı ve tehlikeli gazların, ayrıca oluşan tozun hava içindeki oranları kısıtlanmıştır,
- * Yeterli miktarda hava verilmemesi nedeniyle kazı faaliyetlerinin kısıtlanması, hatta tamamen durması olağandır. Örneğin karbondioksit, karbonmonoksit, azot oksitler ve hatta bazı durumlarda metan vd. bazı tehlikeli gazların işyeri havası içindeki izin verilebilir maksimum konsantrasyonları ve oksijenin minimum oranı kısıtlanmış olup, bu değerlere ulaşılmadığı zaman kazı faaliyetlerinin sürdürülmesi mümkün değildir

Ayrıca, hava yetersizliği işçinin çalışma gücünü etkilediğinden verim düşebilir ve maliyet artar

Yukarıda sayılan sorunlar nedeniyle tünel havalandırılması!, kazının başlangıcından sonuna kadar, büyük sorumluluklar doğurur

- * İlk ve devamlı sorumluluk, "Hava Kontrolü" dur. Bu kontrol, işyerine gerekli miktarda hava verildiğini, hava hızının, sıcaklığının ve rutubetinin istenilen sınırlar içinde bulunduğunu, tehlikeli gazların ve tozun tehlike sınırları altında kaldığını saptamak için yapılır.
- * Havalandırma sistemindeki kaçakların ve vantilatör karakteristiklerinin kontrolü gereklidir

2. TÜNEL HAVASI

2.1. Sınıflandırma

Tünel havasından söz edildiğinde, kazı çalışmaları sırasında yayılan

ve oluşan gazlar ile bunların karışımını anlamak gerekir. Tünel girip, arına ulaşan hava "Giriş Hava" ve kirlenerek tüneli terk eden hava ise "Dönüş Hava" olarak isimlendirilir. Bu nedenle hava temiz ve kirli olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

Henüz kirlenmemiş olan temiz hava, özellikle tünel havalandırılmasında yeryüzü atmosfer hava ile aynı bileşimdedir. Temiz havayı oluşturan gazlar, hacimce ;

% 20.93 Oksijen (O_2)

% 79.04 Azot (N_2)

% 0.03 - 0.04 Karbondioksit (CO_2) tir.

Ayrıca daima ve değişen miktarlarda su buharı da bulunur. Ama havadaki N_2/O_2 oranını etkilemez.

Kirli hava ise içerdiği kirleticilere ve dolayısıyla taşıdığı özelliklere göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır:

Pis Hava: Oksijen içeriği % 20 den az olan havadır. Boğucu özelliğe sahiptir (Yüksek konsantrasyonda CO_2 ve N_2 içeren hava gibi).

Zehirli Hava : Organizmayı bozan ve dolayısıyla yaşam için tehlikeli olan gazları içeren havadır (CO , H_2S , Azot Oksitleri, SO_2 ve Radon içeren hava gibi).

Patlayıcı Hava : Hidrokarbonların gaz elemanlarını (CH_4 vd.), H_2 , CO vd. yanıcı gazları içeren havadır.

Tozlu Hava : içinde taş tozu bulunan havadır. Sağlığa zararlı ve kaçağı özelliğine bağlı olarak patlayıcı olabilir. Toz, genel olarak "Pnömonkoz" diye isimlendirilen akciğer hastalıklarını meydana getirir.

2.2. Tünel Havaındaki Gazlar

2.2.1. Oksijen (O_2)

Renksiz, kokusuz ve tatsız olan, yanma ve solunum için kaçınılmaz bir gazdır. Yoğunluğu 1.42 kg / m^3 'tür. Yeraltı faaliyetleri sırasında oksijen azalmasına neden olan başlıca kaynaklar şunlardır:

- Organik ve anorganik maddelerin oksidasyonu,
- Yangınlar veya patlamalar,
- Yan taşıdaki çatlaklardan fazla miktarda CH_4 ve CO_2 yayılması,
- İnsanların solunumu,
- Patlayıcı motorların egzoz gazları,

Oksijen Azalmasının Fizyolojik Etkileri :

- % 20-18 arasında önemli bir etki yoktur. Uzun zamanda baş ağrısı görülebilir.

- % 18-12 arasında solunum sıklaşır, nabız artar.
- % 14-9 arasında soluk alma sık ve kesiktir. Bulantı ve halsizlik, kulak uğultusu ve çınlama başlar
- % 10-6 arasında yukardaki belirtiler artar. Bayılmalar görülebilir ve kısa zamanda komaya girilir.
- % 5 - 0 arasında yaşam olası değildir

Havalandırmanın her hangi bir nedenle kesilmesi durumunda, patlayıcı madde ateşlemelerinin ardından veya yangınlardan sonra oksijen konsantrasyonu % 1-3'e düşebilir. Böyle bir ortamda solunum ani ölüme neden olur. Bu yöndeki kontrol ve önlemler savsaklanmamalıdır

2.2.2. Azot (N₂)

Atıl (inert) bir gazdır. Alevi söndürür. Renksiz, kokusuz ve tatsızdır. Yoğunluğu 1.2505 kg/m³'tür. Oksijen azlığı nedeniyle tehlikelidir ve boğucu özelliğe sahiptir

Azot kaynakları şunlardır:

- Organik maddelerin bozulması,
- Patlayıcı madde ateşlemeleri,
- Sedimentasyon sırasında oluşur ve zamanla kayaçlardaki çatlaklardan, bazen metanla beraber yayılabilir

2.2.3. Karbondioksit (CO₂)

Renksiz, hafif asit kokusunda ve tadında olan bir gazdır. Yoğunluğu 1.977 kg/m³'tür ve dolayısıyla kazı boşluğunun tabanında toplanır. Temiz havada % 0.03 - 0.04 civarında CO₂ vardır. % 1 konsantrasyonda soluk alma sıklaşır. Soluk alma % 3 konsantrasyonda iki ve % 5 konsantrasyonda üç kat artar ve zorlaşır. % 10 CO₂ konsantrasyonunda komaya girilir, ve % 20-25' te ölüm kaçınılmazdır. Müsaade edilen maksimum CO₂ konsantrasyonu % 0.5' tir.

Karbondioksitin Çoğalma Nedenleri:

- **Ağaçların Çürümesi:** Rutubet ve sıcaklık bakterilerin üremesine, dolayısıyla çürümeye neden olur ve bu sırada bol miktarda CO₂ açığa çıkar. Ahşap malzeme bulunan ve iyi havalandırılmayan tünellerde önemli sorunlar oluşturabilir
- Sedimentasyon **Sırasındaki Oluşum** : Sedimanter kayaçlarda veya bunlara yakın çalışılıyorsa sedimentasyon sırasında oluşmuş ve saklı kalmış CO₂ ile karşılaşılabilir.
- Volkanik Olaylar : Yeryüzüne ulaşamayan bazı volkanik olaylar sonucu CO₂ ve diğer gazlar kırık ve çatlaklardan kazı yerine ulaşabilir

- **Patlayıcı Madde Ateşlemeleri** :1 kg patlayıcı maddenin ateşlenmesi sonucu yaklaşık 0.5 m³ zararlı gaz açığa çıkar ve bunun büyük bir kısmı CO₂ dır (yaklaşık 0.25 m³).
- **Solunum** : Bir insanın soluyarak dışarıya verdiği .havanın yaklaşık % 4 ' ü CO₂ olabilir. Böylece insan saatte 50 İt. veya daha fazla CO₂ yayabilir
- **Patlarlı Motorlar** : Her birim güç başına saatte 60 İt. CO₂ oluşturabilirler (60 İt. / HP- Saat). Bir motor yakınındaki CO₂ konsantrasyonu % 1 civarında olabilir
- **Açık Alevli Lambalar** : Saatte yaklaşık 6 - 7 gram petrol ürünü yakarlar ve 10 it. / saat CO₂ oluştururlar
- **Yangınlar** : Önemli miktarda CO₂ oluşumuna yol açan

Karbondioksitli Ortamda Yapılacak İşler :

Karbondioksit yoğunluğunun fazla olması yüzünden tünelin tabanında toplanır ve zor dağılır. Bu nedenle, yeterince havalandırılmayan tünellerde tehlike gösterecek konsantrasyonlarda toplanması mümkündür. Dolayısıyla devamlı gözlemler, kontroller ve ölçümler yapılmalı,gerekli önlemler alınmalı ve saksaklanmamalıdır

2.2.4. Karbonmonoksit (CO)

Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Yoğunluğunun (1.255 kg/m³) havanınkine çok yakın olması nedeniyle tünel atmosferi içinde, yalnız taban veya tavanda değil, her tarafta yayılmış şekilde bulunur. Çok düşük konsantrasyonlarda dahi zehirleyici olması nedeniyle yeraltı kazısı ile uğraşanların korkulu rüyası olan bir gazdır

CO yüksek konsantrasyonlarda patlama özelliğine sahiptir. Patlama sınırları % 13 - 75 arasında olup, en tehlikeli patlama konsantrasyonu % 30 'dun

CO 'in, esas tehlikesi zehirli olmasıdır. Çünkü kanın hemoglobininin CO'e olan hassaslığı, oksijene olandan 250 - 300 defa daha fazladır. Bu nedenle solunan havada çok az karbonmonoksit ve yeterli oksijen bulunsa dahi kan, karbonmonoksiti absorbe eder ve oksihemoglobin yerine karboksihemoglobin oluşur ve kan dolaşımında yer alır.

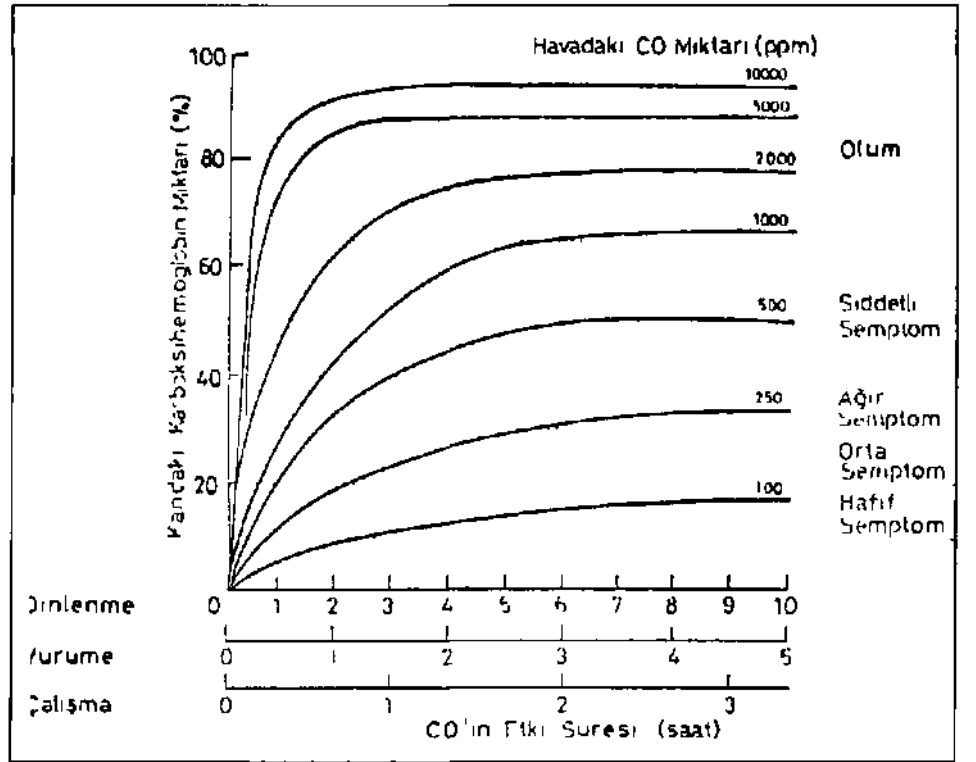
Normal bir insanın kanında absorbe edilebilecek karbonmonoksit miktarı yaklaşık 300 cm³'tür. Karbonmonoksit içeren havanın solunması halinde önce baş ağrısı, baş dönmesi, giderek bulantı ve halsizlik görülür. Daha ilen durumda (yüksek CO konsantrasyonu veya uzun soluma süresi) kendini kaybetme görülür ve komaya girilir. Sonuç felç ve ölümdür. Yapay solunum ve benzer çareler faydasızdır

Karbonmonoksit zehirlenmesinin derecesi ve hızı aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Hava içindeki CO konsantrasyonu,
- Birim zamanda solunan havanın miktarı,
- Kan dolaşım hızı (dinlenme veya çalışma halinde bulunmadaki farklılık),
- Zehirli özellikteki havanın devamlı veya aralıklı solunuyor olması. Örneğin sigara dumanı % 5 - 7 oranında CO içerebilir. Ancak dumanın aralıklı solunması nedeniyle önemli zehirlenme olmaz.

Şekil 1'de değişik karbonmonoksit konsantrasyonlarını, solunu süresine bağlı olarak doğurduğu etkiler görülmektedir.

Karbonmonoksitin müsaade edilebilir tehlikesiz maksimum konsantrasyonu % 0.005 'tir



Şekil.1. Değişik Karbonmonoksit Konsantrasyonları/ında Solunum Süresine Bağlı Olarak Gözlenen Etkiler

Karbonmonoksitin Oluşum Nedenleri:

- **Oksidasyon** : Kömür damarı içeren kayaçlar geçiliyorsa ;



eşitliği uyarınca oluşan karbonmonoksit ile karşılaşılabilir.

- **Yangınlar ve Patlamalar** : Çok küçük yangınlar bile önemli karbonmonoksit oluşumuna neden olurlar. Örneğin 18 cm. çaplı, 2 m. uzunluğunda üç parça ağaç direğin yanması 97 m^3 CO oluşturabilir ki bu miktar 5 m^2 kesitli bir tünelin 2 km. uzunluğu içindeki atmosferi zehirleyici duruma getirebilir.

- **Patlayıcı Madde Ateşlemeleri** : 1 kg. patlayıcı maddenin ateşlenmesi sonucu yaklaşık 0.04 m^3 CO açığa çıkabilir. Tam yanma olmayan ateşlemelerde CO çıkışı artabilir.

- **Patlırlı Motorlar** : Patlırlı motorların egzoz gazlarının yeryüzünde bile tehlikeli olduğu bilinmektedir. Egzoz gazı hacimce % 3.5-7 CO içerebilir. Bu nedenle her beygir gücü için 50 lt. / s hava gerekebilir Başka bir deyişle CO konsantrasyonu egzoz içinde % 0.12 ve tünel havası içinde % 0.004 olabilir

Karbonmonoksitli Havadan Korunma :

Karbonmonoksit oluşturan kaynaklar unutulmamalı ve CO oluşumu muhtemel faaliyetler çok dikkatle izlenmelidir. Bu tür faaliyetlerin fazla olduğu tünel kazılarında " CO - Ferdi Maskeleri" nin bulundurulması ve kullanımının sağlanması gerekli olabilir

2.2.5. Kükürtlü Hidrojen (H₂S)

Renksiz, çürük yumurta kokusunda olan bir gazdır. Yoğunluğu 1.54 kg /m^3 tür. Suda çok kolay çözünür. Bu nedenle, geciken kazılardaki su birikintileri tehlikelidir. Çok zehirli olup, gözleri ve solunum yollarını tahriş eder. 8 saatlik bir çalışma için emniyet sınırı % 0.002' dir

Kükürtlü Hidrojenin Oluşumu :

- Organik maddelerin çürümesi önemli bir kaynaktır. Yeryüzündeki oluşumlar bile tehlikelidir. Dolayısıyla sulu, yavaş ilerleyen ve / veya geciken tünel kazılarında çok dikkat etmek gerekir
- Pirit, jips vb. minerallerin su ile ayrışması sonucu bol miktarda H₂S oluşur. Bu nedenle, söz konusu mineralleri içeren kayaçlar geçilirken özen gösterilmelidir
- Kaya tuzu içeren katmanların çatlaklarında toplanabilir. Eğer konum uygun ise tünel içine yayılması tehlikeli olabilir
- Kükürtlü gaz çıkaran volkanik kaynaklardan yayılma olabilir
- Tam olmayan patlayıcı madde ateşlemeleri, ateşleme kablolarının yanması ve kömürlü katmanların yanması önemli kaynaklardır

Kükürtlü Hidrojenden Korunma :

Suda çok kolay ve çabuk çözünme özelliği nedeniyle, su birikintilerinin var olduğu tünellerde çok dikkatli olunması gerekir. Eğer civarında gaz kokusunda varsa tehlike söz konusudur. Çünkü, su birikintisine düşecek bir taş parçası bile bol miktarda H₂ S'in açığa çıkmasına ve ölümlere neden olur. Durgun su birikintilerinin oluşmasına izin verilmemelidir. H₂S oluşumunun sürdüğü yerlerde sprey şeklindeki su ile çöktürme yapılabilir.

2.2.6. Kükürtdioksit (SO₂)

Renksiz, keskin ve özel kokulu bir gazdır. Çok düşük konsantrasyonlarda (% 0.002) bile hissedilir ve gözleri tahriş eder. Çok zehirlidir ve % 0.05 konsantrasyonda çok kısa sürede ölüme neden olur. Müsaade edilebilir maksimum konsantrasyonu % 0.0007 'dir

Sülfürlü cevherleri içeren kayaçların kazısı sırasında yangınlar ve ateşlemeler sonucu oluşur. Bu nedenle ateşleme yapılan kazı aynasında aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- Etkili bir havalandırma sağlanır,
- Ateşlemelerden önce arın ve yan taşlar su spreyi ile ıslatılır,
- Lağım delikleri ıslak kil ile iyice sıkılır,
- Ateşlemeler vardiya sonuna kaydırılır,
- Ateşçilere gaz maskesi verilir.

2.2.7. Azot Oksitleri

N₂ O, N₂ O₂, (NO), N₂ O₃, N₂ O₄ (N₂O₄) ve N₂ O₅ şeklinde görülürler. Ancak, en çok stabil olan Azotperoksit (N₂O₅) halinde bulunur.

N₂O hariç azot oksitlerin tümü zehirlidir. N₂O₂ ağır ve kırmızı - kahve renginde olup, patlayıcı madde dumanlarının karakteristik rengini verir. Göz, burun, ağız ve akciğer mukozasını tahriş eder. Ciğerlerde nitrikasit (ödem) oluşturduğundan yapay solunum veya temiz havanın yararı yoktur. Bu nedenle patlayıcı madde ateşlemelerinden sonra çok dikkat edilmelidir. Azot oksitleri su tarafından kolayca absorbe edilebildiklerinden ateşleme sonrası uygulanacak su spreyi (fisketeler vb.) havalandırma süresini kısaltabilir.

Azot oksitlerin diğer önemli bir oluşum kaynağı ise egzoz gazlarıdır. Petrol ürünleri ile çalışan bir motor yakınında azot oksitleri konsantrasyonu % 0.00048 (4.8 ppm) olabilir

Tehlikesiz sayılabilecek konsantrasyonu % 0.00025 'tir. Az miktarlarda solunduğunda bile ciğerlerde toplandığından ve ödem oluşturduğundan söz edilmişti. Ancak söz konusu etki hemen görülmeyip bir süre sonra ortaya çıktığından 20 - 30 saat sonra ölümler olduğu görülmüştür. Bu nedenle azot oksitlerin solunması kesin olarak önlenmelidir.

2.2.8. Metan (CH₄)

Esas olarak C_n H_{2n+2} genel formülüyle bilinen hidrokarbonların gaz elemanlarının (metan, etan, propan ve butan) birlikte düşünülmesi gerekir. Ancak çoğunlukla rastlanması ve diğerlerine yakın özellikler metandan daha çok söz edilmesine neden olmuştur. Bu gazların bir tanesinin veya birkaçının hava ile karışımına " GRİZU " denir.

Sedimentasyon sırasında selülozun (bitki artıklarının) parçalanması sonucu bol miktarda oluşur ve kayaç içinde saklı kalır. Metan sadece kömürde değil, kaya tuzu, potas, kükürt ve demir madenlerinde de görülebilir. Dolayısıyla sedimenter kayaçlarda ve / veya kömür vb. yataklara yakın yerlerde yapılacak tünel kazılarında metanla karşılaşılabilir

Metan renksiz ve kokusuz bir gazdır. Yoğunluğu 0.716 kg/m³'tür. Hafif olduğu için yeraltı boşluklarının tavanında toplanır. Zehirli değildir. Oksijen azlığı nedeniyle boğucu olabilir. Esas tehlikesi yanıcı ve patlayıcı olmasından ileri gelir

Metan konsantrasyonu % 5 'in altında ise patlama olmaz, yanar. % 14'ün üzerindeki konsantrasyonlarda yüksek özgül ısı ve oksijen azlığı nedeniyle patlama özelliği yok olur. Tehlikesiz sayılabilecek konsantrasyonu % 1' dir

2.3. Tünel Havasında Toz

Kazı, yükleme, boşaltma, kırma, eleme ve nakliye işleri sırasında kayaç özelliklerine göre toz oluşumu kaçınılmazdır. Oluşan tozlar sağlığa zararlı ve ya patlayıcı (özellikle kömür tozu) olabilir. Ancak tünel kazısında tozların sağlığa zararlı olması önemli bir konu oluşturur

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

Toz Riski Derecesi	ESD	ESD
	Kuars içeren Solunabilir Toz (mg/m ³)	Solunabilir Kuars Toz (mg/m ³)
I	0.0 - 2.5	0.0-0.125
II	2.6 - 6.0	0.130-0.25
III	5.1 - 10.0	0.27 - 0.50
IV	10 ' dan fazla	0.5 'm üzen

Tablo I. Toz Riski Derecesi ve Eşik Sum Değerleri

Pnömokonyoz bir meslek hastalığıdır. Yeraltı madencilik ve kazı işlerinde pnömokonyozdan dolayı ölümlerin sayısı iş kazalarından olandan 3-4 kat fazladır. Delici, kesici, yükleyici vb. faaliyetlerin artışı toz oluşumunu ve dolayısıyla hastalık oluşmasını çoğaltmıştır. Önceleri, ağrı veya başka bir belirti göstermemesi, hastalığın geç anlaşılmasına neden olmaktadır. Hastalık, ancak ileri safhalarda dikkati çekmektedir. Son yıllarda hastalığa yakalananlara ödenen tazminatlar, hastalıktan yakınanları sayısını artırmıştır, kurdumuzda, son yıllarda artan tünel kazı faaliyetlerinde çalışanların, bir kaç yıl içinde hastalıktan yakınmaları ve dolayısıyla tazminat talepleri kaçınılmazdır. Pnömokonyoz progresif (ilerleyici) bir hastalıktır ve tedavisi yoktur. Ancak olduğu yerde tutulması mümkündür. Oluşması ve gelişmesi, toz konsantrasyonu ve toza maruz kalma süresi ile doğru orantılıdır.

14 Eylül 1990 tarih ve 20635 sayılı Resmi Gazete' de yayınlanan yönetmelik, sağlığa zararlı toz bulunan yeraltı işyerleri havasındaki Eşik Sınır Değer'leri (ESD), yani müsaade edilen maksimum toz konsantrasyonlarını, Tablo 1'de görüldüğü gibi belirlemiştir

Toz Riski Derecelerine Göre İşyerlerinde Çalışma

- Toz riski derecesi IV olan işyerlerinde, tozla mücadele işinden başka işte işçi çalıştırılmaz,
- Toz riski derecesi III olan yeraltı işyerlerinde işçinin birbirini takip eden aralıksız 5 çalışma yılında 500 vardiya çalışmasına izin verilir Bu süre sonunda işçi ancak toz riski derecesi I ve II olan işyerlerinde çalıştırılabilir. İkinci bir 5 yıllık çalışma süresi sona erince, pnömokonyoz bulunmadığı tespit edilirse derecesi III olan işyerinde tekrar çalıştırılabilir
- Tozlu yerüstü işyerleri ile kırma, eleme, öğütme tesislerindeki işyerlerinde $5 \text{ mg} / \text{m}^3$ kuvars içeren solunabilir toz veya solunabilir. Kuvars tozu $0.25 \text{ mg} / \text{m}^3$ 'ten fazla ise işçi çalıştırılmaz.

2.3.1. Tünelde Tozla Savaş Yöntemleri

Tozla Savaş yöntemleri altı başlık altında toplanabilir :

- **Erken Teşhis ve Önlem** : İşe giriş muayeneleri, 6 aylık periyodik muayeneler, iş değiştirme ve işten çıkarma, zaman zaman yerüstünde çalıştırma, iyi beslenme, alkolü ve sigarayı kesme.
- **Toz Oluşumunu Önleme** : Sulu delik delme, sulu kazı (etkenliği %80 'dir).
- **Tozu Bastırma** : Su fisketeleri (etkenliği % 75 - 85), elle sulama (etkenliği % 40 - 60 tır).
- **Tozu Toplama** : Kuru delik delmede tozu emme (etkenliği % 80), emici tane havalandırma (etkenliği % 70 - 80 'dır).

- **Toz Konsantrasyonunu Düşürme** : Hava hızı (tozun taşınması yanında çökmüş tozun kalkmaması da önemlidir. Bu nedenle hava hızının en az 0.15 m/s ve en fazla 1.5 - 2 m / s olarak sağlanması uygundur, etkenliği % 80 'dir).
- **Toz Solunumunu Önleme** : Toz maskesi kullanma, işçiyi az çalıştırmak, dirençli işçileri çalıştırmak, aerosol solunumu (etkenlikleri sınırlı olan uygulamalardır).

3. TALİ HAVALANDIRMA SİSTEMLERİ

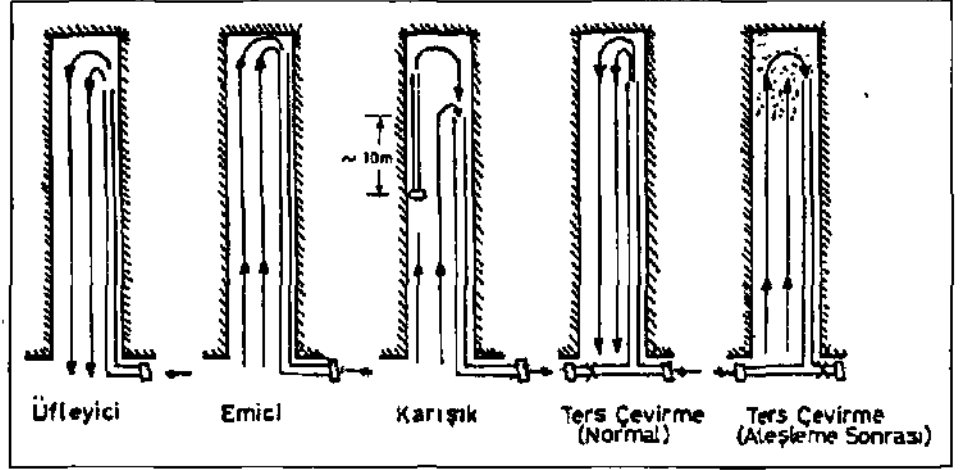
Henüz hava dönüş bağlantıları sağlanmamış tünellerin havalandırılmasını "Tali Havalandırma" olarak tariflemek mümkündür. İngilizce de "Auxiliary \ventilation", Almanca da " Senderbewetterung" ve Fransızca da " Ai rage Secondaire" olarak isimlendirilen bu sisteme yurdu-muzda bazan "*İkinci} Havalandırma*" da denilmektedir. Tali havalandırma, emici veya üfleyici vantilatörler ve borular (genellikle vantüp veya demir) yardımı ile sağlanır. Uzun tünellerde, kaçakları azaltmak bakımından, aralıklı ve seri bağlantılı vantilatörler kullanılabilir

Tünel havalandırmasının büyük bir şansı, yeryüzünden temiz hava sağlanmasının bir güçlük göstermemesidir. Temiz havadan faydalanmak ve kirli havayı doğrudan doğruya yeryüzüne vermek mümkündür.

Kısa devre oluşmaması için, vantilatörlerin havalandırılacak tünel ağzına mesafeleri en az 5 m. olmalıdır. Temiz hava yeryüzü atmosferinden sağlandığı için, tünele ulaştırılacak hava miktarının kısıtlanması söz konusu değildir, bu da tünel havalandırmasının başka bir avantajıdır.

3.1. Üfleyici Sistem

Üfleyici sistemin yararı, borular vasıtasıyla arına ulaşan temiz havanın hızının yüksek olması ve dolayısıyla oluşan ve / veya yayılan gazları arını doldurmadan temizleyebilmesidir. Bu sistemde vantüpler kullanılabilir ve böylece eğer varsa patlayıcı madde ateşlemelerinin borularda oluştu-rabileceği zararlardan kolayca kurtulunur (Şekil 2). Çünkü, vantüpleri topla-yarak arından uzağa çekmek mümkündür. Sistemin diğer bir yaran, eğer varsa kayaçlardan yayılan tehlikeli gazları arına taşınmıyor olmasıdır. Fakat, tünel içindeki hava hızlarının az olması yüzünden bazı tehlikeli gazlar tünel içinde toplanabilir ve hatta hava akışına karşı hareket edebilir. Özellikle meyilli kazılarda (başyukarı kazıları gibi) bu durum çok büyük önem taşır. Uzun tünellerde arında kirlenen havanın tünele yayılması ve tüneli çok düşük bir hızla terk etmesi yüzünden, üfleyici sistem sakıncalıdır. Böyle bir du rumda. üfleyici sistem tek babına kullanılacak olursa, a-tesjemelerden veya kazı, yükleme ve taşıma işlerinde oluşacak gazların ve tozların tüneli terk etmesi saatlerce sürebilir Bu nedenle uzun tunellei-



Şekil 2. Tili Havalandırma Sistemleri

de ve bazı önemli durumlarda (yangın ve / veya patlamada mücadelede) üfleyici sistemin emici sistemle birlikte kullanılması gerekir

3.2. Emici Sistem

Emici sistemlerde arına ulaşan hava daha düşük hıza sahiptir. Arında oluşan gaz ve tozlar tüneli doldurmadan borular vasıtasıyla dışarıya taşınır. Ancak, çevre kayaçlardan gaz yayılımı söz konusu ise, gazlar ve eğer varsa arın gerisindeki faaliyetler sırasında oluşan gaz ve / veya tozlar arına taşınımın Çelik çemberler ile takviye edilmemiş ise vantüpler kullanılamaz.

3.3. Karışık Sistem

İki sistemin birlikte çalışabilmesi için bütün tünel boyunca iki boru tesisine gerek yoktur. Arından uygun bir uzaklıkta (genellikle 30-35 metre) bir emici boru tesisi kullanılır. Böylece iki sistemin avantajlarından da faydalanılmış olun

Bu sistemde arındaki toz ve gaz konsantrasyonunu uygun şartlarda sağlamak için kullanılan üfleyici sistemde kısa devre olmamasına dikkat edilmelidir. Bunun için üfleyici vantilatör ile emici boru ağzı arasında uygun bir mesafe (genellikle 10 m.) bırakılmalıdır. Üfleyici sistemin kapasitesi emiciye oranla daha küçük olmalıdır. Tecrübeler, arına üflenen havanın emilen havanın 2/3 ünü geçmemesi gerektiğini göstermiştir. Ayrıca, emici sistemin durması halinde üfleyici sisteminde çalışmaması istenir.

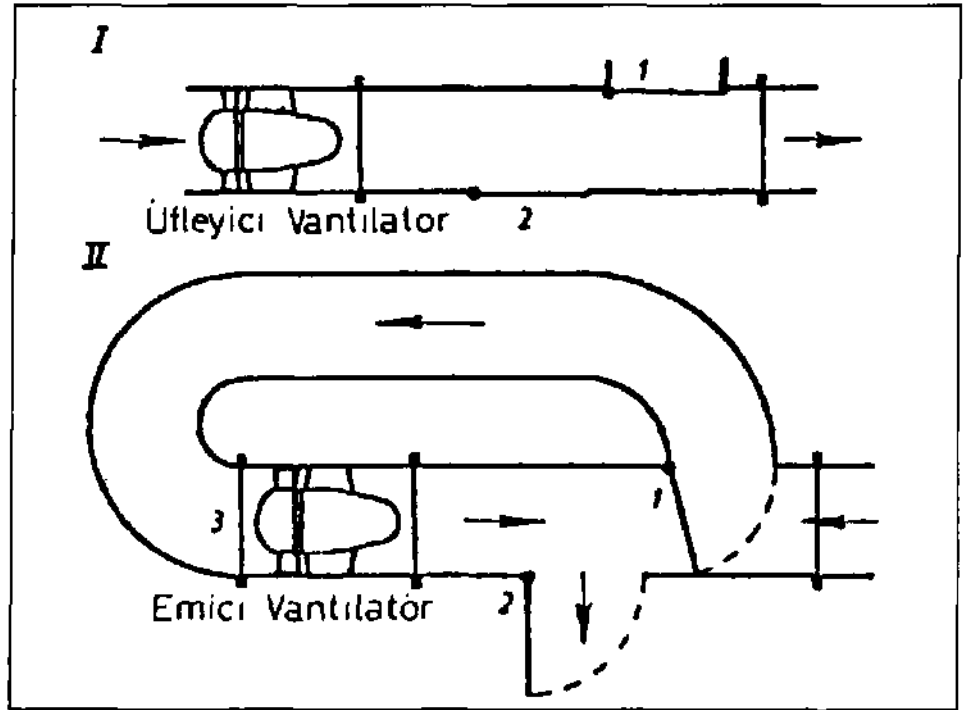
3.4. Ters Çevirme Sistemi

Bu sistemde, tek bir boru hattı vardır ve normal şartlarda üfleyici olarak çalıştırılır. Ateşlemelerden veya fazla miktarda toz oluşturan faaliyet -

lerden sonra emici vantilatör çalıştırılarak arm duman ve tozlardan temizlenir. Normal arın faaliyetlerinde havalandırma ters çevrilin

Üfleyici veya emici sistemlerin tek başlarına kullanıldığı havalandırma bazen acil durumlarda (yangın vb.) havalandırmanın ters çevrilmesi istenebilir. Bu çeşitli yardımcı bağlantılar kullanılarak yapılabilir. Böyle bir olanak şekil 3 'te gösterilmiştir.

Tünelde kazı makinası kullanıldığı zaman uygulanabilecek tali havalandırma sistemleri ise şekil 4 'te toplanmıştır.



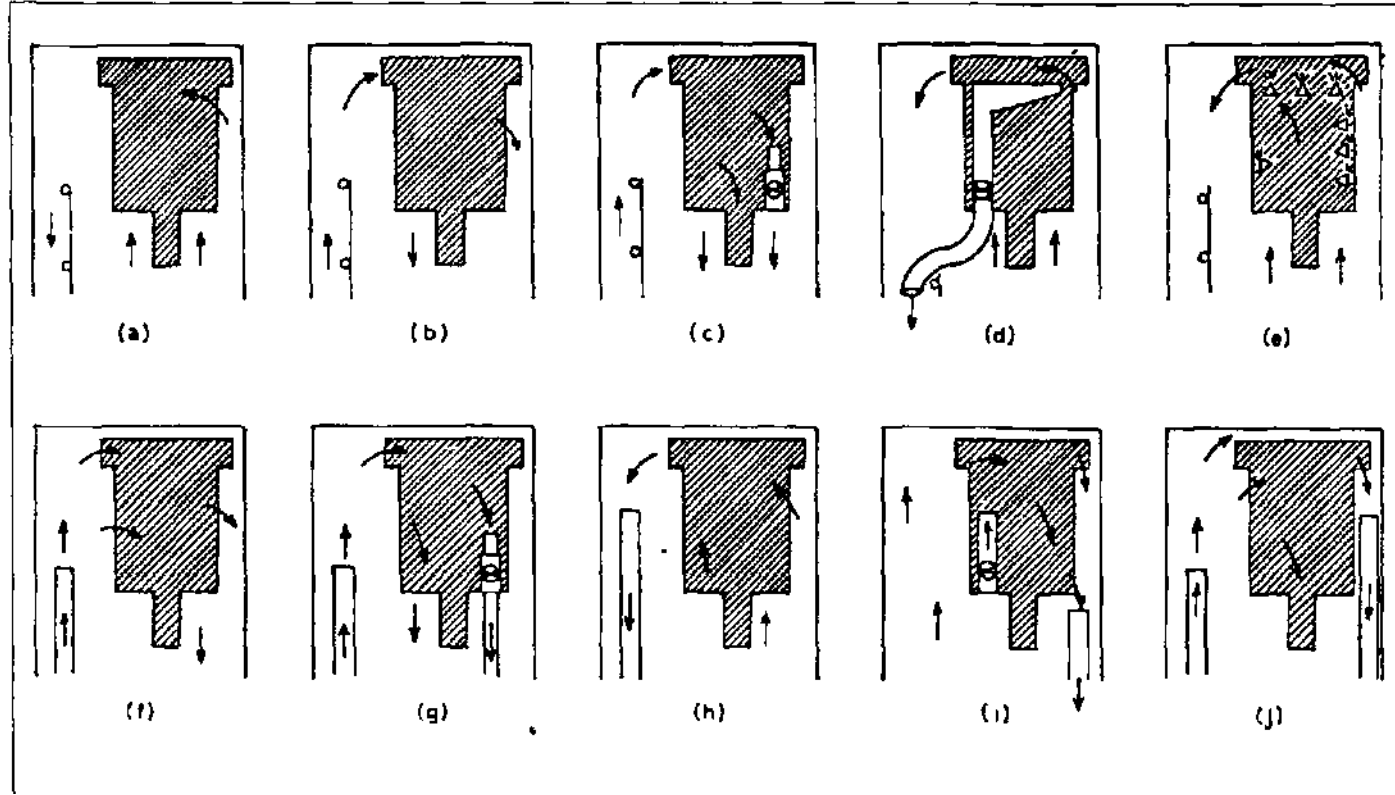
Şekil 3. Havalandırmanın Ters Çevrilmesi

4. TALİ HAVALANDIRMA VANTİLATÖRLERİ VE BORULARI

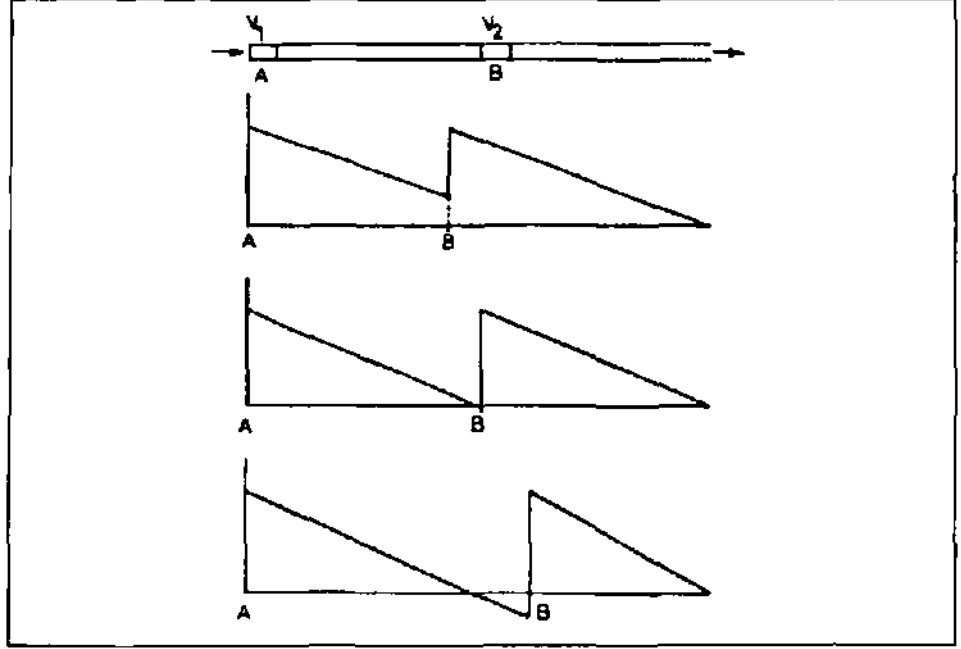
4.1. Elektrikli Aksiyal Vantilatörler

Borularla kullanılabilen en uygun vantilatörler, göbeğinde bir elektrik motoru bulunan tek kademeli aksiyal tipli vantilatörlerdir.

Tali vantilatörler, tünel uzunluğunun giderek artması yüzünden, çok farklı dirençlerde çalışmak zorundadırlar. Bu nedenle ayar yapılabilmesi için, bazı büyük tiplerine ayarlı bir kapak eklenir. Direnç küçük iken, yani vantilatör yeni yerleştirildiği ve boru şebekesi kısa olduğu zaman, büyük miktarlarda hava çekilir.



Şekil 4 Kazıcı Makına Varlığında Tali Havalandırma Sistemlerinin Değişik Uygulamaları
a) Havalandırma perdenin emici b) Havalandırma perdesinin ufleyici c) Emici vantilatör ve toz toplayıcı ile perdenin emici d) Kazıya yerleştirilmiş vantilatör ve toz toplayıcı ile perdenin emici e) Sprey vantilatör ve perdenin emici f) Ufleyici sistemde kazıcıya yerleştirilmiş vantilatör ve toz toplayıcı ile perdenin emici g) Emici sistemde kazıcıya yerleştirilmiş vantilatör ve toz toplayıcı ile perdenin emici h) Vantilatör ile desteklenmiş emici sistemde kazıcıya yerleştirilmiş vantilatör ve toz toplayıcı ile perdenin emici i) Karışık sistemde kazıcıya yerleştirilmiş vantilatör ve toz toplayıcı ile perdenin emici j) Karışık sistemde kazıcıya yerleştirilmiş vantilatör ve toz toplayıcı ile perdenin emici



Şekil 5. İki Vantilatörün Seri Bağlanması Durumunda Borulardaki Basınç Değişimi

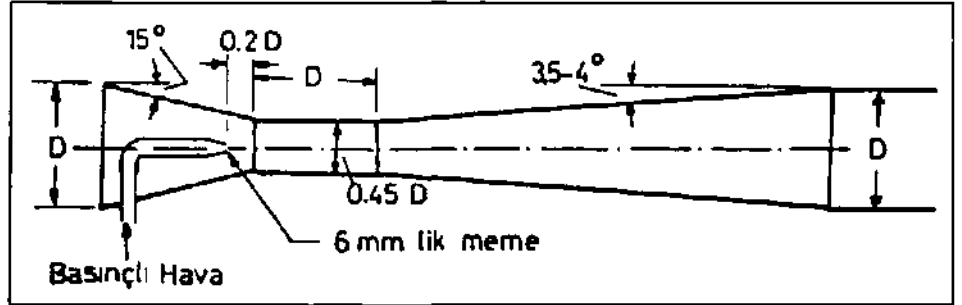
Bu durumda oluşacak kısa devreyi engelleyebilmek için ayarlama yapılmalıdır. Ayarlama işlemi eğer konmuş ise ayarlı kapakla veya boru içine yerleştirilecek engelleyici plakalarla sağlanabilir. Çok büyük dirençleri ise ancak seri bağlanacak vantilatörlerle yenmek mümkündür

Vantilatörlerin seri bağlanması sırasında ikinci vantilatörün önündekinden olan uzaklığının (veya üçüncüsünün ikincisinden olan uzaklığı vb.) belirlenmesi önemlidir. Boru sisteminin basınç karakteristiğine ve kaçak kat sayısına (bu ifadelerden ileride söz edilecektir) bağlı olan bu uzaklığın hesabı teorik olarak ve ancak yeni tesis edilmiş ve kaçıksız bir sistem için mümkündür. İkinci vantilatörün hava giriş tarafında (-) basıncı oluşmamasını sağlamak için (çünkü kirli hava boru içine kaçır ve kısa devre oluşur), bir manometre ile ölçme yapılarak ikinci vantilatör girişinde 5 mm ss (5/g Pa)'luk bir (+) basınç oluşturacak yer seçilir.

4.2. Basıncı Hava Vantilatörleri

Bunlar esasında, tek kademeli aksiyal vantilatörler olup, göbekleri bir basıncı hava türbini şeklindedir. Türbinin egzozu da havaya karışır. Genellikle 6.5 at 'de $3.6\text{m}^3/\text{dak.}$ basıncı hava tüketerek 100 mm ss (100/g Pa) basınç yaratırlar ve 90 nV / dak. hava sağlayabilirler.

Butıp vantilatörler elektrik enerjisi kullanmanın sakıncalı olduğu veya



Şekil 6. Basınçlı Hava Enjektörü (Modder Deep Tip)

sadece basınçlı hava enerjisinin bulunduğu yerlerde kullanılırlar. Sıcak işyerlerinde, soğuk egzoz havasının hava akımına karışması ayrıca bir avantajdır.

Yukarıda sözü edilen vantilatörler normal şartlarda 100 mm ss (100/g Pa) basınçta çalışırlar. Eğer daha fazla basınç farkı sağlanmak isteniyorsa seri olarak bağlanırlar. Tek vantilatör kullanılmak istenirse, en uygunu iki kademeli aksiyal vantilatörlerdir. Bunlar yaklaşık 200 mm ss (200/g Pa) basınç farkı yaratabilirler

4.3. Basınçlı Hava Enjektörleri

Eğer bir basınçlı hava enjektör memesi bir boru eksenine yerleştirilirse, hava akımına neden olur. Eğer bir difüzör oluşturularak kullanılırsa küçük kesitli ve bir kaç yüz metrelik tünellerin havalandırılmasını sağlayabilirler 25 mm ss (25/g Pa) basınç farkı yaratabilen bu cihazlar işyeri olanakları ile üretilebilirler. Düzenindeki değişiklikler cihazın çalışmasında önemli etkiler yapar. Şekil 6 'da uygun bir düzen görülmektedir.

4.4. Basınçlı Hava Boruları

Tünel havalandırılmasında kullanılacak borularda şu özellikler aranmalıdır:

- Dirençleri az,
- Hava sızdırmaz,
- Sağlam,
- Hafif,
- Yeraltı su ve havasına dayanıklı,
- Yanmaz,
- Ucuz olmalı ve
- Depolama kolaylıkları bulunmalıdır

Demir Borular :

Dirençleri düşük olup, sadece birbirlerine eklendikleri yerden hava kaçırlar. Sağlamdırlar, ancak yeraltı su ve havasına pek dayanıklı değildir. Depolanma ve taşınma şartları pek uygun değildir. Yangına karşı tam emniyetlidir

Plastik Borular :

Polyesterden yapılan sert borulardır. Hafif, sağlam ve çürümeye dayanıklıdır. Dirençleri çok düşüktür. Katkı maddeleri ile yangına dayanıklı olacak şekilde üretilebilirler. Depolanmaları zordur ve fiyatları yüksektir.

Vantüpler :

Üzeri kauçukla kaplı branda bezi veya plastik maddelerden yapılır. Katlanabilirler ve esnekler. Emici vantilatörlerle kullanılacak olanları çelik çemberlerle takviye edilirler. Çok hafiftirler. Kolayca döşenip, sökülebilirler. Depolanmaları çok kolaydır. Çürürler ve cidarlarından hava kaçırlar. Darbelere kolayca etkilenirler ve yanma tehlikeleri vardır.

5. BORU DİRENÇLERİ VE BASINÇ GEREKSİNİMİ

Tali havalandırmada kullanılan boruların dirençleri:

$$R \propto \frac{LP}{S^3} \text{ kilomurgue (x 1 / g Gaul)} \quad (1)$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada;

a = Sürtünme katsayısı (Boru pürüzlülüğüne ve havanın fiziksel özelliğine bağlıdır),

L = Boru uzunluğu (m),

P = Boru kesit çevresi (m),

S = Boru kesit alanı (m²)'dir.

İyi kalite demir boruların sürtünme katsayıları 0.003 - 0.0005 civarındadır. Vantüplerin sürtünme katsayıları bu değerlerden % 30 daha büyüktür. İyi kalite olmayan boruların sürtünme katsayıları iki misli daha büyük olabilir.

Borularda meydana gelecek basınç kaybı;

$$h = \frac{LP}{S^3} Q^2 \quad RQ^2 \quad \text{mm ss (kg / m}^2 \text{ ; x 1 / g Pa)}$$

eşitliğinden hesaplanır. Burada Q = Hava miktarı (m³ / s) cinsindedir. Örneğin, 60 cm çaplı iyi kalite demir borularla 300 m uzunluğunda bir tünelin havalandırılması planlanmış ve hava gereksinimi 3 m³ / sn olarak belirlenmiş ise boru sisteminin direnci:

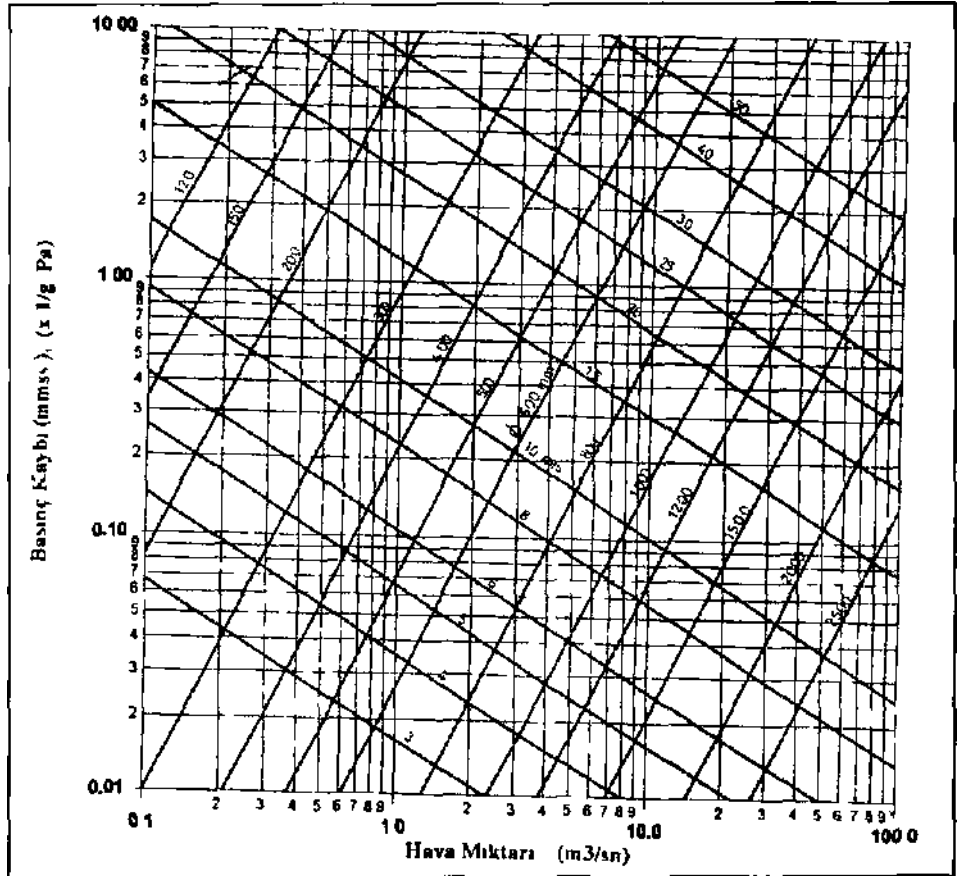
R = 10.000 kilomurgue (1.02 Gaul'dur.)

Sistemdeki basınç kaybı ise:

h = 90 mm ss (%.2 Pa) dır.

Seçilecek vantilatörün ise, 3 nrVs hava miktarı ve 90.00 mm ss (9.2 Pa) basınç farkı değerlendirilince verimli çalışacak bir karakteristiğe sahip olması gerekir ve mutlaka sağlanmalıdır

Farklı özellikli ve çaplı boruların dirençleri ve değişik hava miktarlarına bağlı olarak sistem için gerekli basınç farkları eşitliklerinden hesaplanabileceği gibi hazırlanmış olan tablolardan ve / veya abaklardan da seçilebilir Bu konuda literatürde çok geniş olanaklar vardır Şekil 7 'de bir örnek görülmektedir.

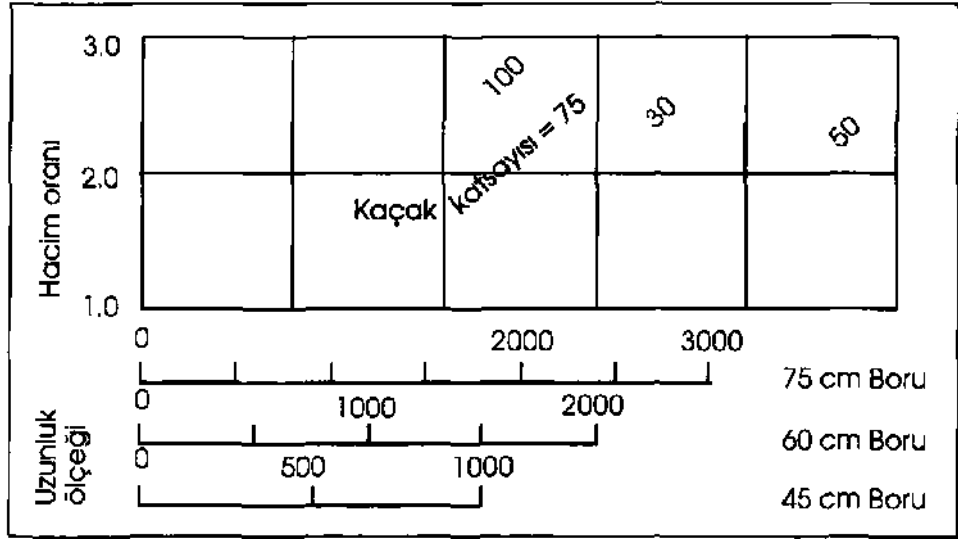


Şekil 7. Demn Bot ulardaki Basınç Kaybı (1 m uzunluk için)
(Vanlupler için % 30 artırma yapılu)

5.1. Borulardaki Kaçaklar:

Borulardaki kaçaklar tünel havalandırmasında çok önemli bir konudur. Bozulmuş, veya iyi tahsis edilmemiş borularda büyük kaçaklar olur. Uygun yerleştirilmiş ve bakımlı borularda bile, küçük de olsa, bir miktar ka-

çak olacaktır. Toplam kaçak, bir çok küçük kaçaklardan oluşur ve tüm bo-
ru şebekesi boyunca uniform olarak dağıldığı kabul edilir Bu durumdaki
boruların hava kaçırma kapasitelerini belirleyen bir "Kaçak Katsayıları"
vardın Kaçan hava miktarı basıncın karesi ile orantılıdır. Ancak her ikisinde
birbirine bağlı olarak değıştiklerinden, kaçak katsayısı olan bir boru içinde-



Şekil 8. İyi Kalite Boruların Hacim Oranları

ki miktar ve basınç değışikliklerini matematiksel olarak belirtmek müm-
kün değildir. Bununla birlikte, aşağıda açıklanan çalışmadan yararlanılabilir.

"Hacim oranı" olan Q / Q_0 "Basınç oranı" olan h / h_0 a hemen hemen eşittir ve her ikisinde (c) kaçak katsayısına, (R) boru direncine ve (L) boru şebekesinin uzunluğuna bağlıdır Burada, Q vantilatörün sağladığı hava; Q_0 arına ulaşan hava ; h vantilatör basıncı; h_0 ise Q_0 miktarını sağlamak için kaçak yok iken gerekli vantilatör basıncıdır

Eğer, c, R ve L çok büyük iseler hangi basınç farkı uygulanırsa uygulanırsa, arına belli bir havadan fazlasını sevk etmek mümkün olmayabilir.

Pratikte, hacim oranının 2'yi aşmaması gerekir Şekil 8. değışik şartlardaki verimli çalışma sınırlarını göstermektedir.

5.2. Kaçak Kontrolü :

Buralarda bir miktar kaçak olması kaçınılmazdır Boru uzunluğu fazla ise, bu kaçak önemli olabilir Bu nedenle, önemli tesislerde hacim oranı periyodik olarak belirlenmelidir Bu da borunun her ucunda yapılacak anometre ölçmeleri ile elde edilebilir Daha sonra kaçak katsayısı hesaplan-

bilir Tecrübeler, demir boruların kaçak katsayılarının 10 ile 100 arasında değiştiğini göstermiştir Eğer kaçak katsayıları bu sınırlar arasında elde edilmiş ise yeterli olduğu söylenebilir

Kaçak katsayısı uygun olduğu halde, "Hacim oranı" çok büyük, yani arına ulaşan hava yeterli olmayabilir. Böyle bir durumda, daha büyük çaplı boru kullanmak veya düşük düşük basınçlı vantilatörleri birbirine seri bağlamak bir çare olarak düşünülebilir.

6. GEREKLİ HAVA MİKTARININ BELİRLENMESİ

Sürülmekte olan bir tünelin havalandırılması için gerekli hava miktarı aşağıdaki esaslara göre hesaplanır:

- Kullanılan patlayıcı madde miktarı
- Oluşan toz miktarı
- Yayılan gaz miktarı

6.1. Patlayıcı Madde Tüketimine Göre Hava Miktarının Hesabı

Üfleme Sistemi :

Aşağıdaki eşitlikler kullanılabilir;

$$Q = \frac{7.8}{t} \sqrt[3]{A.V} \quad (3)$$

$$Q = \frac{21.4}{t} \sqrt[3]{A.V} \quad (4)$$

3 ve 4 eşitliklerinde;

Q = Hava miktarı (m³/dak.),

t = Havalandırma zamanı (dak.)>

A = Patlayıcı madde miktarı (kg) ve

V = Havalandırılacak hacim (m³)

V hacmi (Lx S) 'den hesap edilecektir Burada L tünelin boyu (m) ve S tünelin kesit alanı (m²) 'dir Tecrübeler, uzun tünellerde zararlı gazların konsantrasyonunun, arından L* = 450. A/S uzaklıkta müsaade edilen düzeye düştüğünü göstermiştir Bu uzaklık yaklaşık 300 - 500 m ' dir

Ayrıca, boru hattı ağzı ile tünel arını arasındaki (1) uzunluğunun belli bir değeri aşmaması isteni ve pratik olarak aşağıdaki 5 ve 6 eşitliklerinden hesaplanabilir :

$$\text{Yeni borular için} \quad Q \leq 4.67 \sqrt{S} \quad (5)$$

$$\text{Eski borular için} \quad Q \leq 3.63 \sqrt{S} \quad (6)$$

Burada S = tünelin kesit alanı (m²) 'die

Hesaplanan hava miktarı, verimli bir havalandırma için gerekli minimum hava hızı yönünden de kontrol edilmelidir Hava hızı 0.15 m/s'den daha küçük olmamalıdır

Emici Sistem :

Bu sistemde gerekli hava miktarı (7) eşitliğinden hesaplanır

$$Q = \frac{6}{t} \sqrt{A \cdot S \cdot (75 + A)} \quad (7)$$

Burada;

Q = Hava miktarı (m³/dak),

t = Havalandırma zamanı (dak.),

A = Patlayıcı madde miktarı (kg) ve

S = Tünelin kesit alanı (m²)' dir.

(7) eşitliği, boru ağzı ile arın arasındaki uzaklığın $l = 3\sqrt{S}$ olduğu zaman geçerlidir. Eğer uzaklık daha fazla olursa, gerekli hava miktarı veya başka bir deyişle havalandırma zamanı daha fazla olacaktır.

Karışık Sistem:

Arın ile emici boru ağzı arasındaki uzaklık 50 m'den daha az ise.

$$Q = \frac{15.6}{t} \sqrt{A \cdot V} \quad (\text{m}^3/\text{dak}) \quad (8)$$

ve aynı uzaklık 50 m'den fazla ise;

$$Q = \frac{112}{t} \sqrt{\frac{A \cdot V}{L}} \quad (\text{m}^3/\text{dak}) \quad (9)$$

eşitlikleri kullanılır Burada l (m), emici boru ağzının arına olan uzaklığıdır (A,V ve t notasyonları daha önce belirtilmiştir.)

6.2. Tozluğa Bağlı Olarak Hava Miktarının Hesabı :

Oluşan tozların hava ile dışarıya taşınabilmesi için, tünel içindeki minimum hava hızları 0.2 - 0.9 m/s 'den küçük olmamalıdır

Arında çalışan delici makına adedi göz önüne alınırsa, bir delicinin 1-1.2 m³/s hava gerektirdiği kabul edilebilir.

Toz oluşum miktarı göz önüne alınırsa, hava miktarını hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir :

$$Q = \frac{A}{N_p - N_o} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (10)$$

Burada,

A = Toz oluşum miktarının endeksidir. Kullanılan delici, yükleyici, kazıcı türüne ve kayaç sertliğine bağlı olup, sulu kazıda ve delmede 500-1000 sulu yüklemde 150-200 ve kuru yüklemde 300-525 olarak seçilir.

N_p = Hava dönüş yolunda müsaade edilen toz konsantrasyonu olup 400 (tane/cm³ -hava) kabul edilebilir

N_o = İşyerine ulaşan havadaki toz konsantrasyonu olup, 25 - 100 (tane / cm³ - hava) alınabilir

6.3. Gazlığa Bağlı Olarak Hava Miktarının Hesabı:

Tünelde belirli bir (t) saat zaman aralığı içinde oluşacak ve / veya yayılacak tehlikeli gaz miktarı q (m³) olsun, eğer hava içindeki gaz konsantrasyonunun % p ' ye seyreltilmesi isteniyorsa, gerekli hava miktarı;

$$Q = \frac{100 \cdot q}{p \cdot t \cdot 3600} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (11)$$

eşitliğinden hesaplanır.

Tünel havalandırmasında işçi sayısına göre hava miktarı hesabı genellikle yapılmaz. Çünkü, havayı gerektiren sadece işçiler değildir. Mekanyasyonun artması ve işçi sayısındaki azalma, işçi başına olan hava standartını yükseltmiştir. Tecrübeler, hava temiz olduğu zaman bir işçi gereksiniminin 750 lt/dak. veya kabaca 1-2 m³ /dak. olduğunu göstermektedir Ancak zor şartlar için işçi başına 6 m³ /dak. hava sağlanır.

7. SONUÇ

Yeraltı kazı faaliyetlerinde sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturabilmenin temel ilkelerinden birisi de havalandırma ile ilgili sorunların çözümlenmesidir Bu amaca yönelik çalışmalar kazı öncesi ve kazı sırasındaki çalışmalar olarak iki grupta toplanabilir

Kazı öncesi yapılması gerekli çalışmalarını aşağıdaki şekilde sıralamak mümkündür

- Tünel projesi iyi bir şekilde incelenerek, tünelin geometrik boyutları geçilecek formasyonların özellikleri saptanmalıdır.

- Uygulanacak kazı yöntemi (el ile, patlayıcı madde ile, mekanize) ve yöntemleri belirlenmelidir
- Kullanılacak kazı, yükleme, taşıma donanımlarının sayı, kapasite ve özellikleri belirlenmelidir
- Çalışacak maksimum işçi sayısı belirlenmelidir
- Eldeki verilere dayanarak havalandırma yöntemi seçilmeli, hava hızı miktarı ve sıcaklığı belirlenmelidir. Bu değerler belirlenirken ilgili tüzük hükümleri dikkate alınmalıdır
- Şartlara uygun vantilatör seçilmelidir.
- Vantilatörü iki farklı enerji kaynağı ile besleyebilmek için gerekli önlemler alınmalıdır
- Havalandırmanın ters çevrilmesi olanakları düşünülmelidir

Kazı faaliyetleri sırasında yapılacak çalışmalar esas olarak aşağıdaki adımlardan oluşur :

- Çalışmaların başlangıcından bitimine kadar hava miktarı ile gaz ve toz miktarları ve hava sıcaklığı düzenli olarak yapılacak ölçümlerle denetim altında tutulmalıdır
- Sistemin kaçak katsayısı belirli aralıklarla kontrol edilmeli, kaçakları en alt düzeye indirmek için gerekli önlemler alınmalıdır
- Tünel boyutu ve kesitinde meydana gelen değişimler dikkate alınarak sistemde yem şartlarına göre düzenlemeler yapılmalıdır

KAYNAKLAR ;

- AYVAZOĞLU, E. " Ereğli Kömürleri işletmesi Kozlu Bölgesi Havalandırma Problemlerinin Etüdü " İTÜ Maden Fakültesi Ofset Baskı Atölyesi, 1973
- AYVAZOĞLU, E " Maden Havalandırma " İTÜ Maden Fak. Ofset Baskı Atölyesi 1974
- FRITZSCHE, C.H. " Berghaukunde " Springer - Verlag, Berlin, 1957, Cilt 1, s: 526-696
- HARTMAN, H.LB " Mine ventilation and air conditioning" John Willey and sons, Newyork, 1982
- HINSLEY, FB. " Airway resistance and ventilation planning " Pwv. S. Wiles, İnst. Eng. 177, (1946), 193,
- MATEI, İON " Results of the Application of a New Control Methodology for Undergrund Pollution Degree Caused by Diesel Exhaustion in Baia Mare Basin Romania ", World Mining Congress, Sofya, 1994.
- Mc ELROY, GE. and RICHARDSON, AS. " Friction factors for metal mine airways " US. Bw: Mines, R.I. 2663, 1925.
- Mc ELROY, GE. and RICHARDSON, A.S. "Resistance of metal mine airways" U.S. Bur. Mines Bull. 261, 1927
- MORRIS, LH. and HINSLEY, FB. " Some factors affeting the choice of fans for mine ventilation " Trans. Inst. Min Engr., Ill, 3391, 1951.
- NEUMAN, W., Plasche, F. SONNEMAN, G. " Vktterlehre und Grubenhrandbekaemp- fung " VED DeutcherWlag für Grundstoffindustrie . Leipzig, 1963
- REUTHER, E U " Lehrbuch der Bei-gbaukunde " Erster Band. Wlag Glück-auf GmbH - Essen , 1989
- "REVUE de U INDUSTRIE MINERALE " Doc S I M..N1, 1962.
- ROBERTS, A. " Mine Ventilation " Cleaver - Hume Press Ltd., Londra , 1960.
- SKOCHINSKY, A. and KOMAROV, V. "Mine Ventilation " MIR Publishers. Moscow , 1969.