

AYDINLATMADA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Prof. Dr. Sermin ONAYGİL



İTÜ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ PLANLAMASI VE YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

onaygil@itu.edu.tr



AYDINLATMA TÜRK MİLLİ KOMİTESİ

YÖNETİM KURULU BAŞKANI

sermin.onaygil@atmk.org.tr



ATMK - Aydınlatma Türk Milli Komitesi

- Komisyonda ülkeler “Ulusal Komiteler” ile temsil edilmektedir.
- Aydınlatma Türk Milli Komitesi (ATMK) Türkiye’de aydınlatma alanında çalışanları bir araya getirme, bilgi üretme, bilgi paylaşma ve bilinçlenme yaratmak amacıyla 31 Ekim 1995’te kurulmuş, CIE - Uluslararası Aydınlatma Komisyonu’na 1996 yılında katılarak üye ülke olarak Türkiye’yi temsil etmeye başlamıştır.

CIE (1913) www.cie.co.at	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu <i>Commission Internationale de L’Eclairage</i> <i>International Commission on Illumination</i> <i>International Beleuchtungskommission</i>
ATMK (1995) www.atmk.org.tr	Aydınlatma Türk Milli Komitesi <i>Turkish National Committee on Illumination</i> <i>Comite National Turc de L’Eclairage</i> <i>Türkisches Nationales Beleuchtungskomitee</i>

Aydınlatma Tekniđi

- Aydınlatmacılığın temel konusunu ışığın üretimi, dağıtımı, ekonomisi ve ölçülmesi oluşturur. Işığın insanlar üzerindeki etkileri araştırılır.
- Somut ölçülebilir değerlere dayanan, disiplinlerarası çalışmalar gerektiren bir bilim dalıdır.

TÜRLERİ



Doğal Aydınlatma



Yapay Aydınlatma

Aydınlatma Türleri



İç Aydınlatma

- Esneklik
- Enerji tasarrufu
- Standart/ Yönetmelik

Maliyet Etkin

- Konfor
- Sağlık



Dış Aydınlatma

- Güvenlik
- Enerji tasarrufu
- Standart/ Yönetmelik
- Kolay bakım

Maliyet Etkin

- Enerji Verimliliği
- Akıllı Şehirler



Yüzey Aydınlatması

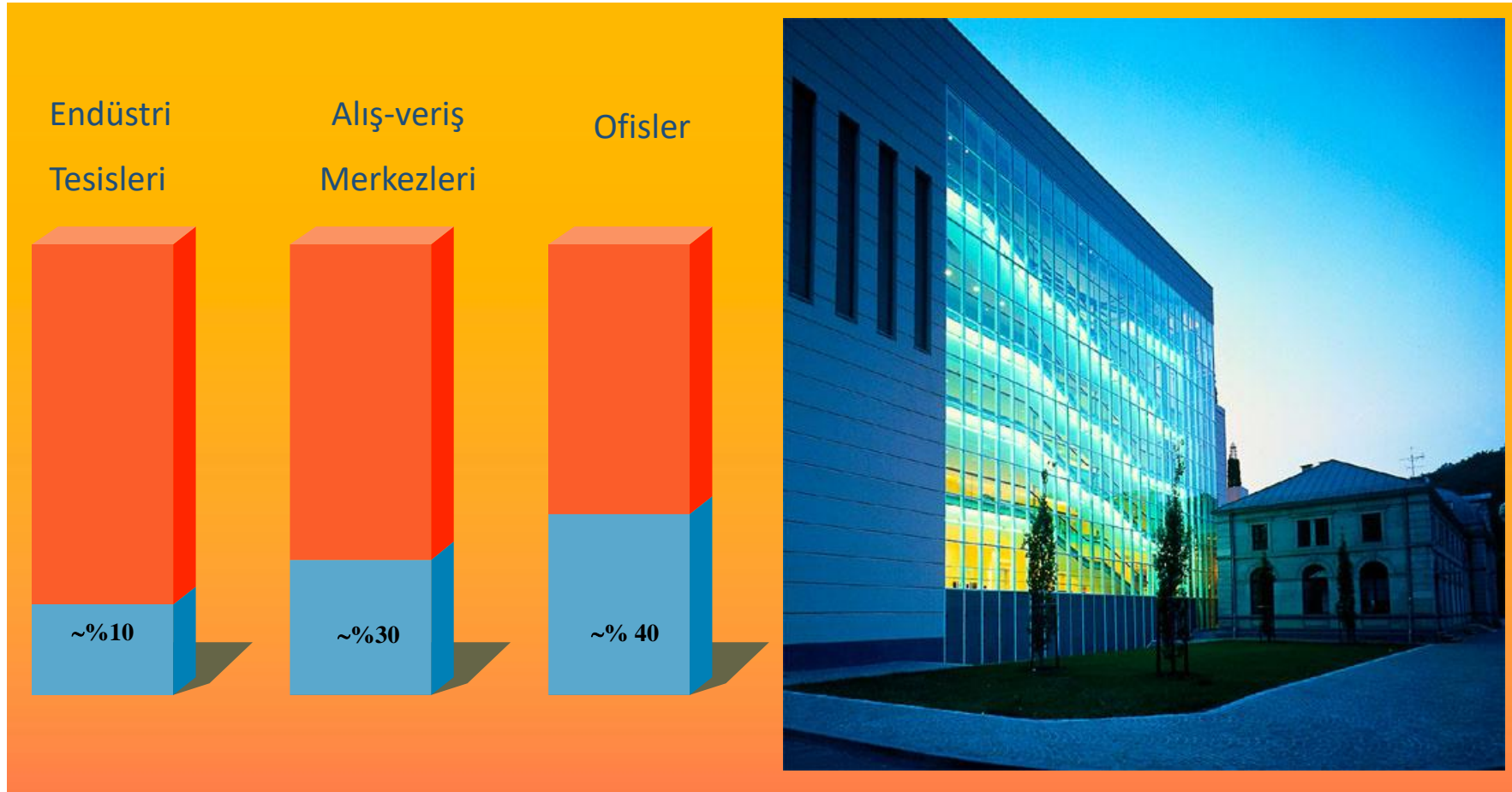
- Dinamik
- Renkli
- Ardışık/tekrarlı

Efekt yaratma

- Şehir güzelleştirme
- Turizm

AYDINLATMADA ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Toplam elektrik enerjisi tüketimi içinde aydınlatmanın payı : ~ % 20



Aydınlatmada Verimlilik & Tasarruf

Aydınlatmada tasarruf, lamba söndürerek değil, görme yeteneği ve görsel konfordan ödün vermeden, gerekli minimum seviyede aydınlık düzeylerinin yaratılması ile sağlanır.

En yüksek enerji tasarruf değerlerine ulaşılması amaçlanırken, güvenlik ve konfor koşulları açısından gerekli olan aydınlatma kalitesinin tehlikeye sokulmamasına dikkat edilmelidir.



Yöntem



- Uygun ışık kaynaklarının seçimi,
- Işık kaynaklarının fotometrik değerleri bilinen, ışığı istenilen doğrultulara gönderen kaliteli armatürlerin içine yerleştirilmesi,
- Armatürlerin aydınlatma tasarım hesaplarına göre yerleştirilmesi,
- Aydınlatmanın istenilen yerde, istenilen zamanda, gerektiği kadar kullanılmasını sağlayan otomasyon sistemlerinin tesis edilmesi.

Aydınlatma Tesisatının Tükettiği Elektrik Enerjisi

$$W = \sum_{i=1}^m N_{arm,i} \cdot P_{arm,i} \cdot T_i$$

W : tüketilen toplam elektrik enerjisi (Wh)

$N_{arm,i}$: i tipindeki armatür sayısı

$P_{arm,i}$: i tipindeki her bir armatürün, balast, sürücü, trafo kayıpları dahil şebekeden çektiği toplam güç (W)

T_i : i tipindeki armatürün yıllık kullanım süresi (saat)

m : binadaki armatür tip sayısı

Aydınlatmada Enerji Tasarrufu

Aydınlatma amaçlı tüketilen elektrik enerjisi miktarını azaltmak için;

- En yeni teknolojik gelişmeler takip edilip, verimli ışık kaynakları ve yardımcı elemanlar (balast, trafo, sürücü, vs.) kullanılarak armatürlerin şebekeden çektikleri güçler azaltılabilir.
- Işığın istenilen şekilde yayan kaliteli, verimi yüksek armatürler kullanılarak gerçekleştirilen aydınlatma tasarımları ile sistemdeki toplam armatür sayısı azaltılabilir.
- Kontrol sistemleri ile aydınlatmanın ihtiyaç duyulan saatlerde, ihtiyaç duyulan miktarlarda kullanılması sağlanabilir.

Aydınlatmada Verimlilik

Işık kaynağı değişimi

Yardımcı ekipmanların değişimi

Armatür deęiřimi

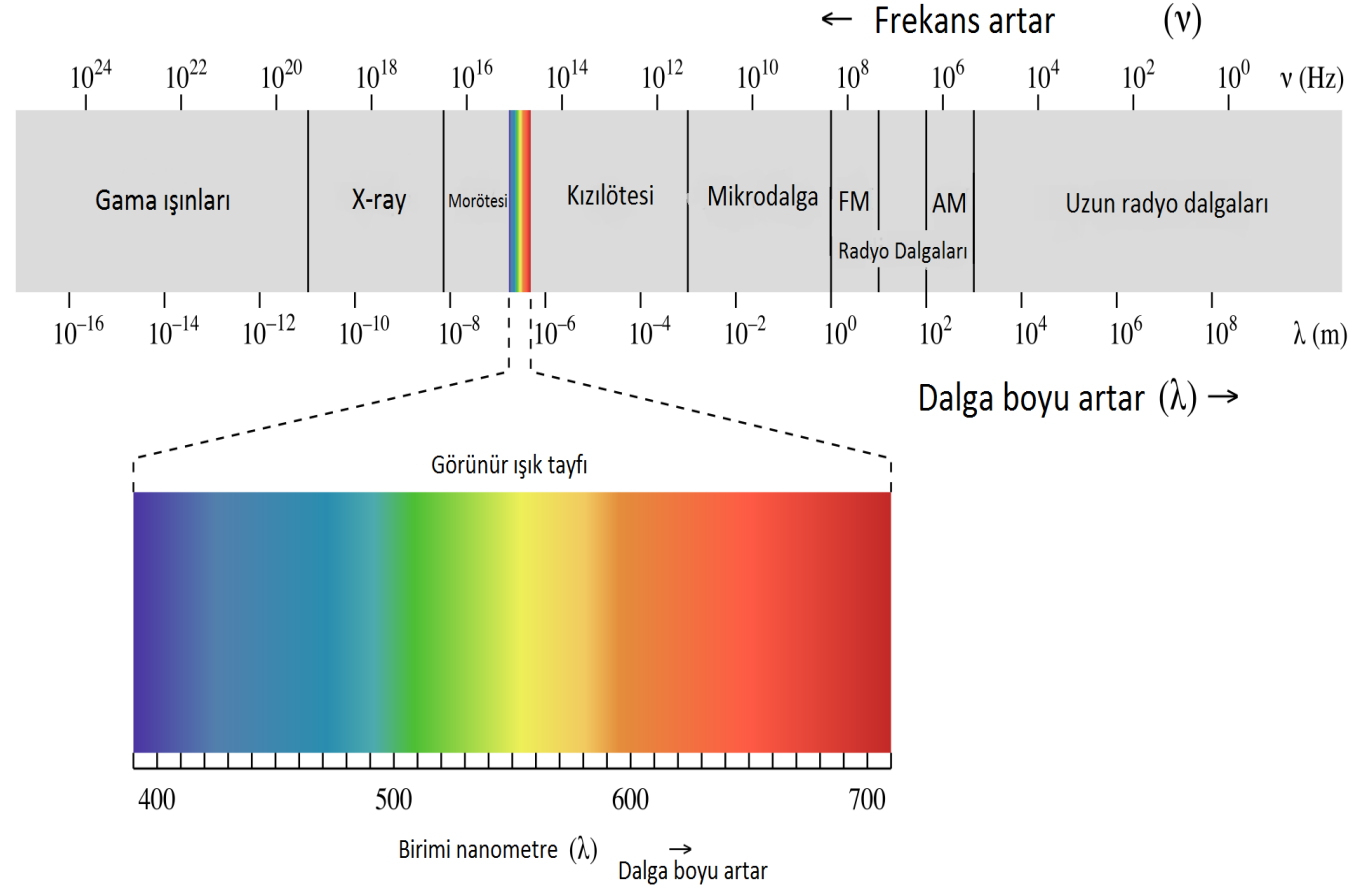
Yeni Tasarım / Sistem Yerleřiminin Deęiřimi

Otomasyon Sistemi Entegrasyonu

AYDINLATMANIN TEMEL BÜYÜKLÜKLERİ

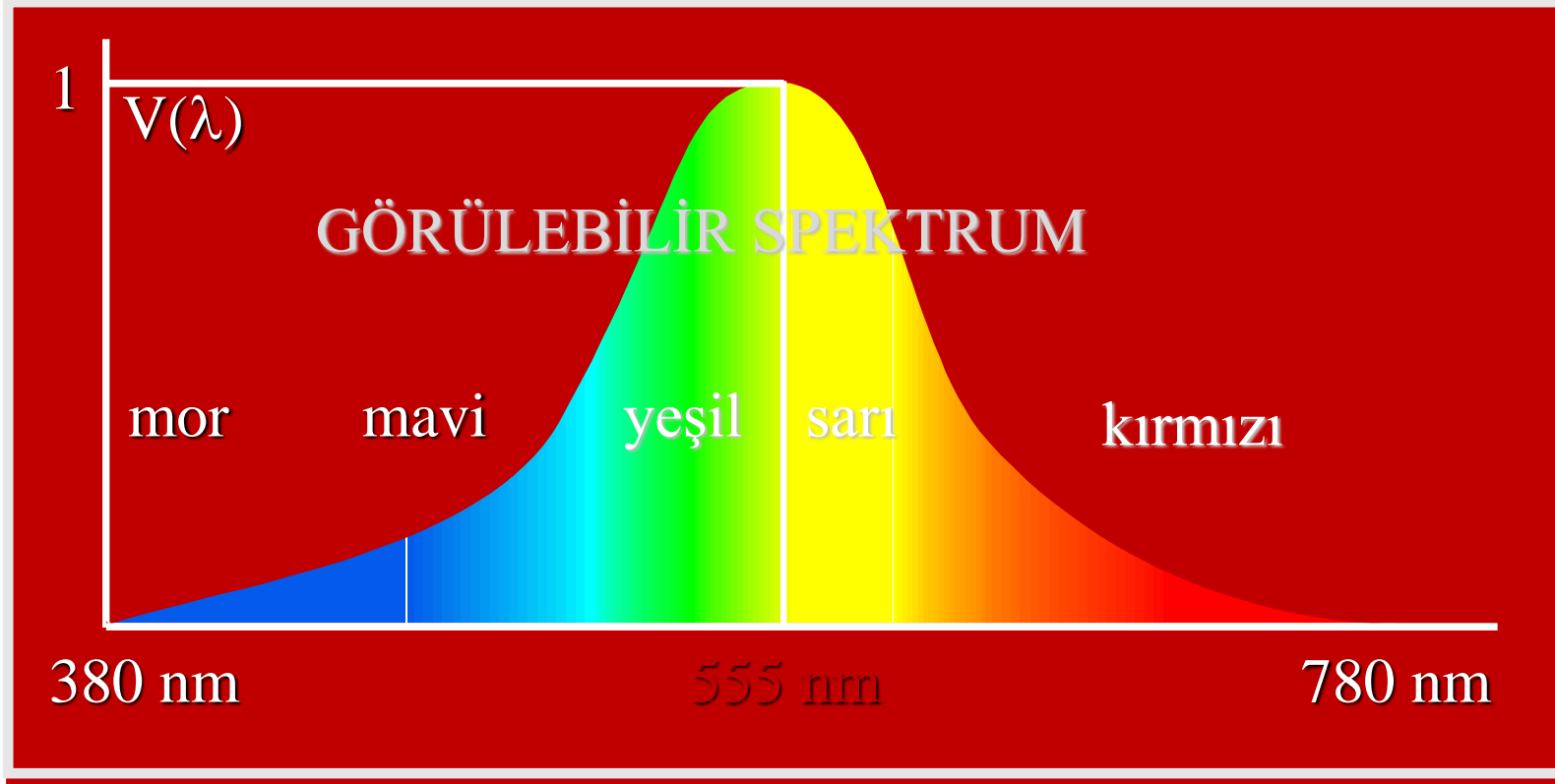
Elektromanyetik Tayf / Işık

- Işık, görsel duyarlılığa neden olabilen radyasyon enerjisi şeklinde tanımlanabilir.
- 380 ila 780 nm dalga boylu radyasyonlar görülür ve “ışık” olarak adlandırılır.



Spektral Duyarlılık

Göz tüm radyasyonlara karşı aynı derecede duyarlı değildir. max. duyarlık 555 nm. dedir.



Gözün spektral duyarlığı gözün gündüz (fotopik) görmesine ait spektral duyarlık eğrisi ile açıklanır.

Dört Temel Aydınlatma Büyüklüğü



Işık Akısı

Işık akısı, bir ışık kaynağının birim zamanda yaydığı toplam ışık miktarı ile ilgili bir kavramdır.

$$\Phi = \text{Işık Kaynağı} = \text{IŞIK AKISI}$$

BİRİMİ : *lumen* (lm)

veya:

Işık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısı olarak tanımlanır.

Etkinlik Faktörü

Işık kaynaklarının şebekeden çektikleri güç ile yaydıkları ışık akısı arasında sabit bir oran yoktur.

$$\frac{\text{Işık Akısı}}{\text{Güç}} = \text{ETKİNLİK FAKTÖRÜ} \quad \text{BİRİMİ : } \text{lm/W}$$

Bazı örnekler:

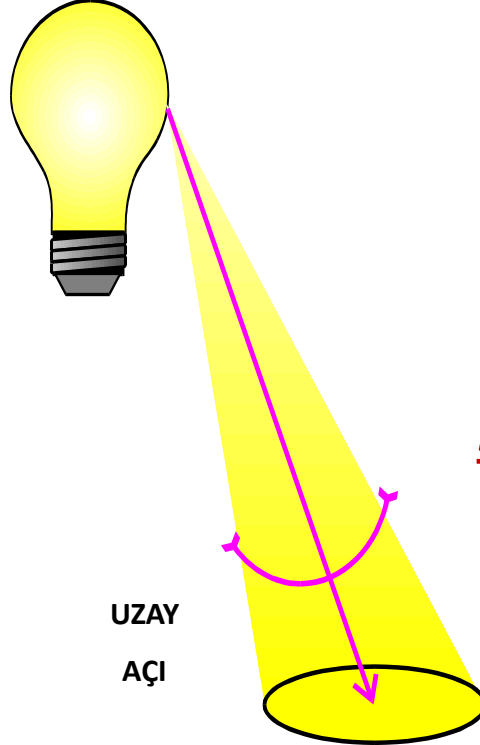
Lamba tipi	Güç (W)	Işık akısı (lm)	Etkinlik faktörü (lm/W)
LED lamba	8	470	59
Akkor telli lamba	75	900	12
Flüoresan	36	3350	93
Yüksek basınçlı sodyum	250	30000	120
Alçak basınçlı sodyum	180	32000	178
Yüksek basınçlı civa	1000	58000	58
Metal halojen	2000	200000	100

Işık Şiddeti

Işık şiddeti, birim zamanda belli bir doğrultuda yayılan ışığın yoğunluğu ile ilgilidir.

veya: belli bir doğrultuda birim uzay açısı içinde yayılan ışık akısı olarak da tanımlanabilir.

- Noktasal ışık kaynakları için tanımlanır (kritik uzaklık : en büyük boyutun yaklaşık 10 katı).
- Doğrultuya bağlı bir büyüklüktür.



1 kandela =

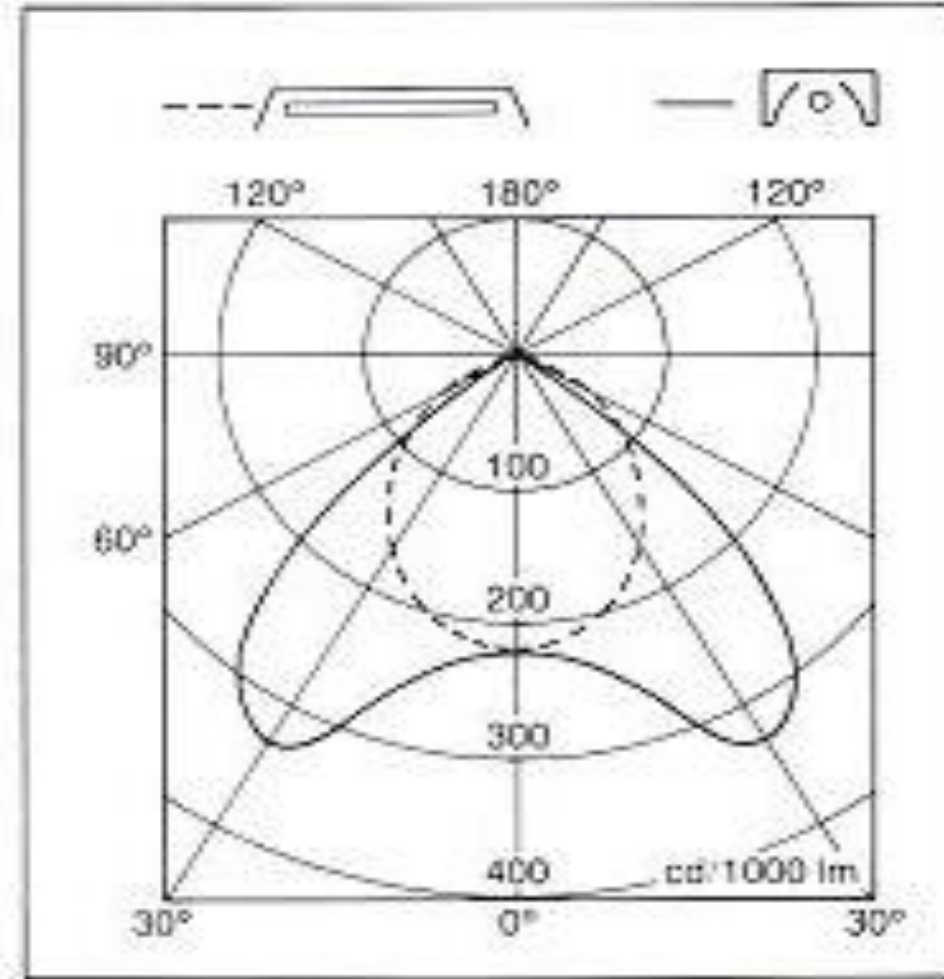
1 lümen

1 steradyan

IŞIK ŞİDDETİ

BİRİMİ: *kandela* (cd)

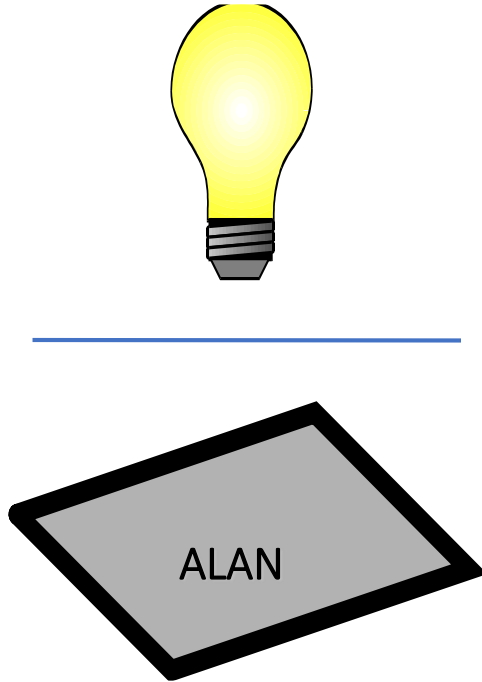
Işık Dağılım Eğrisi



Aydınlık Düzeyi

Aydınlık düzeyi, bir yüzeyin birim alanına birim zamanda düşen ışık akısı miktarıdır.

Tanım olarak, aydınlık düzeyi yüzeyin ışık akısının o yüzeyin alanına bölümüne eşittir.

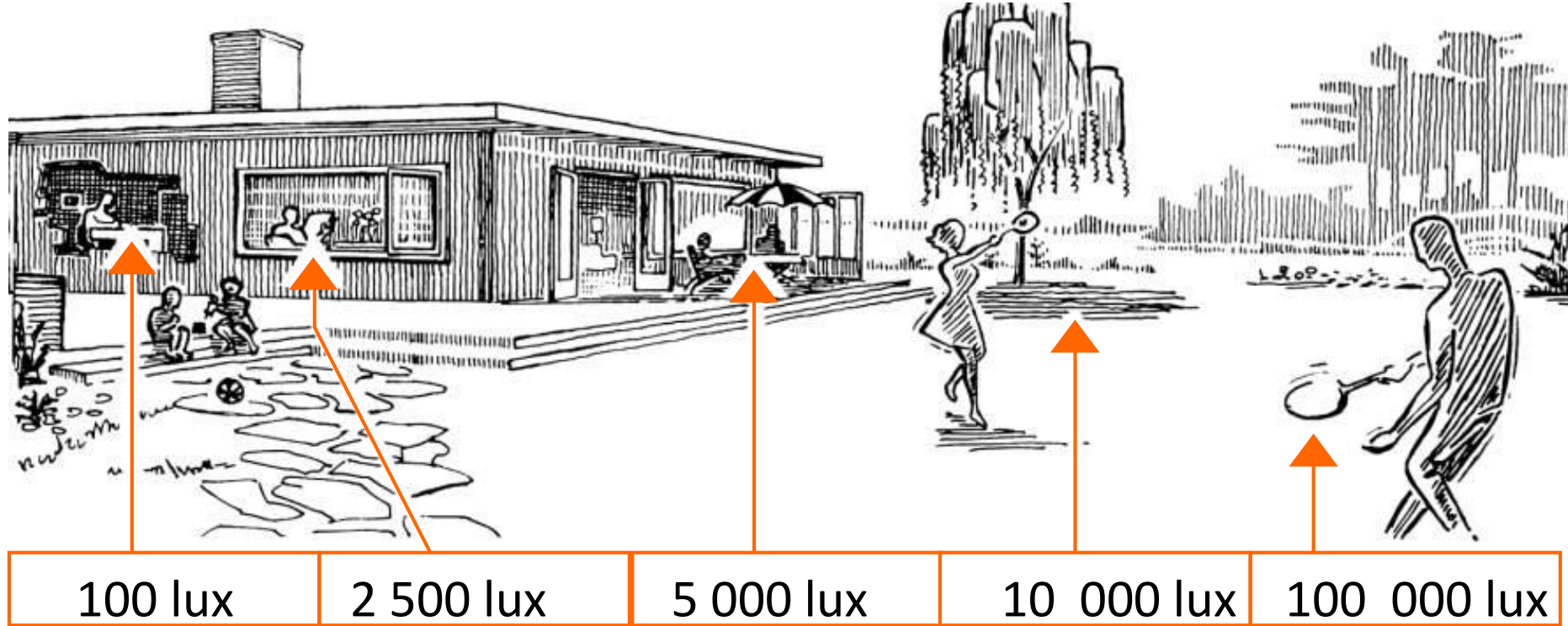


= **AYDINLIK DÜZEYİ**

BİRİMİ: *lux*



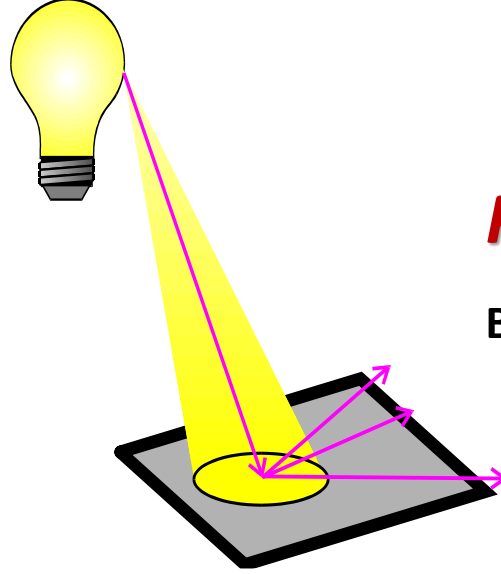
Aydınlık Düzeyi – Örnek Değerler



- Güneşin dik geldiği yaz öğle vakti ekvatorda
- Türkiye’de maksimum 60 000 lux

Parıltı

Parıltı, yüzeyin birim alanından belli bir doğrultuda yayılan ışık şiddeti ile ilgili bir kavramdır. Yüzeyin belli bir noktasına ve bakılan doğrultuya bağlıdır.



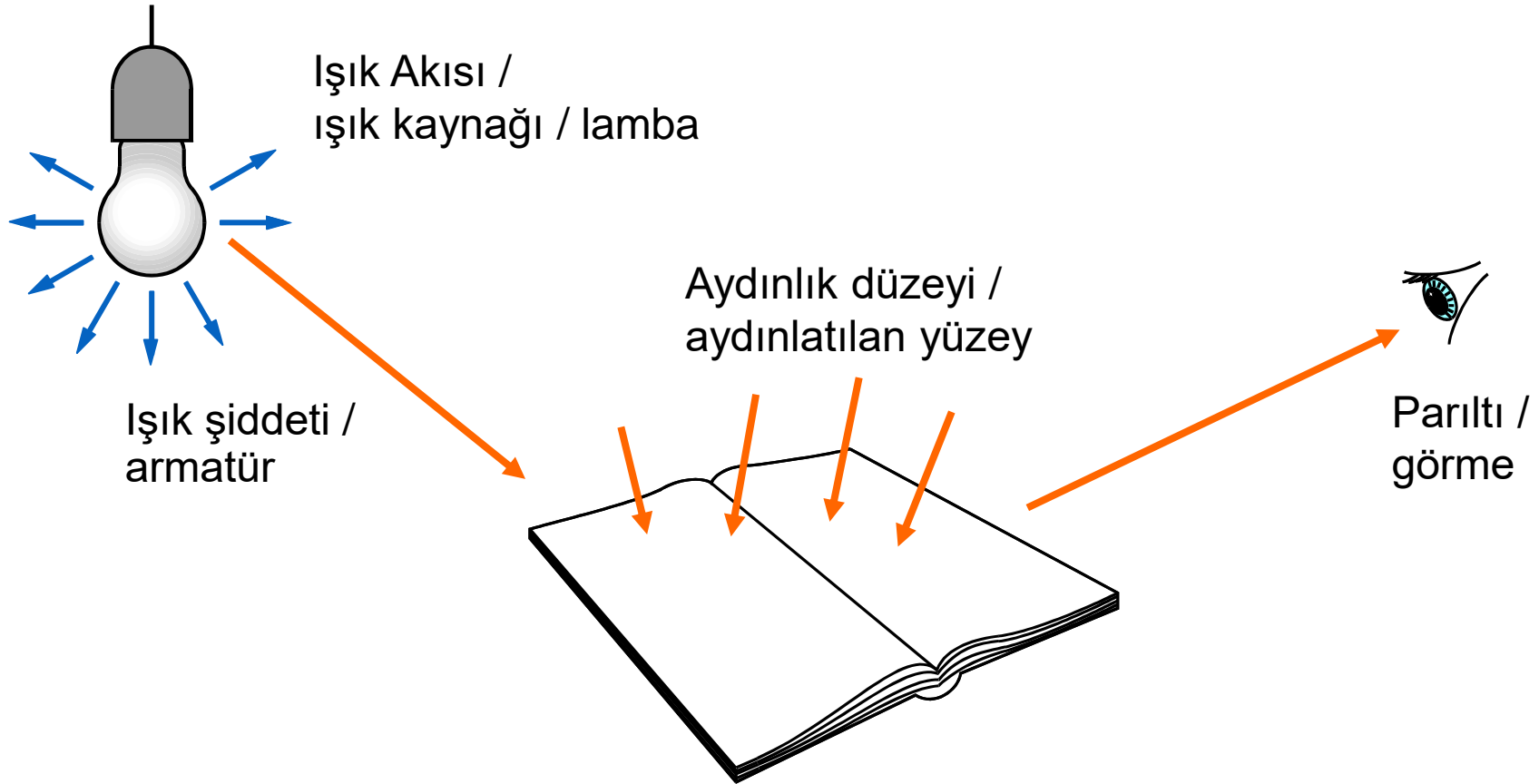
PARILTI

BİRİMİ: *kandela/metrekare*

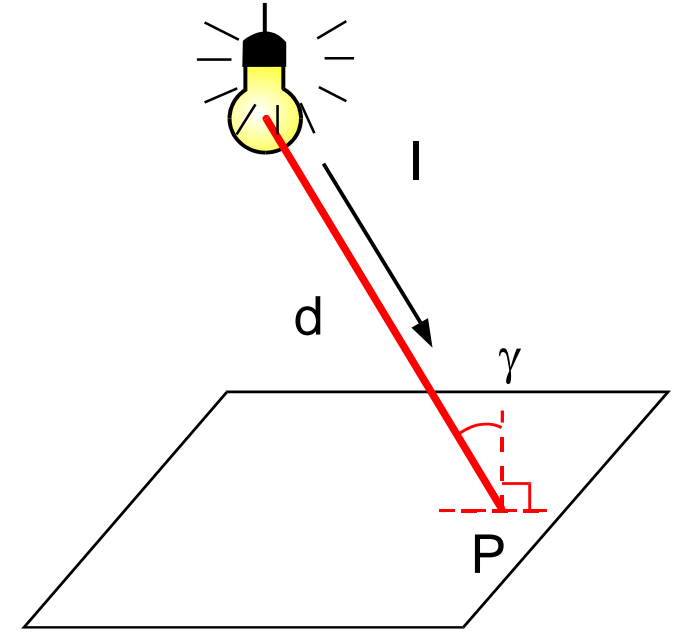
(cd/m²)

- Işık yayan yüzey kendisi ışık üreten bir lamba veya ışık geçiren bir armatür yüzeyi gibi birincil ışık kaynağı olabileceği gibi, başka kaynaktan ulaşan ışığı yansıtan ikincil bir ışık kaynağı da olabilir.
- Aynı aydınlık düzeyi ile aydınlatılmış olsalar bile, eğer yüzeyler farklı yansıtma özelliklerine sahipse, parıltıları da farklı olacaktır.

Temel Aydınlatma Büyüklükleri



“Fotometrik Yasalar” Noktasal Aydınlatma Formülü

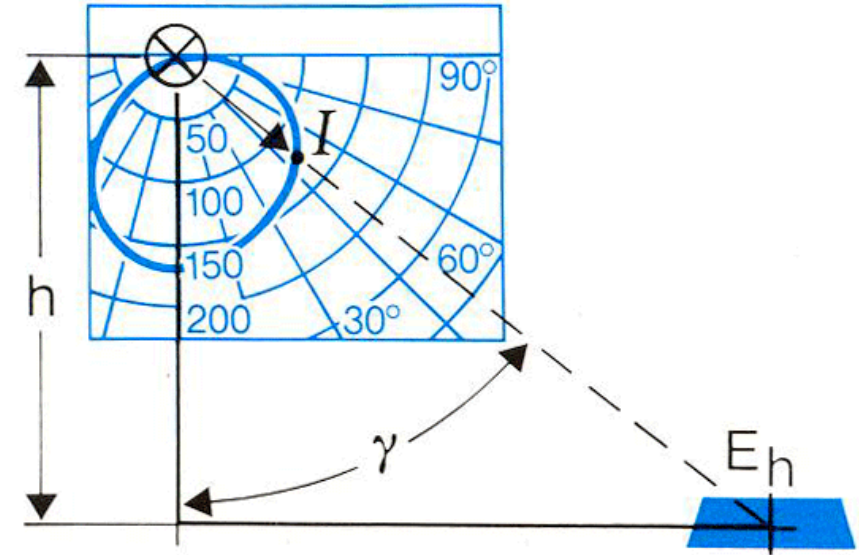


$$E_{\text{yatay}} = \frac{I}{d^2} \cos \gamma$$

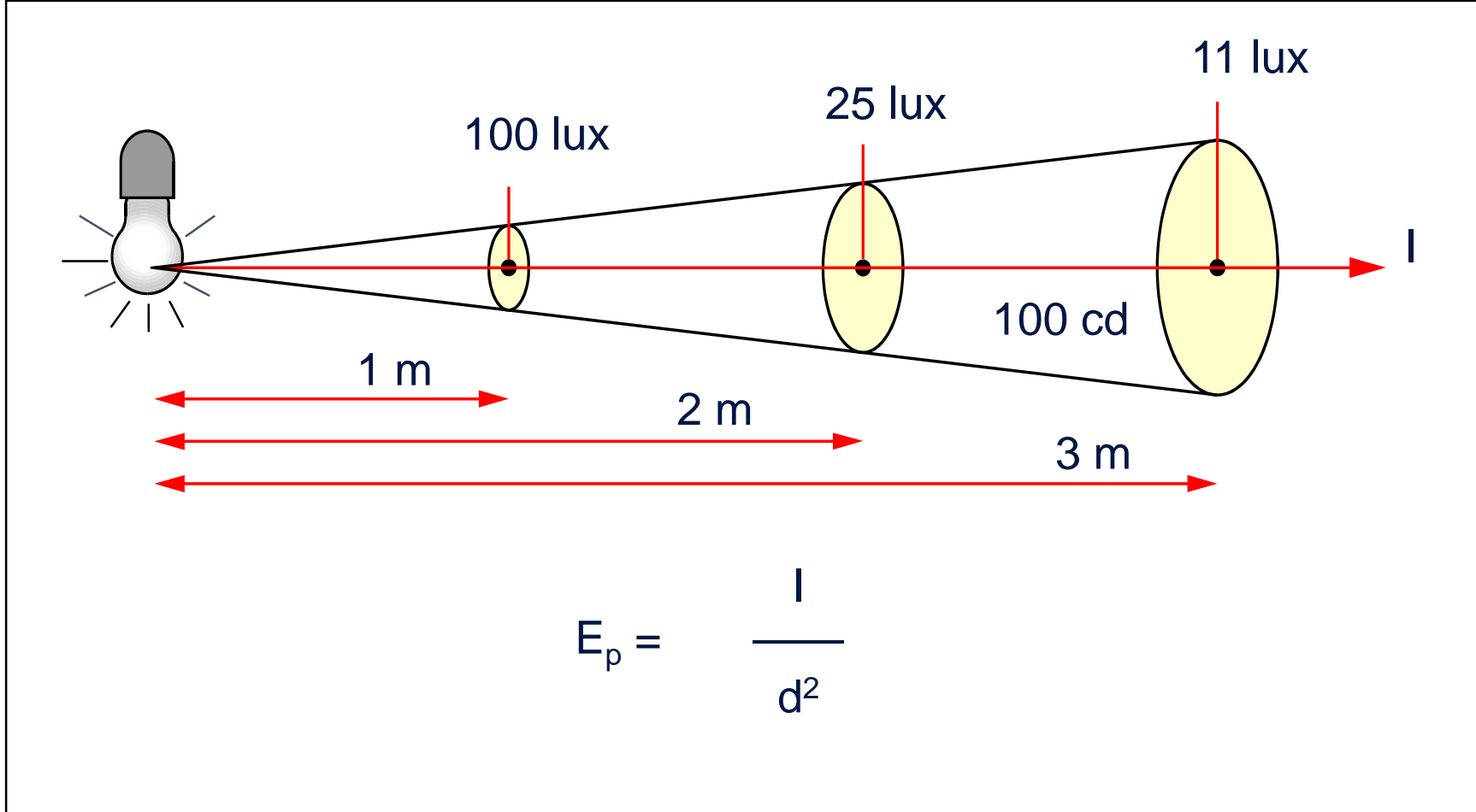
Noktasal aydınlatma formülü

$$E_h = \frac{I(\gamma)}{h^2} \cdot \cos^3 \gamma$$

- E_h : Yatay Aydınlik Düzeyi (lux)
 $I(\gamma)$: Armatürün, aydınlatılan nokta yönündeki ışık şiddeti (cd)
 h : Armatür montaj yüksekliği (metre)



“Uzaklıkların karesi ile ters orantı yasası”
Işık şiddeti ile aydınlık düzeyi arasındaki ilişki



AYDINLATMA ELEMANLARI

“Işık Kaynağı – Balast/Sürücü – Armatür”

Işık Kaynağı Seçiminde Dikkat Edilecek Özellikler

Etkinlik Faktörü (Işıksal verim) (lümen/Watt)

Renk Sıcaklığı (Kelvin)

Renksel Geriverim İndeksi (CRI, $R_a = 0-100$)

Lamba Ömrü (saat)

Etkinlik Faktörü (lümen/Watt)

Işık kaynaklarının şebekeden çektikleri güç ile yaydıkları ışık akısı arasında sabit bir oran yoktur.

$$\frac{\text{Işık Akısı}}{\text{Güç}} = \text{ETKİNLİK FAKTÖRÜ}$$

BİRİMİ : *lm/W*

Bazı örnekler:

Lamba tipi	Güç (W)	Işık akısı (lm)	Etkinlik faktörü (lm/W)
LED lamba	8	470	59
Akkor telli lamba	75	900	12
Flüoresan	36	3350	93
Yüksek basınçlı sodyum	250	30000	120
Alçak basınçlı sodyum	180	32000	178
Yüksek basınçlı civa	1000	58000	58
Metal halojen	2000	200000	100

Renksel Özellikler

Renk Sıcaklığı (T_c , K)

SICAK

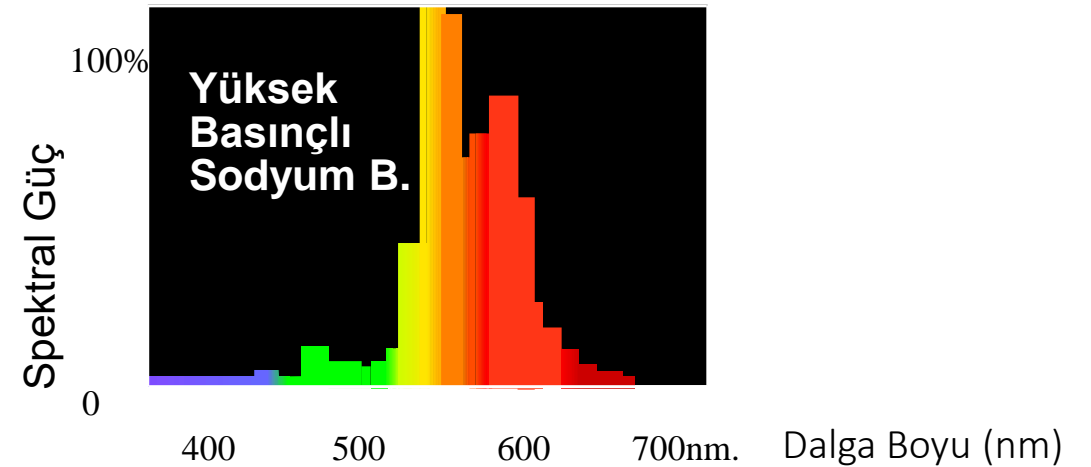
4000 K

SOĞUK

2500 K

6500 K

Renksel Geriverim Özelliği (CRI, R_a)



Renk Sıcaklığı

Genel amaçlı aydınlatmada, lamba renkleri üç ana grupta toplanmaktadır.

➤ 3300 K'den düşük ısı renkleri:

Renksel İzlenim : **SICAK**



➤ 3300 K ve 5300 K arası ısı renkleri:

Renksel İzlenim : **ILIK**



➤ 5300 K'den yüksek ısı renkleri:

Renksel İzlenim : **SOĞUK**



Işık Kaynaklarının Renk Sıcaklıklarının Değişik Aydınlık Düzeylerinde Algılanması

Aydınlık Düzeyi (lux)	Işık Kaynaklarının Renksel İzlenimleri		
	Sıcak	Ilık	Soğuk
<500	Hoş	Doğal	Serin
500-1000		
1000-2000	Uyarıcı	Hoş	Doğal
2000-3000		
>3000	Yapay	Uyarıcı	Hoş

CRI (Colour Rendering Index) – Renksel Geriverim İndeksi (R_a)

Bir ışık kaynağının, ideal bir kaynağa (güneş) göre renkleri gösterebilme yeteneği 0-100 arasında değişir.

İdeal kaynakların R_a 'sı 100 kabul edilir.

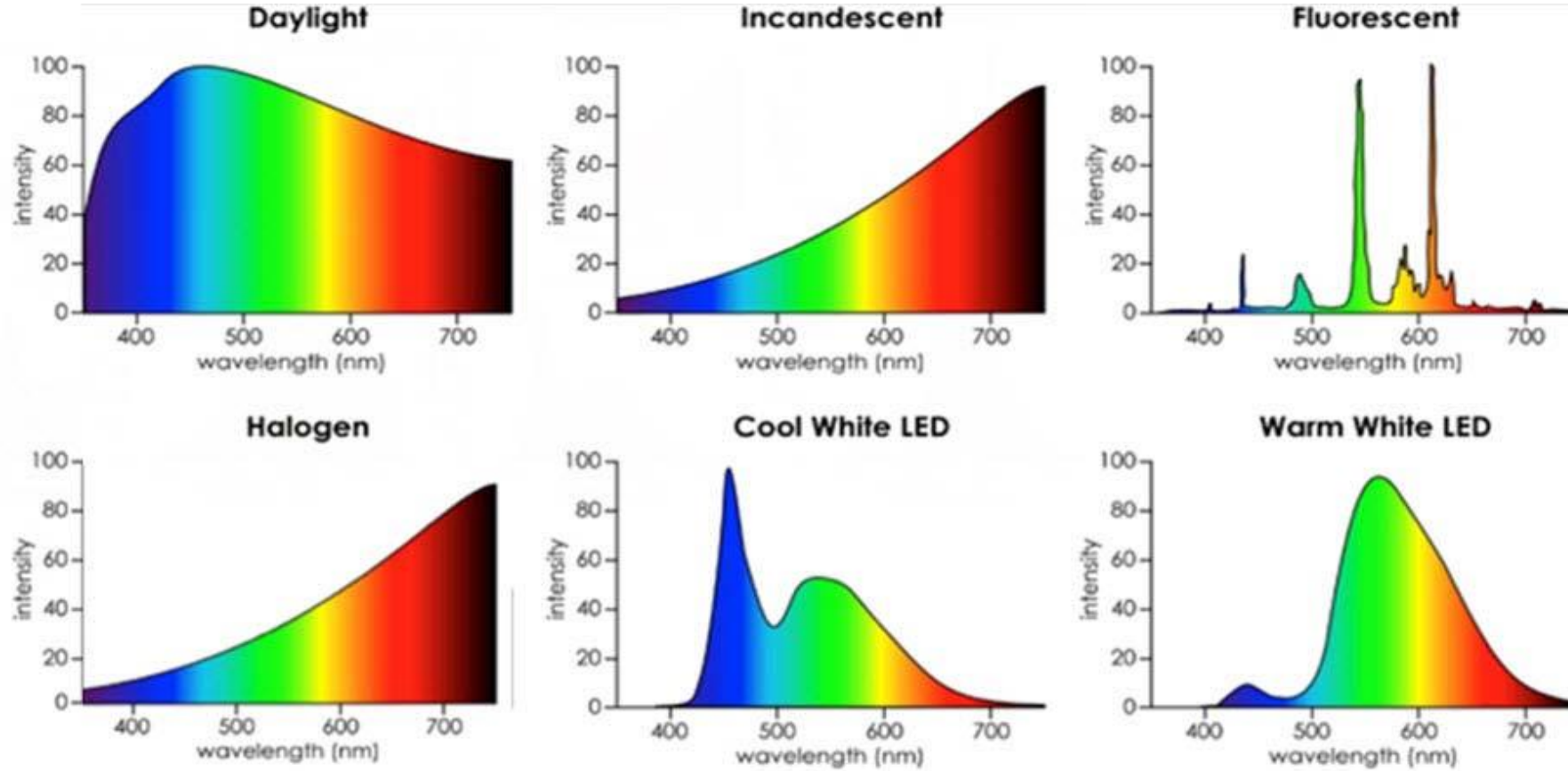


CIE' nin Renksel Geriverim İndeksi Grupları

Ra Grup	Ra Bölgesi	Renksel İzlenim	Uygulama Alanları	
			Tercih Edilen	Kabul Edilen
1 A	$Ra > 90$	Sıcak, Ilık, Soğuk	renk karşılaştırma, klinik inceleme, resim galerisi	
1 B	$90 > Ra > 80$	Sıcak, Ilık, Soğuk	ev, otel, lokanta, dükkan, ofis, okul, hastane, baskı, boya, tekstil, özel endüstri işleri	
2	$80 > Ra > 60$	Sıcak, Ilık, Soğuk	endüstriyel işler	
3	$60 > Ra > 40$		kaba işler	endüstriyel işler
4	$40 > Ra > 20$			renk ayırımının az önemli olduğu endüstriyel işler

CIE: International Commission on Illumination

Lamba Tayf (Spektrum) Örnekleri

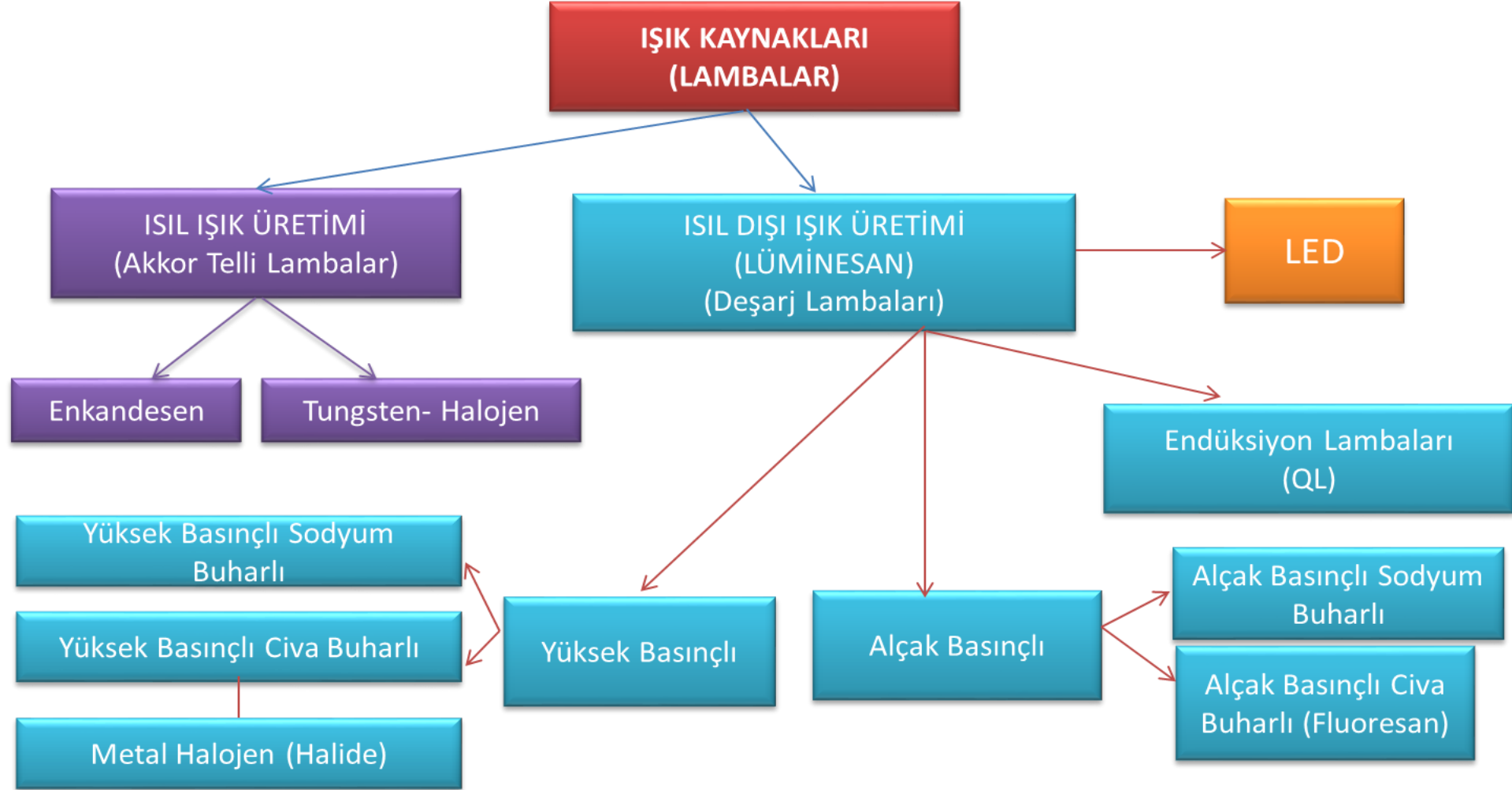


Ekonomik Ömür

İstatistiksel bakımdan değerlendirmeye yetecek sayıda lambadan oluşan bir aydınlatma tesisinde, 100 saat kullanmadan sonraki toplam ışık akısının lambaların kullanılmaz hale gelmeleri ve ışık akılarının azalmalarından dolayı yaklaşık %30 değer kaybetmesi için geçen süredir.

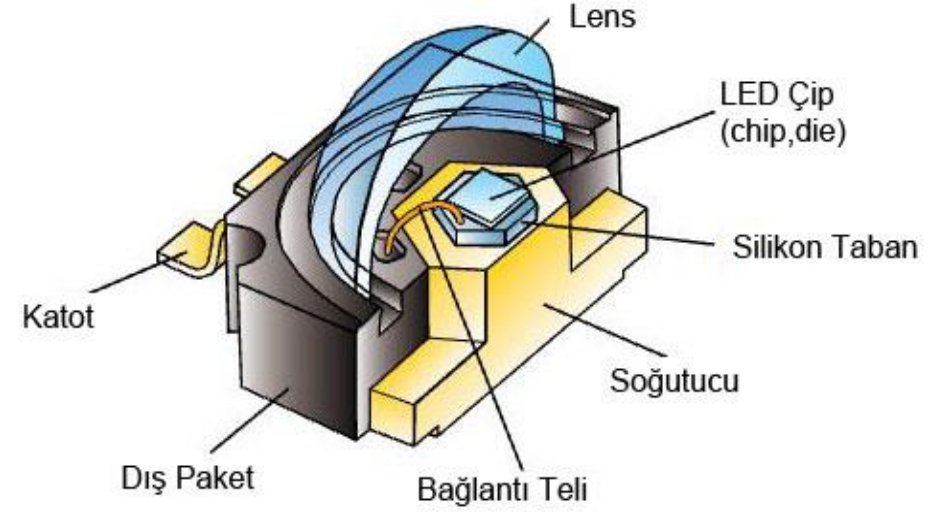


Işık Kaynakları



LED'ler

LED Işık Kaynağı: LED Çip



LED Modül



LED Light Engine
(LED Işık Motoru)



LED Armatür



Işık Yayan Diyotlar

- Işık yayan diyotlar (LED), belirli dalga boylarında ışık üretebilen ve yarıiletken malzemelerden oluşan ışık kaynaklarıdır.
- Işık, PN (pozitif-negatif) birleşiminden (jonksiyon) akım geçince üretilir.
- P-tipi yarı iletken gerilim kaynağının pozitif tarafına, N-tipi yarı iletken de negatif tarafına bağlanır ise pozitif taraftan (anot), negatif tarafa (katot) elektrik akımı oluşur.
- Elektronlar, negatif taraftan pozitif tarafa geçerken bir boşluk ile birleşirler ve foton yayarlar, bu sürece elektro-lüminesan ışık üretimi denir.

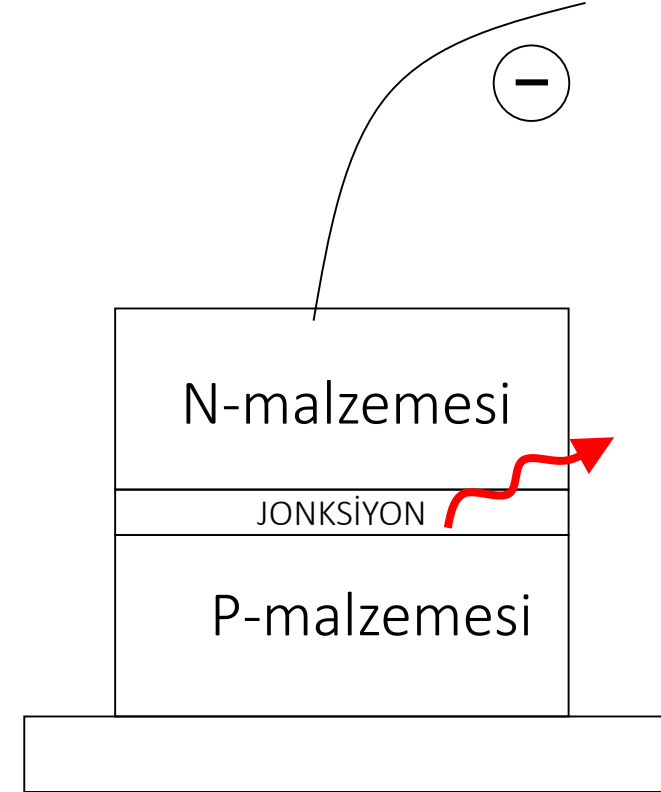
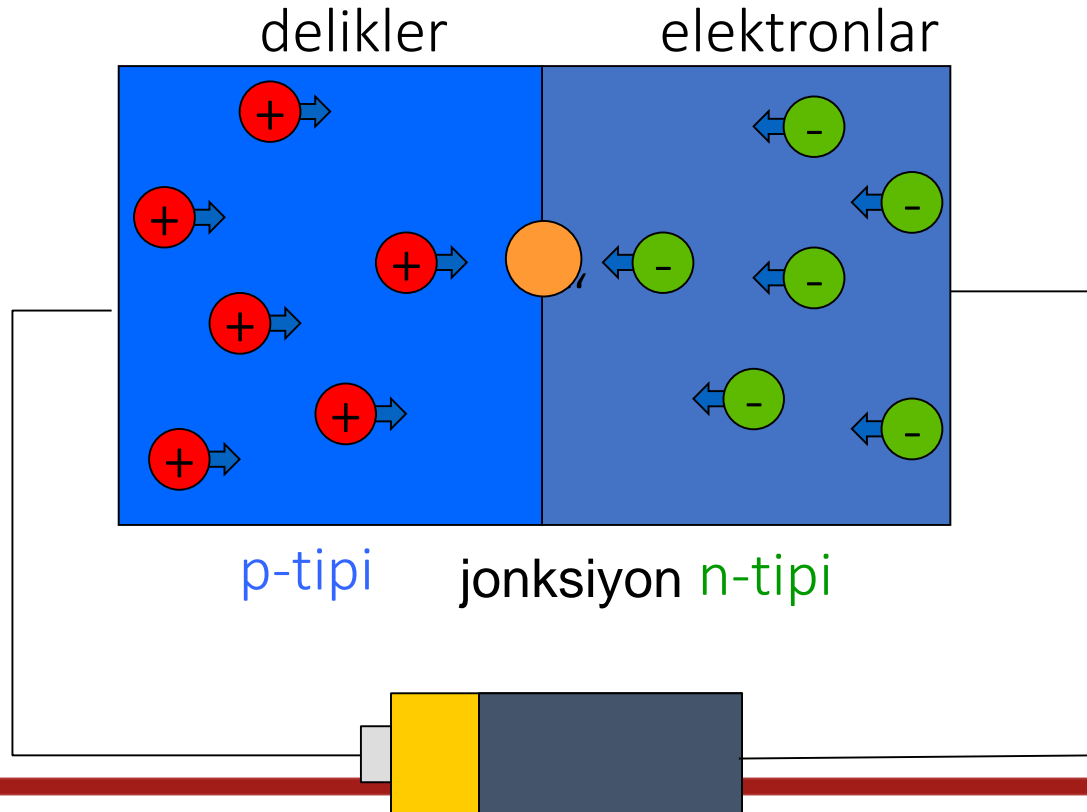
LED Çalışma Prensipleri

%55 -%80 ısı: jonksiyon (birleşim) noktasında oluşur.



Sürücü

%20 - %45 görülebilir ışımaya (ışık)

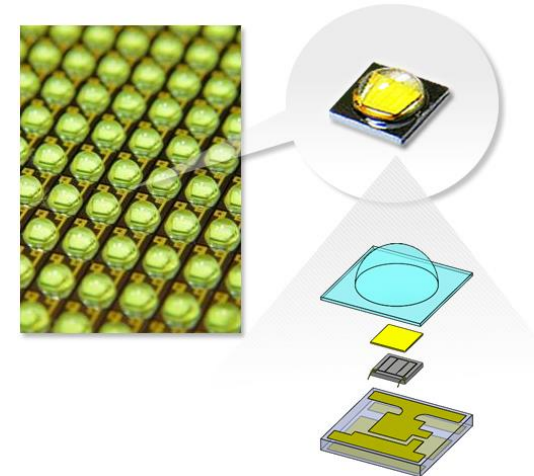


LED'ler ile Beyaz Işık Eldesi

3 Yöntem:

1. Görünür bölgenin (380-780 nm), kısa dalga boyu bölümünde ışık yayan bir diyotu fosfor ile kaplayarak daha uzun dalga boylarında ışık elde etmek
2. UV bölgede ışık yayan bir diyotun radyasyonlarını fosfor ile kaplayarak görünür bölgede ışık vermesini sağlamak (flüoresan)
3. En az 3 diyot kullanarak (genelde kırmızı, yeşil, mavi) beyaz ışık elde etmek (RGB)

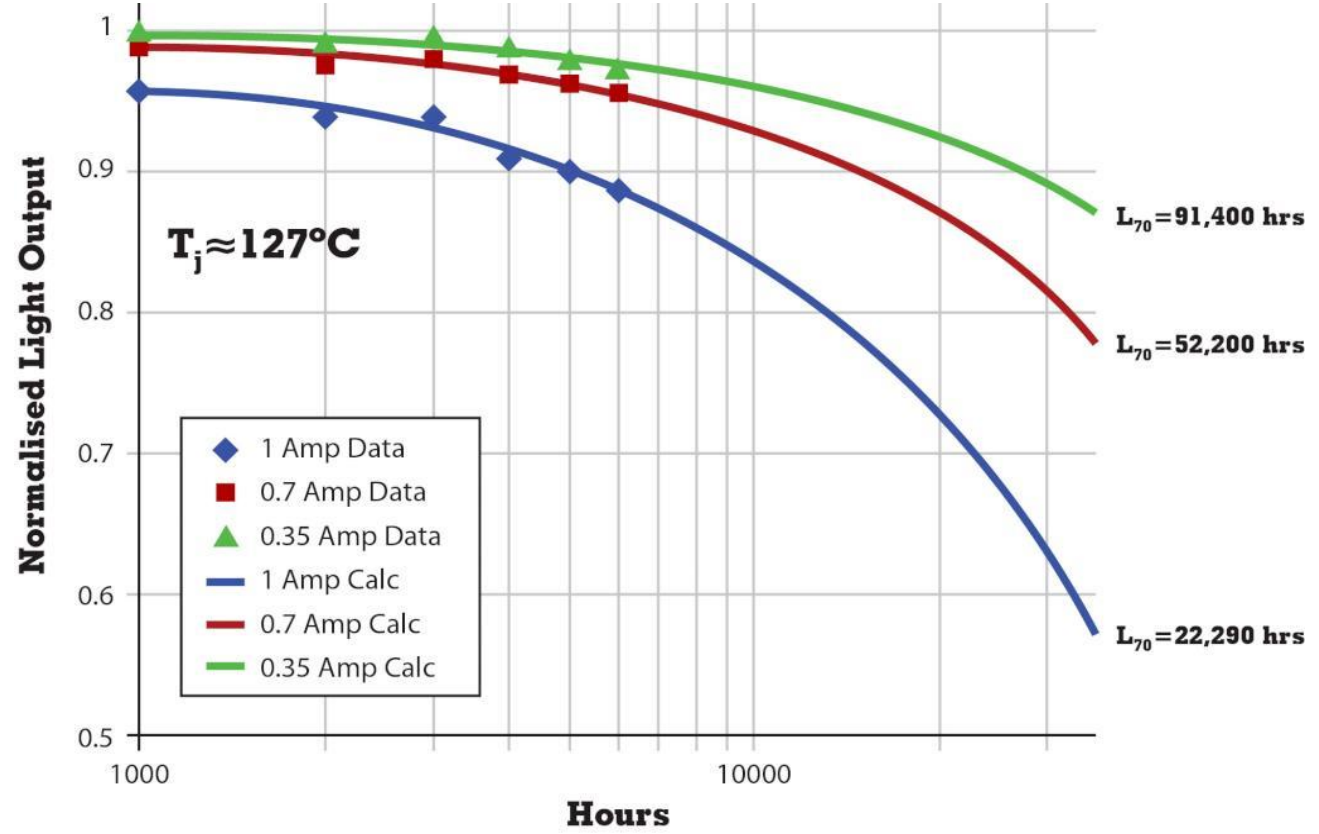
	Üstünlükleri	Sakıncaları
Yöntem 1	<ul style="list-style-type: none">• İyi etkinlik faktörü• Farklı renk sıcaklıkları• İyi renksel geriverim	<ul style="list-style-type: none">• Sınırlı renk olanağı• Hale efekti
Yöntem 2	<ul style="list-style-type: none">• Düzgünlük• Farklı renk sıcaklıkları	<ul style="list-style-type: none">• Düşük etkinlik faktörü• Yüksek güce ulaşamama• UV ışınların önlenememesi
Yöntem 3	<ul style="list-style-type: none">• Dinamik renk kontrolü• Farklı renkler oluşturabilme	<ul style="list-style-type: none">• Elektronik kontrol zorluğu• Sıcaklık değişimlerinden etkilenme



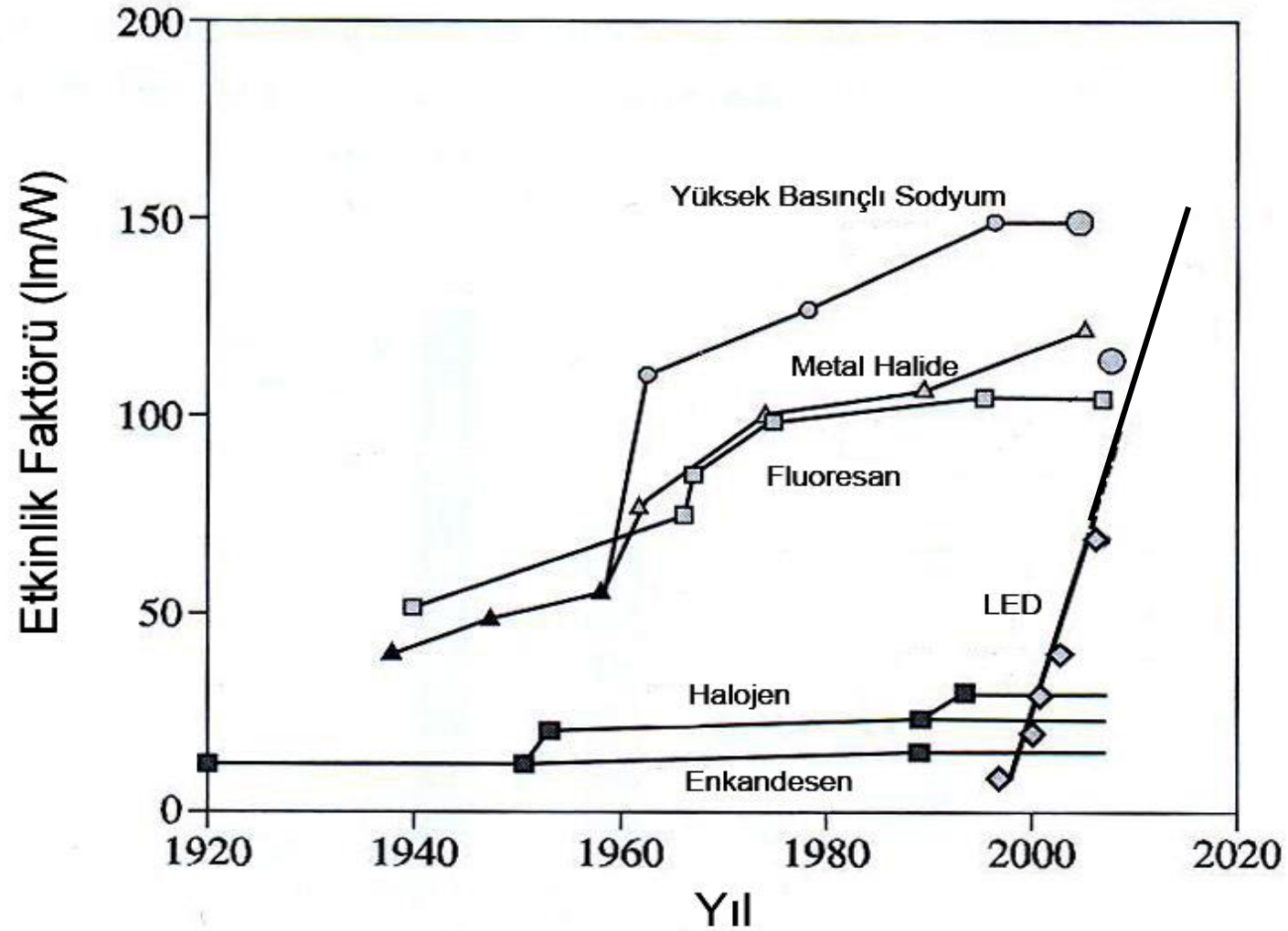
LED Ömrü

L_{xx} : LED çipinin, ilk durumdaki ışık akısının %xx'ine düşene kadar geçen süre

Örnek L_{70} , ilk durumdaki ışık akısının %70'ine düşene kadar geçen süre.



LED'ler & Konvansiyonel Lambalar



İç Aydınlatmada Kullanılabilen Işık Kaynakları

Lamba Tipi	Güç (W)	Maks. Etkinlik F. (lm/W)	Ekonomik Ömür (saat)	Renksel İzlenim	Renksel Geriverim
Enkandesen	15 - 1500	22	1000	Sıcak	Çok iyi
Tungsten Halojen	5 - 2000	35	1000 - 4000	Sıcak	Çok iyi
Kompakt Flüoresan	5 - 80	85	6000 - 15000	Çeşitli	İyi
Tüp Flüoresan	14 - 80	104	10000 - 20000	Çeşitli	Orta - İyi
Metal Halojen	35 - 2000	100	6000 - 9000	Ilık - Soğuk	Orta - İyi
LED	1 - 10	160 (+)	30000 - 50000	Çeşitli	İyi

Dış Aydınlatmada Kullanılabilen Işık Kaynakları

Lamba Tipi	Güç (W)	Etkinlik Fak. (lm/W)*	Ekonomik Ömür (saat)	Renksel İzlenim	Renksel Geriverim İndeksi
Tüp Flüoresan	14-80	50-104	10000-20000	çeşitli	Orta→iyi (50-95)
Yüksek Basıncılı Civa Buharlı	50-1000	32-60	7000 - 10000	Soğuk	zayıf→orta (20-50)
Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı	50-1000	70-150	9000 - 24000	Altın sarısı	zayıf→orta (20-60)
Metal Halojen	35-2000	65-100	6000 - 9000	Soğuk-ılık	Orta→iyi (60-80)
Alçak Basıncılı Sodyum Buharlı	18-180	50-176	9000 - 10000	Monokromatik sarı	-

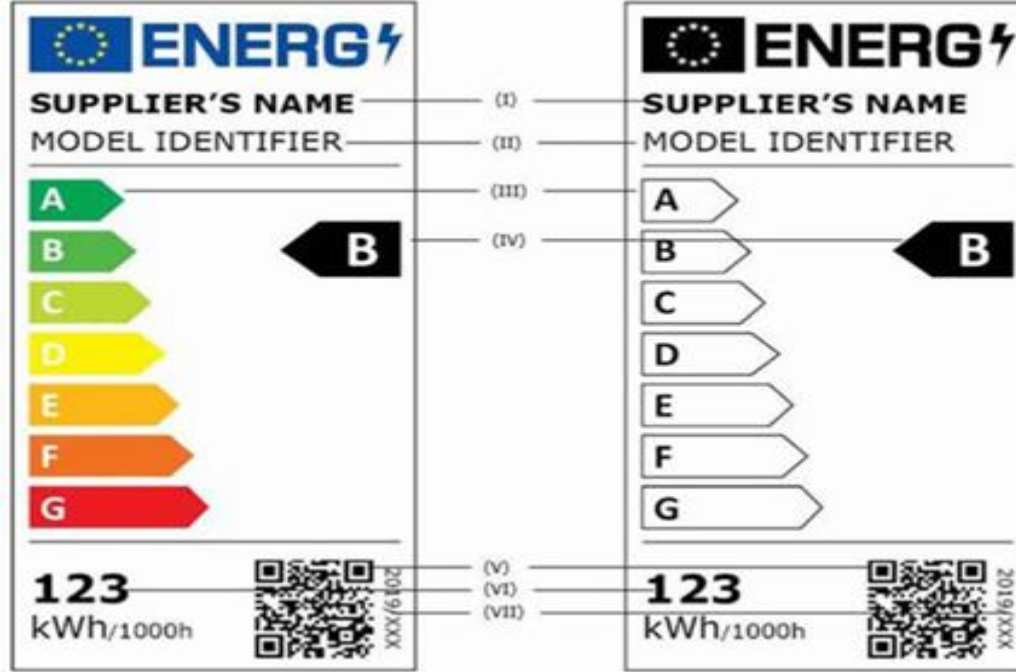
* Balast kaybı dahil

EU 2019/2020 “Işık kaynakları ve kontrol elemanları için Eko-Tasarım gereklilikleri”

Enerji Verimliliği Sınıfı	Toplam Şebeke Etkinliği η_{TM} [lm/W]
A	$210 \leq \eta_{TM}$
B	$185 \leq \eta_{TM} < 210$
C	$160 \leq \eta_{TM} < 185$
D	$135 \leq \eta_{TM} < 160$
E	$110 \leq \eta_{TM} < 135$
F	$85 \leq \eta_{TM} < 110$
G	$\eta_{TM} < 85$

$$\eta_{TM} = (\Phi_{use} / P_{on}) \times F_{TM} \quad [\text{lm/W}]$$

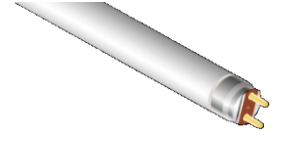
Enerji Etiketlemesi




Işık Kaynağı Türü	F _{TM} Faktörü
Doğrusal olmayan ve şebeke gerilimiyle çalıştırılan	1,000
Doğrusal olmayan ve şebeke gerilimiyle çalıştırılmayan	0,926
Doğrusal ve şebeke gerilimiyle çalıştırılan	1,176
Doğrusal ve şebeke gerilimiyle çalıştırılmayan	1,089

EU 2019/2020 “Işık kaynakları ve kontrol elemanları için Eko-Tasarım gereklilikleri”

- 1 Eylül 2021: retrofit KFL ve T12 tüp flüoresan lamba satış yasağı
- 1 Eylül 2023: T8 tüp flüoresan lamba satış yasağı (tüm flüoresan lambalara satış yasağı!)
- Halk görüşü – Temmuz 2021: negatif görüş yok, sürecin hızlandırılması isteği var.

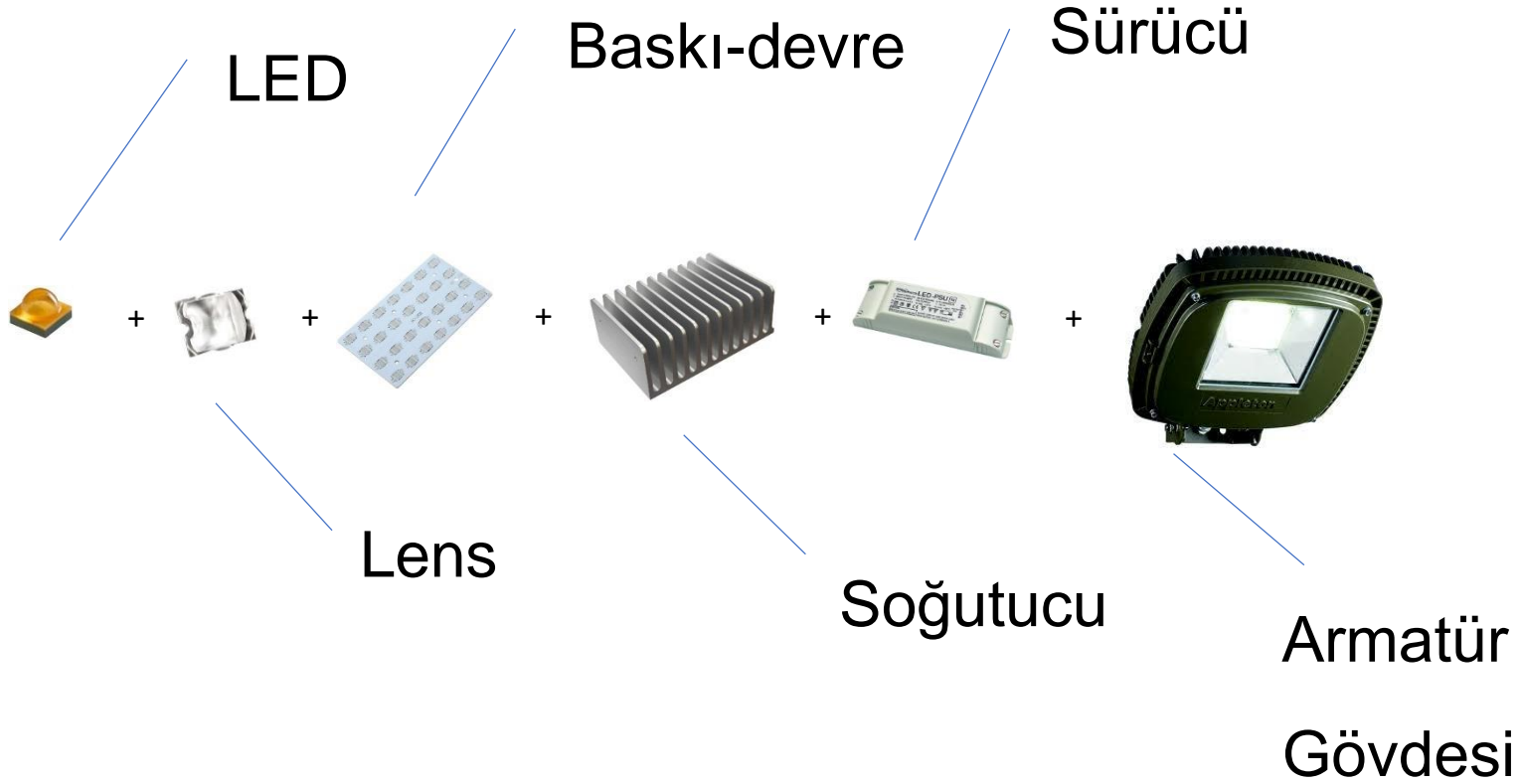


2023 – 2035  18,2 milyar € / 190 TWh tasarruf / 1,8 ton karbon emisyon azalımı + 1,5 ton CO₂ azalımı kömür santral elektrik üretiminin devre dışı kalmasından

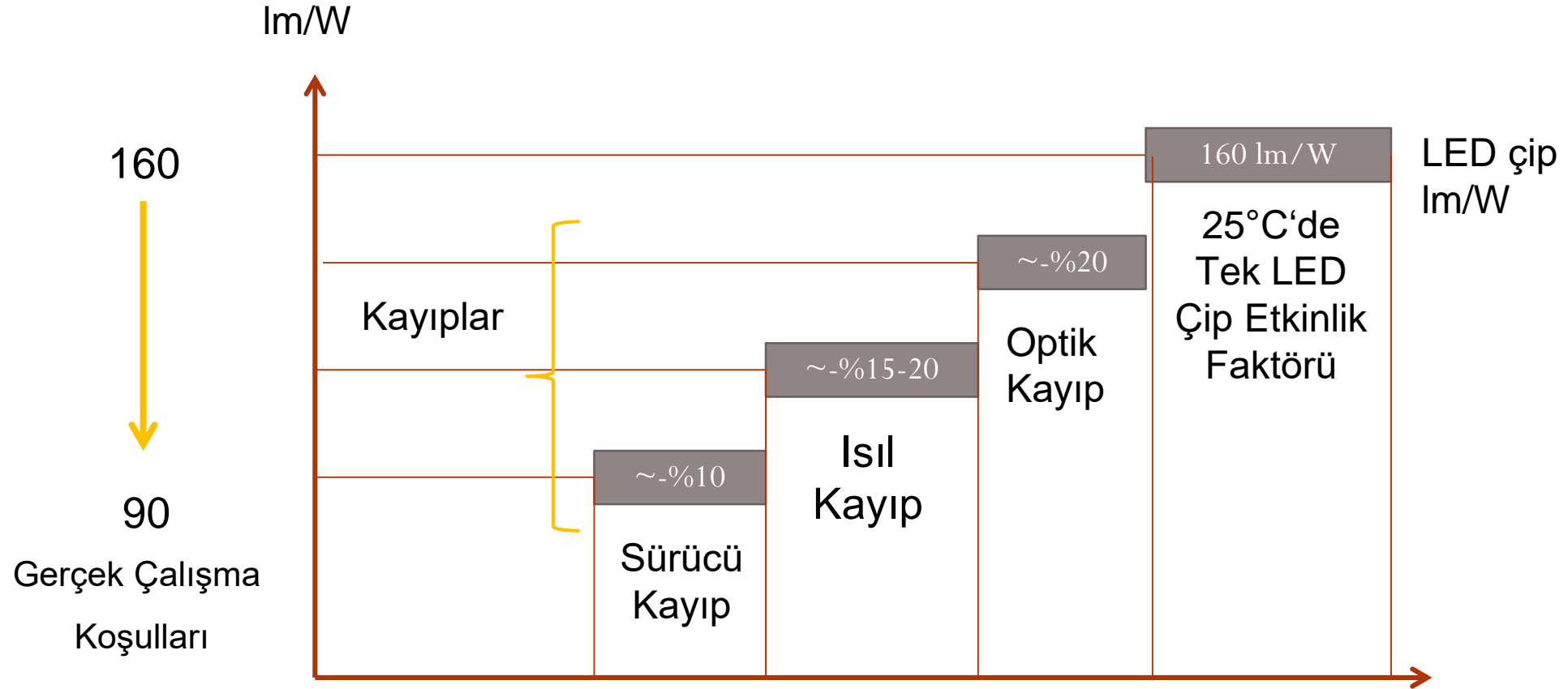
UN Çevre Programı: Minamata Convention on Mercury

- 137 taraf, 27 AB ülkesi
- 2013 – flüoresan lambalar kapsam dışı
- Aralık 2021 – LED teknolojisindeki gelişmelerle FL kullanım muafiyetinin kaldırılması

LED Armatürler



LED Sistem Verimi



Aydınlatmada Verimlilik

Işık kaynağı değişimi

Yardımcı ekipmanların değişimi

Armatür deęiřimi

Yeni Tasarım / Sistem Yerleřiminin Deęiřimi

Otomasyon Sistemi Entegrasyonu

AYDINLATMA KALİTE KRİTERLERİ

İş Performansı ve Verimlilik

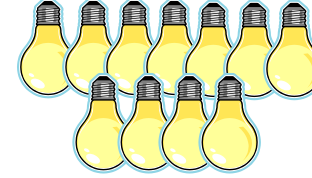
**Aydınlık
Düzeyi**



**Görsel
Performans**



+%175



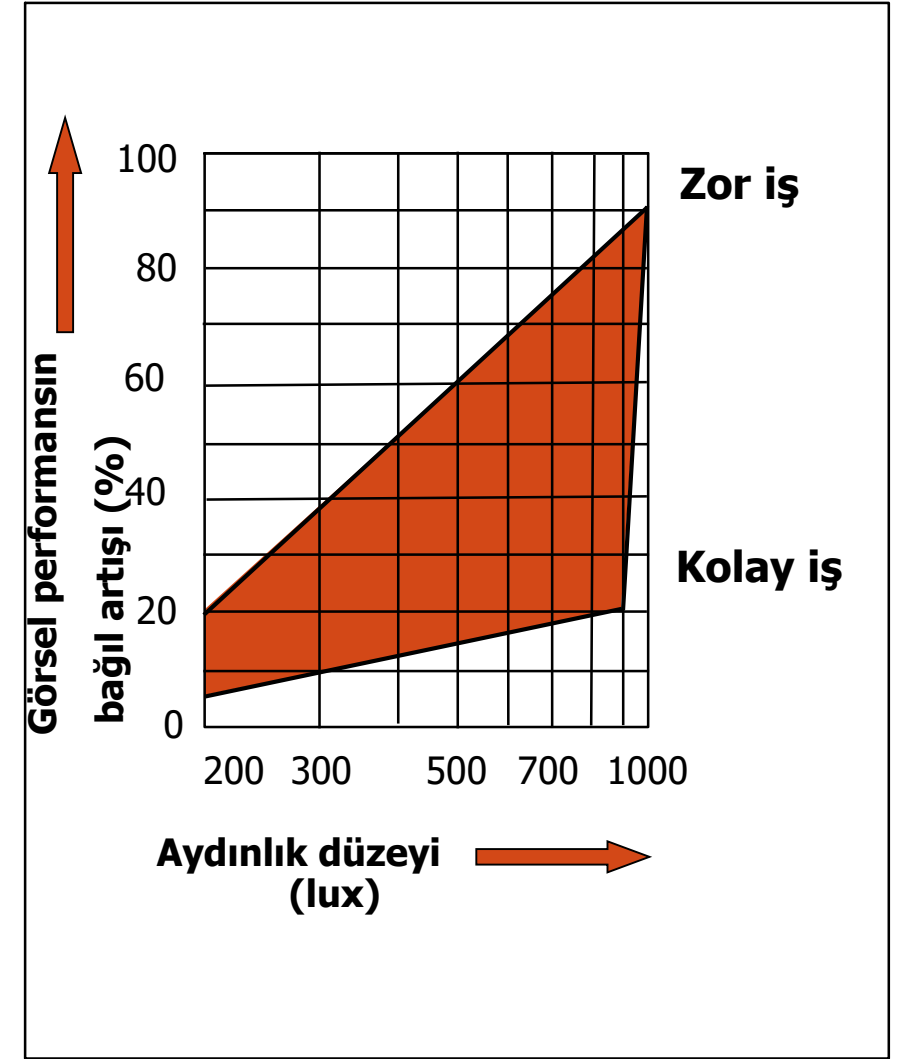
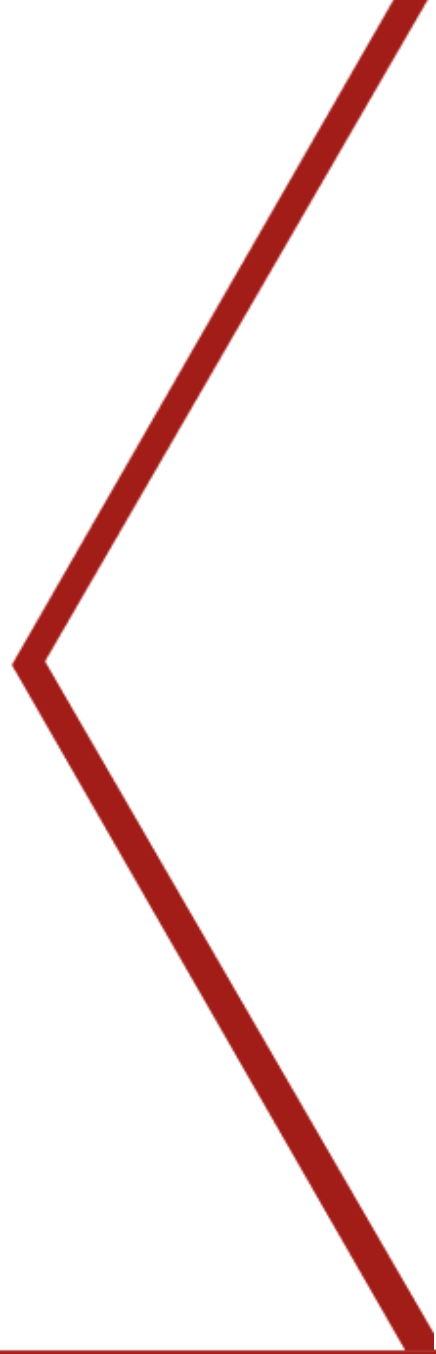
~ 20 yaş



~ 50 yaş

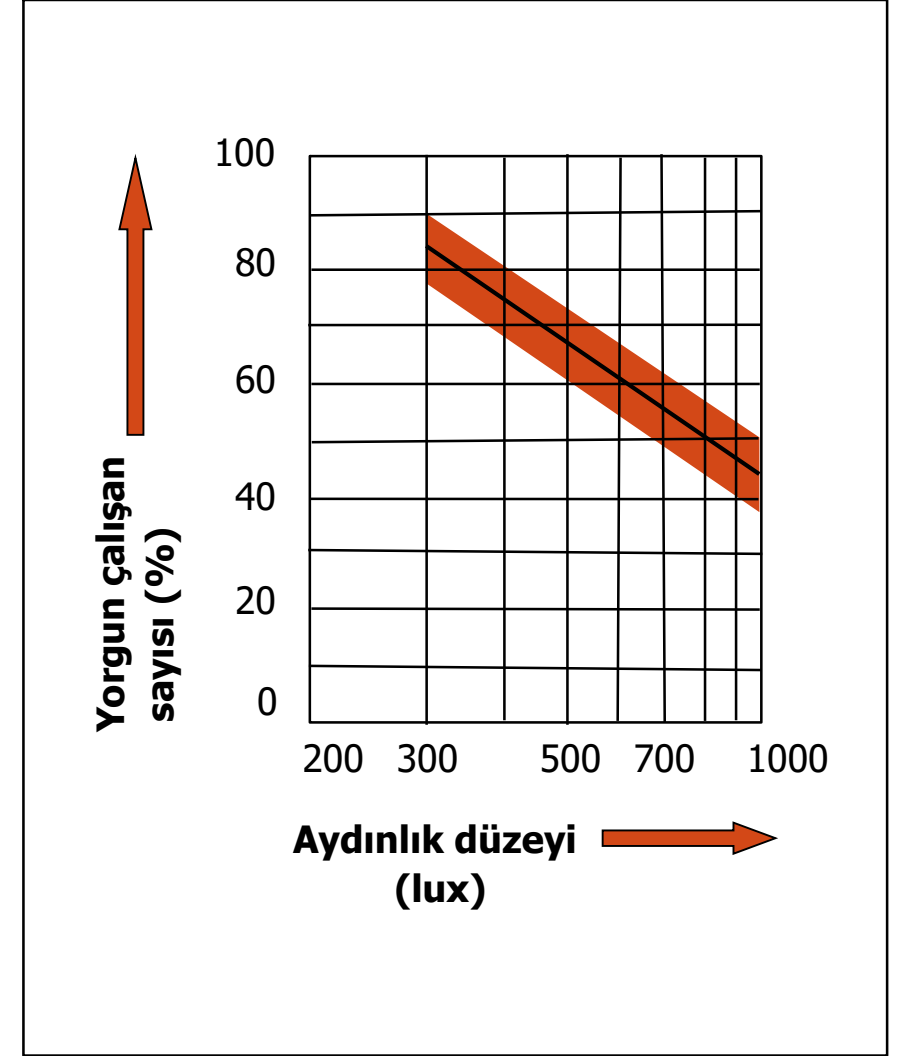
Aydınlatma ve Verimlilik

- Görsel performans
- Parametreler
 - Yaş
 - Yapılan iş



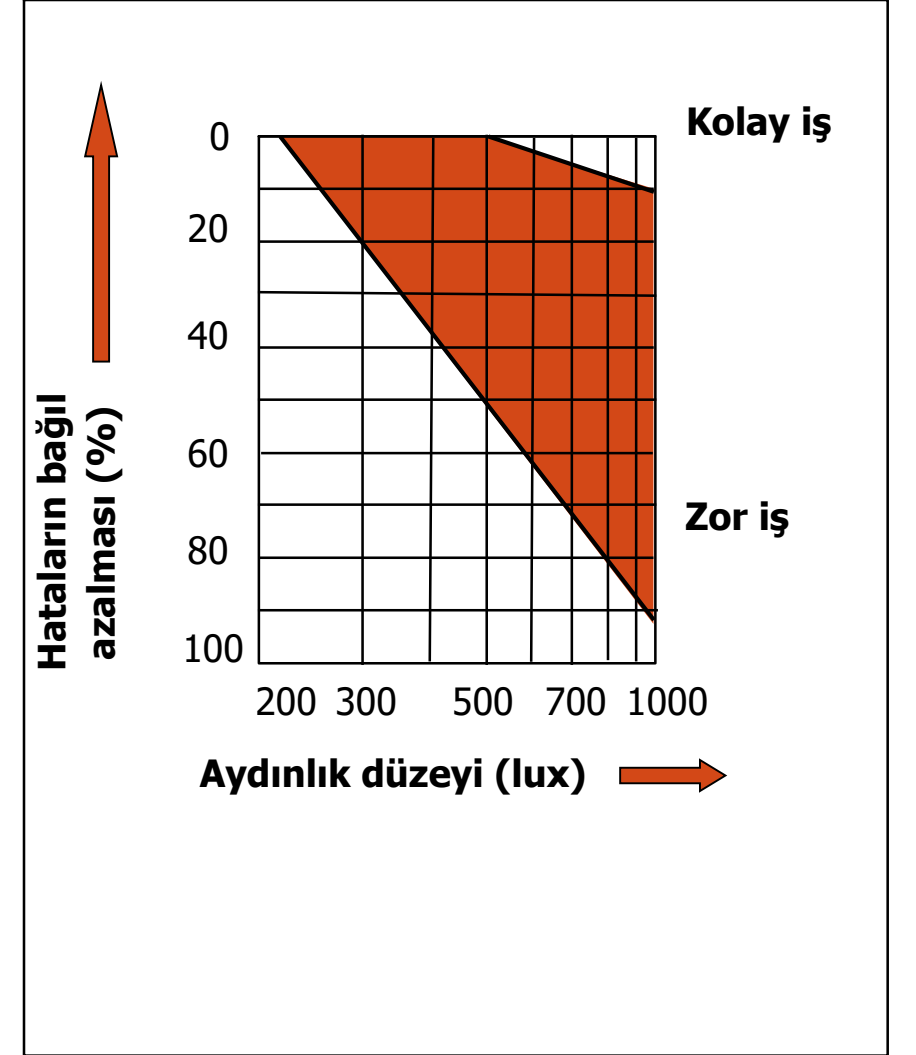
Aydınlatma ve Konfor

- Görsel konfor
 - Daha az yorgunluk
 - Fiziksel iyilik
 - Uyanıklık



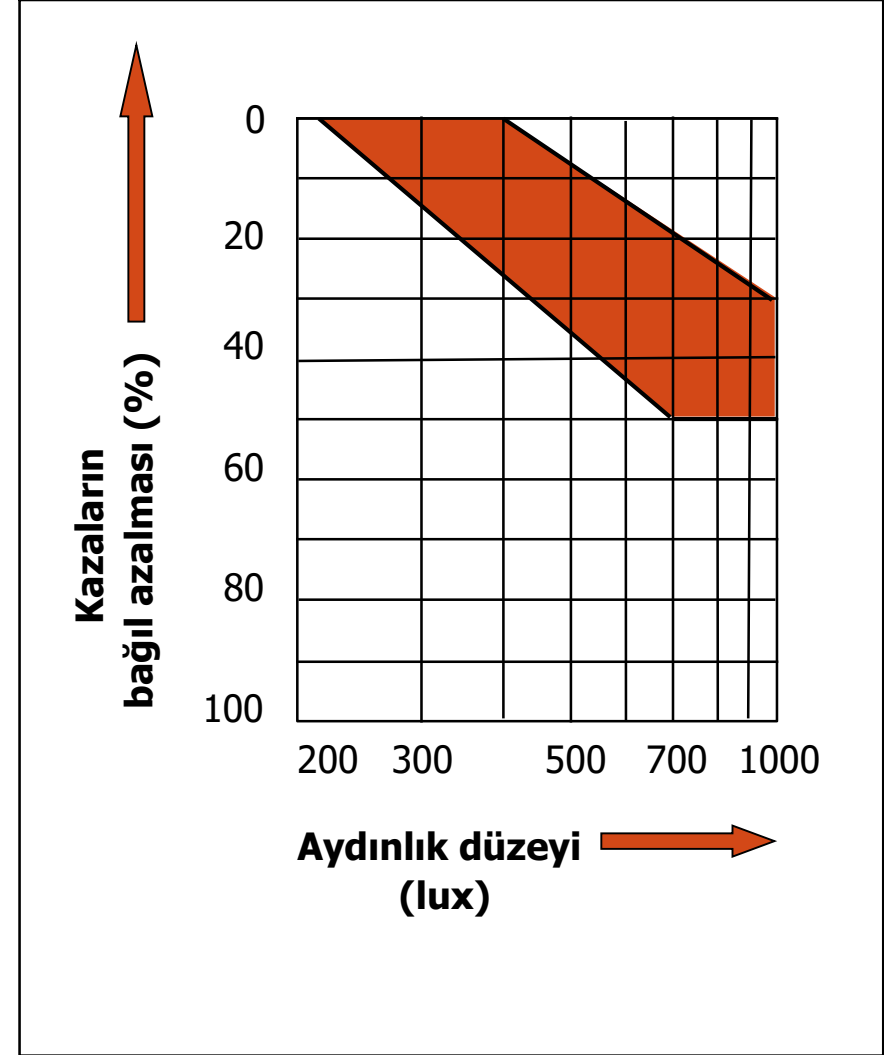
Aydınlatma ve Kalite

- Hataların önlenmesi
 - Hatanın önlenmesi
 - Müşteri memnuniyeti
 - Kaliteli ürün



Aydınlatma ve Güvenlik

- Kazalarda azalma
 - Emniyet gerekleri
 - İş kazalarında azalma
 - Hastalıkların önlenmesi



Aydınlatmada Verimlilik

Gece bir şehirde yolların ve kamusal alanların gerektiği şekilde "gerektiği yerde ve gereken miktarda" aydınlatılması ile:

- Karanlık saatlerde yaya ve bisiklet trafiğinin aktif olması sağlanır;
- Daha aktif ve sağlıklı şehir yaşam alanları yaratılır;
- Trafikte motorlu araç sayısı azalır, dolayısıyla araç enerji tüketimi ve sebep oldukları karbon emisyon miktarları düşer;
- Gece trafik kaza sayısı azalır;
- Işık kirliliği ve ışığın doğal yaşam üzerindeki olumsuz etkileri azalır.



TS Standartı

TS EN 12464

Işık ve Aydınlatma - İş yerlerinin aydınlatılması

Bölüm 1: Kapalı alanlardaki iş mahalleri

Bölüm 2: Bina dışı iş yerleri

 **TÜRK STANDARDI**
TURKISH STANDARD

TS EN 12464-1
Ocak 2004

ICS 91.160.10

**İŞIK VE İŞIKLANDIRMA - İŞ MAHALLERİNİN
AYDINLATILMASI - BÖLÜM 1: KAPALI ALANDAKİ İŞ
MAHALLERİ**

Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work
places

 **TÜRK STANDARDI**
TURKISH STANDARD

TS EN 12464-2
Nisan 2008

ICS 13.180; 91.160.10

**İŞIK VE AYDINLATMA - İŞ YERLERİNİN
AYDINLATILMASI - BÖLÜM 2: BINA DIŞI İŞ YERLERİ**

Light and lighting - Lighting of work places - Part 2: Outdoor
work places

Table 5.2 — Industrial activities and crafts (continued)

2.19 Vehicle construction					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	\dot{E}_m lx	UGR _L -	R _a -	Remarks
2.19.1	Body work and assembly	500	22	80	
2.19.2	Painting, spraying chamber, polishing chamber	750	22	80	
2.19.3	Painting: touch-up, inspection	1000	19	90	T _{CP} ≥ 4000 K.
2.19.4	Upholstery manufacture (manned)	1000	19	80	
2.19.5	Final inspection	1000	19	80	
2.20 Wood working and processing					
Ref. no.	Type of interior, task or activity	\dot{E}_m lx	UGR _L -	R _a -	Remarks
2.20.1	Automatic processing e.g. drying, plywood manufacturing	50	28	40	
2.20.2	Steam pits	150	28	40	
2.20.3	Saw frame	300	25	60	Prevent stroboscopic effects.
2.20.4	Work at joiner's bench, gluing, assembly	300	25	80	
2.20.5	Polishing, painting, fancy joinery	750	22	80	
2.20.6	Work on wood working machines e.g. turning, fluting, dressing, rebating, grooving, cutting, sawing, sinking	500	19	80	Prevent stroboscopic effects.
2.20.7	Selection of veneer woods	750	22	90	T _{CP} ≥ 4000 K.
2.20.8	Marquetry, inlay work	750	22	90	T _{CP} ≥ 4000 K.
2.20.9	Quality control, inspection	1000	19	90	T _{CP} ≥ 4000 K.

Alt sektör

Yapılan iş

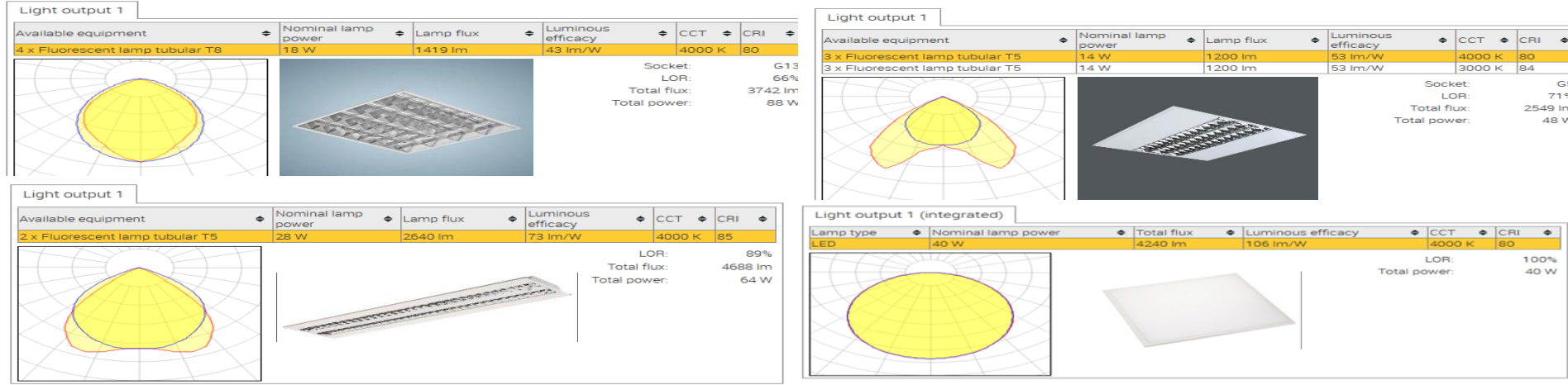
Aydınlık Düzeyi [lux] (iş)

Kamaşma sınırlama katsayısı

Renksel geriverim

Notlar

Verimli Armatürler (Ofis örneği)



ARMATÜR TİPİ	Armatür Adedi	Toplam Güç (W)	E_{ort} (lx)	$W/m^2/100lx$
4x18W Tüp Floresan T8	306	22032	520	2,12
3x14W Tüp Floresan T5	440	21120	513	2,06
2x28W Tüp Floresan T5	240	15360	516	1,49
LED	272	10880	514	1,06

$S = 40m \times 50m$; $H = 3 m$; $h_{\zeta d} = 0,8m$ $\rho_T = \%70$; $\rho_D = \%50$; $\rho_Z = \%20$

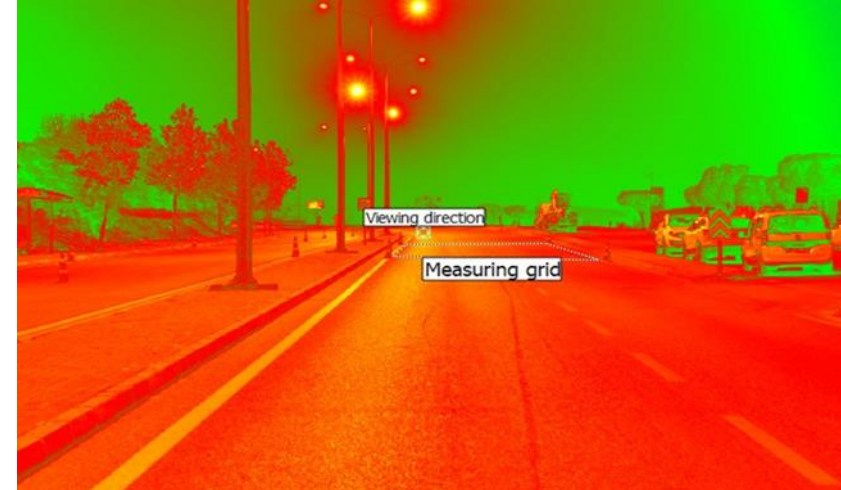
Yol Aydınlatması Gereklilikleri

- EN 13201-2:2015 “Road lighting – Part 2: Performance requirements”
Üç farklı aydınlatma sınıfı:
- motorlu araçlar için **M** aydınlatma sınıfı
- Karma alanlar için **C** aydınlatma sınıfı
- Yayalar ve düşük hızlar için **P** aydınlatma sınıfı

Sınıf	Yol yüzey parlaklığı				Kamaşma sınırlandırılması	Çevrenin aydınlatılması
	Kuru koşullar			Islak		
	L_{ort} (cd/m ²) [sağlanan minimum]	U_o [minimum]	U_l [minimum]	U_{ow} [minimum]	f_{T1} (%) [maksimum]	R_{E1} [minimum]
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	0,15	20	0,30

Yol Aydınlatmasında LED'e Dönüşüm

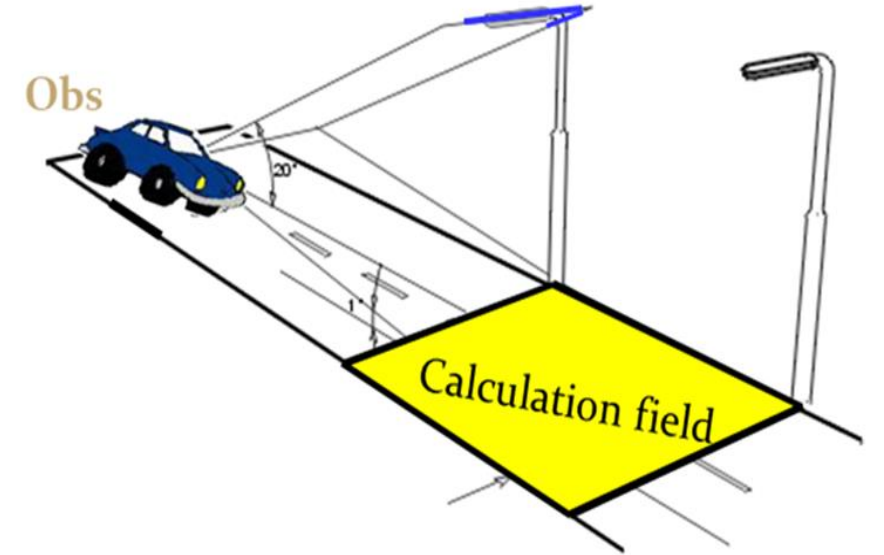
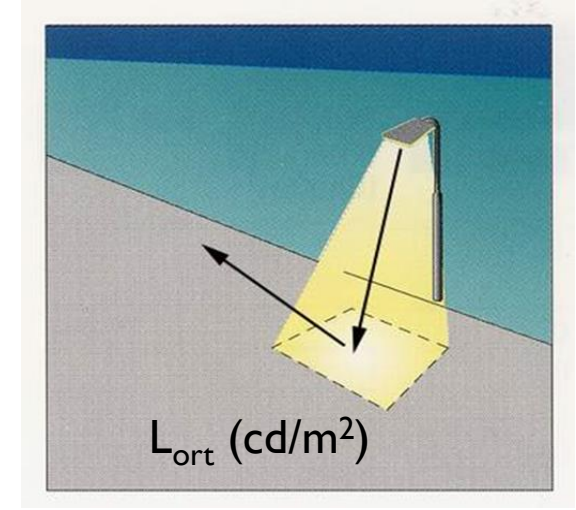
Pilot Yol	YBSBL				LED			
	Güç (W)	Parıltı (cd/m ²)	U _o	U _i	Güç (W)	Parıltı (cd/m ²)	U _o	U _i
Yol 1	291,1	4,09	0,61	0,73	101,6	3,29	0,46	0,73
Yol 2	235,0	1,84	0,52	0,47	120,9	2,25	0,47	0,58
Yol 3	281,0	2,95	0,31	0,59	111,0	3,22	0,43	0,78



LED'e Dönüşüm

YBSBL'lı ve LED'li tesisatlarda birim parlaklık (cd/m^2) ve birim aydınlatılan alan (m^2) başına tüketilen güç ve olası tasarruf yüzdeleri

Pilot Yol	YBSBL	LED	Tasarruf (%)
	$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{cd}/\text{m}^2$	$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{cd}/\text{m}^2$	
Yol 1	4,74	2,06	-56,6
Yol 2	7,30	3,07	-57,9
Yol 3	6,35	2,30	-63,8

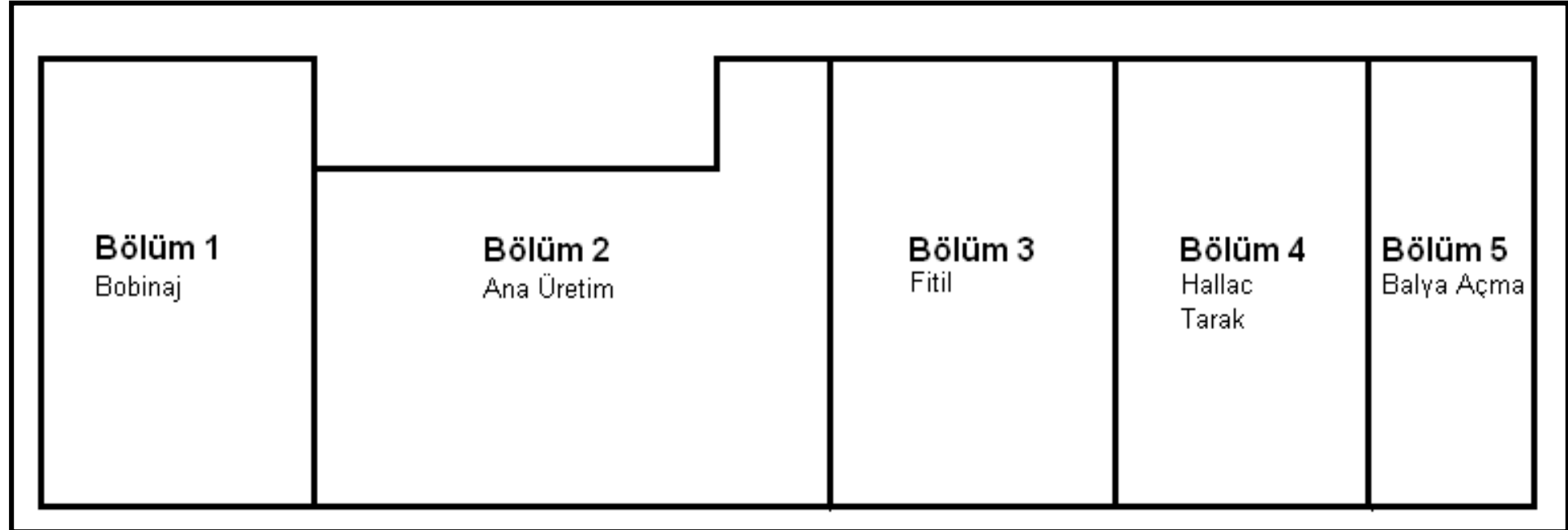


ÖRNEK

VAP (Verimlilik Artırıcı Proje)

Örnek Çalışma - Tekstil sektörü : İplik Üretim Fabrikası

Kapalı Alan: 16000 m²
Yükseklik: 4,3 m
Günüşiği kullanımı: Yok



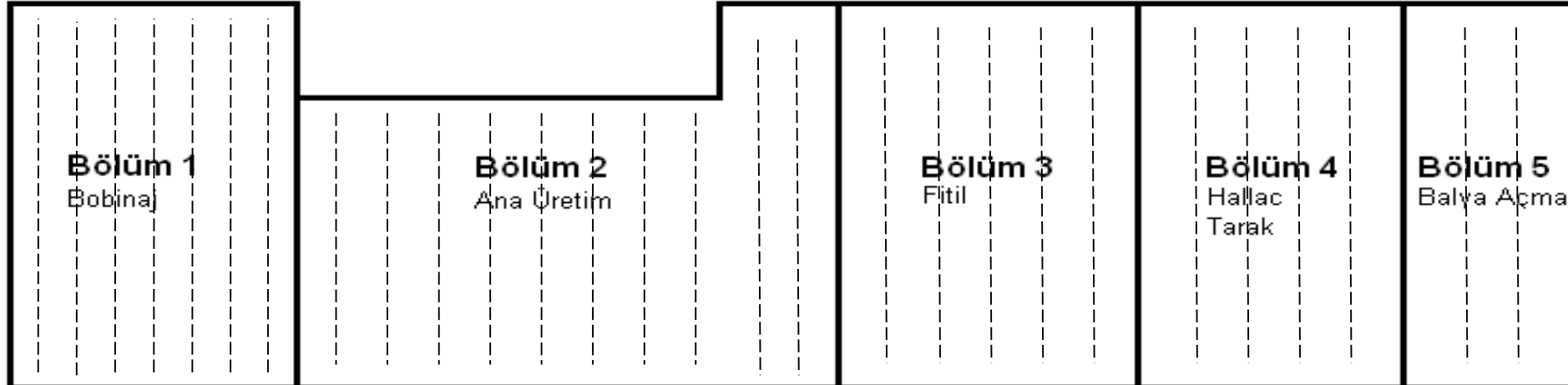
Örnek Çalışma - Tekstil sektörü : İplik Üretim Fabrikası

Mevcut Aydınlatma Sistemi:

Armatürler : Duydan etanj, reflektörsüz, bant tipi

Lamba : 36W / 2500 lumen / 6500 K / Ra=70

Balast : Elektronik balast / $\cos\Phi=0,53$ THD=%106



Aydınlık Düzeyleri

Bölümler	Mevcut Kullanılan Armatür Tipi	Ölçülen E (lx)	Önerilen E (lx)	Uygulanan E (lx)
1. Bobinaj	1x36W A3 Sınıfı EB Duydan Etanj Bant Tipi	90	500	400
2. Ana Üretim Hattı	2x36 W A3 Sınıfı EB Duydan Etanj Bant Tipi	220	500	400
3. Fitol	1x36W A3 Sınıfı EB Duydan Etanj Bant Tipi	95	500	400
4. Hallaç ve Tarak	1x36W / 2x36W A3 Sınıfı EB Duydan Etanj Bant Tipi	150	300	200
5. Balya Açma	1x36W A3 Sınıfı EB Duydan Etanj Bant Tipi	70	100	100



Önerilen Aydınlatma Sistemleri

Lambalar

Mevcut

36W / 2500 lumen / 6500 K / Ra=70

Önerilen

36W / 3250 lumen / 6500 K / Ra=80

32W / 3250 lumen / 6500 K / Ra=80

58W / 5000 lumen / 6500 K / Ra=80

51W / 5000 lumen / 6500 K / Ra=80

Balast

Mevcut

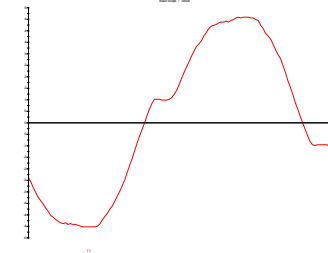
Elektronik balast / $\cos\Phi=0,53$ THD=%106

Önerilen

Elektronik balast / $\cos\Phi=0,97$ / THD=%12,1

Armatürler

Duydan etanj, reflektörlü, bant tipi



Önerilen Aydınlatma Sistemleri

Tesisat	Lamba gücü (W)	Sistem gücü (W) (Lamba + Balast)	Işık Akısı (lm)	Etkinlik Faktörü (lm/W)*
Mevcut	36	38	2500	66
Öneri 1	36	36	3250	90
Öneri 2	32	32,5	3250	100
Öneri 3	58	55,5	5000	90
Öneri 4	51	51,5	5000	97

* Balast kaybı dahil

Önerilen Aydınlatma Sistemleri

		Bölüm 1	Bölüm 2	Bölüm 3	Bölüm 4	Bölüm 5	Tüm Tesis	Tasarruf Oranı
Mevcut	1x36W	400	-	512	80	80	1072	-
	2x36W	-	392	-	240	-	632	
	Kurulu Güç [W]	15200	29792	19456	21280	3040	88768	
Öneri 1	1x36W	-	-	-	-	32	32	%33.81
	2x36W	250	238	184	128	-	800	
	Kurulu Güç [W]	18000	17136	13248	9216	1152	58752	
Öneri 2	1x32W	-	-	-	-	32	32	%40.25
	2x32W	250	238	184	128	-	800	
	Kurulu Güç [W]	16250	15470	11960	8320	1040	53040	
Öneri 3	1x58W	-	-	-	-	22	22	%33.10
	2x58W	160	154	122	88	0	524	
	Kurulu Güç [W]	17760	17094	13542	9768	1221	59385	
Öneri 4	1x51W	-	-	-	-	22	22	%37.92
	2x51W	160	154	122	88	0	524	
	Kurulu Güç [W]	16480	15862	12566	9064	1133	55105	

Ekonomik Analiz

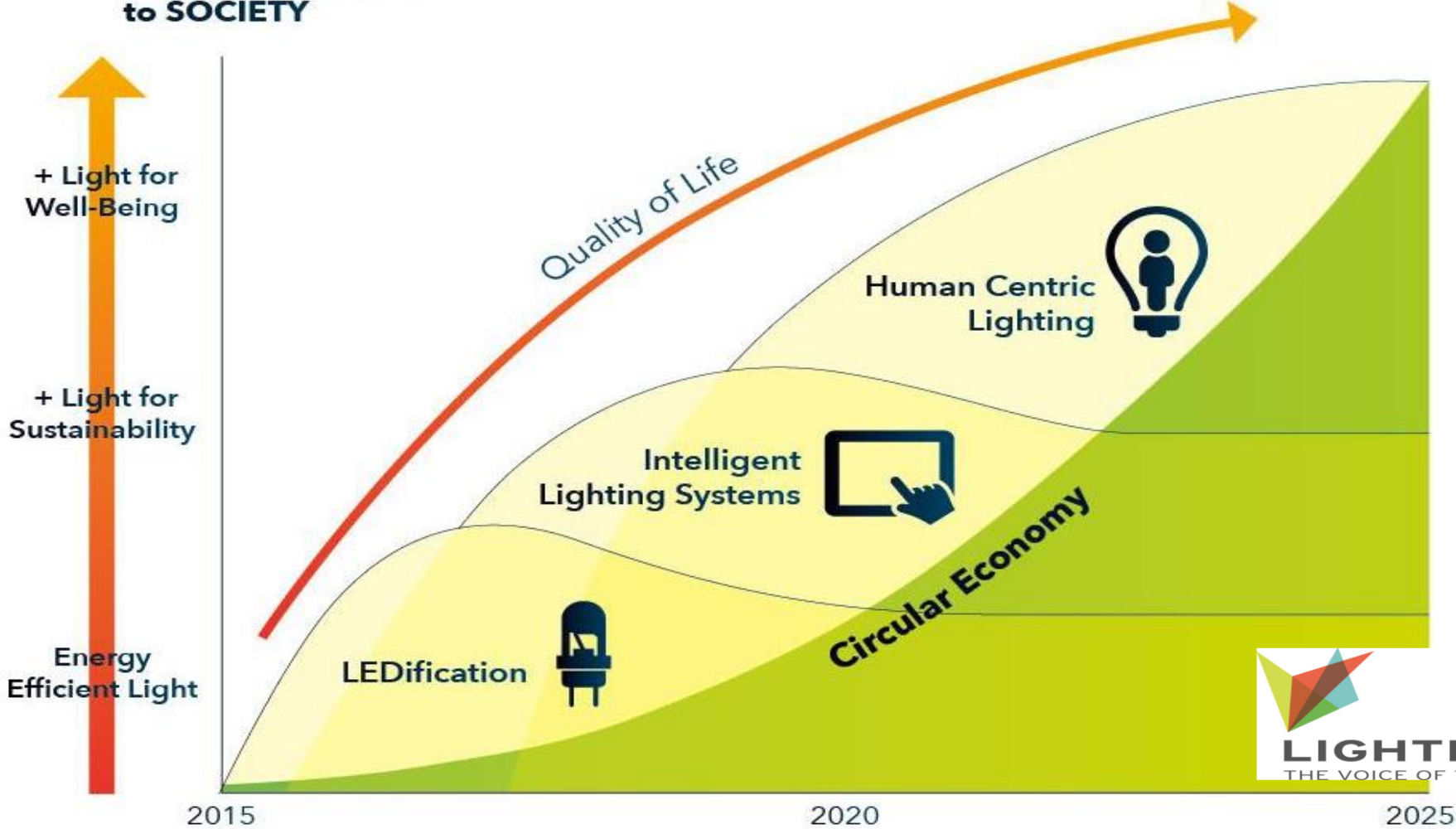
Öneriler	Toplam Yatırım Maliyeti (TL)	Yıllık Enerji Tasarrufu (TL)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)	İç Karlılık Oranı
Öneri 1	104.116,00	49.274,00	2,1 yıl	%44,0
Öneri 2	107.888,00	58.651,00	1,8 yıl	%50,0
Öneri 3	72.058,00	48.235,00	1,5 yıl	%64,5
Öneri 4	75.669,00	55.261,00	1,4 yıl	%69,0

Sonuçlar

- Armatür sayısı 1704'den 546'ya düşürülmüştür.
- Aydınlik düzeyi 90 lux'ten 400 lux'e yükseltilmiştir.
- Aydınlatmanın kalitesi iyileştirilirken, elektrik enerjisi tüketim değerleri azaltılabilmektedir.
- Verimli lamba + verimli balast + verimli armatür = ~ %40 tasarruf
- Geri ödeme süresi = 1,4 yıl

Aydınlatmadaki Gelişmeler

Growth of VALUE of LIGHT
to SOCIETY



Aydınlatmadaki Gelişmeler

Akıllı Aydınlatma Sistemleri



Nesnelerin interneti ve akıllı aydınlatma



İnsan Odaklı/Dinamik Aydınlatma

Işığın rengi ve seviyesi zamana ve kullanıcıların ihtiyaçlarına göre ayarlanabilmekte, ancak bu işlemlerin nasıl yapılmasını tarifleyen senaryo ve strateji önerileri konusunda kapsamlı araştırmalara gereksinim duyulmaktadır. Kullanıcıların duygularına ve buldukları ortama göre saatlik biyolojik değişimleri esas alınarak ayarlanan “insan odaklı – dinamik aydınlatma” sistemleri üzerinde çalışılmaktadır.

