

İklimlendirme Sis. Test Ayar ve Dev. Alma 3.Bölüm

Tünel ve Metro Havalandırması
Öğr. Gör. Dr. Barbaros Batur

KARAYOLLARI TÜNELLERİNDE DOĞAL VE MEKANİK HAVALANDIRMA (Alıntı)

Modern çağda ulaşımın yerin altına taşınması, karayolu mesafelerini kısaltmak, daha güvenli hale getirmek ve yer altından maden çıkarılması amaçlarıyla birçok farklı tünel inşa edilmektedir. Bunlar karayolu tünelleri, metro tünelleri, maden tünelleri vs. olabilir. Tüneller kapalı hacimlere sahiptirler. Her kapalı hacim gibi tünellerde de havalandırma ihtiyacı doğmaktadır. Tünellerin kullanım amaçları farklılık göstermesi sebebiyle her tünel tipi için farklı bir hesaplama yöntemi vardır. Fakat havalandırmanın amacı bütün tüneller için günlük ve acil durum havalandırması olmak üzere 2 ana başlıkta toplanabilir.

Konu olan kara yolları tünellerinde, tünelden geçen araçlardan yayılan egzoz gazlarının tünel içerisindeki hava kalitesi üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Araçların egzozlarından tünel içerisine atılmış olan CO, NO_x gibi egzoz gazlarının seyreltilmesi ve tünel içerisinden uzaklaştırılması günlük havalandırma kapsamında değerlendirilir.

Tünel içerisinde kaza veya farklı bir sebeple oluşacak bir araç yangını durumunda ortaya çıkan sıcak dumanın tünelden tahliye edilmesi ve insan hayatını tehlikeye atmayacak hava koşullarının sağlanması amaçları ile yapılan havalandırmaya ise acil durum havalandırması adı verilir.

Tünel içinde çıkan herhangi bir yangın durumunda can kayıplarının yaşanması yanında tünelin kapalı hacim olması sebebiyle ortaya çıkan sıcak ve zehirli gazları ihtiva eden dumanın hızlı bir şekilde bütün hacme yayılmasından dolayı da can kayıplarıyla karşılaşmaktadır. Tablo1 'de yıllara göre çeşitli tünellerde olmuş yangınlar ve sonucunda meydana gelen zararlar gösterilmektedir. Tablo 1'de tünel içerisindeki havalandırmanın önemi açıkça görülmektedir. 1993 yılından itibaren tünel içerisinde can kayıpları meydana gelmesine sebep olan yangın vaka örnekleri görülmektedir.

Tablo 1 Tünel Yangın Örnekleri

Tablo1: Çeşitli Tünel Yangını Örnekleri

Yıl	Tünel	Ülke	Tünel Uzunluğu	Yangın Süresi	Zararlar	
					İnsan	Araç
1993	Serra Ripoli	İtalya	442 m	150 Dak.	4 ölüm 4 Yaralanma	5 Tır 11 Araç
1994	Huquenot	Güney Afrika	3914 m	60 Dak.	1 Ölüm 28 Yaralanma	1 Otobüs
1995	Pfander	Avustralya	6719 m	-	3 Ölüm 4 Yaralanma	1 Tır 1 kamyonet

1996	<u>Isola delle Femmine</u>	İtalya	148 m	-	5 Ölüm 20 Yaralanma	1 Tanker 19 Araç
1999	<u>Mont Blanc</u>	Fransa/İtalya	11600 m	-	39 Ölüm	23 Tır 10 Araç
2001	<u>Gleinalm</u>	Avustralya	8320 m	-	5 Ölüm 4 Yaralanma	-
2007	<u>Melbourne Burnley</u> <u>Road Tunnel</u>	Avustralya	3400 m	-	3 Ölüm	3 Tır 4 Araç

□

Karayolları tünellerinin havalandırması hem doğal havalandırma hem de tünel havalandırma fanları kullanılması yolu ile mekanik sistemlerle yapılabilir. Bu yöntemlerden hangisinin tercih edileceği çeşitli ülkelerin yayınlamış olduğu standart ve yönergelerde farklılık göstermektedir. Aşağıda belirtilmiş Tablo 2’de muhtelif ülkelerin standartlarında belirtilen gereklilikleri ve tavsiyeleri bulunmaktadır. Temelde tünel uzunluğuna bağlı olarak hangi havalandırmanın uygun olacağı belirtilmiştir. Tablo 2’de görülebileceği gibi, bazı standartlarda tünelin doğal olarak havalandırılabilenleceği kabul , tünelin yer aldığı bölge (şehir içi veya şehir dışında olması gibi) ve tünelin eğimi etmenleri göz önünde bulundurulularak farklı tünel uzunluklara göre yapılmaktadır. Belirtilen bu farklı değerler edilen tecrübeler sonucu ortaya çıkmış değerlerdir. İlgili hesaplamalar yapılarak doğal veya mekanik havalandırmanın gerekli olduğuna karar verilmelidir.

Tablo2: Farklı Standartlarda Tünel Havalandırma Gerekliliği

Standart	Havalandırma Gerekliliği
France / Circ2000-63A2	Şehir içinde 300 m ve şehir dışında 500m'den kısa tünellerde yapılmaktadır.
Germany / RABT	600 m'den daha kısa tünellerde doğal havalandırma yapılabilir.
UK / BD 78/99	300m uzunluğa kadar, piston etkisinin yeterli havalandırma yapacağı öngörülmektedir.
Netherlands / NL-Safe	250m den kısa tünellerde doğal havalandırma yapılabilmektedir.

Karayolları tünellerinde mekanik havalandırma farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. Mekanik havalandırma yöntemlerini boyuna havalandırma, yarı enine havalandırma ve enine havalandırma olmak üzere 3 ana grupta toplayabiliriz.

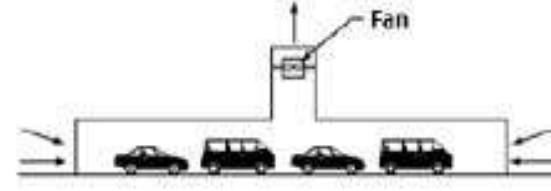
- **Boyuna havalandırma**

Boyuna havalandırma tünel boyunca üniform bir akış sağlanması yolu ile gerçekleştirilen bir havalandırma yöntemidir. Özellikle tek yönlü tünellerde daha etkin olmaktadır. Boyuna havalandırma kendi içinde dört farklı şekilde uygulanabilmektedir.

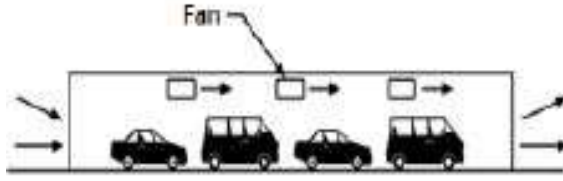
Boyuna Havalandırma



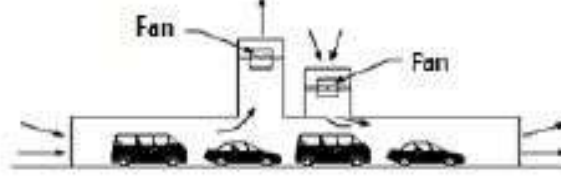
Şekil 1: Taze Hava Enjekte



Şekil 2: Duman Tahliye



Şekil 3: Jet Fan



Şekil 4: İki Şaft ve Jet Enjekte

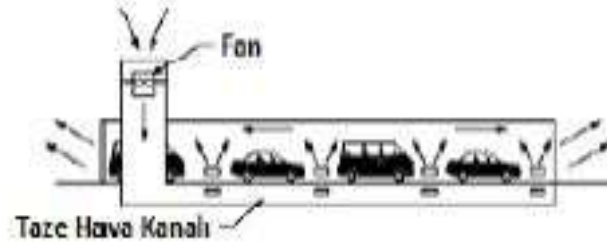
- Şekil 1’de görüldüğü üzere tünelin bir ucundan şaftlar vasıtasıyla tünel içerisine taze hava enjekte edilmesi metoduna göre havalandırılması.
- Şekil 2’de görüldüğü üzere tünel ortasından bir şaft vasıtasıyla duman tahliyesi metoduna göre havalandırılması.
- Şekil 3’de görüldüğü üzere tünel boyunca yerleştirilmiş jet fanlar kullanılması metoduna göre havalandırılması.
- Şekil 4’de görüldüğü üzere taze hava şaftı vasıtasıyla tünelin bir bölgesine taze hava basılıp tünelin bir girişinden egzoz yapılması ve tünelin diğer bölgesinden egzoz şaftı vasıtasıyla tahliye yapılp tünelin bir girişinden taze hava temin edilmesiyle metoduna göre havalandırılması.

Yarı Enine Havalandırma

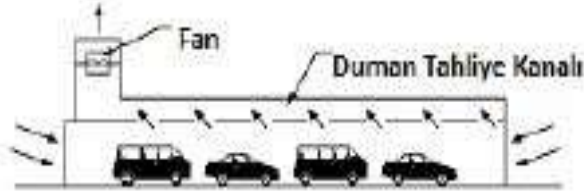
Yarı enine havalandırma, taze hava şaftı veya duman egzoz şaftı ile tasarlanabilir. Bu sistemde fanlar vasıtasıyla tünele taze hava verilmesi veya duman egzozu yapılması tünel boyunca homojen olarak yapılmaktadır.



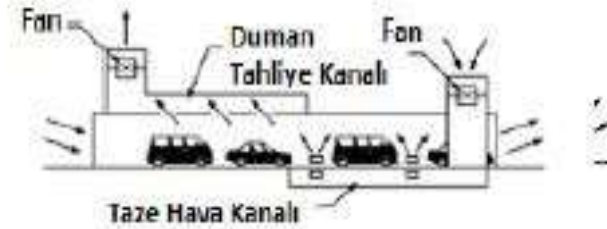
Şekil 5.a: Kanallı Taze Hava



Şekil 5.b: Kanallı Taze Hava



Şekil 6: Kanallı Duman Tahliye

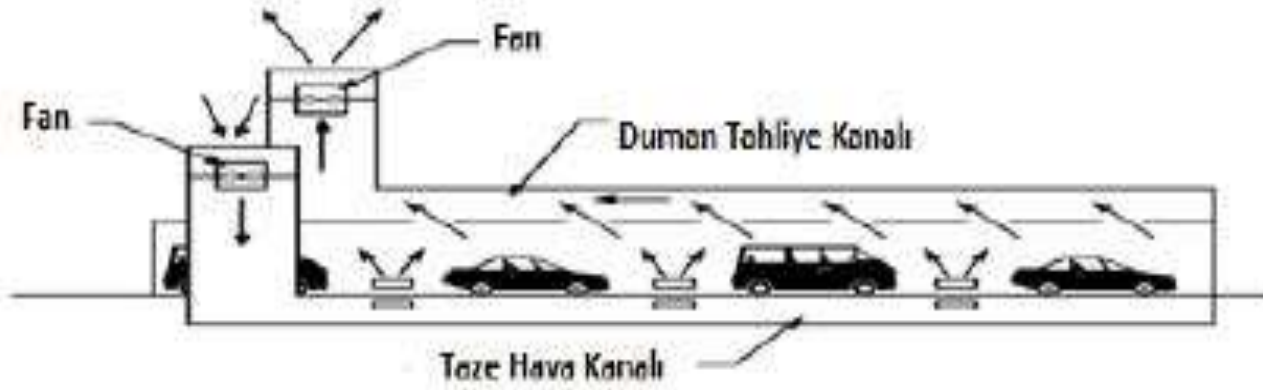


Şekil 7: Kanallı Taze Hava ve Duman Tahliye

- Şekil 5.a ve Şekil 5.b'de görüldüğü üzere taze hava şaftına bağlanmış kanal vasıtasıyla belli aralıklarla tünelin içine taze hava verilir ve tünel giriş çıkışlarından duman tahliye edilmesi metoduna göre havalandırma yapılması.
- Şekil 6'de görüldüğü üzere duman egzoz şaftına bağlanmış kanal vasıtasıyla tünel içinde belli aralıklarla duman tahliye yapılması ve tünel giriş çıkışlarından taze hava temin edilmesi metoduna göre havalandırma yapılması.
- Şekil 7'de görüldüğü üzere tünelin bir bölümünde tünel ağzından taze hava alınıp egzoz şaftına bağlı kanallar vasıtasıyla duman tahliye yapılması, diğer bölümünde taze hava şaftına bağlı kanallar vasıtasıyla taze hava verilmesi ile tünelin diğer ağzından duman tahliye edilmesi metoduna göre havalandırma yapılması.

Enine Havalandırma

Bu sistemde hem taze hava şaftı hem de egzoz şaftı bulunmaktadır. Tünel boyunca taze hava kanalı vasıtasıyla tünele taze hava verilirken, egzoz kanallı vasıtasıyla tünel içinde duman tahliye edilmektedir. Böylece tünel boyunca homojen basınç dağılımı sağlanmış olup piston etkisi dışında tünelde boylamasına hava akışı gerçekleşmez.



Şekil 8: Enine Havalandırma

Belirtilen mekanik havalandırma sistemleri daha önce üzerinde durulduğu gibi günlük ve acil durum havalandırması amacıyla hizmet etmektedir. Mekanik havalandırma kapasiteleri belirlenirken 2 ana amaç içinde hesaplamalar yapılmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda büyük olan kapasiteye göre seçim yapılmaktadır.

Günlük havalandırma hesapları yapılırken tünelin geometrik özelliklerinin (şerit sayısı, kesit alanı, yükseklik, uzunluk, eğim) yanında tünelden gün içerisinde geçen araçların sayısı, tipi, yaktığı yakıt türü, araçların tünel içerisinde izin verilen maksimum hızı gibi birçok parametre önem kazanmaktadır. Araçların farklı durumlar için ürettiği egzoz gazları olan CO, NO_x ve PM gazlarının g/h değerlerine PIARC “Road Tunnels:Vehicle Emissions and Air Demand for Ventilation” den ulaşılabilir.

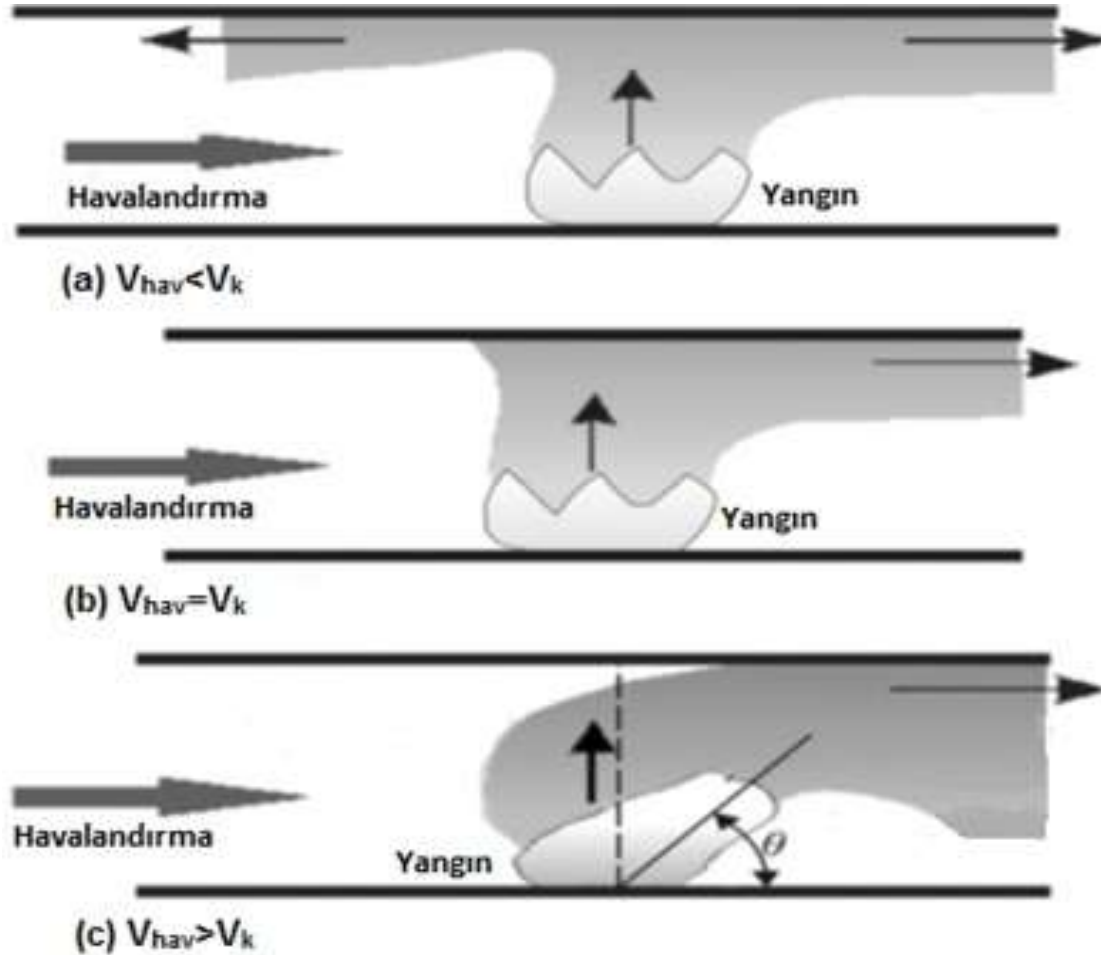
Acil durum havalandırması yaparken öncelikle tünel içerisinde oluşabilecek yangının büyüklüğüne karar verilmelidir. Hesaplamalar üzerinde en büyük etkiye sahip değerlerden biri yangın yüküdür. Tablo 3’te farklı araç tiplerinin yanması sonucu ortaya çıkacak yangın yükleri MW birimde belirtilmiştir.

Tablo3: Taşıt Cinslerine Göre Yangın Yükleri

Taşıt Cinsi	Adet	Yangın Yüğü
Binek Araç	1	2,5 MW
Binek Araç (Büyük)	1	5 MW
Binek Araç	2-3	8 MW
Kamyonet	1	15 MW
Otobüs	1	20 MW
Yanıcı Madde Yüklü Kamyon	1	20-30 MW

Belirlenen yangın yükü, tünel geometri özellikleri, hava koşul değerleri vb. değerleri kullanılarak bir kritik hız hesabı yapılmaktadır. Kritik hızın belirlenmesinin amacı, tünel içerisinde yangın çıkması durumunda dumanın hava akış yönün tersine hareket etmesinin (Geri katmanlaşmanın) engellenmek istenmesidir. Tünel kesitindeki hız ve kritik hızın karşılaştırılmasına göre oluşan duman hareketi Şekil 9'da belirtilmiştir. Şekil 9'da görüldüğü üzere tünel kesit hızının kritik hızdan küçük olması durumunda geri katmanlaşma görülmektedir. Bu istenmeyen bir durumdur.

Şekil 9: Kritik Hız –Tünel Akış Hızı İlişği



Belirlenen kritik hız kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu ihtiyaç duyulan mekanik fan kapasiteleri hesaplanmaktadır.

Tünel mekanik hesaplamaları yapılırken birçok varsayım yapılmaktadır. Yapılan varsayımların doğruya yakın olması yapılan mekanik hesabın doğruya yaklaşmasını sağlayacaktır.

