

CADDE VE SOKAK AYDINLATMALARI, LED'Lİ UYGULAMALAR

İKİNCİ OTURUM

Prof. Dr. Sermin ONAYGIL

İstanbul Teknik Üniversitesi
Enerji Enstitüsü
Enerji Planlaması ve Yönetimi A.B.D.



26 Şubat 2016

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi Çetin Emeç Toplantı Salonu

Kaliteli bir aydınlatma yaratarak enerji tasarrufu sağlamak için izlenecek yollar

Uluslararası standartlar ve öneriler çok iyi takip edilerek aydınlatılacak yere uygun optimum çözümün elde edilebileceği aydınlatma kriterleri belirlenmeli,

Fotometrik değerleri bilinen armatürler ile gerekli tasarım hesapları yapılmalı, armatür sayısı ve tipi bu hesaplara göre saptanmalı,

Aydınlık düzeyi algılayıcı ve zaman kontrollü tesisatlar ile aydınlatmanın gerek duyulan zamanlarda gerektiği kadar kullanılması sağlanmalıdır.

CIE Yol Aydınlatması Önerileri ve Standartlar

CIE

ISBN 978 3 901906 54 1

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

TECHNICAL REPORT

ROAD LIGHTING CALCULATIONS

CIE 140-2000

UDC: 628.931
628.971
628.971.6

Descriptor: Artificial lighting: Design and calculation
Exterior lighting
Street lighting

EN 13201 Road lighting Avrupa Standartları

TR 13201-1, Part 1:

“Selection of Lighting Classes“

EN 13201-2, Part 2:

“Performance Requirements“

EN 13201-3, Part 3:

“Calculation of Performance“

EN 13201-4, Part 4:

“Methods of Measuring Lighting Performance“

CIE 115-2010'a göre M aydınlatma sınıfını belirlemede kullanılan parametreler

M aydınlatma sınıfı, Ağırlık Faktörleri Toplamının (AFT) 6 sayısı ile farkı alınarak belirlenir.

$$MX = 6 - AFT$$

Parametre	Seçenekler	Ağırlık Faktörü (AF)
Hız	Çok Yüksek	1
	Yüksek	0.5
	Orta	0
Trafik yoğunluğu	Çok yüksek	1
	Yüksek	0.5
	Orta	0
	Düşük	-0.5
	Çok düşük	-1
Trafik düzeni	Yüksek oranda motorlu olmayan trafik ile karışık	1
	Karışık	0.5
	Yalnızca motorlu araç	0
Yol refüj ile ayrılmış mı	Hayır	1
	Evet	0
Kesişme yoğunluğu	Yüksek	1
	Orta	0
Park etmiş araç	Var	0.5
	Yok	0
Çevre aydınlatması	Yüksek	1
	Orta	0
	Düşük	-1
Görsel Kılavuzlama / trafik kontrolü	Zayıf	0.5
	Orta yada İyi	0
		Ağırlık Faktörlerinin Toplamı

Yol Aydınlatma Sınıflarında Sağlanması Gereken Aydınlatma Kalite Büyüklükleri

Aydınlatma sınıfı	L_{ort} (cd/m ²)	U_o	U_l	TI (%)	SR
M1	≥2.0	≥0.4	≥0.7	≤10	≥0.5
M2	≥1.5	≥0.4	≥0.7	≤10	≥0.5
M3	≥1.0	≥0.4	≥0.6	≤15	≥0.5
M4	≥0.75	≥0.4	≥0.6	≤15	≥0.5
M5	≥0.50	≥0.35	≥0.4	≤15	≥0.5
M6	≥0.30	≥0.35	≥0.4	≤20	≥0.5

L_{ort} : ort. Parlaklık

U_o : ort. Düzgünlük

U_l : boyuna düzgünlük

f_{TI} : bağıl eşik artışı

R_{EI} : çevreleme oranı

Türkiye Şehir İçi Yol Tanımları ve Yol Aydınlatma Sınıfları (MYD/95-009.B – “Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi”)

Yol tanımı	Ayd. sınıfı
Şehir bağlantı ve çevre yolları (tek veya iki yönlü, kavşaklar ve bağlantı noktaları ile şehir geçişleri dahil)	
- Hız \geq 90 km/h ;	M1
- Hız $<$ 90 km/h ;	M2
Şehiriçi ana güzergahlar (bulvarlar ve caddeler ; ring yolları ; dağıtıcı yollar)	
- 50 km/h \leq Hız $<$ 90 km/h ; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var ;	M1
- 50 km/h \leq Hız $<$ 90 km/h ; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok;	M2
- Hız $<$ 50 km/h;	M3
Şehiriçi yollar (yerleşim alanlarına giriş çıkışın yapıldığı ana yollar ve bağlantı yolları)	
- Hız \geq 50 km/h ; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var ;	M3
- Hız \geq 50 km/h ; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok ;	M4
- Hız $<$ 50 km/h ; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var ;	M4
- Hız $<$ 50 km/h ; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok ;	M5
Yerleşim (ikametgah) bölgelerindeki yollar	
- 30 \leq Hız $<$ 50 km/h ; suç oranı yüksek;	M4
- 30 \leq Hız $<$ 50 km/h ; suç oranı normal;	M5
- Hız $<$ 30 km/h ; suç oranı yüksek;	M5
- Hız $<$ 30 km/h; suç oranı normal;	M6

Yol aydınlatması ve yaya/yerleşim bölgesi aydınlatması ihtiyaçlarının karşılaştırılması

Yol aydınlatması

ilgi noktası:

- Sürücü ihtiyaçları
- Sürücünün çevre görüşü

Yaya/yerleşim aydınlatması

ilgi noktası:

- Sürücü görüşü
- Yaya görüşü



Yol aydınlatması ve yaya/yerleşim bölgesi aydınlatması ihtiyaçları

Yol aydınlatması

Parıltı (lüminans): **cd/m²**

Uzun mesafe görüşü

Farklı geometrilerdeki yollar

Yaya/yerleşim aydınlatması

Aydınlık düzeyi (illuminans): **lux**

Kısa mesafe görüşü

Kompleks/zıt konumlar



Her ikisi de EN 13201 standardında ve CIE yayınlarında tanımlanmaktadır.



Aydınlatma tesisatlarının teknik performans gereklilikleri

TS EN 13201-2

Nisan 2006

Yol aydınlatması EN 13201 standardı

ICS 93.080.40

- Ortalama parıltı L_{ortalama}
- Ortalama parıltı düzgünlüğü U_0
- Boyuna parıltı düzgünlüğü U_L
- Fizyolojik kamaşma f_{TI}
- Çevre aydınlatması R_{EI}

YOL AYDINLATMASI – BÖLÜM 2: PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

Road lighting -
Part 2: Performance requirements

Ana amaç:

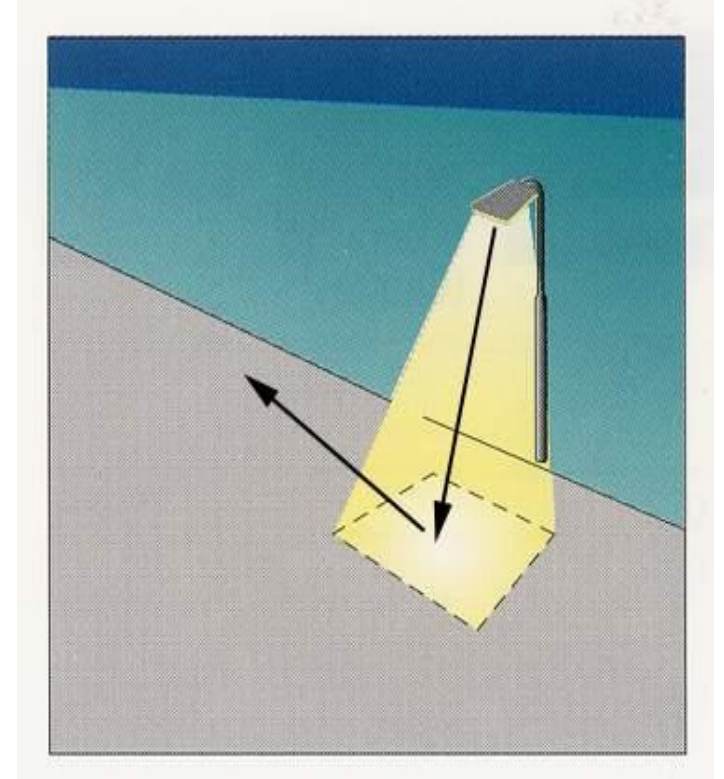
Trafik güvenliği (yol yüzeyi üzerindeki bir cismin görülebilirliği)

Parıltı (Lüminans) L_{ort} (cd/m^2)

Gözlemci gözüne yol yüzeyinden yansıyarak gelen ışığın miktarı

Yol yüzeyinin yansıtma özellikleri etkilidir.

Tipik ortalama yol yüzeyi parıltı değerleri: $2,0 cd/m^2$ – $0,3 cd/m^2$



Parıltı L_{ort} (cd/m^2)

Yol yüzeyi sınıfları

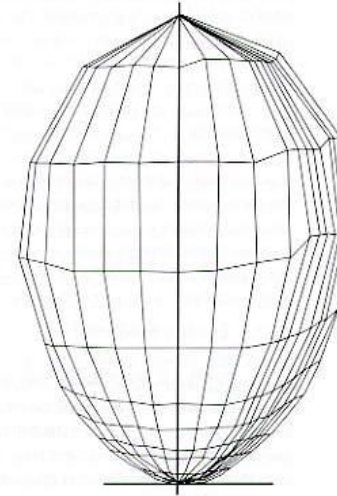
Yol yüzeyinin yansıtma özelliklerine bağlıdır.

4 standart CIE/IES sınıfı:

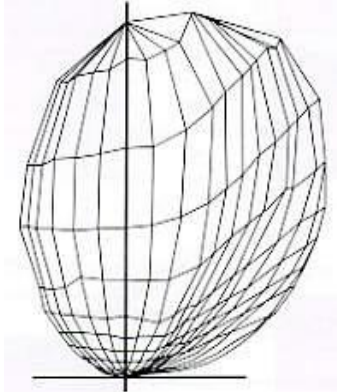
- R1 oldukça düzgün
- R2 düzgün& aynasal
- R3 biraz aynasal
- R4 oldukça aynasal

Farklı yol yüzeyi sınıfları da mevcuttur

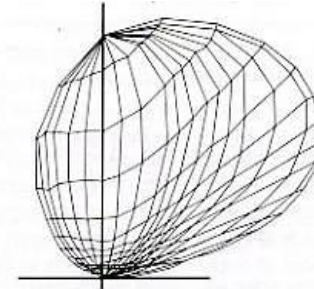
- N1-N4
- C1, C2
- W1-W4
- ZOAB (NL), Porous asphalt (UK)



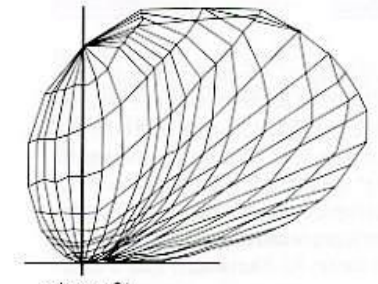
R1
revêtement R1
 $Q_0 = 0,10$ et $S_1 = 0,25$



R2
revêtement R2
 $Q_0 = 0,07$ et $S_1 = 0,58$



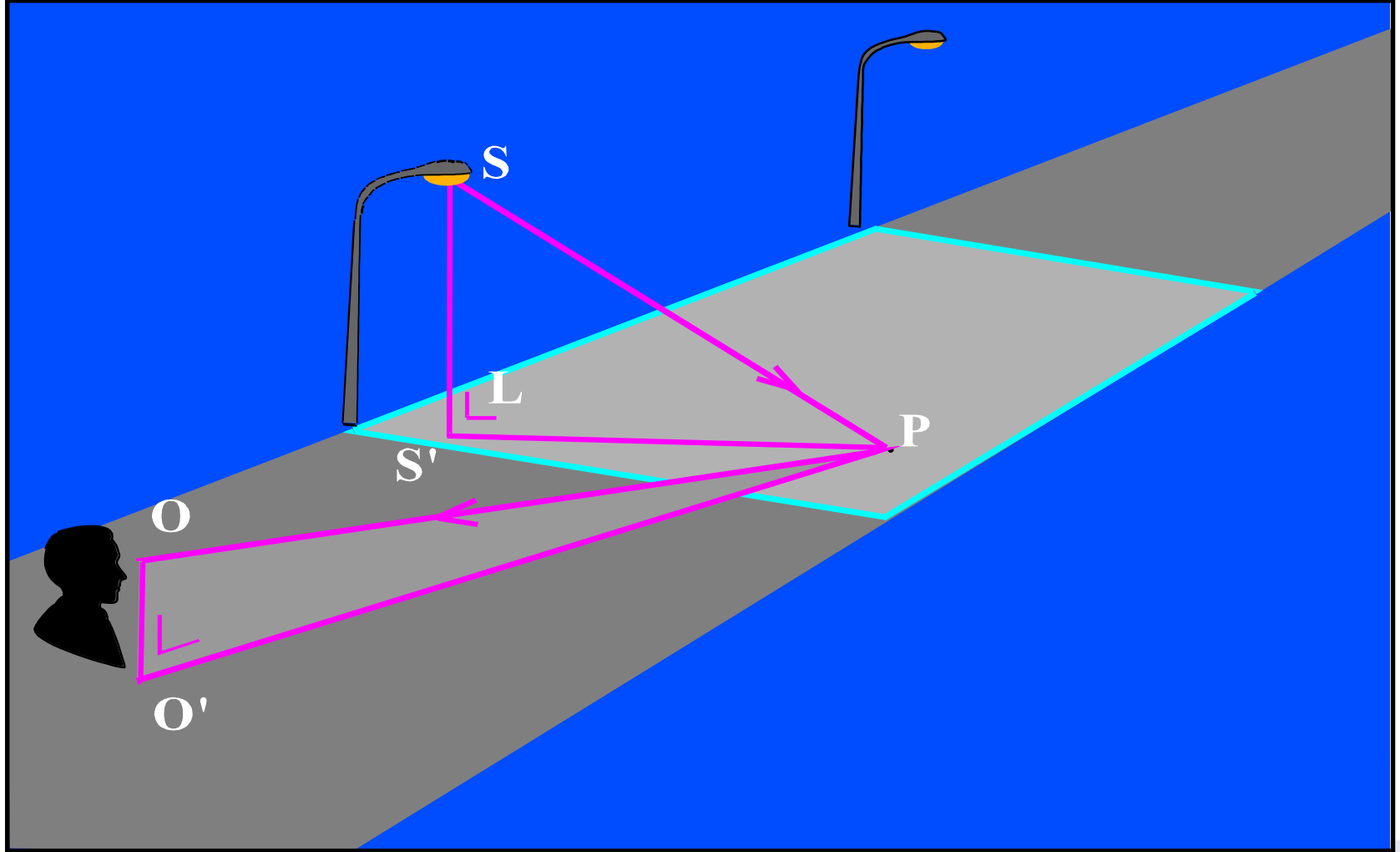
R3
revêtement R3
 $Q_0 = 0,07$ et $S_1 = 1,11$



R4
revêtement R4
 $Q_0 = 0,08$ et $S_1 = 1,55$

Aydınlatma parametreleri – yol aydınlatması

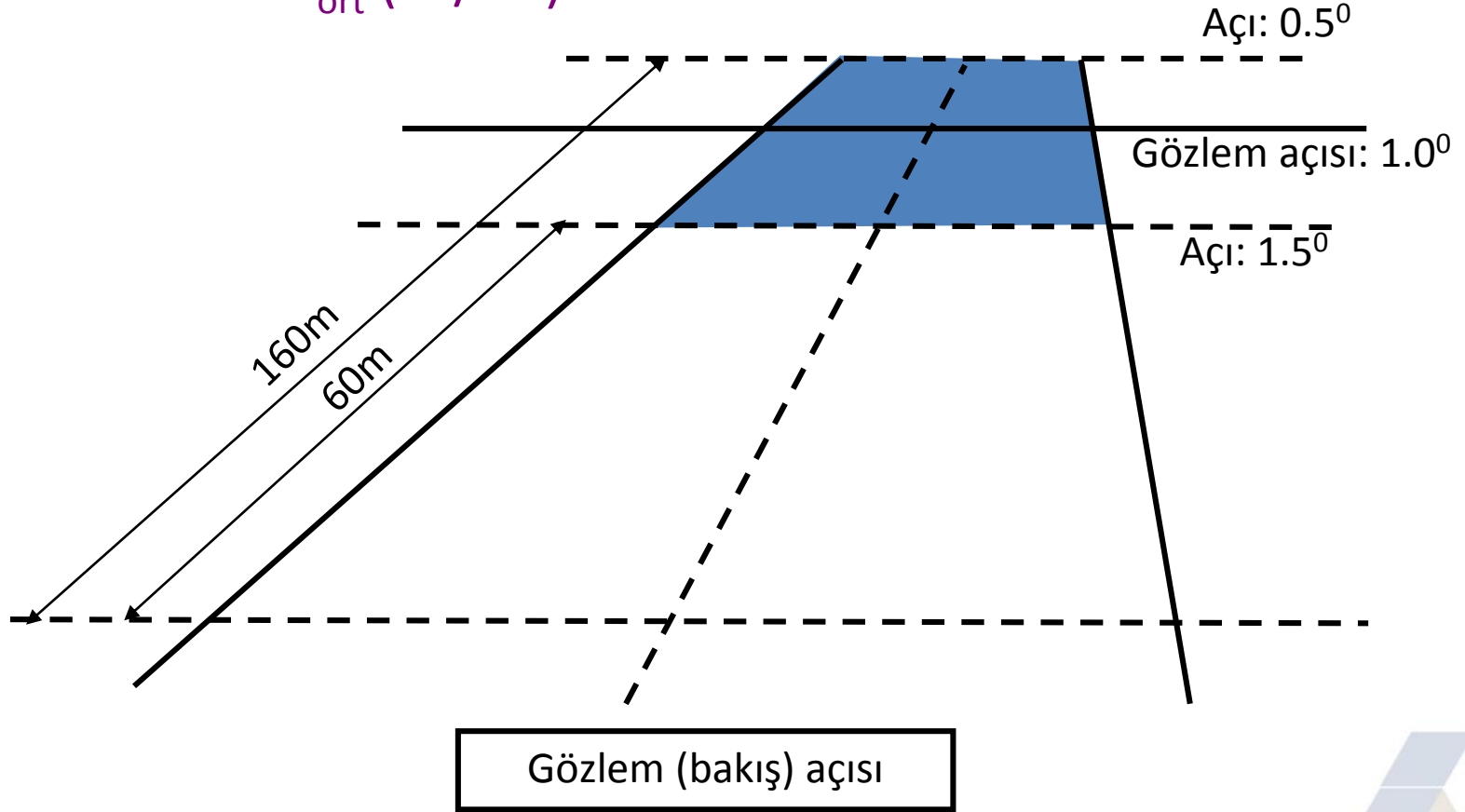
Ortalama parlaklık düzeyi



Aydınlatma parametreleri – yol aydınlatması

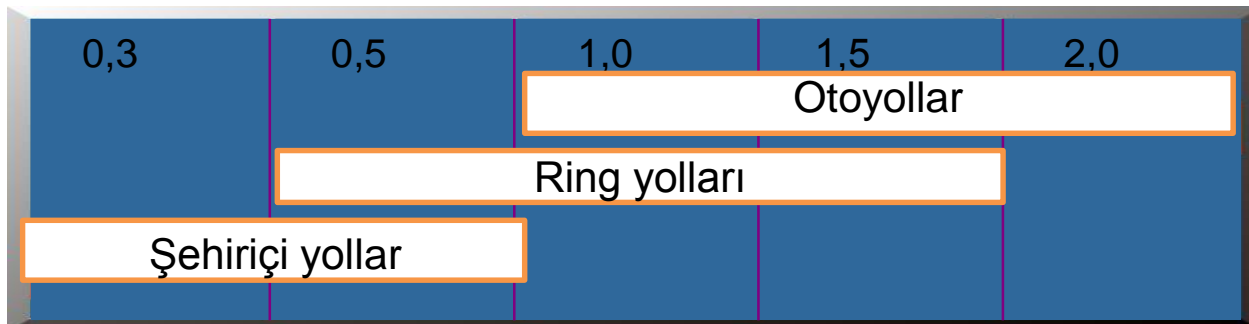
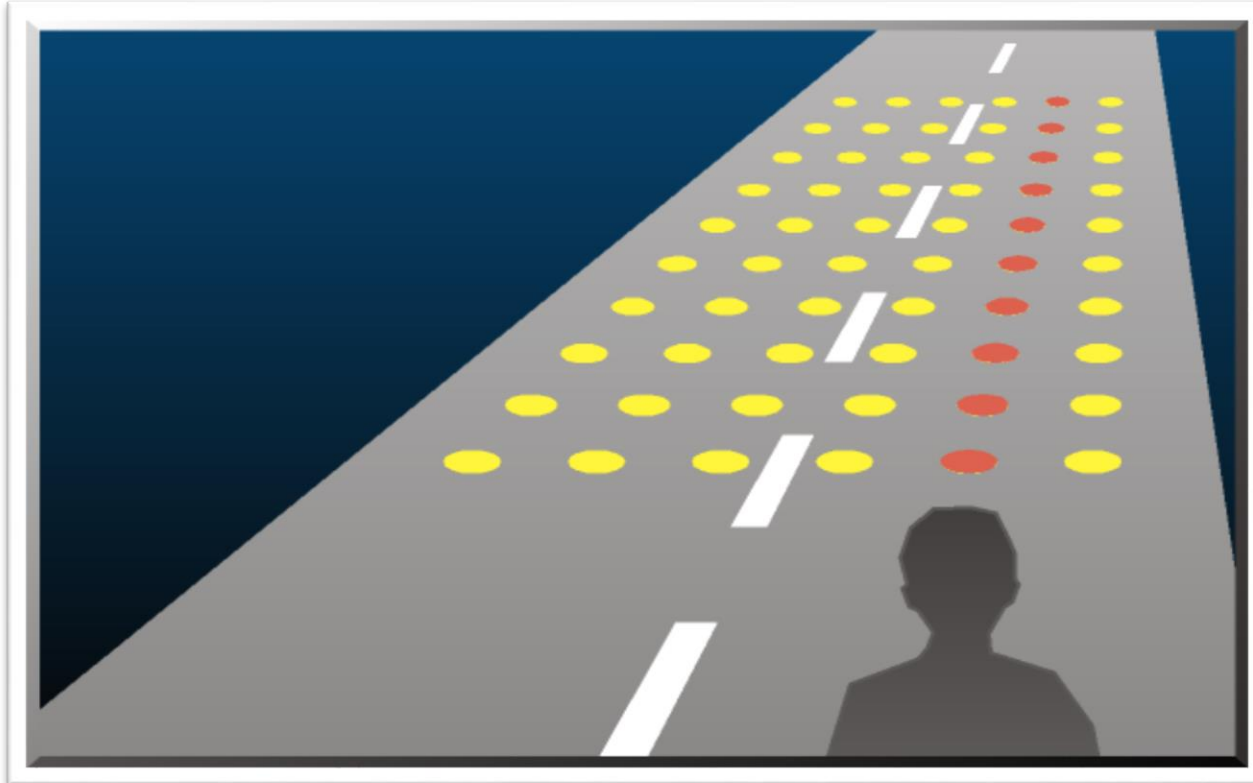
Ortalama parlaklık düzeyi

Ortalama Parlaklık L_{ort} (cd/m^2)

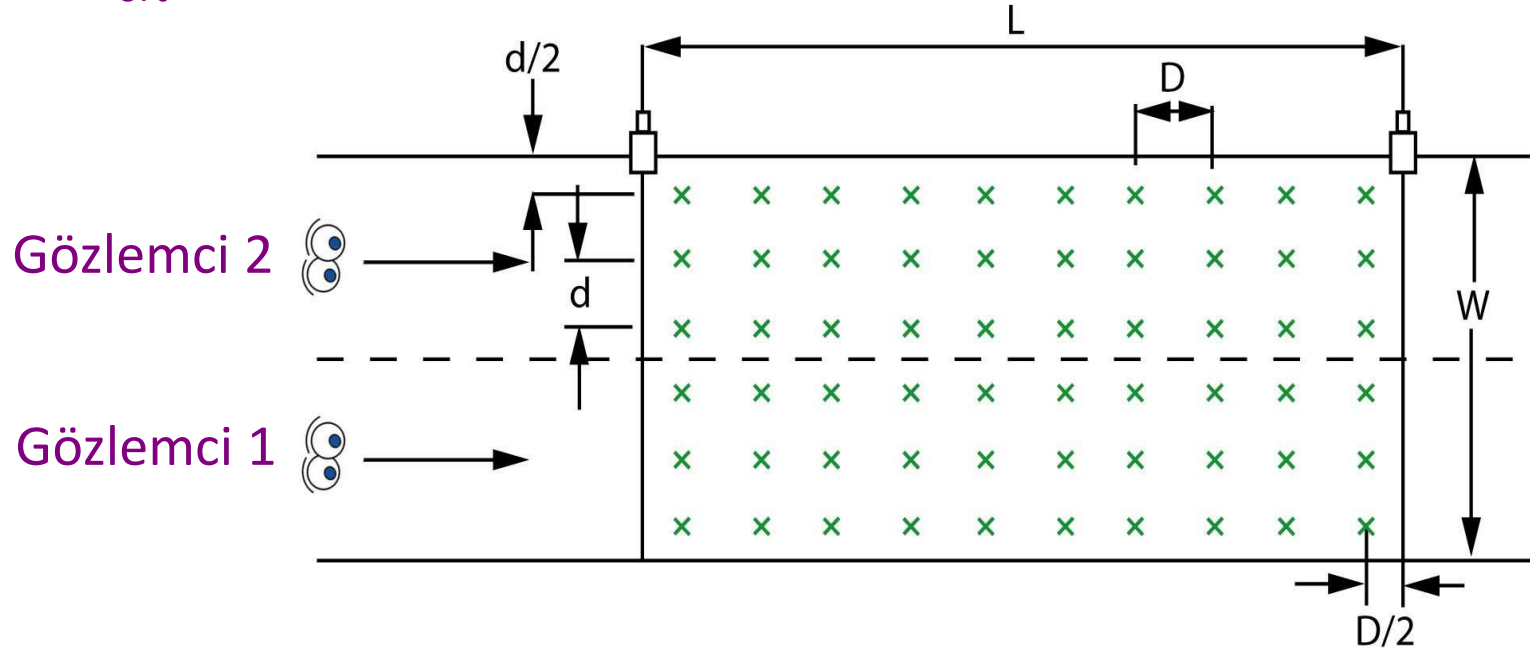


Aydınlatma parametreleri – yol aydınlatması

Ortalama parlaklık düzeyi



Ortalama Parlaklık L_{ort} (cd/m^2)



EN 13201'e göre,

- Gözlemci her bir şeridin ortasında
- L_{ort} için en kötü durum alınır.

Ortalama Parıltı Düzgünlüğü, U_0

Ortalama (bileşke) parıltı düzgünlüğü $U_0 = L_{\min}/L_{\text{ort}}$

- Armatürlerin ışık dağılımları ve direkler arası açıklık etkili
- Tipik değerleri: $U_0 > 0.35 - 0.40$

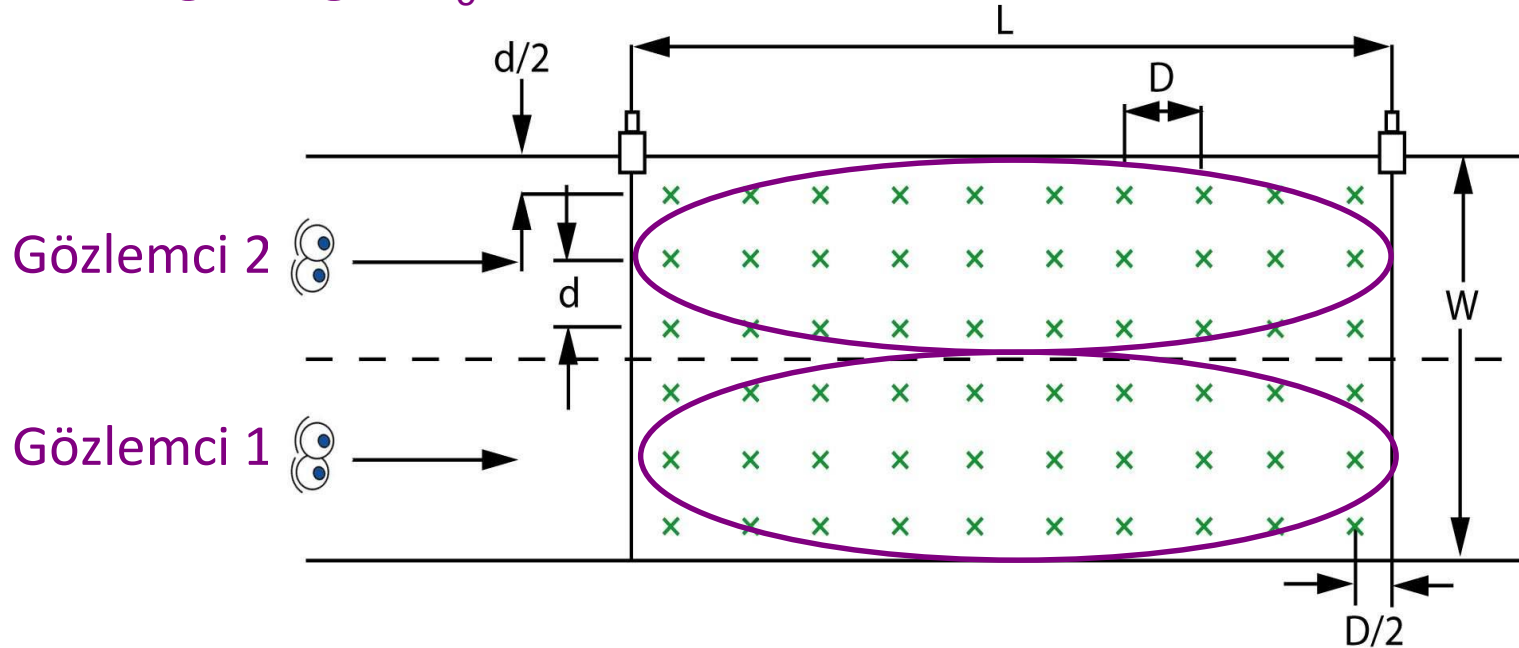
Düzlük
OK:
yoldaki
cisim
açıkça
görülüyor



Düzlük
çok düşük:
yoldaki
karanlık
alandaki
cisim
görülüyor

Ortalama Parıltı Düzgünlüğü, U_0

$$U_0 = L_{\min}/L_{\text{ort}}$$



EN 13201'e göre

- Her bir şerit için ayrı gözlemci
- U_0 için en kötü olan kabul edilecek
- Tipik değerler: $U_0 > 0.35 - 0.40$

Boyuna Parıltı Düzgünlüğü, U_L

Boyuna Parıltı Düzgünlüğü $U_L = L_{\min}/L_{\max}$

- Armatürlerin ışık dağılımları ve direkler arası açıklık etkili
- Tipik değerleri: $U_L > 0.4 - 0.7$



Aydınlatma parametreleri – yol aydınlatması

Boyuna parıltı düzgünlüğü



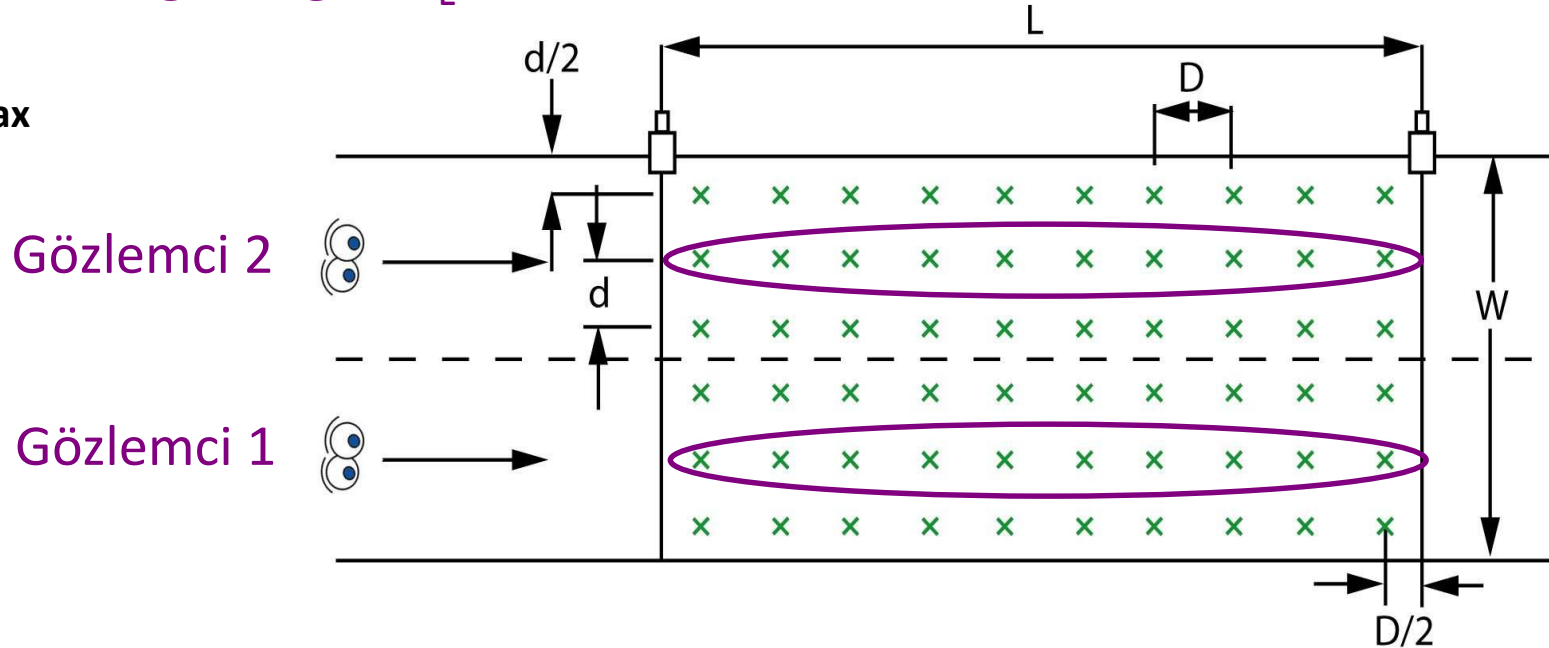
Otoyollar

Ring Yolları

Şehir içi Yollar

Boyuna Parıltı Düzgünlüğü, U_L

$$U_L = L_{\min}/L_{\max}$$



EN 13201'e göre,

- Her bir şeridin ortasında bir gözlemci
- U_L için en kötü olan kabul edilecek
- Tipik değerler: $U_L > 0.4 - 0.7$

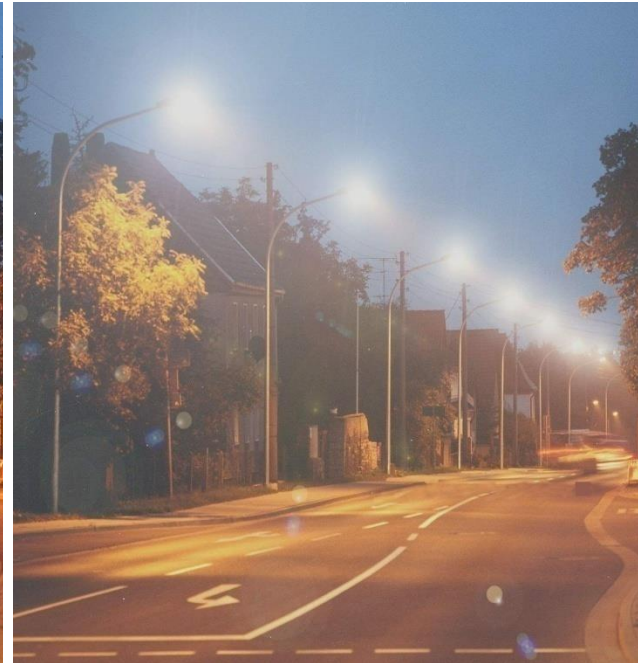
Kamaşma Eşik Artışı, T_I (%), f_{T_I}

- Kamaşma nedeniyle görsel performansta oluşan kayıpların ölçümü
- Armatürlerden gelen direkt kamaşma etkili
- Tipik değerler: $T_I < \%10-15$

T_I
OK:
yoldaki
cisim
açıkça
görülüyor



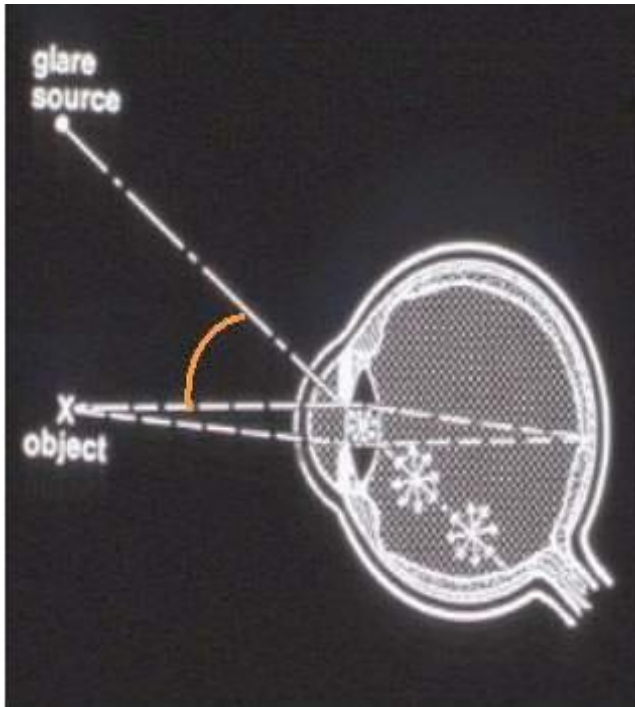
T_I
çok fazla:
yoldaki
cisim
görülüyor



Kamaşma Eşik Artışı, TI (%)

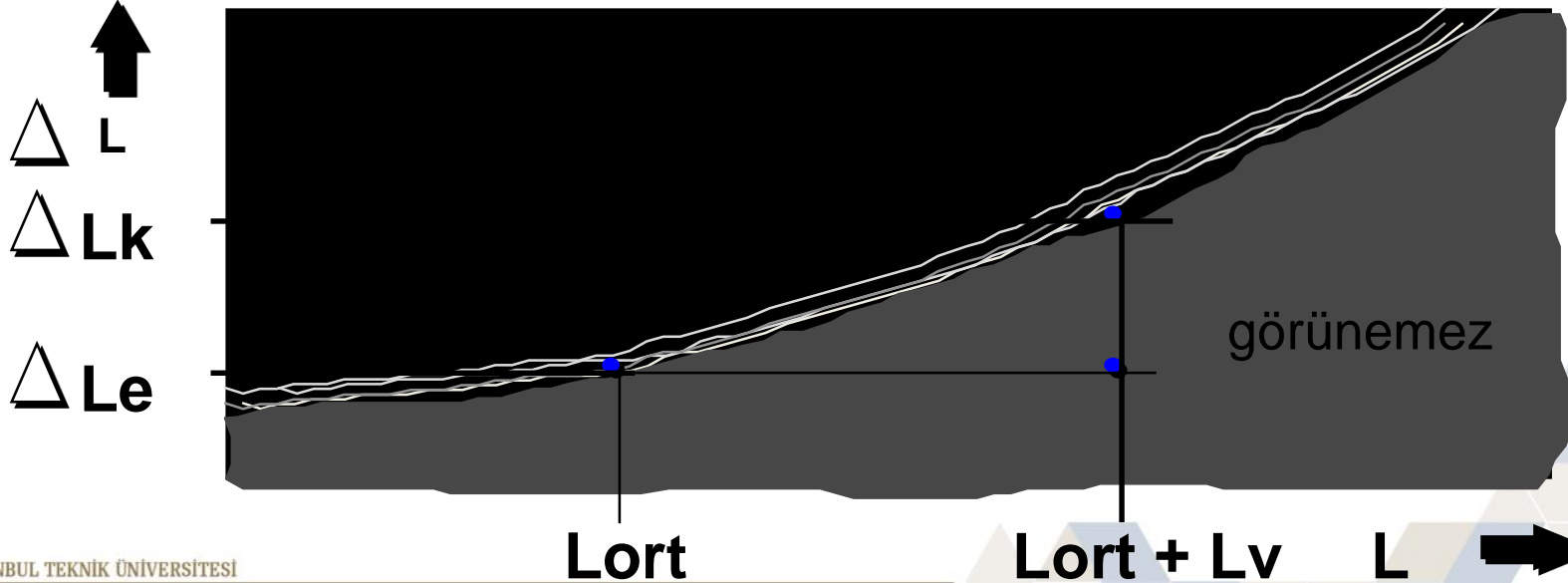
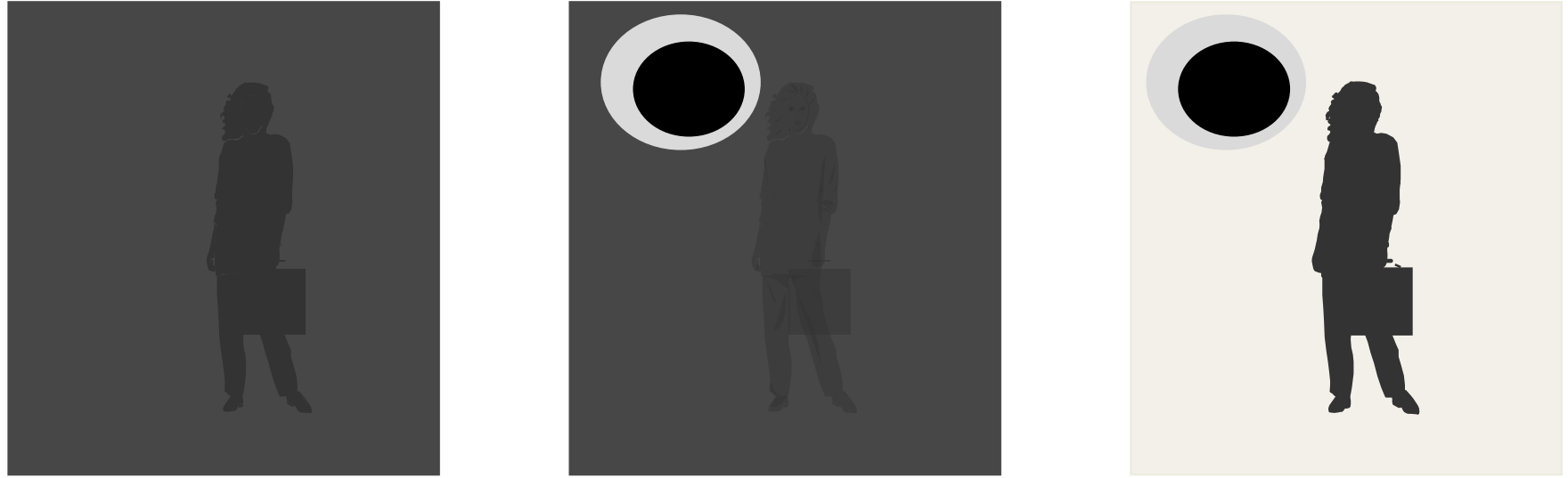
$$TI = 65 \frac{L_{\text{örtü}}}{L_{\text{ort}}^{0,8}}$$

Kamaştırıcı ışık kaynağının neden olduğu örtü parıltısı cismin görülebilirliğini azaltır.



Aydınlatma parametreleri – yol aydınlatması

Kamaşma (f_{TI}) ve Örtü Parıltısı

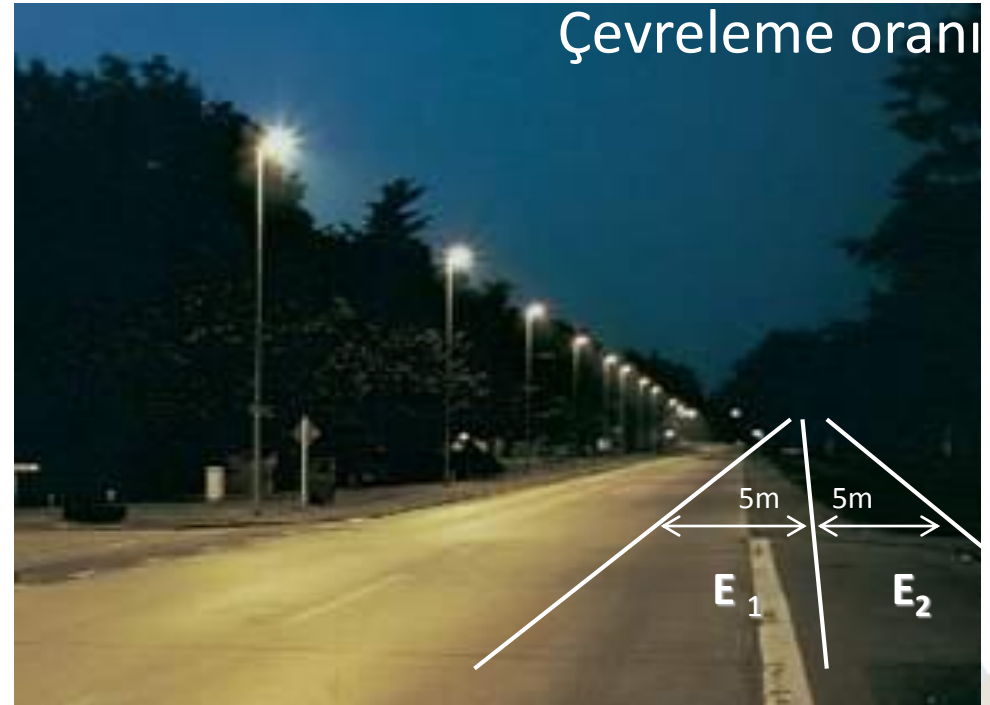


Çevreleme oranı $R_{E1} = E_2/E_1$

Dıştaki ortalama aydınlık düzeyi (E_2)

İçteki ortalama aydınlık düzeyi (E_1)

- Tipik değerler: $R_{E1} > 0.5$
- Kaldırım tarafının solunda ve sağındaki 5 metrelik şeritlerin aydınlık düzeyleri
- Engeller dikkate alınmıyor.



EN 13201'deki yol aydınlatma sınıfları:

ME : Avrupa'daki Motorlu Araç Trafikli KURU Yol (parıltı düzeyi ile hesap)

MEW : Avrupa'daki Motorlu Araç Trafikli ISLAK Yol (parıltı düzeyi ile hesap)

CE : karmaşık alanlar – alış-veriş caddeleri, kavşaklar, vb.
(aydınlık düzeyi ile hesap)

S ve A : yavaş trafik kullanıcılı yollar – yaya, bisiklet yolları, tercihli ayrılmış yollar, emniyet şeritleri, vb. (S: yatay aydınlık düzeyi; A: yarı-küresel aydınlık düzeyi hesabı)

ES : güvenlik riski, suç oranı normalden daha yüksek alanlar (yarı-silindirik aydınlık düzeyi hesabı)

EV : düşey düzlemlerde aydınlatma gerekli – gişeler, tabela yoğun yol ayrımları, vb. (düşey aydınlık düzeyi hesabı)

Aydınlatma parametreleri – yol aydınlatması

EN 13201

ME-yol aydınlatma sınıfları için kriterler
Kuru trafik koşullarında motorlu araç sürücüleri

Class	Luminance road surface of carriageway for dry road surface conditions			Disability glare	Lighting of surroundings
	L_{ave} (cd/m ²) (min. maintained)	U_0 (minimum)	U_1 (minimum)	TI in % (maximum) *	SR (minimum) **
ME1	2.0	0.4	0.7	10	0.5
ME2	1.5	0.4	0.7	10	0.5
ME3a	1.0	0.4	0.7	15	0.5
ME3b	1.0	0.4	0.6	15	0.5
ME3c	1.0	0.4	0.5	15	0.5
ME4a	0.75	0.4	0.6	15	0.5
ME4b	0.75	0.4	0.5	15	0.5
ME5	0.5	0.35	0.4	15	0.5
ME6	0.3	0.35	0.4	15	No requirement

* TI: +5 points if low luminance light sources are used; ** SR only valid if there are no traffic areas with own requirements adjacent to carriageway

Yaya alanlarındaki değişik yol tipleri için aydınlatma sınıfları

Yolun Tanımı	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)
Sosyo-ekonomik ve kültürel önemi yüksek olan kalabalık yaya yolları	20.0
Trafięi yüksek yaya veya bisiklet yolları	10.0
Trafięi orta yaya veya bisiklet yolları	7.5
Trafięi az yaya veya bisiklet yolları	5.0
Doęal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki trafiği az yaya veya bisiklet yolları	3.0
Doęal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki trafiği çok az yaya veya bisiklet yolları	1.5

Aydınlatma tesisatlarının teknik performans gereklilikleri

Yaya/yerleşim yolları aydınlatması
EN 13201 standardı

- Ortalama aydınlık düzeyi (yatay) E_{ort}
- Düzgünlük (aydınlık düzeyi) U_0
- Yarıküresel aydınlık düzeyi $E_{hs,ort}$
- Yarı-silindirik aydınlık düzeyi $E_{sc, min}$
- Düşey aydınlık düzeyi $E_{v, min}$

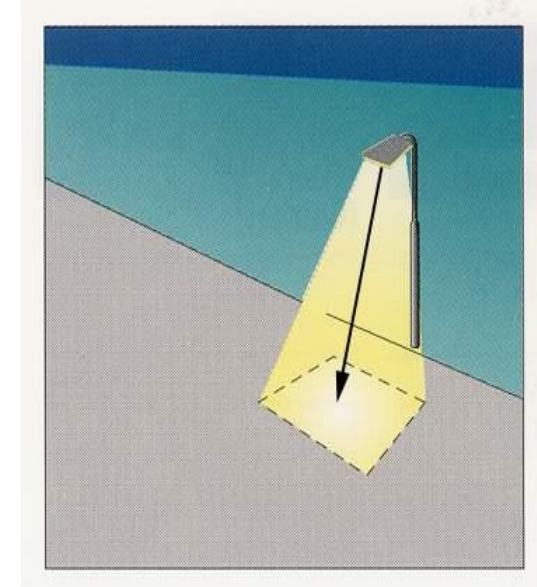
Ana amaç:

Trafik ve sosyal güvenlik (trafik ve yüzlerin tanınabilirliği)

Yatay ortalama aydınlık düzeyi, E_{ort} (lux)

Düzgünlük, U_0

- Yol yüzeyi üzerindeki aydınlık düzeyi (lux)
- Yol yüzeyi (kaplaması)nin etkisi yok
- Tipik değerler:
 - E_{ave} 2 - 50 lux
 - U_0 0.4 (aydınlık düzeyi bazında)
- Luxmetre ile kolay ölçüm.



Aydınlatma parametreleri- yerleşim yol aydınlatması



Yarı-silindirik aydınlık düzeyi $E_{sc,min}$ (lux)

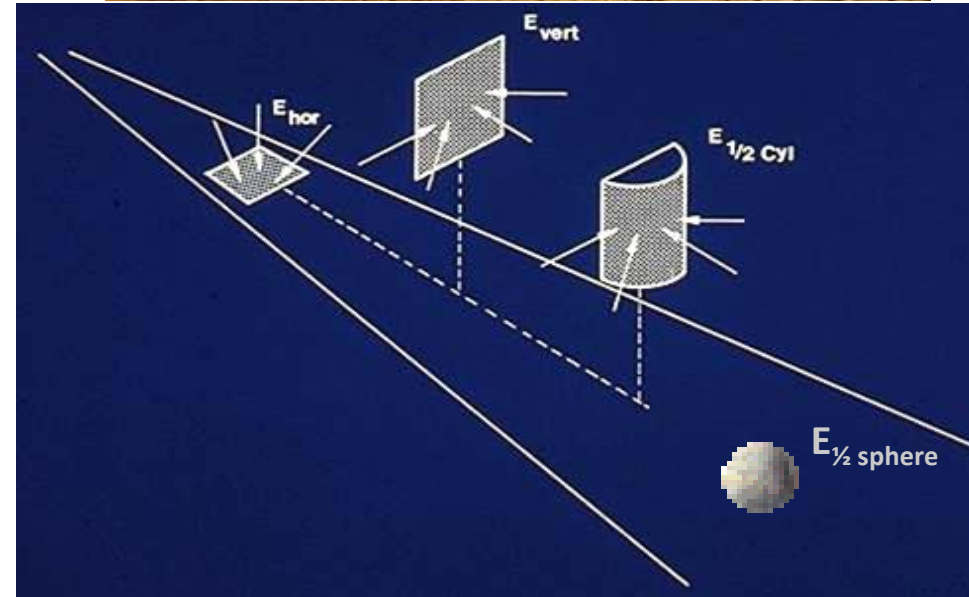
1.5m yüksekte yarı-silindir yüzeydeki
Aydınlık Düzeyi

Yüzlerin seçilebilirliği

Tipik değerler: 0.5 - 10 lux

İsteğe bağlı olarak bazen,

- $E_{vertical}$ (lux)
- $E_{semi-sphere}$ (lux)



CE-yol aydınlatma sınıfları için kriterler
Karmaşık alanlardaki yol kullanıcıları
(alış-veriş caddeleri, yol kesişimleri, kavşaklar, kuyruk alanları)

Sınıf	Yatay aydınlık düzeyi	
	E_{ort} (lux) (minimum)	U_0 (minimum)
CE0	50	0.4
CE1	30	0.4
CE2	20	0.4
CE3	15	0.4
CE4	10	0.4
CE5	7.5	0.4

Aydınlatma parametreleri - yerleşim yol aydınlatması

EN 13201

S & ES- yol aydınlatma sınıfları için kriterler

Yavaş trafik kullanıcılarının olduğu alanlar

(yaya yolları, bisiklet yolları, emniyet şeritleri, tercihli ayrılmış yollar)

Sınıf	Yatay aydınlık düzeyi	
	E_{ort} (lux)	E_{min} (lux)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7.5	1.5
S4	5	1.0
S5	3	0.6
S6	2	0.6
S7	Belirlenmemiş	Belirlenmemiş

Sınıf	Yarı-silindirik aydınlık düzeyi
	$E_{sc,min}$ (lux))
ES1	10
ES2	7.5
ES3	5
ES4	3
ES5	2
ES6	1.5
ES7	1.0
ES8	0.75
ES9	0.5

- Temininde büyük güçlükler yaşanan elektrik enerjisini tüketen sistemlerden biri olan “aydınlatma tesisatları” mevcut tesisatların yetersizliği, teknolojideki yenilikler ve kısa geri ödeme süreleri nedeniyle üzerinde en çok konuşulan ve uygulama yapılan konulardan biri haline gelmiştir.
- Enerji verimliliği kapsamında yoğun olarak yürütülen çalışmalar arasında, kolay uygulanabilir ve izlenebilir olduğu için yol ve sokak aydınlatmalarında yeni teknoloji LED’li armatürlerin kullanılması konusu sürekli gündemdedir.
- Bu uygulamalar, büyük enerji tasarruflarının sağlanabileceği iddia edilerek, hükümetlerin enerji verimliliği stratejileri içinde de yer almaktadır.

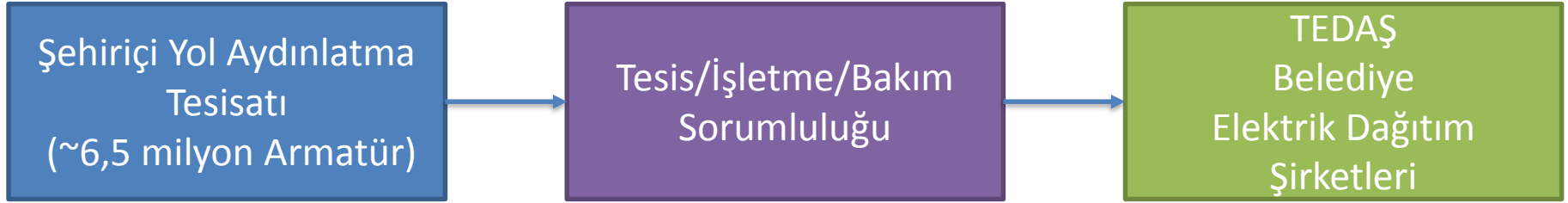


LED'li Yol Aydınlatması

- Yol aydınlatması hem yaya hem de sürücüler için çevrelerinin daha güvenli olmasını sağlayan çok önemli bir kamu hizmetidir. LED'li yol aydınlatması tesisatlarında da mevcut standart ve şartnamelerdeki koşullar sağlanmak zorundadır.
- LED teknolojisinde gelinen son durumda henüz M1 aydınlatma sınıfı otoyollar için maliyet etkin çözümlere ulaşılması zordur. Şu an için M2, M3, M4, M5 aydınlatma sınıfları için kabul edilebilir çözümler sunulabilmektedir.
- Uygulama Alanları
 - Şehir içi ve bağlantı yolları



Mevzuattaki Gelişmeler



14/03/2013 – Sayı:6446 "**Elektrik Piyasası Kanunu**"
Sorumlu: Elektrik Dağıtım Şirketleri

27/07/2013 – RG :28720 "**Genel Aydınlatma Yönetmeliği**"

- **Genel Aydınlatma:** Otoyollar ve özelleştirilmiş erişme kontrollü karayolları hariç, kamunun genel kullanımına yönelik bulvar, cadde, sokak, alt-üst geçit, köprü, meydan ve yaya geçidi gibi yerler ile halkın ücretsiz kullanımına açık ve kamuya ait park, bahçe, tarihi ve ören yerlerinin aydınlatılması ile trafik sinyalizasyonu.
- **Aydınlatma Komisyonu:** Vali veya Vali yardımcısının başkanlığında büyükşehir belediyesinden 2 üye, toplantı gündemine ilişkin olarak ilgili belediyelerden birer üye ile dağıtım şirketinden 1 üye ve TEDAŞ temsilcisi.

Genel aydınlatmalardaki aydınlatma sınıflarının seçiminin, yol aydınlatması özellikleri ve hesapları ile ölçme işlemlerinin ilgili mevzuat ve standartlara uygun olarak yapılma gerekliliği...

TEDAŞ tarafından gerçekleştirilen çalışmalar esas teşkil etmektedir.

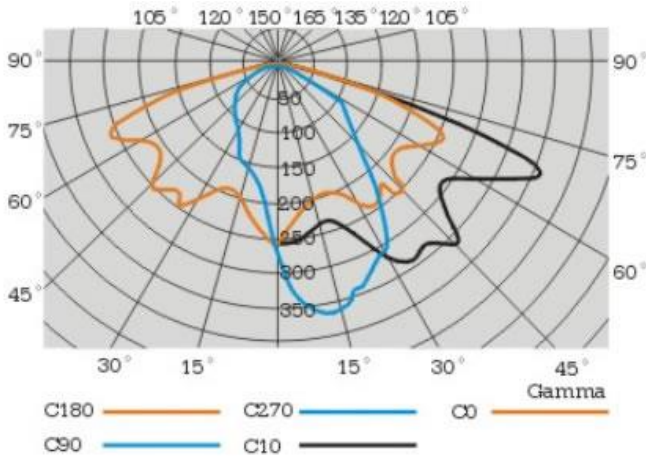
TEDAŞ - İTÜ Enerji Enstitüsü

"Dış Aydınlatma Hizmeti Müşavirlik Sözleşmesi"

- Lamba- armatür şartnameleri
- Yol aydınlatma sınıfları
- Aydınlatma kalite kriterleri
- Bilgisayar tasarım programı

Lamba/Armatür Şartnameleri

- 4 Mayıs - 1 Eylül 2006 / MYD94-001.B "Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı Lambalar Teknik Şartnamesi"
- Nisan 2006 - Mayıs 2008 / MYD95-009.B "Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi"



2664 Işık Şiddeti-cd değeri



Aydınlatma Fotometri ve Radyometri Laboratuvarları

- Eylül 2010 - Temmuz 2011 / TEDAŞ ARGEP / 2010-057.A "LED'li Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi"
- 15 Ekim 2012 / TEDAŞ - İTÜ EE Sözleşmesi
 - Aralık 2012 "Yol Aydınlatmasında LED Işık Kaynaklı Armatür Kullanımı", İTÜ Raporu
- Aralık 2013 - Mart 2015 / TEDAŞ ARGEP / 2010-0.57.B "LED Işık Kaynaklı Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi"

İTÜ Raporu Sonuçları:

- Verimliliklerinin karşılaştırılmasında *armatür etkinlik faktörü (lm/W)* değeri dikkate alınmalıdır.
- Uygulayıcının satın alımlarda en az 5 yıllık "*garanti süresi teminatı*" alması kuvvetle önerilmektedir.
- İyi renksel geriverim endeksli LED'li aydınlatmalarda sürücü reaksiyon süresinin kısalmayacağı ve trafik güvenliğinin iyileşeceği iddia edilmektedir.
- 4.000K renk sıcaklıklı LED'ler, yol kullanıcıları tarafından daha çabuk kabullenilebilecek ara çözümler olabilecektir.
- TI – eşik artış oranı yöntemi, LED'li tesisatlar için yetersiz kalmaktadır.
- Isı yönetimi, hava kanalları ve dayanıklı gövde malzemeleri armatür ağırlığının artmasına neden olmaktadır.
- Akıllı kontrol sistemlerinin kullanımı ile ilave olarak yaklaşık %30 enerji tasarrufu sağlanabileceği açıklanmaktadır.
- LED çip performans ölçüm standartlarının yanı sıra, LED'li armatür performans standartlarının da hazırlanması gerekmektedir.

- 32862 YBSBL'li ve 284575 LED'li yol aydınlatma tesisat alternatifi ile,

M1'de %13

M5'te %58 enerji tasarrufu...

- Toplam Maliyet = Tesis + İşletme + Bakım

LED'li yol aydınlatması tesisatlarının yaygın kullanımı, armatür etkinlik faktörlerinin yükselmesi ve armatür satın alma maliyetlerinin düşmesi ile gerçekleşebilecektir.



Enerji Tasarrufu – Gerçek Maliyet

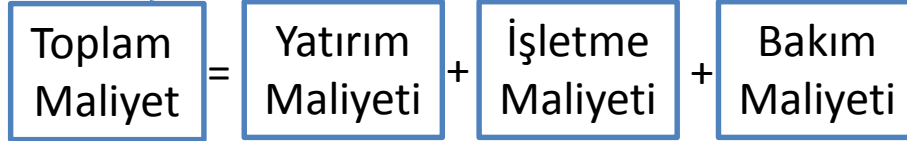
- Bir projede sağlanabilecek enerji tasarrufu mevcut aydınlatma teknolojisi, yeni uygulanabilecek aydınlatma teknolojisi, kontrol stratejileri ve retrofit/değişim esnasında aydınlatma kalite büyüklüklerinin değişip değişmemesi gibi faktörlere bağlıdır.
- Sadece armatür değişimli retrofit projelerinde mevcut direk konumu veya direkler arası açıklıklar yolun kullanım amacı ve geometrisine uygun en optimum çözüm olmayabilir.
- Tesisatlar yeniden ele alınırken yolun dahil edilebildiği aydınlatma sınıfı için gerekli aydınlatma kalite büyüklükleri sağlanmalıdır. Mevcut tesisatta olması gerekenden çok yüksek aydınlatma değerleri varsa, yolun konumu itibari ile özel durumu da dikkate alınarak aydınlatma seviyesinin azaltılması da düşünülmelidir.

Farklı iki alternatif tesisat karşılaştırılırken sadece enerji tasarruf oranlarının değil, ilk yatırım (tesis) ve bakım masraflarının da dikkate alındığı uzun süreli maliyet analizlerinin yapılması gerekir.



Maliyet Hesabı

$$TM = YM + İM + BM$$



$$YM = ds.(df+dmf) + n.(af+amf) + ls.(lf+lmf) + lku.(lkf+lkmf) + sku.(skf+skmf)$$

ds	direk sayısı
df	direk fiyatı (TL)
dmf	direk montaj fiyatı (TL)
n	armatür sayısı
af	armatür fiyatı(TL)
amf	armatür montaj fiyatı (TL)
ls	lamba sayısı
lf	lamba fiyatı (TL)
lmf	lamba montaj fiyatı (TL)
lku	linye uzunluğu (m)
lkf	linye kablosu fiyatı (TL)
lkmf	linye montaj fiyatı (TL/m)
sku	sorti uzunluğu (m)
skf	sorti kablo fiyatı (TL/m)
skmf	sorti montaj fiyatı (TL/m)

$$İM = n.P_i.ef.10^{-3}.365.t_i$$

P_i	armatür gücü (W)
ef	elektrik birim fiyatı (TL/kWh)
t_i	günlük kullanım süresi (saat)

$$BM = ls.(lf+lmf) + [(ps.pf+yf).n / bas.t_ç]$$

ps	personel sayısı
pf	personel günlük yövmiyesi (TL/kişi)
yf	günlük kullanılan yakıt fiyatı (TL/gün)
bas	saatte bakımı yapılan armatür sayısı
$t_ç$	günlük çalışma saati (h)

Genel Özellikler:

- Yola paralel montaj
- Min. 50.000 saat armatür ömrü
- Min. 50.000 saat LED paket ekonomik ömrü (8.000 saat/85°C)

Elektriksel Özellikler:

- Sabit akım sürücüleri
- $I_{\text{beyan}} < \%70$; $I_{\text{maks.}} \leq 700$ mA
- G.F. $\geq 0,95$; $\eta \geq \%90$; THD $< \%10$

Fotometrik Özellikler:

- 4.000 K $\pm \%5$; Ra ≥ 70 ; e ≥ 115 lm/W ; ULOR $\leq \%5$
- $L_{\text{ort}} + \%5 \rightarrow \%10$ (Uygulama Talimatı)

*LED’li armatürler mevcut sistemler yerine kullanılırken, ilk dikkat edilmesi gereken kriter, güvenlik koşulları gereği yol sınıflarında sağlanması **gereken aydınlatma kalite büyüklüklerinin** gerçekleştiriliyor olmasıdır. Karşılaştırmalar yapılırken, baz alınan sistemler YBSBL’li armatürler grubunda teknolojik olarak erişilebilir **en verimli** tesisatlar olmalıdır.*

Proje Karşılaştırma Kriterleri

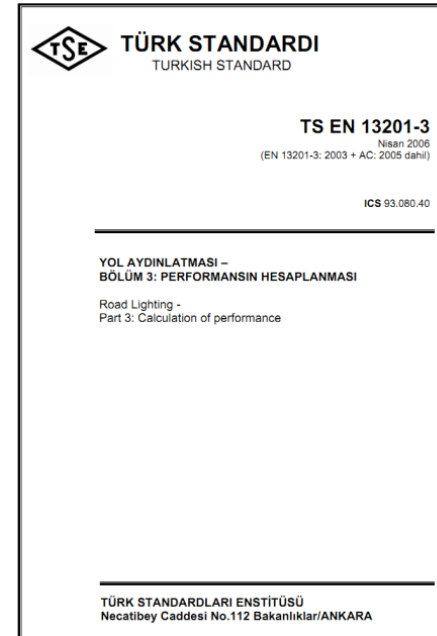
1. Temel yaklaşım mevcut sistemdeki aydınlatma kalitesinin yeni sistemde aynı şekilde yaratılması ve yolda sınıfına uygun uluslararası standartlarca önerilen aydınlatma kalite kriterlerinin sağlanması olmalıdır.
2. Ölçümlere başlanmadan önce, iki farklı tesisatın eşit koşullarda doğru karşılaştırılabilmesi için, mevcut yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ekonomik ömürlerini tamamlamış ve dolayısıyla toplam ışık akısının azalmış olması riski düşünülerek, tesisattaki tüm yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar yenileri ile değiştirilmelidir. Mevcut tesisattaki lambalar, TEDAŞ şartnamesinde belirtilen yüksek verimli şeffaf tüp şeklinde yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba olmalıdır.

3. Projeye başlamadan önce mevcut yolda ve proje sonlandıktan sonra da yeni tesisatta, yol üzerinde parlıltı ve aydınlık düzeyi ölçümleri yapılmalıdır. Bu ölçümler, CIE-140:2000 ve TSE EN 13201-3 nolu yayınlara uygun olarak yol üzerinde işaretlenmiş çok sayıda noktada, yine aynı yayınlardaki önerilere göre konumlandırılmış kalibrasyonu yapılmış lüminansmetre ve lüksmetre kullanılarak gerçekleştirilmelidir.

4. LED’li tesisatta kullanılacak LED’lerin renk sıcaklıkları 4.000 K ve renksel geriverim endeksleri (CRI) de minimum 70 olmalıdır.



CIE 140 - 2000
UDC: 628.931
628.971
628.971.6
Descriptor: Artificial lighting: Design and calculation
Exterior lighting
Street lighting



Ankara İnönü Bulvarı

- Eski Tesisat : 250 W YBSBL'lı armatürler



Proje Teknik Özellikleri

Yol Geometrisi : Kavşaklar arasında 3 şeritli, kavşaklara giriş-çıkışlarda 2 şeritli toplam 800 metre

Direkler arası mesafe : ~ 40 metre

Direk sayısı : 19 adet refüjde çift konsollu / 2 adet dört konsollu

Armatür sayısı : 46 adet

Wireless Aydınlatma Kontrol Sistemi

YOL AYDINLATMA SINIFI : M2 ($L_{ort} \geq 1.5 \text{ cd/m}^2$)

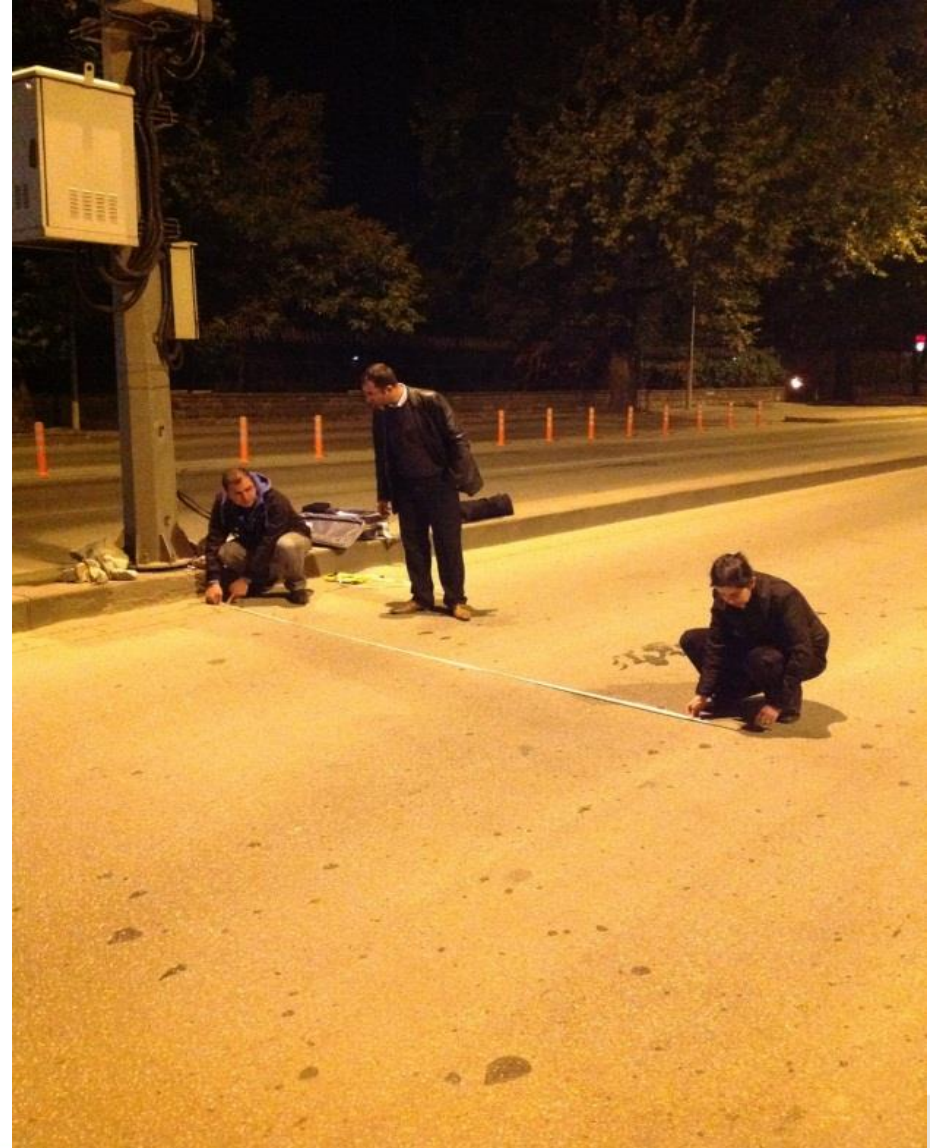


Ankara İnönü Bulvarı / Philips

Yeni tesisat: 26 adet 159 W ve 20 adet 169 W LED'li armatür



Ölçümler



Saha Ölçüm Sonuçları

Sistem	Lort	U0	UI
Mevcut YBSBL'li	4,41 cd/m ²	0,41	0,58
Retrofit LED'li	7,45 cd/m ²	0,27	0,70

	L _{ort} (cd/m ²)	U _o	U _i	TI (%)	SR
M2	≥1.5	≥0.4	≥0.7	≤10	≥0.5



- 14/11/2014 tarih ve 7402 Bakan Oluru ile “Genel Aydınlatma Kapsamında LED Armatürlerin Kullanımına İlişkin Usul ve Esaslar”
- “LED Işık Kaynaklı Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi” de 11/06/2015 tarihli ve 29383 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak “genel ve açık alan aydınlatma kapsamına giren yol, cadde, sokak, alt ve üst geçit ve meydan aydınlatmaları”nda uyulması zorunlu hale gelmiştir.

Yol, cadde, sokak aydınlatmaları için gerekli teknik kriterleri içeren şartnamenin alt ve üst geçitler ile meydan aydınlatmaları konusunda ilave bilgilere ihtiyacı vardır.

*Yerli ve yabancı LED yol aydınlatması armatürü üreticilerinin gerekli yatırımları yapmaları, LED'li yol aydınlatmalarından beklenen enerji tasarrufu değerlerinin elde edilmesi ve yol aydınlatması tesisatlarının uzun yıllar istenilen kalitede çalışabilmeleri için yürütme görevi Bakanlığa ait olan **“Genel Aydınlatma Kapsamında LED Armatürlerin Kullanımına İlişkin Usul ve Esaslar”ın** hayati önemi vardır.*

- Mevcut Tesislerin Dönüşümü
- Yeni Tesislerin Yapımı



- **Mevcut Tesislerin Dönüşümü**
- İlk etapta il merkezleri ve nüfusu en düşük il nüfusunun üzerinde olan ilçe merkezlerinden başlanılacaktır.
- 3 yıl içinde YBCBL'lı tesisler
- 5 yıl içinde 10 yıldan eski YBSBL'li tesisler



”LED’li yol aydınlatma armatürlerinin onaylanmasına ve kullanımına ilişkin uygulama talimatı”

- Dönüşüm uygulamalarında kullanılacak armatürlerin “LED Verimlilik Oranı”nın %40’dan yüksek olması koşulu

Led verimlilik oranı (LEVO)

- $$LEVO = \frac{SAP-LAP}{SAP} \times 100$$

Led uygulama verimlilik oranı (LUVO)

- $$LUVO = \frac{MAP-LAP}{MAP} \times 100$$

Performans kriteri

- kwatt/km
- Yatırım geri dönüş süresi hesabında LUVO esas alınır (en çok 6 yıl).

“LED’li yol aydınlatma armatürlerinin onaylanmasına ve kullanımına ilişkin uygulama talimatı”

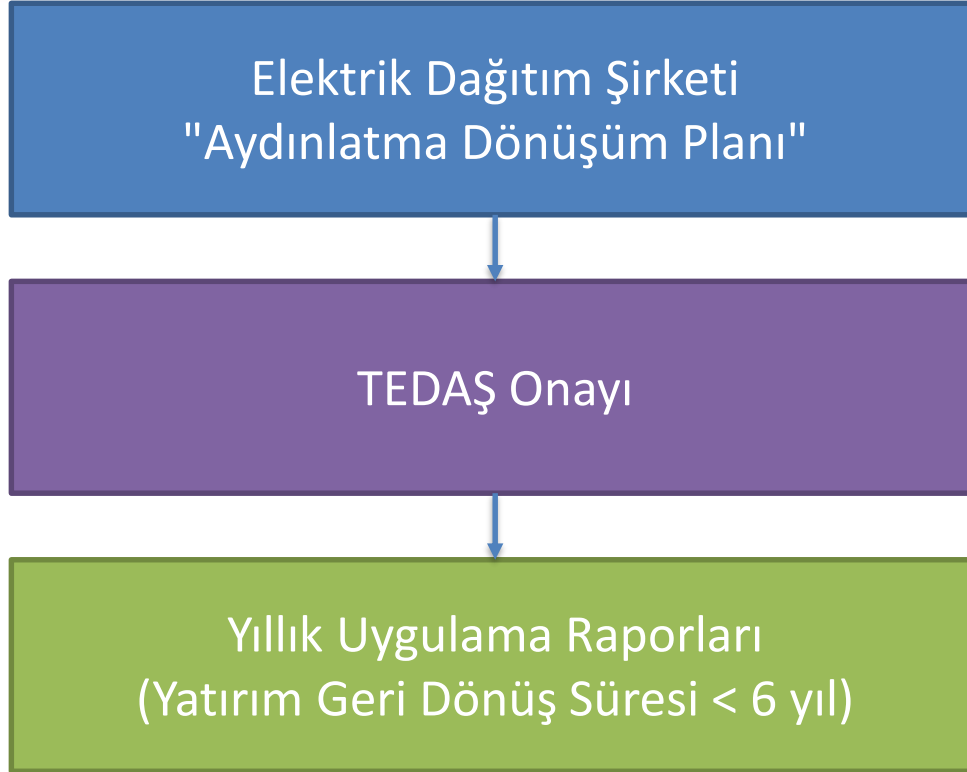
- Yeni yapılacak aydınlatma projelerinde LED’li aydınlatma teknolojisi kullanılacaktır.
- “Projelendirme” esastır



- Türkiye’de kurulu bir tesiste üretim
- 13/09/2014 tarihli Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yayınlanan “Yerli Malı Tebliği”ne göre yerli ürün olma koşulu: *nihai ürün maliyetinden ithal girdi maliyeti çıkarılarak bulunan yerli maliyet tutarının, nihai ürün toplam maliyetine oranı ile hesaplanan Yerli Katkı Oranı’nın en az %51 olması*
- 14 Aydınlatma Sınıfı için Onaylı LED Armatür Listeleri
- Dönüşüm Planları ...
- Otomasyon

Hazır mıyız ? Uygulayabilecek miyiz?

Uygulama ve Sorumluluklar



Elektrik Dağıtım Şirketi Sorumluluğu: Aydınlatma yatırımlarının (yeni+mevcut) enerji tüketimleri, işletme ve bakım giderleri, teknik arıza takipleri ve yıllık raporların TEDAŞ'a sunumu.

TEDAŞ Sorumluluğu: Armatür/malzeme/proje uygunluğunun onayı.

- Önemli bir altyapı mevcut
- Kalitesiz ve bilinmeyen teknolojili LED'li tesisatların önlenmesi
- Şartname + hesap/ölçüm/kontrol olanakları
 - Yeterli insan gücü
 - Armatür fotometrik özelliklerinin doğru ölçüm ve beyanı
- $L_{ort} + \%5 \rightarrow \%10$ detaylı ve çeşitli optik tasarımlar
- YBSBL'li tesisatlara göre üstünlük
- Mevcut aydınlatma direklerinin mukavemeti
- LED'li yol aydınlatması + otomasyon

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu/6 nolu Geçici Madde:

- Yatırımlar elektrik dağıtım şirketleri tarafından yapılacak.
- Aydınlatma giderleri 31/12/2015'e kadar Bakanlık bütçesindeki ödenekten ve belediye/il özel idareleri vergi gelirleri payından karşılanacak.

Bedeli ödenmeyen enerjiden tasarruf edilmesindeki **yatırım isteksizliği...**

SONUÇ: 01/01/2016 olan başlama tarihi 01/01/2018'e ertelendi !!!

Alt yapıları iyi bir şekilde kurgulanmış olan LED'li yol aydınlatması uygulamalarının dağıtım şirketleri tarafından sahiplenilip, gerçekleştirilebilmesi için gerekli önlemler en kısa sürede alınmalıdır.

- Zaman ayarlı
- Trafik hız ve yoğunluğuna bağlı
- Meteorolojik koşullara bağlı

"Trafik güvenlik ve konforunu tehlikeye sokmayan kontrol stratejileri"

LED + Otomasyon -> %40 Enerji verimi
6 yıldan kısa YGDS

LED: Güç & Işık Akısı -> Lineer

YBSBL: Güç & Işık Akısı -> Lineer değil (%50 dim)



- Kurulumda uygun kalibrasyon gerekliliği
- Fatura tüketim miktarı ve bedellerinin kolay ve doğru denetimi
- "Bakım-İşletme Faktörü" kontrolü ile %10-%20 tasarruf

Armatür Şartnamesi: "İstenilen ışık akısı seviyelerine ayarlanabilir şekilde dimlenebilir..."

Usul ve Esaslar: "Yeni tesislerde dim özellikli armatür zorunluluğu"

Yeni yatırımlarda "kapsamlı ve net" tesisat özelliklerinin tanımlanması gereklidir.

"Sokakların ve yolların nitelikleri ve öncelikleri dikkate alınarak hangi seviyede ve ne tür dimleme özelliğine sahip olunması gerektiği TEDAŞ tarafından belirlenir ve ilgili dağıtım şirketlerine bildirilir." (Usul ve Esaslar)

Avrupa'da Akıllı Enerji Programı çerçevesinde e-street projesi ile elde edilen tasarruf oranları:

- Norveç'te %30,
- Finlandiya'da %45,
- İngiltere'de %24,
- İsveç'te ise %37

ABD'de Streetlight Intelligence (STI) Lumen IQ cihazı kullanılarak Avrupa'dakine benzer bir sistem ile %40'a varan enerji tasarrufu elde edilebildiği açıklanmaktadır.

Yol aydınlatması otomasyon sistemlerinde geliştirilen kontrol stratejileri ve senaryolar incelendiğinde üç yaklaşım görülmektedir.

Zaman ayarlı
loşlaştırma,

Trafik
yoğunluğuna
bağlı loşlaştırma,

Meteorolojik
koşullara bağlı
loşlaştırma

Farklı Görüşler:



Trafik yoğunluğu azaldığında araç hızı artar, güvenli duruş mesafesi artar, daha yüksek yol parıltı düzeyine ihtiyaç vardır.



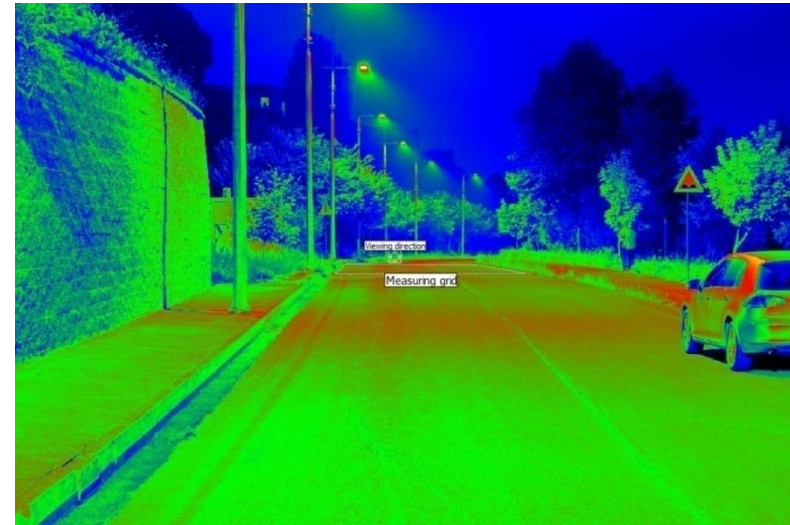
Trafik yoğunluğu azaldığında ışık akısı (ortalama yol yüzeyi parıltısı) azaltılabilir.

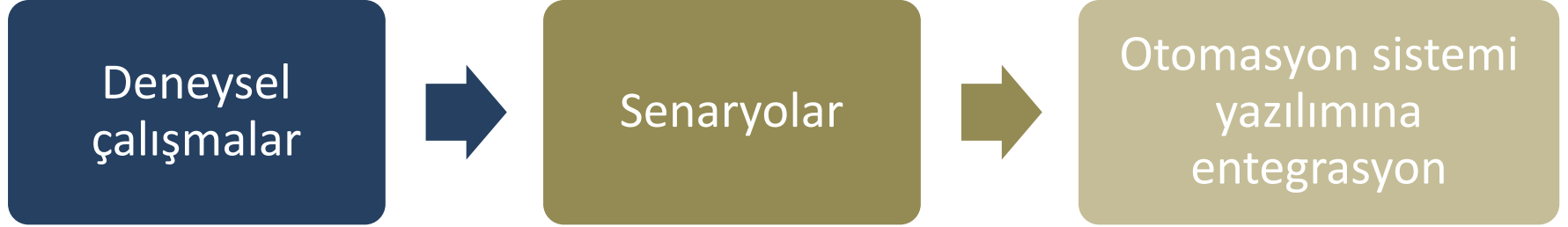
- 0660.STZ.2014 kodlu "Yol Aydınlatması Otomasyon Sistemlerinde Enerji Verimliliği Kapsamında Kontrol Stratejilerinin Geliştirilmesi ve Görsel Performans Koşullarına Bağlı Loşlaştırma Senaryolarının Oluşturulması" başlıklı SAN-TEZ projesi
- **Proje Ortakları:**
İTÜ Enerji Enstitüsü Enerji Planlaması ve Yönetimi Anabilim Dalı
İstanbul Ulaşım Haberleşme ve Güvenlik Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş. (İSBAK)



İTÜ Test Yolu ve Saha Ölçümleri

EN13201-3'e uygun ölçüm yazılımı entegreli LMK Mobile Advanced kameralı parıltı ölçer ile 4.000K ve 6.000K LED'li armatürlü düzeneklerde M2, M3, M4 ve M5 yol aydınlatma sınıfları için tam olarak istenen parıltı düzeylerini elde edecek şekilde loşlaştırma seviyeleri belirlenmiştir. Kritik cisimlerin görülebilirliği için gerekli aydınlatma seviyelerinin saptanması amaçlı deneyler devam etmektedir.





Trafik kontrol merkezine bağlı trafik sensörlerinden araç sayısı ve hız bilgilerini alan, yol üzerindeki mevcut koşullara uygun loşlaştırma oranına karar verebilen ve armatürlere bu yönde kumanda ederek sürücü emniyet ve konforunu bozmadan enerji tasarrufu sağlayabilen bir akıllı yol aydınlatma kontrol sistemi geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Geliştirilen kontrol sisteminin, İstanbul Şehir içindeki yollardan başlamak üzere etkin bir şekilde gerçek yol koşullarında kullanılabilmesi mümkün olacaktır.



ilginize teşekkür ederim



İstanbul Teknik Üniversitesi
Enerji Enstitüsü
Ayazağa Kampüsü
34469, Maslak – İstanbul
tel: 0 212 285 39 46
e-posta: onaygil@itu.edu.tr