

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**TÜNELLERDE AVRUPA BİRLİĞİ
STANDARTLARI VE KÂĞITHANE
PIYALEPAŞA TÜNELİ**

Yüksek Lisans Tezi

NIHAT TEKE

İSTANBUL, 2012

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

TÜNELLERDE AVRUPA BİRLİĞİ
STANDARTLARI VE KÂĞITHANE
PİYALEPAŞA TUNELİ

Yüksek Lisans Tezi

NIHAT TEKE

Tez Danışmanı: DR. RAMAZAN YÜKSEL

İSTANBUL, 2012

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: TÜNELLERDE AVRUPA BİRLİĞİ STANDARTLARI
VE KÂĞITHANE PİYALEPAŞA TÜNELİ

Öğrencinin Adı Soyadı: NİHAT TEKE

Tez Savunma Tarihi: 10.09.2012

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Yrd. Doç. Dr. Tunç
BOZBURA
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prf. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Tez Danışmanı
Dr. Ramazan YÜKSEL

Ek Danışman
Ünvan, Adı ve SOYADI

Üye
Doç. Dr. Murat ERGUN

Üye
Öğr. Gör. Dr. Nilgün CAMKESEN

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması ve tamamlanması sürecinde benden yardım ve desteklerini esirgemeyen sayın hocam Dr.RAMAZAN YÜKSEL'E, eşim ZEHRA TEKE'ye ve çocuklarım TALHA TEKE ve SELMAN TEKE'ye teşekkür ederim.

Nihat TEKE

ÖZET

TÜNELLERDE AVRUPA BİRLİĞİ STANDARTLARI VE KÂĞITHANE PİYALEPAŞA TÜNELİ

Nihat TEKE

KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tez Danışmanı: Dr. Ramazan YÜKSEL

Eylül 2012, 60

Tüneller, karayollarının bütünleyici bir parçasını oluşturmaktadır. Türkiye coğrafi açıdan engebeli bir yapıda olduğundan çok sayıda tünele sahiptir. Bu çalışmanın amacı, Avrupa Birliği üyelik sürecinde olan Türkiye’de bulunan karayolu tünellerinin Avrupa Birliği karayolu tünelleri ile karşılaştırılması ve Kâğıthane Piyalepaşa tünelinin örnek alınarak incelenmesidir. Bu kapsamda Türkiye Karayolu tünellerinin mevcut durumları tespit edilmiş, Avrupa Birliği standartlarına uygunlukları irdelenerek Türkiye karayolu tünellerinde yapılması gerekenler ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tünel, Kağıthane Tüneli

ABSTRACT

TÜNELLERDE AVRUPA BİRLİĞİ STANDARTLARI VE KAĞITHANE PİYALEPAŞA TÜNELİ

Nihat TEKE

KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Thesis Supervisor: Dr. Ramazan YÜKSEL

Eylül 2012, 60

Tunnels are complementary parts of highways. Since Turkey has a geographically bumpy structure, it has got many tunnels. Turkey is on the way of being a member of European Union and the objective of this work is to compare the tunnels in Turkey with those in European countries. In this context, Kâğıthane-Piyalepaşa Tunnel has been selected as an example and has been analyzed. Current status of Turkey's Highway Tunnels, their compatibility with European Standards and the principles to be applied to existent highway tunnels in Turkey have been determined and introduced within the scope of this work.

Keywords: Tunnel, Tunnel of Kâğıthane

İÇİNDEKİLER

TABLolar	x
ŞEKİLLER	xi
KISALTMALAR	xiv
1.GİRİŞ	1
1.1 GENEL ANLAMDA TÜNEL TANIMI	1
1.2 TÜNELLERİN TARİHÇESİ	2
1.3 TÜNEL İNŞAASINI GEREKTİREN SEBEPLER	6
1.4 TÜNEL İNŞAASINDAN ÖNCE YAPILAN ARAŞTIRMALAR	7
1.4.1 Ön inceleme safhası	7
1.4.2 Fizibilite safhası	8
1.4.3 Proje safhası	10
1.5 TÜNEL AÇMA YÖNTEMLERİ	11
1.6 TÜNEL ÇEŞİTLERİ	11
1.6.1 Yapım şekillerine göre tüneller	12
1.6.1.1 Kayaç zeminlerde açılan tüneller	12
1.6.1.2 Yumuşak zeminlerde açılan tüneller	14
1.6.1.3 Su altında yapılan tüneller	17
1.6.2 İşlevlerine göre tüneller	19
1.6.2.1 Demiryolu tünelleri	19
1.6.2.2 Karayolu tünelleri	20
1.6.2.3 Yaya tünelleri	21
1.6.2.4 Kanal (Akarsu) tünelleri	21
1.6.2.5 Hidrolik güç ve su tünelleri	22
1.6.2.6 Metro tünelleri	22
2.TÜNELLERDE AB STANDARTLARI	25
2.1 AB STANDARTLARININ GELİŞTİRİLME AMACI	25

2.2 AB DİREKTİFLERİNİN HEDEFLERİ.....	26
2.3 DİREKTİF KAPSAMINDAKİ AB TÜNELLERİ.....	30
2.4 AB'DE TUNEL GÜVENLİĞİ	32
2.5 AB ORTAK ULAŞTIRMA POLİTİKASININ GELİŞİMİ	33
2.6 AB ULAŞTIRMA BEYAZ KİTABI	35
2.7 TRANS AVRUPA KARAYOLU TÜNELLERİ	37
2.8 ÖNERİLEN MİNİMUM STANDARTLAR.....	42
2.8.1 Yapısal gereksinimler	42
2.8.1.1 Tüp sayısı	42
2.8.1.2 Tünel eğimi.....	46
2.8.1.3 Kaçış yolları ve acil çıkışlar	46
2.8.1.4 Acil servisler için erişim.....	47
2.8.1.5 Cepler	48
2.8.1.6 Drenaj.....	48
2.8.1.7 Yapıların yangına karşı dayanıklılığı.....	49
2.8.1.8. Aydınlatma.....	49
2.8.1.9 Havalandırma	49
2.8.1.10 Acil istasyonlar	50
2.8.1.11 Su ekipmanı	50
2.8.1.12 Yol işaretleri.....	51
2.8.1.13 Kontrol merkezi.....	55
2.8.1.14 İzleme sistemleri	55
2.8.1.15 Tünel kapatma ekipmanı.....	55
2.8.1.16 Haberleşme sistemi	55
2.8.1.17. Acil güç temini	56
2.8.1.18 Ekipmanların yangına dayanıklılığı.....	56
2.8.2 İŞLETME İLE İLGİLİ GEREKSİNİMLER.....	56
2.8.2.1 İdari yetkili makam.....	56
2.8.2.2 Teknik denetleme heyeti	57

2.8.2.3	Tünel yöneticisi.....	57
2.8.2.4	Bağımsız emniyet görevlileri	57
2.8.2.5	İdari yetkili makamın rolü	58
2.8.2.6	Emniyet görevlilerinin rolü	58
2.8.2.7	Tünellerde şerit kapatılması.....	58
2.8.2.8.	Kaza yönetimi	59
2.8.2.9	Kontrol merkezi faaliyetleri	59
2.8.2.10	Tünelin kapatılması	59
2.8.2.11	Tehlikeli maddelerin nakliyesi	60
2.8.2.12	Tünellerde solama	60
2.8.2.13	Araçlar arasındaki mesafe ve hız.....	60
2.8.2.14	Bilgilendirme kampanyaları.....	60
3.	TÜNELLERDE BULUNAN SİSTEMLER.....	62
3.1	AYDINLATMA SİSTEMİ.....	62
3.1.1	Tünel aydınlatmasının amacı ve gerekliliği.....	62
3.1.2	Tünel aydınlatma tasarımında dikkat edilecek hususlar.....	63
3.1.3	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun önerileri.....	65
3.1.4	Aydınlatma açısından tünel tipleri.....	6
3.1.4.1	Kısa tüneller	66
3.1.4.2	Uzun tüneller	67
3.1.5	Tünellerde gündüz aydınlatması ve bölgeler	69
3.1.5.1	Yaklaşma bölgesi.....	70
1.5.1.1	Yaklaşma bölgesinin parıltısının tayini	70
3.1.5.1.2	Birincil yöntem.....	71
3.1.5.1.3	İkincil yöntem.....	71
3.1.5.2	Eşik bölgesi	74
3.1.5.2.1	Güvenli duruş mesafesi	74
3.1.5.2.2	Fren mesafesinin hesaplanması	75
3.1.5.2.3	Eşik bölgesinin parıltı tayini.....	76

3.1.5.3 Geçiş bölgesi	82
3.1.5.4 İç bölge	85
3.1.5.5 Çıkış bölgesi	87
3.1.6 Gece aydınlatması.....	88
3.1.7 Aydınlatma sisteminin dış aydınlığa göre kontrolü.....	89
3.1.8 Acil ihtiyaç aydınlatması.....	90
4.KAĞITHANE – PİYALEPAŞA TÜNELİNİN İNCELENMESİ	91
4.1 Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli’de EDS sistemi.....	98
4.1 Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli’nin incelenmesi	100
5.SONUÇ	114

TABLULAR

Tablo 2.1: AB üye ülkelerinde bulunan karayolu tünelleri	31
Tablo 2.2: Trafığe açık olan 500 metreden uzun tüneller	40
Tablo 2.3: Yapım aşamasında olan 500 metreden uzun tüneller	41
Tablo 2.4: AB standartlarına göre minimum tünel gereksinimleri	43
Tablo 3.1: Farklı uzunluklardaki tüneller için gündüz aydınlatması	68
Tablo 3.2: Dış bölge parıltısının farklı durumlar için değerleri	71
Tablo 3.3: Giriş bölgesindeki parıltının değişimi	73
Tablo 3.4: Yaklaşma bölgesi ve eşik bölgesi için CIE tarafından önerilen oranlar	80
Tablo 3.5: Tünel iç bölgesi parıltı düzeylerinin bulunması.....	86
Tablo 4.1: AB standartları Kağıthane-Piyalepaşa Tüneli karşılaştırılması	93
Tablo 4.2: Kağıthane-Piyalepaşa Tüneli kaza sayıları	100

ŞEKİLLER

Şekil 1.1: Kargir kaplama örneği	4
Şekil 1.2: Romalılardan kalma su tüneli	5
Şekil 1.3: Jumbo aygıtıyla tünel açılması.....	13
Şekil 1.4: Özel delgi araçları ile tünel açma.....	14
Şekil 1.5: Boru sürme yöntemiyle açılan tünel örneği	16
Şekil 1.6: Şemsiyelime yönteminde uygulanan zemin çivilerine örnek.....	17
Şekil 1.7: Marmaray projesi batırma tüneli uygulaması	18
Şekil 1.8:Çift ve tek hatlı demiryolu tüneli enkesitleri	19
Şekil 1.9: Karayolu tünel örneği ve enkesiti	20
Şekil 1.10: Kanal tüneli örneği.....	21
Şekil 1.11: Hidrolik güç tünelleri.....	22
Şekil 1.12: Metro tüneli örneği.....	23
1.13: Paris metrosu tünel inşaatı	24
Şekil 2.1: Trans Avrupa Karayolunun ülkemizde kalan kısmı	38
Şekil 2.2: Tünel cep işareti	52
Şekil 2.3: Karayolu tünelleri için Viyana Anlaşmasının E11 işareti	52
Şekil 2.4: Acil hizmet istasyonu ve yangın tüpü işareti	53
Şekil 2.5: Acil hizmet istasyonu çıkış işareti	54
Şekil 2.6: Şerit sinyali işareti	54
Şekil 3.1: Tünel giriş bölgesi aydınlatması.....	64
Şekil 3.2: Kısa mesafeli tüneller için “Karanlık Çerçeve” modellemesi	66
Şekil 3.3: Tünel aydınlatmasında bölgeler.....	69
Şekil 3.4: Tünel girişinde çevresel faktörler	72
Şekil 3.5: Araç hızı sürtünme katsayısı ilişkisi	77

Şekil 3.6: Güvenli duruş mesafeleri.....	79
Şekil 3.7: Araç hızına bağlı olarak L_{th} değerleri	81
Şekil 3.8: L_{tr} değerindeki azalma eğrisi	83
Şekil 3.9: LED karakteristiklik değerleri.....	84
Şekil 3.10: LED voltaj karakteristiklik değerleri	85
Şekil 3.11: Çıkış bölgesinde farklı kaplamaların görüşe etkisi.....	87
Şekil 3.12: Çift yönlü bir karayolu tünelinin giriş ve çıkış bölgeleri	88
Şekil 4.1: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli harita gösterimi	91
Şekil 4.2: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli EDS sistemi.....	99
Şekil 4.3: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli EDS çıktısı.....	99
Şekil 4.4: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli VMS sistemi.....	101
Şekil 4.5: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli Giriş Bariyer Sistemi	102
Şekil 4.6: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli CCTV Kamera Sistemi.....	103
Şekil 4.7:Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli Aydınlatma sistemi	104
Şekil 4.8: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli Jet Fan sistemi	105
Şekil 4.9: Kağıthane - Piyalepaşa Yangın sistemi	106
Şekil 4.10: Kağıthane - Piyalepaşa Trafik İşaretleri sistemi.....	107
Şekil 4.11: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli Acil Durum sistemi	108
Şekil 4.12: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli Radyo sistemi.....	109
Şekil 4.13: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli Enine Geçiş sistemi	110
Şekil 4.14: Kağıthane - Piyalepaşa Meteorolojik sistemi	111
Şekil 4.15: Kağıthane - Piyalepaşa Kontrol Merkezi.....	112

KISALTMALAR

TBM	:Tünel Delme Makinası(Tunnel Boring Machine)
NATM	:Yeni Avusturya Tünel açma Yöntemi(New Austrian Tunelling Method)
2004/54/EC	:Trans-Avrupa Karayolu Ağı Üzerindeki Tüneller İçin Minimum Güvenlik Gereksinimleri
UNECE	:Dünya Karayolu Birliği ve Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu(United Nations Economic Commission for Europe)
AB	:Avrupa Birliği
TEN	:Trans-Avrupa Ağları(Trans-European Network)
TİNA	:Ulaşım Altyapı İhtiyaç Değerlendirme Çalışması
CIE	:Uluslararası Aydınlatma Komisyonu(Commission internationale de l'éclairage)
CCD	:Görüntüyü Elektrik Sinyallerine Çeviren Elektronik Eleman (Charge coupled device)
YOGT	:Yıllık Ortalama Günlük Trafik
CCTV	:Kapalı Devre Televizyon Sistemi(Closed-circuit television)
EDS	:Elektronik Denetleme Sistemi
VMS	:Değişken Mesaj Sistemi (Variable Massege System)
PIARC	:Yol Kongrelerinin Daimi Uluslararası Birliği(Permanent International Association of Road Congressses)
AET	: Avrupa Ekonomik Topluluğu

1.GİRİŞ

Tüneller önemli mühendislik yeraltı yapılarındandır. Öyle ki tüneller, uygun ulaştırma yapıları vasıtası ile arasında doğal zorluklar ve tehlikeler olan iki yerleşim biriminin kesintisiz bir şekilde bağlantısını sağlamaktadır. Böylece, dağlık araziler, nehirler ve denizler gibi doğal engellerin, elverişli ulaştırma sistemiyle, iklim şartlarından da etkilenmeyecek şekilde aşılması sağlanmaktadır. Yolcu ve yüklerin her ikisinin de devamlı ve kesintisiz taşıyor olması bir toplumun gelişmesi ve sosyal olarak refaha ermesi için gerekli bir durumdur.

Tüneller, karayollarının bütünleyici bir parçasını oluşturmaktadır. Türkiye coğrafi açıdan engebeli bir yapıda olduğundan çok sayıda tünele sahiptir. Bu çalışmanın amacı, Avrupa Birliği üyelik sürecinde olan Türkiye’de bulunan karayolu tünellerinin Avrupa Birliği karayolu tünelleri ile karşılaştırılması ve Kâğıthane Piyalepaşa tünelinin örnek alınarak incelenmesidir. Bu kapsamda Türkiye Karayolu tünellerinin mevcut durumları tespit edilmiş, Avrupa Birliği standartlarına uygunlukları irdelenerek Türkiye karayolu tünellerinde yapılması gerekenler ortaya konmuştur.

1.1. GENEL ANLAMDA TÜNEL TANIMI

Tünel, uluslararası literatürde mutabakat sağlanmış bir tanımı olmamakla birlikte; genel anlamıyla yer altından kazı yapılmak suretiyle oluşturulan geçitlerdir. Veya demiryolu, karayolu, yaya yolu, kanal vb. gibi bir nakliye yolunun bir kısmının yeryüzünden geçirilmesinin teknik bakımdan imkânsız olduğu ya da ekonomik bakımdan uygun bulunmadığı yerlerde bu kısmın yeraltından geçirilmesi için başvuru yapıları tünel denir.

Tüneller, geometrilerinin ve üstlerine gelen yüklerin karmaşıklığı, kaya ve kaplama malzemelerinin özellikleri ve karşılıklı etkileşimleri nedeniyle projelendirmesi oldukça güç yapılardır.

Karada ve denizde gittikçe artan trafik hacmi yeni tüneller yapılmasını gerekli kılmaktadır. Trafik yoğunluğu artışına paralel olarak tünellere duyulan ihtiyaç özellikle dağlık alanlarda can alıcı hale gelmiştir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde ise tünel yapımları yoğun yol geliştirme programları dâhilinde ele alınmaktadır.

1.2. TÜNELLERİN TARİHÇESİ

Mağara ve dehlizlerin açılması, akarsu veya yer altı suyunun etkileri ile zeminin dağılması veya suların kireç taşı tabakalarını eritmesi suretiyle uzun zamanda meydana gelmiştir. Çeşitli etkiler ile (daha çok yer sarsıntıları olduğu zaman) yer altı suları çatlaklarda ilerleyerek kireçtaşı tabakalarının boşluklarında toplanır. Zamanla kireçtaşını eriten bu sular kayacın daha kolay eriyen kısımlarına doğru ilerler. Çatlaksız ve suda erimeyen bir kayacın tabakası ise bu ilerlemenin yatay yönde olmasını sağlar.

İnsan elinin değmediği pek çok dehliz ve mağara örnekleri vardır. Bunlar arasında deniz sularının etkisi ile meydana gelenler olduğu gibi, arazinin yüksekte kalan kısımlarını delerek bunların altından geçmek suretiyle yataklarını değiştirmiş akarsuların etkisi ile karstlanma sonucu meydana gelenlere de rastlanmaktadır. İskoçya'daki Hebrides takımadalarında bulunan Fingal mağarası bunlardan birincisine karakteristik bir örnektir. 20 m yükseklik ve 70 m uzunluğundadır. Düden, Dumanlı, Damlataş, İnsuyu, Cennet-Cehennem mağaraları akarsuların açtığı dehliz ve mağaralara örnek oluşturur.

Bu dehliz ve mağaralardan faydalanan ilk insanların, daha kullanışlı ve güvenli bir duruma getirmek için bunları genişlettikleri, ilerlettikleri ve sağlamlaştırdıkları ve doğal dehlizlerin bulunmadığı yerlerde bunlara benzetmek suretiyle küçük çapta bir takım dehlizler açtıkları söylenebilir.

Mısır Firavunları, Teb, Nübi Krallıkları, Amerika Aztekleri gibi çok eski uygarlıklardan kalma bu şekilde yapılar vardır. Özellikle Mısır ve Hindistan'daki mezar ve tapınakların girişleri bu tipte olan en eski kalıntılardır.

Tünellerin çok gelişmiş toplumlarda ulusun günlük yaşamının önemli parçasını oluşturduğu ilkçağlardan beri açıkça görülmektedir. Yaşamlarını sürdürebilmek, günlük uygulamalarını devam ettirebilmek, gelişebilmek ve değişik toplumlarla yakınlaşabilmek için tünellere ihtiyaç duyulmuş ve bu nedenle de M.Ö. 200 yılından günümüze kadar tünelcilik çok büyük gelişmelere sahne olmuştur. Tüneller tarih boyunca her zaman kültürel açıdan gelişmiş toplumlarda inşa edilmişler ve bu toplumlar teknik ve ekonomik güce de sahip olmuşlardır.

Kârgir kaplamalı ilk tünelin, M.Ö. 200 yıllarında yapılmış olduğuna dair kalıntılara rastlanmıştır. Fırat nehri altında açılmış olan bu tünel tuğla kaplamalı ve kemerlidir. Nehrin 200 m genişliğindeki bir yerinde yaklaşık 3,80 m genişlik ve 4,80 m yüksekliğinde olup uzunluğu 960 m'yi bulmaktadır. Daha sonraları galeri açmanın bir savaş tekniği olarak ta kullanıldığı görülmektedir. Mısırlılar ve Romalılar ise daha çok su getirmek amacı ile tüneller açmışlardır. Yunanlılar zamanında ilk tünelin M.Ö. 687'de Sakız Adası'nda açılmış olduğu tespit edilmiştir. Şekil 1,1'de kargir kaplaması yöntemiyle yapılan bir tünelden örnek bir fotoğraf alınarak kargir kaplamasının özellikleri gösterilmiştir.

Şekil 1.1: Kargir kaplama örneği



Bütün bu tünellerin açılmasında, elde bulunan olanaklara göre, uygulanan yöntemler çok ilkel olmuştur. Fakat şunu da unutmamak gerekir ki, yüzyıllık, bin yıllık tüneller hala günümüzde ayakta durmaktadır ve bugün bize o zamanın becerisi hakkında düşündürücü fikirler vermektedir. Bu fikirler şu an bile tünel inşaatının gelişmesinde zaman zaman rol oynamaktadır. Bununla beraber 1556 tarihinde Georg Bauer tarafından yazılan “De Re Metallicas Georg” adlı eserde anlatılan Agricola Alias yapısındaki yöntem uzun zaman kullanılmış olan tünel açma usulünü göstermekte olup yaklaşık olarak 350 yıl içinde yer altı inşaatında tartışılmaz çalışma şekli olarak kalmıştır.

XVII. yüzyılda gelişmeye başlayan kanal taşı, tünellerde önemli bir aşama meydana getirmiştir. Endüstri devriminin başlaması da tünellerin gelişmesinde özellikle ulaştırma uygulamalarında hızlı bir ivme sağlamıştır. 18. yy ve 19. yy süresince İngiltere’de endüstriyel gelişim, tünelleri de etkilemiştir. Buna bağlı olarak daha hızlı bir şekilde kanallar da gelişmiştir. Demiryolları ve kayda değer birçok mühendislik uygulamalarında ki gelişmeler, tünellerdeki önemli gelişmelere de etkide bulunmuştur. Avrupa’daki tünel

inşasına ait bu gelişmeler Amerika'ya da geçerek 1818 yılında Pansylvania da Schuylkill kanalı üzerinde ilk tünele başlanmıştır. 1820 de biten bu tünel 5,49 m genişliğinde 6,10 m yüksekliğinde ve 250 m uzunluğundadır. Şekil 1,2'de Romalılardan kalma bir tünel gösterilmektedir.

Şekil 1.2: Romalılardan kalma su tüneli



Gelişmeler ışığında, mühendisler daha zor koşullar altında açılması gereken tüneller hakkında çalışmalara başlamış ve bu noktada su altı tünellerinin ilk örnekleri yapılmaya başlamıştır. Bu çalışmalardan ilki 1823–1843 yılları arasında Taymis Nehri altında açılan 4,20 m ve 4,80 m çaplarındaki halen hizmette olan bir ikiz tüneldir (İngiltere/Londra/Greenwich). Bu tünel, tünel açma yöntemlerinde önemli bir gelişmeye ışık tutmuştur. Fransız mühendis Brunel'in patentini aldığı Bukliye yöntemi ilk defa burada uygulanmıştır. Brunel'in Taymis Nehri altında ilk bukliyesini attığı devirde Lord Cohrane'da sulu zeminlerde kuyu ve galeri açmak için basınçlı havadan faydalanma yöntemine ait patentini 1830 tarihinde almıştır. Fakat bu şekilde tünel açma ilk defa ancak 1839'da Hersent tarafından Chalonnnes-sur-Loire'da, sonra da 1879'da Anverste uygulanmıştır. Daha sonra, 1880'de bir deniz altı tüneli açma hazırlığı olarak Manş Denizi

altında iki keşif galerisi açılmıştır. 1893 yılında ABD Boston’da kanalizasyon sistemi için ve 1910 yılında Michigan Central Demiryolunun Detroit nehri geçişinde büyük boyutlarda tüneller kullanılmıştır.

1999 yılında Danimarka ve İsviçre’de Drogden isimli batırılmış tünel örneğine rastlanmıştır. Ayrıca 2000 yılında, Japonya’da Kawasaki Fairway ve Osaka South Port isimli tünellerin yapımı tamamlanmıştır. Yine aynı yıl Japonya’da Kobe Port isimli bir tünelin inşaatı bitirilmiştir. Trafik yoğunluğunun artmasıyla beraber karayolu tünel inşaatı, özellikle A.B.D., Fransa, İtalya, Almanya gibi gelişmiş ülkelerde büyük önem kazanmış ve bu ülkelerdeki modern otobanlarda uzun tüneller açılmıştır (Küçükoglu, 2006, URL- 2, 2007, URL- 3, 2007). Ülkemizde de bu alanda gerek kara ve gerekse denizde önemli projeler başlatılmıştır.

1.3.TÜNEL İNŞASINI GEREKTİREN NEDENLER KISACA ŞU ŞEKİLDE SIRALANABİLİR

- a. Eğimi sınırlı olan güzergâhlarda, dağlık arazide yeryüzünden aşlamayan sırt ve tepeleri geçilmesi amacıyla,
- b. Güzergâhın bir kısmında tünel inşası ile önemli bir kısalma meydana gelecek ve tünel için gereken masraf bu kısalmadan elde edilecek tasarruf ile karşılanabileceks ya da tünelden geçilmesi halinde maliyet artsa bile bu artış işletme masraflarından elde edilecek tasarruf ile karşılanabileceks,
- c. Güzergâhın bir kısmının önemli toprak kaymaları, kaya yuvarlanmaları veya çığlardan korunması amacıyla,
- d. Gerek askeri bakımdan, gerekse üzerindeki seyri aksatmamak, doğal yapıyı bozmamak için akarsuların veya boğaz teşkil eden deniz sularının altından geçilmek istendiği zaman,
- e. İnşası ve bakımı fazla masraflı olan kendini tutamayan zeminlerdeki büyük yarmalardan kurtulmak amacıyla,

- f. Yer üstü istimlâklerinin çok pahalı olduğu yerlerdeki yolların genişletilmesi veya yeni yolların açılması imkânının bulunmadığı durumlarda ya da kitle halinde toplu ulaşım gerektiği zaman metro inşası için,
- g. Trafiği çok yoğun olan yolların veya bir yolla bir demiryolunun aynı düzeyde birbirini kesmesi istenmediği zaman,
- h. Birbirlerinden tepe, sırt, akarsu, boğaz vb. gibi doğal engellerle ayrılmış şehir semtlerinin birleştirilmesi amacıyla.

1.4 TÜNEL İNŞASINDAN ÖNCE YAPILAN ARAŞTIRMALAR

Bir tünelin başarılı olarak açılabilmesi için itinalı ve eksiksiz bir geoteknik araştırma programının uygulanması gerekmektedir. Bu program 3 safhadan oluşmaktadır.

- a. Ön inceleme safhası
- b. Fizibilite Safhası
- c. Proje Safhası

Şimdi sırası ile bu safhalarda yapılması gereken araştırmaları inceleyelim.

1.4.1 Ön inceleme safhası

Bu safhada elde mevcut bilgilerden (bölgesel jeolojik haritalar ve yayınlar, hava fotoğrafları, yeraltı suyu araştırmaları, sondaj kuyusu logları, arazideki mostroların incelenmesi, bölgede daha önce açılmış olan tünellere ilişkin inşaat kayıtları, çevrede varsa taş ocağı veya maden işletmesi gibi yerlerin incelenmesi vb. gibi) azami ölçüde faydalanılmalıdır. Bu safhada araştırma sondajları yapılmasada bazı özel hallerde örneğin örtü kalınlığının bilinmesi, yeraltı su derinliğinin öğrenilmesi veya özel jeolojik sorunun çözümlenmesi amacı ile birkaç sondaj kuyusu açılabilir.

Düşünülen alternatif güzergâhlar ayrı ayrı incelenir. Bilindiği gibi büyük fay zonları, ayrıışmış kayalar, karstik kireçtaşları ve alçı taşları, ayrıışmış serpantin, yeraltı su seviyesinin altında bulunan suya doygun kumlar, şişme özelliği gösteren kayalar tünel açımı sırasında büyük zorluklara neden olmaktadır. Bu nedenle bu gibi zorluklar göz önüne alınarak bir veya birkaç alternatif güzergâh daha sonra ki fizibilite safhasında incelenmek üzere seçilir. Alternatif güzergâhlar diğerlerine oranla daha uzun olsalar da incelenmeli ve mukayese edilmelidirler. Bazı hallerde direk güzergâhın en kısa olmasına karşın inşaat yönünden zorluklar oluşturduğu, büyük ölçüde iksayı gerektirdiği ve bunların sonucunda da gerek inşaat süresinin uzadığı gerekse toplam maliyetin arttığı görülmüştür.

Tünel üzerindeki örtü kısmı da önemlidir. Metrolar ve metro istasyonları yüzeye yakın olarak inşa edilirler ve bunlar genellikle yüzeyin 15–30 m altındadırlar. Böyle hallerde yer altı su derinliği ile zemin-kaya sınırı dikkate alınmalı ve öğrenilmelidir. Tünelin zemin-kaya sınırında ilerlemesinden kaçınılmalı, ilerleme tümü ile ya kayada ya da zeminde yapılmalıdır.

1.4.2 Fizibilite safhası

Bu safha jeolojik harita alımı, ön sondajlar, muayene çukurları ve diğer gerekli jeolojik çalışmaları kapsar. Bu safhada jeologunun görevleri şu ana başlıklar altında toplanabilir:

- a. Tünel güzergâhı dolayının ayrıntılı jeolojik haritası hazırlanmak
- b. Tünel merkezi çizgisi boyunca ayrıntılı bir jeolojik profil hazırlamak
- c. Karşılaşmalı muhtemel tünel zemini koşullarını inşaat mühendisinin veya müteahhidin aşına olduğu terimlerle açıklamak
- d. Projeciye şartnameler vermek ve maliyetin tespitinde yardımcı olmak

Bu safhada ön maliyet ve seçilen alternatifler tekrar gözden geçirilerek en ekonomik güzergâh seçilir. Bundan sonraki proje safhası için önerilerde bulunulur. Ayrıca tünel tasarlanması sırasında birtakım araştırmalar yapılmalı ve bazı önlemler alınmalıdır. Bu önlemler şu şekilde sıralanabilir;

- a. Güneşin doğuşu ve batışı esnasında yol yüzeyinde çok yüksek parlıtlı değerleri oluşacağından ve aydınlatma tekniğinde özel zorluklar, dolayısıyla da ek maliyetler getireceğinden, mümkünse tüneller doğu-batı doğrultusunda inşa edilmemelidir.
- b. Çıkışlarda oluşabilecek kamaşmanın önlenmesi için, doğrusalların yerine hafif virajlı giriş-çıkışlar tercih edilmelidir. Ayrıca tünel içinde de hafif virajlı bir gidiş, cismin açık renk duvarlar üzerinde kontrastını yükselteceğinden, görme koşulları açısından da yararlıdır.
- c. Tünel yaklaşma bölgesindeki yol kaplaması ve tünel kapı yüzeyi koyu renk ve pürüzlü olmalıdır. Ayrıca tünel girişinden önce yola dik olarak inşa edilen duvarlar da mat, koyu renk malzemeden yapılmalıdır. Tünel içinde mümkün olduğu kadar aynasal yansıtıcı yüzeylerden kaçınılmalı duvarlar ise kolay temizlenir malzemeden yapılmış olmalıdır
- d. Nispeten karanlık olan tünel girişinin görüş alanındaki yerini arttırmak için tünel kapısı geniş ve yüksek yapılmalıdır. (su altı tünelleri için çok faydalı olan bu çözüm, dağ tünelleri için çok pahalıya mal olmaktadır)
- e. Tünel girişinin bitişiğindeki ve üstündeki açık arazi; yıl boyu yeşil kalan kışa dayanıklı, iğne yapraklı bitkiler ve bodur ağaçlarla ağaçlandırılmalıdır.
- f. Yüksek hız ile yaklaşılan tüneller kurulum aşamalarında yüksek maliyetler getireceğinden hızı limitleyecek bazı önlemler alınmalıdır. Örneğin; tünele yaklaşılırken bir rampanın mevcut olması ya da hız uyarı işaretleri hızı azaltacağından eşik bölgesi parlıtlı düzeyi ve uzunluğu da düşecektir. Ödeme veya kontrol noktaları oluşturulacak ise bunların çıkış yerine girişte yapılması tercih edilmelidir. Bu sayede giriş bölgesinde gereken parlıtlı değeri büyük ölçüde azaltılabilir.

g. Aydınlatmanın verimini yükseltmek için tünel içindeki yol kaplaması ve tünel duvarları yüksek yansıtma faktörüne sahip olmalıdır. Bu amaç için açık renk yol kaplamalarının, kolay temizlenebilen aydınlık duvarların kullanılması uygundur. Ancak aydınlatmanın kalitesi ve endirekt kamaşmanın önlenmesi bakımından yol kaplaması ve tünel duvarları dağıtıcı/yansıtıcı nitelikte olmalıdır (Bommel 1980; Philips, 1981).

1.4.3 Proje safhası

Bu safha nihai jeolojik harita alımı çalışmalarını, sondaj araştırmalarını ve yerinde deneyler ile laboratuvar deneylerini kapsamaktadır. Bu safhada Jeolojik profil daha ayrıntılı hale getirilir ve teknik rapor yazılır. Projenin ayrıntılı olarak maliyetinin hesaplanmasının yapılmasında projeyi yapana yardımcı olunur.

Bu hesaplamanın yapılmasında ve planlamanın yapılması şu şekilde gerçekleştirilir:

- a. Tünel seviyesi ve istikametinin belirlenmesi,
- b. Giriş ve şaftlar için uygun yerlerin saptanması,
- c. Tünel kaplamasının tasarımı,
- d. Özel tekniklere gereksinim olup olmadığının tespiti,
- e. Kazı ve inşaat yöntemleri ile ilgili önerilerde bulunması,
- f. Önerilen kazı ve inşaat yöntemleri ile ilgili olarak ilerleme hızı, aşırı sökme miktarları ve tünel içerisine gelmesi muhtemel su miktarları belirlenir.

1.5 TÜNEL AÇMA YÖNTEMLERİ

Tünel açılacak güzergâhın topografyası, zemin koşulları ve açılacak tünelin geometrisi gibi parametreler değerlendirilerek tünel açma yöntemi ve buna bağlı olarak ta kullanılacak lme yöntemleri belirlenmektedir. Tünel açma yöntemleri, günümüzde genelde kullanılan inşaat prensipleri açısından dört ana grup halinde incelenebilir. Bu gruplar;

- a. A-Kapa yöntemiyle tünel açma yöntemi,
- b. Tünel Delme Makinesi (TBM) ile tünel açma yöntemi,
- c. Batırma Tünel (Immersed Tube) yöntemi,
- d. Yeni Avusturya Tünel Açma yöntemi (NATM)

olarak sıralanabilir (nltepe, A. 2003).

1.6 TÜNEL ÇEŞİTLERİ

Tüneller, yapım Şekillerine göre ve işlevlerine göre olmak üzere iki ana başlıkta incelenebilir. Yapım Şekline göre tüneller, tünellerin nasıl bir toprak parçasında nasıl inşa edilmesi gerektiğiyle ilgili, işlevlerine göre tüneller ise tünellerin ne amaçla ve ne Şekilde kullanılacağına dair bir sınıflandırmadır. Tablo 1,1'de tünel çeşitlerinin yapım Şekillerine ve işlevlerine göre sıralanması ifade edilmektedir.

Tablo 1.1: Tünel çeşitlerinin sınıflandırılması

Tünel Çeşitleri	
Yapım Şekillerine Göre Tüneller	İşlevlerine Göre Tüneller
1)Kayaç Zeminde Açılan Tüneller	1) Demiryolu Tünelleri
2)Yumuşak Zeminde Açılan Tüneller	2) Karayolu Tünelleri
3)Su Altında Açılan Tüneller	3) Yaya yolu Tünelleri
	4) Akarsu Tünelleri
	5) Hidrolik Tüneller

1.6.1 Yapım şekline göre tüneller

Yapım şekline göre tüneller kayaç zeminlerde açılan tüneller, yumuşak zeminlerde açılan tüneller ve su altında yapılan tüneller şeklinde sınıflandırılabilir.

1.6.1.1 Kayaç zeminlerde açılan tüneller

Kayaç zeminlerde inşa edilen tünellerde genellikle delme-patlatma yöntemi ya da değişik tipteki delgi aygıtları kullanılmaktadır. Kaya zeminlerin kendini taşıyabilir özellikte olması

nedeniyle bu tip zeminlerde inşa edilen tünellerde, genellikle stabilite sorunlarıyla karşılaşılmamaktadır.

Klasik yöntem adıyla da anılmakta olan delme-patlatma yöntemi ile tünel inşası yüz yılı aşkın süredir önemli bir değişiklik yapılmadan hemen her türlü kayaç koşullarında kullanılmaktadır.

Bu yöntemle tünel inşasında aşağıdaki sıra izlenmektedir:

- a. Kararlaştırılmış bir plana göre önceden aynada patlayıcıların yerleştirileceği lağım delikleri açılmaktadır. Eğer jumbo adlı delgi aygıtı lağım deliklerinin açımında kullanılacaksa aynaya yaklaştırılmakta ve kazı için hazırlanmaktadır.
- b. Açılan deliklere daha önceden hesaplanmış miktarda patlayıcılar yerleştirilmektedir.
- c. Deliklerde bulunan patlayıcılar ateşlenmekte ve patlatmadan meydana gelen gazların giderilmesi için havalandırma yapılmaktadır.
- d. Düşme ihtimali olan kayaç parçaları düşürülmekte, gerekli durumlarda yeni açılan kısma destek yapıldıktan sonra çıkan kazı malzemesi taşınmaktadır.

Şekil 1.3: Jumbo aygıtıyla tünel açılması



Özel delgi açma aygıtlarının yaklaşık 50 yıl önce geliştirilmesi ile tünel açımında yeni bir devir başlamış ve bu aygıtlar sayesinde kazı hızı geleneksel yöntemlere göre artmıştır. Özel

delgi aygıtlarıyla tünel açma, tam kesitte ve yarım kesitte tünel açma olmak üzere iki kısımda incelenebilir.

Tam kesitte tünel açan aygıtlara genel olarak tünel açma makinesi (TBM) denmektedir. Bu aygıt ön yüzüne çeşitli cins ve sayıda kesiciler yerleştirilmiş dönen bir kafa ile içinde gerekli parçaların ve kumanda bölümünün bulunduğu silindirik bir gövdeden ibarettir.

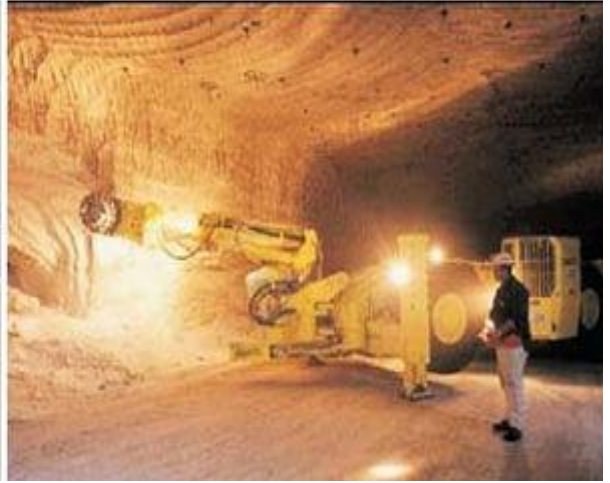
Diğer bir tünel açma aygıtı da kollu tünel açma aygıtıdır. Bu aygıt kayacı, bir kol üzerinde dönen küçük bir kafaya yerleştirilmiş kesiciler yardımıyla yontmaktadır. Tam kesitte tünel açma aygıtına göre daha az enerjiye ihtiyaç duymakta ve maliyetleri de daha düşük olmaktadır. Tam kesitte tünel açma aygıtından farklı olarak bu aygıt dairesel olmayan kesitlerde de kullanılmaktadır. Şekil 1,4'te tünel açma makinalarının resimleri gösterilmektedir.

Şekil 1.4: Özel delgi araçları ile tünel açma

Şekil 1.4a) Tam kesit açan TBM



Şekil 1.4b) Kollu tünel açma makinesi



1.6.1.2 Yumuşak zeminlerde açılan tüneller

Alt geçitler, gömme depolar, yer altı otoparkları, içme suyu ve kanalizasyon tünelleri gibi yer altı yapılar genellikle sığ derinliklerde ve yumuşak zeminlerde açılmaktadırlar. Bu

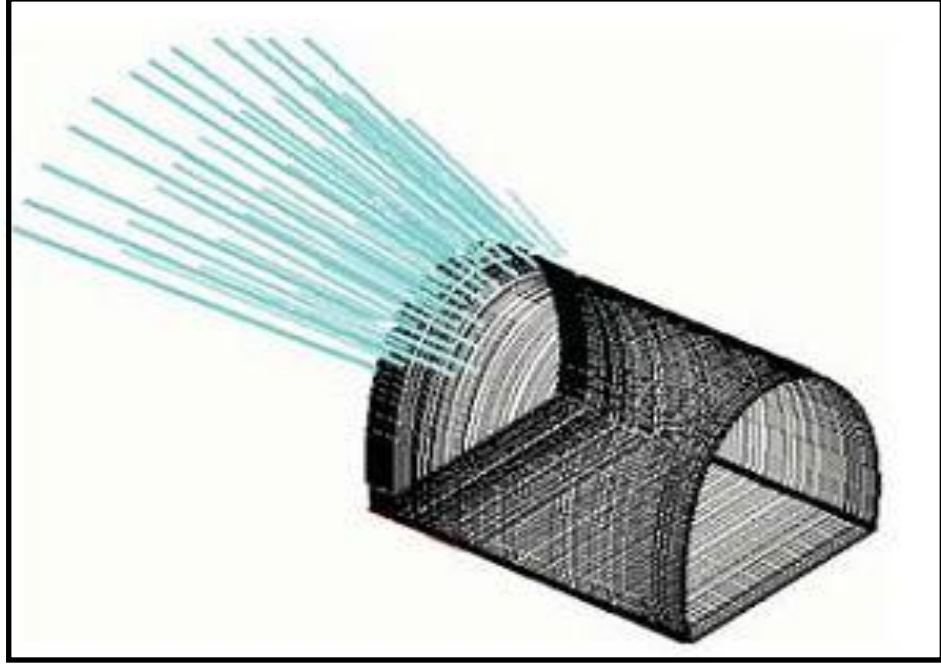
zeminler düşük taşıma gücüne sahip olan ve genellikle suya doymun zeminlerdir. Bu nedenle bu tür zeminlerde tünel açma, özel tekniklerin geliştirilmesini ve genellikle zeminlerin iyileştirilmesini gerektirmektedir.

Bu sebeple zemin iyileştirme yöntemleriyle tünel çevresi stabilizesinin sağlanması ve yeraltı su seviyesinin düşürülmesi gerekmektedir. Stabilizeyi sağlamak ve su sızıntılarını önlemek için enjeksiyon, zemini dondurma, denetimli drenajla zemin suyu seviyesinin düşürülmesi ve basınçlı hava yardımıyla suyun denetim altına alınması gibi işlemler yapılmaktadır.

Yumuşak zeminlerde tünel açma yöntemlerinden ilki kalkanla tünel açma yöntemidir. Kalkan (bukliye) esas olarak çelik bir silindir şeklindedir. Bu aygıt tünel boşluğunu çevreleyerek, zemine destek sağlamak suretiyle kaplamanın yapımına destek gerektirmeden kazı yapılmasına izin vermektedir. Tünel kazısında tam kesit halinde ilerlemeyi sağlayan bu aygıt, yapılmış olan son kaplama kenarından destek alarak ileri doğru solucan hareketine benzer bir hareketle itilmekte ve keskin ucu sayesinde zemine gömülerek kazının yapılmasını sağlamaktadır.

Bir diğer yumuşak zeminde tünel açma yöntemi ise boru sürmeyle açmadır. Bu yöntemde dışarıda imal edilmiş borular, krikolar yardımıyla arka arkaya zemine sürülmektedir. Boru sürme yöntemi, kanalizasyon ve su şebekelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntemde öncelikle boru döşenecek yerde giriş ve çıkışta iki adet kuyu açılmakta, giriş kuyusuna yan duvarlardan destek alacak şekilde yerleştirilen kriko yardımıyla, kuyuya indirilen borular zemine itilmektedir. Kazı işi itme işleminden önce ya da sonra çeşitli araçlarla yapılabilmektedir. Şekil 1,5'te boru sürme yöntemini sembolize eden bir resim bulunmaktadır.

Şekil 1.6: Şemsiyelime yönteminde uygulanan zemin çivilerine örnek



1.6.1.3 Su altında yapılan tüneller

Su altında yapılan tüneller batırılmış tüneller ve daldırılmış yüzen tüneller olarak sınıflandırılabilir.

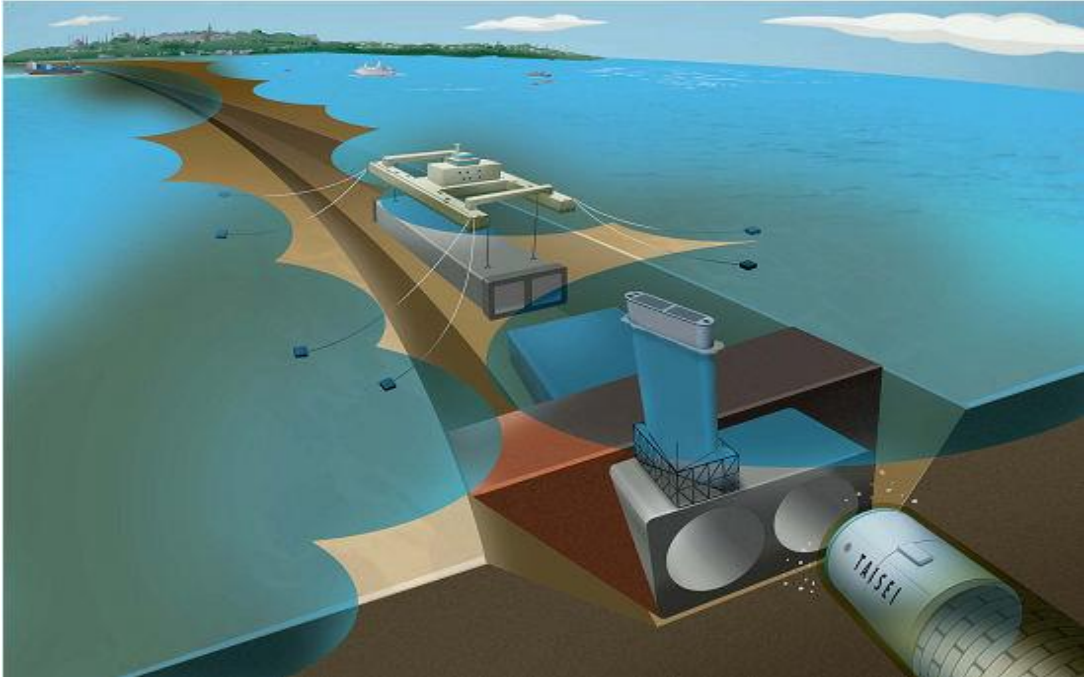
Tüp tünel ya da batırılmış tünel adıyla anılan tüneller bir su yolu engelini aşmak için köprülere ve derinden geçen geleneksel tünellere bir seçenek olmakla birlikte karakteristik olarak kanalları ve kanal tarzındaki doğal engelleri alttan geçmede en kısa yol olarak gözükmektedir.

Batırılmış tüneller, karada inşa edilen tüplerin batırılarak indirildikten sonra deniz tabanında açılan ve tabanı düzlenmiş bir hendeğe dizilerek yerleştirilmesi ve daha sonra üstlerinin örtülmesi şeklinde inşa edilmektedir (Ö. Aydan). Bu nedenle, deniz kenarında genellikle uzunluğu 100 m'yi geçen tüplerin inşa edileceği deniz seviyesinin altında geniş bir yapım alanına gereksinim vardır. Tüplerin deniz tabanına yerleştirilmesinden önce, tüp tünel yüksekliğinin 1,3-1,7 katı derinlikte ve oldukça geniş bir hendeğin kazılması ve

tabanının düzlenmesi gerekmektedir. Tüpler inşa edildikten sonra yüzdürülerek tünel inşa alanına getirilmekte, vinçlerden ve harita mühendisliği ilkelerinden yararlanılarak ve dalgıç kullanılarak deniz tabanına batırılıp indirilmekte ve dizilerek birbirlerine eklenmektedir. Marmaray projesi boğaz geçişi için yapılan tünel de bu sistemle inşa edilmiştir.

Deniz altı geçişinde kullanılan diğer bir tip de daldırılmış yüzen tünellerdir. Suyun kaldırma kuvvetinden faydalanılarak yapı, uygun bir derinlikte desteklenmektedir. Tüpe benzer yapı çelik ya da betonarme olarak üretilmekte ve üretilen parçalar kolonlar, halatlar ya da dubalar sayesinde belirli seviyede yüzer halde tutulmaktadır. Şekil 1,7’de ülkemizde batırma tüp tüneli yöntemiyle yapılan Marmaray Tünelini semboze eden bir resim bulunmaktadır.

Şekil 1.7: Marmaray projesi batırma tüneli uygulaması



Yapımları bu şekilde farklılık gösteren tüneller işlevlerine göre de farklı bir şekilde sınıflandırılabilir.

1.6.2 İşlevlerine göre tüneller

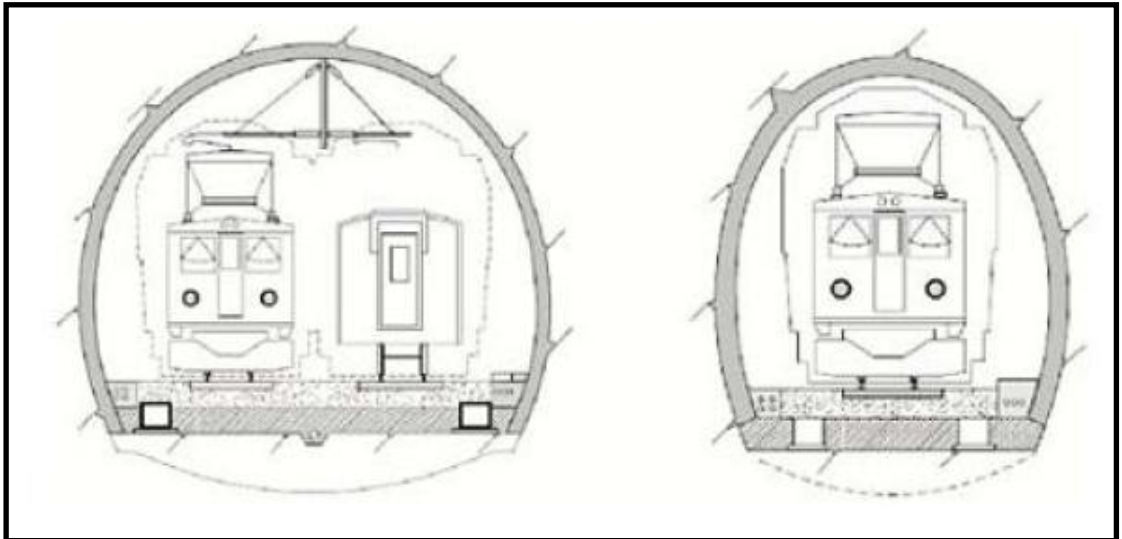
Tünelin inşa edileceği altyapının çeşidi bu sınıflandırmanın oluşumundaki en önemli ölçüttür. İşlevlerine göre tüneller demiryolu tünelleri, karayolu tünelleri, yaya tünelleri, kanal (akarsu) tünelleri, hidrolik güç tünelleri ve metro tünelleri olarak sıralanabilir.

1.6.2.1 Demiryolu tünelleri

Demiryollarında karayolundakinden farklı olarak sürtünme katsayısı düşük olduğu için “yüzde”1,2’den fazla eğimlere izin verilmemektedir. Tüneller tek hatlı demiryollarında 4,5 ila 6 m genişlikte (yaklaşık enkesit alanı 50 m²), çift hatlı demiryollarında ise 8 ila 9 m’lik bir genişlikte (yaklaşık enkesit alanı 80 m² - 100 m²) olacak şekilde açılırlar.

Yükseklikler havalandırma tesisleri bakımından elverişli, araçların üzerinde en az 1,20 m bir boşluk kalacak biçimde, tek hatlı demiryollarında daha çok sepet kulbu şeklinde, çift hatlarda ise tam kemer şeklinde inşa edilirler. Buna karşılık, satha çok yakın olarak geçilmesi durumunda dikdörtgen şekline de gidilmiştir. Şekil 1,8’de tek ve çift hatlı demiryolu tünellerinin enkesitleri gösterilmektedir.

Şekil 1.8: Çift ve tek hatlı demiryolu tüneli enkesitleri



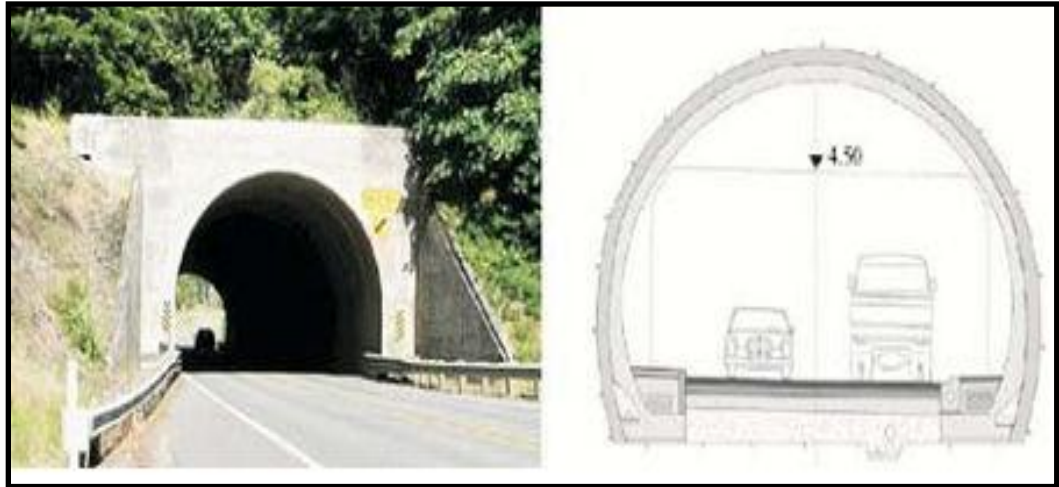
1.6.2.2 Karayolu tünelleri

Karayolu tünelleri, demiryolu tünellerine nazaran güzergâh geometrisi açısından çok daha esneklerdir. Bunlar genellikle “yüzde” 2’lik bir eğime göre projelendirilmektedir. Trafik hacmi düşük ise söz konusu eğim “yüzde”4’e kadar çıkmaktadır. Daha yüksek eğimler havalandırma ve görüş güvenliği açısından uygun değildir. Uzun tünellerde havalandırma ve yangın güvenliği projenin en önemli öğelerinin başında yer alır.

Karayolu enkesiti günlük trafik hacmine bağlıdır. Şehirlerarası yol tünellerinde genel olarak 6 m’lik bir otoyolu ile yan taraflarda 1 m’lik iki yaya yolu bulunur. Şehir içlerinde olduğu gibi, trafiği fazla olan tüneller daha geniş olur. Bu tüneller yalnız bir yöndeki trafiği, bazen de gidiş ve geliş olmak üzere her iki yöndeki trafiği de barındırabilir.

Karayolu tünelleri genel olarak tam kemer, sepet kulbu veya elips şeklinde olup nehir altından geçtikleri takdirde çok defa bukliye ile açıldıklarından daire şeklinde olurlar. Eğer tünel sathı çok yakın ise o zaman dikdörtgen kesit tercih edilerek üzeri betonarme döşeme ile kapatılır. Tünelin havalandırması büyük kesit gerektiriyorsa tam kesit tercih edilir. Şekil 1,9’da karayolu tünellerinin dış görünüşü ve en kesitleri gösterilmektedir.

Şekil 1.9: Karayolu tünel örneği ve enkesiti



1.6.2.3 Yaya tünelleri

Yaya tünelleri genişliği 3 m'den, yüksekliği ise insana ezilme hissi vermemesi bakımından 2.50 m'den daha küçük tutulmamalıdır. Şekilleri ise dikdörtgen veya tercihen kemerli ve daire şeklinde olabilir. Bu tünellerde bazen bisikletliler için ayrı bir şerit de yapılabilir.

1.6.2.4 Kanal (Akarsu) tünelleri

Nehir ulaşım sistemlerinde kullanılan kanal tünelleri için enkesit şekli tüneli kullanacak olan teknelerin cinsine göre değişir. Örneğin Fransa'daki Oise-Aisne kanalı üzerindeki Braye-en-Laonnois tüneli tam kemer şeklinde olup, genişliği 8 m, yüksekliği ise 8.50 m dir. Yine Marsilya civarındaki Rove tüneli ise sepet kulbu şeklinde yapılmış olup genişliği 22 m, yüksekliği de su üstünde kalan kısmı 9.90 m olmak üzere, 15.40 m'dir. Şekil 1.10'da su kanalı örneği gösterilmektedir.

Şekil 1.10: Kanal tüneli örneği

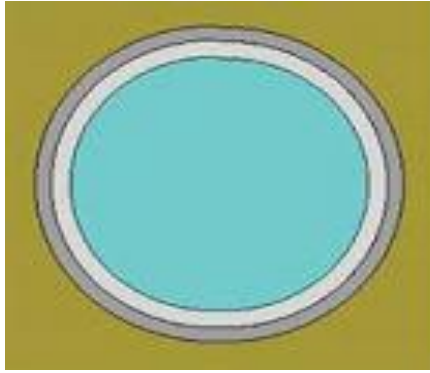


1.6.2.5 Hidrolik güç ve su tünelleri

Baraj çıkışlarına açılan bu tünellerin güzergâh geometrileri diğer tünellere nazaran daha esnektir ve genelde sağlam zeminde açılırlar. Hidrolik güç tünel kesit alanları düşüm yüksekliği, su debisi ve enerji kayıpları gibi faktörlere bağlı olup 10 m² ila 30 m² arasında değişir. Şekil 1.11’de basınçlı ve basınçsız hidrolik güç tünellerinin enkesit örnekleri gösterilmektedir.

Şekil 1.11: Hidrolik güç tünelleri enkesit örneği

Şekil 1.11a) Basınçlı



Şekil 1.11b) Basınçsız



1.6.2.6 Metro tünelleri

Metro tünellerinin enkesitleri hat ta çalıştırılacak araçların maksimum kapasitesine (araç ticari hızı, koltuk sayısı, konfor derecesi, araç sayısı, araç kapı sayıları ve genişlikleri, istasyon uzunluğu vs.), tren dizilerinin takip aralıklarına, sinyalizasyon ve ücret toplama sistemlerine bağlıdır (Şekil 1.10). Tek ve çift hatlı metro tünelleri için tipik enkesit alanı 35 m²’dir. Yangın güvenliği en üst düzeyde olmalıdır.

Metro tünellerinin şekil ve boyutları şehirlere göre birbirinden farklılık gösterir. Örneğin Paris’deki metro tünelleri genel olarak kemerli ve çift hatlıdır. Bunun yanında bir, üç ve dört hatlı kısımlar da mevcuttur. Tek hatlı olanlarda genişlik 4.30 m dir. Yükseklik ise 4.70

m olup 2.15 m yarıçaplı tam kemer şeklinde yapılmışlardır. Şekil 1.12’de metro tünelinin görünüşü gösterilmektedir.

Şekil 1.12: Metro tüneli örneği



Çift hatlılarda genişlik 7.10 m iken yükseklik 5 m dir. Kemer, elips şeklinde olup, bunun yüksekliği de 2.07 m’dir. Üç ve dört hatlılar ise sırası ile 10 m ve 12.90 m genişliktedirler. Kemerler genellikle üç merkezli sepet kulbu şeklindedir. İstasyonlar genel olarak kemerli ve iki hatlıdır. Fakat bir, üç, dört ve beş hatlı olanları da vardır. Bunların bir kısmı kemerli bir kısmı da çelik veya betonarme döşeme ile kapatılmışlardır. Tek hatlı kemerli istasyonlar 14.14 m genişlikte, 5.90 m yükseklikte olup uzunlukları 75 ila 105 m’dir. Tek hatlı istasyonlarda genişlik en az 7,30 m olup, üç-dört hatlılarda ise 22.50 m’yi bulmaktadır. Nehir altındaki bukliye tünelleri ise daire kesitli, genel olarak çift hatlı ve dış çapları da 7.78 m’dir. Şekil 1.13’de 1902-1910 yılları arasında Pariste yapılan tünelde çekilen eski bir resim görülmektedir.

Şekil 1.13: Paris metrosu tüneli inşaatı (1902-1910)



Londra'daki tüp şeklindeki tüneller ise bukliye ile açılmış olup, daire çapları 3.30 m ila 3.70 m arasındadır. Fakat bu genişlik çok az olduğu için havalandırma, kanalizasyon ve bakım personeli için hiç pay bırakmamaktadır. İstasyonlar ise yine bukliye ile açılmış olup tek hatlıdır ve dış çap 6.50 m istasyon uzunlukları ise 106 m'dir.

2. TÜNELLERDE AB STANDARTLARI

Avrupa Parlamentosu ve Konseyi 29 Nisan 2004 tarihinde 2004/54/EC sayılı Direktifi ile Trans-Avrupa Karayolu Ağı Tünelleri için minimum güvenlik gereksinimlerini belirlemiştir.

2.1 AB STANDARTLARININ GELİŞTİRİLMESİNİN AMACI

Avrupa Birliği sınırları içindeki, Trans-Avrupa Karayolu Ağı üzerinde bulunan, uzunluğu 500 m den fazla olan proje, yapım ve işletim halindeki tünellerde, tünel güvenliğinin sağlanması, bu konuda minimum güvenlik önlemlerinin belirlenmesi, güvenlik yönetimi sisteminin oluşturulması hedeflenmiştir. Bu direktif, 2004/54/EC (Trans-Avrupa Karayolu Ağı Üzerindeki Tüneller İçin Minimum Güvenlik Gereksinimleri) özel sektör tarafından yapılan ve işletilen tünelleri de kapsamaktadır.

Trans-Avrupa Karayolu Ağı, 1692/96/EC sayılı Karar'ın I no.lu Ek'inin 2. Bölümünde belirtilen ve söz konusu Karar'ın II no.lu Ek'indeki haritalarla gösterilen ve/veya tanımlanan karayolu ağı anlamındadır.

Acil hizmet, bir kaza durumunda müdahale eden polis hizmeti, itfaiyeci ve kurtarma ekiplerini de kapsayan, kamu veya özel veya tünel personelinin bir bölümü olan tüm yerel hizmetler anlamındadır.

Tünel uzunluğu, bir tünelin tamamen kapalı olan bölümündeki ölçülmüş en uzun trafik şeridinin uzunluğu anlamındadır.

2.2 AB DİREKTİFİNİN HEDEFLERİ

Tünel projelerinde insan yaşamını, çevreyi ve tünel tesisatını tehlikeye sokabilecek önemli olayların önlenmesinin yanı sıra, kazalarda koruma sağlanması ve Trans-Avrupa Karayolu Ağı'ndaki tünellerde minimum seviyede güvenlik teminini hedeflenecektir.

Avrupa Parlamentosu ve Avrupa Birliği Konseyi karayolu tünellerinde optimum güvenlik seviyesine ulaşabilmek için şu hedefleri belirlemiştir:

- a. "2010 Yılı İçin Avrupa Ulaştırma Politikası: Karar Verme Zamanı" hakkındaki 12 Eylül 2001 tarihli Beyaz Kitabında, Komisyon, Trans-Avrupa Karayolu Ağı'na ait tüneller için minimum güvenlik gereksinimlerini önereceğini belirttiğinden,
- b. Ulaştırma sistemi, Trans-Avrupa ulaştırma ağının geliştirilmesi ile ilgili Topluluk ilkeleri hakkındaki Avrupa Parlamentosu ve Konseyin 23 Temmuz 1996 tarihli ve 1692/96/EC sayılı Kararı'nda tanımlandığı üzere, özellikle, Trans-Avrupa Karayolu Ağı, Avrupa'nın entegrasyonunu destekleme konusunda son derece önemli olduğundan ve Avrupa vatandaşları arasında yüksek refah seviyesi temin ettiğinden; Avrupa Topluluğu, Trans-Avrupa Karayolu Ağı'na ilişkin yüksek, yeknesak ve sürekli bir güvenliğin temin edilmesi sorumluluğuna sahip olduğundan;
- c. 500 m'den fazla uzunluğa sahip uzun tüneller, Avrupa'nın geniş alanları arasında iletişimi kolaylaştıran önemli yapılar olduğundan ve bölgesel ekonomilerin işlevselliğinde ve gelişmesinde kesin role sahip olduğundan;
- d. Avrupa Konseyi birçok vesilelerle, bilhassa 14-15 Aralık 2001 tarihinde Laeken'deki toplantısında tünel güvenliğinin artırılması önlemlerinin alınması hususundaki aciliyeti önemle vurguladığından;
- e. 30 Kasım 2001 tarihinde, Zürih'te toplanan Avusturya, Fransa, Almanya İtalya ve İsviçre Ulaştırma Bakanları, uzun tünellerdeki güvenliğin artırılması hususunda eşgüdüm sağlanmış en son şartlara ilişkin ulusal mevzuatın uyumlaştırılmasını öneren bir Ortak Bildiri'yi kabul ettiğinden;

- f. Önerilen faaliyetin, yani karayolu tünellerinde Avrupa vatandaşlarının tümü için yeknesak, sürekli ve yüksek seviyede korumanın temin edilmesi Üye Ülkeler tarafından yeterince başarılmadığından ve bundan dolayı, uyumlaştırma seviyesinin gereklilik göstermesi nedeniyle, Topluluk seviyesinde daha iyi sağlanacağından, Antlaşma'nın 5 no.lu Madde'sinde belirtilen yetki ikamesi ilkesine uygun bir şekilde, Topluluk önlemler kabul edebileceğinden; orantılılık ilkesi uyarınca, ilgili maddede belirtildiği üzere, bu Direktif hedefin başarılması için gerekli olanın ötesine geçmeyeceğinden;
- g. Tünellerde son zamanlarda meydana gelen kazalar, insani, ekonomik ve kültürel açıdan tünellerin önemini belirttiğinden;
- h. Uzun süre önce işletilmeye başlanan Avrupa'daki bazı tüneller, teknik imkanların ve ulaştırma koşullarının bugünkünden çok farklı olduğu günlerde projelendirilmiş olduğundan; bunun sonucu olarak, tamamen farklı güvenlik seviyeleri olduğundan ve bu durumun düzeltilmesi gerektiğinden;
- i. Tünellerdeki güvenlik, pek çok şeyin yanı sıra, tünelin geometri bilgisine, projesine, yol işaretlerini de kapsayacak şekilde güvenlik ekipmanına, trafik yönetimine, acil servis eğitime, olay yönetimine, kullanıcıların tünellerde ne şekilde davranacaklarına ilişkin bilgi teminine, sorumlu yetkili ve polis, itfaiyeci ve kurtarma ekipleri gibi acil servis arasında en iyi iletişime yönelik bir dizi önlemler gerektirdiğinden;
- j. Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu'nun çalışmasında, Karayolu kullanıcılarının nakledilmesi tünel güvenliğinin tartışmasız bir unsuru olarak belirtildiğinden;
- k. Güvenlik önlemlerinin; olaylar ile ilgili kişilerin kendilerini kurtarmasına, daha ciddi sonuçların önlenmesi için karayolu kullanıcılarının derhal harekete geçmesine, acil servisin etkin bir şekilde hareket etmesini temine ve çevrenin korunması ve yanı sıra maddi hasarın sınırlanmasına imkân tanınması gerektiğinden;
- l. Bu Direktif ile gerçekleştirilen iyileştirmeler tüm kullanıcılar için, engelli kişiler de dâhil olmak üzere, güvenlik koşullarını artıracığından; ancak, engelli kişiler acil bir

durumda kaçarken daha fazla zorluk çekecekleri için onların güvenliğine özellikle dikkat edilmesi gerektiğinden;

- m. Dengeli bir yaklaşım uygulanması için ve önlemlerin yüksek maliyetleri nedeniyle, her bir tünelin tipi ve öngörülen trafik hacmi göz önünde bulundurularak, minimum güvenlik ekipmanının tanımlanması gerektiğinden;
- n. Karayolu tünellerindeki güvenlik ekipmanının ve trafik kurallarının iyileştirilmesi ve uyumlaştırılmasına yardımcı olmak üzere Dünya Karayolu Birliği ve Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UNECE) uzun zamandan beri çok değerli önerilerde bulunduğu; ancak, bu öneriler bağlayıcı olmadığından ve azami potansiyel ancak önerilerin tanımladığı gereklilikler yasama ile zorunluluk oluşturduğunda en yüksek seviyeye getirilebileceğinden;
- o. Yüksek güvenlik seviyesinin sürdürülmesi, tünellerdeki güvenlik imkânlarının uygun şekilde idamesini gerektirdiğinden;
- p. Bu Direktif'in şartlarının Tünel Yöneticileri tarafından uygun bir şekilde uygulanmasını temin etmek üzere, Üye Ülkelerin, tünel güvenliğine ilişkin tüm hususların yerine getirilmesi için, sorumlu ulusal, bölgesel veya yerel seviyede bir veya daha fazla yetkili belirlemesi gerektiğinden;
- q. Bu Direktif'in uygulanması için esnek ve ilerleyen bir program gerektiğinden; bu durum, Üye Ülkelerde ulaştırma sistemindeki veya bayındırlık hizmetlerindeki darboğazlarda büyük sıkıntılar oluşturmadan en acil işlerin tamamlanmasına imkân tanıyacağından;
- r. Mevcut tünellerin yenilenmesi maliyeti, özellikle coğrafi nedenlere bağlı olarak, bir Üye Ülkeden diğerine önemli ölçüde değiştiğinden ve ülkelerindeki tünellerin Avrupa ortalamasının üzerinde sıklığa sahip olduğu durumlarda, Üye Ülkelere, bu Direktif'in şartlarını yerine getirmek için herhangi bir yenileme çalışmasını aynı anda gerçekleştirilmeyecek şekilde düzenlemelerine izin verilmesi gerektiğinden;
- s. Halen işletilmekte olan veya projesi onaylanmış ancak bu Direktif'in yürürlüğe girmesini takip eden 24 ay içinde kamuya açılmamış tüneller için, makul maliyette uygulanacak yapısal çözümlere tünelin müsait olmadığı durumlarda, bu Direktif'in

şartlarının uygulanmasına alternatif olmak üzere, Üye Ülkelerin risk azaltma tedbirlerini kabul etmesine izin verileceğinden;

- t. Tünel güvenliğinin artırılması için, hala, daha fazla teknik ilerleme gerekli olduğundan; teknik ilerleme için, Komisyon'un bu Direktif'in şartlarını kabul etmesine ilişkin bir prosedürün başlatılması gerektiğinden; bu prosedürün, aynı zamanda, uyumlaştırılmış bir risk analiz metodunun kabul edilmesi için kullanılması gerektiğinden;
- u. Bu direktifin uygulanması için gerekli önlemlerin, Komisyon'un Uygulama Yetkisinin Yürütülmesi'ne İlişkin Prosedürleri Belirten 28 Haziran 1999 tarihli, 1999/468/EC sayılı Konsey Kararı uyarınca kabul edilmesi gerektiğinden;
- v. Trafik düzensizliğinin azaltılması için, Topluluk seviyesindeki işlerin eşzamanlı yürütülmesi bakış açısı ile Üye Ülkelerin, bu Direktif'in şartlarının yerine getirilmesi için kabul etmeyi öngördükleri tedbirlere ilişkin bir raporu Komisyon'a sunması gerektiğinden;
- w. Bu direktifin şartlarının, proje veya yapım aşamasında bir tünel için ikinci bir tüp inşasını gerektirdiği durumlarda, inşa edilecek bu ikinci tüp yeni bir tünel olarak mütalaa edileceğinden; bu Direktif'in şartlarının, tüm ilgili tedbirler için planlama izin heyetini kapsayan, yasal bağlayıcılığı olan yeni planlama prosedürlerinin başlatılmasını gerektirmesi halinde aynı işlemler uygulanacağından;
- x. Tünellerdeki değişken mesaj işaretlerinde kullanılan işaret ve imgelere ilişkin kapsamlı uyumlaştırma derecesine ulaşmak için, işin, uygun forumda sürmesi gerektiğinden; Üye Ülkelerin, kendi ülkelerindeki tüm tüneller için kullanıcı ara birimini uyumlaştırmaya teşvik edilmesi gerektiğinden;
- y. Ülkelerinin Trans-Avrupa Karayolu Ağı'nı oluşturmeyen kesiminde bulunan ve bunun sonucu olarak bu Direktif'in kapsamına dâhil olmayan karayolu tünelleri için karşılaştırılabilir güvenlik seviyelerini uygulama konusunda Üye Ülkelerin teşvik edilmesi gerektiğinden;
- z. Daha yüksek bir tünel güvenlik seviyesini hedefleyen ulusal hükümlerin oluşturulması için Üye Ülkelerin teşvik edilmesi gerektiğinden;

Üye ülkeler 30 Nisan 2007 tarihine kadar Avrupa Birliği Komisyonuna direktifin hedeflerine ulaşmak için yaptıkları planları içeren planı sunacaklardır. Tünellerin iyileştirme çalışmaları 30 Nisan 2014 tarihine kadar devam edecektir. Trans Avrupa yol ağında bulunan mevcut tünellerinin toplam tüp uzunluğu AB ortalamasının üzerinde olan üye ülkeler 6 yıla kadar ek süre talep edebileceklerdir.

2.3 DİREKTİF KAPSAMINDAKİ AB TÜNELLERİ

Direktifin uygulama alanı içine giren karayolu tünelleri olarak; Trans-Avrupa Ulaşım Ağı içinde yer alan, 500 metreden uzun, işletmeye açık olan, yapımı devam eden ya da henüz tasarım aşamasında olan tüm tüneller belirlenmiştir. (Tablo 2.1)'de Avrupa Komisyonu'nun belirlediği mevcut ve gelecekteki tüneller belirtilmektedir. Mevcut durumda, İtalya ve Avusturya'daki tünel yoğunluğu tüm Avrupa Birliği'ndeki yoğunluğun çok üzerindedir. (Tablo 2.1)'de yer alan tünellere ilave olarak, Norveç; toplam uzunluğu 200 kilometre olan 130 tüneli ile ana ulaşım ağında yer alan tek Avrupa Ekonomik Alanı üyesidir. Tablo 2.1'de Avrupa Birliği üye ülkelerde bulunan tünellerin mevcut olma ve yeni yapılma durumlarının tünel uzunluğuna göre tablolanmış hali gösterilmektedir.

Tablo 2.1: AB üye ülkelerinde bulunan karayolu tünelleri

Üye Ülkeler	Mevcut TEN Tünelleri	Yeni TEN Tünelleri	Mevcut TEN Tünelleri	Yeni TEN Tünelleri	Toplam TEN Tünelleri
	>1000m	>1000m		500-1000m	>500m
	>1000m	2002-2010		500-1000m	2002-2010
İTALYA	83	13	144	6	246
AVUSTURYA	33	8	19	4	64
ALMANYA	19	12	18	6	55
YUNANİSTAN	3	16	4	22	45
FRANSA	18	2	13	2	35
İSPANYA	16	3	4	2	25
İNGİLTERE	6	2	4	0	12
HOLLANDA	1	3	7	0	11
FİNLANDİYA	0	1	0	4	5
LÜKSEMBURG	0	0	0	3	3
DANİMARKA	1	0	2	0	3
İSVEÇ	0	3	0	0	3
PORTEKİZ	1	0	0	1	2
BELÇİKA	1	0	1	0	2
İRLANDA	0	1	0	0	1
AB Toplamı	182	64	216	50	512

Kaynak: Muzaffer Zafer Sinoplu(Avrupa Birliği Karayolu Tünelleri ile Türkiye Karayolu Tünellerinin Tünel Güvenliği Açısından Karşılaştırılması)

2.4 AB'DE TÜNEL GÜVENLİĞİ

Avrupa Birliği bünyesinde yer alan tünellerde meydana gelen dramatik kazalar konusunda Enerji ve Ulaşım konularından sorumlu Avrupa Komisyonu Başkan Yardımcısı Loyola de Palacio şöyle demektedir:

Son yıllarda meydana gelen tünel kazalarında, kurtarılabilecek pek çok insan hayatı kaybedilmiştir. Avrupa Birliği, tüm Avrupa ekonomisinin işlerliği ve gelişmesi konusundaki belirleyici rolünü üstlenebilmek için, yüksek güvenlik seviyesini sağlamak sorumluluğundadır.

Bu sorumluluktan yola çıkarak, Avrupa Birliği Komisyonu, 30 Aralık 2002 tarihinde Avrupa Parlamentosu ve AB Konseyi'nin onayına Trans-Avrupa Ulaşım Ağı kapsamında yer alan karayolu tünellerindeki minimum güvenlik gerekçesiyle ilgili direktif teklifini sunmuştur.

Söz konusu direktif teklifinde, son yıllarda meydana gelen tünel kazalarının bilançosu şu şekilde özetlenmiştir:

- a. Son yıllardaki tünel kazalarında, Gotthard'da 11, Mont-Blanc'de 39, Tauern'de ise 12 insan hayatını yitirmiştir.
- b. Tünel yangınlarının, onarımı dâhil direkt maliyeti 210 milyon euro/yıl'dır.
- c. Tünellerin kapanmış olmasından kaynaklanan dolaylı maliyetlerin ekonomiye etkisi büyüktür. Mont-Blanc tüneli kazası sonucu, sadece İtalya için bu miktar yıllık 300-450 milyon euro arasındadır.
- d. Tünellerin kapanışı Avrupa ekonomisi için de zararlıdır: Ulaşım bedelleri yükselmekte, rekabet gücü azalmakta, daha uzun yolculuklara neden olmasıyla güvenliği olumsuz yönde etkilemekte ve dolayısıyla çevre kirliliğini de arttırmaktadır.

Avrupa Komisyonu'nun sunduğu direktif teklifinde, bu konuya yaklaşıımı iki aşamalıdır:

- a. Kısa ve orta vadede; Komisyon, tünel kullanıcıları için yüksek bir güvenlik seviyesi oluşturacak minimum standartları belirleyecektir. Dolayısıyla; direktif teklifi teknik ve işletim güvenliği ile ilgili konuları kapsayacaktır: ekipman, trafik kuralları, bilgilendirme.
- b. Son zamanlardaki tünel yangınları, mevcut ulaşım sisteminin özellikle dağlık alanlarda sürdürülebilirliği konusunda soruları gündeme getirmiştir. Bu yüzden komisyon, orta ve uzun vadeli çözüm olarak, trafiğin karayollarından, kapasitesi uygun olan alternatif ulaşım modlarına yönlendirilmesini önermektedir (European Union).

2.5 AB ORTAK ULAŞTIRMA POLİTİKASININ GELİŞİMİ

Avrupa Ekonomik Topluluğu'nu kuran Roma Antlaşması'nın 2. Maddesinde AET'nun amaçları şu şekilde özetlenmiştir: Topluluğun görevi, bir ortak pazarın kurulması ve üye devletlerin ekonomi politikalarının zamanla yaklaştırılması yoluyla, Topluluğun tümü içinde ekonomik etkinliklerin uyumlu olarak gelişmesini, sürekli ve dengeli yayılmasını, istikrarın artmasını, hayat seviyesinin hızla yükselmesini sağlamak ve birleştirdiği devletlerarasında daha sıkı bir işbirliğini gerçekleştirmektir. Bu amaçlara ulaşmak ve Topluluğun etkinliğini artırmak için yerine getirilmesi gereken hususlar arasında ulaşım alanında ortak bir politikanın oluşturulması da yer alıyordu.

Eylül 1993 tarihinde yürürlüğe giren Maastricht Antlaşması ile Roma Antlaşması'nın 2. maddesi değiştirilmiştir. Topluluk ortak bir pazarın, ekonomik ve parasal birliğin kurulması ve 3 ve 3a maddelerinde yer verilen ortak politikaların ve faaliyetlerin yürürlüğe konulması yolu ile topluluğun bütünü içinde ekonomik faaliyetlerin uyumlu ve dengeli kalkınmanın, çevreye saygılı, sürekli ve enflasyonist olmayan bir büyümenin, ekonomik performansların yüksek derecede bütünlüğünün, yüksek seviyeli bir istihdam ve sosyal korumanın, yaşam

seviyesinin ve kalitesinin yükselmesinin, üye devletlerarasında ekonomik ve sosyal bütünlükle dayanışmanın iyileştirilmesi görevine sahiptir.

Maastricht Antlaşması, yukarıda belirtilen hedeflere ulaşmak için yerine getirilecek hususlar arasında, ulaştırma alanında ortak bir politika ve Trans-Avrupa ulaşım ağlarının kurulmasının ve geliştirilmesinin teşvikine de yer veriyordu.

Avrupa Birliği'nin ekonomik bütünleşmesinin önemli bir aşamasını teşkil eden Tek Pazar'ın tamamlanması ve etkin işleyişi her şeyden önce birliğin iç sınırları arasındaki teknik olduğu kadar fiziki engellerin de kalkmasına bağlıdır. Gerek topluluk içinde, gerekse topluluk dışında Avrupa pazarının ulaştırma konusuna açılmaması halinde, Avrupa bütünleşmesi, mal pazarının kaynaştırılması alanında eksik kalacaktır. Sadece ulaştırmaya ve ulaştırma için açılan pazarlar bütünleşebilir (Pattberg).

Avrupa Birliği'nin tarihsel süreç içerisinde gümrük birliğinden, nihai amacı olan siyasi birliğe olan ilerleyişinde ekonomik entegrasyon açısından, dört temel serbestliğin, yani malların, kişilerin, hizmet ve sermayenin üye ülkeler arasında serbest dolaşımının sağlanmasında ortaya çıkan güçlükler, ortak bir ulaştırma politikası oluşturma ihtiyacını ortaya koymuştur.

Ortak Ulaştırma Politikası, üye devletlerde taşımacılık ile ilgili geçerli kuralların, Topluluk seviyesinde ortak ilkelere bağlanmasını gerçekleştirmeye yöneliktir. Temel kuralı; hizmeti yapan işletme, kullanılan araç ya da taşınan mala, ait olduğu ülke dolayısıyla farklı işlem yapılmasını önlemektir. Ortak Ulaştırma politikasının iki temel amacı vardır. Birinci amaç, üye ülkelerde ulaştırma politikalarında mevcut bulunan bütün ayrımcı ve ayrıcalıklı uygulamaları ortadan kaldırarak ortak pazarın yaratılmasını sağlamaktır. İkinci amaç ise, ulaştırma hizmetlerinde bir ortak Pazar yaratmaktır (Karluk).

2.6 AB ULAŖTIRMA POLİTİKASI BEYAZ KİTABI

Avrupa Birliği Komisyonu, 12 Eylül 2001 tarihinde ulaŖtırma hizmetlerinden yararlananların ihtiyaçlarına cevap veren bir ulaŖtırma politikası oluŖturmak amacıyla hazırlanan 2010 için Avrupa UlaŖtırma Politikası: Karar Verme Zamanı isimli Beyaz Kitabı yayınlamıŖtır. Beyaz Kitap'ta AB'nin ekonomik rekabet gücü korunurken, çevrenin kirlenmesi ve trafik yoğunluğunun azaltılması amacıyla taŖımacılıktaki sabit büyüme ve ekonomik büyüme arasındaki bağlantıyı kademeli olarak kaldıran bir strateji ortaya konmuŖtur.

Bu kapsamda değişik taŖımacılık Ŗekilleri arasında kurallara uygun bir rekabetin sağlanması ve bunlar arasındaki bağlantıların kurulmasının teŖvik edilmesi, taŖımacılıktaki darboğazların hafifletilmesi, taŖımacılık araç ve hizmetlerini kullanan AB vatandaşlarının ihtiyaç ve taleplerini dikkate alan bir ulaŖtırma stratejisinin uygulanmasına yönelik 60 kadar önlem önerilmiŖtir.

Bu önerilen önlemler dört ana baŖlık altına toplanmıŖtır:

- a. Değişik taŖımacılık Ŗekilleri arasındaki dengenin sağlanması.
- b. TaŖımacılıktaki darboğazların giderilmesi.
- c. TaŖımacılıkta araç ve hizmetlerinden yararlananların ihtiyaçlarının göz önünde bulundurulması.
- d. UlaŖtırmadaki küreselleŖme etkilerinin yönetimi.

UlaŖtırma Beyaz Kitabında UlaŖtırma ve Enerji konularından sorumlu Komisyon BaŖkan Yardımcısı Loyola de Palacio ulaŖımın AB için önemini vurgulamıŖtır. UlaŖım, ekonomik rekabet ve ticari, ekonomik ve kültürel değişimde kritik rolü olan bir konudur. Ekonominin bu sektörü AB'nin toptan yerli imalatının “yüzde”10'u kadar bir tutara karŖılıklı gelmekte ve 10 milyon kiŖiye iŖ olanağı sunmaktadır. UlaŖım ayrıca Avrupa vatandaşlarını bir araya

getirmeye yardımcı olmaktadır. Ortak Ulaştırma Politikası Avrupa yapılaşmasının temel taşlarından biridir.

Ulaştırma Beyaz Kitabı'nda yer alan dört ana başlıktan biri olan "Taşımacılıkta Darboğazların Giderilmesi" başlığı altında, ana ulaşım hatlarında tıkanıklık ve kapanmanın meydana gelmemesi için ele alınan konulardan biri de önemli altyapı projeleridir. Trans-Avrupa Ulaşım Ağı içinde bulunan tünellerdeki güvenliğin geliştirilmesi bu projeler arasındadır.

Ulaştırma Beyaz Kitabı'nda "Tünel Güvenliğinin Geliştirilmesi" başlığı altında uzun tünellerde güvenliğin daha da önem kazandığı belirtilmektedir. Uzun tünellerdeki güvenlik, Trans-Avrupa Ulaşım Ağı'nın geliştirilmesinde hayati önem taşıyan bir konudur. Sınırlar arası önemli sayıdaki karayolu ya da demiryolu bağlantılarında, ister proje aşamasında, ister yapım aşamasında olsun, uzunluğu bazen 50 kilometreyi geçen çok önemli tüneller yer almaktadır. Topluluğun finansal desteğini almış ya da alacak olan bu projeler şöyledir:

- a. Fransa ve İspanya arasında yer alan 8 km uzunluğundaki Somport Tüneli,
- b. Danimarka-İsveç arasındaki demiryolu-karayolu bağlantı hattı,
- c. Gelecekteki Lyon-Turin transalpine demiryolu bağlantısı,
- d. Brenner Projesi
- e. Halihazırda inşa edilen Bologna-Florance arası hızlı hat (Bu 90km'lik projenin 60
- f. km'si tünellerle geçilmektedir).

Varolan yapıların bir kısmında ya yaşlanma ile ilgili problemler yaşanmaktadır (demiryolu tünellerinin "yüzde"80'i 19. yy'da inşa edilmiştir) ya da sürekli artan trafikle başa çıkılmasında zorlanılmaktadır. Mevcut ulusal yasalar büyük farklılıklar göstermektedir. Bazı üye devletler tünel güvenliği ile ilgili yasalara sahipken, diğerlerinde bu konuda yasalar hiç gelişmemiştir ya da hiç bulunmamaktadır. Avrupa Birliği tünellerdeki güvenliğin gelişmesi için hem teknik düzeyde hem de tünellerin işletimi konusunda yardımcı olabilecektir.

Bu yüzden önemle üzerinde durulması gereken, minimum güvenlik standartlarının uyumu şeklinde bir direktif formunda oluşabilecek Avrupa tüzüğüdür. Bu sayede, özellikle Avrupa Ulaşım Ağı'nda yer alan karayolu ve demiryolu tünellerini kullananlar için, yüksek bir güvenlik seviyesini garanti edecek şartlar ortaya konabilecektir. Ayrıca Komisyon, Topluluk fonlarından özellikle Trans-Avrupa Ulaşım Ağı bütçesinden karşılanan tünel içeren projelerde güvenlik konusunda çok tedbirli olacaktır (Commission of the European Communities).

2.7 TRANS AVRUPA KARAYOLU TÜNELLERİ

1990'lı yılların başından itibaren, birbirinden bağımsız ve aralarında yeteri kadar bağ oluşturulamamış üye ülke altyapılarının mevcut halleriyle tek pazarın gelişmesine yeteri kadar hizmet etmeyeceği düşüncesinden hareketle, AB Üyesi Ülkelerin ulaşım, telekomünikasyon ve enerji altyapılarını birbirine bağlayacak bir Trans-Avrupa Şebekesinin (Trans-European Network-TEN) geliştirilmesi konusu 1992 tarihli Maastricht Antlaşmasında yeni bir başlık olarak yer almıştır. Böylece, açık ve rekabet edebilir bir pazar sisteminin oluşturulması amacıyla ulusal ve bölgesel altyapı şebekelerinin birbirlerine bağlanması, karşılıklı işletilebilir hale getirilmesi, kopuk bağlantıların tamamlanması, tıkanıklıkların giderilmesi, ayrıca adaların, kara ile kuşatılmış alanların ve periferide kalan bölgelerin merkezi bölgelere bağlanması hedeflenmiştir.

Şekil 2.1: Trans Avrupa Karayolunun ülkemizde kalan kısmı



TEN'in kurulmasıyla ekonomik rekabet edebilirlik, büyüme, istihdam artışı, ulaşım emniyetinin sağlanması, hava kirliliğinin azaltılması, çevresel standartların artırılması, kısaca bölgelerarası işbirliği ve uyumun pekiştirilmesi sağlanmış, en önemlisi de kişilerin, malların, hizmetlerin serbest dolaşımı kolaylaştırılmış olacaktır.

Bilindiği üzere, Türkiye Avrupa Birliği (AB)' ne üye olduğunda Trans Avrupa Ağlarının (TEN-T) bir parçası haline gelecektir. Bu nedenle AB fonları Türkiye'nin kullanımına sunulduğunda bu fonların en fazla kullanılacağı sektörlerden biri şüphesiz ulaştırma sektörü olacaktır.

Bu durumu dikkate alan Türkiye, AB' nin ulaştırma projelerine kaynak sağlamasını temin etmek için Türkiye'nin Trans Avrupa Ağlarına bağlanması sırasında izleyeceği stratejinin,

yapması gereken yatırımların ve Türkiye’yi Trans Avrupa Ağlarına bağlayacak çok modlu taşımacılığı sağlayacak ana güzergâhların belirleneceği, bu güzergâhlara bağlantı sağlayacak önemli ulaştırma ağlarının ve bağlantı noktalarının da ortaya konulacağı Ulaşım Altyapı İhtiyaç Değerlendirme Çalışması (TINA Türkiye)’ni hazırlamıştır.

TINA Projensinin amacı, Türkiye Cumhuriyeti sınırları içinde ve Avrupa Birliği’nin TEN-T sisteminin Türkiye’ye uzantısı niteliğinde çok modlu (multimodal) bir ulaştırma ağı (Çekirdek Ağ) geliştirilmesidir. Proje, Türkiye’de karayollarını, demiryollarını, limanları ve havaalanlarını kapsayan çok modlu bir ulaştırma ağının tanımlanması ve değerlendirilmesinden oluşmaktadır.

Dengeli, rasyonel ve etkili bir ulaştırma altyapısı oluşturularak ulaştırma modlarının etkin kullanımını sağlamak Türkiye’nin ulaştırma politikalarının temel konusudur. Türkiye zaman kaybetmeden Trans Avrupa Ağlarının (TEN-T) bir parçası haline getirilmelidir.

2005 istatistiklerine göre, yolcuların “yüzde” 95’i karayolları; “yüzde” 2.6’ sı da demiryollarıyla taşınmaktadır. Yüklerin ise “yüzde” 91’i karayolları ile taşınırken, “yüzde” 5’i demiryollarıyla ve “yüzde” 3’ü denizyoluyla taşınmaktadır.

Proje, Türkiye sınırları içerisinde Kapıkule Sınır Kapısından başlayıp, Doğuda Sarp, Gürbulak Sınır Kapılarına, Güneyde Cilvegözü ve Habur Sınır Kapılarına ulaşmaktadır. TEM Projesi kapsamında yer alan yollarımızın büyük bölümü aynı zamanda Uluslararası E-YOLLARI ağının bir parçasıdır. Tüneller, karayollarının bütünleyici bir parçasını oluşturmaktadır. Aşılması güç coğrafi engellerin tünel kullanılarak geçilmesi ulusal ve uluslararası ulaşımda çok büyük avantajlar sağlamaktadır.

Toplam uzunluğu 1.1.2011 tarihi itibariyle 24.931 Km olan Kuzey-Güney Avrupa Otoyolu Projesi yol ağının ülkemiz sınırları içinde kalan bölümü yaklaşık 6.962 Km. olup, bu uzunluk tüm ağın yaklaşık “yüzde”28’ini oluşturmaktadır. Tablo 2.2’ de ülkemizdeki trafiğe açık olan uzunluğu 500 metreden fazla olan tünellerin karayolları bölge

sınıflamasına ve devlet yolu ya da otoyol üzerinde olma durumuna göre tünel isimleri ve uzunlukları verilmiştir.

Tablo 2.2: Ülkemizdeki trafiğe açık olan 500 metreden uzun tüneller

Karayolları Bölge No	Devlet Yolu / Otoyol	Tünel Adı	Uzunluğu(m)
2	Otoyol	Selatin	3.043-- 3.043
5	Otoyol	Ayran	559 -- 597
5	Otoyol	Kızlaç	3.014 -- 3.125
5	Otoyol	Aslanlı	1.241 -- 1.241
7	Devlet Yolu	Kocakaya	553
10	Devlet Yolu	Zigana	1.702
10	Devlet Yolu	Esenkiyı	547
10	Devlet Yolu	Kopmuş	1.013
10	Devlet Yolu	Uluburun	980 -- 980
10	Devlet Yolu	Çamburnu	580 -- 580
10	Devlet Yolu	Çayeli	1.390 – 1.390
13	Devlet Yolu	Ulaş	1.542
13	Devlet Yolu	Göcek	960 -- 960
14	Otoyol	Iğdır	518 -- 486
15	Devlet Yolu	Sapça	568
15	Devlet Yolu	Dorukhan	903
15	Devlet Yolu	Suçatı	705
17	Otoyol	Vecdi Diker	740 -- 740
17	Otoyol Bağlantı Yolu	Halit Ulukurt	690 -- 702
17	Otoyol	Korutepe	1.041 -- 1.090
17	Otoyol	Gültepe	606 -- 585

Kaynak: Muzaffer Zafer Sinoplu(Avrupa Birliği Karayolu Tünelleri ile Türkiye Karayolu Tünellerinin Tünel Güvenliği Açısından Karşılaştırılması)

Tablo 2.3’ de ülkemizdeki yapım aşamasında olan uzunluğu 500 metreden fazla olan tünellerin karayolları bölge sınıflamasına ve devlet yolu ya da otoyol üzerinde olma durumuna göre tünel isimleri ve uzunlukları verilmiştir.

Tablo 2.3: Ülkemizdeki yapım aşamasında olan 500 metreden uzun tüneller

Karayolları Bölge No	Devlet Yolu Otoyol	Tünel Adı	Uzunluğu (m)
7	Devlet Yolu	Saca	2000 - 2000
7	Devlet Yolu	Güreceli	800 - 800
7	Devlet Yolu	Samsun Batı Çevre	1015-1015
7	Devlet Yolu	Boztepe	3310-3310
7	Devlet Yolu	Öceli	1585-1585
10	Devlet Yolu	Tortum	1700
10	Devlet Yolu	Cankurtaran	5000
12	Devlet Yolu	Kop	12000
13	Devlet Yolu	T-1 Dim	1380-1380
13	Devlet Yolu	Karagedik-1	540-540
13	Devlet Yolu	Çubukbeli	1800
15	Devlet Yolu	Ilgaz	4335
15	Devlet Yolu	Üzülmez	595-670
15	Devlet Yolu	Asartepe	895
16	Devlet Yolu	Çamlıbel	980
5	Devlet Yolu	Boğsak	1190-1190
7	Devlet Yolu	Dranas	1996
7	Devlet Yolu	Nefise Akçelik	3770-3770
10	Devlet Yolu	T-1	768-768
10	Devlet Yolu	Tirebolu -1	2129-2129
10	Devlet Yolu	Tirebolu -2	619-630
10	Devlet Yolu	Eynesil	500

Kaynak: Muzaffer Zafer Sinoplu(Avrupa Birliği Karayolu Tünelleri ile Türkiye Karayolu Tünellerinin Tünel Güvenliği Açısından Karşılaştırılması)

2.8 AB TARAFINDAN ÖNERİLEN TÜNEL GÜVENLİK GEREKSİNİMLERİ

AB Direktifine göre altyapı için getirilen minimum gereksinimlerin özeti aşağıdaki tabloda verilmiştir.

2.8.1 Yapısal gereksinimler

Avrupa Birliği kriterlerine göre tünellerde bulunması gereken minimum yapısal gereksinimler tüp sayısı, acil yay yolu, acil çıkış, çapraz bağlantılar, aydınlatma sistemi, havalandırma sistemi, vb sistemlerin neler olduğu aşağıdaki tablodan anlaşılmaktadır.

2.8.1.1. Tüp sayısı

Bir tünelin tüp sayısının belirlenmesi için ana kriter;

- a. Ağır vasıta yüzdesi
- b. Eğim
- c. Uzunluk
- d. Tahmini trafik hacmi ve güvenliği olacaktır.

Tünellerin proje aşamasında, herhangi bir durumda 15 yıllık trafik tahmini yapılır, yapılan tahmin sonucunda şerit başına günlük 10.000 araç sayısının aşılacağını görülürse tek yön trafikli çift tüplü tünel yapılır.

Arıza şeridi hariç tünel içinde ve dışında aynı sayıda şerit olacaktır. Herhangi bir şerit sayısı değişikliğinde tünel girişinde yeterli mesafede bilgilendirme yapılacak ve güvenlik tedbirleri alınacaktır. Bu mesafe en az, tünel içinde ki hız sınırında seyreden aracın 10 sn' de katedeceği uzunlukta olacaktır. Coğrafi koşullar bunu önlerse güvenliği artırmak için ilave ve/veya destekleyici önlemler alınacaktır.

- tüm tüneller için zorunludur
- * istisnalar ile zorunludur

- ◇ zorunlu değildir
- önerilmektedir

MİNİMUM GEREKSİNİMLERİN ÖZETİ

Trafik ≤2000 taşıt/şerit				Trafik >2000 taşıt/şerit				Uygulama konusunda zorunlu ilave koşullar veya öneriler
500 - 1000 m		> 1000 m	500 - 1000 m	1000-3000 m	> 3000 m			
Yapısal Önlemler	2 veya daha fazla tüp	§ 2.1					15 yıllık trafik tahmini > 10000 taşıt/şerit ise zorunludur.	
	Eğimler ≤ 5%	§ 2.2	*	*	*	*	Coğrafi açıdan mümkün ise zorunludur.	
	Acil Yaya Yolu	§ 2.3.1 § 2.3.2	*	*	*	*	§2.3.1'deki şart ile ilgisi olmadıkça, acil durum şeridinin olmadığı yerlerde zorunludur. Mevcut tünellerde acil durum şeridi veya acil yaya yolu mevcut değilse ilave/çözümleyici önlemler alınacaktır.	
	En az 500 m de Acil çıkışlar	§ 2.3.3– § 2.3.9	◇	◇	*	*	Mevcut tünellerdeki güvenlik çıkışı uygulaması durum bazında değerlendirilecektir.	
	Acil hizmetler için en az her 1500 m'de çapraz bağlantılar	§ 2.4.1	◇	◇/●	◇	◇/●	●	1500 m den uzun çift tüplerde zorunludur.
	Her bir tünel girişinin dışında refüj geçidi	§ 2.4.2	●	●	●	●	●	Coğrafi açıdan mümkün ise, çift tüp veya çok-tüplü tünellerin dışında zorunludur.
	En az her 1000 m'de cep	§ 2.5	◇	◇	◇	◇/●	◇/●	Acil durum şeridi bulunmayan 1500 m > yeni iki-yönlü tünellerde zorunludur. 1500 m > mevcut iki yönlü tünellerde: analize bağlıdır. Yeni ve mevcut tünellerin her ikisinde de, kullanılabilir ekstra tünel genişliğine bağlıdır.
	Yanıcı ve zehirli sıvılar için drenaj	§ 2.6	*	*	*	*	*	Tehlikeli madde taşımacılığına izin verilen yerlerde zorunludur.
	Yapıların ateşe dayanıklılığı	§ 2.7	●	●	●	●	●	Yerel bir çökmenin felaketsiz sonuçlar yaratabileceği yerlerde zorunludur.

Kaynak: Ulusal Veri Tabanı (UVT) (Trans-Avrupa Karayolu ağı üzerindeki tüneller için minimum güvenlik gereksinimleri)

- tüm tüneller için zorunludur
- * istisnalar ile zorunludur

- ◇ zorunlu değildir
- önerilmektedir

MİNİMUM GEREKSİNİMLERİN ÖZETİ

Trafik ≤2000 taşıt/şerit					Trafik >2000 taşıt/şerit			Uygulama konusunda zorunlu ilave koşullar veya öneriler
500 -1000 m				> 1000 m	500 - 1000 m	1000- 3000 m	> 3000 m	
Aydınlatma	Normal Aydınlatma	§ 2.8.1	●	●	●	●	●	
	Güvenlik Aydınlatması	§ 2.8.2	●	●	●	●	●	
	Tahliye Aydınlatması	§ 2.8.3	●	●	●	●	●	
Havalandırma	Mekanik Havalandırma	§ 2.9	◇	◇	◇	●	●	
	(Kısmi-)Enine havalandırma için özel şartlar	§ 2.9.5	◇	◇	◇	◇	●	Bir kontrol merkezinin bulunduğu iki yönlü tünellerde zorunludur.
Acil Hizmet İstasyonu	En az her 150 m de	§ 2.10	*	*	*	*	*	Telefon ve 2 adet yangın söndürme cihazı ile donanımlıdır. Mevcut tünellerde azami 250 m lik aralığa izin verilmektedir.
Su Ekipmanı	En az her 250 m de	§ 2.11	●	●	●	●	●	Mevcut değil ise, başka türlü yeterli su temini zorunludur.
Yol İşaretleri		§ 2.12	●	●	●	●	●	Tüm tünel kullanıcıları için temin edilen güvenlik hizmetlerinin bütünü için (Ek III 'e bakınız.)
Kontrol Merkezi		§ 2.13	◇	◇	◇	◇	●	Birkaç tünelin izlenmesi tek bir kontrol merkezinde toplanabilir.
İzleme Sistemleri	Video	§ 2.14	◇	◇	◇	◇	●	Kontrol merkezinin bulunduğu tünellerde zorunludur
	Otomatik kaza tespiti ve/veya yangın tespiti	§ 2.14	●	●	●	●	●	Kontrol merkezinin bulunduğu tünellerde, iki sistemin en az bir tanesi zorunludur
Tüneli kapatmak için gerekli ekipman	Girişlerin önüne konulacak ışıklı trafik işaret cihazları	§ .15.1	◇	●	◇	●	●	
	Tünel içinde en az her 1000 m de ışıklı trafik işaret cihazları	§ .15.2	◇	◇	◇	◇	■	Kontrol merkezi mevcut ise ve uzunluk 3000 m yi geçiyor ise önerilmektedir.

Kaynak: Ulusal Veri Tabanı (UVT) (Trans-Avrupa Karayolu ağı üzerindeki tüneller için minimum güvenlik gereksinimleri)

- tüm tüneller için zorunludur
- * istisnalar ile zorunludur

- ◇ zorunlu değildir
- önerilmektedir

MİNİMUM GEREKSİNİMLERİN ÖZETİ

Trafik ≤ 2000 taşıt/şerit				Trafik >2000 taşıt/şerit				Uygulama konusunda zorunlu ilave koşullar veya öneriler
500 -1000 m			> 1000 m	500 - 1000 m	1000- 3000 m	> 3000 m		
Haberleşme Sistemleri	Acil hizmet için radyo yayını	§ 2.16.1	◇	◇	◇	●	●	
	Tünel kullanıcıları için acil Radyo mesajları	§ 2.16.2	●	●	●	●	●	Tünel kullanıcıları için radyo yayını olan yerlerde ve kontrol merkezinin bulunduğu yerlerde zorunludur.
	Sığınak ve çıkışlarda hoparlörler	§ 2.16.3	●	●	●	●	●	Tüneli tahliye eden kullanıcıların dışarıya erişmelerinden önce beklemeleri gereken yerde zorunludur.
Acil Güç Temini		§ 2.17	●	●	●	●	●	En azından tünel kullanıcılarının tahliyesi esnasında, zorunlu güvenlik ekipmanının işlevselliğinin temin edilmesi.
Ekipmanın ateşe dayanıklılığı		§ 2.18	●	●	●	●	●	Gerekli güvenlik işlevlerinin sürdürülmesini hedefleyecektir.

Kaynak: Ulusal Veri Tabanı (UVT) (Trans-Avrupa Karayolu ağı üzerindeki tüneller için minimum güvenlik gereksinimleri)

2.8.1.2 Tünel eğimi

Bir tünelin kesit geometrisi projelendirilirken

- a. Düşey ve yatay güzergahlara
- b. Erişme yollarına
- c. Güvenliğe
özel önem verilecektir.

Coğrafi olarak mümkün olduğu müddetçe yeni tünellerde “yüzde” 5' in üzerindeki boyuna eğimlere izin verilmeyecektir.

Eğimi “yüzde” 3' ün üzerinde olan tünellerde, bir risk analizine dayalı olarak, güvenliği artırmak için ilave destekleyici önlemler alınacaktır. Yavaşlama şeriti genişliğinin 3.5 m' den az olduğu ve ağır yüklü vasıtalara izin verilen yerlerde, bir risk analizine dayalı olarak, ilave destekleyici önlemler alınacaktır.

2.8.1.3 Kaçış yolları ve acil çıkışlar

Arıza şeridi olan yeni tünellerde, bir arıza veya kaza halinde tünel kullanıcılarının kullanması için, yükseltilmiş olsun veya olmasın acil durum yaya yolları temin edilecektir. Tünelin yapım özellikleri imkân vermediği takdirde veya sadece orantısız maliyet ile imkân verdiği takdirde ve tünelin tek yönlü olması halinde ve sabit izleme ve şerit kapama sistemine sahip olması halinde bu koşul uygulanmamaktadır.

Arıza şeridi veya acil durum yaya yolu bulunmayan mevcut tünellerde güvenliğin temini için ilave çözümleyici önlemler alınacaktır. Acil çıkışlar, tünel kullanıcılarına, herhangi bir kaza veya yangın durumunda tüneli araçsız terk etmeleri ve güvenli bir yere erişmeleri imkânını verir ve acil servisler için de tünele yaya olarak erişim sağlar.

Acil çıkış örnekleri şunlardır;

- a. Tünelden dışarıya doğrudan çıkışlar,
- b. Tünel tüpleri arası enine geçişler,
- c. Acil galeriye çıkış,
- d. Tünel tüpünden ayrı olarak kaçış yollu sığınaklar.

Açık alana çıkışı sağlayan kaçış yollarına geçişi olmayan sığınaklar inşa edilmeyecektir. Eğer lokal şartlar altında dumanın ne kadar uzağa gideceği ve ne kadar hızlı yayılacağını kapsayan ilgili risklerin analizi, kullanıcıların güvenliğini sağlamada havalandırma ve diğer güvenlik şartlarının yetersiz olduğunu gösteriyorsa acil çıkışlar teşkil edilecektir.

Herhangi bir durumda, yeni tünellerde trafik hacmi şerit başına 2000 araçtan yüksek olduğunda acil çıkışlar teşkil edilecektir. Şerit başına araç sayısı 2000' den büyük trafik hacmine sahip 1000 m' den uzun mevcut tünellerde acil çıkışlar yapılmasının fizibilitesi ve etkisi değerlendirilecektir. Acil çıkışların olduğu yerde iki acil çıkış arasındaki mesafe 500 m' yi aşmayacaktır.

Tünel kullanıcılarının güvenli bir şekilde dışarıya ulaşabilmeleri ve acil hizmetlerin tünele erişim sağlayabilmeleri için, güvenlik çıkışlarının gerisindeki boşaltma güzergâhlarına duman ve ısının ulaşmasını engellemek üzere kapı gibi uygun araçlar kullanılacaktır

2.8.1.4 Acil servisler için erişim

Tüplerin hemen hemen veya tamamen aynı seviyede olduğu çift tüplü tünellerde acil hizmetlerin kullanımı için uygun çapraz bağlantılar her 1500 m'de bir temin edilecektir.

Coğrafi açıdan mümkün olduğunda, çift tüp veya çok-tüplü tünellerin her bir girişinin dış kısmında refüj (refüj şeridi) geçişi mümkün kılınacaktır.

2.8.1.5 Cepler

Yeni yapılacak tünellerde trafik hacminin şerit başına 2 000 motorlu taşıttan yüksek olduğu, 1500 m'den uzun, yeni, iki yönlü tünellerde eğer arıza şeridi temin edilmemiş ise, 1000 m'yi geçmeyecek mesafelerde cepler temin edilecektir.

Mevcut tünellerde 1 500 m'den uzun, şerit başına 2 000 motorlu taşıttan fazla trafik hacmine sahip ancak arıza şeridi olmayan mevcut iki yönlü tünellerde cep uygulamasının fizibilitesi ve yararı değerlendirilecektir.

Tünelin yapım özelliği imkân vermez ise veya sadece orantısız maliyette imkân verir ise, yükseltilmiş kısımlar ve normal trafik şeritleri hariç motorlu taşıt erişilebilirliği olan toplam tünel genişliği en azından tek bir normal trafik şeridinin genişliğine eşit ise, ceplerin temin edilmesi zorunlu değildir. Cepler, bir acil hizmet istasyonu kapsayacaktır.

2.8.1.6 Drenaj

Tehlikeli madde taşımacılığına izin verilmesi durumunda, yanıcı ve zehirli sıvıların drenajı tünel enkesitlerinde iyi tasarlanmış mazgal delikleri veya diğer önlemler vasıtası ile temin edilecektir. Buna ilaveten, drenaj sistemi, tüplerin içinde ve tüplerin arasında yangının ve yanıcı ve zehirli sıvıların yayılmasını önlemek üzere projelendirilecek ve sağlanacaktır.

Mevcut tünellerde, bu koşul karşılanamaz ise veya sadece orantısız maliyet ile karşılanabilir ise, ilgili risklerin analizi temelinde tehlikeli madde taşımacılığına izin verme konusunda karar alınırken bu durum göz önünde bulundurulacaktır.

2.8.1.7 Yapıların yangına karşı dayanıklılığı

Yapının yerel çökmesinin felaketle sonuçlanması durumunda (örnek: batık tüneller veya önemli bitişik yapıların çökmesine neden olabilecek tüneller) tüm tünellerin ana yapısında yeterli seviyede ateşe dayanıklılık temin edilecektir.

2.8.1.8 Aydınlatma

Normal aydınlatma, tünel içerisinde olduğu gibi giriş bölgesinde de, sürücülere yeterli gündüz ve gece görünürlüğü sağlayacak özellikte olacaktır. Güvenlik aydınlatması, bir güç kaynağı arızası durumunda araçlarıyla tüneli tahliye etmeleri için, tünel kullanıcılarına asgari görünürlük sağlayacaktır.

Tahliye aydınlatması, örneğin 1.5 m'den yüksek olmayacak şekilde tahliye işaret ışıkları, acil durumda tüneli yürüyerek terk etmeleri için tünel kullanıcılarına kılavuzluk yapacaktır.

2.8.1.9 Havalandırma

Havalandırma sisteminin tasarımı, yapımı ve işletmesinde aşağıdaki hususlar dikkate alınacaktır.

- a. Normal ve zirve trafik akışlarında araçlardan yayılan kirleticilerin, kontrolü,
- b. Bir olay veya kaza nedeniyle duran trafikteki araçlardan yayılan kirleticilerin kontrolü,
- c. Bir yangın durumunda sıcaklık ve duman kontrolü,

Şerit başına 2000 araçtan yüksek trafik hacmine sahip 1000 m' den uzun tüm tünellerde mekanik havalandırma sistemi tesis edilecektir.

Çift yönlü veya yoğun tek yön trafikli tüm tünellerde, boyuna havalandırma yapılacaktır. Mekanik havalandırma sisteminin gerekli olduğu ve boyuna havalandırmaya izin verilmediği tünellerde enine veya yarı-enine havalandırma sistemleri kullanılacaktır. Bu sistemler bir yangın durumunda dumanı tahliye etme yeteneğine sahip olacaktır.

Trafik hacmi şerit başına 2000'den yüksek, 3000 m' den uzun ve bir kontrol merkezi olan enine ve/veya yan-enine havalandırmalı tüm çift trafik yönlü tünellerde havalandırma ile ilgili olarak aşağıdaki asgari önlemler alınacaktır.

- a. Hava ve duman deşarj kapakları ayrı ayrı veya gruplar halinde çalıştırılabilecek şekilde tesis edilecektir,
- b. Boyuna hava hızı sürekli izlenecek ve havalandırma sisteminin (kapaklar, fanlar, vb.) yönlendirme süreci uyumlu olarak ayarlanacaktır.

2.8.1.10 Acil istasyonlar

Acil hizmet istasyonları, muhtelif güvenlik ekipmanının temini için, özellikle acil hizmet telefonları ve yangın söndürme cihazları için öngörülmektedir, ancak karayolu kullanıcılarını yangının etkisinden korumak üzere planlanmamıştır.

Acil hizmet istasyonları yan duvarda veya tercihen duvara gömmeli bir kutudan ibaret olabilmektedir. En azından bir acil hizmet telefonu ve iki yangın söndürme cihazı ile teçhiz edilecektir.

Acil hizmet istasyonları, yeni tüneller için 150 m'yi geçmeyecek, mevcut tünellerde 250 m'yi geçmeyecek aralıklarla temin edilecektir.

2.8.1.11 Su ekipmanı

Tüm tüneller için su temini sağlanacaktır. Su muslukları tünel girişlerine yakın ve içerde 250 m'yi geçmeyecek aralıklarla temin edilecektir. Su temini mevcut olmadığında, yeterli suyun başka bir şekilde temin edildiğini beyan etmek zorunludur.

2.8.1.12 Yol işaretleri

Üye Ülkeler, gerekirse, tünelden önceki uyarı sahasında, tünelin içinde ve tünelin bitiminden sonra uygun işaretleri kullanacaktır. Bir tünel için işaretler tasarlanırken, yerel trafik ve yapım koşulları ve yanı sıra diğer yerel koşullar göz önünde

bulundurulacaktır. Viyana Anlaşması'nı uygulamayan Üye Ülkelerin haricinde, "Yol İşaretleri ve Sinyallere İlişkin Viyana Anlaşması"na uygun işaretler kullanılacaktır.

Tünellerde kullanılacak yol işaretleri ve semboller aşağıda belirtilmiştir. Aksi belirtilmedikçe bu bölümde bahsedilen yol işaretleri 1968 yılında imzalanmış olan "Yol İşaretleri ve Sinyallere İlişkin Viyana Anlaşması"nda tanımlanan işaretlerdir.

İşaretlerin, işaret sisteminin uluslar arası anlaşılabilirliğini kolaylaştırmak için her bir işaret sınıfının şekil ve renk özelliğinin kullanımı, mümkün olduğunda, yazı değil grafik simge kullanımı esas alınacaktır. Üye ülkeler öngörülen işaret ve sembollerin değiştirilmesini gerekli görürse, değişiklikler, işaret ve sembollerin temel özelliklerini değiştirmeyecektir. Üye Ülkelerin Viyana Anlaşmasını uygulamadığı durumlarda, yapılan değişiklikler temel amacı değiştirmeyecek ise, öngörülen işaret ve semboller değiştirilebilir.

a. Radyo:

Tünellerde, kullanıcıların radyoları aracılığı ile bilgi alabilecekleri yerlerde, girişten önce yerleştirilen uygun levhalar bu bilgiyi ne şekilde alacaklarını kullanıcılara belirtecektir.

İşaretler ve yol işaretleri açıkça görülebilecek şekilde tasarlanacak ve yerleştirilecektir.

b. Cepler;

Şekil 2.2: Tünel cep işareti



Cepleri belirten işaretler Viyana Anlaşmasına göre E işaretleri olacaktır. Telefon ve yangın söndürücüler ek levha veya işaretin üzerinde belirtilecektir. Güvenlik çıkışları: bütün güvenlik çıkışları için aynı işaret kullanılacaktır. Tahliye güzergâhları: en yakın iki güvenlik çıkışı 25 m'den fazla olmayan aralıklarla, tahliye seviyesinin 1,0 ila 1,5 m yukarısındaki yükseklikte, çıkışlara olan mesafeyi gösteren yan duvarlardaki levhalar ile belirtilecektir;

c. Tünel işareti

Şekil 2.3: Karayolu tünelleri için Viyana Anlaşmasının E11 işareti



Levhanın alt kısmında veya H2 ek levha üzerinde uzunluk belirtilecektir. 3000 metreden uzun tüneller için her 1000 metrede tünelin kalan uzunluğu belirtilecektir. Tünelin ismi de belirtilebilir.

Yatay işaretleme

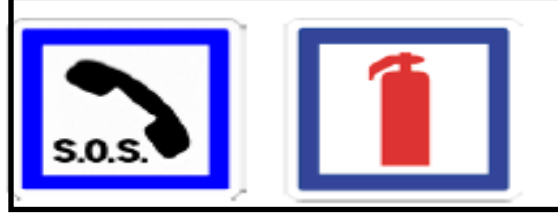
- a. Yol kenarında yatay kurb taşı kullanılmalıdır.
- b. İki yönlü tünellerde, iki yönü ayıran refüj çizgisi (tek veya çift) boyunca açıkça görülebilecek araçlar kullanılmalıdır.

d. Acil hizmet istasyonları

Acil hizmet istasyonları: acil hizmet telefonlarının ve yangın söndürücülerin mevcudiyetini belirtmek için yerleştirilmiş işaretlerdir. Acil hizmet istasyonlarında

Viyana Anlaşmasına göre F işaretleri olan bilgilendirici işaretler bulunacak ve karayolu kullanıcıları için mevcut olan ekipmanı belirtecektir.

Şekil 2.4: Acil hizmet istasyonu ve yangın tüpü işareti



Tünelden bir kapı ile ayrılan acil hizmet istasyonlarında uygun dillerle yazılmış açıkça okunan yazı ile, yangında acil hizmet istasyonunun koruma garantisi olmadığı açıkça belirtilecektir. Aşağıda örneği verilmiştir.

“BU ALAN YANGINDAN KORUMA SAĞLAMAMAKTADIR
ACİL HİZMET ÇIKIŞLARINA YÖNLENDİREN İŞARETLERİ İZLEYİNİZ”

e. Acil hizmet çıkışları

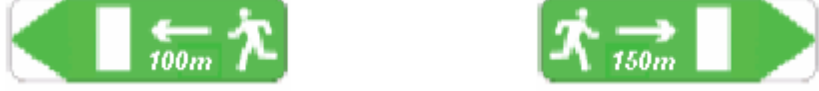
Acil hizmet çıkışlarını” belirten işaretler Viyana Anlaşmasına göre G işaretleri olacaktır.

Örnekleri aşağıdadır:

Şekil 2.5: Acil hizmet istasyonu çıkış işareti



Ayrıca en yakın iki çıkışı belirten işaretin yan duvarlara asılması gerekmektedir.



f. Şerit sinyalleri

Şekil 2.6: Şerit sinyali işareti



Bu işaretler yuvarlak veya dikdörtgen olabilmektedir. Değişik mesaj işaretleri trafik sıkışıklığı, arıza, kaza, yangın veya diğer tehlikeler hakkında tünel kullanıcılarına bilgi verecek olan herhangi değişik mesaj işareti açıkça belirtilmiş olacaktır.

2.8.1.13 Kontrol merkezi

3000 m' den uzun ve şerit başına 2000 araçtan yüksek trafik hacmine sahip tüm tüneller için bir kontrol merkezi; oluşturulacaktır. Farklı tünellerin izlenmesi tek kontrol ünitesinde merkezileştirilebilir.

2.8.1.14 İzleme sistemleri

Görüntü izleme sistemleri ve trafik olaylarını (örneğin duran araçlar) ve/veya yangınları otomatik algılayabilecek bir sistem kontrol merkezi olan tüm tünellere tesis edilecektir.

2.8.1.15 Tünel kapatma ekipmanı

1000 m' den uzun tüm tünellerde trafik sinyalleri girişlerden önce tesis edilecektir, böylece tünel acil durumlarda kapatılabilecektir. İlave araçlar, örneğin değişken mesaj işaretleri ve bariyerler, mesajlara uyulmasının temini için sağlanabilir.

3000 m' den uzun, kontrol merkezi olan ve trafik hacmi şerit başına 2000 araçtan yüksek olan tüm tünellerin içerisinde, bir acil durumda araçları durduracak ekipmanın, 1000 m' yi aşmayacak aralıklarla olması önerilir. Bu ekipman, trafik sinyallerini ve olası ilave araçları örneğin hoparlörler, değişken mesaj işaretleri ve bariyerleri kapsayacaktır.

2.8.1.16 Haberleşme sistemleri

Telsiz ekipmanı (Belirli frekanstaki telsiz yayınlarının tünel boyunca iletimini sağlayan elektronik ekipman) , acil servislerin (bakım, itfaiye, ambulans, vb.), kullanımı için, 1000 m' den uzun ve trafik hacmi şerit başına 2000 araçtan yüksek tüm tünellere tesis edilecektir.

Kontrol merkezinin olduğu yerde, gerektiğinde acil durum mesajlarını iletmek için, tünel kullanıcılarına hitap eden kanalların radyo yayınına giriş yapma imkânı olacaktır. Tahliye esnasında tünel kullanıcılarının dışarıya erişmeden önce bekleyeceği sığınaklarda ve diğer tesislerde, kullanıcılara bilgi aktarılması amacıyla, hoparlörler teçhiz edilecektir.

2.8.1.17 Acil güç temini

Tüm tüneller tahliye için kaçınılmaz olan güvenlik ekipmanlarının, tüm kullanıcılar tüneli tahliye edinceye kadar, işletimini sağlayacak bir acil güç kaynağına sahip olacaktır. Elektrik, ölçü ve kontrol devreleri, örneğin lokal bir arızanın, veya bir yangın nedeniyle oluşan bozulmanın diğer sistemleri etkileyemeyeceği şekilde tasarlanacaktır.

2.8.1.18 Ekipmanların yangına dayanıklılığı

Tüm tünel ekipmanının yangına dayanıklılık düzeyi, teknolojik imkânları ve bir yangın durumunda gerekli güvenlik fonksiyonlarının sürdürülmesi amacı, dikkate alınacaktır.

2.8.2 İşletimle ilgili gereksinimler

Avrupa Birliği kriterlerine göre yapısal önlemlerin yanı sıra işletme yönünden de bazı önlemlerin alınması ve alınan önlemlerin belirli makamlarca düzenli kontrolünün yapılması hedeflenmektedir.

2.8.2.1 İdari yetkili makam

Üye ülkeler tarafından atanacak ve tünel güvenliği ile ilgili tüm konularda bütün sorumluluğa sahip olacaktır. İdari Yetkili Makam, ulusal, bölgesel veya yerel olabilir. Sınır kateden tüneller için her üye ülke bir idari yetkili makam atayacaktır. İdari Yetkili Makamlar, yeni bir tünel yapılması ya da bir tünelin yeniden yapılması için izin vermek durumundadırlar. Ayrıca bir tünelin işletimini, güvenlik koşulları sağlanmıyor ise, askıya alabilir ya da yasaklayabilir.

2.8.2.2 Teknik denetleme heyeti

Güvenlik değerlendirmeleri, testleri ve denetlemesi için üye ülkeler tarafından atanacaktır. Bu fonksiyonu İdari Yetkili Makamın kendisi de yürütebilir, ancak tünel yönetimine bağlı bir organizasyon Denetleme Heyeti olarak yetkilendirilemez.

2.8.2.3 Tünel yöneticisi

Her tünel için İdari Yetkili Makam bir tünel yöneticisi belirleyecektir. Tünel yönetimi kamusal ya da özel bir organ olabilir ve tüm tünel işletiminden sorumlu olacaktır. Sınır kateden tüneller için her iki İdari Yetkili Makam da aynı tünel yönetimini tanıyacaktır.

2.8.2.4 Bağımsız emniyet görevlileri

Her tünel için, tünel yöneticisi tarafından görevlendirilecektir. Kullanıcıların güvenliği ve iletim personelinin güvenliğini sağlamak için gerekli tüm nlemleyici ve koruyucu önlemleri denetleyecektir. Emniyet görevlisi tünel güvenliği ile ilgili tüm konularda bağımsız olacak, bu konularda bir işverenden talimat almayacaktır.

Tünel iletimi trafik akıınının sürekliliğini ve güvenliğini temin edecek Şekilde organize olmalı ve yürütülmelidir. Tünel iletimine katılan personel ve acil durum servisleri gerekli temel ve uygulamalı eğitim almalıdırlar.

Her tünel için acil durum planları hazırlanacaktır. Farklı ülkelerde balayıp biten tüneller için her iki ülkenin de dâhil olduğu tek bir acil durum planı oluşturulacaktır.

2.8.2.5 İdari yetkili makamın rolü

rgtlenme seviyesinde İdari Yetkili Makam yol tünellerinde kaza/olay koordinasyonu ve denetlemesi için aşağıdakileri yerine getirecektir:

- a. Emniyet bakımından tünellerin incelenmesi için Şartları belirleyecektir;
- b. Emniyet Görevlileri ile birlikte acil durum hizmetlerinin eğitimi ve teçhiz edilmesi için örgütlenme ve operasyon programlarını denetleyecektir (acil durum hareket planları dahil);
- c. Emniyet Görevlilerinin görevlerini tanımlayacaktır;
- d. Gerekli risk azaltma önlemlerini denetleyecek ve uygulayacaktır;
- e. Acil durum hizmetlerinin eğitimi ve yangın testlerinin uygulanması için tünelleri kapatacaktır.

2.8.2.6 Emniyet görevlilerinin rolü

Tünelde olan tüm yangınlar Emniyet Görevlileri tarafından kaydedilecek ve değerlendirilecek ve uygun seviyedeki detayda İdari Yetkili Makamın dikkatine

sunulacaktır. Üye Ülkeler tünellerdeki hem kazalar ve yangınlar hem de bu tür kazaların sıklığı ve nedenlerine ilişkin istatistikleri derleyecekler ve emniyet tesisleri ve önlemlerinin gerçek rolü ve etkinliği konusunda bilgi sağlayacaklardır.

2.8.2.7 Tünellerde şerit kapatılması

Önceden planlanmış inşa ya da bakım çalışmalarının nedeniyle şeritlerin tamamen ya da kısmen kapatılması her zaman tünel dışında başlayacaktır. Şeritlerin kapalı olduğu, yol tünele girmeden önce belirtilecektir. Bu amaç için değişik mesaj işaretleri, trafik ışıkları ve mekanik bariyerler kullanılabilir.

2.8.2.8 Kaza yönetimi

Ciddi bir kaza veya olay halinde, ilgili bütün tünel tüpleri derhal trafiğe kapatılacaktır. Tünel dışındaki ve tünel içindeki trafiğin mümkün olan en kısa zamanda durdurulabilmesi için tünel girişlerindeki yukarıda bahsi geçen ekipmanın ve gerekirse tünel içindeki değişken ışıklı trafik işaretlerinin ve mekanik bariyerlerin eşzamanlı harekete geçirilmesi ile bu durum gerçekleştirilecektir. 1000 m'den kısa tüneller trafiğe başka şekillerde kapatılabilir. Trafik, durumdan etkilenmemiş araçların tüneli hızlı bir biçimde terk edebilmesini temin edecek şekilde yönetilecektir.

Tünelde bir olayın vuku bulması halinde acil hizmetlere erişme süresi mümkün olduğunca hızlı olacaktır ve periyodik tatbikatlar esnasında ölçülecektir. Ayrıca, olaylar esnasında da ölçülebilir.

2.8.2.9 Kontrol merkezi faaliyeti

Farklı Üye Ülkelerde başlayan ve biten ve bir kontrol merkezi gerektiren bütün tüneller için tek bir kontrol merkezi, belli bir zamanda, bütün kontrolü sağlayacaktır. Tünel içinde düzenli bir trafik akışı ve daha büyük emniyet sağlamak için özellikler tünel

içinde araçlar arasındaki mesafeler ve araçların hızları daha fazla kontrole konu olacaktır.

2.8.2.10 Tünelin kapatılması

Tünelin kapatılması durumunda (uzun ya da kısa süreli) Üye Devletler, kolaylıkla erişilebilir bilgi sistemleri aracılığıyla, kullanıcılara en iyi alternatif yol güzergahlarını bildireceklerdir. Bu tür alternatif yol güzergahları sistematik beklenmedik durum planlarının bir parçasını oluşturacaktır. Bu planlar, trafik akışını mümkün olduğu ölçüde muhafaza etmeyi ve çevre sahalardaki ikincil emniyet etkilerini asgariye indirmeyi amaçlamalıdır.

2.8.2.11 Tehlikeli maddelerin nakliyesi

Üye Ülkeler ve İdari Yetkili Makamları tehlikeli maddeler taşıyan araçların tünellere erişimi ile ilgili aşağıdaki önlemleri uygulayacaktır: Tünel girişlerine hangi grup tehlikeli maddelere izin verildiği/yasak getirildiğini belirten yeni işaretler yerleştireceklerdir; Tehlikeli maddelere ilişkin tünel şartları konusunda karar vermeden önce bir risk analizi yapacaklardır;

Tünele girmeden önce beyanda bulunmak ya da eskort gibi tehlikeli maddelerin tünel içinde nakledilmesi riskini azaltmak için tasarlanmış işletim tedbirlerini ayrı durumlar için değerlendireceklerdir;

2.8.2.12 Tünellerde sollama

Ağır araçların, her iki yönde birden fazla şeridi olan tünellerde, sollama yapmasına izin vermek için, Üye Devletler bir risk analizi yapacaklardır.

2.8.2.13 Araçlar arasındaki mesafe ve hız

Araçların uymaları gereken hız limitleri ve takip mesafeleri özellikle tüneller için önemlidir ve dikkatle takip edilecektir. Tünel kullanıcılarına, uygun hız ve takip mesafesinin tavsiye edilmesi ve gerekli yaptırım önlemlerinin alınması sağlanacaktır. Normal koşullarda araç sürücülerini araçlarının 2 saniyede kat ettiği mesafe kadar takip mesafesi uygulamaları gerekmektedir. Ağır yük taşıtları için bu mesafe 2 katı olarak alınır. Tünelde trafik durduğunda öndeki araç ile mesafe en az 5 m olarak muhafaza edilecektir.

2.8.2.14 Bilgilendirme kampanyaları

Tünellerdeki güvenliğe ilişkin bilgilendirme kampanyaları düzenli olarak organize edilecektir ve ilgili tarafların katılımı ile birlikte uluslar arası kuruluşların eşgüdümlü çalışmaları esas alınarak uygulanacaktır. Bu bilgilendirme kampanyaları, özellikle taşıtın arızalanması, trafik sıkışıklığı, kazalar ve yangınlar ile bağlantılı olarak tünele yaklaşırken ve tünel içinde araç kullanırken karayolu kullanıcılarının doğru davranışlarını kapsayacaktır.

Mevcut güvenlik ekipmanına ilişkin bilgi ve karayolu kullanıcısının tünellerdeki doğru davranışına ilişkin bilgi tünel kullanıcıları için uygun yerlerde (örneğin: tünellerden önceki dinlenme alanlarında, trafiğin durduğu zaman tünel girişlerinde veya internette) bulundurulacaktır

3. TÜNELLERDE BULUNAN SİSTEMLER

Bu bölümde tünellerde bulunması gereken sistemler olan aydınlatma sistemi, havalandırma sistemi, kamu anons ve radyo sistemi, trafik işaretleme sistemi, kontrol merkezi, skada sistemi vb. sistemlerden bazıları anlatılacaktır.

3.1 AYDINLATMA SİSTEMİ

Zamanımızda bütün dünyadaki yol ağları için iyileştirme, kaliteyi yükseltme, esas olmakta ve bütün bunlara bağlı olarak otoyollar önem kazanmaktadır. Sürücüyü rahatsız etmeyecek sürüş güvenliğinin sağlanabilmesi için tünellerin gece ve gündüz için aydınlatılması gerekmektedir.

3.1.1. Tünel aydınlatmasının amacı ve gerekliliği

Tünel aydınlatmasının temel amacı, seyahat esnasında yolun sürücüyü sağladığı güvenlik ve konfor derecesini gece ve gündüz esnasında tünele yaklaşan tünelden geçen ve tünelden ayrılan sürücüyü de aynı şekilde sağlamaktır.

Gündüz şartları göz önüne alındığında tünel girişine yaklaşan sürücünün gözleri yüksek gün ışığı aydınlık seviyesine adapte olmuştur. Uzun tünellerde, tünelin içindeki aydınlık seviyesinin dışarıya göre çok düşük olduğu şartlarda tünel girişi dışarıdan kara delik olarak görülür ve içerdeki detaylar seçilemez.

Yaklaşan sürücüyü tünel içini görülebilir yapmak önemlidir. Bunun için tünel girişindeki aydınlık seviyesi artırılmalıdır. Şayet aydınlatma seviyesi gerekenden düşük tutulursa güvenlik tehlikeye girer. Bu durumda düşük aydınlık seviyesine girilirken kara delik görüntüsünün vermiş olduğu psikolojik etkiden dolayı giriş bölgesinde herhangi bir engel olması durumunda sürücü ani fren yapabilir ve bunun sonucu olarak istenmeyen durumlar, trafik kazaları, trafik yoğunluğu oluşabilir.

İstenilen görme koşullarını yerine getirebilmek, güvenlik ve konfor derecesini sağlayabilmek için tünel girişinde ve tünel içinde aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bir tünel aydınlatmasında tünelin uzunluğuna bakılmaksızın yapılacak gece aydınlatması ile uzun tüneller için yapılarak gündüz aydınlatması arasında bir fark olmalıdır.

Gece şartlarında tünel açık yola benzer şekilde aydınlatılabilir ancak tünelde aydınlık düzeyi, açık yola göre daha yüksek tutulmalıdır. Bunun nedeni de tünelden geçişi daha emniyetli kılmak ve akustik bakımdan tünel içerisindeki gürültüyü hesaba katmaktır.

3.1.2. Tünel aydınlatma tasarımımda dikkat edilecek hususlar

- a. Güneşi doğuğu ve batığu esnasında yol yüzeyinde çok yüksek parıltı değerleri oluğucağından ve aydınlatma tekniğinde özel zorluklar, dolayısıyla da ek maliyetler getireceğinden, mümkünse tüneller doğu-batı doğrultusunda inđu edilmemelidir.
- b. ıkığularda oluğuabilecek kamağumanın önlenebilmesi için, doğrusalların yerine hafif virajlı giriğu-ıkığu tercih edilmelidir. Ayrıca tünel içinde de hafif virajlı bir gidiğu, cismin açık renk duvarlar üzerinde kontrastını yükselteceğinden, görme koğuulları açısından da yararlıdır.
- c. Tünel yaklağuma bölgesindeki yol kaplaması ve tünel kapı yüzeyi koyu renk ve przly olmalıdır. Ayrıca tünel giriğuinden önce yola dik olarak inđu edilen duvarlar da mat, koyu renk malzemeden yapılmalıdır. Tünel içinde mümkün olduğu kadar aynasal yansıtıcı yüzeylerden kaçınılmalı duvarlar ise kolay temizlenir malzemeden yapılmığu olmalıdır.
- d. Nispeten karanlık olan tünel giriğuinin grğu alanındaki yerini arttırmak için tünel kapısı geniğu ve yüksek yapılmalıdır (su altı tünelleri için çok faydalı olan bu çözüm, dağ tünelleri için çok pahalıya mal olmaktadır).
- e. Tünel giriğuinin bitiğuiğindeki ve üstündeki açık arazi; yıl boyu yeğuil kalan kığua dayanıklı, iğne yapraklı bitkiler ve bodur ağaçlarla ağaçlandırılmalıdır.
- f. Yüksek hız ile yaklağuılan tüneller kurulum ağuamalarında yüksek maliyetler getireceğinden hızı limiteleyecek bazı önlemler alınmalıdır. Örneğin; tünele yaklağuılırken bir rampanın mevcut olması ya da hız uyarı iğuaretleri hızı azaltacağından eğuik bölgesi parıltı düzeyi ve uzunluğu da dğuşecektir. deme

veya kontrol noktaları oluşturulacak ise bunların çıkış yerine girişte yapılması tercih edilmelidir. Bu sayede giriş bölgesinde gereken parlaklık değeri büyük ölçüde azaltılabilir.

- g. Aydınlatmanın verimini yükseltmek için tünel içindeki yol kaplaması ve tünel duvarları yüksek yansıtma faktörüne sahip olmalıdır. Bu amaç için açık renk yol kaplamalarının, kolay temizlenebilen aydınlık duvarların kullanılması uygundur. Ancak aydınlatmanın kalitesi ve endirekt kamaşmanın önlenmesi bakımından yol kaplaması ve tünel duvarları dağıtıcı/yansıtıcı nitelikte olmalıdır (Bommel 1980; Philips, 1981).

Şekil 3.1: Tünel giriş bölgesi aydınlatması



3.1.3 Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun önerileri

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'na (CIE) göre;

- a. Tünel aydınlatmasının amacı, araçların tünel içinde tünel dışındaki ile aynı hızda ve rahatlıkta yolculuk yapmalarının sağlanmasıdır.
- b. Trafik, ancak trafik akışı ile ilgili yeterli görsel bilginin algılanmasıyla güvenli ve açık olur. Bu algılamanın içinde diğer araçların varlığının veya yokluğunun tespiti, hareketlerinin gözlemlenmesi gibi engeller mevcuttur.
- c. Tünel trafiğinde en kritik koşullar gündüz vakti, uzun tünellerin girişlerinde olur. Etrafi açık ve gün ışığını iyi alan bir yolun tünele giriş noktasında, tünel sürücüyü çok daha karanlık gelecektir.

Tünel girişinden dikkate alınabilecek bir uzaklıkta olan sürücü için tünelin iç kısmı bir kara delik görüntüsü alabilir. Tünelin iç kısmı ayrıca aydınlatılmış olsa bile, gözün gün ışığından bu aydınlık seviyesine adaptasyonu arasında belli bir süre geçecektir. Bu adaptasyon için gerekli süreyi minimize edecek son sınır değeri tünel içi aydınlatma seviyesidir.

Bu sorunlar için olan önerilerini CIE temelinde; kısa tünel aydınlatması, tünel giriş/çıkışlarının aydınlatması ve uzun tünellerde gece aydınlatması olarak belirlemiştir. Bunların dışındaki diğer tüm oluşabilecek koşullar da bu öneriler temel alınarak çözümlenebilir.

3.1.4 Aydınlatma açısından tünel tipleri

Tüneller iki tip olarak sınıflandırılabilir.

- a. Kısa Tüneller
- b. Uzun Tüneller

3.1.4.1 Kısa tüneller

Tünel girişinden fren mesafesi kadar uzaktaki bir noktadan, tünel içindeki bir engel çıkış açıklığı fonunda belirgin bir silüet şeklinde görülebiliyorsa, tünel kısa tünel olarak

sınıflandırılır ve bu tür yapıların gündüz aydınlatılmaları gerekmez. Kısa tüneller görüş alanında "karanlık çerçeve" şeklinde görünürler. Şekil 3.2 kısa mesafeli tüneller için karanlık çerçeve modellemesi gösterilmektedir.

Şekil 3.2: Kısa mesafeli tüneller için “Karanlık Çerçeve” modellemesi



Düz bir tünelde 100 metre mesafeden 20 cm yüksekliğindeki bir engele bakıldığında gözlem alanı yaklaşık olarak 20 metre dir. Giriş ve çıkıştaki gün ışığının katkıları da düşünülerek, gündüz aydınlatması gerektirmeyen düz tünel uzunluğu 50 m olarak kabul edilebilir. Tünel virajlı veya yokuşlu olduğunda, ya da trafik yoğunluğunun çok fazla olduğu hallerde bu uzunluktan daha kısa olan tünellerin de gündüz aydınlatılmaları gerekebilir.

Gündüz aydınlatması gerektirmeyenlerden daha uzun olan kısa tünellerde gerekli görüş koşullarının elde edilebilmesi için, tünel içinde aynen uzun tünellerin ilk bölgesindeki eşit yüksek parıltı düzeyleri sağlanmalıdır. Fakat genellikle böyle bir aydınlatma tesisatının yapımı ekonomik değildir. Bunun yerine tünelin yaklaşık olarak ortasından mümkünse doğal, değilse yapay aydınlatılması yeterli ve ekonomik bir çözüm olur. Bunun için ya tünel tavanında geniş bir açıklık bırakılır, ya da takriben ortasında ışık kaynakları ile tünelin tüm enini kaplayan parlak bir şerit oluşturulur. Neticede tünel daha kısa iki tünele bölünmüş olur. Perspektif görünüş nedeniyle, parlak şeridin genişliği minimum 10 m olmalıdır. Artık tünel içindeki bir engel ya parlak şerit üzerinde ya da çıkış fonunda bir karanlık silüet şeklinde çıkıntı yapabileceğinden, kolaylıkla görülebilecektir

3.1.4.2 Uzun tüneller

Çıkış ve çıkış arkasındaki fonun, girişe belli bir mesafeden, trafiğin normal olduğu bir anda görülememesi durumunda, o tünelin uzunluğu önemsenmeksizin “Uzun Tünel” olarak nitelendirilebilir.

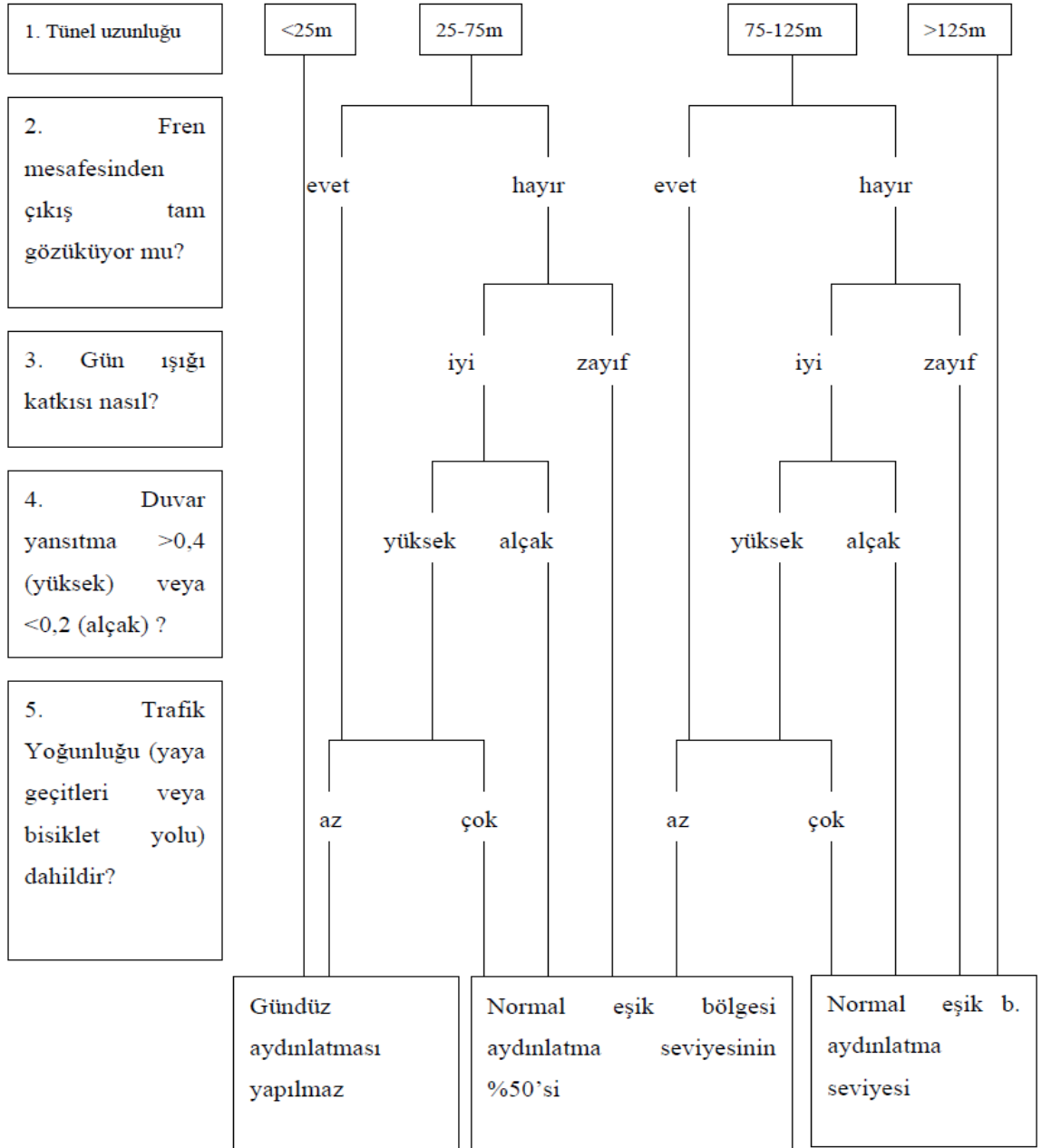
Bir tüneldeki aydınlatma seviyelerinin kontrolünde en basit yöntem güneşin doğuş ve batışı ile bağlantılı olarak zamanı baz almaktır. Akşam karanlığının aniden azalması araç sürücüsünü 5 kattan daha fazla bir faktörle tehlikeye sokacaktır. Bu nedenle gündüz seviyesinden gece seviyesine geçiş kademeleri 3/1 ‘den büyük olmamalıdır. Fotosel röleler kullanarak o bölgedeki en yüksek gün ışığı ile tünel bölgeleri arasındaki uyum ayarı sürekli kontrol edilebilir.

Tünelin, tünel girişinden belli bir mesafe ötesinde algılanmasını engelleyebilecek faktörler olabilir. Bu faktörlerin başında girişteki araç yolu yüzeyinin koyu renkte olması, kullanılan malzeme ve bu malzemelerin yansıtma faktörlerinin 0,2 ‘den düşük olması, etraftaki ağaçlar veya tünelin dönüşlerde gerideki girişten hiçbir şekilde gün ışığı almayacak şekilde tasarlanması gibi etkenler olabilir.

Diğer taraftan, sürücünün dikkatini tünel girişine çekmek için, eşik bölgesi aydınlatmasında gün ışığı renklerinden farklı bir renk kullanmak veya armatürün belirgin şekilde dışarıdan fark edilmesini sağlamak gibi uygulamalara gidilebilir. Ancak bu öneriler çok işlek trafiğin olduğu tüneller için geçerli değildir.

Işık kaynağı için gerekli enerjinin en aza indirgenebilmesi ve daha az miktarda armatür kullanılmasının sağlanması için tünel içi araç yolu yüzeyinin ve eşikteki tünel duvarlarının daha yansıtıcı renk ve malzemedan yapılmasına dikkat edilmesi gerekir.

Şekil 3.3: Farklı uzunluklardaki tüneller için gündüz aydınlatması



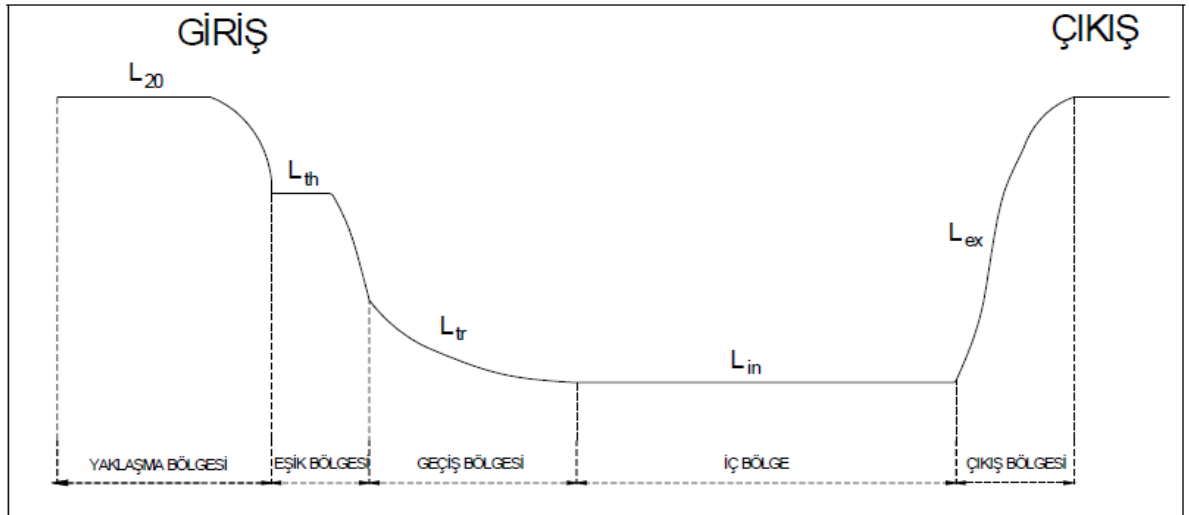
Kaynak: Aykut Akbulut(Tünel Aydınlatması)

Kağıthane- Piyalepaşa Tüneli için bu tabloyu uygulayacak olursak tünel uzunluğu 1625 metre olduğundan Tablo 3.5 'de rakamlar yerine konulursa $1625m > 125m$ olduğundan gündüz aydınlatması ve eşik bölgesi aydınlatmasına ihtiyaç olduğu sonucu çıkmaktadır.

3.1.5 Tünellerde gündüz aydınlatması ve bölgeler

Kritik uzunluktan daha uzun tünellerde gündüz aydınlatması, gece aydınlatmasına göre daha ağır koşulları yerine getirmek zorundadır. Gündüz saatlerinde ortaya çıkan aydınlatma sorunu adaptasyonla ilgilidir. Yani gündüz parlaltsına adapte olmuş insan gözü birdenbire tünel girişindeki çok düşük parlaltı düzeyine girildiğinde ilk anda karanlık adaptasyonu nedeniyle bir süre etrafını göremez. Bu nedenle tünelin ilk kısmındaki aydınlatma karanlık adaptasyonunu hesaba katacak şekilde yani yüksek aydınlık düzeyinden alçak aydınlık düzeyine kademeli geçişi sağlayacak şekilde yapılmalıdır. Tünel aydınlatmaları bu farklılıkların kılavuzluğuyla 5 farklı adaptasyon bölgesine ayrılmıştır.

Şekil 3.4: Tünel aydınlatmasında bölgeler



3.1.5.1 Yaklaşma bölgesi

Adından da anlaşılacağı üzere tünel içinde olmayıp, şartlara göre tünel girişinden 100 ila 200 metre önce başlayan ve tünel girişinde sona eren bölgedir. Tünel girişi, tünel kapısı veya var ise gün ışığı ekranının başlangıcıdır. Sürücü gözünün tünel girişine adaptasyonu, bu bölgenin parlaltsı ile doğrudan ilişkilidir. Çevredeki yapılaşma veya arazi koşullarının etkisi ya da gün ışığı ekranları veya karanlık tünel ağzının görünmesi

ile girişten önce adaptasyonun başladığı "adaptasyon noktası" da bu bölgenin sınırları içindedir.

Girişteki çevre koşulları, gidiş hızı ve sürücüye göre değişebilen bu noktanın yerinin tayini konusunda literatürde büyük farklılıklar mevcuttur. Örneğin İsviçre Yönetmeliği'nde tünel girişinin 20 "derece" lik açı ile görülebildiği nokta olduğu ifade edilirken, Schreuder adlı araştırmacı tarafından da araç ön camının engelleme açısının ortalama 7 "derece" olduğu kabul edilerek, adaptasyon noktası tünel girişinin 7 "derece" lik açı ile görüldüğü nokta olarak tanımlanmıştır.

İzlenecek en doğru yol, tünel inşası esnasında mümkün olabilen her türlü yapısal önlemler alınarak adaptasyon noktasının tünel girişinden olan uzaklığının artırılması ve tünelden tünele büyük farklılıklar gösteren adaptasyon noktası yerinin tünel aydınlatması tasarımına başlanmadan önce tünel girişinde yapılan bir dizi ölçmeler sonucunda yaklaşık olarak belirlenmesidir (Schreuder 1971).

3.1.5.1.1 Yaklaşma bölgesi parıltısının tayini

Eşik bölgesinin başlangıcında gerekli olan parıltı değeri, tünel girişinde duruş mesafesine eşit mesafede elde edilen giriş bölgesi parıltısına (L_{20}) bağlıdır. Değişken gün ışığı durumları nedeniyle oluşacak farklı çevre görüntüleri nedeniyle L_{20} zamana ve şartlara bağlı olarak farklı değerler alır.

Bir tünel aydınlatma sisteminin tasarımı için L_{20} 'nin, referans duruş mesafesi kadar uzaklıktan bir yıl içinde yeterli sayıda alınan veriler yardımıyla, maksimum değerini bulmak gerekmektedir. Mevsim ve hava şartları da değişirici faktör olduğundan birçok durumda bu L_{20} değeri tam olarak ölçülemez. Bu noktada 2 farklı basitleştirilmiş yöntem uygulanmaktadır.

3.1.5.1.1.1 Birinci yöntem

Tünel girişinden güvenli duruş mesafesi kadar uzaklıkta 20 derecelik konikal bir resim alınır ve dış bölge parlaltısı L_{20} 'nin seçimi altta verilmiş olan tablo değerlerine göre yapılır.

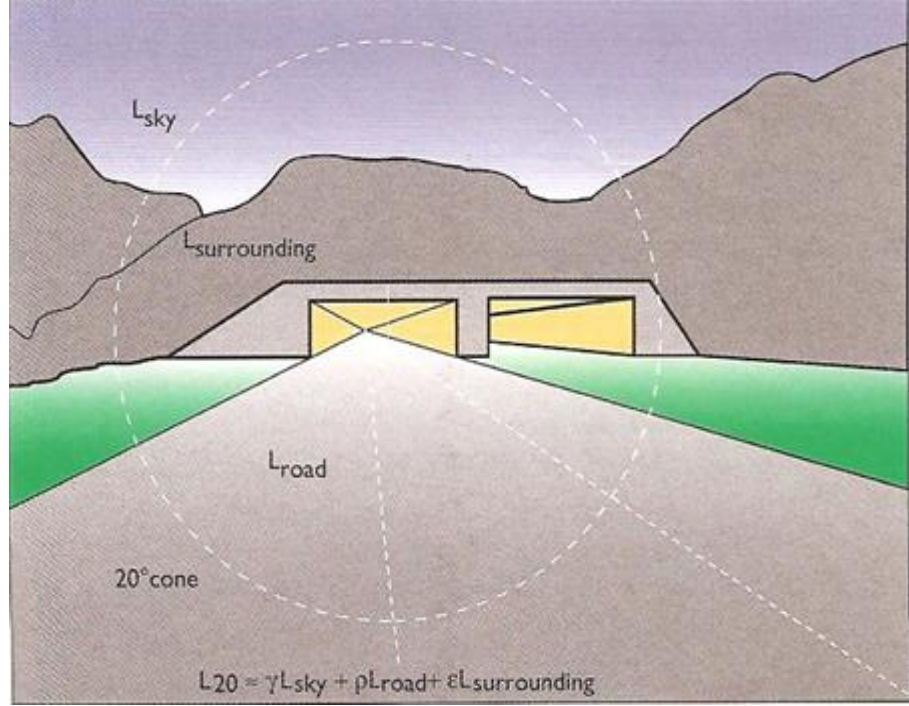
Tablo 3.1: Dış bölge parlaltısının farklı durumlar için değerleri (cd/m²)

Gökyüzünün Oranı	35%		25%		10%		0%	
	Normal	Karlı	Normal	Karlı	Normal	Karlı	Normal	Karlı
Görüş Alanındaki Parlaklık	Normal	Karlı	Normal	Karlı	Normal	Karlı	Normal	Karlı
Durma Mesafesi < 60m	-	-	4000-5000	4000-5000	2500-3500	3000-3500	1500-3000	1500-4000
Durma Mesafesi 100- 60m	4000-6000	4000-6000	4000-6000	4000-6000	3000-4500	3000-3500	2500-5000	2500-5000

3.1.5.1.1.2 İkinci yöntem

Tünel girişinden güvenli duruş mesafesi kadar uzaklıkta 20 derecelik konikal görüş alanında olan gökyüzü, yol, çevre ve yaklaşım bölgesi parlaltısı gibi faktörlerin (3.1) formülüne tabi tutulmasıyla L_{20} değeri elde edilebilir.

Şekil 3.5: Tünel girişinde çevresel faktörler



$$L_{20} = \gamma L_C + \rho L_R + \epsilon L_E + \tau L_{th} \quad (3.1)$$

$$\gamma + \rho + \epsilon + \tau = 1 \quad (3.2)$$

Bu formülde;

- L_C : Gökyüzü parıltısı
- L_R : Yol parıltısı
- L_E : Çevresel parıltısı
- L_{th} : Eşik bölgesi parıltısı
- γ : Gökyüzü “yüzde”si
- ρ : Yol “yüzde”si
- ϵ : Çevrenin “yüzde”si
- τ : Tünel girişinin “yüzde”si

Bu hesaplamamanın amacı L_{th} 'ı elde etmeye dayanır. (3.1) no'lu denklemde 2 farklı bilinmeyen olmasına rağmen bunlardan bir tanesi geçici olarak ihmal edilebilir. 100-160m duruş mesafeleri için, diğer parıltı değerlerine nazaran çok küçük olduklarından τ ve L_{th} terimleri denklemde ihmal edilebilirler. Yeni denklem şu şekilde yazılabilir;

$$L_{20} \approx \gamma L_C + \rho L_R + \epsilon L_E \quad (3.3)$$

(3.3) formülünde yer alan parıltı değerleri ölçülerek bulunabileceği gibi tünel konumuna göre Tablo 3.2 yardımıyla da bulunabilir (Philips, 1981; CIE, 1990; Onaygil, 1990).

Tablo 3.2: Giriş bölgesindeki parıltının değişimi

Sürüş Yönü	L_C (kcd/m ²)	L_R (kcd/m ²)	$L_{\text{çevre}}$ (kcd/m ²)			
			Kayalar	Binalar	Kar	Çayır
Doğu-Batı	12	3	3	8	15 (dikey) 15 (yatay)	2
Güney	16	4	2	6	10 (dikey) 15 (yatay)	2
Kuzey	8	5	1	4	5 (dikey) 15 (yatay)	2

Kaynak: Aykut Akbulut (Tünel Aydınlatması)

Yaklaşma bölgesi parıltısıyla ilgili farklı yönetmeliklerin çeşitli yaklaşımları mevcuttur. En yüksek parıltı düzeyi olarak; İngiliz Yönetmeliği'nde (BS 5489:Part 7/1971) güneşli bir gündeki 2000 cd/m² Alman Yönetmeliği'nde (DIN 67524/1972) 6500 cd/m², İsviçre Yönetmeliği'nde ise çevresinde yapılaşma olan bölgeler için 2500–4000 cd/m², görüş alanının büyük kısmının gökyüzü tarafından kaplandığı açık arazilerde 6000–8000 cd/m² değerlerinin temel alınmasının uygun olacağı belirtilmiştir.

Kağıthane –Piyalepaşa Tüneli için hesaplamaları yapacak olursak

Birincil yönteme göre

Tablo 3.1'deki değerlere bakılarak %10 gökyüzü ve durma mesafesi dikkate alındığında 2500-4500 cd/m² aralığında olduğu görülebilir.

İkincil yönteme göre hesaplama yapılırsa

$$L_{20} \approx \gamma L_C + \rho L_R + \epsilon L_E$$

$$L_{20} = (0,1 \times 12) + (0,2 \times 3) + (0,7 \times 2) = 1,2 + 0,6 + 1,4$$

$$= 3,2 \text{ kcd/m}^2$$

$$= 3200 \text{ cd/m}^2$$

olarak bulunur.

Ayrıca L_{20} farklı uluslararası yönetmeliklerden İsviçre Yönetmeliğine göre 2500–4000 cd/m^2 seçilebilir.

3.1.5.2 Eşik bölgesi

Eşik bölgesi mesafesi, maksimum trafik hızına ve dolayısıyla fren mesafesine eşit olan bölgedir. Giriş bölgesindeki sürücünün, tünelin eşiğindeki detay ve engelleri görmesi gereklidir. Bu suretle eşik bölgesinin uzunluğu; bir cismin yaklaşma bölgesindeki sürücü tarafından en azından aracın durabilme mesafesine eşit bir uzaklıktan görebilmesi esasıyla fren mesafelerinden yararlanılarak belirlenir.

3.1.5.2.1 Güvenli duruş mesafesi (fren mesafesi)

Tünel aydınlatması ile ilgili açıklamalarda “fren mesafesi” kavramı esas alındığından, ilk önce bu tanımın verilmesinde yarar vardır. Fren mesafesi, yaklaşılan yolda ve tünelde müsaade edilen hız limitinde ilerleyen bir sürücünün tehlikeli olabilecek bir cismi görüp aracını emniyetle durdurabildiği mesafedir. Bu mesafe sürücünün reaksiyon süresine, aracın saf fren mesafesine, hız limitine, yolun eğimine, yol kaplamasına ve aracın fren tutukluk derecesine bağlıdır. Avrupa standartlarına göre ıslak, temiz yolda, orta derecede aşınmış lastikli bir araç için düz yolda emniyetle durulabilecek fren mesafesi 60 km/h hızda 55 m; 80 km/h hızda 100 m; 100 km/h hızda ise 160 m’ dir. Amerikan standartları (IESNA) ise aynı değerleri sırasıyla 90 m, 140 m ve 190 m olarak kabul etmektedir.

Fren Mesafesi'nin (stopping distance) fiziksel tanımı şudur: Belirli bir hız ile yol almakta olan bir aracın, bir tehlike anında durdurulabildiği mesafedir. Tünel aydınlatma tekniği de aynı tanımı kullanır; yalnız şu farkla ki, tanımda adı geçen "belirli hız" tünel aydınlatma tekniğinde özel yeri olan "tünel aydınlatma tasarım hızı" dır (designated speed for tunnel lighting). O halde tünel aydınlatma tekniğinde Fren Mesafesi şöyle tanımlanabilir: Fren Mesafesi, "tünel aydınlatma tasarım hızı" ile tünel sınırları içinde ilerleyen bir sürücünün, bir tehlike halinde aracını durdurabileceği toplam yol uzunluğudur. Her farklı "tünel aydınlatma tasarım hızı" değeri (km/saat), farklı bir "fren mesafesi" değerine karşılık gelir.

3.5.2.2 Fren mesafesinin hesaplanması

Fren mesafesi klasik anlamda şu iki farklı uzunluğun toplamıdır.

- Sürücünün bir tehlikeyi gördüğü andan, fren pedalına bastığı ana kadar geçen "tepki süresi"nde (t_0) aracın gittiği toplam yol uzunluğu (metre).
- Sürücünün frene bastığı andan, aracı durdurulabildiği ana ($u=0$) kadar geçen frenli sürede aracın gittiği toplam yol uzunluğu (metre).

$$F.M. = u.t_0 + \frac{u^2}{2.g.(f \pm s)}$$

Burada:

FM= Fren mesafesi

u = Aracın fren öncesi hızı (m/sn)

t_0 = Sürücü tepki süresi (sn)

$g = 9,81 \text{ m/sn}^2$

f = Yol ile lastikler arasındaki sürtünme katsayısı

s = ise + veya – yönde (yokuş aşağı veya yokuş yukarı) yol eğimleridir.

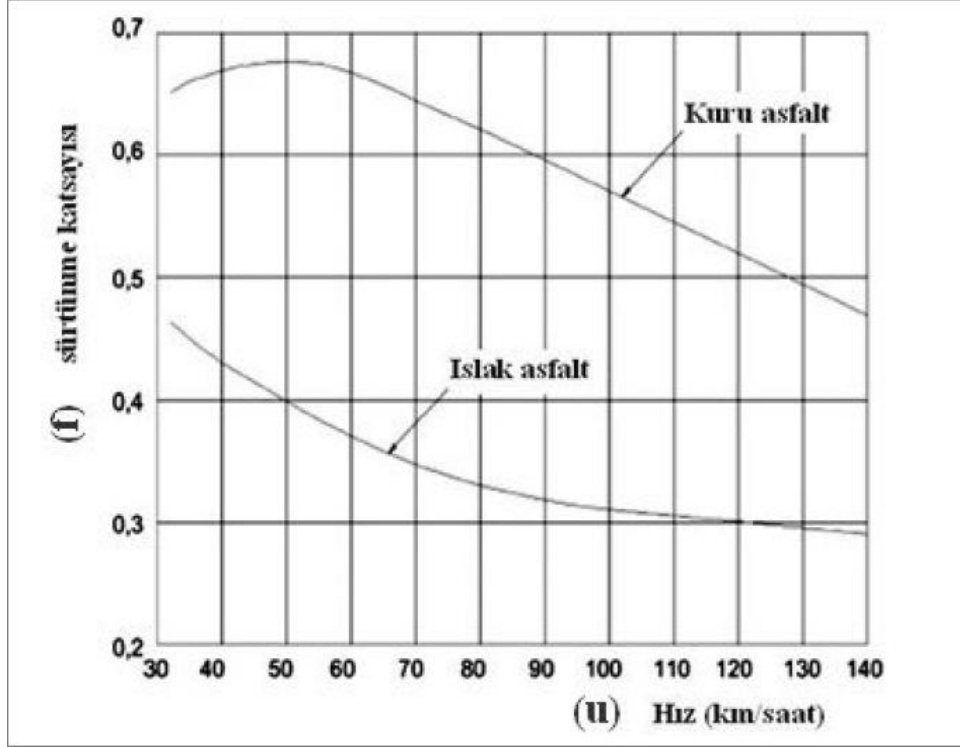
" f " in sabit olduğu varsayılan formülde, toplanan iki ifade, sırasıyla yukarıdaki (a) ve (b) şıklarının karşılığıdır. Formüldeki (f) değerleri, Şekil 3.6 'deki diyagramdan bulunur.

“to”, insan, “f” ise araç şartlarına bağımlı parametrelerdir. Her insan için farklı olmakla birlikte, “to”, genellikle 0,5sn–1sn arasındadır.

Fren mesafesi hesaplanırken, bir güvence ve konfor payı eklemek adına şu önlemler alınabilir.

- a. En kötü hâl göz önünde bulundurularak, $u =$ Tünel aydınlatma tasarım hızı (m/sn) alınır. (Aksi belirtilmedikçe tünel aydınlatma tasarım hızı = Belirlenmiş yasal hız dır.)
- b. En kötü hâl göz önünde bulundurularak, $t_o = 1$ sn. alınır.
- c. En kötü hâl göz önünde bulundurularak, daima ıslak yol için olan “f” değerleri veri olarak alınır.
- d. Hesaba veri olarak konacak “s” değerine karar verilirken şu yol izlenir:
Tünel girişinden önceki ve tünel bitiminden sonraki fren mesafesi uzunluğundaki iki adet yol parçası da dahil olmak üzere, tünel toplam yolundaki fren mesafesini en çok uzatacak olan en kötü “s” değeri aranır ki bu değer elbet, eksi düşey eğim (yokuş aşağı eğim) değeri en yüksek olandır. Bulunan bu değer, ayrıca, “güvence payı” anlamında makul bir miktar “eksi” yöne ötelenerek hesaba konur. (Örneğin, en kötü eğim değeri= +0,01 yani yokuş yukarı %1 olan bir tünelde hesaba veri olarak konacak eğim sözgelimi +0,00 olarak alınabilir.)
- e. Gerçekte sabit olmamasına karşın, formülde yer alan “f”in sabit kabul edilişi, getirisi az da olsa gizli bir başka güvence payını zaten ayrıca hesaba dahil etmektedir.

Şekil 3.6: Araç hızı / sürtünme katsayısı ilişkisi



Bu önlemlerin her biri fren mesafesini bir miktar arttırarak; kötü refleksi sürücü ve kötü frenleme sistemleri için gereken esnekliğin gösterilmesine yardımcı olacaktır.

Kağıthane – Piyalepaşa Tüneli için fren mesafesini hesaplırsak

$u = \text{hız } 70 \text{ km/saat}$ (Belirlenmiş yasal hız= Tünel aydınlatma tasarım hızı=19,44 m/sn)

$t_0 = 1 \text{ sn.}$ alınır (En kötü hâl göz önünde bulundurularak).

$g = 9,81 \text{ m/sn}^2$

$f = 0,35$ (Şekil 3.7 'den "70 km/saat-ıslak yol" şartı için)

$s = \% 2$ (Eğim)

$$F.M. = u.t_0 + \frac{u^2}{2.g.(f \pm s)}$$

$$(19,44)^2$$

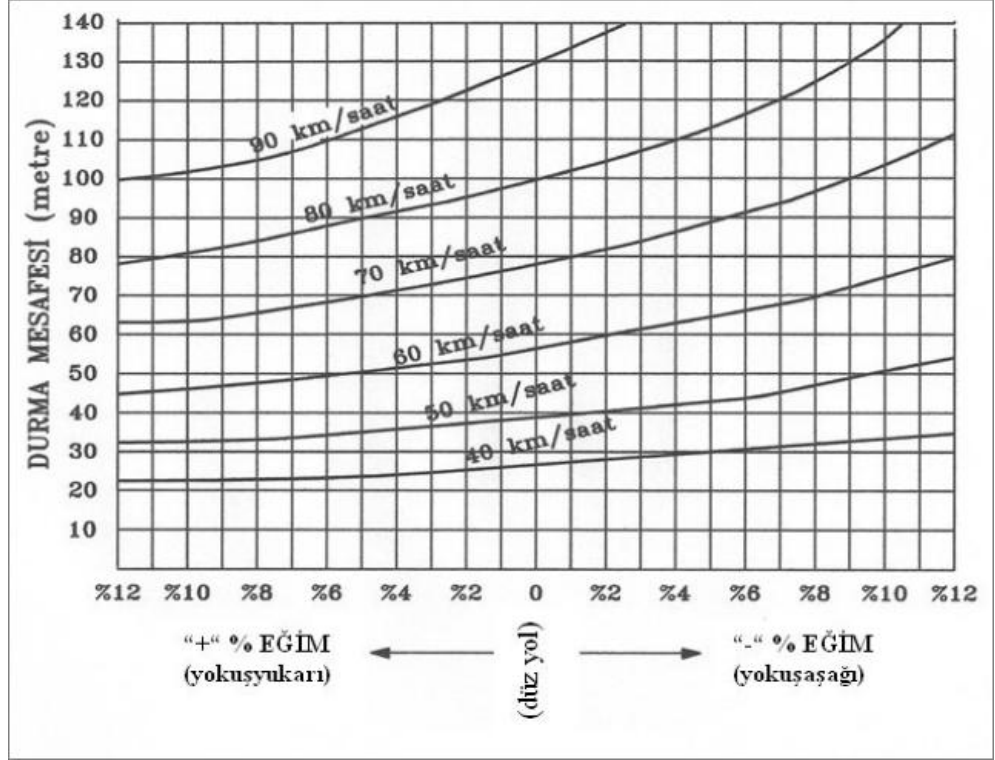
$$\begin{aligned} \text{F.M.} &= (19,44 \times 1) + \frac{\quad}{2 \times 9,81 \times (0,35 \times 0,02)} \\ &= 78 \text{ m} \end{aligned}$$

fren mesafesi (FM)=78 m bulunur.

O halde güvence payı ilave edilerek fren mesafesi için 85-90 metre aralığında bir değere karar verilebilir.

Fren mesafesi bu şekilde belirlenebileceği gibi, hiç hesap yapılmadan doğrudan doğruya Şekil 3.8 üzerinden CIE önerilerine göre yolun eğimine ve araç hızına bağlı olarak da belirlenebilir. Örneğin aynı veri ($u=70$ km/saat, $s=-\%5$) ile, hiçbir hesap yapmadan Şekil 3.8 'den fren mesafesi=88 metre değerine ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi daha önce güvence payları katarak yaptığımız hesap sonucuna yakın bir değer bulduk. Çünkü Şekil 3.8 güvence payları da gözetilerek hazırlanmıştır. Bu nedenle fren mesafesinin belirlenmesinde Şekil 3.7 yöntemi kullanılacaksa, ulaşılabilecek fren mesafesi değeri son karar değeri olarak kullanılabilir. Son karar ve onun sorumluluğu elbet tasarımcıya aittir.

Şekil 3.7: Güvenli duruş mesafeleri(fren mesafesi)



3.5.1.2.1 Eşik bölgesi parıltısının tayini

Eşik bölgesi parıltısı (L_{th}), tünel aydınlatma tekniğinde gerek maliyet gerekse emniyet açısından en önemli husus olmakla birlikte amaç bu ikisi arasındaki dengenin en optimize şekilde sağlanabilmesidir. Örneğin; tünel girişini neredeyse gün ışığına yakın bir düzeyde aydınlatmak belki göz adaptasyonu ve dolayısıyla emniyet açısından şartları sağlıyor olsa bile ortaya çıkacak maliyetler ile sistemin optimize bir çözüm olmasına engel olacaktır. Burada önemli olan doğru aydınlatma sistemi ve yeterli düzeyde minimum aydınlık düzeyi seçimi ile hem maliyetleri kontrol etmek hem de göz adaptasyonunu tehlikeye atmamaktır.

$$L_{th} \approx L_{20} \times (L_{th}/L_{20})$$

Eşik bölgesi parıltısı; yaklaşma bölgesi parıltısı, seçilen karışıklık parametresi ve fren mesafesi verilerine doğrudan bağlılık gösterir. Eşik bölgesinin başlangıcında sağlanması gereken ortalama yol yüzeyi parıltısı, farklı fren mesafeleri ve L_{th}/L_{20} oranları için Tablo 3.3 'den bulunabilir.

Tablo 3.3: Yaklaşma bölgesi ve eşik bölgesi için CIE tarafından önerilen oranlar

<i>Fren Mesafesi (m)</i>	L_{th}/L_{20}	
	<i>Simetrik Aydınlatma Sistemi</i> ($L/E_v \leq 0,2$)	<i>Zıt Yönlü Aydınlatma Sistemi</i> ($L/E_v \geq 0,6$)
60	0,05	0,04
100	0,06	0,05
160	0,1	0,07

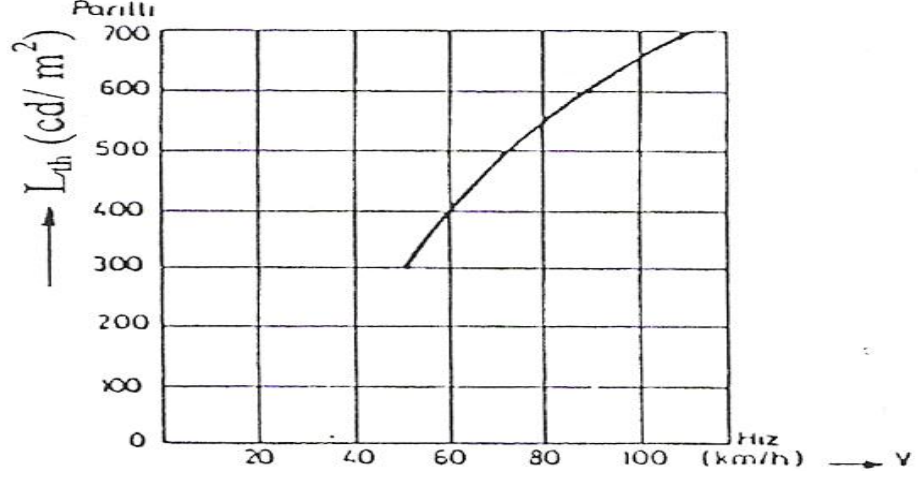
Kaynak: Aykut Akbulut(Tünel Aydınlatması)

Bu tip uygulamalarda yüksek L_{th}/L_{20} değerleri özel olarak seçilir. Özel olan bütün L_{th}/L_{20} değerleri her türlü trafik koşulları için geçerlidir. Koşulların çok uygun olduğu durumlarda Tablo 3.3'deki oranlar 0,75 ile çarpılabilir. Bu faktör sadece şu haller için düşünülmelidir;

- Tünel içinde tek yönlü trafik
- Kar yağışı ve hızlı trafiğin olmaması
- Eşik ve geçiş bölgelerine girişte ve çıkışta şerit değiştirme olmaması
- Tünel içinde duraklama yapmaya izin verilmemesi
- Düşük trafik hacmi (örneğin 100 araç/saat 'den daha düşük)
- Boyuna tünel profilinin düz olması

Eşik bölgesinin toplam uzunluğu en az durma mesafesine eşit olmalı ve bu mesafenin ilk yarısında da L_{th} parıltı seviyesi sağlanmalıdır. Durma mesafesinin yarısından sonra aydınlatma seviyesi yavaş, kademeli ve lineer bir şekilde 0,4 L_{th} değerine kadar azaltılmalıdır. Kademeler arasındaki aydınlık oranı 3/1 'i aşmamalıdır ve böylece de aydınlatma seviyesi lineer azaltmada belirtilen limitin altına düşmemiş olmaktadır. 2 m yüksekliğe kadar olan tünel duvarlarında sürüş emniyeti açısından en az yol yüzeyi parıltısı kadar bir ortalama aydınlık düzeyi sağlanmalıdır. DIN 67524 standardına göre araç hızı temel alınmak suretiyle eşik bölgesi maksimum parıltı değerleri Şekil 3,8'dan elde edilebilir. Eşik bölgesinin ilk yarısı geçildikten sonra aydınlatma seviyesi yavaş bir şekilde bu maksimum değer "yüzde"40'ına kadar azaltılır.

Şekil 3.8: Araç hızına bağlı olarak L_{th} değerleri



Kağıthane – Piyalepaşa Tüneli için Eşik Bölgesi Parıltısını hesaplırsak

$$L_{th} \approx L_{20} \times (L_{th}/L_{20})$$

$L_{20} = 2500 \text{ cd/m}^2$ Uluslararası standartlara belirlenmiş değerler göz önüne alınarak belirlendi

$L_{th}/L_{20} = 0,06$ (Tablo 3.3' fren mesafesi dikkate alınarak bulunur)

$$L_{th} = L_{20} \times (L_{th}/L_{20})$$

$$L_{th} = 2500 \times 0,06$$

$$= \mathbf{150 \text{ cd/m}^2}$$

Ayrıca eşik bölgesi parıltı değeri eşik bölgesinin ilk yarısı boyunca sabit kalmalı ve eşik bölgesi sonunda kademeli ve lineer bir şekilde $0,4 L_{th}$ değerine kadar azaltılmalıdır.

$$L_{th} = 0,4 \times L_{th}$$

$$= 0,4 \times 150 \text{ cd/m}^2$$

$$= \mathbf{60 \text{ cd/m}^2}$$

3.1.5.3 Geçiş bölgesi

Eşik bölgesinde gerekli olan yüksek parlıtlı değeri, tünelin iç bölge parlıtısına ulaşıncaya kadar kademeli olarak azaltılır. Giriş ve iç bölge arasındaki bu parlıtlı seviyelerinin düşüşü geçiş bölgesini oluşturur. Bu bölgenin mesafesi, müsaade edilen trafik hızı ve eşik bölgesi-iç bölge aydınlık seviyeleri farkına göre belirlenir.

Deneyler sürücülerin “yüzde”75’i için 15 saniyelik bir sürenin 6500cd/m²’lik bir parlıtlı düzeyinden 15cd/m²’lik bir parlıtlı düzeyine geçişe yettiğini göstermektedir. Araç hızları ve Schreuder eğrisi yardımıyla geçiş bölgesine ait adaptasyon bölgeleri sayısı ve uzunlukları kolayca bulunabilir. Geçiş bölgesinin sonunda iç bölgenin 3 katına eşit aydınlık seviyesine erişilmelidir. 2 metre yüksekliğindeki tünel duvarlarının ortalama aydınlığı en az yol yüzeyi aydınlığı kadar olmalıdır. Uzun adaptasyon deneyleri sonucunda geçiş bölgesi parlıtısı (L_{tr}) şu şekilde formülize edilmiştir;

$$L_{tr} = L_{th} (1,9+t)^{-1,4} \quad (3.4)$$

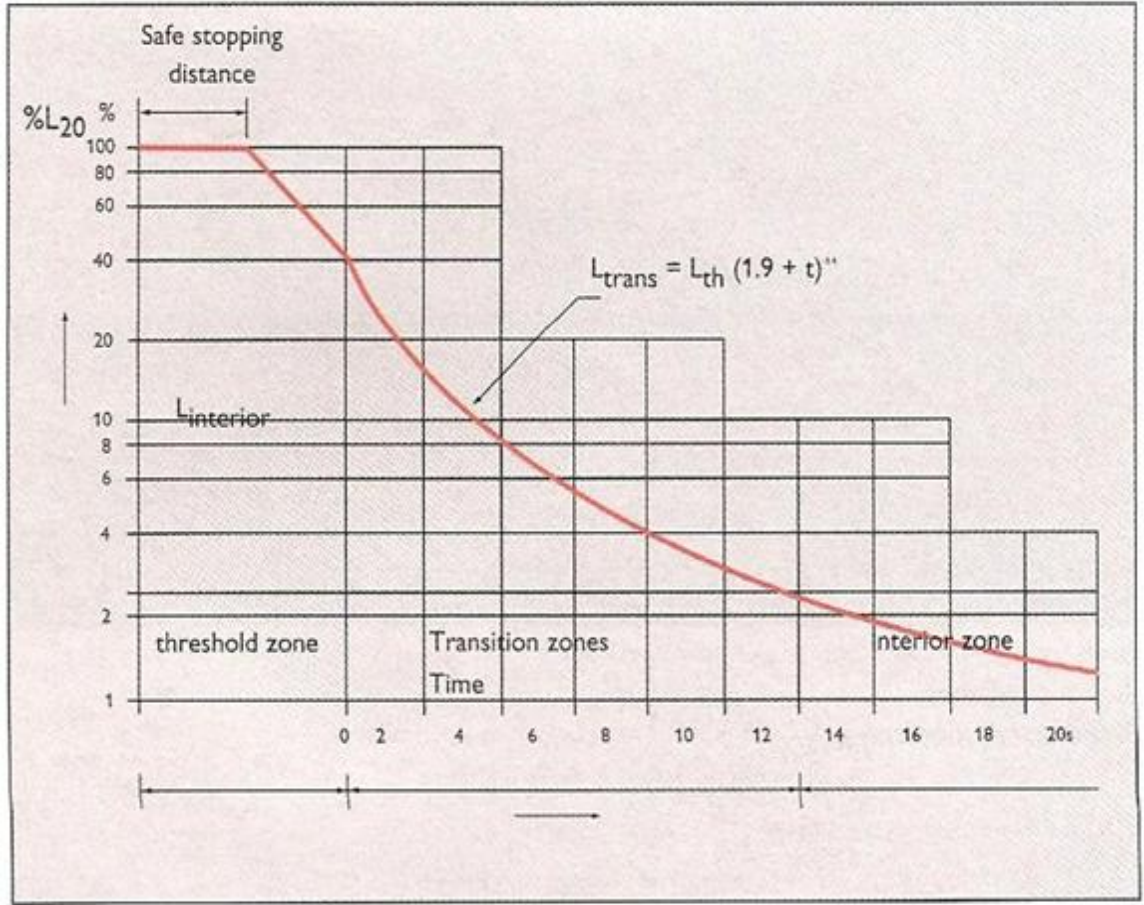
Burada;

L_{tr} : geçiş bölgesi parlıtısı (cd/m²)

L_{th} : eşik bölgesi parlıtısı (cd/m²)

t : eşik bölgesinin bitiminden itibaren tünelde geçen süre (sn)

Şekil 3.9 L_{tr} değerindeki azalma eğrisi



Geçiş bölgesindeki aydınlatma eşik bölgesindeki ile aynı karakterde olmalıdır. Lamba sayısının veya ışık akısının azaltılması ile parlaltının sürekli değişimini sağlamak hayli zordur. Bu nedenle parlaltı eğrisinin basamaklar şeklinde oluşturulması yoluna gidilir. Ancak birbirini takip eden basamakların parlaltı değerleri arasındaki oran hiçbir zaman 3/1'den büyük olmamalıdır. Bölgedeki parlaltı dağılımı, eşik ve iç bölge parlaltı düzeylerine bağlı olduğu için geçiş genellikle 2 ila 4 basamak şeklinde gerçekleştirilir. Sabit parlaltı düzeyli basamakların uzunlukları en az 3 sn'de alınan mesafe kadar olmalıdır (CIE, 1990; Onaygil, 1990).

Kağıthane – Piyalepaşa Tüneli için Geçiş Bölgesi Parlaltısını hesaplırsak

$$L_{tr} = L_{th} (1,9+t)^{-1,4}$$

$$L_{th} = 60 \text{ cd/m}^2$$

$t = 1$ sn için belirlenen Geçiş Bölgesi Parlaltısı

$$L_{tr} = L_{th} (1,9+t)^{-1,4}$$

$$L_{tr} = 60 (1,9+1)^{-1,4}$$

$$L_{tr} = 45 \text{ cd/m}^2$$

t değeri değiştirilerek geçiş bölgesinin ışık değerleri ayrı ayrı bulunabilir.

Ayrıca tünel aydınlatılmasında LED kullanılması geçiş ve iç bölgelerde çok daha linear bir kademelendirmeye imkân sağladığı için diğer aydınlatma ürünlerinden daha iyi sonuçlar verebilir.

Şekil 3.10: LED karakteristik değerleri

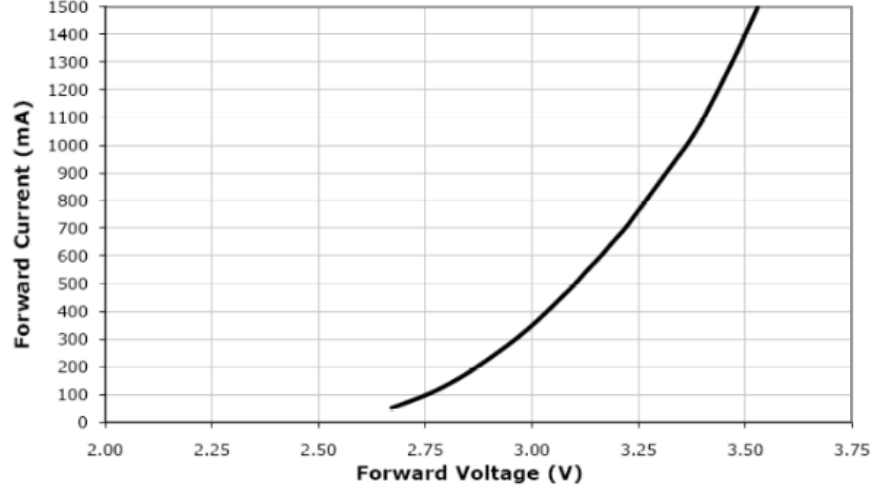
Color	CCT Range		Base Order Codes Min Luminous Flux @ 350 mA (lm)		Calculated Minimum Luminous Flux (lm)*			Order Code
	Min.	Max.	Group	Flux (lm)	700 mA	1.0 A	1.5 A	
Cool White	5,000 K	8,300 K	R3	122	228	305	406	XPGWHT-L1-0000-00F51
			R4	130	243	325	433	XPGWHT-L1-0000-00G51
			R5	139	260	348	463	XPGWHT-L1-0000-00H51
Outdoor White	4,000 K	5,300 K	R2	114	213	285	380	XPGWHT-01-0000-00EC2
			R3	122	228	305	406	XPGWHT-01-0000-00FC2
			R4	130	243	325	433	XPGWHT-01-0000-00GC2
Neutral White	3,700 K	5,000 K	Q5	107	200	268	356	XPGWHT-L1-0000-00DE4
			R2	114	213	285	380	XPGWHT-L1-0000-00EE4
			R3	122	228	305	406	XPGWHT-L1-0000-00FE4

En güncel bir LED için (CREE XP-G), 25 derecelik çip sıcaklığında ve 350mA sürme akımında, 5000-8300 Kelvin renk sıcaklığı aralığında elde edilebilecek ışık miktarı, 139 Lümen olarak verilmektedir. Çip sıcaklığının 100 dereceye yükselmesi durumundaki ışık akısı %15 nispetinde düşmektedir.

Bu durumda ışık akısı (139 x 0.85 =) 118.15 Lümen olmaktadır. 118.15 Lümen olarak hesaplanan ışık miktarının çip başına tüketime oranlanması ile çip etkinliği (118.15 / 1.05=) 112.5 lm/W olarak hesaplanacaktır.

Şekil 3.11: LED voltaj karakteristik değerleri

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_j = 25 °C)



3.1.5.4 İç bölge

Tünelin giriş ve çıkış bölgeleri arasındaki gün ışığından en uzak noktadaki bölgedir. Fakat uzunluğu 300 metrenin altında olan tünellerde gün ışığından arınmış kısım bulunmadığından bu bölgenin varlığından söz edilmez. Sürücünün tüm görüşü yapay aydınlatmayla sağlanır ve aydınlatma seviyesi iç bölge boyunca sabittir. Bu bölgede sağlanması gereken parıltı, büyük ölçüde giriş bölgesindeki aydınlatmanın tipine ve kalitesine bağlıdır. İç bölgeye kadar tam bir adaptasyon sağlanabilirse, bu bölgede gece yol aydınlatması için geçerli olan kurallar uygulanabilir. Bilindiği gibi trafiği yoğun olan yolların gece aydınlatılmalarında yaklaşık 2 cd/m² lik parıltı değeri önerilmektedir. Çok uzun dağ tünelleri dışında, hiç bir tünelde giriş bölgesinin boyu tam bir adaptasyon sağlanacak kadar uzun değildir. Bunun için tünel iç bölgesinde yaratılması gereken parıltı düzeyi, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından trafik yoğunluğu ve fren mesafesine bağlı olarak 1 cd/m² ila 15 cd/m² arasında önerilmesine rağmen, karanlık adaptasyonunun uzun sürede gerçekleşmesi nedeniyle bu bölgedeki parıltı asla 3 cd/m² den daha düşük olmamalıdır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından trafik yoğunluğu ve fren mesafesine bağlı olarak göre iç bölge parıltı düzeyleri için Tablo 3.5'ten yararlanılabilir .

Tablo 3.5: Tünel iç bölgesi parlaltı düzeylerinin bulunması

Fren Mesafesi (m)	Trafik Yoğunluğuna bağlı olarak Tünel iç Parlaltıları (cd/m ²)		
	Düşük (Araç/h<100)	Orta (100<Araç/h<1000)	Yüksek (Araç/h>1000)
160	5	10	15
100	2	4	6
60	1	2	3

Kaynak: Aykut Akbulut(Tünel Aydınlatması)

Kağıthane – Piyalepaşa Tüneli için İç Bölge Parlaltısını hesaplırsak

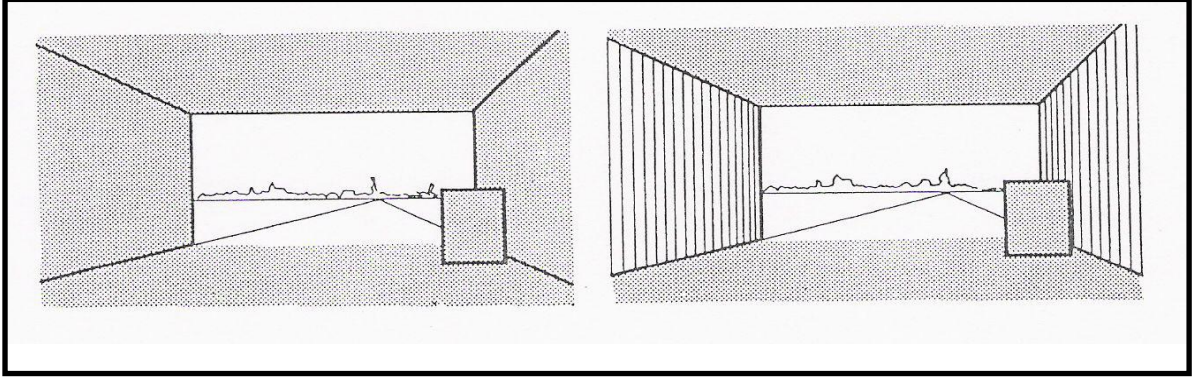
Kağıthane – Piyalepaşa Tünelin’ de fren mesafesi 78m olduğu ve araç yoğunluğu (Araç/h>1000) olduğundan tabloda uygun değerler yerine konulduğunda iç bölge aydınlatma değeri 3-6 (cd/m²) olarak bulunur.

3.1.5.5 Çıkış bölgesi

Tünelin iç bölge bitiminden çıkışına kadar olan ve tek yönlü tünelde, çıkışa yaklaşan sürücü görüşünün tünelin dışındaki parlaklıktan tekrar etkilendiği bölgedir. Göz açısından düşük parlaltı düzeyinden yüksek parlaltı düzeyine geçişi (aydınlık adaptasyonu) çok hızlı olduğundan tünel çıkışındaki aydınlatma koşulları tünel girişine göre çok daha elverişlidir. Bu sebeple genel olarak tünel çıkışı için herhangi bir aydınlatma önlemi almaya gerek yoktur ve günümüzde pratikte de büyük bir çoğunlukla iç bölge aydınlatma mantığı çıkış bölgesinde de devam ettirilmektedir.

Bunun yanında çıkış bölgesinin gün ışığı etkisinin daha yaygınlaştırılabilmesi ve kademeli bir artışın sağlanabilmesi için çıkışa yakın bölümlerde yüksek yansıtma özellikli duvar ve yol kaplamaları kullanılması yararlı olacaktır.

Şekil 3.12: Çıkış bölgesinde farklı kaplamaların görüşe etkisi



Şu da bir gerçektir ki tünel çıkışında, giriş bölgesi gibi bir aydınlatma yapılması çeşitli üstünlükler sağlayacaktır. Bunlar (Onaygil 1990);

- Tünel çıkışının içerdeki sürücüye "aydınlık delik" şeklinde gözükmesinin engellenmesi ve bu suretle ayrıntıların görülebilir olması.
- Arıza ve bakım gibi durumlar nedeniyle tünelin çift yönlü olarak kullanılabilmesi. (çıkış bölgesi karşı yönlü trafik için giriş bölgesi olacaktır).
- Tüneli terk eden bir sürücü için dikiz aynasından arkasındaki araçların görülebilir olması.

Şekil 3.13: Çift yönlü bir karayolu tünelinin giriş ve çıkış bölgeleri



3.1.6 Gece aydınlatması

Tünel aydınlatma tekniği bakımından gece aydınlatmasında, gündüz aydınlatmasına göre ters bir durum ortaya çıkmaktadır. Şöyle ki gündüz saatlerinde tünel dışı daha aydınlık iken, gece saatlerinde tünelin iç kısımları daha aydınlıktır. Bu durum gündüz ortaya çıkan adaptasyon sorunlarını ve kara delik etkisini ortadan kaldırmış olur.

Gözün düşük parılıtlara adaptasyonu yüksek parılıtlara adaptasyonundan daha yavaş gerçekleştiğinden trafiği az, belli bir hız sınırlaması olan çok uzun tünellerde bile gece aydınlatmasında bütün tünel boyunca 3 ila 5 cd/m^2 lik bir parıltı düzeyi sağlanmalıdır. Tünel içindeki parıltı düzeyinin dıştaki yol parıltı düzeyine oranı 3/1 den büyük olmadığı sürece hiçbir güçlük ortaya çıkmaz. Eğer tünelde gündüz aydınlatması, gece aydınlatması için de kullanılır ise bu koşul sağlanamaz. Çıkış yolları aydınlatılmamışsa, yaklaşık 10 saniyelik gidiş mesafesi boyunca (200-250 metre) uygun şekilde yol aydınlatması yapılarak bir geçiş bölgesi yaratılmalıdır. Ayrıca gündüz saatlerinde tünel girişinde yüksek aydınlık düzeyi sağlayan lambalar da devre dışı bırakılmalıdır (Onaygil 1990).

3.1.7 Aydınlatma sisteminin dış aydınlığa göre kontrolü

Önceki konularda değinildiği üzere, tünel içinde sağlanması gereken parıltı düzeyleri doğrudan yaklaşma bölgesi parıltısına bağlıdır. Bu sebeple aydınlatma tekniği ve

ekonomiklik açısından tünelin eşik ve geçiş bölgelerindeki aydınlık düzeyleri dışarıdaki aydınlık düzeyine göre otomatik olarak kumanda edilebilmesi gerekir. Bu kumanda ya dışarıdaki yatay aydınlık düzeyine veya parıltı düzeyine göre yapılır. Kumandanın dışarıdaki parıltı düzeyine göre yapılması tercih edilmelidir çünkü bu sebeple yol örtüsünün muhtelif durumlarına (ıslak, kuru, kar örtülü vb.) daha doğru uyum sağlanır. Bu amaçla tünel girişinden takriben 100 metre uzaklıkta girişe uygun bir yere bir parıltı ölçü aleti yerleştirilir.

Bu alet tünel girişinden önceki yol örtüsünün parıltısını, çevrenin parıltısını hesaba katar. Bundan alınan işaret eşik ve geçiş bölgelerindeki parıltı düzeylerini istenilen düzeylere otomatik olarak ayarlar. Bunun yanında gün ışığı aydınlık seviyesi (L_{20}) bir fotometre kullanılarak,(20 derece açılı) direkt olarak, fotosel kullanılarak (180 derece açılı) veya CCD kamera kullanılarak endirekt olarak ölçülebilir. Bazı basit montajlarda basit güneş kadranlı zaman saatleri de kullanılabilir.

Elde edilen dış aydınlık düzeyine ilişkin veriler aydınlatma otomasyon merkez panosuna gönderilir ve burada elde edilen sinyallere göre de gerekli miktarda aydınlatma armatürü devreye alınır/devreden çıkartılır veya armatürler dim edilir. Ekonomi ve konfor göz önüne alınarak, giriş bölgesi parıltısı birbirini takip eden parıltı düzeylerinin oranı 3/1 'i aşmayacak şekilde azaltılabilir.

İyi bir kontrol sistemi için lümen seviyesi düşen lambaların vermiş olduğu aydınlık seviyesini telafi edebilmek gerekir. Bu sebeple tünel içindeki aydınlık seviyesi de ölçülmeli ve dışarıdaki aydınlık seviyesi ile karşılaştırılıp aydınlatma sistemi kontrol edilmelidir. Tüneldeki aydınlık seviyelerinin kontrolü otomasyon sistemine bağlandığında, bu sistemin bakımı büyük önem arz eder. Dolayısıyla sistemdeki fotosel, parıltı ölçer ve CCD kamera gibi cihazların periyodik olarak muhakkak bakımları yapılmalı ve en az her yıl laboratuvar ortamında kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir.

3.1.8 Acil ihtiyaç aydınlatması

Acil ihtiyaç aydınlatması kaza oranının azalması ve acil servis çalışmalarına yardım etmek amaçlıdır. şebeke enerjisinin kesildiği durumlarda, acil ihtiyaç aydınlatmasının otomatik olarak devreye girmesi gereklidir. Kesinti suresince yedek g sistemiyle mevcut aydınlatmanın bir bölümü devrede kaldığı gibi, sadece bu tip durumlarda devreye giren ve kendi içinde depoladığı enerjiyi kullanan ya da genel bir kesintisiz güç sisteminden beslenen özel acil durum armatrleriyle de aydınlatma görsel olarak desteklenmelidir. Oluşabilecek faz arızalarına karşı önlem olarak birbirini takip eden armatrler farklı fazlardan beslenmelidir. Bu şekilde arıza halinde tünelin bir bölümünün tamamen karanlık kalması nlenmiş olacaktır. Acil ihtiyaç aydınlatması, tünel girişinden 100-150m geride bir hız-sınır işareti ile kombine çalışmalıdır. Eşik ve geçiş bölgesindeki aydınlatma seviyeleri acil hız-sınırlarının ihtiyaını karşılayabilecek gibi ve tünel içi bölgesindeki seviye en az gece aydınlatmasındaki kadar olmalıdır.

4. KAĞITHANE- PİYALEPAŞA TÜNELİNİN İNCELENMESİ

Kâğıthane-Piyalepaşa Tüneli, İstanbul'da karayolu ulaşımında kullanılan bir geçittir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından ortaya koyulan 7 Tepeye 7 Tünel projesi kapsamında inşa edilen tünellerin ilkidir. Yapımına 2006 yılına başlanan tünel, 4 yıllık inşaat sürecinin ardından, 14 Haziran 2010 tarihinde törenle kullanıma girdi.

Şekil 4.1: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli harita gösterimi



Tünel, Kâğıthane yakınlarında başlayarak Okmeydanı ve D100 karayolunu alttan geçmekte ve Beyoğlu ilçesinin Kasımpaşa-Piyalepaşa semtlerinde son bulmaktadır. Gidiş ve geliş yönleri birbirinden bağımsız olarak, iki ayrı tünel hâlinde kazılmıştır. Piyalepaşa'da son bulan tünel, 2+2 şeritli, 500-600 metre uzunluğundaki bir bağlantı yoluyla Şişli'nin Bomonti semtine bağlanmaktadır. Burada, projenin ikinci ayağı olan Bomonti-Dolmabahçe Tüneli'yle birleşmektedir.

Tünelde ilk etapta yalnızca özel araçlar çalışırken; kısa süre sonra İETT'nin, tüneli kullanacak yeni bir otobüs hattı (48T) ihdas etmesiyle tünel toplu taşımacılıkta da

kullanılmaya başlanmıştır. Tünelin kullanıma girmesiyle Kâğıthane, Hamidiye ve Seyrantepe bölgelerinden Taksim ve Beşiktaş gibi önemli merkezlere ulaşmak büyük ölçüde kolaylaştı. Yoğun saatlerde 45 dakika süren Kâğıthane-Taksim arası yolu, Kâğıthane-Piyalepaşa Tüneli ve ardılı Bomonti-Dolmabahçe tüneliyle 5 dakika da almak olanaklı hâle gelmiştir.

"7 Tepeye 7 Tünel" projesinin ilk etabı olan Kağıthane-Piyalepaşa Tüneli'nin ardından, Bomonti-Dolmabahçe Tüneli de kısa bir süre sonra hizmete girecek. Dünyada birçok örneği olan şehir içi yer altı karayolu, İstanbul trafiğini önemli noktalarda rahatlatıcak.

Yeni "Avusturya Metodu" yöntemiyle inşa edilen tünel için 900 bin metreküplük kazı yapıldı. Taban genişliği 11,80 metre olan tünelin yol genişliği 9.5 metre (2 şerit emniyet şeridi), yüksekliği 7,33 metre.

Tünel yol kaplaması tamamen yangına dayanıklı ve ışık yansıtması yüksek özellikli beton ile kaplandı. Böylelikle tünelin yangın anında asfalt kaplamasına göre çok daha dayanıklı olması sağlandı. Tünel tüplerinin tek gidiş yönünde olması ve karşıdan taşıt gelmemesi, kaza riskini büyük bir oranda azaltıyor.

Ayrıca henüz çoğu Avrupa ülkesinde bile bulunmayan "emniyet şeridi" uygulaması, tünellerdeki güvenlik düzeyini büyük oranda artırmaktadır.

Mevki	:Kağıthane
Hizmete Giriş Tarihi	:2011
Uzunluğu	:3.247 m(1625m – 1622m)
Tüp Sayısı	:2/Tek yönlü trafik
Hız Limiti	:70 km/saat
YOGT	:10000
Ağır Taşıt Yüzdesi	: Ağır taşıt geçişine izin verilmiyor

Tablo 4.1: AB Standartları Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli karşılaştırılması

Yapısal Standartlar	AB Standartları	Kağıthane – Piyalepaşa Tüneli
Tüp Sayısı Kriteri	<p>Tünellerin proje aşamasında, herhangi bir durumda 15 yıllık trafik tahmini yapılır, yapılan tahmin sonucunda şerit başına günlük 10.000 araç sayısının aşılacağını görülürse tek yön trafikli çift tüplü tünel yapılır.</p>	<p>Kağıthane Piyalepaşa Tüneli tek yönlü çift tünel olarak yapıldığından AB kriterlerine uygundur.</p>
Eğim Kriteri	<p>Coğrafi olarak hiçbir çözüm mümkün olmadıkça, yeni tünellerde %5'in üzerinde boyuna eğim'e izin verilmeyecektir.</p>	<p>Kağıthane Piyalepaşa eğim %1.3' tür, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.</p>
Acil Yaya Yolu Kriteri	<p>Acil durum şeridi olan yeni tünellerde, bir arıza veya kaza halinde tünel kullanıcılarının kullanması için, yükseltilmiş olsun veya olmasın acil durum yaya yolları temin edilecektir.</p>	<p>Kağıthane Piyalepaşa acil durum şeridi ve tünelin sağ ve sol tarafında yükseltilmiş yaya yolları bulunmaktadır, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.</p>

Acil Çıkış Kriteri	Trafik hacmi şerit başına 2000 araçtan yüksek olduğunda acil çıkışlar teşkil edilecektir. Acil çıkışların olduğu yerde iki acil çıkış arasındaki mesafe 500 m' yi aşmayacaktır.	Kağıthane Piyalepaşa Tünelinde taşıt veya yayaların acil durumlarda kullanılmak için her 250 metrede bir geçiş bulunduğu için AB kriterlerine uygundur.
Çapraz Bağlantı Kriteri	Tüplerin hemen hemen veya tamamen aynı seviyede olduğu çift tüplü tünellerde acil hizmetlerin kullanımı için uygun çapraz bağlantılar her 1500 m'de bir temin edilecektir.	Kağıthane Piyalepaşa Tünelinde taşıt veya yayaların acil durumlarda kullanılmak için her 250 metrede bir geçiş bulunduğu için AB kriterlerine uygundur.
Refüj Kriteri	Coğrafi açıdan mümkün olduğunda, çift tüp veya çok-tüplü tünellerin her bir girişinin dış kısmında refüj (refüj şeridi) geçişi mümkün kılınacaktır. Bu önlem, acil hizmetlerin her iki tünelden birine acil erişimini mümkün kılacaktır.	Kağıthane Piyalepaşa Tüneli girişinde Hidrolik Tip Mantar Bariyer sistemi kurulmuştur gerektiğinde bir yoldan diğerine geçiş yapılabilmektedir, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.

Cep Kriteri	<p>Yeni yapılacak tünellerde trafik hacminin şerit başına 2 000 motorlu taşıttan yüksek olduğu, 1500 m'den uzun, yeni, iki yönlü tünellerde eğer arıza şeridi temin edilmemiş ise, 1000 m' yi geçmeyecek mesafelerde cepler temin edilecektir.</p>	<p>Kağıthane Piyalepaşa Tünelinde arıza şeridi bulunduğu için cep yapılmasına ihtiyaç yoktur, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.</p>
Drenaj Kriteri	<p>Tehlikeli madde taşımacılığına izin verilmesi durumunda, yanıcı ve zehirli sıvıların drenajı tünel enkesitlerinde iyi tasarlanmış mazgal delikleri veya diğer önlemler vasıtası ile temin edilecektir.</p>	<p>Kağıthane Piyalepaşa Tünelinde tehlikeli madde geçişine izin verilmemektedir.</p>
Aydınlatma Kriteri	<p>Aydınlatma, tünel dışında olduğu gibi giriş bölgesinde de, sürücülere yeterli gündüz ve gece görünürlüğü sağlayacak özellikte olacaktır.</p>	<p>Tünel aydınlatması CIE 88 önerilerine göre yapılmıştır. Girişte eşik ve geçiş bölgelerinde kademeli olarak azalan yoğun bir aydınlık, daha sonra çıkışa kadar aynı seviyede aydınlık</p>

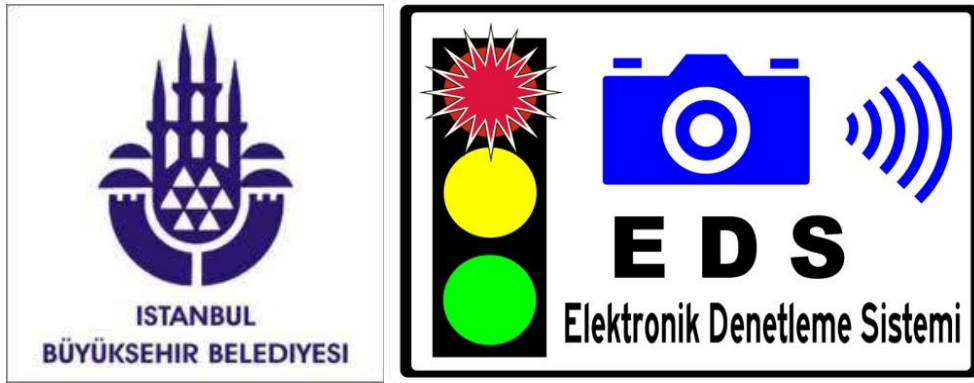
		sağlanmıştır dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.
Havalandırma Kriteri	Şerit başına 2000 araçtan yüksek trafik hacmine sahip 1000 m' den uzun tüm tünellerde mekanik havalandırma sistemi tesis edilecektir.Çift yönlü veya yoğun tek yön trafikli tüm tünellerde, boyuna havalandırma yapılacaktır.	Tünel havalandırması olarak boyuna havalandırma sistemi seçilmiştir ve PIARC önerilerine göre projelendirilmiştir. Açık sistem jet fanlarla havalandırma sağlanmaktadır, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.
Acil Hizmet İstasyonu	Acil hizmet istasyonları, yeni tüneller için 150 m'yi geçmeyecek, mevcut tünellerde 250 m'yi geçmeyecek aralıklarla temin edilecektir.	Tünel içinde 150'şer metre aralıklarla Acil Hizmet İstasyonu bulunmaktadır, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.
Su Ekipmanı Kriteri	Tüm tüneller için su temini sağlanacaktır. Su muslukları tünel girişlerine yakın ve içerde 250 m'yi geçmeyecek aralıklarla temin edilecektir.	Her tüpte, trafik akışına göre sağ tarafta 50 m de bir yangın hortumu, bir adet kuru yangın söndürme tüpü ve hydrant bulunmaktadır, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.

Yol İşaretleri Kriteri	Tünel kullanıcılarının tüm güvenlik hizmetleri için özel işaretler kullanılacaktır.	Yol işaretleri 1968 yılında imzalanmış olan “Yol İşaretleri ve Sinyallere İlişkin Viyana Anlaşması”nda tanımlanan işaretlerdir, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.
Kontrol Merkezi Kriteri	3000 m' den uzun ve şerit başına 2000 araçtan yüksek trafik hacmine sahip tüm tüneller için bir kontrol merkezi; oluşturulacaktır. Farklı tünellerin izlenmesi tek kontrol ünitesinde merkezileştirilebilir.	Kağıthane Piyalepaşa Tünelinde Lokal Kontrol Merkezi Bulunmaktadır, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.
İzleme Sistemleri Kriteri	Görüntü izleme sistemleri ve trafik olaylarını (örneğin duran araçlar) ve/veya yangınları otomatik algılayabilecek bir sistem kontrol merkezi olan tüm tünellere tesis edilecektir.	Tünel içinde 100'er metre arayla yerleştirilmiş 32 adet kamera bulunmaktadır. Tünel tüpü dışına yerleştirilen kameralar uzaktan kontrollü yatay ve düşey hareketli ve motorlu zoom özelliklerine sahiptir, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.

Tüneli Kapatmak İçin Gerekli Ekipman Kriteri	1000 m'den uzun tüm tünellerde, tünelin acil bir durumda kapatılabilmesi için girişlerin önüne trafik işaretleri yerleştirilecektir.	Tünel Girişlerinde tüneli kapatmak için otomatik flaşörlü motorlu bariyer, her şeritte 1 adet 3'lü (kırmızı, sarı, yeşil) trafik işareti mevcuttur. Portal girişlerinde trafik ışıkları ve bariyerler mevcuttur, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.
Haberleşme Sistemleri Kriteri	Telsiz ekipmanı (Belirli frekanstaki telsiz yayınlarının tünel boyunca iletimini sağlayan elektronik ekipman) , acil servislerin (bakım, itfaiye, ambulans, vb.), kullanımı için, 1000 m' den uzun ve trafik hacmi şerit başına 2000 araçtan yüksek tüm tünellere tesis edilecektir.	Tünel boyunca trafik radyo yayını mevcut ve gereğinde araya girerek sürücülere bilgi verilebiliyor, dolayısıyla AB kriterlerine uygundur.

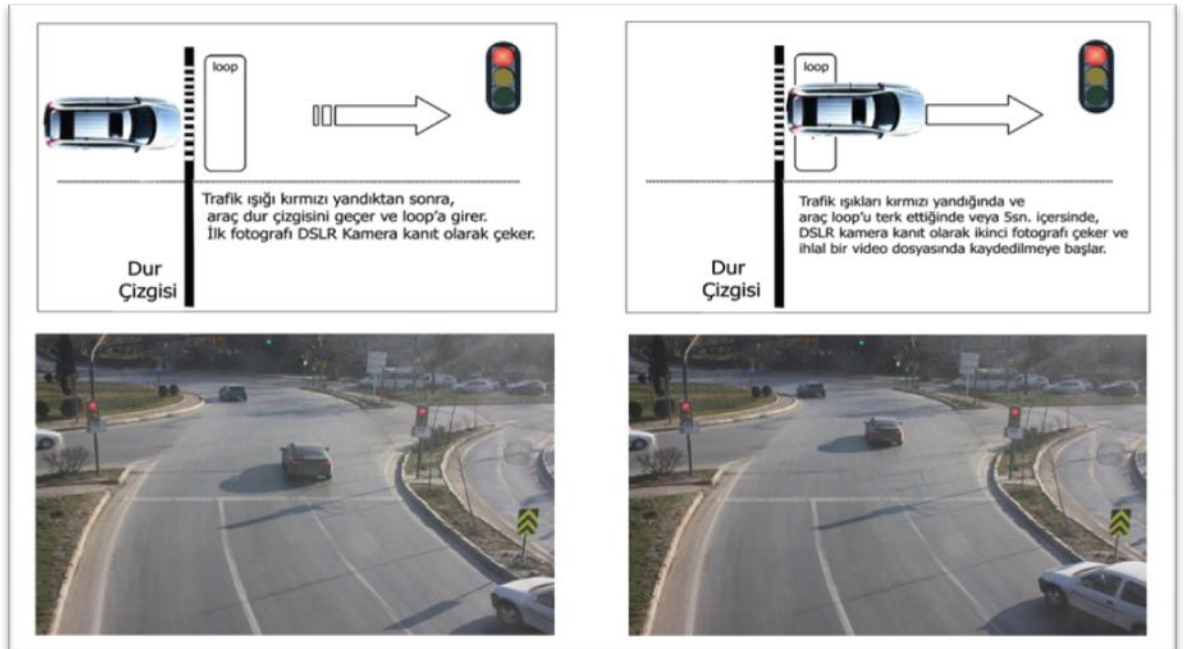
4.1Kağıthane- Piyalepaşa Tünelinde EDS Sistemi

Elektronik Denetleme Sistemi®, EDS trafik ihlallerinin tespit edilmesine yönelik, aynı zamanda çevre ve ekonomiye katkı sağlayan bir projedir. Genel uygulamaya benzer olarak, trafik ihlali yapan araçların görüntülenmesi sonrası plaka okumaya yönelik yazılımlar aracılığı ile aracın plakasının tespit edilerek yetkili merciler tarafından kanunda öngörülen cezaya tabii tutulmasını kapsamaktadır.



Elektronik Denetleme Sistemi, kapsam olarak kusurlu sürücülere cezalandırmayı değil, sürücülerde davranış değişikliğini gerçekleştirmeyi amaç edinmiştir. Sistem ile bireylerin, kusurlu davranışlarının sürekli izlendiği ve tespit edildiğinin farkında lığı ile hata yapmamayı tercih etmeleri beklenmektedir.

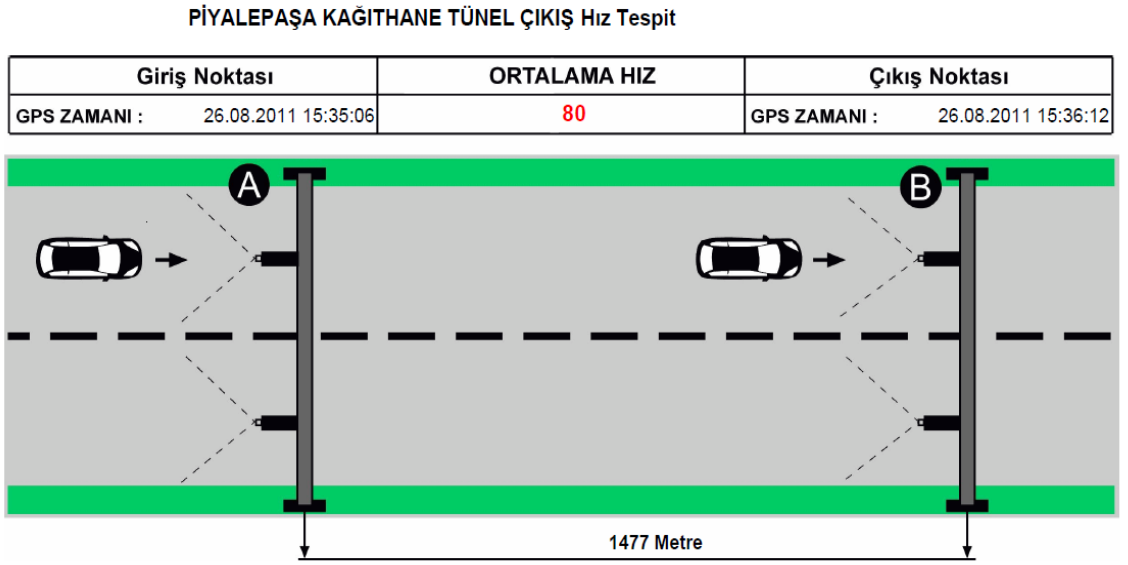
Şekil 4.2: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli EDS sistemi



Kâğıthane – Piyalepaşa Tünelinde bulunan EDS Sistemleri

- Emniyet Şeriti İhlal Tespit Sistemi
- Hız Koridoru İhlal Tespit Sistemi

Şekil 4.3: Kağıthane - Piyalepaşa EDS çıktısı



Çalışma prensibi aracın tünele girişi ve tünelden çıkışı sırasında aracın resmi alınır ve gerekli hesaplamalar yapılarak hız tespit edilir.

Tablo 4.2: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli kaza sayıları

	TARİH	KAZA SAYISI
EDS'DEN ÖNCE	2011 ŞUBAT	5
	2011 MART	6
	2011 NİSAN	3
	2011 MAYIS	6
	2011 HAZİRAN	7
	2011 TEMMUZ	7
EDS'DEN SONRA	2011 AĞUSTOS	2
	2011 EYLÜL	1
	2011 EKİM	0
	2011 KASIM	2
	2011 ARALIK	0
	2012 OCAK	0

Yol_Hız X Zaman

2011 Yılı Ağustos Ayında Devreye Alınmıştır

EDS sistemi kurulmadan önceki ve sonraki 6 aylık periyot ta inceleme yapılmış olup. Kazalarda ortalama % 85 oranında bir azalma sağlanmıştır. Bu başarısından dolayı diğer tünellerde de tünelin yapım aşamasında uygulanmaya başlanmıştır.

4.2 Kağıthane – Piyalepaşa Tünelinin incelenmesi

- Tehlikeli maddelerin taşınmasına izin verilmiyor.
- Tünel girişinde bulunan bilgilendirici levhalar yardımıyla, DMS(Değişken Mesaj Sistemi) tehlikeli madde taşıyan araçların tünele girmelerinin yasak olduğu sürücülere bildiriliyor.
- Bu mesajlar bir seneryoya bağlı olarak otomatik verilebileceği gibi görevli operatörler kontrolünde istenilen görsel efektler kullanılarak ta sürücülerin kolay anlayabileceği formatlarda gösterilebilmektedir.

Şekil 4.5: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli giriş bariyer sistemi



- g. Tünel içinde 100'er metre arayla yerleştirilmiş 32 adet kamera bulunmaktadır.
- h. Tünel tüpü dışına yerleştirilen kameralar uzaktan kontrollü yatay ve düşey hareketli ve motorlu zoom özelliklerine sahiptir
- i. Tünel boyunca tam video izleme mevcuttur. Tünel içindeki trafik ve olaylar, tünel tüpleri boyunca belirli yerlere tesis edilen CCD renkli kameralar tarafından izlenmektedir. Görüntüler kontrol merkezine multi-core fiber optik sistem ile aktarılmaktadır. Tüm olaylar Video kayıt cihazları tarafından 24 saat kaydedilmektedir.
- j. Ayrıca video kameralardan alınan görüntüler görüntü işleme tekniği kullanılarak (Image Proces) olay algılama olarak ta kullanılmaktadır.

Şekil 4.6: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli CCTV kamera sistemi



- k. Tünelde toplam 1200 adet armatür kullanılmıştır.
- l. Tünel aydınlatması CIE 88 önerilerine göre yapılmıştır. Girişteki eşit ve geçiş bölgelerinde kademeli olarak azalan yoğun bir aydınlık, daha sonra çıkışa kadar aynı seviyede aydınlık sağlanmıştır.
- m. Tünel içindeki aydınlık seviyesi, tünel dışındaki aydınlık seviyesine göre ayarlanmaktadır. Bu kontrol tünel içindeki ve dışındaki lüminans metreler vasıtası ile kontrol merkezinden yapılmaktadır. Tünel dışının karanlık, alaca karanlık, bulutlu, güneşli olma durumlarına göre tünel içi, özellikle giriş bölgesi aydınlığı 6 seviyeli olarak ayarlanmaktadır.

Şekil 4.7: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli aydınlatma sistemi



- n. Tünel havalandırması olarak boyuna havalandırma sistemi seçilmiştir ve PIARC önerilerine göre projelendirilmiştir. Açık sistem jet fanlarla havalandırma sağlanmaktadır.
- o. Kağıthane – Piyalepaşa yönünde 10, Piyalepaşa – Kağıthane yönünde 12 adet fan olmak üzere toplam 22 adet fan kullanılmaktadır.
- p. Tünel içinde, her tüpte iki noktada (tünel ağzlarına yakın yerlerde) CO (karbon monoksit), görüş açıklığı, her tüpte bir noktada (tünel tüplerinin orta noktasında) hava hızı ve rüzgar yönü ölçü cihazları ile gerekli ölçümler yapılmakta ve bu veriler işlenerek havalandırma kontrolü yapılmaktadır.

Şekil 4.8: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli jet fan sistemi



- q. Her tüpte, trafik akışına göre sağ tarafta 50 m de bir yangın hortumu, bir adet kuru yangın söndürme tüpü ve hydrant bulunmaktadır.
- r. Yangın hortumu ve kuru yangın söndürme tüplerinin bulunduğu bölüm kapaklı olup, herhangi bir müdahalede kontrol merkezi bundan haberdar olmakta ve bu bölgedeki kamera görüntüleri monitörlere aksetmektedir.
- s. Tünel tüpleri boyunca doğrusal yangın algılama sistemi, kapalı bölümlerde ise (elektrik odaları) spot ısı ve iyonize duman sensörleri ile yangın algılanmaktadır.
- t. Doğrusal yangın algılama sistemi ile tünel tüpleri boyunca yangının nerede ve hangi noktada olduğu tespit edilmekte ve merkeze bildirilmektedir. Kapalı bölümlerde acil durum anahtarları ile de herhangi bir acil durum merkeze bildirilmektedir. Yangın söndürme ve müdahale sistemi kapalı sistemdir.

Şekil 4.9: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli yangın sistemi



- u. Trafik kontrol donanımı tünel içi ve dışı trafik işaretleri, trafik ışıkları, bariyerler, gabari kontrol sistemi, VMS, trafik sayımı ve trafik kontrol biriminden oluşmaktadır.
- v. Bütün trafik kontrol işaret ve birimleri kontrol merkezindeki trafik bilgisayarından otomatik ve manuel kontrol edilebilmektedir.
- w. Tünel içinde, her şeritte hız kontrolü için loop bulunmaktadırlar.
- x. Tünelde Hız Koridoru mantığına göre çalışan EDS sistemi bulunmaktadır.
- y. Tünel içinde 250'şer metre arayla 3 değişken tip hız kontrol işareti ve değişken tip şerit kontrol işareti mevcuttur.

Şekil 4.10: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli trafik işaretleri sistemi



- z. Tünel tüpleri boyunca her iki yangın hidrant nişinde bir (yaklaşık 50m) 4 butonlu (itfaiye, doktor, polis, servis) acil haberleşme birimi bulunmaktadır.
- aa. Acil haberleşme birimlerinin olduğu yerlerde ışıklı sabit telefon işaretleri bulunmaktadır.
- bb. Işıklı sabit telefon işareti sürekli yanmaktadır.
- cc. Tünel içinde 50'şer metre aralıklarla acil çıkış noktasının ne kadar uzakta ve hangi yönde olduğunu bildiren işaretler bulunmaktadır.

Şekil 4.11: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli acil durum sistemi



- dd. Tünel boyunca trafik radyo yayını mevcut ve gereğinde araya girerek sürücülere bilgi verilebiliyor.
- ee. Tünel radyo ve telsiz sistemi iki yönlü telsiz sistemi ve tekrar yayın yapan FM radyo sürücü bilgilendirme sisteminden oluşmaktadır
- ff. Tünel içinde yeniden yayınlanmış FM radio kanalları üzerinden canlı veya önceden kaydedilmiş anonsları yapmak mümkündür.
- gg. Tünel telsiz sistemi VHF bandından, tünel içi, tünel kontrol merkezi ve elektrik dağıtım binaları ve otoyol bakım işletme arasındaki haberleşmeyi sağlamaktadır. Polis, itfaiye ve ambulans gibi 3. şahısların haberleşmesi için sisteme röle girişleri bırakılmıştır. İki yönlü telsiz sisteminde mobil ve el telsizleri kullanılmaktadır.

Şekil 4.12: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli radyo sistemi



- hh. Yaklaşık her 250 metrede bir 2 tüp arası acil geçişler mevcut.
- ii. Acil durum yaya yolları mevcuttur.
- jj. Kurtarma araçları tünel tüpleri arasında geçiş yapabiliyor.

Şekil 4.13: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli enine geçiş sistemi



kk. Tünel kontrol merkezi bulunmaktadır.

ll. Tünel kontrol merkezinde 24 saat eğitimli personel bulunduruluyor.

mm. Tünel kullanıcıların tahliyesi süresince kaçınılmaz olan güvenlik ekipmanlarını işlevsel tutacak kesintisiz güç kaynağı mevcuttur.

nn. Tünel içinde kullanılan bütün kablolar alev geciktirmelidir (IEC 502'ye göre).

oo. Meteorolojik sistemler bulunmaktadır.

Şekil 4.14: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli meteorolojik sistemleri



- a. Acil bir durum senaryoları oluşturulmuştur. Tünel içinde bir aracın arıza yapması durumunda; araç kontrol merkezinden kameralar vasıtası ile görüldüğünde operator aracın bulunduğu şeridi trafiğe kapatıp, aracın ivedilikle tünelden çıkarılmasını sağlayacaktır. Araç şoförü acil haberleşme birimlerinden biri ile kontrol merkezi ile bağlantı kurduğunda, o bölgedeki kamera görüntüsü monitörlere yansıtılacak ve sesli mesaj verilecektir. Operatör aracın bulunduğu şeridi trafiğe kapatıp, aracın ivedilikle tünelden çıkarılmasını sağlayacaktır. Tünel içinde karbon monoksit miktarı arttığında sistem otomatik olarak jet fanları çalıştırarak havalandırma yapılacaktır. Karbon monoksit miktarı 150 ppm olduğunda tünel otomatik kapatılacak, Trafik durdurulacak veya servis yollarından, acil geçişlerden ve en yakın kavşaktan geri döndürülüp alternatif yollara yönlendirilecektir. Tünel içinde yangın olduğunda; fanlar çalışıyorsa durdurulup, kontrol operatöre bırakılacaktır. Tünel trafiğe kapatılıp, trafik durdurulacak veya servis yollarından, acil geçişlerden ve en yakın kavşaktan geri döndürülüp alternatif yollara yönlendirilecektir. Tünel içinde aydınlatma en üst seviyeye çıkarılacaktır.

Şekil 4.15: Kağıthane - Piyalepaşa Tüneli kontrol merkezi



- b. Sonuç: Yukarıda anlatılan özelliklerinden dolayı Kağıthane – Piyalepaşa Tüneli AB Standartlarını karşılamaktadır.

5. SONUÇ

Tünellerin çok gelişmiş toplumlarda ulusun günlük yaşamının önemli parçasını oluşturduğu ilk çağlardan beri açıkça görülmektedir. Tüneller tarih boyunca her zaman kültürel açıdan gelişmiş toplumlarda inşa edilmişler ve bu toplumlar teknik ve ekonomik güce de sahip olmuşlardır. Yani tüneller hemen her devirde toplumların ekonomik ve bilgi gücünün göstergesi olmuştur.

Tünellerin inşa edilmesinde buldukları yerin fiziksel özelliklerine göre yapım teknikleri değişmektedir.

Tünellerde AB standartlarını açıklayan ayrı ayrı kaynaklar bulunmasına rağmen bu bilgilerin toplu halde bulunduğu tek bir kaynak bulunmamaktadır. Bu çalışma ile tünellerde AB kriterleri irdelenmiş ve tek bir kaynak halinde birleştirilmiştir.

“Tünel Güvenliğini” bir SİSTEM olarak ele alıp, yapılanma için gerekli mevzuatın hazırlanması AB mevzuatına uygunluk ve tünel mevzuatlarının standardı için faydalı bulunmaktadır. Her bir tünelin, AB direktif hükümlerini sağlaması konusunda çalışılmalı, risk analizi metotları geliştirilmeli, pilot uygulamalar ile işlerliği izlenmelidir. Ayrıca, sistemde yer alacak personelin eğitim müfredatı belirlenmeli, eğitimlerine başlanmalıdır.

Özellikle tünel idari yönetimi ve yönetim mevzuatının AB’ye uyumu konusunda ülkemizde eksiklikler bulunmaktadır. Bu durumun düzeltilebilmesi için tünel projelendirilmesinde, yapımında ve işletilmesinde yer alan kurum ve kuruluşların bir araya gelerek ortak çalışmalar ve görev tanımlamaları yapmaları gerekmektedir.

AB güvenlik kriterleri sadece Trans Avrupa yol güzergahı için geçerli ve her ne kadar şehir içi tünelleri şimdilik kapsamıyor olsa da yapılan inceleme ve karşılaştırmalarımızda projelendirme ve yapım tekniği açısından Kağıthane-Piyalepaşa Tüneli’nin AB kriterlerini rahat bir şekilde karşıladığı görülmektedir.

Kağıthane – Piyalepaşa Tünelinde bulunan yapısal sistemler incelendiğinde (tüp sayısı, eğim, acil yaya yolu, acil çıkış, çapraz bağlantı, refüj, cep, drenaj, aydınlatma, havalandırma, acil hizmet istasyonu, su ekipmanı, yol işareti, kontrol merkezi, izlenme sistemleri, tüneli kapatmak için gerekli ekipman, haberleşme sistemleri, acil güç temini) AB standartlarını sağladığı gözükmektedir. Bu durum Tablo 4.2’de açıklanmıştır.

Kağıthane-Piyalepaşa Tüneli’nin idari yönetimi ve yönetim mevzuatının AB’ye uyumunun geliştirilmesi ile AB tünel güvenliği direktiflerinin tamamının hayata geçirilmesi ülkemiz için faydalı olacaktır.

Tünellerde aydınlatma hesapları ülkemizde paket programlar ile yapıldığı yapılmakta ve sonuçlar bilgisayar çıktıları marifetiyle sadece sonuçlanmış olarak elde edilebilmektedir. Kağıthane–Piyalepaşa Tüneli için aydınlatma hesapları genel itibarıyla yapılmış ve bulunan sonuçlar açıklanmıştır.

Kağıthane–Piyalepaşa Tünelinde genel itibarıyla yapılan aydınlatma tasarım hesaplamaları sonucunda bulunan değerler ile aydınlatma paket programları kullanılarak bulunan değerlerin benzer olduğu görülmüştür. Fakat aydınlatma hesapları paket programlar vasıtasıyla yapıldığından ve işletmecilere sadece hesap sonuçları açıklandığından ülkemizde bu konuda detay bilgi birikimine sahip yetişmiş kalifiye eleman ve kaynak sıkıntısı çekilebilmektedir.

Sürücülerin yüksek hız ile yaklaştığı tünellerde kurulum aşamalarında özellikle aydınlatma yatırımında ve elektrik sarfiyatında yüksek maliyetler getireceğinden özellikle şehir içi tünellerde hızın sınırlanması için bazı önlemler alınması faydalı olacaktır. Örneğin; tünele yaklaşıırken bir rampanın, tatlı bir virajın mevcut olması ya da hız uyarı işaretlerinin varlığı hızı azaltacağından tünel aydınlatması eşik bölgesi için gerekli parlaltı düzeyini ve uzunluğunu da düşürecektir. Aynı amaçla ödeme veya kontrol noktaları oluşturulacak ise bunların çıkış yerine girişte yapılması tercih edilmelidir.

Aydınlatmanın verimini yükseltmek için tünel içindeki yol kaplaması ve tünel duvarları yüksek yansıtma faktörüne sahip olmalıdır. Bu amaç için açık renk yol kaplamalarının,

kolay temizlenebilen aydınlık duvarların kullanılması uygundur. Ancak aydınlatmanın kalitesi ve indirekt kamaşmanın önlenmesi bakımından yol kaplaması ve tünel duvarları dağıtıcı/yansıtıcı nitelikte olmalıdır.

Akkor flamanlı ve deşarjlı armatür/ampullere göre enerji sarfiyatı açısından daha tasarruflu olan LED'ler aydınlatma armatürleri ülkemizde daha çok dekoratif amaçla kullanılmaktadır. Fakat ışığın elektronik olarak ayarlanabilmesi ve aydınlatma veriminin yeterli olması sebebiyle özellikle tünelin geçiş bölgesi ve iç bölgesinde rahatlıkla kullanılabilirler. Bu sayede tünelin aydınlatma açısından geçiş bölgesi olarak adlandırılan bölgesinde hem daha düzgün bir lineerlik elde edilebilir hem de tünelin dışındaki aydınlatma seviyesinin durumuna göre aydınlatma elektronik olarak çok daha kolayca kontrol edilebilir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

Ramazan YÜKSEL, 1991 Karayollarında Yol ve Tünel Aydınlatması

Tünel Aydınlatılmasında Uluslararası Öneriler CIE 88,

Trans –European Networks Document AB Genel Sekreterliği

2004/54/EC Sayılı AB Direktifi, 2010

AB Çalışmaları Bilgi Notu KGM, 2011

Küçükoğlu, H., 2006. Sonlu Elemanlar Metodu ile Tünel Modellemesi ve Bir Uygulama, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.(Epstein, S.B., “Tunnels” *Little Brown Company.*)

M. Bozkurt, tüneller Ders 'otları, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1983.
Bulutlar, E., 1983. Tünel Güzergâhının Seçimi ve Tünel İnşasına Kadar Yapılan Araştırmalar, Tünelcilik Semineri,

Karayolları Genel Müdürlüğü Bakım Dairesi Başkanlığı, “*Karayolları Tünelleri Ve Yükseklik Teşkil Eden Yapılar*”, KGM matbaası Ankara

Karayolları Genel Müdürlüğü Otoyolları Dairesi Başkanlığı, “Otoyollarında Büyük Sanat Yapıları Envanteri”, KGM matbaası Ankara

Pattberg, H. “Avrupa Tek Pazarında Dinamik Destek Olarak Ulaştırma” İstanbul Kültür Vakfı Yayınları, İstanbul

Sürelî Yayınlar

Bak. Socio-Economic Cost Benefit Analysis in the context of project appraisals for developing a Trans-European Transport Network. A result of the TINA process, TINA

H.T. Öztürk, A. Durmuş, “Tünellere Toplu Bir Bakış ve Savunma Tünellerinin Türkiye için Önemi”, İstanbul Bülten, sayı 96, s.11-17, 2008.

O. Aydan, “İstanbul Boğazı Denizaltı Geçişi için Tip Tünel ile Kalkan Tünelin Uygunluğunun Karşılaştırılması”, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, sayı 54, Ocak 2001.

European Union, “Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council”, EU Report 769, Brussel,

Karluk, R., “Avrupa Birliği ve Türkiye”, Beta Basım, İstanbul, 49-51,461,462, (2003).

Pattberg, H., “Avrupa Tek Pazarına Dinamik Destek Olarak Ulaştırma”, İstanbul Kültür Vakfı Yayınları, İstanbul, 5, (1998).

Commission of the European Communities, “European Transport Policy for 2010: Time to Decide”, European Commission 370 Final Report, Luxemburg,