

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DİNAMİK AYDINLATMANIN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İNCİ AKTAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK TESİSLERİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. ADEM ÜNAL**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİNAMİK AYDINLATMANIN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İnci AKTAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 20/02/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Adem ÜNAL

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Adem ÜNAL

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof Dr. Selim AY

Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Selahattin DİNLER

Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Elektrik enerjisi tasarrufu günümüzde yaygın olarak ele alınırken aydınlatmanın da bu konuda önemli bir payı olduğu vurgulanmaktadır ve incelenmeye devam etmektedir. Verimlilik kavramı ile birlikte dinamik aydınlatma araştırmaları ve uygulamaları artmakta, bu çalışmalar ile birlikte aydınlatmanın sağlıkla olan ilişkisi gözlemlenebilmektedir. Aydınlatmanın sağlıkla olan ilişkisi bilinirken bu konudaki araştırmalar ve konunun günlük hayata olan yansımaları için gerekli olan çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışmada; ışık, aydınlatma, biyolojik sistem kavramları ve aydınlatma-sağlık ilişkisi detaylı olarak incelendikten sonra dinamik aydınlatmanın günümüz teknolojisinde gelişmekte olan ışık kaynağı LED ile uygulaması yapılmıştır.

Tez sürecimde değerli desteklerini benden esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Adem Ünal'a, uygulama aşamasında bilgi ve tedarik imkanı sunan Sn. Çetin Küpücü'ye, akademik ve mesleki gelişimimde bana yardımcı olan LAMP83 Aydınlatma'ya ve her zaman, her koşulda yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2012

İnci AKTAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa	
SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	1
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	3
IŞIK.....	3
2.1 Fotometrik Büyüklükler ve Yasalar	5
2.1.1 Uzay Açısı.....	5
2.1.2 Işık Akısı.....	6
2.1.3 Işık Şiddeti	6
2.1.4 Aydınlık Şiddeti	7
2.1.5 Parıltı (Lüminans)	7
2.1.6 Bazı Fotometrik Yasalar	8
2.2 Işık Kaynakları	10
2.2.1 Balastlar	20
2.2.2 Transformatörler.....	27
2.2.3 Işık Kaynağı Çeşitleri.....	28
2.3 Optoelektronik Işık Kaynakları	35
2.3.1 LED Çeşitleri	39

2.3.2	Beyaz LED’lerde Enerji Verimliliği	40
2.3.3	LED’ler ve Konvansiyonel Işık Kaynakları	42
2.3.4	Beyaz LED’lerde Ömür	43
2.3.5	Beyaz LED’lerde Termal Sistemler	45
2.3.6	LED’ler ve Kontrol	49
2.4	LED’li Armatür	50
2.4.1	Optik, Isıl ve Elektriksel Verimlerin Belirlenmesi	53
2.4.2	LED’li Armatür Güvenilirliğinin Değerlendirilmesi	56
BÖLÜM 3		
DİNAMİK AYDINLATMA ve DİNAMİK AYDINLATMANIN İNSAN BEDEN VE RUH SAĞLIĞINA ETKİSİ.....		57
3.1	Işık ve Biyolojik Sistem	58
3.2	Işık Kaynağının Spektral Dağılımının İnsan Üzerindeki Etkisi	67
3.3	Dinamik Aydınlatmanın İnsan Beden ve Ruh Sağlığı Üzerindeki Etkisi.....	68
3.4	Işık ve Tıpta Bazı Tedavi Yöntemleri	70
BÖLÜM 4		
UYGULAMA		74
4.1	Devre Bağlantı Şeması ve Çalışma Prensibi	77
4.2	Fotometrik Ölçümler ve Örnek Aydınlatma Hesabı.....	79
BÖLÜM 5		
SONUÇ VE ÖNERİLER		86
KAYNAKLAR		88
EK-A		
LED AYDINLATMA ÜRÜNLERİ SPESİFİKASYON KILAVUZUNDAN NOTLAR (2011)		90
ÖZGEÇMİŞ		95

SİMGE LİSTESİ

c	Işık hızı
Cd	Kandela
E	Aydınlık şiddeti
e	Etkinlik faktörü
f	Frekans
I_{α}	Işık şiddeti
L_{α}	Parıltı
Lux	Lüks
mA	Miliamper
nm	Nanometre
R_c	Renk sıcaklığı
R_a	Renksel geriverim
Str	Steradyan
t_a	Ortam sıcaklığı
t_c	Gövde sıcaklığı
T_j	Jonksiyon sıcaklığı
λ	Dalga boyu
Ω	Uzay açısı
Φ	Işık akısı
ρ	Yansıtma faktörü

KISALTMA LİSTESİ

A.C	Alternatif akım
ASSIST	Alliance for Solid State Illumination Systems and Technologies
CB	Konvansiyonel Balast
CCT	Correlated Colour Temperature (Renk sıcaklığı)
CIE	Commission Internationale De L'eclairage (Uluslar arası aydınlatma komisyonu)
CRI	Colour Rendering Index (Renksel geriverim endeksi)
D.C	Doğru akım
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
DMX	Digital Multiplex
EB	Elektronik balast
EEl	Energy Efficiency Index
HID	High Intensity Discharge (Yüksek yoğunluklu deşarj)
IACS	International Annealed Copper Standard
IEC	International Electrotechnical Commission
IR	Infrared (Kızılötesi)
LED	Light Emitting Diode (Işık yayan diyot)
LOR	Light Output Ratio
LRC	Lighting Research Center
MCPCB	Metal-Core Printed Circuit Board
PWM	Pulse Width Modulation (Darbe genişlik Modülasyonu)
SAD	Seasonal affective Disorder (iklimsel etken düzensizliği)
UV	Ultraviolet (Morötesi)
VVG	Endüktif balast

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Optik Radyasyon	4
Şekil 2. 2 Fotometrik büyüklükler.....	5
Şekil 2. 3 Uzay açısı	6
Şekil 2. 4 Dört fotometrik büyüklük	6
Şekil 2. 5 Parıltı	7
Şekil 2. 6 Uzaklıkların karesi ile ters orantı yasasına göre I ve E ilişkisi	8
Şekil 2. 7 Noktasal aydınlatma yasası.....	9
Şekil 2. 8 Aydınlık düzeyi ile parıltı arasındaki ilişki.....	10
Şekil 2. 9 Göz tarafından algılanan ışık	13
Şekil 2. 10 Beyaz ışık.....	13
Şekil 2. 11 Renklerin dalga boyları	14
Şekil 2. 12 Renk sıcaklığı	16
Şekil 2. 13 Bazı ışık kaynaklarının spektral özellikleri	17
Şekil 2. 14 Rengin ışık kaynaklarına göre değişimi	18
Şekil 2. 15 Konvansiyonel balastlı devre ve elektronik balastlı devre.....	21
Şekil 2. 16 Lamba balast karakteristiği	21
Şekil 2. 17 Işık kaynakları.....	28
Şekil 2. 18 Yanar durumda enkandesan lamba	28
Şekil 2. 19 Floresan lamba yapısı.....	29
Şekil 2. 20 Yanar durumda floresan lamba	30
Şekil 2. 21 LED çalışma şekli	35
Şekil 2. 22 Çip meteryal sistemleri	36
Şekil 2. 23 LED çiplerinden yayılan ışık renkleri	37
Şekil 2. 24 Beyaz ışık elde etme yöntemleri	37
Şekil 2. 25 Beyaz LED spektrumları.....	38
Şekil 2. 26 Düşük güçlü LED yapısı.....	39
Şekil 2. 27 Yüksek güçlü LED yapısı.....	40
Şekil 2. 28 Işık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri	41
Şekil 2. 29 Işık kaynakları CCT değerleri	41
Şekil 2. 30 Bazı ışık kaynaklarının lümen kararlılığı değerleri.....	44
Şekil 2. 31 Farklı renkli LED’lerde jonksiyon sıcaklığı ışık çıkışı ilişkisi	47
Şekil 2. 32 Yüksek güçlü LED’lerde ışık çıkışı ekonomik ömür ilişkisi	48
Şekil 2. 33 LED’li armatür yapısı	48
Şekil 2. 34 Bir LED akımının dalga şekli.....	50
Şekil 2. 35 LED sisteminde değer yaratan parametreler	52

Şekil 2. 36	Jonksiyon sıcaklığı artışının ışık akısına etkisi.....	55
Şekil 3. 1	Gözün yapısı	59
Şekil 3. 2	İnsan gözü için spektral hassasiyet eğrileri	60
Şekil 3. 3	Optik ve fotobiyolojik sinir uçlarının beyindeki yerleşmi.....	61
Şekil 3. 4	Biyolojik saat sirkadyen düzeni etkilemektedir	62
Şekil 3. 5	Sirkadyen düzen iş verimi, vücut ısısı, uyku hali üzerinde etkilidir.....	64
Şekil 3. 6	Çeşitli yaş kategorileri için lens geçirgenliği.....	66
Şekil 3. 7	Farklı yaş grupları için talep edilen ışık rengi değerleri.....	66
Şekil 3. 8	Monokromatik ışık altında ölçülen melatonin seviyesi için spektral duyarlık ve biyolojik duyarlık eğrileri	68
Şekil 4. 1	Cree XP-E LED ileri sürme gerilimi ve ileri sürme akımı arasındaki ilişki.....	74
Şekil 4. 2	Cree XP-G LED ileri sürme gerilimi ve ileri sürme akımı arasındaki ilişki (soğuk beyaz 5000 – 8300 °K)	75
Şekil 4. 3	Soğucu Detayı	76
Şekil 4. 4	Montaj aşamaları	77
Şekil 4. 5	Uygulama devresi bağlantı şeması.....	77
Şekil 4. 6	Uygulama devresi bağlantı şekli	78
Şekil 4. 7	Uygulama devresi.....	78
Şekil 4. 8	Uygulama devresi son hali	79
Şekil 4. 9	Gonyofotometrik ölçü düzeneği	80
Şekil 4. 10	Işıklığın gonyofotometre cihazındaki konumu	80
Şekil 4. 11	2700 °K gonyofotometrik ölçümü.....	81
Şekil 4. 12	Renk sıcaklığı ışık akısı ilişkisi	81
Şekil 4. 13	2700 °K 6500 °K polar diyagramları	82
Şekil 4. 14	2700 °K 6500 °K konik diyagramları	82
Şekil 4. 15	Örnek proje kat planı	83
Şekil 4. 16	Aydınlatma hesabı sonucuna genel bakış	84
Şekil 4. 17	Örnek proje 3B görünüm	85
Şekil Ek-A.1	LED’li armatür döngüsü	90
Şekil Ek-A.2	LED ömür ve akı ilişkisi	92

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Bazı ışık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri	11
Çizelge 2. 2 Renksel geriverim sınıflandırması	16
Çizelge 2. 3 Işık kaynaklarına ait renk sıcaklığı verenksel geriverim değerleri	17
Çizelge 2. 4 EEl sınıflandırması	23
Çizelge 2. 5 Deşarj lambaları	30
Çizelge 2. 6 Farklı renkli LED ve yapıldığı malzemeler	36
Çizelge 2. 7 Beyaz LED'lerin kendi aralarındaki kıyaslanması.....	38
Çizelge 2. 8 Bazı LED'ler için CCT ve CRI değerlerine göre etkinlik faktörü değerleri	42
Çizelge 2. 9 Işık kaynaklarında güç dönüşümleri	46
Çizelge 2. 10 Işık kaynaklarının transfer mekanizmalarının karşılaştırılması.....	55
Çizelge 2. 11 İyi ve kötü LED armatür tasarımı karşılaştırılması.....	56
Çizelge 4. 1 Cree XP-E ve XP-G LED'ler için örnek teknik bilgiler.....	75
Çizelge 4. 2 Tridonic TS 320 2700-6500 K LED teknik bilgileri.....	76
Çizelge 4. 3 Işık Kaynakları Toplam Güç Kıyaslaması.....	85
Çizelge Ek-A.1 Güncel standartlar - International Electrotechnical Commission.....	94

DİNAMİK AYDINLATMANIN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İnci AKTAŞ

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Adem ÜNAL

Aydınlatma armatürü tasarımında, tercih edilen ışık kaynağı karakteristiklerinin bilinmesi, optik, ısı ve elektriksel verimlerin belirlenmesi gerekirken uygun aydınlatma tasarım projesi yapımında ekonomik parametreler göz önünde bulundurularak mekan geometrisi ve ihtiyaçları iyi bir şekilde analiz edilmelidir. Tüm bunların yanında göze gelen ışık ile sadece görme eyleminin gerçekleşmediği aynı zamanda biyolojik sistemimizin etkilendiği, sirkadyen düzenimizin dengelendiği, insan yaşama ve çalışma koşullarının değiştiği de bilinmelidir.

Dinamik aydınlatma, aydınlatmanın ihtiyaç duyulduğu ortamı tanıyan, ihtiyaçlara cevap verebilmek açısından sürekli değişmeye uygun bir yapıya ve kontrol mekanizmasına sahip olan aydınlatma tasarım biçimidir. Dinamik aydınlatma, gün ışığının dinamizmini iç mekanlara taşıyan gelişmiş bir çözüm olarak ve insanların ruh hallerini güçlendiren uyarıcı bir ‘doğal’ ışık yaratarak sadece enerji tasarrufu sağlamakla ve enerji verimliliğini artırmakla kalmaz, insanların biyoritmine uyumlu olarak kendilerini iyi hissetmelerini de sağlar.

Belirli periyotlar halinde çok hassas bir saat gibi çalışan insan döngüsünü kontrol etme yetkisi verilen epifizden melatonin salgılanması ortamın ışık seviyesi ile ilgilidir. Melatonin salgısı ise uyku-uyanıklık düzeni ve bağışıklık sisteminin çalışması üzerinde etkilidir. Bu anlamda aydınlatma yalnızca projelendirme ve mühendislik konusu olmaktan çıkmış, mimarinin, psikolojinin ve tıbbın araştırma ve uygulama konusu haline gelmiştir.

Gerçekleştirilen uygulamada dinamik aydınlatmanın kullanım amacı ve insan üzerindeki etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Işık ve sağlık ilişkisinin tasarım ve uygulama aşamalarında ele alınması, daha kaliteli yaşama ve çalışma ortamları sağlamak açısından uygun olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Dinamik aydınlatma, biyolojik sistem, ışığın renksel özellikleri, LED, aydınlatma ve sağlık

EFFECTS OF DYNAMIC LIGHTING ON HUMAN HEALTH

İnci AKTAŞ

Department of Electrical Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Adem ÜNAL

Characteristics of the preferred light source must be known and optical, thermal and electrical performances must be determined while the design of lighting fixture. Considering economic parameters, the geometry of space and needs should be analyzed, in making the appropriate lighting design project. Besides all with the light comes to eye does not occur only the act of seeing. Also biological system is affected, circadian system is balanced, people's living and working conditions are changed.

Dynamic lighting, getting to know lighting environment that is needed, having accordance with continuous changing structure and control mechanism form of lighting design. Dynamic lighting which is moving the dynamism of daylight to indoors, creates 'natural' light that supports to people's mood. In this way, not only provide energy savings and increase energy efficiency but also allows people to feel good about themselves as compatible biorhythm.

Melatonin secretion is related to the ambient light level. Secretion of melatonin effects on sleep-wake pattern and working the immune system. In this sense lighting has ceased to be the only in designing and in engineering, has become a subject of research and practice in architecture, in psychology and in medicine.

The aim of performed application is to determine the effect on human and intended use of dynamic lighting.

In order to provide beter quality of living and working environments, to handle relationship between light and health at stages of design and application shall be suited.

Keywords: Dynamic lighting, biological system, colorimetric characteristic of light, LED, lighting and health

1.1 Literatür Özeti

Doğal ışık kaynağı olan güneşin yeterli olmayışından ötürü yapay ışık kaynağına ihtiyaç duyan insanoğlu akkor flamanlı lamba, floresan lamba vb. yapay ışık kaynaklarını keşfederken bir yandan da ışığı daha kontrollü yaymak için aydınlatma armatürlerini geliştirmiştir. İlk aydınlatma aracından günümüze kadar aydınlatma elemanlarında teknolojinin de hızla gelişmesi ile önemli bir tarihi süreç yaşanmıştır. Öyle ki neredeyse hayal gücüyle sınırlı olan aydınlatma tasarım projeleri yapılmaya başlanarak yavaş yavaş aydınlatma tasarımı mesleği inşa edilmeye başlamıştır. Bu süreçte aydınlatmanın sürekli değişime uygun olabilmesi açısından 'Dinamik Aydınlatma' önemli bir yer edinmiştir ve aydınlatma sağlık ilişkisinin gözlemlenmesinde başrol oynamıştır.

1.2 Tezin Amacı

Aydınlatma, sadece ortamı aydınlatmak veya dekorasyon amacı ile kullanılmanın ötesine geçip ihtiyaçlar doğrultusunda belirli bir tekniğin uygulanmasını gerektiren olay halini almıştır. Aydınlatma sistemleri, bir armatür yapısından çok birden fazla ekipmandan oluşan, çevresel ve teknik parametrelere bağlı olarak performans farklılıkları gösteren önemli bir konu olmuştur. Ortaya çıkan yeni gereksinimler ile uluslar arası bir otoriteye ihtiyaç duyulmuş ve 'Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE)' kurulmuştur.

Bu çalışmada; ışık, aydınlatma kavramları, fotometrik büyüklükler ve yasalar, ışık kaynakları çeşitleri hakkında ön bilgiler verildikten sonra dinamik aydınlatma, ışık ve

biyolojik sistem konularına değinilmiş ve bu doğrultuda LED ışık kaynağı ile dinamik aydınlatma uygulaması yapılmıştır. Aydınlatma sistemlerinin tasarımında tüm kriterler değerlendirilmeli ve sistem için en uygun nitelikteki bileşenler kullanılarak yüksek verimli ve ihtiyaca uygun sistem tasarlanmalıdır.

1.3 Hipotez

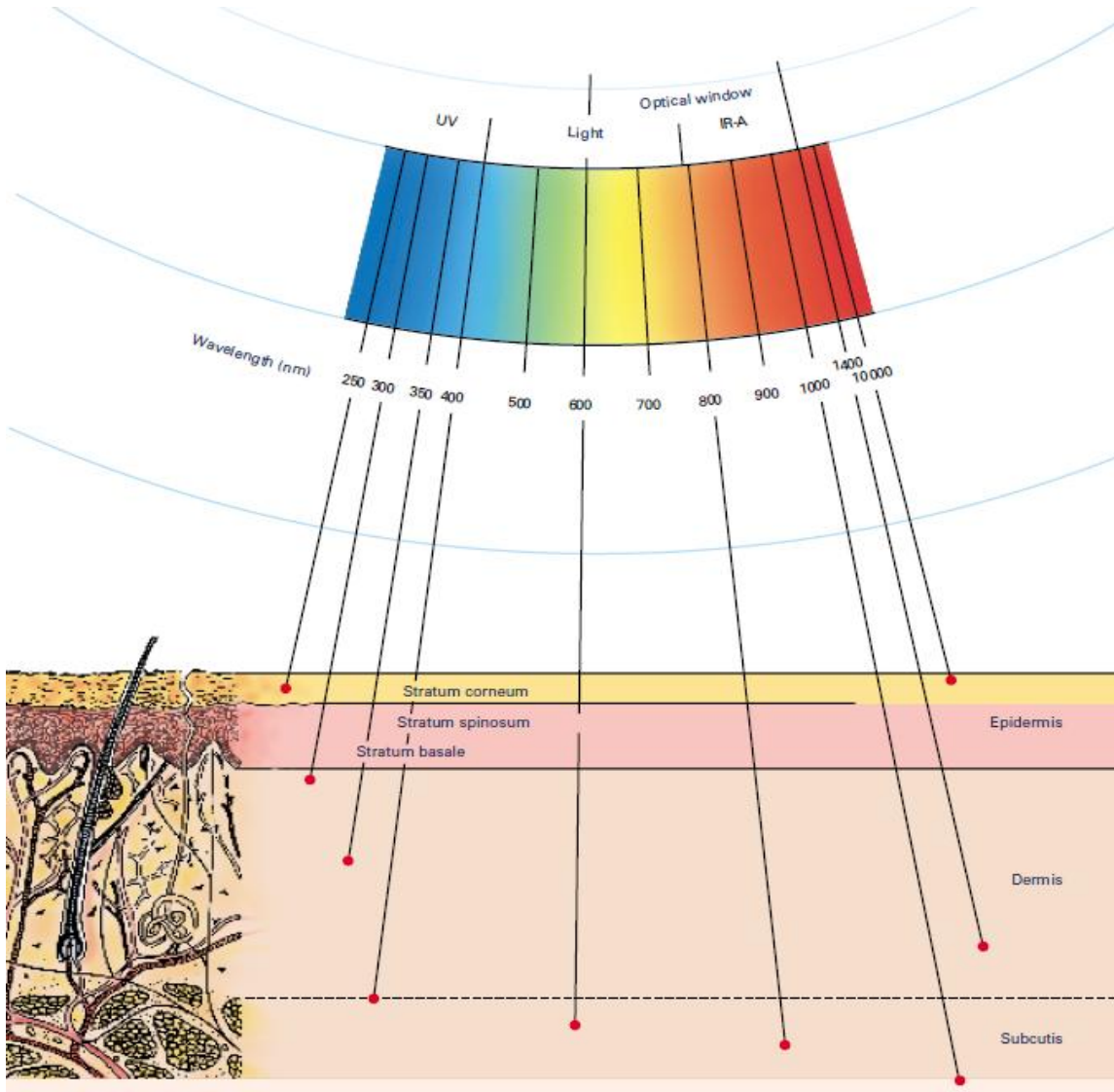
Kişilerin fizyolojik gereksinimleri ile birlikte psikolojik gereksinimlerini de karşılamak için tasarlanan aydınlatma sistemleri kaliteli aydınlatma örnekleridir. Değişen renk sıcaklıkları ve aydınlık şiddetleri ile kişiler için uygun yaşama ve çalışma ortamları elde edilebilir ve bu şekilde kişilerin çalışma performanslarında artış gözlemlenebildiği gibi çeşitli hastalıklar tedavi edilebilir, kişilerin daha rahat ve sağlıklı hissetmeleri sağlanabilir.

BÖLÜM 2

IŞIK

Işık, kaynağından çıktıktan sonra doğrusal dalgalar halinde yayılan ve dalga boyu 400-780 nm arasında gözle görülebilir olan bir elektromanyetik dalgadır. Yapay ışık, günümüzde gün ışığı kadar önemli hale gelmiştir. Bunun en önemli nedeni, insanların artık zamanlarının çoğunu kapalı alanlarda geçirmesidir. Her durum ve çalışma koşulları için gün ışığı yeterli olmadığından yapay ışık kaynakları teknolojisi hızla ilerlemektedir [1].

Elektrik veya manyetik alan salınımlarından birinin, art arda gelen iki dalga tepesi arasındaki mesafe, ışığın dalga boyunu (λ) belirler. Frekansla dalga boyunun çarpımı, ışığın hızını ($c = f \cdot \lambda$) verir. Tayf dizilimindeki renkler için; kırmızıdan mavi ve mora doğru frekans artarken dalga boyu küçülür [2].



Şekil 2. 1 Optik radyasyon

Aydınlatma, bir ışık kaynağından bir başka nesneye ya da belirli bir çevreye ışık yollayarak onun görünürlüğünün sağlanmasıdır. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki; göze giren ışığın spektral özelliklerine bağlı olarak aydınlatma ile yalnızca görme eylemi gerçekleşmez, hormon ve sinir sistemi de etkilenir. Aydınlatmanın görünmeyen bu etkileri biyolojik sistem, biyolojik saat, psikolojik durum ve algı mekanizması üzerinde etkilidir [3].

2.1 Fotometrik Büyüklükler ve Yasalar

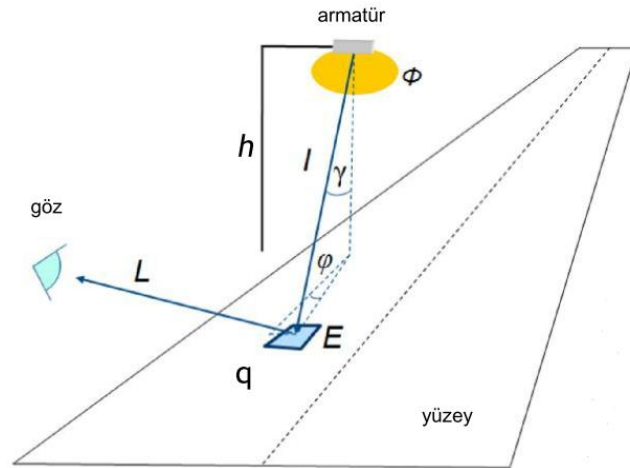
Optik Fotometri, insan gözünün ışık algısını ölçme bilimidir. Optik fotometri; insan gözü parlaklık algısını temel alarak, değişik dalga boylarının ışıma güçlerini parıltı gücü (görme hassasiyeti) olarak ölçmektedir.

İnsan gözü, görünür ışığın her dalga boyuna aynı duyarlılıkta değildir. Fotometri, her dalga boyunda ölçülen gücü, gözün o dalga boyunda ki duyarlılık oranını gösteren etkeni temel alarak tanımlar. Işık verimi kuvveti; insan gözünün değişik dalga boylarına olan ortalama görsel duyarlılığını, aydınlık fonksiyonu dalga boyunun bir etkisi olarak, ışık kuvvetine tepkisi olarak tanımlar. Bununla birlikte insan gözü ortam şartlarına alıştığında dalga boyu etkenine farklı tepkiler de verir:

1-Fotopik görüş (aydınlık ortam) , 2- Skotopik görüş (loş ortam).

Bu nedenle fotometrik ölçümde sadece aydınlık ortam şartlarında ki parıltı kaynakları esas alınmıştır.

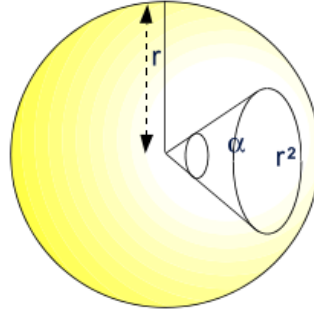
Fotometrik büyüklükler, ancak normal gözün radyasyonları algılama (spektral duyarlık) özelliği ve ışık kaynaklarının bu radyasyonlarda ürettikleri enerji miktarları ile açıklanabildiği için enerji büyüklüklerinden daha farklı kavramlardır.



Şekil 2. 2 Fotometrik büyüklükler

2.1.1 Uzay Açı

İçerisinden belirli bir ışık akısı geçen koni veya piramit şeklindeki uzay parçasına uzay açısı (Ω) denir. 1 m²'lik düzleme göre uzay açının değeri bir steradyan (str) olarak tanımlanır.



Şekil 2. 3 Uzay açısı

$$\Omega = S/r^2 \quad (2.1)$$

2.1.2 Işık Akısı

Bir ışık kaynağının birim zamanda yaydığı toplam ışık miktarı ışık akısını açıklayan tanımlamadır. Φ ile gösterilir ve birimi lümen'dir.

Işık kaynağı, herhangi bir enerjinin ışık akısına dönüştüğü yerdir. Bir ışık kaynağının ışık akısı, ışık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısıdır. Işıyan akının göze etkileyen kısmı ışık akısıdır.



Şekil 2. 4 Dört fotometrik büyüklük

2.1.3 Işık Şiddeti

Belirli bir doğrultuda birim uzay açısı içerisinde yayılan ışık akısı ışık şiddeti olarak tanımlanır. I_α ile gösterilir ve birimi kandeladır (cd).

Işık şiddeti, birim zamanda belirli bir doğrultuda yayılan ışığın yoğunluğu ile ilgili bir kavramdır.

$$I_\alpha = \lim_{\Delta\Omega \rightarrow 0} \Delta\Phi / \Delta\Omega = d\Phi / d\Omega \quad (2.2)$$

$$1 \text{ kandela} = \frac{1 \text{ lümen}}{1 \text{ steradyan}} \quad (2.3)$$

2.1.4 Aydınlanlık Şiddeti

Bir yüzeyin birim alanına birim zamanda düşen ışık akısı miktarıdır. E ile gösterilir, birimi lüks'dür (lux) ve lüksmetre ile ölçülür.

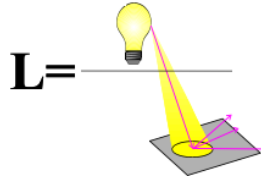
Tanım olarak yüzeyin ışık akısının, o yüzeyin alanına bölümüdür.

$$E = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \Delta \Phi / \Delta S = d \Phi / d S \quad (2.4)$$

Φ ; lümen, S; m² olarak alınır ise E=lümen / m² ifadesi ortaya çıkmaktadır.

2.1.5 Parlıltı (Lüminans)

Işık yayan bir yüzeyin birim alanından belli bir doğrultuda yayılan ışık şiddeti olarak tanımlanır. L_α ile gösterilir ve birimi (cd / m²) dir.



Şekil 2. 5 Parıltı

$$L_{\alpha} = \lim_{\Delta S_n \rightarrow 0} \Delta I_{\alpha} / \Delta S_n = d I_{\alpha} / d S_n \quad (2.5)$$

$$L = \frac{I}{S} = \frac{1 \text{ cd}}{1 \text{ m}^2} = 1 \text{ nit} \quad (2.6)$$

Nit, nesnelerin parlaklığını temsil etmek için uygun olmasına karşın ışık kaynakları için stilb birimi kullanılmaktadır.

$$L = \frac{\text{cd}}{\text{m}^2} = 1 \text{ stilb} \quad (2.7)$$

2.1.6 Bazı Fotometrik Yasalar

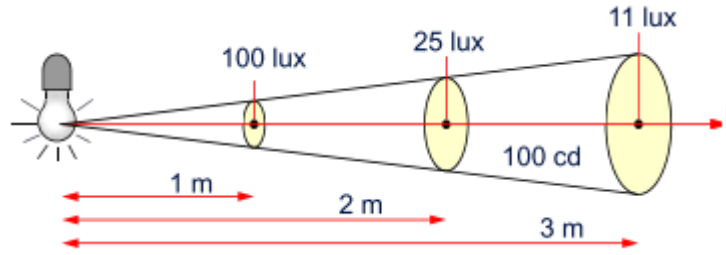
Fotometrik yasalar; 'Uzaklıkların karesi ile ters orantı yasası', 'Kosinüs yasası' ve 'Lambert yasası' olmak üzere üç başlıkta incelenecektir.

Uzaklıkların Karesi ile Ters Orantı Yasası

Işık kaynağını noktasal olarak düşünürsek, kaynaktan herhangi bir α doğrultusuna dik düzlemlerdeki aydınlık şiddetleri, düzlemlerin kaynağa olan uzaklıklarının karesiyle ters orantılıdır. Uzaklık 'd' ile gösterilirse, ışığın geliş doğrultusuna dik düzlem üzerindeki 'P' noktasındaki aydınlık düzeyi;

$$E_p = I / d^2 \quad (2.8)$$

şeklinde hesaplanır.



Şekil 2. 6 Uzaklıkların karesi ile ters orantı yasasına göre I ve E ilişkisi

Bu yasa, sadece noktasal kabul edilebilen kaynaklar için geçerlidir. Bir ışık kaynağı, ancak yeter derecede büyük bir uzaklıktan yani sınır veya kritik uzaklık adı verilen bir uzaklıktan bakıldığı zaman noktasal kabul edilmektedir.

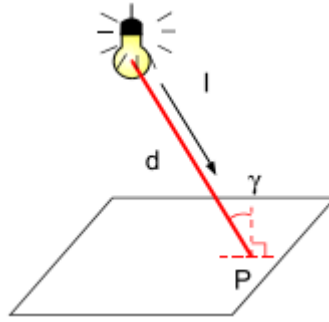
Fotometrik ölçümler için, sınır uzaklığı %1'den küçük hata için ışık kaynağının boyutunun yaklaşık 10 katı, %1 ile %2 hata için ise 5 katı kadardır. Fakat uygulamalarda, ışık kaynağı ile hesap noktası arasındaki uzaklık, ışık kaynağının en büyük boyutundan 3 kat daha fazla olduğunda söz konusu kaynak noktasal kabul edilebilmektedir.

Kosinüs Yasası

Paralel ışıklardan oluşan ışık demetine maruz kalan bir S yüzeyinin aydınlık şiddeti, ışık akısının yüzeye geliş açısı olan α değerine bağlı olarak değişim gösterir. Yüzeyin normali ile gelen ışık doğrultusundaki açı α olduğunda, yüzey üzerindeki bir P noktasının aydınlık düzeyi, bu nokta doğrultusundaki ışık şiddetinin ışık kaynağı ile nokta arasındaki uzaklığın karesine bölümünün α açısının kosinüsü ile çarpımına eşittir.

$$E_p = (I / d^2) * \cos \alpha \quad (2.9)$$

olarak hesaplanmaktadır.



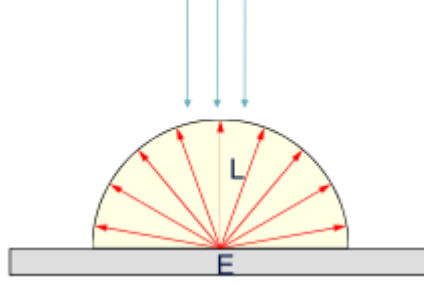
Şekil 2. 7 Noktasal aydınlatma yasası

Işık akısı yüzeye ne kadar dik gelirse yüzeyin aydınlık şiddeti o kadar yüksek olmaktadır. Işık kaynaklarının verimli kullanılması konusunda ışık kaynağından çıkan ışığın yüzeye geliş açısı önemli rol oynamaktadır.

Yukarıda belirtilen formül aydınlatma hesabında sıklıkla kullanılır ve 'Noktasal aydınlatma formülü' adını alır. Noktasal aydınlatma formülü kullanılarak yatay, düşey ve yarı-silindirik aydınlık düzeyleri hesaplanmaktadır.

Lambert Yasası

Işık yayan bir yüzeyin parıltısı her doğrultuda sabit ise bu yüzeye Lambert yasasına göre ışık yayan yüzey veya ideal dağıtıcı yüzey denir. Bir yüzey Lambert yasasına göre ışık yayıyorsa mattır.



Şekil 2. 8 Aydınlık düzeyi ile parıltı arasındaki ilişki

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \quad (2.10)$$

ρ = yansıtma faktörü

$$L = s \cdot b \cdot t$$

Bu eşitlik sadece ideal dağıtıcı yüzeyler için geçerlidir.

2.2 Işık Kaynakları

Görünür bir ışınım üretmek üzere tasarlanmış olan cihaza ışık kaynağı adı verilmektedir. İhtiyaca uygun bir tasarım için ışık rengi, renksel geriverim, lamba verimi, lamba ömrü, cihaz boyutları, bakım-kurulum gibi birçok teknik ve ekonomik parametreler göz önünde bulundurularak doğru ışık kaynağının tercih edilmesi gerekmektedir. Işık kaynakları için göz önünde bulundurulması gerekli parametrelerin önemli bir kısmı aşağıda açıklanmıştır.

- **Etkinlik Faktörü (e):**

Bir lambanın 1 Watt harcayarak ürettiği ışık akısının değeri o lambanın ışıksal etkinlik değeridir. Bir başka deyişle ışık kaynağının etkinlik faktörü, kaynaktan çıkan toplam ışık akısının kaynağın gücüne oranıdır. Birimi lümen/watt (lm/w) dır. Dış ortam ısısı, balast özellikleri, lambanın yanma konumu, şebeke gerilimindeki değişimler, kullanım süresi gibi faktörler lamba veriminde değişimlere neden olabilmektedir.

Çizelge 2.1 Bazı ışık kaynaklarına ait etkinlik faktörleri

LAMBA TÜRÜ	ETKİNLİK FAKTÖRÜ (lm/w)
Akkor Lambalar	8 - 16
Halojen Lambalar	12 - 26
Floresan Lambalar	45 - 100
YB Civa Buharlı Lambalar	36 - 70
Metal Halide Lambalar	71 - 98
YB Sodyum Buharlı Lambalar	66 - 142
AB Sodyum Buharlı	100 - 198

- **Ömür:**

Standart çalışma koşullarında lambanın ortalama kullanım süresine lamba ömrü denilmektedir. Şebeke gerilimindeki dalgalanmalar, toz, nem, sarsıntı, açma-kapama sıklığı, ortam sıcaklığı, kullanılan starter, balast gibi elemanların özellikleri lamba ömrünü etkilemektedir. Işık kaynaklarının kullanma sürelerini belirtmek açısından lamba ömrüne ilişkin olarak ekonomik ömür ve ortalama ömür olmak üzere iki farklı tanım yapmak doğru olacaktır.

Ekonomik ömür: Bir tesisteki lambaların 100 saat kullanımdan sonraki toplam ışık akılarının, lambaların kullanılmaz hale gelmeleri ve ışık akılarındaki azalmalarından dolayı yaklaşık % 30 değer kaybettiği ana kadar geçen süredir.

Ortalama ömür: Normal şartlarda lambaların %50'sinin kullanılmaz hale gelmesi için geçen süredir.

- **Lümen Kararlılığı:**

Işık kaynaklarından yayılan ışık miktarının elektriksel ve çevresel birtakım etkilere bağlı olarak zamanla azalma miktarıdır. Lümen kararlılığı ışık kaynağının kullanım ömrü süresince sabit ışık verimi özelliğini belirlemektedir. Gereksiz enerji sarfiyatının azaltılması için bu değer düşük olduğu lambaların kullanılması işletme giderlerinin artmasına neden olmaktadır.

- **Boyut:**

Sürekli gelişen ışık kaynağı ve komponent teknolojisi ile birlikte armatürlerin fiziksel yapısı da gelişim göstermektedir. Bununla birlikte daha küçük boyutlu, estetik, fonksiyonel ve yüksek verimli armatürlerin üretilmesi mümkün olabilmektedir. Küçük boyutlu ışık kaynaklarına yönelik olarak yapılacak olan optik tasarımların çok daha verimli ve kolay gerçekleştirilebilmesi gelişim sürecinin en önemli katkıları arasında bulunmaktadır.

- **Yanma Konumu:**

Akkor, floresan ve bazı yüksek basınçlı deşarj lambaları her konumda yanabilirken bazı lambaların ideal olarak çalışabilmesi için belirlenmiş yanma konumları vardır ve bu lambaların belirlenen konumlarının dışında çalıştırılmaları durumunda tüp içerisinde bulunan farklı gazların ayrışması nedeniyle lambalarda renk bozulmaları görülecektir. Bununla birlikte lambanın belirtilen konumdan farklı pozisyonda çalıştırılması ile lamba ömrünün azalması ve erken arıza riskinin artması kaçınılmaz olacaktır.

Armatürlerde termal tasarım yapılırken yanma konumuna bağlı olarak değişebilecek duy ve ampul camı sıcaklıkları göz önünde bulundurulmalıdır. Yanma konumu özellikle metal halide ve çift uçlu halojen ışık kaynakları için oldukça hassas bir konudur. Bu ışık kaynakları ile yapılan proje tasarımlarında tasarım aşamasından sonra projenin uygulama aşamasına da özellikle dikkat edilmelidir.

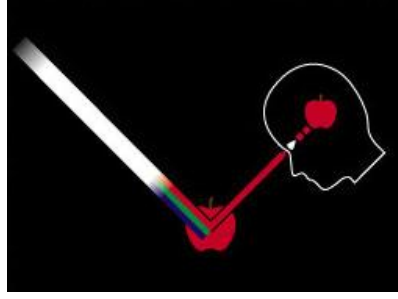
- **Işığın Renksel Özellikleri:**

Işık kaynağına ait en önemli kriterlerden biri de kaynağın renksel özellikleridir. Renk, göz ile yakalanan bir ışık etkisidir. Işığın eşya üzerine çarpmasıyla, yansıyan ışınlardan gözümüzde meydana gelen duyumların her birine “renk” denir. Renk anlamı; ışık, göz ve beyinle idrak edilir. Bu sebeple renk anlamı üç sistemde ele alınmalıdır.

a- Psikolojik sistemde renk: Beynimizde uyanan bir durumdur. Mavi duyum gibi.

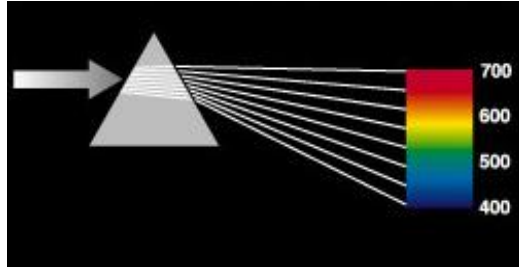
b- Fizyolojik sistemde renk: Çeşitli ışık cinslerinin göz retinası üzerinde, sinirler vasıtasıyla meydana getirilen, fizyolojik olaydır. Işığın görünüşü fizyolojiktir. Renk ise bizdedir. Renk, yaşayan varlıkların sinir sistemlerinde mevcut olan bir duygudur. Fizyolojik bakımdan göze gelen dalgalar tarafından uyandırılan etkiye bağlıdır.

c- Fiziksel sistemde renk: Ölçülerle ve rakamlarla geniş olarak belirtilen bir olaydır. Işığın hangi dalga uzunluğunu hangi oranda bulundurduğu esastır. Fizik bakımından renk türü titreşimde ışık dalgalarından ibarettir. Bu ışık – renk dalgaları değişik uzunluktadırlar. Kırmızının en kısa, morun en uzun olduğu gibi. Göz bu dalga titreşimlerini renk sinirleri vasıtasıyla beyne gönderir ve renk görülür.



Şekil 2. 9 Göz tarafından algılanan ışık

İngiliz fizikçi Isaac Newton 1670’de güneş ışığını elmas bir prizmadan geçirerek renkleri ayırmayı başarmıştır. Bir odayı kararttıktan sonra güneş ışığının ince bir delikten geçmesini sağladı. Bu ışığın önüne bir prizma koyarak gökkuşağında görülen 7 renkten oluşan renk tayfını perdeye aksettirdi. Böylelikle renk teorisi ve renk bilgisinin de temelini atmış oldu.



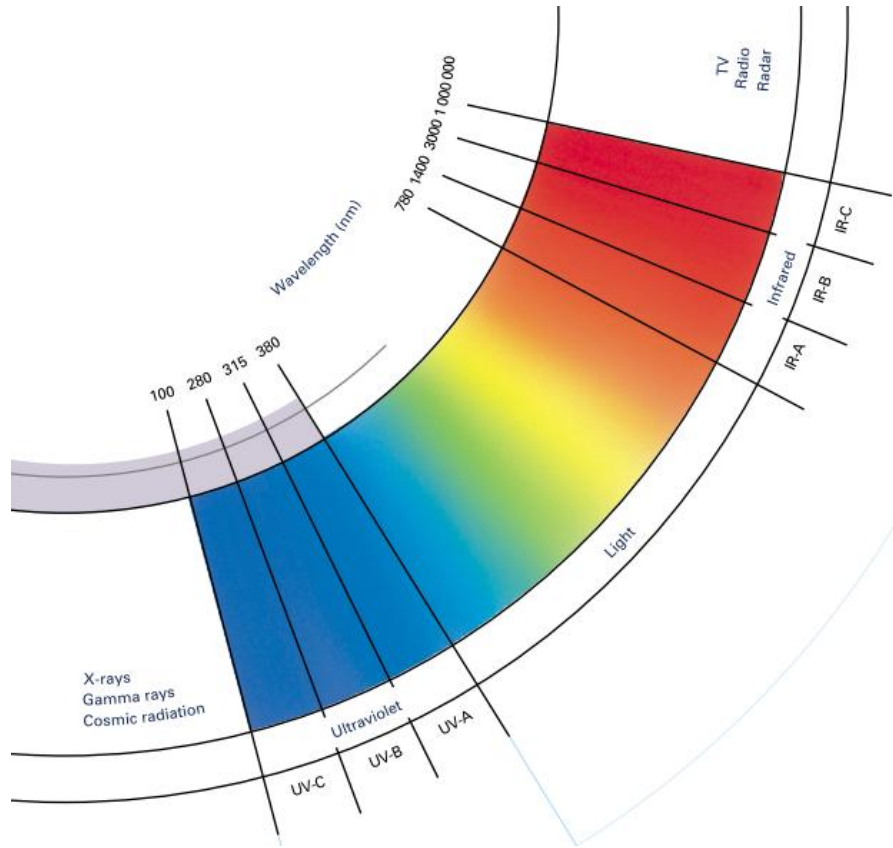
Şekil 2. 10 Beyaz ışık

Newton, beyaz perde üzerinde renklerin bir sıra meydana getirmesine spectrum solar (güneş tayfı) adını verdi. Spectrum solar şu renklerden oluşur: Kırmızı-turuncu-sarı-yeşil-mavi-lacivert-mor. Bu yedi renk toplamı beyaz ışığı verir.

Bu renklerden **sarı-kırmızı-mavi** ana renkler, yeşil-turuncu-mor ise ana renklerin ikiyeşerli karışımından meydana gelen ara renklerdir.

Görsel algılama olayının gerçekleşmesi için ışığa gereksinim vardır. Çevremizde aydınlanan her varlık, doğrudan doğruya ışık üretmemesine karşın, üzerine gelen ışığı, yansıtma ya da geçme yolu ile çevresine yayımlar. Bu yayımlanan ışık aracılığı ile görsel algılama gerçekleşir. Yani insanlar; varlıkların, nesnelerin biçim, konum, doku vb. özelliklerinin yanı sıra, rengini de bunların yayımladığı ışığa göre belirlerler. Genel koşullarda renk, ışık olmadan varolamaz. Çünkü renk duyumuna, görülebilir bir spektruma sahip ışık biçiminde bir enerji neden olur. Ve bu ışınlar, bir gözlemci olmaksızın kendi başlarına rengi oluşturamazlar.

Görünür ışınlar, yaklaşık olarak 400-780 nanometre dalga boyları arasındaki ışıklardan meydana gelir. Bu ışınlar; kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, lacivert ve mordan oluşan bir spektrum tayfı meydana getirirler.



Şekil 2. 11 Renklerin dalga boyları

Renkteki değişiklikler, nesneye düşen ışığın niteliğine bağlı olarak değişir. Bir görüntünün oluşumunu tanımlamada şu aşamalardan söz edilebilir:

- Tüm çevresel ışığın niteliği,
- Nesnenin her noktasında oluşan aydınlık derecesi (ışık ve gölge),
- Yüzeyde var olan renk ile yüzeye düşen ışığın renginin ilişkisi (yansımaya özellikleri),
- Gözün fizyolojik özellikleri ve çalışma biçimi.

Mekanların aydınlatılmasında çeşitli ışık kaynakları kullanılır. Her ışık kaynağı, birbirinden ayrı, belli bir renksel nitelikte ışık yayımlar. Aydınlatmada kullanılan ışıkların rengi değiştikçe, aydınlanan nesneden, yüzeyden yansıyan ışıkların rengi ve bu nedenle de nesnenin, yüzeyin görünen rengi değişir. Algılama yanılgılarını önlemek ve yüzeyleri öz renklerinde gösterebilmek için mekanlar, tayfı günışığına benzeyen, "tayfı düzgün beyaz ışık kaynakları" ile aydınlatılmalıdır.

Işık kaynaklarıyla ilgili olarak değerlendirilmesi gereken renksel kriterler, kaynağın renksel geriverimi (R_a) ve Renk Sıcaklığı (R_c) olacaktır.

Renksel Geriverim Endeksi (CRI – Colour Rendering Index):

Bir ışık kaynağının aydınlattığı nesnelerin, görsel renkleri ile ideal ışık kaynağına maruz bırakıldığı renklerin doğruluğunun nicel ölçümü renksel geriverim olarak tanımlanır ve R_a ifadesi ile gösterilir. Renksel geriverimi yüksek olan ışık kaynaklarıyla yapılan aydınlatmada, cisimlerin gerçekte (gün ışığında) sahip oldukları renkler ile ışık kaynağı altında göründükleri renkler arasındaki fark azalacaktır.

Renksel Geriverim Sınıflandırması:

1A ve 1B sınıfı lambalar hassas renk eşleme, renkli baskı, müze ve sanat galerileri gibi renk ayırım ve vurgularının çok önemli olduğu yerlerde kullanılırlar.

2A ve 2B sınıfı lambalar doğru renk görmenin önemli olduğu veya sürekli kullanımın söz konusu olduğu hacimlerde kullanılır.

3. sınıf renksel geriverime sahip lambalar, doğru renk görmenin önemli olmadığı fakat belirgin renk dönmelerinin istenmediği ortamlara kullanılır.

4. sınıf lambalar doğru renk görmeyen önemli olmadığı ve renk dönmelerinin kabul edilebildiği ortamlarda kullanılırlar.

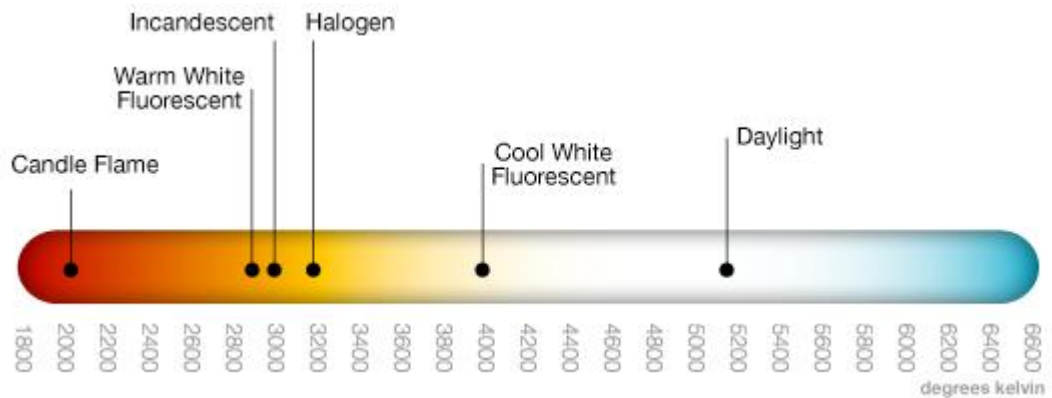
Çizelge 2.2 Renksel geriverim sınıflandırması

RENKSEL GERİVERİM SINIFI		Ra
ÇOK İYİ	1A	Ra>90
	1B	80 <Ra<90
İYİ	2A	70 <Ra<80
	2B	60 <Ra<70
ORTA	3	40 <Ra<60
KÖTÜ	4	20 <Ra<40

Aydınlatan ışığın renksel niteliği değiştikçe yansıyan ışığın rengi, dolayısıyla görünen rengi de değişecektir. Objenin gerçek renginde görülebilmesi için ışığın renksel niteliğinin doğru olarak belirlenmesi zorunludur.

Renk Sıcaklığı:

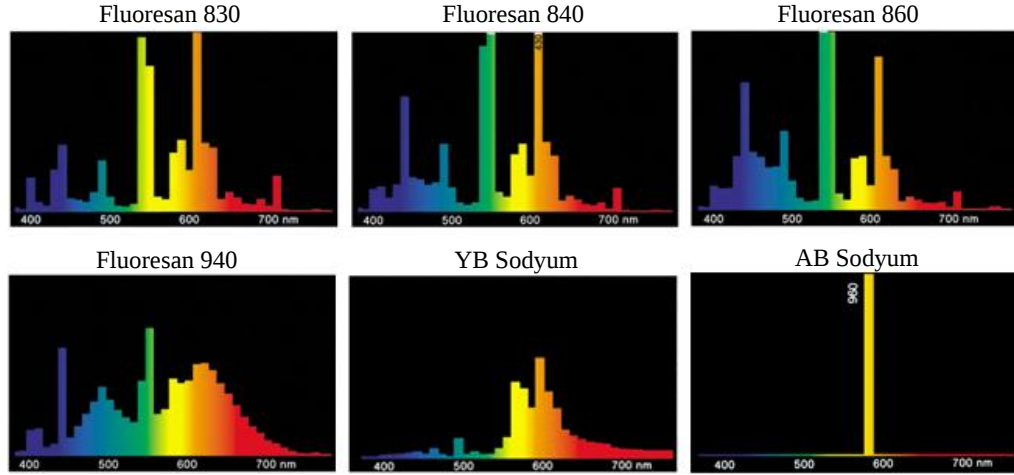
Bir ışık kaynağının renk sıcaklığı, kara cismin renginin, ışık kaynağından yayılan ışık ile aynı olduğu sıcaklığın Kelvin (°K) cinsinden değeridir ve T_c ile gösterilmektedir. Kelvin birimi aslında bir termal sıcaklık birimidir. Rengi tanımlamada kullanılmasının nedeni, ışınların rengini karşılaştırabilmek için referans alınan kara cisimdir.



Şekil 2. 12 Renk sıcaklığı

En saf ışık bile tek bir dalga boyunu değil de, belirli bir aralıktaki dalga boyu bileşenlerini içerir. Spektral grafikler, ışığın hangi dalga boyunu ne oranda içerdiğini gösteren grafik

yapısıdır. Güneş ışığı görünür aralıktaki dalga boylarını hemen eşit miktarda içerir. Işık kaynaklarının renk spektrumlarının gün ışığına yakın olması istenir.



Şekil 2. 13 Bazı ışık kaynaklarının spektral özellikleri

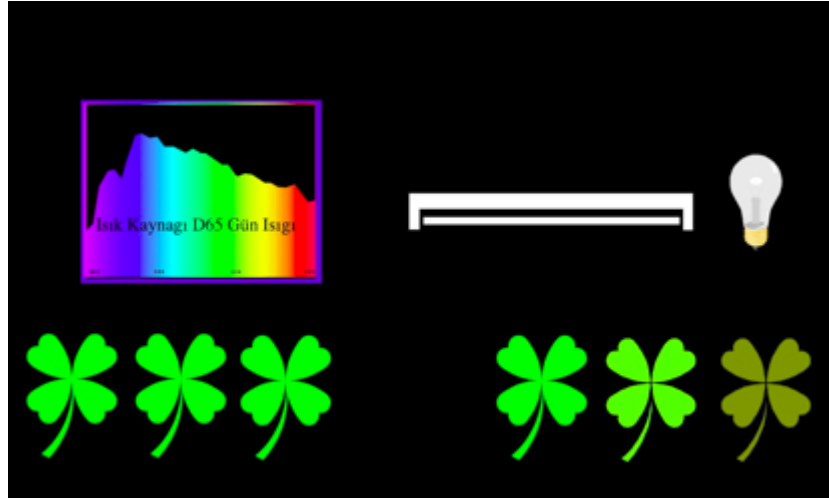
Işık kaynağına ait renk spektrumlarındaki belli dalga boylarının zayıf olması kaynağın zayıf olduğu dalga boylarını barındıran renkleri iyi yansıtamayacağı anlamına gelir. Örnek olarak sodyum buharlı ışık kaynakları incelendiğinde belli dalga boylarında ne derece zayıf olduğu ve renksel geriverim indeksinin ne denli düşük olduğu anlaşılabilecektir.

Çizelge 2.3 Işık kaynaklarına ait renk sıcaklığı ve renksel geriverim değerleri

LAMBA TÜRÜ	RA	Tc
Akkor Lamba	1A	2700
Tungsten Halojen Lambalar	1A	3000
YB Civa Buharlı Lambalar	3	5500
Metalik Halojenürlü Lambalar	1A - 2	3000-6000
YB Sodyum Buharlı Lambalar	1B - 4	2000-3000
FLORESAN		
Colour 93 Deluxe 930 vb.	1A	3000
Colour 82 Polylux 827 vb.	1B	2700
Deluxe Wharmwhite 29 vb.	2	3000
Daylight 54	2	5400
Colour29 Wharmwhite 29 vb.	3	2900

Metamerizm

Metamerizmin birden çok açıklaması vardır. Birincisi bir rengin farklı ışık kaynakları altında farklı renk ve tonlarda gözükmesidir. İkinci açıklama ise iki farklı rengin belli bir tipteki ışık kaynağının altında aynı renkte gözükmesidir. Bir diğer açıklama da iki renk örneğinin belli bir ışık kaynağı altında farklı renk algısı yaratmasıdır.



Şekil 2. 14 Rengin ışık kaynaklarına göre değişimi

Bu açıklamalar altında metamerizm bir renk algılama hatası olarak görülmektedir. Aslında bu bir hata değil bir fizik yasasıdır. Bir cismin rengini görebilmek için üç bileşenli sistem yani Işık/Aydınlatma Kaynağı Cisim-Gözlemci gerekir. Bu sistemden ışık kaynağı ve gözlemci rengin metamerik algılanmasına yol açabilmektedirler.

Işık kaynaklarının 400nm ile 700nm arasında bir reflektans eğrisi vardır. D50, D65 gibi standart ışık kaynaklarında bu eğri genel bir denge içindedir. Ancak floresan ve tungsten flamanlı gibi ışık kaynaklarında bu eğri farklılıklar göstermektedir. Aynı şekilde cisimlerin de yansıttığı reflektans eğrisi vardır ve bu cismin rengini gösterir.

Mavi görülen bir cisim aslında beyaz ışık içinden mavi dışındaki dalga boylarını absorbe ediyor, maviyi ise absorbe edemeyip yansıtıyor demektir. Ancak genel hatları böyle olsa da diğer dalga boylarından da bir miktar yansıtmaktadır.

Metamarizm bir doğa kanunudur, her ne kadar problem gibi gözükse de ancak bu sayede renk karışımları ile diğer renkler elde edilebilmektedir. Doğada hemen her şeyde olduğu gibi metamarizimin avantajlarının yanı sıra dezavantajları da vardır. Ancak alınabilecek önlemler sayesinde bu dezavantajların çoğundan korunmak mümkündür. Ortam aydınlatmasının hizmet edilen sektöre uygun olan ışık kaynakları ile yapılması, doğru renk iletişiminin kurulabilmesi için gerekli bilinçlendirmenin yapılması sorunların büyük çoğunluğunu çözecektir.

Renklerin Psikolojik Algısı ve Etkileri

Psikolojik olarak değerlendirdiğimizde değişik renklerin insanlar üzerinde kuvvetli etkiler bıraktığını görebiliriz. Kişisel faktörlerin, kişiliğin, eğitim durumunun, bilinç altında bastırılmış olan duyguların, yaşı, renk tercihlerinde önemli bir etkisi vardır. Bu konudaki seçim, değişik renklere olan yakınlık, tanışıklık ve bilinçle yapılır. Bazen de kişinin içinde bulunduğu fiziksel koşullara göre farklılaşır.

İnsan genelde olumlu bulduğu bir rengi, kendini iyi hissetmediğinde aynı şekilde olumlu bulmayabilir veya kişi bir rengi az miktarda kullandığında sevip, çok geniş alanlarda kullandığında ise hoşlanmaya bilir. Dolayısıyla mekanlarda renk kullanımı anlık psikolojik değerlendirmelerle değil, uzun süreli bir izlenim sonucunda değerlendirilmelidir.

Özellikle yapay çevrede önemli bir etmen olan rengin fiziksel etkisi, insanların psikolojik tepkilerinin yanı sıra, duygusal yaşamını da etkilemektedir. Renklerin dalga boylarında çeşitli oynamalar yapılarak farklı renk kombinasyonları elde edilebilir ve elde edilen bu kombinasyonlar sayesinde de değişik renk etkileri oluşur. Bu etkiler içerisinde yoğunlukla incelenecek olan ise rengin psiko-sosyolojik etkileridir.

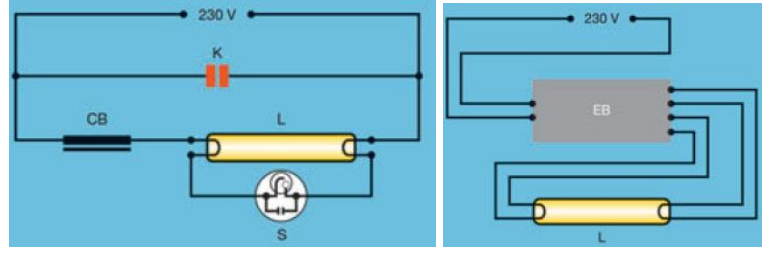
Renklerin psikolojik etkilerinin tamamen, doğada bulunan bazı fiziksel gerçeklerden kaynaklandığı düşünülür. Örneğin, turuncu ve kırmızının sıcak olması alevin rengi olduğundan, mavinin soğukluğunun buzun ve denizin rengi olduğundandır. Güneş ve ateş gibi fiziksel sıcaklığı olan şeylerin renkleri sıcak dilimde, su, buz, orman gibi serin ve ferahlatıcı olan şeylerin renkleri de soğuk dilimdedir.

Kromoterapiden (renklerle tedavi) haberi olan kişiler renkli ışığın bütün beden üzerinde çok özel bir etki yapabildiğini bilmektedirler. Rengin bu gücünden yararlanarak, onu çeşitli sinir hastalarında kullanma yolunda birçok denemeler yapılmış ve bu arada tekrar tekrar kırmızı ışığın kalp üzerinde canlandırıcı etkisi olduğu, mavi ışığinsa geçici bir paralize yol açabildiği görülmüştür. Böyle bir etki hayvanlar ve hatta bitkiler üzerinde de gözlemlenebiliyor ise, ki öyledir, bu durumda çağrışım açıklaması tamamen yetersiz kalmaktadır. Şöyle ya da böyle, bu gerçekler rengin içinde az incelenmiş, fakat olağanüstü bir gücün gizli olduğunu ve bu gücün fiziksel bir organizma olan insan vücudunun bütününü etkileyebildiğini kanıtlamaktadır.

Ayrıca renkler sayesinde bir nesne, daha yakın durduğu gibi olduğundan daha uzakta algılanabilmektedir. Dolayısıyla tıpkı aydınlatma konusunda olduğu gibi renklerin kullanımı da insan gözünde yanılsama yaratmaktadır. Örneğin kırmızı renk küçük bir alanı kaplasa bile etrafında yer alacak diğer renkler arasında öne çıkmayı başarabilmektedir. Bu da rengin sadece estetik bir özellik olarak kullanılmadığını aynı zamanda bir enerji duygulanımı yaratmak için de kullanıldığını göstermektedir. Genel aydınlatmada en çok istenen, gün ışığına yakın ışık rengine ulaşabilmek ve gün ışığından da mümkün olduğunca yararlanarak enerji tasarrufu sağlamaktır. Mekanların ne amaçla kullanıldıkları, rengi, ortam ve mimari özellikleri, uygulanacak aydınlatma şekline etki etmektedir. Seçilen ışık kaynağı, o mekandaki ortam renklerine uygun olmalıdır. Farklı renk özellikli ışık kaynaklarıyla sıcak ve huzurlu bir atmosfer yaratılabileceği gibi, uyarıcı, çalışmaya teşvik edici etkiler de oluşturulabilir.

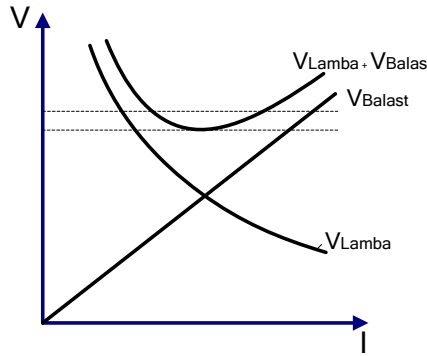
2.2.1 Balastlar

Deşarj lambaları negatif direnç karakteristiğinde olduğundan dolayı bir akım sınırlayıcı ile birlikte kullanılmaları gerekmektedir. Endüktans, kapasite veya direnç yardımıyla deşarj lambalarının akımını sınırlamaya veya ayarlamaya yarayan, lamba ile şebeke arasına bağlanan araca balast denir.



Şekil 2. 15 Konvansiyonel balastlı devre ve elektronik balastlı devre

Balastlar sadece direnç, endüktans veya kapasite elemanlarından herhangi birinden üretilebileceği gibi bu elemanların birkaçını ve transformatör, flicker önleyici, soğuk ateşleyici, parazit hafifletici vb. yardımcı elemanların birçoğunu içinde barındıran yapıda da olabilir.



Şekil 2. 16 Lamba- balast karakteristiği

Herhangi bir Lamba-Balast devresinin garanti edeceği durumlar şunlar olmalıdır:

- Lambanın güvenli bir şekilde çalıştırılması
- Devreden maksimum verim elde edilmesi
- Lamba-balast kombinasyonunun uzun ömürlü olması

Genel olarak balast devreleri devre yapılarına göre manyetik (konvansiyonel-standart) ve elektronik olmak üzere iki ana grupta toplanabilir.

Ateşleyiciler (İgnitörler)

Deşarj lambalarda elektrotlarda herhangi bir ön ısıtmaya gerek duymadan, ateşlemeye yönelik gerilimsel atlama sağlayan aygıtlara ateşleyici denmektedir. Metal halojenür ve sodyum buharlı lambalarda deşarjın başlaması için gerekli olan gerilim değeri şebeke geriliminden daha yüksektir (700-5000 V). Bu lambalar ateşleyici ile birlikte

kullanılmaktadır. Ateşleyicinin görevi, lambanın ateşlenmesi için gerekli olan yüksek gerilim değerini sağlamaktır. Ateşleyici, lambanın ateşlenmesinden hemen sonra devre dışı kalmalıdır. Deşarjdan sonra devre dışı kalmayan ateşleyici lamba ömrünü kısaltır. Lamba için kullanılacak ateşleyici tercihinde lamba gücü ve türü belirleyici özelliklerdir. Seri, paralel ve yarı paralel olmak üzere üç çeşit ateşleyici bulunmaktadır.

E27 duylu 35, 50 ve 70 W güçlü sodyum lambalar için ateşleme gerilimi 1,8-2,3 kV iken diğer sodyum buharlı ve metal Halide lambalar için bu değer 4.5 kV değerindedir. Bunların dışında bazı ürün grupları ateşleme gerilimleri 700-5000 V arasındadır.

Manyetik Balastlar

Her ne kadar standart bir yapı olarak gözüксе de manyetik balast devrelerinde de farklı standartlar söz konusudur.

Omik Balastlar: Omik balastlar aktif güç çekmeleri nedeniyle ekonomik bir çözüm değildir. Fakat doğru akımla çalışan sistemlerde endüktif veya kapasitif yapıda balast kullanılmadığı için omik balast kullanılır.

Endüktif Balastlar: Endüktif balastlar, demirli bir nüve etrafına sarılı bir bobinden ibarettir. Şebekeden aktif güç çekmezler fakat endüktif karakterde olması nedeniyle kompanze edilmeleri gerekir.

Kapasitif Balastlar: Kapasitif balastlar lambaya seri bağlı bir kapasite ve şok bobininden ibarettir. Şok bobini ani akım değişimlerini sönümleyen, geçici rejimde lambanın tutuşmasını sağlayan ve kondansatör içinden geçen akımı da belli sınırlar içinde tutan bobindir. Kapasitif balast, endüktif şebeke yüklerini kompanze ederek $\cos\phi$ yi yükseltir. Dekalörlü balast olarak da bilinen bu yapı ülkemizde üretilmez.

Manyetik balast devreleri üzerinde bakır ve demir kayıpları oluşmaktadır. Bakır kayıpları balastın akımına ve kullanılan bakırın toplam omajına (yani kesitine ve uzunluğuna) bağlı olarak değişim gösterir. Demir kayıpları ise demir plakaların adedine ve kalınlığına bağlı olarak değişim gösterecektir. Sonuç olarak daha düşük kayıplı bir balast için daha fazla bakır ve demir kullanılacaktır.

EEI (Energy Efficiency Index) sınıflandırmasının temel amacı aydınlatmaya yönelik olarak tüketilen enerjideki balast kayıp oranları elektronik ve alternatif olarak düşük kayıplı manyetik balast devrelerinin kullanımına doğru yönlendirerek bu noktada

görülen kayıpları düşürmektir. EEL sınıflandırması floresan devrelerinde kullanılan balast devrelerini enerji tüketim değerlerine bağlı olarak aşağıda belirtilen sınıflandırmaya tabi tutmaktadır.

Çizelge 2.4 EEL sınıflandırması

A1	Dimmerlenebilir Elektronik Balastlar
A2	Düşük Kayıplı Elektronik Balastlar
A3	Elektronik Balastlar
B1	Ekstra Düşük Kayıplı Manyetik Balastlar
B2	Düşük Kayıplı Manyetik Balastlar
C	Normal Kayıplı Manyetik Balastlar
D	Yüksek Kayıplı Manyetik Balastlar

Geçmiş dönemlerde yapılan kısıtlamalarla önce D sonra ise C sınıfı manyetik balastların kullanımı yasaklanmıştır. Bunun sonucu olarak da sadece B2 ve B1 sınıfı düşük kayıplı manyetik balastlar ve elektronik balastlar kullanılabilir.

Manyetik balastlar, üzerinde görülen enerji kayıpları doğrultusunda belli oranda ısı üretmektedirler. Üretilen bu ısı normal koşullarda sadece enerji kaybı olarak değerlendirilirken belli sınırların aşılması durumunda balastın ömrünü olumsuz etkileyen bir bileşen haline alabilmektedir.

Bir balast devresinin çalışma ömrünü belirleyen ana faktör sargı sıcaklığıdır. Balastın sargı sıcaklığı, içerisinde kullanılan bakır iletkenin yapısına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Genel olarak manyetik balast devreleri için maksimum sargı sıcaklığının aşılması durumunda 10 yıllık kullanım süresi tanımlanmaktadır.

Yüksek kayıplı konvansiyonel balastların (CB- KVG) yerini low-loss denilen düşük kayıplı endüktif balastlar (VVG) ve çevreye duyarlı elektronik balastlar (EB) almıştır.

Elektronik Balastlar

Manyetik balast devrelerinden farklı olarak yapısında yarı iletken devreleri barındıran, doğru veya değişken akımla beslenen, üretim teknolojisine bağlı olarak güvenlik ve kontrol fonksiyonlu olabilen elektronik aygıtlardır. Sistem, lambanın ateşleme fonksiyonunu da üstlendiğinden dolayı ek bir ateşleme veya starter devresine ihtiyaç duyulmamaktadır.

Elektronik devrelerin yapısının kompleks olması nedeniyle ekipman ömrünü etkileyen faktörler çok daha fazladır.

Elektronik balast devrelerinin ömürleri;

- Vibrasyon
- Çalışma sıcaklığı
- Sıcaklık değişimleri
- Elektriksel bileşenler (akım - gerilim değişimleri)
- Nem
- Yükün yapısı

gibi birçok parametreye bağlı olarak değişim gösterebilmektedir.

Genel olarak elektronik balast devrelerinin çalışma ömrünün tanımlanmasına yönelik olarak 50.000 saatlik kullanım süresi tanımlanır. Bunun dışında özellikle düşük güçlü sistemler için tasarlanmış olan bazı elektronik balast devrelerinde bu değer 30.000 – 40.000 saat olabildiği gibi bazı endüstriyel ürün gruplarında bu süre 100.000 saat seviyesine kadar ulaşabilmektedir.

Balastın gövde sıcaklığı, ortam sıcaklığına ve kendi ürettiği iç ısı değerine bağlı olarak değişim gösterebilmektedir.

t_a (ambient) (Ortam Sıcaklığı): Balastın çalıştırılması için uygun görülen sıcaklık değerleri genellikle $t_a -15 + 55$ değerlerindedir. Bu noktada sınırlar üreticiye ve ürün teknolojisine bağlı olarak değişim gösterebilir. Elektronik balastlar yarı iletken malzemenin genel özellikleri nedeniyle -25 derecenin altındaki sıcaklıklarda çalıştırılmamaktadır. Bu nedenle elektronik balast devreleri çok düşük çevre sıcaklıklarının söz konusu olduğu uygulamalarda sınırlı bir kullanıma sahiptir.

t_c (Gövde Sıcaklığı): t_c ifadesi balast üzerinde izin verilen maksimum sürekli çalışma değerini göstermektedir. Bu noktadaki kontrol ve ölçmelerin bu sembolün bulunduğu noktadan yapılması uygun olacaktır. Ölçülen t_c değerinin izin verilen değeri aşması durumunda ekipman ömrünün kısılması ve ekipman ömrünün artması gibi sonuçlar kaçınılmaz olacaktır.

Genel olarak floresan ışık kaynaklarına yönelik elektronik balast devreleri için çalışma sıcaklıkları -20 +50 seviyelerindedir. t_c değerleri ise 60 – 70 dereceleri arasında değişmektedir. Bu değerler HID sistemlerde biraz daha farklılık gösterebilmektedir. Bu noktada genel olarak minimum çalışma sıcaklıklarının -25 derece ve maksimum gövde sıcaklıklarının 80 – 85 derece seviyelerine ulaştığı görülebilir.

Ateşleme Yapıları:

Elektronik balastlar manyetik balastların akım sınırlama fonksiyonlarına ek olarak ateşleme fonksiyonunu da üstlenirler. Balastların ateşleme özellikleri model ve yapılarına bağlı olarak farklılık taşıyabilmektedir. Tüm deşarj lambaları belirli bir ateşleme sürecine maruz kalmaktadır ve ateşleme bu ışık kaynaklarının ömür değerleri üzerine doğrudan etkili en önemli faktördür. Ateşlemenin sıklığına ve ateşleme tekniğine bağlı olarak lamba elektrotlarında farklı süreçlerde eskime-aşınma gerçekleşeceğinden bu konudaki tercihler büyük önem taşıyacaktır.

Floresan ışık kaynaklarında balast devreleri ateşleme yapılarına göre sıcak ateşlemeli (rapid start) veya soğuk ateşlemeli (instant start) olmak üzere iki farklı yapıda olabilmektedir.

Rapid Start – Sıcak Ateşleme: Sıcak ateşleme olarak da tanımlanan bu teknikte ışık kaynağının elektrotlarından belirli bir süreçte ideal değerlerde akım geçirilerek ön ısıtma gerçekleşir. Ön ısıtmanın pozitif etkisi nedeniyle elektrotlar üzerinde starter sistemlerine kıyasla çok daha düşük oranda bir aşınma gerçekleşecektir. Bu nedenle de sıcak ateşlemeli balast devreleri yüksek anahtarlama frekansının olduğu uygulamalarda öncelikli olarak tercih edilmelidir. (Anahtarlama sayısı > 20.000) Ön ısıtmalı ateşleme sistemlerinde floresan ışık kaynakları için yanma süresi yaklaşık olarak 1,5 saniye seviyesindedir. Sıcak ateşlemenin lamba elektrotu üzerine olumlu etkisi sonucunda lamba ömründe de büyük ölçüde artışlar söz konusu olacaktır.

Instant Start – Soğuk Ateşleme: Soğuk ateşleme olarak da tanımlanan sistemde lamba elektrotlarında herhangi bir ön ısıtma süreci yoktur. Ateşleme lamba uçlarına göreceli olarak daha yüksek bir gerilim (~1500V) değeri uygulanarak gerçekleşir. Bu tipte bir ateşleme çok kısa sürede (0.5s) ön ısıtma yapmadan ateşlediğinden soğuk ateşleme olarak tanımlanır. Bu tip bir ateşlemede lambaya uygulanan ateşleme geriliminin sık

anahtarlama durumunda elektrot yapısı üzerine olumsuz etkisi olacağından sık anahtarlamaya uygun yapıda değildir. Elektrotlarda bir ısıtma olmadığı için toplam sistem gücünün daha düşük olması söz konusu olacaktır. Fakat soğuk ateşlemenin lamba ömrü üzerine olumsuz etkisi nedeniyle sadece düşük anahtarlama sıklığındaki projeler için uygun tercih olacaktır. (Anahtarlama sayısı ~10.000)

HID: HID sistemlerde ateşleme fonksiyonu floresan balastlarında olduğu gibi elektronik yapıdadır. Uygun ateşleme tekniği ve kontrol özellikleri yüksek basınçlı ışık kaynağının ateşleme sürecinin daha hızlı gerçekleşmesi ve lamba ömrünün uzaması gibi pozitif etkiler doğurur.

Elektronik Balastların Avantajları

- Düşük balast kayıpları
- Düşük ısı faktörler
- Daha uzun lamba ömrü ve lümen kararlılığı
- Klima maliyetlerinde düşüş
- Daha yüksek lamba ışık verimi
- Görsel konfor ve ışık kalitesinde artış
- İşletme maliyetlerinde düşüş
- Starter ve kondansatör kullanılmadığından dolayı kompanzasyon maliyetlerinde düşüş
- Elektronik balastların yüksek frekanslı olmasından dolayı, flicker (ışık titremesi) olayının görülmemesi
- Stroboskopik etkinin görülmemesi
- Hem alternatif akımda (A.C) hem de doğru akımda (D.C) çalışabilme özelliği
- Değişken şebeke gerilimlerine rağmen sabit ışık akısı verebilme özelliği
- Tıbbi muayene odalarında kullanılabilme
- Arızalı lamba olması durumunda otomatik olarak sistemin kapanması (yangın önleme)
- Kontrol ve dim edebilme özelliği
- Basit sistem yapısı
- Daha hafif ve minimal boyutlarda olması

2.2.2 Transformatörler

Aydınlatma sistemlerinde kullanılan bazı ışık kaynakları (düşük gerilimli halojen, LED) şebeke geriliminden daha düşük gerilimlerde çalışacak şekilde üretilmektedir. Bu tür lambalar ile yapılan aydınlatma devrelerinde kaynaklarıyla birlikte şebeke gerilimini lamba çalışma gerilimine dönüştüren transformatörler kullanılmaktadır. Bu dönüştürücü devreler manyetik yapıda olabildiği gibi elektronik devrelerden (konvertör) de üretilmektedir. Eğer bu aydınlatma sistemlerinde dimmerleme yapılacak ise kullanılan transformatörün dimlemeye uygun yapıda olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

Elektromanyetik ve elektronik transformatörler

Elektromanyetik transformatör yapıları basit dönüştürücü yapısındadır ve elektronik devrelere kıyasla daha yüksek enerji tüketimi ve daha düşük elektriksel güvenlik özellikleri taşımaktadır. Elektromanyetik transformatörler sahip oldukları düşük iç empedansları nedeniyle kısa devre durumlarında yüksek arıza akımlarının görülmesi söz konusudur. IEC 61588'e göre transformatörler kısa devre koruma özelliklerine göre 3 grupta değerlendirilmektedir.

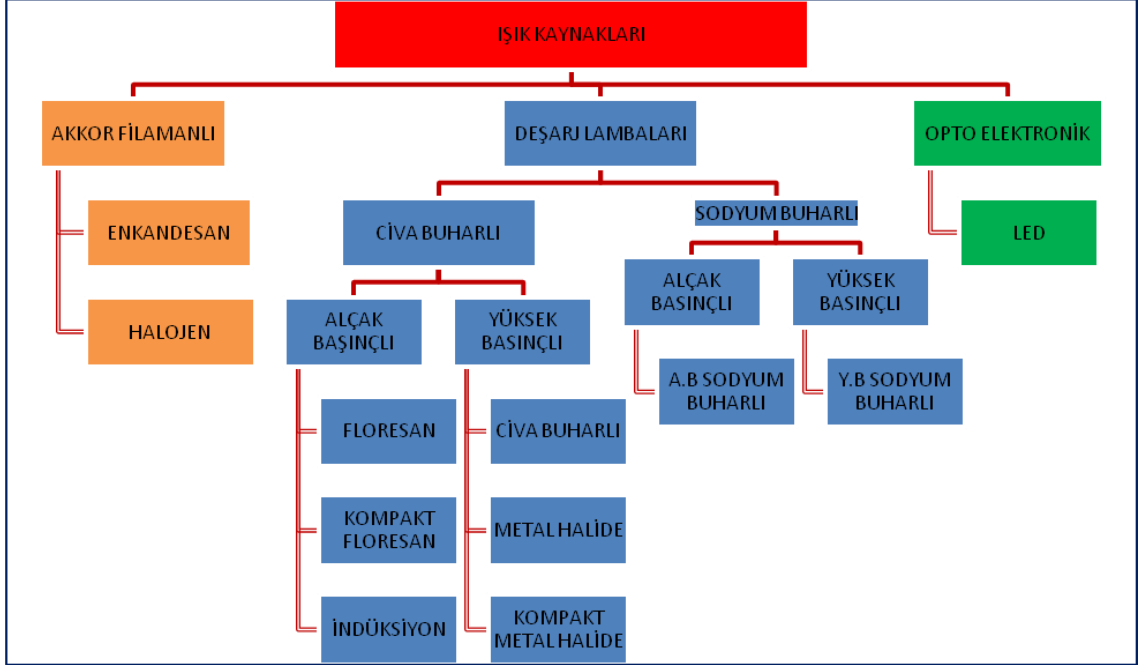
- Kısa Devre Korumasız
- Sınırlı Kısa Devre Koruma (Sınırlı) özellikli transformatörler
- Kısa Devre Koruma (Sınırsız) özellikli transformatörler

Elektronik konvertörlerde manyetik transformatörlerin yapılarından farklı olarak yarı iletken devrelerden üretilen ve birçok güvenlik fonksiyonunu barındıran komponentler bulunmaktadır. Elektronik balast devrelerinde olduğu gibi çalışma sırasında arıza ve güvenlik sorunlarının yaşanma olasılığı büyük oranda belirtilen maximum gövde sıcaklığına (t_c) bağlıdır. Komponentlerin ömrünün kısalması veya çalışma kalitesinde sorunlar görülmemesi için gövde sıcaklık değerlerinin gövde üzerinde belirtilen t_c değerini aşmaması gerekmektedir.

Elektronik transformatör devreleri aşırı ısınma, kısa devre ve aşırı yüklenme gibi durumlara karşı gerekli koruma fonksiyonlarını barındıran özelliklerde olabilmektedir.

2.2.3 Işık Kaynağı Çeşitleri

Aydınlatma sistemi tasarımı yapılırken belirtilen parametrelerin etkileri iyi anlaşıldıktan sonra uygun ışık kaynağı seçimi yapılmalıdır.



Şekil 2. 17 Işık kaynakları

Akkor flamanlı ve deşarj lambalarda ışık üretimi, termik ve luminesan olmak üzere iki çeşit olarak incelenebilmektedir.

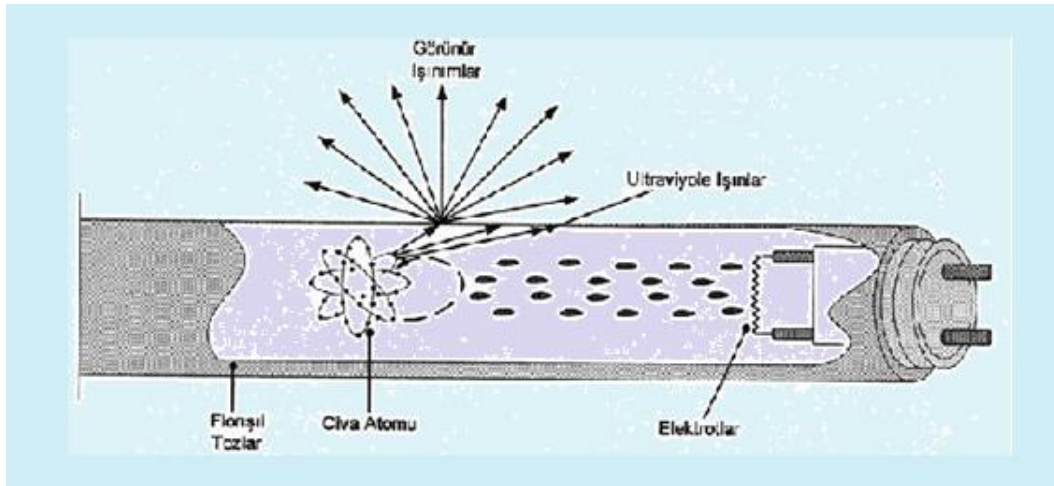
Termik ışık üretimi; en eski ve hala en yaygın kullanılan ışık üretim şeklidir. Sıvı ya da katılar yüksek sıcaklıkta kızgın duruma geçtikleri zaman akkor hale gelirler ve ışık yayarlar. Enkandesan lambalar da bu esasa göre ışık üretmektedirler.



Şekil 2. 18 Yanar durumda enkandesan lamba

Termik yol ile ışık üretebilmek için yüksek sıcaklığa dayanabilen maddeler üzerinden elektrik akımı geçirilip akkor hale geldiğinde bu maddeler ışık yaymaya başlarlar. Maddenin çevresinde hava dolayısıyla oksijen bulunması, maddenin yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılınca tahrip olmasına hatta tamamen yanmasına sebep olur. Bu yüzden termik yolla ışık üretilecek maddeler vakumlanmış ya da asal gaz doldurulmuş bir ortamda (cam balon) akkor haline getirilip ışık yaymaları sağlanır. Termik ışık üretiminde üretilen ışığın dalga spektrumu sürekli dir. Bu sebeple termik ışık kaynaklarının renksel geriverim değ erleri güneş ışığına çok yakındır. Günümüzde termik ışık üretim esasına göre ışık üreten kaynaklar içerisinde en yaygın kullanılanları enkandesan ve tungsten-halojen lambalardır.

Luminesan ışık üretiminde termik ışık üretiminde olduğu gibi cismin sıcaklığı önemli değildir. Atom ve moleküller, uyarılmış durumdan temel duruma geçerken aldıkları enerjiyi ışınım olarak geri verirler. Bu durum iki katlı elektrot arasındaki normalde yalıtkan halde bulunan gazın elektrik akımı ile iletken hale gelip oluşan elektron akışının gaz atomlarının uyarması ya da iyonize etmesi ile gerçekleşir.



Şekil 2. 19 Floresan lamba yapısı

Bir elektrottan diğerine akan elektronlar yollarına çıkan gaz atomları ile çarpışır. Bu durumda hareket halindeki elektronların hızına bağlı olarak üç farklı durum olabilir:

- 1-Elektronların hızı küçük ise atoma çarpan elektronlar elastik olarak yansır ve ışıma meydana gelmez. Isı açığa çıkar.
- 2-Elektronların hızı atomları uyarmak için yeterli büyüklükte ise elektronlar atomları uyarır ve atomlar temel durumlarına geçerken ışıma olur.

3-Elektronların hızı atomları iyonize edecek kadar büyük ise atom iyonize olur ve ortamda yeni parçacıklar oluşur.



Şekil 2. 20 Yanar durumda floresan lamba

Lüminesan ışık üretiminde termik ışık üretiminin aksine ışığın spektrumu sürekli değildir. Kullanılan gazların çeşidine ve basınçlarına göre belli dalga boylarında ışık yayarlar. Bu esasa göre çalışan lambalar, içindeki gazın basıncına göre yüksek basınçlı ya da alçak basınçlı olarak adlandırılır. Günümüzde kullanılan deşarj lambalarında genellikle civa ya da sodyum gazı kullanılmaktadır.

Çizelge 2.5 Deşarj lambaları

DEŞARJ LAMBALARI		
GAZ	BASINÇ	GÖRÜNÜM
Civa	Alçak	
Civa	Yüksek	
Civa+Metal Halojen	Yüksek	
Sodyum	Alçak	
Sodyum	Yüksek	

Konvansiyonel Işık Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajlarının Değerlendirilmesi

Akkor lambaların avantajları:

- ✓Bağlantısı kolaydır, doğrudan bağlanabilirler.
- ✓İlk yatırım maliyetleri düşüktür.
- ✓Anında ışık verirler.
- ✓Ortam sıcaklığı ışık akısını etkilemez.
- ✓Her konumda yanabilirler.
- ✓Renksel geriverimi yüksektir. ($R_a=100$)
- ✓Dimmerlenebilirler.
- ✓Sıcak renk istenen yerler için uygundur. (2400-3000 °K)
- ✓Açama-kapamanın lamba ömrüne olumsuz etkisi yoktur.
- ✓Işık tayfları düzgün ve sürekli.

Akkor lambaların dezavantajları:

- İşletme giderleri yüksektir.
- Ömürleri kısadır. (1000-2000 saat)
- Yeşile dönük renkleri iyi göstermezler.
- Çalışırken fazla ısı yayarlar.
- Tek başında kullanıldıklarında kamaşmaya sebep olurlar.
- Işık verimleri düşüktür. (8 – 26 lm/w)
- Şebekedeki dalgalanma ve gerilim artışı lamba ömrünü olumsuz etkilemektedir.

Floresan lambaların avantajları:

- ✓Etkinlik faktörü yüksektir. (50-100 lm/w)
- ✓İşletme giderleri düşüktür.
- ✓Çalışırken fazla ısınmazlar.
- ✓Kamaşma olmaz.
- ✓Geniş renk seçenekleri vardır.
- ✓Ömürleri uzundur. (10.000 saat)
- ✓Şebeke gerilimindeki dalgalanmalar lamba ömrünü fazla etkilemez.

- ✓Lineer lamba montajında en uygun alternatiftir.
- ✓Şebeke geriliminin ışık akısı üzerine etkisi azdır.

Floresan lambaların dezavantajları:

- Kurulum masrafı yüksektir.
- Sık açma-kapama lamba ömrünü olumsuz etkiler.
- Işık akıları ortam sıcaklığından etkilenir.
- Çalışmalar için yardımcı elemanlara ihtiyaç vardır.
- Stroboskobik ve flicker etkileri vardır.
- Balastlar üzerinde de enerji kaybı söz konusudur.
- Manyetik balastlı olması durumunda anında ışık vermezler.

İndüksiyon lambaların avantajları:

- ✓Uzun ömürlüdürler (60.000 saat) ve bakım giderleri çok düşüktür.
- ✓Etkinlik faktörleri yüksektir. (45 – 100 lm/w)
- ✓Şebeke dalgalanmalarından etkilenmezler.
- ✓Stroboskobik ve flicker etkileri yoktur bundan dolayı endüstriyel alanlarda kullanıma elverişlidirler.

İndüksiyon lambaların dezavantajları:

- Kendilerine özel elektronik balast ile çalışırlar.
- Yüksek frekanslı kullanım için yasarlandıkları için teoride radyo girişimine yol açabilir.

Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların avantajları:

- ✓Işık verimleri yüksektir. (100-198 lm/w)
- ✓Ömürleri uzundur. (~8.000 saat)
- ✓Gözün kontrast duyarlılığını artırıcı etkileri vardır.
- ✓Dış aydınlatma için uygundurlar.
- ✓Sisli havalarda iyi görünüş sağlarlar.

Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların dezavantajları:

- Kurulum masrafları yüksektir.
- Renklerin ayırt edilmesine olanak vermezler. Monokromatik ışık kaynaklarıdır.
- Renkleri sarıdır.
- Renksel geriverimleri düşüktür.
- Her konumda yanamazlar.
- Dimmerlenemezler.
- Çalışmaları için balasta ihtiyaç duyulur.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların avantajları:

- ✓ Her konumda yanabilirler.
- ✓ Işık tayfları süreklidir.
- ✓ Ömürleri uzundur. (8.000-20.000 saat)
- ✓ Işık verimleri yüksektir. (66-142 lm/w)
- ✓ Işıksal verimlerinin büyük kısmını ömürleri boyunca korurlar.
- ✓ Dimmerlenebilirler.
- ✓ Renksel geriverimi yüksek olan çeşitleri mevcuttur.

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların dezavantajları:

- İlk yatırım maliyetleri yüksektir.
- Çalışmaları için yardımcı elemanlara ihtiyaç duyulur. (balast + ateşleyici)
- Şebeke gerilimindeki dalgalanmalardan etkilenirler.
- Rejime girmek için süreye ihtiyaçları vardır.
- Bazı çeşitleri UV ışınlara yayarlar.
- Çalışırken ısınır.
- Işık tayfları düzgün değildir.

Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların avantajları:

- ✓ Etkinlik faktörleri yüksektir. (36-70 lm/w)
- ✓ Ömürleri uzundur. (~20.000 saat)
- ✓ Sarsıntılara ve darbelere karşı dayanıklıdır.
- ✓ Her konumda yanabilirler.
- ✓ Çalışırken ateşleyiciye ihtiyaç duymazlar.
- ✓ Isı değişimlerine ve gerilim yükselmelerine karşı dayanıklıdır.
- ✓ İşletme giderleri düşüktür.
- ✓ Işık çıkışına karşın lamba boyutları minimaldir.
- ✓ Belirli düzenekler ile %30-%100 oranında dimmerlenebilirler.

Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların dezavantajları:

- Çalışmaları için balasta ihtiyaçları vardır.
- Ateşleme süreleri 3 – 5 dakikadır.
- Işık akısında zamanla azalma söz konusudur.
- Kurulum masrafları yüksektir.
- Kırmızıya dönük renkleri iyi göstermezler.

Metal halojen lambaların avantajları:

- ✓ Etkinlik faktörleri yüksektir. (71-98 lm/w)
- ✓ Ömürleri uzundur. (6.000-7.500 saat)
- ✓ Renksel geriverimleri oldukça yüksektir. ($R_a=65-90$)
- ✓ İşletme giderleri düşüktür.
- ✓ Işık tayfları düzgündür.

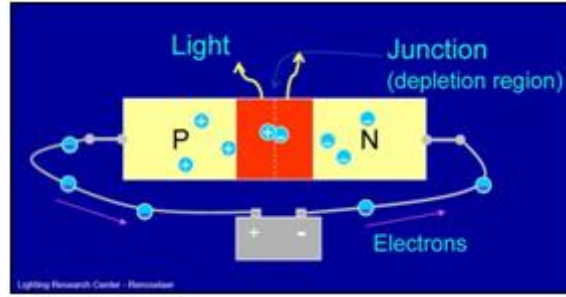
Metal halojen lambaların dezavantajları:

- Işık tayfları sürekli değildir.
- Dimmerlemeye uygun değildir.
- Çalışmaları için balast ve ateşleyiciye ihtiyaçları vardır.
- Gerilim dalgalanmaları renk değişikliğine ve ömür kısalmasına neden olur.
- Kurulum masrafları yüksektir.

2.3 Optoelektronik Işıık Kaynakları

‘Dinamik aydınlatmanın insan sağlığı üzerindeki etkileri’ konulu bu tez çalışması için yapılan uygulamada LED ışıık kaynaklı armatür seçildiğinden dolayı optoelektronik ışıık kaynaklarına konvansiyonel ışıık kaynaklarına nazaran daha detaylı yer verilmiştir.

LED (ışıık yayan diyet), optoelektronikte en çok kullanılan ışıın vericidir. Az enerji harcayarak çok ışıık üretebilen LED teknolojisi günümüzde aydınlatma tesisatlarına hızla girmeye başlamıştır. LED’ler ışıık üretimi yönünden konvansiyonel ışıık kaynaklarından farklıdır. LED, p-n jonksiyonlu bir yarıiletken olup iletim yönünde kutuplandığı takdirde ışıık yayacak şekilde tasarlanmıştır. Bir güç kaynağına bağlandığı takdirde ise enerji akışı sağlanmaktadır. Elektronlar akarken bir elektron delikle birleştiğinde yüksek enerji seviyesinden düşük seviyeye düşerek foton (ışıık) formunda enerjiyi serbest bırakır. Bu birleşmeden dolayı açığa çıkan enerji, ışıık enerjisi şeklindeyir. P-N jonksiyonundan akan akımın değeri elektronların ve deliklerin sayısına bağlıdır.



şekil 2. 21 LED alışma şekli

LED’lerin yapısında bulunan yarıiletken malzeme, LED’den yayılan ışıının spektrumunu belirler. Kırmızı LED’ler alüminyum, galyum ve arsenit (AlGaAs) yapısına bağlıdır. Mavi LED’ler indiyum, galyum ve nitrür (InGaN) aynı zamanda yeşil LED’ler ise alüminyum, galyum ve fosfattan (AlGaP) oluşmaktadır.

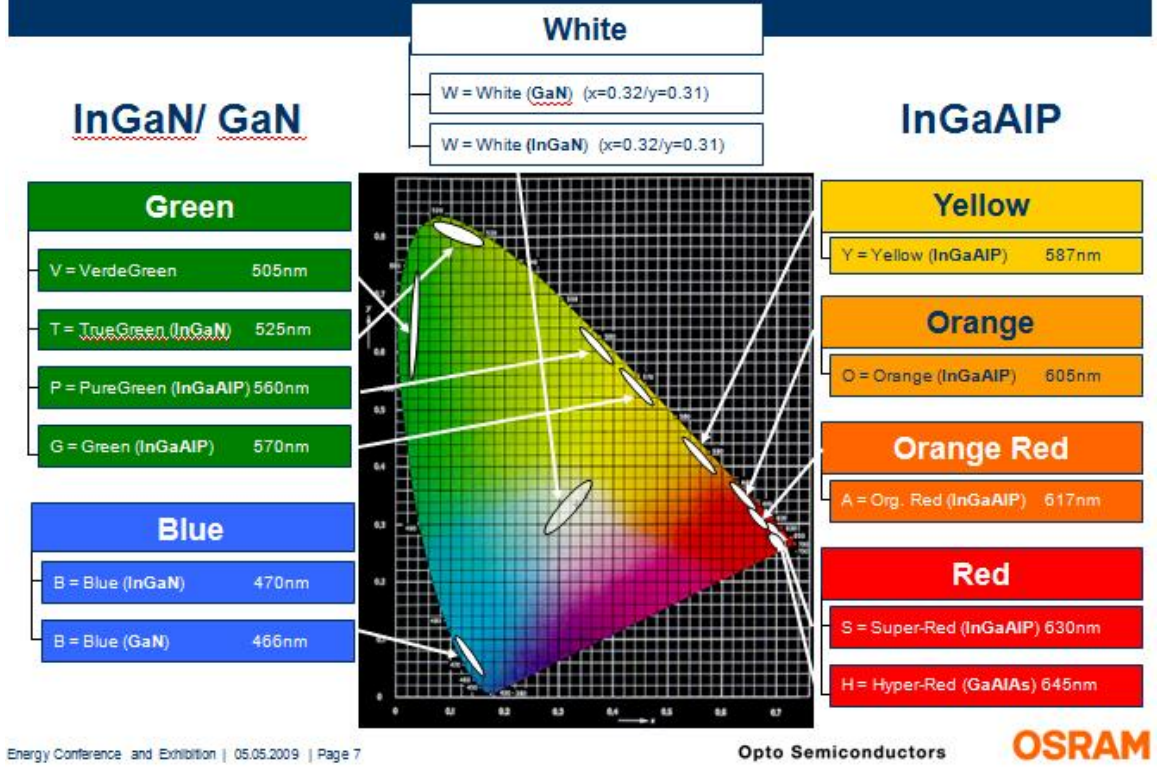
IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
5 10.8 B Boron 2p ¹	6 12.0 C Carbon 2p ²	7 14.0 N Nitrogen 2p ³	8 16.0 O Oxygen 2p ⁴	9 18.0 F Fluorine 2p ⁵
13 27.0 Al Aluminum 3p ¹	14 28.1 Si Silicon 3p ²	15 31.0 P Phosphorus 3p ³	16 32.1 S Sulfur 3p ⁴	17 35.5 Cl Chlorine 3p ⁵
31 69.7 Ga Gallium 4p ¹	32 72.6 Ge Germanium 4p ²	33 74.9 As Arsenic 4p ³	34 79.0 Se Selenium 4p ⁴	35 78.9 Br Bromine 4p ⁵
49 115 In Indium 5p ¹	50 119 Sn Tin 5p ²	51 122 Sb Antimony 5p ³	52 128 Te Tellurium 5p ⁴	53 127 I Iodine 5p ⁵

Şekil 2. 22 Çip materyal sistemleri

Çizelge 2.6 Farklı renkli LED ve yapıldığı malzemeler

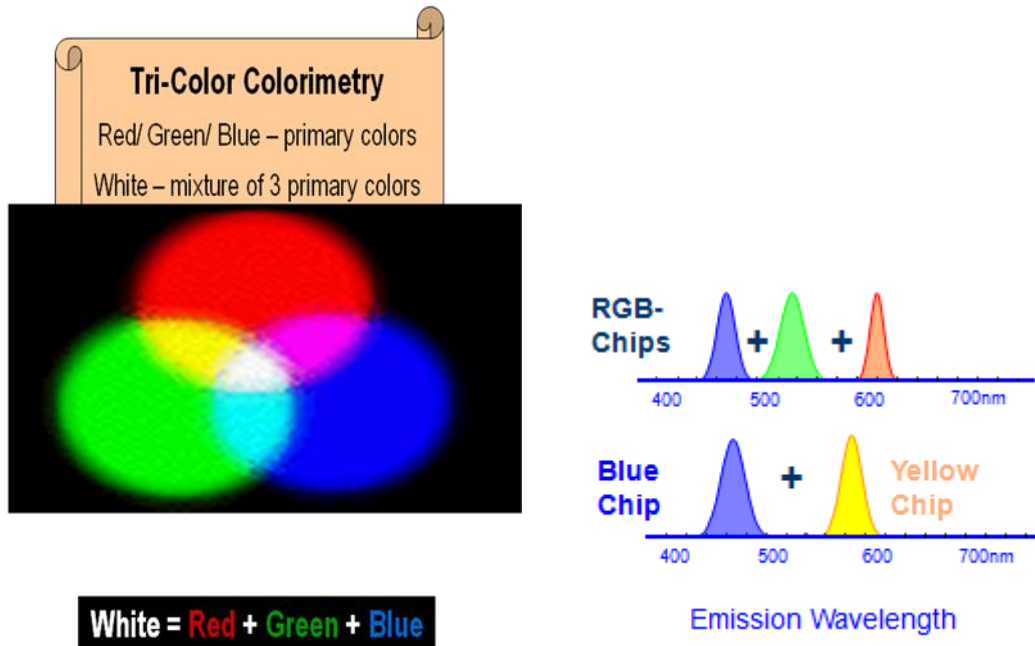
Renk	Malzeme
kırmızı ve kızılötesi yeşil	alüminyum galyum arsenit (AlGaAs) alüminyum galyum fosfat (AlGaP)
turuncu-kırmızı, turuncu, sarı, yeşil ve kırmızı	AlGaInP, galyum arsenit fosfat (GaAsP) galyum fosfat (GaP)
yeşil, saf yeşil	galyum nitrid (GaN)
mavi-yeşil, mavi	AlGaIn indiyum galyum nitrid (InGaIn)
ultraviyole mavi	silikon (Si) substrat olarak silicon karbit (SiC) substrat olarak
mavi	safir (Al ₂ O ₃) substrat olarak
ultraviyole	elmas (C)

Colors of Light Emitted from LED Chips

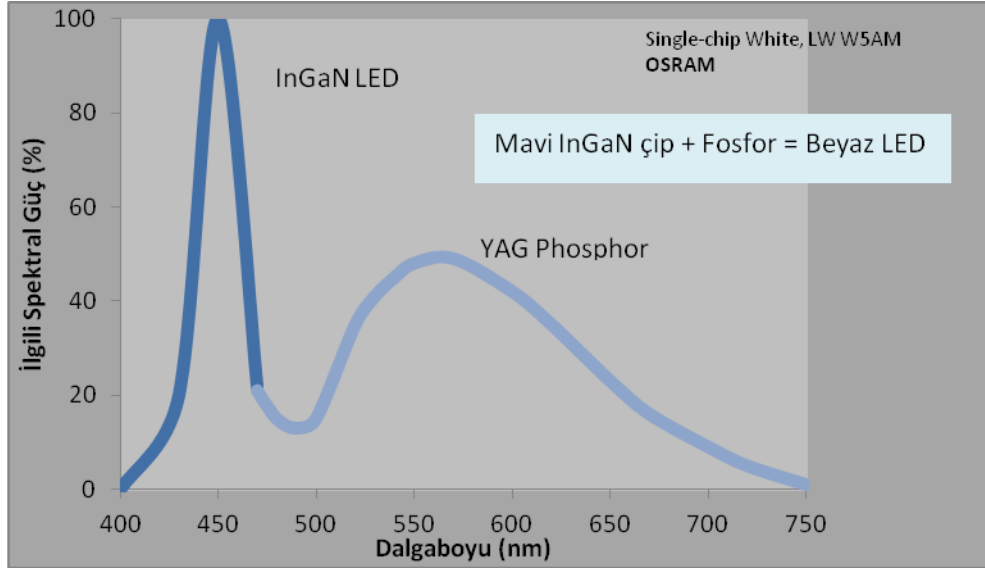


Şekil 2. 23 LED çiplerinden yayılan ışık renkleri

Beyaz ışık; kırmızı, yeşil ve mavi LED'lerin kombinasyonlarından veya mavi LED'in sarı fosfor ile kaplanmasından meydana gelmektedir.



Şekil 2. 24 Beyaz ışık elde etme yöntemleri



Şekil 2. 25 Beyaz LED spektrumları

Beyaz LED Karşılaştırmaları:

LED'lerde beyaz ışık yaklaşımlarının her biri avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Asya, Avrupa ve Amerika'da yoğun olarak yapılan özel ve kamu araştırmalarına göre teknoloji hızla değişirken bu maddelerde değişebilmektedir.

Çizelge 2.7 Beyaz LED'lerin kendi aralarında kıyaslanması

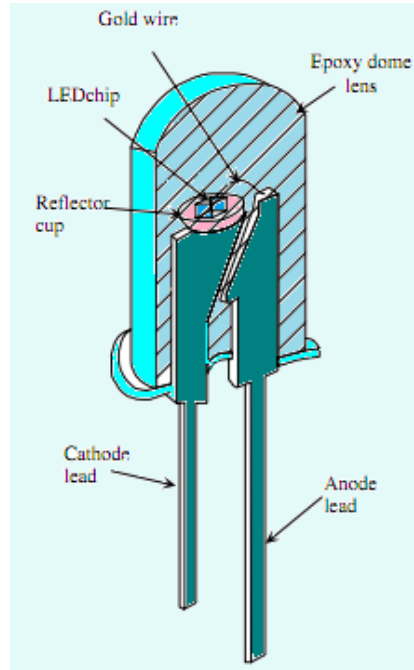
	Avantajlar	Dezavantajlar
Fosfor Kaplama	* Daha gelişmiş teknoloji	* Yüksek CCT (soğuk/mavimsi görünüm)
	* Yüksek hacimli üretim süreçleri	* Işıda renk değişkenliği
	* Nispeten yüksek ışık akısı	
	* Nispeten yüksek etkinlik faktörü	
	* Daha düşük maliyet	
RGB	* Renk esnekliği, hem çok renkli görüntüler hem de farklı beyaz tonları	* Dimleme, işletme sıcaklığı ve sürme akımı için spesifik renkli LED'lerde farklı cevap
		* Renk yoğunluğu kontrolü için ek maliyet
		* Daha düşük renksel geriverim

Fosfor kaplı LED'ler aydınlatma armatürlerine entegre edilebilirken RGB LED'ler daha çok mimari tasarımlarda kullanılmaktadır.

2.3.1 LED Çeşitleri

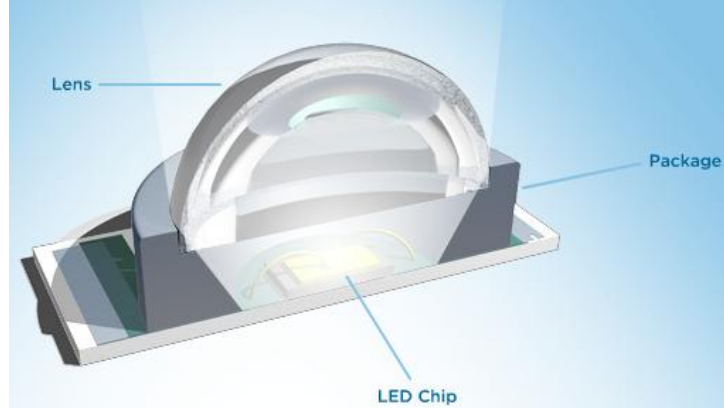
LED'ler temel olarak iki kategoride incelenmektedir:

Düşük Güçlü LED'ler: 3 mm ve 8 mm boyutlarında standart olmalarına rağmen genelde 5 mm olarak tercih edilmektedir. Tipik olarak 0,1 Watt gücünde, düşük sürme akımlı (~ 20 mA), düşük gerilimli (3,2 volts DC) ve düşük ışık çıkışlı ($\sim 2-4$ lm) LED'lerdir.



Şekil 2. 26 Düşük güçlü LED yapısı

Yüksek Güçlü LED'ler: Yüksek güçlü LED'ler birçok farklı şekilde ve boyutlarda olabilmektedirler. 1 ve 3 Watt olarak yaygındır. Tipik olarak 350, 700 veya 1000 mA olmak üzere yüksek akımda sürülürler. Watt başına 40-80 lm üretebilmektedirler fakat son teknoloji ve araştırmalara göre laboratuvar koşullarında ışık çıkışları artırılmaktadır.



Şekil 2. 27 Yüksek güçlü LED yapısı [13]

2.3.2 Beyaz LED’lerde Enerji Verimliliği

LED’lerde gerekli ışığı sağlamak için lineer floresanlara nazaran toplamda yaklaşık yarısı kadar enerji kullanılırken her watt için sağladığı lümen değeri daha düşüktür. Dolayısıyla enerji verimlilikleri değerlendirilirken hem tüketilen her watt için ne kadar ışık sağlandığına bakılmalı (lm/w) hem de amaçlanan hizmeti sağlamak için tüketilen toplam güç değeri göz önünde bulundurulmalıdır.

Beyaz LED’lerden istenilen verimi sağlamak için çeşitli parametrelere önem verilmelidir. Yarı iletken teknolojisinde yaşanan gelişmeler neticesinde modül halindeki LED’lerin laboratuvar ortamındaki optimum çalışma koşullarında açıklanan etkinlik faktörleri de buna bağlı olarak sürekli artmaktadır. LED’lerin ışık akıları ve ömürlerinin sıcaklık değişimlerinden konvansiyonel ışık kaynaklarına oranla çok daha fazla etkilendiği de bilinmektedir. Optimum çalışma sıcaklıkları aşıldığında, LED’lerin bozulma, devre dışı kalma oranları da yükselmektedir. Bu durumda LED ışık kaynakları için açıklanan yüksek etkinlik faktörlerinin (lm/w) armatür formunda ki değişimi önem kazanmaktadır.

Sürücü Kayıpları

Floresan ve yüksek basınçlı deşarj (HID) ışık kaynakları balast olmadan çalıştırılmazlar. LED’lerin çalışması için ise sürücü olarak adlandırılan elektronik devre gerekmektedir. Dimleme veya renk kontrolü de yapılabilen bu sürücüler akım (genelde 200-1000 mA) ve gerilimi (yüksek güçlü LED’ler için tipik olarak 2 ve 4 V DC arasında)

dönüştürmektedir. Günümüzde uygun LED sürücüleri yaklaşık %85 verimlidir. Buradan da anlaşılacağı gibi sürücüler LED verimlerini %15 civarında düşürmektedir. Bu oran kullanılan komponentlerin kalitesine göre değişebilmektedir.

	Incandescent	Halogen	Fluorescent	Metal Halide	White LED
					
Efficacy (lm/W)	7 - 20	15 - 20	50 - 100	80 - 110	70 - 110

Şekil 2. 28 Işık kaynakları etkinlik faktörleri – Osram 05.05.2009

Işık Kalitesi

Işık kaynaklarında renk sıcaklığı ve renksel geriverim kaliteli aydınlatmanın önemli unsurlarıdır. Beyaz LED'ler 5000 Kelvin ve üzeri renk sıcaklığında (CCT) olurlar ve 'soğuk' veya 'mavimsi' olarak görünürler. Nötr ve ılık beyaz LED'ler soğuk beyaz LED'lere nazaran daha az verimli olmakla birlikte önemli ölçüde iyileştirilmektedirler. Çoğu iç aydınlatma uygulamalarında ılık beyaz (2700-3000 Kelvin) LED'ler tercih edilirken bazı durumlarda nötr beyaz (3500-4000 Kelvin) LED'ler daha uygun olabilmektedir.



Şekil 2. 29 Işık kaynakları CCT değerleri – Osram 05.05.2009

Renksel geriverim (CRI) ölçümleri enkandesan ışık kaynakları veya gün ışığı ile karşılaştırılmaktadır. Enkandesan, floresan ve HID ışık kaynaklarından farklı olarak LED'ler monokromatiğe daha yakındır. Her LED çipi spesifik dalga boyunda ışık yaymaktadır. Konvansiyonel ışık kaynaklarında kullanılan renk filtreleri veya lens kullanımı görülebilir dalga boyunu oldukça verimsizleştirmektedir. Renkli LED'ler ile çok daha az güç ile aynı renkler sağlanabilmektedir. Birçok LED üreticisi iç aydınlatma için

önerilen %80 renksel geriverimi fosfor kaplama ile sağladıklarını iddia etmektedir. RGB LED’lerde ise CRI değerlendirmeleri yanlış bulunmaktadır.

Çizelge 2.8 Bazı LED’ler için CCT ve CRI değerlerine göre etkinlik faktörü değerleri

CCT	CRI	70-79	80-89	90+
2600-3500 K		23-43 lm/W		25 lm/W
3500-5000 K		36-73 lm/W	36-54 lm/W	
> 5000 K		54-87 lm/W	38 lm/W	

[Sources: Manufacturer datasheets including Cree XLamp XR-E, Philips Lumileds Rebel, Philips Lumileds K2.]

** Etkinlik faktörü değerleri, sürücü ve ısı kayıplarını içermemektedir.

2.3.3 LED’ler ve Konvansiyonel Işık Kaynakları

Işık kaynakları temel olarak etkinlik faktörleri ile karşılaştırılmaktadır. LED ışık kaynaklarını kompakt floresanlar ile kıyaslamak için en temel analiz lamba-balast verimlerini LED-sürücü verimleri (lm/W) ile karşılaştırmaktır. Lider üreticilerin beyaz LED teknik dökümanlarında test akımları (mA), gerilimleri (V) ve jonksiyon sıcaklıkları (T_1) genellikle 25 santigrad (°C) derecede sağlanmaktadır. 45 lm değerindeki bir LED ışık kaynağını incelemek istersek; (sürme akımı 350 mA ve gerilimi 3,42 V olsun.)

$$45 \text{ lm} / (0,35 \text{ A} \times 3,42 \text{ V}) = 38 \text{ lm/W}$$

Sürücü kayıplarını da dikkate alırsak bu hesabı %85 ile çarparak 32 lm/W değerine ulaşırız. LED ışık çıkışları sıcaklıktan etkilendiği için birçok üretici firma verimin ısı faktöründen dolayı %10 azaltılmasını önermektedir. Bu örnekte termal kayıplarını da

göz önünde bulundurursak sistem etkinlik faktörü yaklaşık 29 lm/W olmaktadır. Gerçek termal performansları soğutucu ve armatür tasarımına bağlı olduğundan dolayı bu hesaplama ile yaklaşık sonuçlara ulaşılmaktadır.

Etkinlik faktörü önemli bir parametre olmakla birlikte, özellikle yönlendirilebilir ışık kaynaklarında tüm hikayeyi oluşturmamaktadır. LED'lerin doğası gereği yönlü ışık yaymalarından dolayı aydınlatma uygulamalarında tercih edilir. Floresan ve enkandesan lambalar ışığı tüm yönlerde yaymaktadır. Işık kaynağının üretmiş olduğu ışığın bir kısmı armatürün içinde kaybedilir, lamba tarafından geri emilir veya amaçlanan uygulama için yararlı olmayan yönlere kaçar. Birçok armatür çeşidinde ışık armatürden çıkmadan önce kaybolur.

LED'ler ışığı spesifik yönlerde yaydığı için ihtiyaç duyulan reflektör ve difüzör azalmakta ve iyi tasarlanmış armatürlerde ışığın çoğu verimli bir şekilde amaçlanan noktalara ulaşmaktadır.

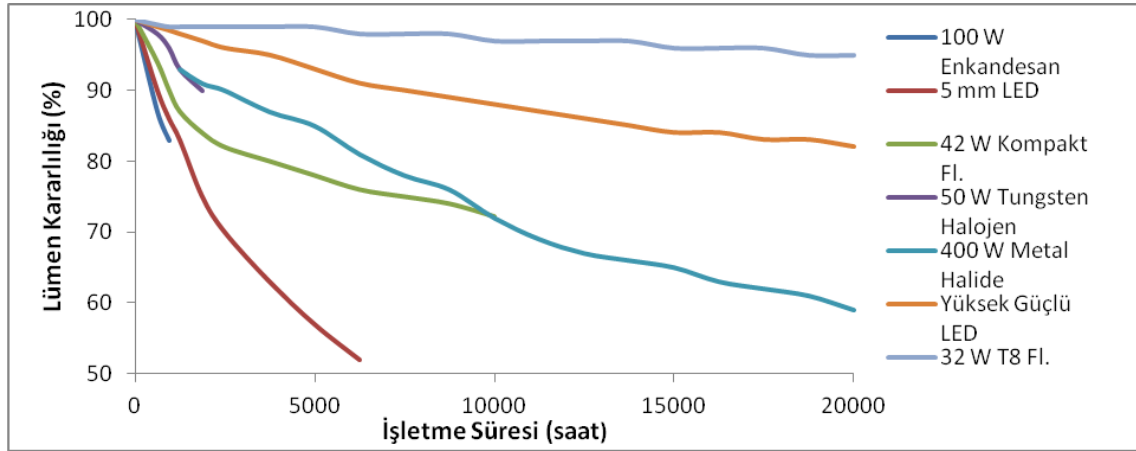
2.3.4 Beyaz LED'lerde Ömür

LED'lerde pazar payının artmasında ki en önemli faktörlerden biri uzun ömürdür. Bilindiği gibi LED'lerin ömürleri 50.000 veya 100.000 saat olarak verilmektedir. LED ömrü LED'in kalitesine, sistem tasarımına, çalışma sıcaklığına ve diğer faktörlere bağlıdır.

Tüm ışık kaynakları işletildikçe lümen çıkışı azalmaktadır. Enkandesan lambalarda flamanların zaman içinde ömrünü doldurması ve buharlaşmış tungsten parçacıkların ampulde birikmesi lümen değerinin düşmesine neden olmaktadır. Bu tipik sonuçlar lambanın 1000 saatlik ömründen sonra ilk lümen çıkışını %10 - %15 civarında azaltmaktadır.

Floresan lambalarda lümen değerinin düşme sebepleri, fosfor kaplamadaki ve tüpteki fotokimyasal bozulmalar ve lamba ömrü aşıldıkça biriken ışık-emme tortularıdır. Yüksek kaliteli floresan lambalar 20.000 saatlik ömrünü doldurduktan sonra ilk ışık akısı sadece %5 - %10 oranında azalmaktadır. Kompakt floresan lambaların lümen azalma değerleri lineer floresanlara göre daha yüksektir fakat yüksek kalite modelleri 10.000

saatlik ömürlerini aştıklarında ilk lümen çıkışlarının %20'den daha fazlasını kaybetmemektedir.



Kaynak: Adapted Bullough, JD 2003,. Lighting Answers: LED Lighting Systems. Troy, NY. National Lighting product Information Program, Lighting research Center, Rensselaer Polytechnic Institute

Şekil 2. 30 Bazı ışık kaynaklarının lümen kararlılığı değerleri

LED’lerde lümen değerinin azalması sistem tasarımına bağlıdır. Lümen düşüşünün birincil sebebi jonksiyon sıcaklığıdır. LED’ler ısıyı diğer ışık kaynakları gibi kızılötesi radyasyon (IR) olarak yaymadıklarından dolayı ısı iletim veya taşınım olarak cihazdan çıkarılmalıdır. Eğer LED sistemlerinde soğutucu yetersiz tasarlanırsa düşük ışık çıkışı ile sonuçlanır. Bazı LED çiplerinin epoksi kapsül ile kaplanması ile ışık çıkışları azalmaktadır. Yeni yüksek güçlü LED’li cihazlarda bu problemin önlenmesi için silikon kapsüller kullanılmaktadır.

LED Ekonomik Ömrü

LED’in yararlı ömrünün uygun bir değerde olması için kabul edilebilir lümen azalmaları belirlenmelidir. Hangi noktada ışık seviyesinin uygulama ihtiyacının karşılanacağı sorusunun cevabı uygulanan ürüne bağlıdır. Genel ofis aydınlatmaları için yapılan araştırmalar oturanların büyük kısmının aydınlatma seviyesinin kademeli olarak maximum %30’a kadar azalmasını kabul edebilmektedir. Bundan dolayı genel aydınlatmalarda ilk ışık seviyesinin %70’i yararlı ömür değeri için göz önünde bulundurulabilir. Yapılan bu araştırmalar temelinde, Lighting Research Center (LRC) LED

grubu olan the Alliance for Solid State Illumination Systems and Technologies (ASSIST) ekonomik ömür tanımını genel ışık çıkışının, ilk ışık çıkışının genel aydınlatmalarda %70'ine, dekoratif aydınlatmalarda ise %50'sine düştüğü değere kadar geçen süre olarak önermektedir. Bazı uygulamalarda bu değer %70'in üzerine çıkmayı da gerektirebilir.

2.3.5 Beyaz LED'lerde Termal Sistemler

LED'ler ısı üretirken dokunduğunuzda diğer ışık kaynakları gibi elinizi yakmamaktadır. Bu durumda başarılı LED sistem tasarımları için ısı yönetimleri tartışılan en önemli konudur.

Tüm ışık kaynakları elektrik enerjisini çeşitli oranlarda ısı ve ışık enerjisine dönüştürmektedir. Enkandesan lambalar küçük miktarda görünür ışık yayarken öncelikle kızılötesi (IR) ışık yaymaktadır. Floresan ve metal halide ışık kaynakları elektrik enerjisinin büyük kısmını görünür ışığa çevirirken aynı zamanda IR, morötesi (UV) ve ısı da yaymaktadır. LED'ler yok denecek kadar az miktarda IR veya UV yayarken sadece %15-%25 oranındaki enerjiyi görünür ışığa çevirir. Kalan enerjinin tamamı ısı enerjisine çevrilir ve bu enerji için soğutucular, devreler veya armatür çerçeve elementleri kullanılmaktadır. Aşağıdaki tabloda çeşitli ışık kaynakları için dönüştürülen ısı ve ışık enerjilerinin yaklaşık oranları gösterilmiştir.

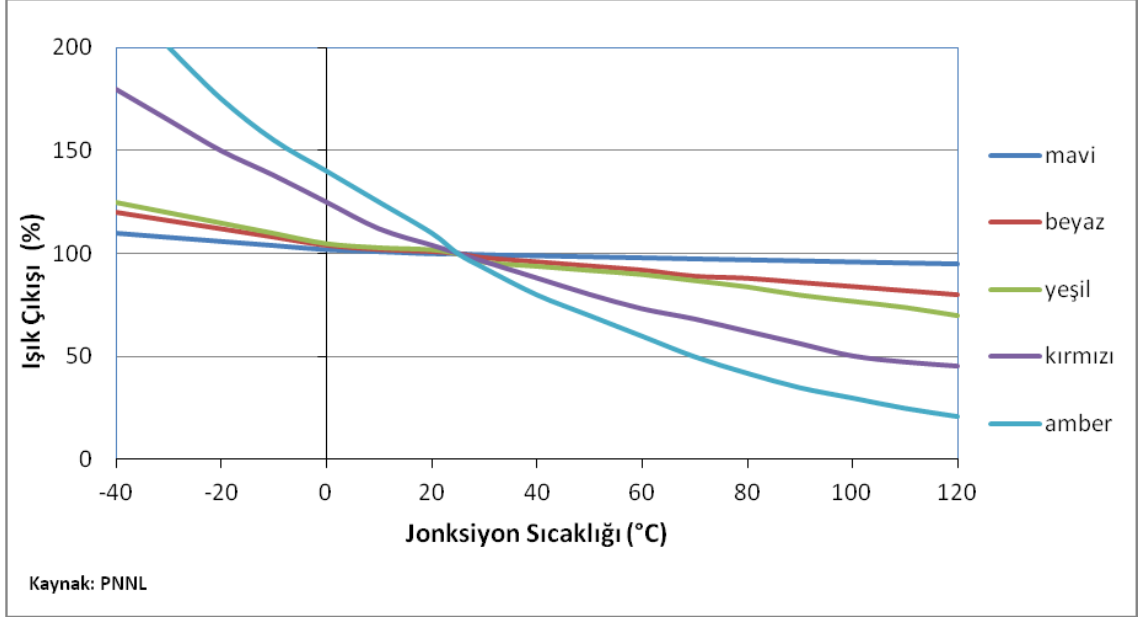
Çizelge 2.9 Işık kaynaklarında güç dönüşümleri

	Enkandesan (60 W) †	Lineer Flouresan †	Metal Halide ‡	LED †
Görünür Işık	8%	21%	27%	15-25%
IR	73%	37%	17%	~0%
UV	0%	0%	19%	0%
Toplam Işıma Enerjisi	81%	58%	63%	15-25%
Isı (iletim+konveksiyon)	19%	42%	37%	75-85%
Toplam	100%	100%	100%	100%

† IESNA Handbook ‡ Osram Sylvania

Oranlar LED verimine bağlıdır. Bu oranlar ılık beyazdan soğuk beyaz renk sıcaklığındaki ışık kaynakları içindir. 2006 yılında belirlenen verimlerin 2013 yılına kadar yaklaşık %50 oranında artacağı söylenmektedir. [DOE's SSL Multi-Year Program Plan (March 2006)]

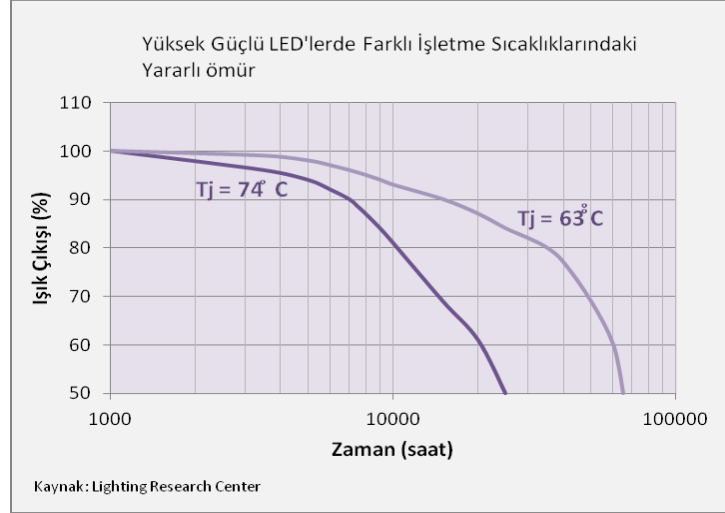
Isı artışı kısa dönem ve uzun dönemde LED performansını etkilemektedir. Kısa dönemde renk değişimleri olur ve ışık çıkışları azalır. Uzun dönemlerde ise lümen değerinde düşmeler ve bundan dolayı ekonomik ömründe kısaltmalar meydana gelmektedir. Farklı renklerdeki LED'ler sıcaklık değişimlerinde farklı yanıt vermektedir. Amber ve kırmızı renkli LED'ler daha hassasken maviler en az etkilenenlerdir.



Şekil 2. 31 Farklı renkli LED’lerde jonksiyon sıcaklığı ışık çıkışı ilişkisi

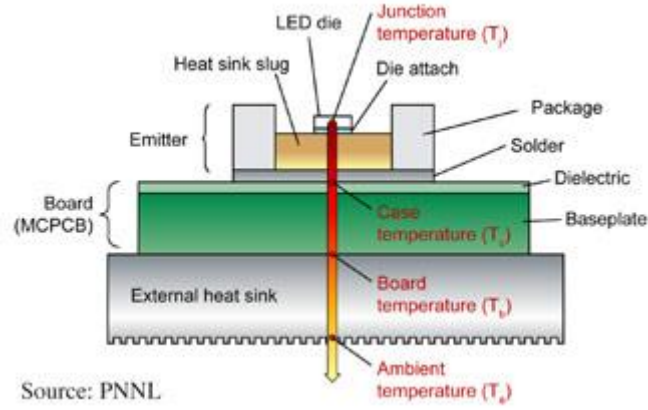
LED üreticileri 25 derece çalışma sıcaklığında ürünlerini, 15-20 milisaniye güç darbeleri ile akı ve renk değerlerine göre test edip çeşitlendirmektedirler. Oda sıcaklığında ve sabit sürme akımı altında ısı azaltıcı mühendislik mekanizmaları ile T_1 değeri tipik olarak 60 °C veya daha üzerindedir. Bundan dolayı beyaz LED’ler en az %10 daha az ışık sağlarlar. Yüksek sıcaklıklarda sürekli işletimler lümen düşüşlerinde ivmeli olarak artış meydana getirmekte ve bu da ekonomik ömürün azalması ile sonuçlanmaktadır.

Aşağıdaki diyagramda aynı akım ile sürülen, T_1 değerleri arasında 11°C fark bulunan farklı 2 LED için ışık çıkışı-ekonomik ömür eğrileri gösterilmiştir. 11 °C’lik sıcaklık artışı ile tahmini ekonomik ömürün (ilk lümen çıkışının %70’i olarak tanımlanır) %57 azalma ile ~37.000 saatten ~16.000 saate düştüğü görülmektedir. Ancak endüstri, LED’lerin yüksek çalışma sıcaklığındaki dayanıklılığını iyileştirmeye devam etmektedir. Örneğin Luxeon K2, sürme akımı 1000 mA değerine kadar ve T_1 sıcaklığını 120 °C’ye kadar olduğu sürece 50.000 saat için lümen kararlılığını %70 olarak belirtmektedir. (Luxeon K2 Emitter Datasheet DS51, dated 5/06)



Şekil 2. 32 Yüksek güçlü LED'lerde ışık çıkışı ekonomik ömür ilişkisi

Jonksiyon Sıcaklığı



Şekil 2. 33 LED'li armatür yapısı

LED'in jonksiyon sıcaklığını sürme akımı, termal yapı ve ortam sıcaklığı olmak üzere üç madde etkilemektedir. Genel olarak daha yüksek sürme akımında daha yüksek ışık çıkışı sağlanmaktadır ancak sıcaklığı da artırdığı için ömrün azalmasına sebep olmaktadır. Beklenen ışık çıkışı için, ömür ve rengin sağlanabilmesi açısından ısı hareketinin sağlanması gerekmektedir.

Tipik yüksek akıllı LED sistemleri, bir verici (emitör), bir metal- çekirdek baskılı devre kartından (a Metal-Core Printed Circuit Board – MCPCB) ve soğutucudan oluşmaktadır. Emitör, optik, kapsül ve soğutucu MCPCB'ye lehimlenmektedir. MCPCB, metal bir yüzeye bağlı (genelde alüminyum) dielektrik katmanlı bir devre kartının özel bir

formudur. MCPCB dış soğutucuya mekanik olarak bağlanmaktadır. Soğutucunun büyüklüğü malzemenin termal özelliklerine ve açığa çıkan ısı miktarına bağlıdır. Isıyı yaymak ve jonksiyon sıcaklığını (T_j) minimize etmek için başarılı ürünlerde üstün soğutucular kullanılmalıdır. Üreticilerin potansiyel LED performanslarını maksimuma ulaştırması için T_j 'yi olabildiğince düşük değerde tutması gerekmektedir.

2.3.6 LED'ler ve Kontrol

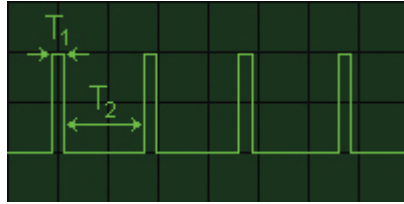
Ciddi fiyat farkına rağmen floresan sistemler kolayca dim edilebilmektedir. Yerleşim uygulamalarında kompakt floresan lambaların dim edilmesi daha problemlidir. Enkandesan lambalardan farklı olarak kompakt floresan lambalar dimli balastlar ile çalışmaktadır ve kompakt floresanlar sürekli dim aralığına (ışık çıkışı %1 - %100) sahip değildir. Kompakt floresan lambalar genelde maximum ışık çıkışının %30'u kadar aşığına kadar dimlenebilmektedir.

LED'ler ışığın kontrolünde (dimleme) ve renk değişikliğinde potansiyel faydalar sunabilir. Yarı iletken ışın vericiler; küçük ebatlı, ışık şiddetleri akımla kontrol edilebilir ve spektrum karakteristikleri monokromatiğe yakın olduklarından çeşitli uygulamalarda sıklıkla kullanılabilir. LED sürücüleri ve kontrol teknolojileri sürekli gelişmeye devam ederken aydınlatma alanında büyük yenilikler olacağı umulmaktadır. Dimleme, renk kontrolü ve fotoelektrik kontroller enerji tasarrufunu ve kullanıcı memnuniyetini artırmaktadır.

Etkili ve uygun fiyatlı dimleme sistemlerinin eksikliği kompakt floresan lambalı aygıtların sektöre adaptasyonunu engellemiştir. LED'ler ise dim edilebilir ancak tüm dim kontrol tasarımlarına uygun değildir.

LED'lerdeki güç miktarını düzenlemek için birçok LED sürücülerinde Darbe Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation - PWM) yöntemi kullanılmaktadır. Bu teknik ile LED'ler yüksek frekansta açılıp kapanmakta, dimlemeyi başarmak için toplam zamanda dalga genişlikleri değişmektedir. Her bir LED'e farklı zamanlarda darbeleri akımlar verilir. LED'lerden yayılan farklı dalga boylarındaki ışınlar ortamdan geçerek çıkışta toplam

işaret elde edilebilmektedir. LED’lerden geçen sürme akımı değıştikçe ışık çıkışı değıştirilmiş olur.



Şekil 2. 34 Bir LED akımının dalga şekli. T_1 : Kare dalganın pozitifte kaldığı süre.

2.4 LED’li Armatür

Ortalama ışık akısı ve armatürdeki performansı açısından tüm ışık kaynakları farklılık göstermektedir. Geleneksel ışık kaynaklarının performansı geniş aydınlatma armatürü çeşidinde, farklı şartlarda, farklı uygulamalarda gayet iyi belgelendiğinden ve anlaşıldığından dolayı artık tasarımları tahmin edilebilmektedir. Oysaki LED teknolojisi çok yakın zamanda geliştiğinden dolayı LED’li armatürler için deneyim ve belgeleme eksiklikleri bulunmaktadır. Armatür tasarımı ile ciddi şekilde artış gösterebilen LED verimi termal ve optik tasarım bakımından çok hassastır.

LED teknolojisi geleneksel yaklaşımdan çeşitli yönleriyle farklıdır:

- 1.LED’lerde ışık çıkışı geleneksel ışık kaynakları gibi aniden düşmez, ışık çıkışları yavaş yavaş zamanla azalmaktadır.
- 2.LED’ler armatüre kalıcı olarak uygulanırlar, değıştirme gereksinimi çok zor veya imkansızdır.
- 3.LED ışık kaynaklarının ömür testleri ve gerçek, güvenilir verilerinin elde edilmesi uzun zaman almaktadır ve mevcut olanlar tam anlamıyla test edilmeden önce ürünlerin yeni versiyonları çıkmaktadır.

Son zamanlarda LED’li armatürler için ömür değeri 50.000 saat ve üzeri olarak iddia edilmektedir. Bu iddialar armatürün içinde kullanılacak olan LED’in tahmini lümen kararlılığına dayanmaktadır ve genellikle diğerkomponentler hesaba katılmadan ortaya

atılmaktadır. LED’li armatür ömrü belirlenirken tüm sistem göz önünde bulundurulmalıdır.

Gerçekleştirilecek olan uygulamaların ihtiyacına göre değişebilecek olan LED ışık kaynaklarının özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz.

- Yüksek etkinlik faktörü (lm/w) (gün geçtikçe değerler iyileştirilmektedir.)
- Yüksek renksel geriverim (gün geçtikçe değerler iyileştirilmektedir)
- Işık şiddetinin ve renk sıcaklığının kontrol edilebilmesi
- Yönlü ışık yayabilme
- Küçük, kompakt boyutlar
- Düşük ortam sıcaklığında yüksek performans
- IR ve UV ışın yaymaması
- Kırılma ve titreşimlere karşı yüksek dayanımlılık
- Ön ısıtma süresine ihtiyaç olmaması
- Hızlı açma-kapama yapabilmesi
- Işık çıkışı azalmalarının düşük hızda olması

LED ışık kaynaklı, yüksek verimli ve ihtiyaca uygun bir armatür tasarımı için belirtilen özelliklerden gerekli olan kriterlere uygun LED seçimi ile gerekli olan minimum aydınlatma kriterleri sağlanmalıdır.

LED’li armatür tasarımında, armatürün kullanılması amaçlanan ortamlarda konfor ve emniyet açısından aydınlatma kriterlerinin tasarım hedeflerinden önce belirlenmesi gerekmektedir. Armatür tasarımının bu ilk adımında kullanılabilecek armatür karakteristik değerleri aşağıda belirtilmiştir:

- Toplam ışık akısı
- Işık dağılım eğrileri
- LED renk sıcaklığı
- LED renksel geriverim endeksi
- LED etkinlik faktörü [lm/W]
- Kamaşma sınırlaması

Öncelikli olarak aydınlatma karakteristikleri belirlendikten sonra tasarım hedefleri konulmalıdır. Kritik tasarım hedefleri armatür toplam ışık çıkışı ve çekilen güç ile ilgili olacaktır. LED'lerin armatür içine yerleştirildiklerinde verdikleri ışık akılarının, çıplak haldeki ışık akılarına oranı ışık çıkışı oranı (LOR – Light Output Ratio) olarak adlandırılır. Tasarım hedefleri olarak alınabilecek diğer kriterler aşağıda sıralanmaktadır.

- Armatürden çıkan toplam ışık akısı [lm]
- Işık dağılım eğrileri
- Jonksiyon (Bağlantı noktası) sıcaklığı [LED'lerin çalışma sıcaklığı – °C]
- Armatür toplam gücü (yardımcı elemanlar dahil) [W]
- Armatür etkinlik faktörü [lm/W]
- Armatür ömrü [saat]
- Armatür maliyeti [TL]



Şekil 2. 35 LED sisteminde değer yaratan parametreler

[Kaynak: CREE 2010]

2.4.1 Optik, Isıl ve Elektriksel Verimlerin Belirlenmesi

Optik Verim

Armatür tasarımıındaki en temel kriterlerin başında optik yapı bulunmaktadır. Armatürün optik yapısı ışık dağılım grafiğini ve armatür verimini belirleyeceğinden dolayı iyi analiz edilmesi gereken bir konudur. Aydınlatmada enerji tasarrufu günümüzde öne çıkan ve üzerinde sürekli çalışmalar yapılan konu halinde gelmiştir. Bir armatürün verimliliğinin değerlendirilmesinde ise kullanılacak temel kriter optik verimlilik kavramıdır. Optik verim, armatürün optik tasarımı ile ilgilidir. Armatür içindeki kayıplar nedeni ile dışarı verilen ışık akısı azalmaktadır. Kayıplar, ışığın armatür tarafından yutulması veya armatür içine geri yansıyor azalması sonucu ortaya çıkabilmektedir. Verim, LED'lerin armatür içindeki yerleşimi, armatürün fiziksel özellikleri ve kullanılan malzemenin kalitesi gibi etkenlerle değişmektedir.

Armatürlerde optik kontrol elemanları olarak yansıtıcılar, kırıcılar, yayıcılar, yönlendiriciler, petekler ve ekranlar sayılabilir. Yüksek optik verimli armatürlerde gerçekleştirilen aydınlatmalarda kamaşma sorunu yaşanabileceğinden dolayı görsel konfor ve verim optimize edilmesi gereken ayrı bir konu olarak ele alınmalıdır.

Armatür yapısına ilişkin optik verimlilik ve ışık dağılım karakteristikleri gonyofotometrik ölçmeler sonucunda elde edilen fotometrik eğriler üzerinden değerlendirilmektedir. Farklı formatlarda olabilen bu veriler armatüre ilişkin optik karakteristiklerin bilinerek manüel ya da bilgisayar ortamında ileri boyutta projelendirmelerin gerçekleştirilmesine de olanak sağlamaktadır.

Armatür yapısı içerisindeki ekipmanların neredeyse tamamı nemden olumsuz şekilde etkilenmektedir. Bu nedenle nem faktörünün olduğu noktalarda armatürlerin neme karşı koruması önem taşıyacaktır. Tozlanma ise özellikle optik verimlilik üzerinde doğrudan etkilidir. Yüksek IP seviyesindeki ürünlerde optik yapı yüzeysel tozlanmaya karşı korunumun sağlanması nedeniyle daha düşük oranda kayıp yaşarlar.

LED çipinde üretilen ışık birçok malzemedan geçerek ortama yayılır. Farklı malzemeler ışığı farklı şekilde geçirdiği için ışık miktarı azalır ve ışığın yönü değişir. LED ışık

kaynaklarının ışık akılarının armatür içerisinde ne kadar azaldığının belirlenmesi, kullanılacak LED sayısına göre optik verimdeki düşme oranı doğru armatür tasarımlarında üzerinde önemle durulması gereken konulardır.

Isıl Verim

Armatürler ışık kaynağının ve beraberinde kullanılan tüm elektriksel düzeneği de barındıran bir yapıda olduğundan dolayı özellikle LED ışık kaynağında temel kriterlerden biri haline gelmektedir.

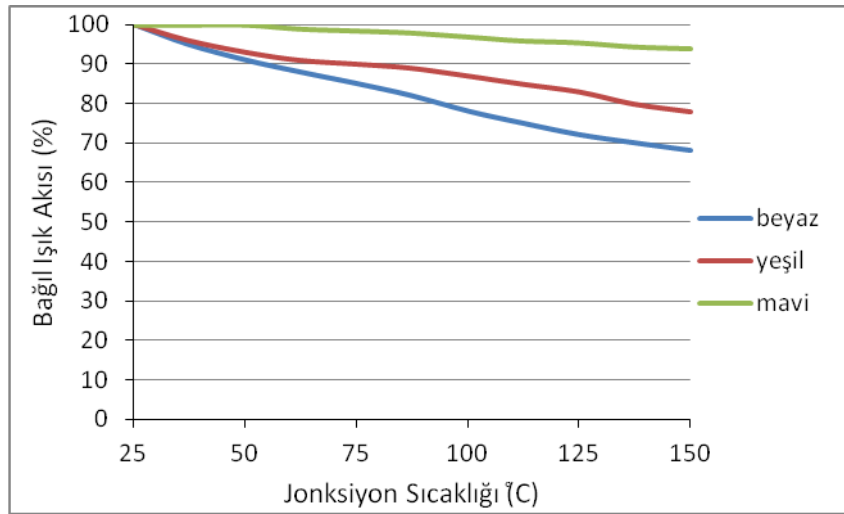
Genel olarak kullanılan tüm elektriksel ekipmanların ömürleri sıcaklık değerine bağlı olarak değişmektedir. Bununla birlikte ısı en önemli güvenlik kriterlerinden biridir. Termal yapının iyi değerlendirilmemesi yüksek ısı oluşumunun söz konusu olduğu ürün gruplarında sistemlerin erken arızalanmasına, ekipmanların ömrünün kışalmasına ve güvenlik problemlerinin yaşanmasına neden olabilmektedir. Isı üreten ekipmanlar mümkün olduğunca iyi ısı ileten metal yüzeylere monte edilmelidir. Isınan havanın yükselmesinden yola çıkılmalı ve en yüksek ısı oluşturan ekipmanlar en üstte, düşük ısı gücüne sahip ekipmanlar ise altta yer almalıdır. Yüksek ısı oluşumunun en iyi kontrolü belirli bir hava akımı oluşturmaktır. Bu nedenle koruma sınıfının el verdiği boyutta havalandırma delikleri açarak kabin içi hava sirkülasyonu oluşturulmalıdır. Balast ve diğer bobin yapıları gibi yüksek ısı üreten nesnelerin daha az ısınan ateşleyici ve kondansatör devrelerinden uzak konumlandırılmalarına dikkat edilmelidir.

LED ışık kaynaklı aydınlatma armatürlerinde üretilen ısının dış ortama transferi diğer ışık kaynaklarından farklıdır. Konvansiyonel ışık kaynakları üretilen ısıyı genel olarak ışıınım (radyasyon) yolu ile transfer ederler. LED'ler ise ürettikleri ısıyı ancak iletim yoluyla dışarı transfer edebilmektedir. Bu farklılık LED'ler ile çalışacak sistemler tasarlanırken farklı ısı transfer seçeneklerinin düşülmesi gerekliliğini ortaya çıkartmaktadır.

Çizelge 2.10 Işık kaynaklarının ısı transfer mekanizmalarının karşılaştırılması

Işık Kaynağı	Işınım (%)	Taşınım (%)	İletim (%)
Enkandesen	>90	<5	<5
Flüoresan	40	40	20
HID	>90	<5	<5
LED	<5	<5	>90

LED'lerin jonksiyon sıcaklığı arttıkça ürettikleri ışık miktarları düşmektedir. Şekil 2.30'da farklı jonksiyon sıcaklıkları için farklı renklerde ışık yayan LED'lerin ışık akılarının değişimi gösterilmektedir. Maksimum ışık akısının 25 °C'de elde edildiği kabul edilmiştir.



Şekil 2. 36 Jonksiyon sıcaklığı artışının ışık akısına etkisi

Elektriksel Verim

Elektriksel ekipmanlarda görülen kayıplar ilgili ürünün üretim tekniği ve teknolojisine bağlı olarak farklılık göstermektedir. LED'lerin çalışması için gerekli yardımcı eleman olan sürücüler de %100 verimli değildir, standart tip LED sürücülerinin verimleri %80-90 arasındadır. Sürücüdeki kayıpların artması, çekilen toplam armatür gücünün yükselmesine ve elektriksel kayıpların ısı formunda ortaya çıkmasına neden olmakta ve bunların sonucunda toplam armatür verimi azalmaktadır. LED'li armatür tasarımlarında toplam güce uygun sürücünün seçilmesi armatür verimi için önemli bir kriterdir. Uygun sürücünün seçilmesi ve tam yüke yakın çalıştırılması, elektriksel verimi yükseltecek, armatür etkinlik faktörünü artıracak ve elektriksel kayıpların ısıya dönüşmesini engelleyecektir.

Çizelge 2.11 İyi ve kötü LED armatür tasarımı karşılaştırılması

	Kötü LED Armatürü Tasarımı	İyi LED Armatürü Tasarımı
LED	100 lm - 350 mA - 1,1 W	100 lm - 350 mA - 1,1 W
Hedef	1000 lm	1000 lm
Sistem Kaybı	%60 (Termal, Optik, Güç kaynağı) [1]	%23 (Termal, Optik, Güç kaynağı) [2]
1000 lm için kullanılması gereken LED adeti	1000/40=25 adet LED Toplam Güç=25x1,1=27,5 Watt	1000/77=13 adet LED Toplam Güç=13x1,1=14,3 Watt
	[1] 100x0,6=60 lm 100-60=40 lm (Tek LED'den hedefe giden ışık) [2] 100x0,23=23 lm 100-23=77 lm (Tek LED'den hedefe giden ışık)	

[Kaynak: Cree – 2010]

2.4.2 LED'li Armatür Güvenilirliğinin Değerlendirilmesi

Özetlenecek olursa LED ışık kaynaklı armatürlerin ömrü tahmin edilen LED ömrü ile aynı değildir. LED'li armatür ömrü; güç kaynağının, çalışma sıcaklığının, ısı yönetimin ve komponentlerin fonksiyonudur. Kesin ömür değerlendirmeleri, aydınlatma alanında kayıtlı deneyimler ve standartlar oluşmadığı sürece mümkün olmayacaktır.

LED'li armatürlerin güvenilirliğinin sağlanması için bazı maddeler aşağıda belirtilmiştir:

- Güvenilir verileri yayınlanmış üreticilerin yüksek kaliteli LED'lerinin kullanımı,
- Önerilen armatür garanti sürelerinin en azından uygulanmış geleneksel ışık kaynaklı armatürler ile karşılaştırılabilir olması,
- Armatür fotometrik raporlarının bağımsız laboratuvarlardan sağlanmış olması,
- Çalışma sıcaklık verileri. Sistemlerin tahmini ömürleri ile ilgili termal direnç katsayılarının belirlenebilmesi için sıcaklıkların nasıl ölçüleceği hakkında bilgi,
- LED'li armatürlerin uzun dönemdeki performanslarına uygun bazı test verileri.

DİNAMİK AYDINLATMA ve DİNAMİK AYDINLATMANIN İNSAN BEDEN VE RUH SAĞLIĞINA ETKİSİ

Dinamik Aydınlatma

Işığın hayatımızdaki anlamını ve gücünü sorgulayan “Gece neden uykumuz gelir, gündüz enerjik olmamızda ışığın etkisi nedir? Gün içinde biyolojik ritmimiz ile ışığın gün içindeki döngüsü arasında bir ilişki var mı?” gibi soruların yanıtları ‘Dinamik Aydınlatma’ kavramını ortaya çıkarmıştır. Işığın doğayla, insanın ışıkla ilişkisinden elde edilen verilerle, yaşam alanlarımız doğru aydınlatma sayesinde moral ve performans kaynağı haline gelebilmektedir.

Dinamik aydınlatma ile aydınlatılacak ortamın ihtiyaçlarını karşılayacak, sürekli değişime uygun ve kontrol edilebilir tasarımlar yapılabilmektedir. Dinamik aydınlatma sabit değildir, ışık şiddeti ve renk sıcaklığı değişebilir. Dinamik aydınlatmaya en basit örnek olarak enkandesan lamba ve sensörler verilebilir. İhtiyaçları tam anlamıyla karşılamak için ise nispeten daha yüksek maliyetli, projenin yapısına bağlı olarak ciddi boyutlarda tasarruf sağlayabilecek kontrol seçenekleri mevcuttur. Profesyonel anlamda çok daha gelişmiş çözümler için modern otomasyon sistemlerinden ya da aydınlatma kontrolü için tasarlanmış DALI gibi aydınlatma kontrol sistemlerinden ve bu sistemlerin sunduğu kontrol seçeneklerinden faydalanılması gerekmektedir.

Aydınlatma kontrol sistemleri; işlevsellik, güvenlik ve enerji verimliliği konularında alternatif çözümler oluşturmakta ve çok daha modern sistemlerin yapılandırılmasına imkan sunmaktadır. Aydınlatma kontrol sistemleri, esas olarak ışık kaynaklarına gelen

çıkışları kontrol ederek çalışırlar. Değişken aydınlık seviyelerine ihtiyaç duyulan veya günışığından faydalanarak enerji tasarrufu yapılmak isten uygulamalarda dimmerleme etkin bir çözüm olabilecektir. Dimmerlemenin yapılabilmesi için kullanılan ışık kaynağı ve diğer elektriksel ekipmanların bu tip bir yapıya uygun olması gerekmektedir.

Gündüz ve gecenin ritmi, mevsimler ve hava koşulları, gün içinde sürekli değişen ışık senaryoları yaratır. Dinamik Aydınlatma, gün ışığının dinamizmini iç mekanlara taşıyan gelişmiş bir çözüm olarak ve insanların ruh hallerini güçlendiren uyarıcı bir 'doğal' ışık yaratarak sadece enerji tasarrufu sağlamakla ve enerji verimliliğini artırmakla kalmaz, insanların biyoritmine uyumlu olarak kendilerini iyi hissetmelerini de sağlar.

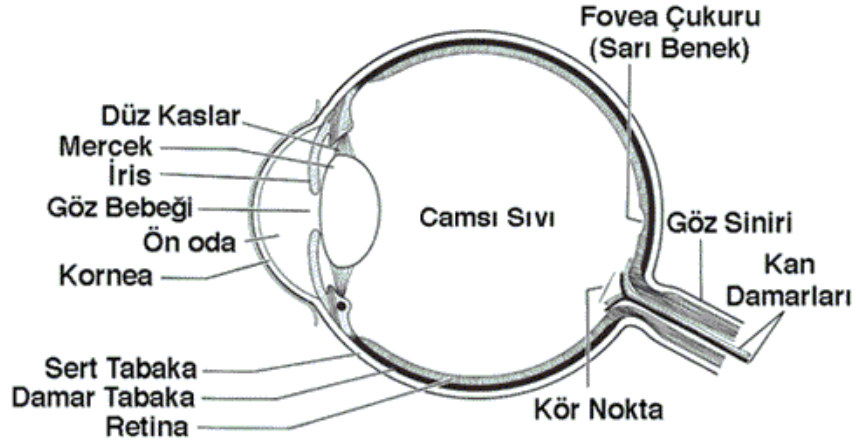
3.1 Işık ve Biyolojik Sistem

Merkezi sinir sisteminden çıkan emirlerin ve iç salgı bezlerinden salgılanan hormonların etki ettiği tüm doku ve organlardan oluşan biyolojik sistem, sinir ve hormon sisteminin ışıkla tepkimeye girmesi sonucunda etkilenmektedir.

Göze giren ışığın niteliği ve niceliğine bağlı olarak yalnızca görme eylemi gerçekleşmez aynı zamanda biyolojik ritim, psikolojik-fizyolojik durum ve kişisel algı değişmektedir.

Işığın göz içerisine gelmesinden görme duyumu oluşana kadar enerji dönüşümü olmaktadır. Yaklaşık 2,5 cm çapında küresel bir yapı taşıyan gözün ön kısmı hariç tüm çevresini sklera adı verilen beyaz ve sert renkli bir tabaka oluşturur. Ön kısmı, kornea adı verilen saydam bir tabakayla kaplanmıştır. Göz bebeği denilen açıklık ve bunu çevreleyen renkli tabaka (iris) korneanın arkasında yer alır. İrisi kontrol eden kaslar, korneadan giren ışığın şiddetine göre, ortada açıklığın (göz bebeği) genişliğini ayarlar. Buradan giren ışık, irisin arkasında yer alan göz merceğinden geçerek gözün arka kısmındaki retina tabakasının üzerine düşer. Gözün arka iç kısmını retina denilen 10 kattan oluşmuş bir tabaka kaplamaktadır. Retina tabakasını, sklera ile retina arasında yer alan damar tabaka (choroid) besler. Fotoğraf filmine benzetilen bu tabakadaki rod hücreleri ışığı, kon hücreleri ise rengi algılar. Rod hücreleri kon hücrelerinin yaklaşık 20 katı kadardır. Arkada göz merceğinin karşısına gelen kısım (fovea) biraz çukur yapıdadır. Kon hücrelerinden yoğun olan bu kısımda, sarı leke (makula lutea) denilen ve merkezsiz görmeyi sağlayan bölge de yer alır. Kon ve rod hücreleri, üzerlerine gelen ışığı elektrik uyarıları haline çevirir. Buradaki sinir uçları birleşerek optik sinir adını alır

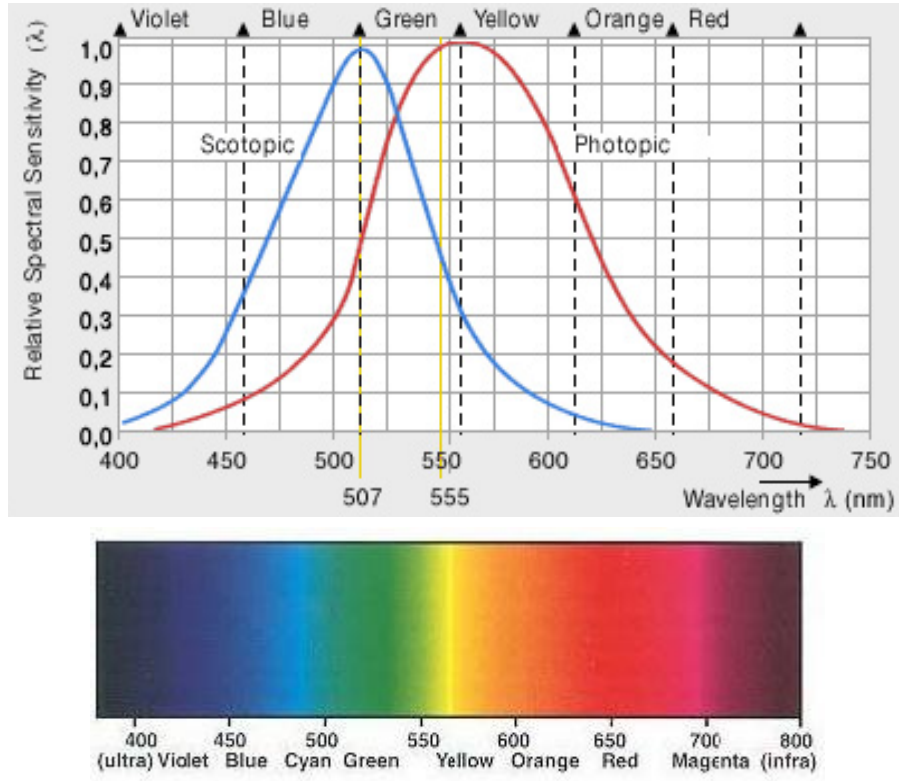
ve elektriksel uyarılar beyindeki görme merkezine ulaşır ve böylece görünen madde algılanmış olur.



Şekil 3. 1 Gözün yapısı

Gözün fonksiyonları, koniler ve rodler göz içerisinde düzgün dağılmamış olduklarından dolayı ışığın görme alanının hangi kısmından göze geldiğine ve konilerin ve rodlerin ışığa karşı tepkileri farklı olduğu için, bu gelen ışığın şiddetine bağlıdır.

İnsan Gözünün Hassasiyet Eğrisinde Koni sistemini kırmızı eğri, Rod sistemini mavi eğri göstermektedir. Kırmızı eğride görüldüğü gibi göz, aşırı mavi ve aşırı kırmızı renkte çok hassas değildir ve maximum hassasiyeti sarı-yeşil renkte 555 nm dalga boyunda gösterir. Bu sisteme 'photopic' adı da verilmektedir. Görme alanında parlıltı 10 cd/m^2 'nin üzerine çıktığında, görme olayı tamamen koniler tarafından üstlenilir ve parlıltının ne kadar artacağından etkilenmez. Mavi eğri, ışığı algılamamız da etkili olduğu gibi yeşil renkte 507 nm dalga boyunda maximum hassasiyeti gösterir. Bu sisteme de 'scotopic' adı verilmektedir. Parlıltısı $10^{-\infty}$ ile 10^{-2} cd/m^2 arasında değişen bir görme alanında görme olayı gerçekleşir. Scotopik sistemde, bakış doğrultusu dışında kalan cisimler, bakış doğrultusundakilere göre daha rahat fark edilirler. Bu olayın nedeni, scotopik görmeyi üstlenmiş olan rodlerin belirtilen parlıltı düzeyleri arasındaki dağılımlarıdır.



Şekil 3. 2 İnsan gözü için spektral hassasiyet eğrileri

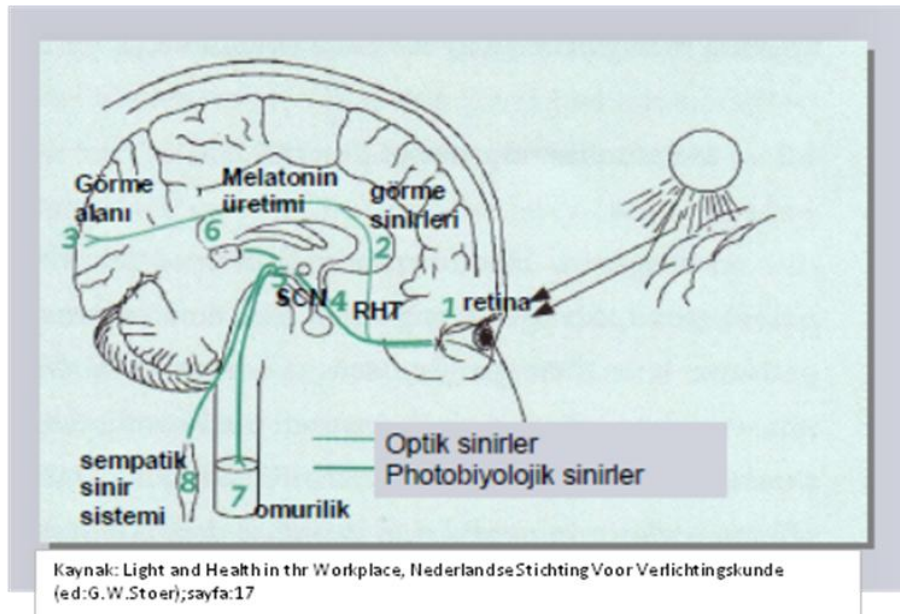
Ayrıca görme alanı parlaltısının 10^{-2} cd/m² 'nin üzerine çıkması 'mezopik' görme sistemini işaret etmektedir. Bu durumda aydınlık düzeyi artıka bakış doğrultusundaki görme düzelir, renk duyumu başlar ve aydınlık düzeyinin yükselmesi ile artar aynı zamanda koni ve rod hücrelerinin görme olayına katkı oranları değiştiğinden dolayı farklı renklerdeki cisimlerin bağıl parlaklıkları değişir.

Gözün beyindeki görme merkezine olan sinir bağlantıları dışında hipofiz bezine de bağlantıları bulunmaktadır. Bütün hormon bezlerine kumanda edebilen hipofiz, ayrıca bütün bu hormon bezlerinden daha fazla hormon salgılar. Hipofizin salgıladığı hormonların bir kısmı metabolizmayı direk etkilemektedir.

2002 yılında, koni ve çubuk hücrelerden başka, ışığa duyarlı üçüncü bir hücre David Berson tarafından bulunmuş ve bu hücrenin hipofiz beziyle olan ilişkisi açıklanmıştır. Işık bu hücrelere ulaştığı zaman burada kimyasal reaksiyon meydana gelir ve tekrar elektrik darbeleri oluşturur. Bu hücre, aydınlık ve karanlık tarafından kontrol edilebilen, biyolojik etkilerin mekanizması 'kayıp halka' olarak tanımlanan spesifik retina boğum hücreleridir.

Bu yeni hücrenin farklı dalga boylarındaki ışığa olan duyarlılığı 'melatonin' hormonunun salgısını değiştirmektedir. Işık, melatonin üretimini azaltırken kortizol üretimini artırır. Melatonin, beyindeki epifiz bezinden özellikle geceleri karanlık ortamda salgılanan bir hormondur. Işık kısa süreli de olsa yeterli şiddette ise, melatonin salınımını baskılar. Günlerin kısa olduğu kış mevsiminde melatonin üretimi artar, yaz günleri ise azalır. Gece karanlık koşullarda artan melatonin salgısına bağlı olarak, uyku kalitesi, uyanık olma durumu etkilenmekte, mevsimsel depresyon belirtileri ve bağışıklık sistemindeki yetersizlik dengelenmekte, kötü huylu tümör oluşumu kontrol edilebilmektedir.

Bu yeni foto reseptörlerin hassasiyetleri ise ışığın farklı dalga boyları dolayısıyla farklı ışık renkleri için de çeşitlilik göstermektedir. Çalışma koşulları ve saatlerindeki değişime bağlı olarak, kişilerdeki biyolojik sistem etkilenmekte, bu sorun uyku düzensizlikleri, mide ve sindirim sorunları (gastrointestinal), hafızada bulanıklık, yorgunluk ve adaptasyon güçlüğü gibi sonuçlara neden olabilmektedir. Brainard ve Glickman tarafından yapılan bir araştırmaya göre, çalışma saatlerinde sık değişim yaşayan kişilerde, biyolojik saatin değişimine ve ritm bozukluğuna bağlı olarak, daha fazla kalp rahatsızlıkları ve psikolojik sorunlarla karşılaşmıştır. Gözümüze giren farklı dalga boylarındaki ışıkların, optik ve fotobiyolojik sinir uçları aracılığıyla taşınması, görme eyleminin gözün ön bölümünde değil, aslında beyinde sonuçlandığını göstermektedir. Şekil 3.3'de, optik ve fotobiyolojik sinir uçlarının beyindeki yerleşimi görülmektedir.



Şekil 3. 3 Optik ve fotobiyolojik sinir uçlarının beyindeki yerleşimi

Biyolojik Saat ve Biyolojik Sistem

İnsanlarda, belirli aralıklarla tekrarlanan davranış şekilleri biyolojik saati ifade etmektedir. Son 30 yıldır açıklık kazanan, 24 saatlik bir düzen içinde tekrarlanan biyolojik saat, uyku-uyanıklık düzeni olarak bilinen sirkadyen düzeni de etkilemekte; sirkadyen düzen ise iş verimi, vücut ısısı, uyku hali üzerinde etkili olmaktadır. Sirkadyen düzen içerisinde insanlara en çok etki edecek aydınlık düzeyi seviyeleri araştırılmaktadır. Burada dikkate edilmesi gereken önemli bir parametre doğru ışık kaynağının seçilmesidir. Bazı ışık kaynakları diğerine göre 3 kat daha fazla etkili olabilmektedir. Bunun yanında diğer önemli parametre de yüzeye düşen ışık miktarı değil, düşen ışığın ne kadarının retinaya uygun olduğudur. Aşağıda, sabah kalkıp öğlen yemek yiyen ve akşam uyuyan bir insanın günlük döngüsünü belirtilmiştir:



Şekil 3. 4 Biyolojik saat sirkadyen düzeni etkilemektedir.

24.00 Gece yarısı. Uykunun ilk evresi başlıyor.

01.00 Beden kendini uykuya programlıyor. Dikkat azaldığından bu saatte çalışanların hata yapma olasılığı, iş ve trafik kazaları artıyor.

02.00 Derin uyku. Melatonin en yüksek düzeydedir. Beden soğuğa karşı aşırı duyarlı oluyor. Görme duyusu ve refleksler zayıflıyor. Gece yapılan trafik kazalarının çoğu bu saatte oluyor.

03.00 Melatonin salgılanması azalıyor. Kişide kararsızlık ve melankolik hissetme artıyor. İntihar vakaları bu saatte çok görülüyor.

04.30 Beden sıcaklığının en düşük olduğu saat.

05.00 Erkeklik hormonu çok salgılanıyor. Stres hormonları artmaya başlıyor ve kaybolan enerji geri geliyor.

06.00 Kortizon salgılanması artıyor, beden uyanmaya başlıyor. Metabolizma hareketlenerek günün işleri için enerji ve proteinleri hazırlamaya başlıyor.

06.45 Kan basıncında ani yükselme.

07.00 Beden tüm gücünü daha toplayamadığından spor yapmak önerilmiyor. Sabah erken saatlerde yapılan yorucu sporlar kalbe gereksiz yere yüklenilmesine yol açıyor. Sindirim sistemi çalışmaya başlıyor. Güne iyi hazırlanmak için güzel bir kahvaltı şart.

07.45 Melatonin salgılanması duruyor.

08.00 Nikotinin sağlığa en çok zarar verdiği saat. Sabah içilen sigara damarları her zamankinden çok daraltıyor.

08.30 Bağırsak hareketleri başlıyor.

09.00 Bedenin kuvveti artmaya başlıyor.

10.00 Yüksek alarm durumu. Enerjimiz yüksek, verimlik üst düzeyde, beyin yaratıcı ve dinamik.

11.00 Beden artık forma girdi. Beynimiz hızlı çalışıyor, özellikle hesap işleri zorlanmadan yapılıyor.

12.00 Öğle zamanı. Artık karnımız acııyor, dikkatimiz azalıyor, midedeki asit miktarı artıyor.

13.00 Beden formdan düşmeye başlıyor, verimlilik azalıyor. Sindirim başladığı için dolaşımdaki kanın büyük bölümü bağırsakların çevresinde.

13.30 Kan basıncı düşüyor, kendimizi bitkin hissediyoruz.

14.30 Çevre koşullarına en yüksek uyum.

15.00 Enerjimiz geri geliyor. Belleğimiz tam formunda. Sabahkinden az olmakla birlikte ikinci verimliliğe yaklaşıyoruz.

15.30 En hızlı tepki dönemi, reflekslerimiz hızlı.

16.00 Kalp-damar sisteminin verimliliği çok yüksek, kas gücü dorukta.

17.00 Organların etkinliği üst düzeyde. Kuvvetimiz artıyor. Spor için en iyi saat.

18.30 Kan basıncı en yüksek seviyeye ulaşıyor.

19.00 Beden sıcaklığının en yüksek olduğu saat.

21.00 Melatonin salgılanması başlıyor.

22.30 Bağırsak hareketleri yavaşlıyor.

23.00 Dinlenme saati. Bedende stres hormonu salgılanması duruyor. Sakinleşip gevşiyoruz. Kan basıncı ve beden sıcaklığı düşüyor.



Şekil 3. 5 Sirkadyen düzen iş verimi, vücut ısısı, uyku hali üzerinde etkilidir.

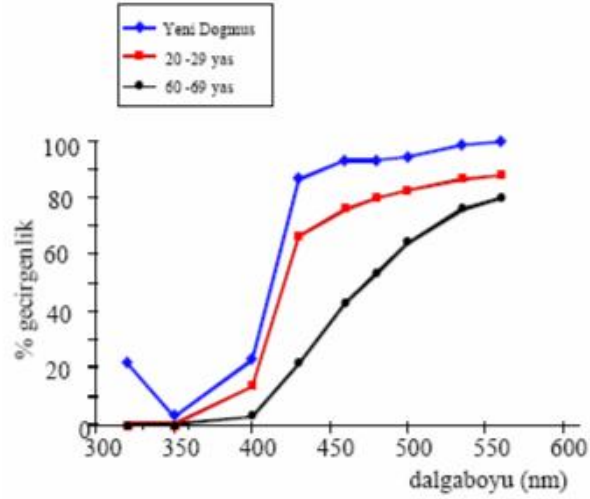
Belirli periyotlar halinde çok hassas bir saat gibi çalışan insan döngüsünü kontrol etme yetkisi verilen epifizden melatonin salgılanması ortamın ışık seviyesi ile ilgilidir. Melatoninin kandaki seviyesi yaşa bağlı olarak değişmektedir. Yeni doğanların kan plâzmalarındaki düşük melatonin seviyesi üçüncü aya kadar artmakta ve bu aydan sonra günlük melatonin ritmi daha dengeli bir şekilde devreye girmektedir. Sekiz yaş civarında kanda azami seviyeye ulaşırken, ergenlik döneminde bariz bir şekilde azalma görülür. Ergenliğin gecikmiş olduğu durumlarda melatonin miktarında artış

gözlenmektedir. Kan melatonin seviyesi, ergenlikten sonra sürekli bir azalma göstermekte, buna paralel olarak uyku süresi ve niteliği de giderek azalmaktadır. Melatonin salgılanmasındaki azalma, bağışıklık (immün) cevabını azaltıcı bir tesire de sahiptir. Bu yüzden, melatonin sentezinin engellendiği hastalıklarda vücut direncinde de azalma görülmektedir. Melatoninin gece boyunca düşük seviyede salgılanması uykunun azalmasına ve bu sebeple uykuya doyum ihtiyacının artmasına sebep olmaktadır. Akşamın erken saatlerinde yeterli miktarda melatonin salgılanmaz ise uykuya dalma güçleşir, salgılanma devam etmediği takdirde, gece uyanmaları ortaya çıkar. Epifizden fazla miktarda ve uzun süre melatonin salgılandığı durumlarda ise uyku isteği devam eder. Melatonin takriben akşam saat 21:00'den sonra salgılanmaya başlar, gece saat 02:00–04:00 arasında en yüksek seviyeye ulaşır ve sabah saat 07:00'de de azalır. Bu ritim, gece uyuma hissinin artışına sabah ise uyanmaya katkıda bulunur.

Yazın gündüzlerin uzun sürmesi ve vücudumuzun daha fazla gün ışığı alabilmesi melatonin seviyesini azaltmakta, kışın ise gecelerin daha uzun sürmesi sonucunda vücuttaki melatonin seviyesi artmaktadır. Bu etkileşim, farklı iklim bölgelerinde yaşayan kişiler arasında daha belirgin olarak görülmektedir. Dolayısıyla biyolojik sistem iklimsel farklılıklara bağlı olarak da değişim göstermektedir. SAD (Seasonal Affective Disorder – İklimsel Etken Düzensizliği) hormon ve sinir sistemindeki değişime bağlı olarak ortaya çıkan bir rahatsızlıktır. SAD, iklimsel etkenlere bağlı olarak, yeteri kadar gün ışığı alamayan kişilerin hormon sistemindeki düzensizlikle ilgili bir semptomdur. Özellikle, kuzey ülkelerinde görülen bu rahatsızlığı gidermek için hastalara, yüksek aydınlık düzeylerinde ve değişen şiddet ve periyodlarla ışık terapisi uygulanmaktadır. Literatürde 'ışık terapisi' diye belirtilen bu tedavi, İsviçre'de sağlık karnelerine bile reçete edilmekte, 2-3 hafta gibi bir süreçte, mevsimsel değişimlere ve günışığı yoksuluğuna bağlı ortaya çıkan depresyon belirtilerinin kaybolduğu savunulmaktadır.

Biyolojik sistem, kişisel farklara bağlı olarak da etkilenmektedir. Örneğin, yaş etkenine bağlı olarak gözün yapısında ve spektral duyarlılığında değişim meydana gelmektedir. Bu değişimin bir sonucu olarak 60 yaşın üzerindeki kişilerin mavi dalga boyundaki ışığa karşı olan duyarlılığında azalma görülmektedir. Yaşlı insanlarda lensin geçirgenliğinin azalması, düşük dalga boylarında çok daha yaygındır. Bu, yaşlı insanların mavinin farklı

gölgelerini algılamalarının artışının sebebini açıklar. Ek olarak, renk algılanmasının azalması, görsel alanın boyutunun da düşmesine sebep olur. Gözdeki lens, ışığı daha çok dağıtır ve retinada görüntünün perdeleyici bir aydınlıkta kapanmasına sebep olur.

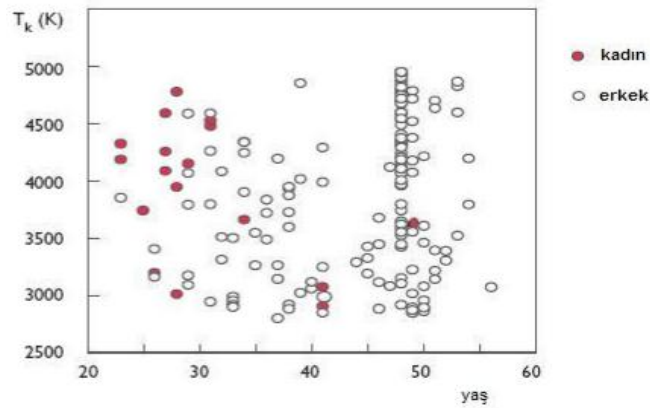


*(Whikehart,R.2003.Biochemistry of the Eye,)

Şekil 3. 6 Çeşitli yaş kategorileri için lens geçirgenliği

Göz, yaşlı insanlar için farklı kontrast koşullarında o kadar da hassas değildir ancak insanlar için nesneleri açıkça görmeyi engelleyen kamaşmaya karşı daha hassastır. Yükselen mutlak aydınlık eşiği yaşlı bir göz için; farklı koşullara adapte olmanın daha uzun sürmesi anlamına gelir.

Yapay ışığın rengi ve aydınlık seviyesi ile çalışma ve yaşama alanlarında dinamik bir ortam yaratılabilir. Ofis alanlarında tercih edilen ışıkla ilgili yapılan çalışmalarda, her bireyin kendi kişisel ihtiyaç ve özelliklerine göre tercih yapıldığı görülmüştür.



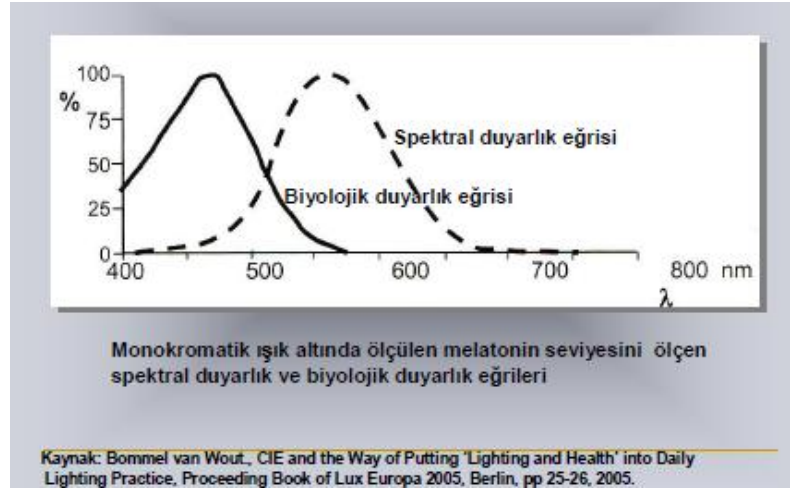
Şekil 3. 7 Farklı yaş grupları için talep edilen ışık rengi değerleri

Biyolojik sistem, fizyolojik farklardan da oldukça etkilenmektedir. Örneğin; otizm hastalığı bulunan çocuklarla iletişim kurabilmek ve o çocukların gelişimi için uygun ortam yaratabilmek adına uygulanan aydınlatma tasarımları daha farklı yapılmaktadır. Otizm hastalığında birçok duyu kanalı bozulur. Tedavisi için tüm bozulan algı fonksiyonlarından başlamak ve nedenlerini ortadan kaldırmak gerekir. Büyümekte olan otistik çocukların çevresinde ki ışığın iyi bir şekilde tasarlanması halinde, bu çocuk ile iletişimin iyileştirileceği, öğrenmesinin artacağı, konforlu bir ortam yaratılacağı ve çocuğun okul ortamında kendisini daha rahat hissedeceği düşünülmektedir. Bu çerçevede önce otistik insanların gözünde ışığın sebep olduğu nörolojik bozukluklar incelenmelidir. Zekice bir tasarımın ilk kurallarını geliştirmek için gerekli parametreleri oluşturmak açısından ışığın renk verimi, tayf dağılımı, gün ışığı ve lambaların yerleşim düzenleri belirlenerek okullarda iletişimi destekleyen metot ve yaklaşım biçimi geliştirilerek ışık tasarımı yapılmalıdır. Ultrason görüntüleri ile otistik gözlerde konilerin (renkli görme) çubuklara (gece veya siyah beyaz görme) göre görme tayfının belirli dalga boylarında anormallik gösterdiği kanıtlanmıştır. ABD'nin New York kentinde Barton ilkokulunda yapılan araştırmalar ile teoriler gözden geçirilmiş ve bu doğrultuda yeni uygulama yapılmıştır. Aydınlatma alanlarında normal çocuklar için doğru olan tam renk tayfına ve yüksek verim endeksine sahip ışık kaynakları doğru olabilir gibi görünürken otistik çocuklar için uygun görülmemektedir. Bu çocukların bulundukları ortamlarda dar bant emisyon tayfı, kötü renk verimi ve düşük ısı renkleri olan lambalar daha uygun görülmektedir. Renkli ve görsel çekiciliği olan öğelerin azaltılması ile beyin, aşırı uyarılmadan bilgileri çok daha iyi filtrelemektedir. Mimari açıdan bakıldığında bu çocuklar için göz kamaştırıcı renkler, canlı, görsel olarak uyarıcı etki yaratan sınıfların uygun olmadığı, altın sarısında olduğu gibi sıcak renklerin kullanımının muhtemelen en doğru çözüm olacağı kanısına varılmıştır.

3.2 Işık Kaynağının Spektral Dağılımının İnsan Üzerindeki Etkisi

Yaşantısını düzenli olarak sürdüren bir insanın bu döngüsünün, ışık kaynağının spektral dağılım özelliğini etkilediği çeşitli araştırmacılar tarafından savunulmaktadır. Spektral dağılımı sürekli ve düzgün olan ışık kaynakları ve monokrom ışık kaynakları altında gözün spektral duyarlılığı etkilenmektedir. Gözün spektral duyarlılığı 500-600 nm (sarı-

yeşil renk bölgesi) arasında maksimum seviyeye ulaşmakta, spektral dağılım grafiği bu aralıkta yüksek değerler gösteren ışık kaynakları gözü daha fazla etkilemektedir. Ancak biyolojik duyarlık, spektral duyarlıktan farklı olarak, 450-500 nm (mavi renk bölgesi) arasında maksimuma erişir. Kişilerin biyolojik sistemi düşünüldüğünde bu fark önem kazanmaktadır. Şekil 3.8, spektral duyarlık ve biyolojik duyarlık arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 3. 8 Monokromatik ışık altında ölçülen melatonin seviyesi için spektral duyarlık ve biyolojik duyarlık eğrileri

Güneş ışığının, biyolojik sisteme etkisini araştırmak için yapılmış bir çalışmaya göre, bir mekanda gerekli minimum aydınlık düzeyini sağlamak, melatonin seviyesini düzenlemek için yeterli olmamakta, güneş ışığına yaklaşıldıkça yüksek aydınlık düzeylerine ihtiyaç duyulmaktadır. Burada yüksek aydınlık düzeyi sağlanmaya çalışılırken kamaşma göz önünde bulundurulması gereken önemli parametredir. Güneş ışığı etkisinin olduğu koşulda, melatonin gibi biyolojik sistem üzerinde etkili hormonların, kişilerin aktivite düzeylerini etkilediği belirlenmiştir.

3.3 Dinamik Aydınlatmanın İnsan Beden ve Ruh Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Fizyolojik aydınlatmada amaç; cisimleri şekil, renk ve detaylarıyla rahat ve hızlı görmektir. Ancak ışık, görme eylemini gerçekleştirmek için ihtiyaç duyulan fiziksel bir çevre bileşeni olmanın ötesinde, biyolojik sistemi ve kişinin psikolojik çevresini de etkilemektedir.

Kişilerin biyolojik saatlerindeki bozukluk veya ritim değişikliği melatonin hormonunun salgısını değiştirmekte ve bu durum kişilerde uyku kalitesi bozukluğu, uyanık olma durumunun etkilenmesi, mevsimsel depresyon belirtileri, hafızada bulanıklık, adaptasyon güçlüğü, bağışıklık sistemindeki yetersizlik ve kötü huylu tümör oluşumu gibi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. İç aydınlatmada bu tür problemlerin yaşanmaması, daha verimli çalışma ve yaşama ortamı sağlanması açısından dinamik aydınlatma gerekli ve kaçınılmazdır. Dinamik aydınlatma ile biyolojik saate uygun aydınlatma tasarımı yapılması ve günışığı faydalarının çalışma ortamına getirilmesi dinamik aydınlatmanın tercih sebebidir.

Gece ve gündüz, mevsimlerin de etkisiyle gün içinde farklı ışıklar yaratmaktadır. Doğal ışığın ritmi insan bedeni üzerinde de etkili olmaktadır. Bu ritmin ortamlara taşınması, ışığın ihtiyaçlara göre uyarlanabilmesini sağlar, dolayısıyla koşullara göre gün içinde sürekli değişen ışık senaryoları meydana getirilebilmektedir. Dinamik Aydınlatma, gün ışığının dinamizmini iç mekanlara taşıyan gelişmiş bir çözümdür. İnsanların ruh hallerini güçlendiren uyarıcı bir 'doğal' ışık yaratır.

Doğru ve ihtiyaçları karşılayan dinamik aydınlatma;

Çalışma ortamlarında;

- Çalışanlara sağlanan sağlıklı ve huzurlu bir ortam,
- Daha iyi odaklanma ve çalışma performansı,
- Daha az hata,
- Daha iyi iş güvenliği,
- Daha az kaza ve
- Daha az devamsızlık
- Daha az yorgunluk hissi gibi faydalar sağlar. Tüm bu etkilerin toplamı ile daha iyi üretkenlik oluşması sağlanır.

Okullarda;

- Genç zihinlerin canlı, konsantre ve katılıma istekli olmaları,
- Daha hızlı okuma ve daha az hata ile performans artımı,
- Öğrenim sürecinde sağlıklı ortam ile faydalı okul dönemi sağlanır.

3.4 Işık ve Tıpta Bazı Tedavi Yöntemleri

Belirli dalga boylarındaki ışıklar, tıpta çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır.

Alzheimer hastaları ile yürütülen bir çalışmada yalnızca mavi ve kırmızı dalga boylarına sahip monokromatik ışıkların uyku düzensizliklerinin tedavisinde kullanımı araştırılmıştır. Bu hastalık için etkili çözüm yöntemi oldukça azdır. Alzheimer hastalarında birçok uyku problemleri görülmektedir. İlerleyen yıllarda hastalar, akşam vakitlerinin yaklaşık %40'ını uyanık ve gündüz vakitlerinin büyük bir kısmını ise uykuda geçireceklerdir. Klinik araştırmaları göstermektedir ki; mavi ışık tedavisi kırmızı ışık tedavisi ile kıyaslandığında hastalar saat 02:00 ve 04:00 saatleri arasında mavi ışık tedavisinden sonra daha iyi uyumaktadır. Mavi ışık tedavisi vücut sıcaklıklarının düşüşünü de 2 saat ertelemektedir.

Fototerapi çeşitli deri hastalıklarının tedavi edilmesinde önemli yere sahip bir alternatiftir. UV ışını yayan lambaların geliştirilmesi ve yeni ışınlama teknikleri ile fototerapi yaygınlaşmıştır. Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde yapılan araştırma da yaşları 5 ile 76 arasında değişen (ortalama 42.1 ± 15.9) hastaların; 26'sı kadın, 26'sı erkektir. En sık kullanılan tedavi yöntemleri dar bant UVB (%65), lokal PUVA (%23) ve PUVA'dır (%6). Hastaların çoğu (%73) fototerapi ünitesinde olumlu bir ortam ve iyi bir tutumla karşılaştıklarını belirtmişlerdir. Ünite hastalar tarafından "sıkışık", "kalabalık" fakat aynı zamanda "umut verici" olarak tanımlanmıştır.

Ayrıca alçak basınçlı civa buharlı bir lamba 254 nm dalgaboyunda bakteri ve viruslerin DNA bileşenini yıkarak, hastalığın tedavisinde, kızılötesi ışınların ısı taşıdıkları ve fizik tedavi amaçlı kullanıldığı da bilinmektedir.

Yaşlılarda uyku düzensizlikleri ve depresyon için ışık tedavisi amaçlı Amerika'da yapılan araştırmalar bu konu hakkında kapsamlı bilgi vermektedir. Uyku bozuklukları ve depresyon, yaşlılarda yaygın olarak görülen şikayetlerdir. Yapılan araştırmalar ışık tedavisinin bu bozuklukların iyileştirilmesinde yararlı olduğunu göstermektedir. İlaç tedavisi bu hastalıklar üzerinde iyileştirici olmasına rağmen, ilaçlar daima etkili değildir ve yan etki taşımaktadır. Philip D. Sloane, Mariana Figueiro, Lauren Cohen tarafından yapılan ve 'Clinical Geriatrics' (American Geriatrics Society) tarafından paylaşılan

bilgilere göre fizyolojik, bilimsel kanıt ve tedavide kullanılabilir şartlar göz önünde bulundurularak yaygın geriatrik durumlar için tedavi edici önerilerde bulunulmuştur.

Işık terapisi uygulamalarında fizyolojik bulguların en önemlisi sirkadyen döngü ve melatonin salgısı, kortizol ve vücut sıcaklığının günlük değişimleridir. 24 saat içerisindeki ışık seviyesindeki değişimler fizyolojik ritimlerin zamanlamasını sağlayarak akşam saatlerinde uyuma ve gündüz vakitlerinde uyanıklık durumlarını düzenlemektedir.

Sirkadyen ritim düşüklüğü dolayısıyla oluşan uyku bozuklukları, ilerleyen yaş ve azalan sağlık ile alzheimer hastalığına yüksek oranda katkıda bulunmaktadır.

Fizyolojik olarak temelde hangi ışık kaynağının insan ruh halini nasıl etkilediği az bilinmektedir ancak yapılan araştırmalarda mavi ışığın (440 – 460 nm) melatonin salgılanmasında en etkili ışık rengi olduğu da gösterilmiştir. Çalışmalar, yetişkin ve gençlerdeki melatonin seviyesinin salgı miktarı ve zamanlamasının arasındaki ilişkisi üzerinde başarısız olmakla birlikte mevsimsel depresyonlarda ışığın iyileştirici etkileri büyük ölçüde kabul edilmiştir. Yapılan iki düzine çalışma ile ışık terapisi yönteminin yaşlı insanlardaki uyku bozuklukları ve depresyon üzerindeki iyileştirici etkileri gösterilmiştir. Uygulamaların birçoğu tasarımlarla sınırlıdır. Ayrıca tedavi süresince geniş bir protokol değişimi ortaya çıkmaktadır. Örneğin bu çalışma için;

Işık tedavisi uygulanan süre: 1 günde 30 dk – 8 saat

Işık seviyesi: 200 – 10.000 lux

Işık spektrumu: polikromatik (çok renkli) beyaz ışıktan monokromatik yeşil veya mavi ışığa

Zamanlama: sabahtan akşama kadar tam gün

Uygulama süresi: birkaç günden birkaç haftaya kadar olan bir tedavi gözlemlenmiştir.

Parlak ışık tedavisi ile inaktif placebo tedavisi karşılaştırıldığında ışık tedavisi daha iyi sonuç vermektedir. Parlak ışık tedavisinin mevsimsel depresyon semptomlarını ortalama %53 oranında azalttığı görülmüştür. Parlak ışık grubundaki katılımcılarda placebo grubuna göre depresif belirtilerde daha fazla azalma yaşandığı belirlenmiştir. (placebo grubu 50 mg doz ilaç almıştır.)

Terapi etkisi için gerekli olan ışık seviyesi, görme olayının gerçekleşmesi için gerekenden çok daha yüksektir. Genelde önerilen minimum ışık terapisi 2500 lux beyaz ışığın 2 saat boyunca kornea üzerinde bulunan banta uygulanması veya bantın 30 dk boyunca 10.000 lux'e maruz kalmasıdır. 2500 lux aydınlık seviyesi bulutlu bir güne, 10.000 lux ise güneşli (aşırı açık olmayan bir gün) bir güne denk gelmektedir.

Yüksek aydınlık seviyesinde kamaşmanın az olmasına dikkat edilmelidir. Laboratuvar kontrolünde yapılan çalışmalar; daha düşük ışık seviyelerinin (yaklaşık 100 lux 4100 °K floresan ışık kaynağı) 6,5 saat boyunca uygulandığında insanların sirkadyen sistemini değiştirdiği görülmüştür. Burada önemli olan konu, gözdeki yaşlanma sebebiyle azalmış retinal aydınlıktan dolayı yaşlı insanlarda yüksek aydınlık seviyesi kullanılmasıdır.

Tutarlı bir bulgu olmaması durumunda aşağıda bazı klinik yaklaşımlar önerilmiştir:

- Mavi tonlarda beyaz ışık kaynağı (7500 °K floresan) sağlanmalıdır. Gün içinde en az 1000 lux göze gelmelidir. Bu seviyeler yüksek bulunursa bir ışık kutusu üzerinden daha düşük seviyelerde mavi ışık kullanılmalıdır. Bu durumda kişi, hergün belirli miktarda bu ışığın önüne oturmak zorunda kalmaktadır.
- Sirkadyen ritmin etkili olduğu hasta için en uygun zamanda kişi tedavi edilmelidir.
- Eğer bu zaman saptanamazsa ışık terapisi için en uygun aralığı belirlemek için hastaya yorgun olmaya eğilimli saat sorulmalıdır.
- Mümkünse bütün günü parlak ışıklı olarak göz önüne almalı, geceleri ise dimli ışık kaynakları ile ayarlanmalıdır.

Mevcut Tedavi Yaklaşımları

'Işık Kutuları' en yaygın tedavi araçlarıdır ve genelde floresan tüplerle uygulanmaktadır. Işık kutuları yüksek miktarda ışık sağlamaktadır (kornea üzerinde 2500 – 10.000 lux). Işık kutularına alternatif olan bir ürün de 'masa lambası'dır. Bir masa lambası da korneada 10.000 lux'e kadar ışık sağlamaktadır.

Işık kutularına alternatif portatif ışık vizörleri ile de 3000 lux sağlanabilmektedir.

Tüm mevcut ışık kutuları, masa lambaları ve ışık vizörlerinde 'full-spektrum' ışık kaynakları kullanılmaktadır.

Son zamanlarda monokromatik ışığa yakın ışık yayıcı diyotlar (LED) da ışık kaynağı olarak tercih edilmektedir. Bazıları mavi (470 nm) bazıları ise mavi/yeşil (yaklaşık 500 nm) LED kullanılmaktadır çünkü mavi LED'lerin dalga boyu sirkadyen sisteme en yakın hassasiyettedir. Işık kutularında kullanılan mavi LED'ler ile yaklaşık 400 lux, mavi/yeşil ile 500 lux'den 1200 lux'e kadar seviyeler kornea üzerinde elde edilir.

Işık tedavisinin dezavantajları:

Işık ile terapinin teorik olarak makul potansiyel riskleri; retina hastalıkları, genel somatik ve psikosomatik şikayetler (baş ağrısı, bulantı...) vb. artan fotosensitivite (ışığa duyarlılık gösterme)dir. Direkt ışığa maruz kalmak da katarakt, retinal hasar, UV ve kısa dalga boylu yüksek seviyeli ışıkların neden olduğu lens ve retina bozukluklarına sebep olabilir. Olumsuz bulgulardan dolayı uzmanlar önlem olarak hastaların retina hastalıklarını göz önünde bulundurmalıdır.

Bazı uzmanlara göre mavi ışığın zararları güneş ışığı ile karşılaştırıldığında kayda değer görülmemektedir.

Klinik uygulama için öneriler:

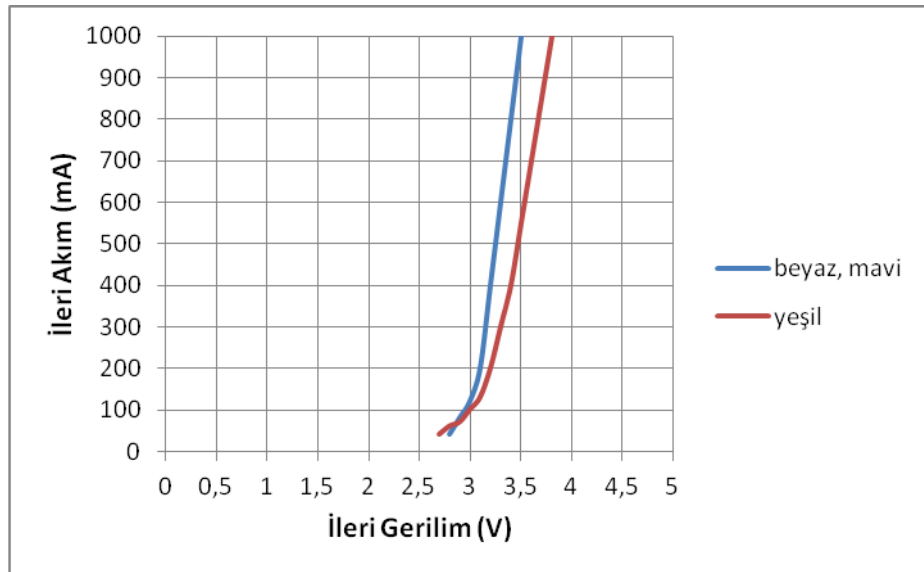
Uyku ve/veya depresif problemleri olan yaşlı insanlar için yüksek seviyeli mavimsi beyaz ışık (kornea üzerinde en az 1000 lux) sabah saatlerinde mümkün olan terapidir. Uyku şikayetleri olan hastalar ışık tedavisine başlamadan önce detaylı bir sağlık muayenesinden geçmelidir. Bu değerlendirmede uyku sırasında solunum durması, ilaç ile ilgili uyku bozuklukları ve alkolizm gibi durumlarda spesifik terapiler uygulanmalıdır. Çoğu uyku bozuklukları tedavisi sabah saatlerinde uygundur ancak bazı kişilerde sabahtan daha erken saatlerde yararlı olmaktadır. İlaç gerektiren haftalar yerine ışık terapisi ile tamamlayıcı etkiler olduğu kanıtlanmıştır.

BÖLÜM 4

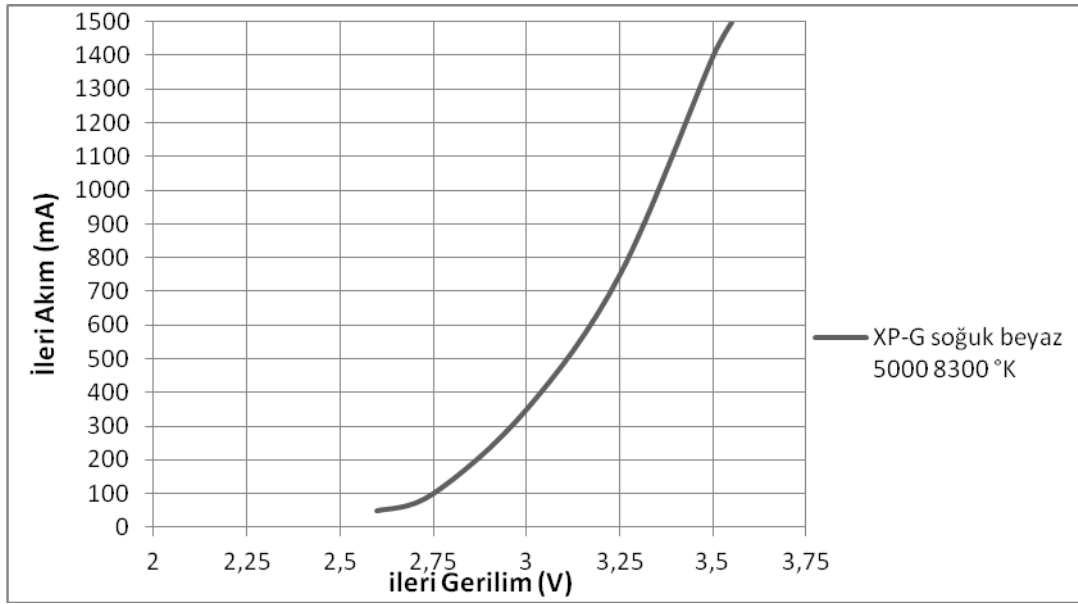
UYGULAMA

LED ışık kaynağı ile armatür tasarımı yapılırken tasarım hedeflerinden önce aydınlatma karakteristiklerinin belirlenmesi gerektiği çalışmada belirtilmiştir. Bu uygulama için uygun LED seçimi, çeşitli firmalardaki farklı LED'ler incelenerek yapılmıştır. LED teknolojisi henüz gelişmekte olduğundan ve belirli düzenlemeler standartlaşmadığından dolayı LED'li armatür tasarımlarında uygun LED ve sistem seçimleri zorlu olmaktadır. Gerçekleştirilecek olan uygulamada LED seçimi, dinamik aydınlatma amacına ulaşma doğrultusunda olmuştur.

Konvansiyonel ışık kaynaklarında olduğu gibi LED'lerde de aynı firmanın farklı ürün kodlarında teknik değerler kendi içerisinde değişebilmektedir.



Şekil 4. 1 Cree XP-E LED ileri sürme gerilimi ve ileri sürme akımı arasındaki ilişki



Şekil 4. 2 Cree XP-G LED ileri sürme gerilimi ve ileri sürme akımı arasındaki ilişki

Grafiklerden de anlaşılacağı gibi Cree marka XP-G LED ile daha az enerji tüketilerek daha fazla ışık çıkışı sağlanabilmektedir.

Çizelge 4. 1 Cree XP-E ve XP-G LED’ler için örnek teknik bilgiler

	Vf (Sürme Gerilimi)			Tüketilen Güç			Min. Lümen Değeri (soğuk beyaz)		
	350 mA	500 mA	700 mA	350 mA	500 mA	700 mA	350 mA	500 mA	700 mA
XP-E	3,2	3,3	3,4	1,12	1,65	2,38	107,0	142,3	187,3
XP-G	3,0	3,1	3,2	1,05	1,55	2,24	122,0	168,4	226,9

Firmalarda ihtiyaca uygun LED seçimi yapılırken maliyetler göz önünde bulundurularak yukarıda belirtilen özellikler irdelenmektedir. LED teknolojisi yeni gelişmekte olduğu gibi kalite farkı bulunan LED’lerde fiyatlar da konvansiyonel ışık kaynaklarına göre yüksektir. Dolayısıyla LED ışık kaynaklı armatürlerin (avantajları oldukça fazla olmasına rağmen) pazar payının genişlemesi bir anda yüksek oranda mümkün olmamaktadır.

Daha önceleri dinamik aydınlatma adına floresan lambalı aydınlatma armatür tasarımları gerçekleştirilmiştir. İlerleyen zamanlarda LED teknolojisinin standart ışık kaynaklarının yerini alacağı düşünüldüğünden dolayı burada LED ışık kaynağı tercih edilmiştir.

Uygulamada dinamik aydınlatmanın örneklendirilmesi amaçlandığından dolayı hem renk sıcaklığı hem de ışık şiddeti kontrol edilebilen Tridonic marka modül LED tercih edilmiştir. Bu LED modül ile hem ihtiyaca uygun hem de sadece deneysel olarak düşünülmeyp pratikte de kullanılabilecek armatür tasarımı düşünülmüştür. DMX, potansiyometre ve push-button ile kontrol edilmeye uygun bu modüllerden maliyet ve pratiklik fonksiyonları göz önünde bulundurularak push-button kontrol yöntemi tercih edilmiştir.

Çizelge 4. 2 Tridonic TS 320 2700-6500 K LED teknik bilgileri

	Işık Akısı	CRI	Besleme Gerilimi DC	Güç Tüketimi
LED TS 320 2700-6500K	2000 lm	>90	48 V	23 W

Soğutucu, kaliteli bir LED'li armatür için önemli bir kısıttır. Bu çalışmada soğutucu, LED karakteristikleri ve downlight kasası göz önünde bulundurularak tasarlanmıştır ve soğutucu tasarımında, aşağıda belirtilen özelliklerinden dolayı alüminyum madde tercih edilmiştir.

Alüminyum iyi bir iletken özelliği taşıdığından ve maliyeti uygun olduğundan dolayı soğutucu tasarımında alüminyum malzeme tercih edilir. Alüminyumun, elektrik iletkenliği %64,94 IACS'dir (saf Al 2°C'de). [IACS – metal ve alaşımlar için kullanılan elektrik iletkenliği birimidir. Referans olarak standart tavlanmış bakır iletken %100 alınır.] Alüminyum, kolay soğuyup ısıyı emen bir metal olması nedeniyle soğutma sanayinde geniş bir yer bulur. Bakırdan daha ucuz olması ve daha çok bulunması, işlenmesinin kolay olması ve yumuşak olması nedeniyle birçok sektörde kullanılan bir metaldir ve soğutucu yapımında önemli bir maddedir.



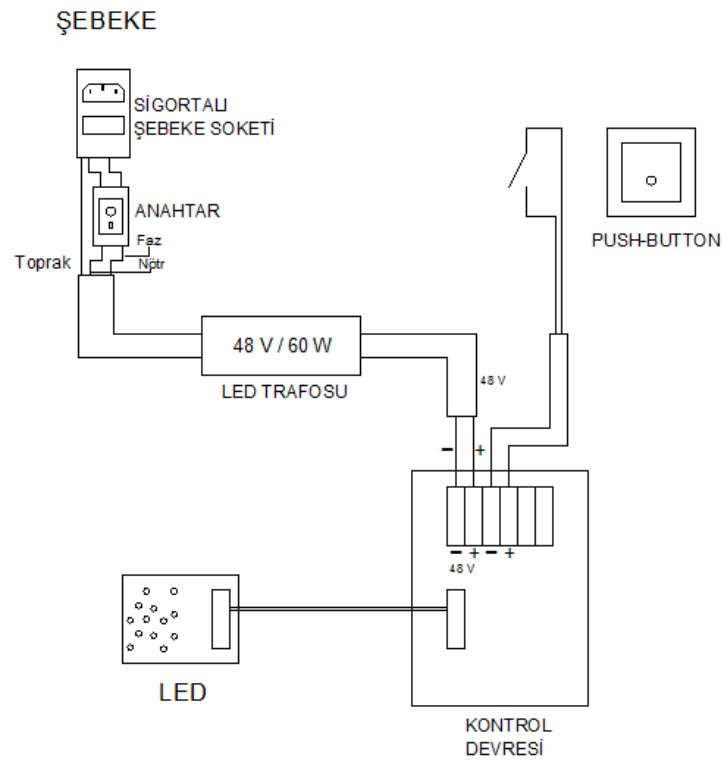
Şekil 4. 3 Soğucu Detayı

İhtiyaca uygun LED ışık kaynağı, LED'e uygun trafo ve soğutucu tercihlerinden sonra armatürün optik, elektriksel ve termal aşamaları gerçekleştirilmiş olup armatür montajı yapılmıştır.



Şekil 4. 4 Montaj aşamaları

4.1 Devre Bağlantı Şeması ve Çalışma Prensibi



Şekil 4. 5 Uygulama devresi bağlantı şeması

Şebekeden gelen enerji, şebekenin ani akımlarına karşı 5A sigortalı şebeke soketinden geçerek nötr ve fazın kontrolü amacı ile kullanılan anahtar üzerinden LED trafosuna ulaşır. Modül LED kontrol devresinin 48 V'luk bağlantı kısmına trafodan enerji gelir ve push-buttona ulaşarak devre tamamlanır. Push-button ile açma-kapama, dimleme ve renk sıcaklığını değiştirme işlemleri kullanım amacına göre yapılabilir.



Şekil 4. 6 Uygulama devresi bağlantı şekli

Uygulama devresi, deneysel çalışma açısından lazer işlemi ile şekil verilmiş sacın içerisine monte edilmiştir ancak okul, ofis gibi uygulama projelerinde asma tavana monte edilebilmektedir.



Şekil 4. 7 Uygulama devresi

Böylelikle ihtiyaca yönelik aydınlık şiddeti ve renk sıcaklığı push-button ile düzenlenebilen aydınlatma sistemi elde edilmiş oldu. Kompleks projelerde adreslenebilir kontrol yapılması istenirse DMX kontrol sistemi avantaj sağlayabilecekken herhangi bir ofis projesinde push-button ile kontrolü sağlamak daha pratik olacaktır. Bu aşamalarda aydınlatma tasarımcıları uygun sistemi seçebilirler.



Şekil 4. 8 Uygulama devresi son hali

4.2 Fotometrik Ölçümler ve Örnek Aydınlatma Hesabı

Aydınlatma projelerinde armatür seçimi esnasında öngörülen armatürler arasında uygun tercih yapabilmek için fotometrik ölçüm sonuçlarının değerlendirilip yapılan aydınlatma hesabı sonuçlarının incelenmesi daha doğru karara yönlendirir. Bu aşamalar için laboratuvar koşullarında elde edilmiş, güvenilir fotometrik ölçümlere ihtiyaç duyulmaktadır. Fotometrik diyagramlar ile armatür optik tasarımının incelenmesine de imkan tanınmaktadır.

Gonyofotometrik ölçümler, aydınlık düzeyi ölçümlerinin özel bir türü olup ışıklığın hangi yöne ne kadar ışık akısı yaydığını belirlemeye yarar ve ölçümlerde genellikle cd/klm birimi kullanılır.



Şekil 4. 9 Gonyofotometrik ölçü düzeneği

Işıklık gonyofotometre cihazına monte edilmiş olup bu cihazdan 2,45 m (karanlık oda hacmi doğrultusunda bu uzaklık belirlenir) uzaklıkta yer alan luxmetre ile sadece bu mesafedeki aydınlık düzeyleri ölçülmüştür. Gonyofotometre ile ölçümler lüksmetre ile yapılmaktadır. Gerekli olan fotometrik uzaklıkta aydınlık düzeyleri ölçülür, daha sonra bu sonuç ile kandela değeri elde edilerek cd/klm değerlerine erişilir.



Şekil 4. 10 Işıklığın gonyofotometre cihazındaki konumu

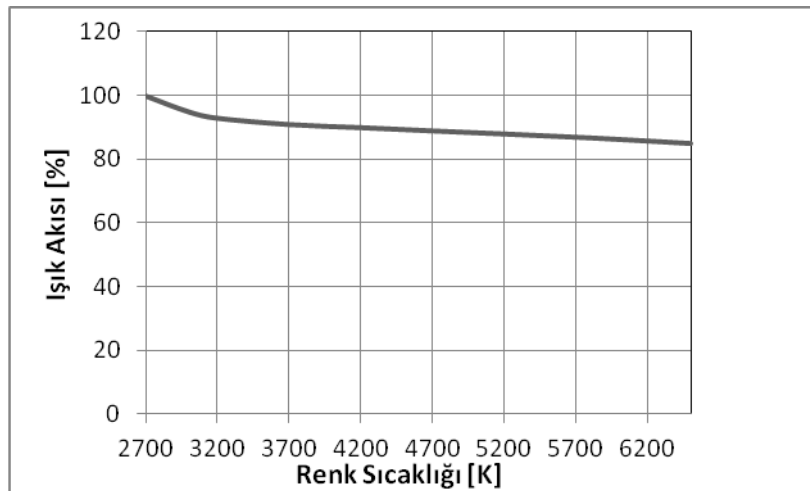
Gonyofotometrik ölçümler sonucunda elde edilen veriler, söz konusu ışıklığın kullanıldığı yerlerde aydınlık düzeyi hesaplarının yapılması sağlar.

Bu ölçümler sonucunda elde edilen Eulumdat formatındaki dosyalar ise aydınlık düzeyi hesapları yapmak üzere tasarlanmış programlarda kullanılabilmektedir. Standart bir ölçme, her bir düzlem için 2,5 derecelik açılarda ve her bir 15 derecelik düzlemde yapılmalıdır.



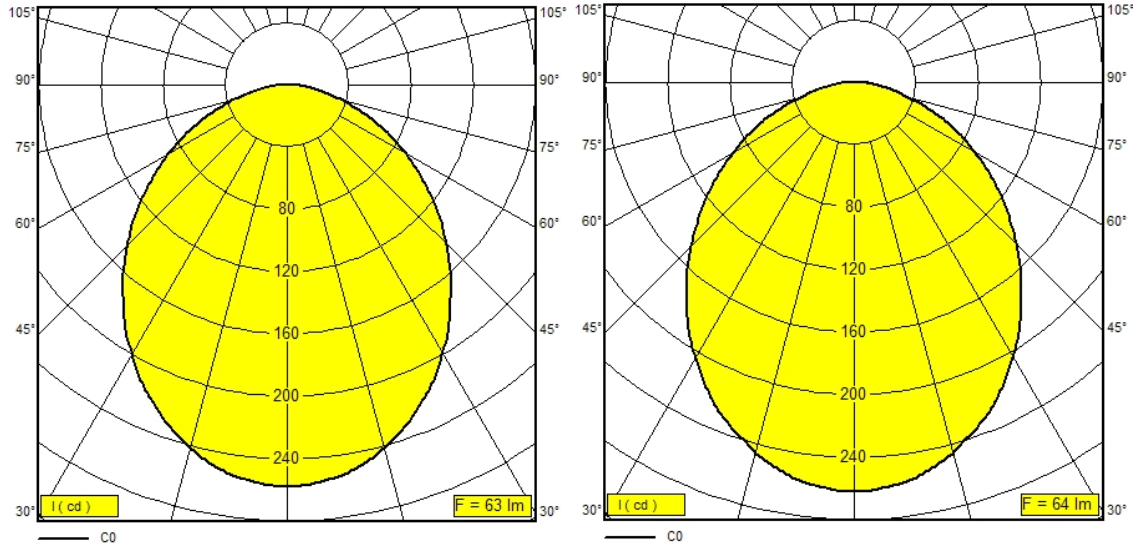
Şekil 4. 11 2700 °K gonyofotometrik ölçümü

Tercih ettiğimiz modül LED renk sıcaklığı 2700-6500 Kelvin arasında değiştirilebildiğinden dolayı gonyofotometrik ölçümlerimiz 2700 °K ve 6500 °K değerleri için ayrı ayrı yapılmıştır ve her bir ölçüm sonucunda konik diyagramlar, fotometrik eğriler ve eulumdat dosyaları elde edilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı üzere modül LED’de 2700 °K’de ışık akısı %100 iken (2000 lm) iken 6500 °K’de bu değer yaklaşık %85 (1700 lm) olmaktadır. Cd/klm hesaplarımızda ise bu değerler kullanılmaktadır.

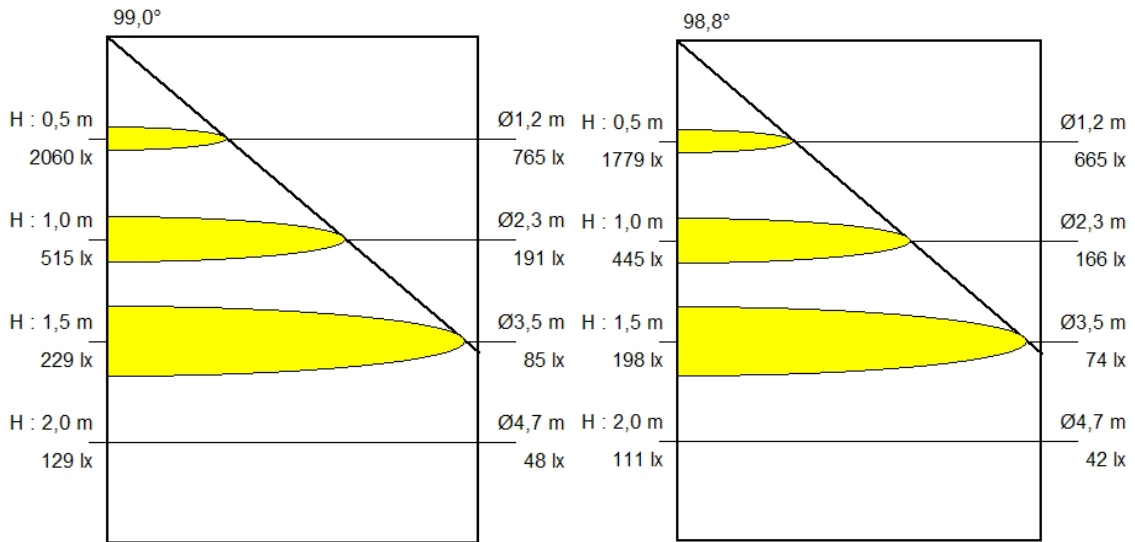


Şekil 4. 12 Renk sıcaklığı ışık akısı ilişkisi

Gonyofotometrik ölçüm bilgileri, Lumbase programı aracılığı ile 'ldt' uzantılı dosya altında toplanır. Bu programdan istediğimiz verileri elde edebilmek için programa cd/klm değerleri ile birlikte armatürün dış çapı, iç çapı, derinliği, ışık akısı ve ışık kaynağı gücü değerleri de girilmektedir. Gonyofotometrik ölçümler ve program analizinden sonra istediğimiz eğriler elde edilmiştir.



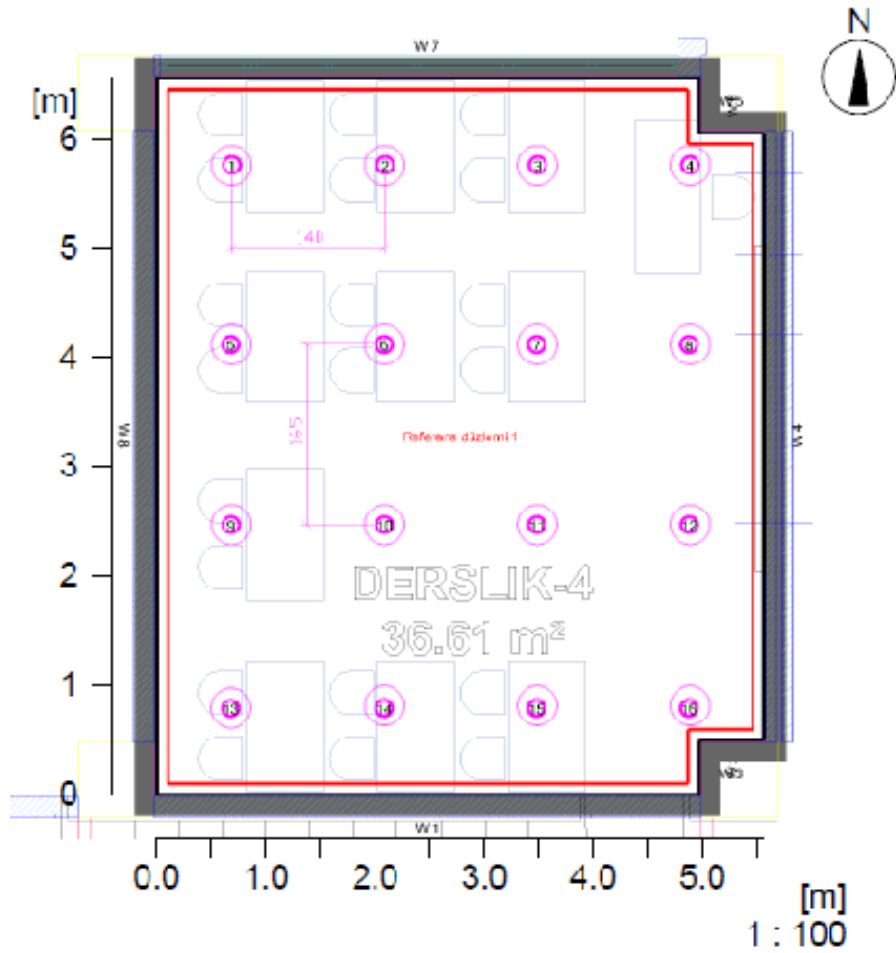
Şekil 4. 13 2700 °K 6500 °K polar diyagramları



Şekil 4. 14 2700 °K 6500 °K konik diyagramları

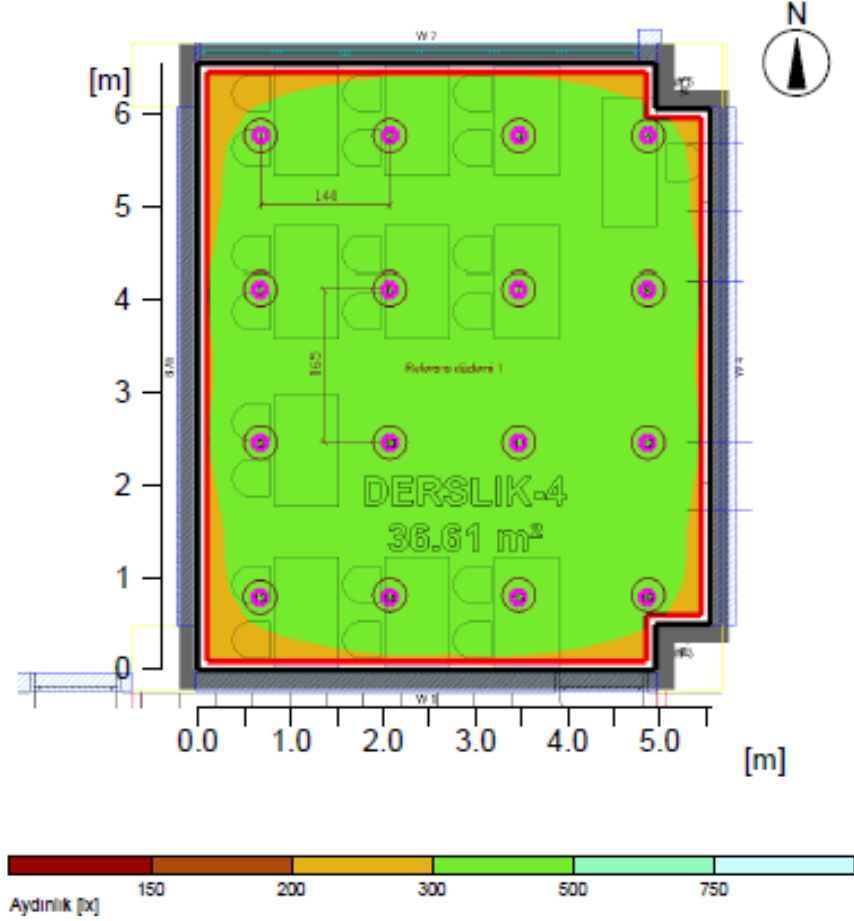
Polar diyagramlardan da anlaşıldığı üzere armatürün ışık dağılım karakteristiği direktir. Işık dağılımı düzgün olduğu için genel aydınlatma için uygun olabilir ancak konik diyagramlarda görüldüğü üzere yüksek tavanlarda verimli olmayacağından dolayı alçak tavanlı uygulamalarda (max. 2-2,5 m) kullanılması tercih edilebilir. Dinamik aydınlatmanın avantajlarından yararlanmak üzere okullarda, ofislerde, hasta odalarında, laboratuvarlarda vb. projelerde kullanımı uygundur.

Elde edilen ldt dosyasını kullanarak Relux Pro programı ile örnek aydınlatma hesabı yapılmıştır. Böylelikle tasarlanan LED'li armatür ile uygulama projelerindeki aydınlık düzeyi analizi örneklenmiştir.



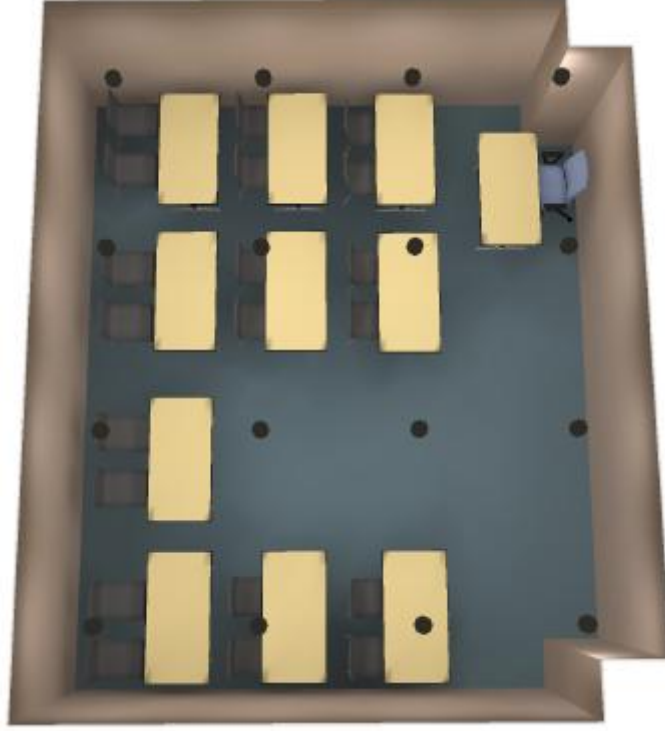
Şekil 4. 15 Örnek proje kat planı

Kat planından anlaşılacağı üzere bir okul projesinin alanı $36,61 \text{ m}^2$, yüksekliği 2,5 m olan dersliği örnek olarak alınmıştır. Örnek projede yansıtma çarpanları zemin için %20, tavan için %70 ve duvarlar için %50 alınmıştır. Referans düzlemi yüksekliği ise masalar baz alınarak 80 cm, bakım faktörü değeri ise 0,8 kabul edilmiştir. 16 adet LED’li armatür ile yapılan aydınlatma hesabı sonucuna göre ortalama aydınlık düzeyi 381 lux değerinde olup tahmin edildiği üzere ışık homojen olarak yayılmıştır.



Şekil 4. 16 Aydınlatma hesabı sonucuna genel bakış

İstenilen aydınlık şiddetine göre kullanılan armatür sayısı değiştirilebileceği gibi, istenilen ışık dağılımına göre de armatür yerleşimi de değiştirilebilir.



Şekil 4. 17 Örnek proje 3B görünüm

Aynı proje tamamı kumlu camlı, 2x26 W kompakt floresan lambalı armatür ile aydınlatılacak olursa ortalama aydınlık düzeyi 438 lux, önü pleksili, 1x55 W T5 floresan lambalı armatür ile aydınlatılırsa aydınlık düzeyi 523 lux olarak hesaplanmıştır. Sonuçlardan da anlaşıldığı gibi tasarlanan LED’li armatür ile floresan lambalı armatürlere göre daha düşük aydınlık şiddeti elde edilmiştir ancak bu armatürlerin kullanım amaçlarının da farklı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. LED’li armatür ile dinamik aydınlatma amacına ulaşılabildiği gibi tüketilen gücün 23 W olması ile elde edilen enerji tasarrufu göz ardı edilemeyecek avantajlardır. Örnek alan için floresan lamba ve LED ile harcanacak olan toplam güçler aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4. 3 Işık kaynakları toplam güç kıyaslaması

Işık Kaynağı	Lamba Gücü (W)	Adet	Toplam Tüketilen Güç(W)
Kompakt Floresan	2x26=52	16	832
T5 Floresan	55	16	880
LED	23	16	368

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsan algılaması ışık, renk, ses, ısı, koku vb. fiziksel uyarılarla gerçekleşir ancak insan algılamasının büyük kısmı görme yoluyla sağlanmaktadır. Işık, insanların yaşamını sürdürmeleri için gerekli bir enerji iken insan yaşamlarının daha sağlıklı olabilmesi için geçerli bir yöntem haline almıştır.

Sirkadyen düzeni normal olan bir insanın biyolojik döngüsü belirlenmiştir. Teknolojinin hızla gelişimiyle birlikte, insan biyolojik saatini dengede tutabilecek aydınlatma yöntemi de mümkün kılınmıştır. Dinamik aydınlatma ile kontrol edilebilir tasarımlar yapmak insanların ihtiyaçlarını karşılayabilen, çalışma performanslarını artırabilen, insanlara rahatlık hissi yaratan, huzur veren ortamlar yaratılabilir. Işık bu sayede insanların fiziksel, zihinsel ve psikolojik özellikleri açısından önemli bir uyaran olarak yaşama ve çalışma koşullarını etkilemektedir. Bu koşulların gerçekleştirilmesi için akademik ve mesleki uygulamalar birlikte değerlendirilerek araştırmacı, tasarımcı, üretici ve uygulamacının işbirliğine ihtiyaç vardır. Çeşitli ülkelerde işyerlerinde ve okullarda dinamik aydınlatma projeleri uygulanırken olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu bağlamda günümüzde aydınlatma ve sağlık ilişkisine verilen önem ve duyulan ilgi artmıştır.

Işık kaynaklarının etkinlik faktörleri gün geçtikçe iyileştirilmekte ve insanlar aydınlatma verimliliği konusunda bilinçlenmektedir. Işık yayan diyotların araştırma ve geliştirme süreci henüz devam etse de aydınlatma sektöründe bu ışık kaynakları çok tercih edilmeye başlanmıştır. Ancak LED ışık kaynakları için hala standartlar belirlenmediğinden dolayı bilinçsiz tüketim de olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir.

Bu alışmada, LED ve dinamik aydınlatma konuları üzerinde durularak insanların, teknolojesi yeni gelişen bu ışıık kaynağı hakkında bilinçlenmesi ve ihtiyaçlarını karşılayabilecek, kontrol edilebilen aydınlatma yöntemlerini kullanarak mühendislik, mimarlık hatta sağlık alanlarında uygulamaya yönlendirilmesi hedeflenmiştir. Gerçekleştirilen uygulamada LED modülü ile tasarlanan aydınlatma armatr ile LED ışıık kaynaklarının avantajları göz önünde bulundurularak tasarlanabilecek aydınlatma projelerinin öngörülmesi düşünülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] PLD, (2010). Işığın Beden ve Ruh Üzerindeki Etkisi, Yayın No:33, İstanbul.
- [2] Giray, E., (2009). Dinamik Aydınlatma ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] Drs. C.C.E. Meulemans, Ing. Werner,(2000). Light Sources for Photobiology and Phototherapy, 2nd revised edition.
- [4] Manav, B., (2007). “Işık ve Sağlık: Işığın Biyolojik Sistem Üzerindeki Etkisi”, IV. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 13-15 Aralık 2007, İzmir.
- [5] Ünal, A., Özenç, S., (2009). Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları, 2. baskı, Birsan Yayınevi, İstanbul
- [6] Onaygil, S., “Endüstri Ürün Tasarımı Lisans Programı”, EUT339 Aydınlatma Aygıt Tasarımı Temel İlkeleri Dersi Aydınlatmanın Temel Büyüklükleri Notları, İstanbul.
- [7] Özenç, S., (2007). Aydınlatma Sistemlerinde Kalite, Enerji Verimliliği ve Modelleme, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] Buzlu.org Web Sitesi, Renk Nedir?, Fizik Kategorisi Yazısı, <http://www.buzlu.org/renk-nedir/> , 28.06.2011.
- [9] Alakuş, Y. Z., (2009). Renk Olgusu ve Günümüz Mimarisindeki Yeri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Şahinbaşkan, T., (2010), Metamarizm ve Alınması Gereken Önlemler, http://www.cmyklinik.com/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=55:metamarizm-ve-alnmas-gereken-oenlemler&catid=34:bask-oencesi&Itemid=53 , 02 Mayıs 2010.
- [11] Elektrik Elektronik Teknolojileri, Lambalar Hakkında Genel Bilgiler ve Çeşitleri, http://elektroteknoloji.com/Elektrik_Elektronik/Teknik_Yazilar/LAMBALAR_HAKKINDA_GENEL_BILGILER_VE_CESITLERI.html , 02.05.2011.
- [12] U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, http://www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/using_leds.html , 03.06.2011
- [13] Cree LED Lighting, Lighting The LED Revolution, <http://www.creeledrevolution.com/learn> , 03.06.2011.

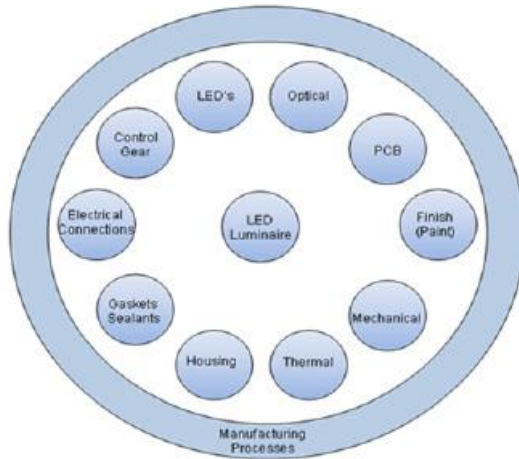
- [14] Jablonski, J., (2009), “LED Technology Overview”, Opto Semiconductors, 5 May 2009.
- [15] Onaygil, S., Yurtseven, M.B., Gündüz N., Erkin, E., “Verimli LED Armatürü için Optik ve Isıl Tasarım Süreçleri”, 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 14 Nisan 2011, İstanbul.
- [16] Philips Lighting, Dinamik Aydınlatma Nedir?, http://www.lighting.philips.com.tr/lightcommunity/trends/dynamic_lighting/what_is_dl.wpd , 26.04.2011.
- [17] Manav, B., (2005) “Bir Tasarım Problemi: Aydınlatmada Kalite ve Biyoritm”, III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 23-25 Kasım, Ankara.
- [18] Op. Dr. Karakurt, Ö., (2001), Gözün Yapısı ve Çalışması, <http://www.genetikbilimi.com/tip/gozunyapisi.html> , 21 Mayıs 2001.
- [19] Figueiro, G. M., Rea, S. M., Eggleston G., (2003), Light Therapy and Alzheimer’s Disease, http://www.sleepreviewmag.com/issues/articles/2003-01_01.asp , January-February 2003.
- [20] Şavk, E., Uslu, M., Eraslan G., A., Şendur, N., Karaman G., (2009), Fototerapi Kalitesinin Artırılması Yolunda İlk Adım: Fototerapi Ünitesinden Hasta İzlenimleri, Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Dermatoloji Anabilim Dalı, Aydın.
- [21] Sloane, D.P., Fifuerio M., Cohen, L., (2008), Light as Therapy for Sleep Disorders and Depression in Older Adults, <http://www.clinicalgeriatrics.com/articles/Light-Therapy-Sleep-Disorders-and-Depression-Older-Adults> , 04 March 2008.
- [22] Lamp 83 Aydınlatma San. ve Tic. A.Ş., İyi Bir Aydınlatma Aygıtının Nitelikleri, http://www.lamp83.com/pro_aydinlatmaaygiti.php?m=1, 15.07.2011
- [23] Tridonic GmbH & Co KG, Talexx LED Modules Data Sheet, http://www.tridonic.com/com/en/download/data_sheets/DS_TALEXXspot_TS310_TS320_TS325_en.pdf , 29.03.2011

LED AYDINLATMA ÜRÜNLERİ SPESİFİKASYON KLAVUZUNDAN NOTLAR (2011)

İddia edilen LED ürün performanslarını güncel veriler ile değerlendirebilmek açısından üyeleri arasında PLDA, IALD, SLL gibi derneklerin olduğu Lighting Industry Liason Group, sürekli gelişim içerisinde bulunan LED teknolojisinin spesifikasyonunda tasarımcılar için yol gösterici olacak yeni klavuz yayınlamıştır. Bu klavuz notları standartlar ile uyumludur ve Led performans kriter spesifikasyonu için bir şablon sağlamaktadır.

•Sistem Güvenilirliği

LED'li armatürler konvansiyonel aydınlatma armatürlerine nazaran sistem komponentlerinden ve kontrolü için gerekli işletme şartlarından dolayı daha kompleks yapıdadır. Estetik tasarım kaygılarının yanında elektrik kontrolü, optik soğutucu, ısı transfer malzemeleri, koruma ve mekanik destek içeren elektromekanik sistemlerdir.



Şekil Ek-A.1 LED'li armatür döngüsü

Armatür performansını etkileyen faktörler:

-LED performansı

-Optik performans: LED'ler yönlü ışık kaynaklarıdır. Reflektör, lens, difüzör veya bunların kombinasyonları ile kullanıldıklarında tasarımcılara ışığı çok farklı yollarla yönlendirme şansı verebilir. Optik sistemin verimliliğini değerlendirmek için tüm lamba ve armatür değerleri göz önünde bulundurulmalıdır.

-PCB: LED ve soğutucu arasında bir arayüzdür. Lümen çıkışı performansını, ömür değerini ve lümen kararlılığını etkiler.

-Renk: Lamba rengi armatürden yayılan ısıyı etkileyebilir.

-Mekanik Performans: Uygun uygulama için gerekli koruma sınıfı (IP), soğutucu, vibrasyon direnci ve bağ mekanizmaları lamba veya armatür ömrü için önemlidir.

-Termal performans: işletme sıcaklığına bağlıdır. Armatür tasarımı çalışma sıcaklığını ve dolayısıyla belirlenen özellikler etkiler.

-Gövde:

-Kapsüller ve İzolasyon Maddeleri: Özellikle fosfor olmak üzere bazı LED'ler farklı kimyasal tepkiler verebilir, bazı LED'lerin performanslarının etkileyen kapsüller ve izolasyon malzemeleri ise bu tepkilerden etkilenmemelidir.

-Elektrik performans: İşletme zararlarını minimize etmek için gerekli tasarım ve koruma yapılmalıdır

-Sürücü: Güç kaynağı ve elektronik elemanları, iyi kontrollü DC sürücü akımları sağlamalıdır.

-Sürme akımı: LED çalışma akımını ve dolayısıyla ömür ve çıkışı etkiler. Yüksek sürme akımı yüksek parlaklık sağlar ancak işletme ömrünü ve verimi azaltabilir.

-Üretim

-Çalışma ortamları: Nem ve sıcaklık, komponentlerin bozulmasında yüksek oranda etkilidir.

- Ömür

Genel aydınlatma uygulamalarında, önerilen ömür tanımı, LED Modülünün veya LED'li armatürün (uygulamaya bağlı) ilk ışık çıkışının %90 veya %70 değerine düşene kadar geçen süredir. Dekoratif aydınlatma uygulamalarında ekonomik ömür tanımının ilk ışık çıkışının %50 değerine düşene kadar geçen süre olarak yapılması önerilmektedir.

LED ışık kaynağı lümen kararlılığı eğrisini LED modülü veya LED'li armatür eğrisine çevirmenin geçerli yolu yoktur. LED ışık kaynağı ömür testi ışık çıkışı %80 değerine düşene kadar geçen süreye göre 6000 veya 10.000 saat olarak hesaplanmıştır. Önceden de belirtildiği gibi LED modülleri ve LED'li armatürler için lümen kararlılığı eğrisi tüm komponentlerden etkilendiği için ışık kaynağı ömrü 6000 saat hesaplanmasına rağmen modül veya armatürün ömrü belki 2000 saat olacaktır.

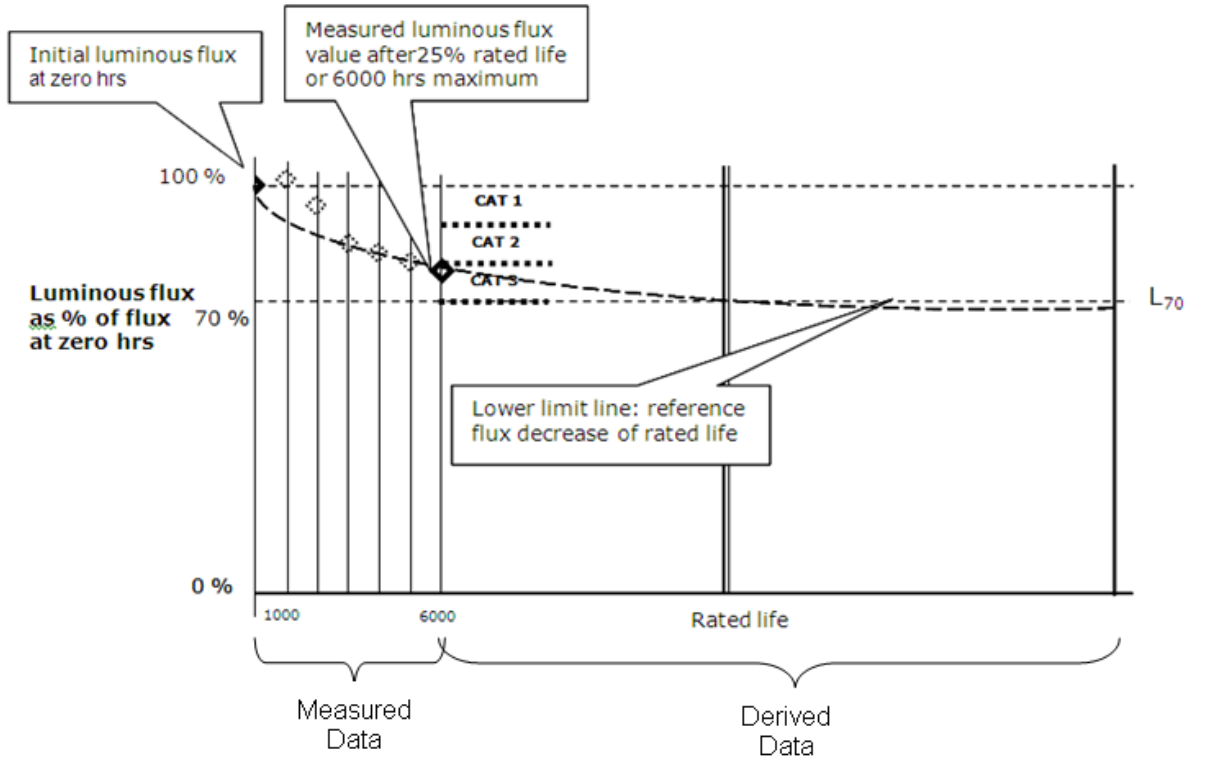


Fig1

Şekil Ek-A.2 LED ömür ve akı ilişkisi

- LED ve LED’li Armatür Verileri

Armatür üreticileri tasarım verileri takip edebilmeye uygun olmalıdır.

LED ılık kaynakları verileri 25 °C jonksiyon sıcaklığında ölçülmüş olmalıdır. (armatür dışı 15 °C olmalıdır.)

Tüm devre için güç faktörü değeri minimum 0.85 olmalıdır.

LED renk sıcaklık değeri bin sınıflarından türemiştir, 2700 K – 3000 K - 3500 K - 4000 K - 5000 K - 6500 K olması önerilmektedir.

Ölçülen renksel geriverim indexi değeri ilk değeri 3 puan fazla ve sabit değeri 5 puan fazla azaltılmamalıdır. Tercih edilen CRI ölçüm değeri olan Ra14, Ra8 ile karşılaştırıldığında LED’lerin renkleri için daha doğru gösterim vermektedir.

Fotometrik veri iki format için geçerlidir. Mutlak Fotometri, ılık kaynağı için ayrı bir lümen çıkışı gerektirmemektedir. Bağlı fotometri LED paket akısını gerektirmektedir. İki metod da aynı sonucu üretmektedir. LED’li armatürlerin mutlak fotometrileri, IES LM-79-08 Katı Hal Aydınlatma Ürünleri ölçümlerine uygun olmalıdır. Bağlı fotometri ise EN13032-1 (2004) ılık ve aydınlatma ölçümlerine ve lamba ve ılık fotometrik verilerine uygun olmalıdır.

Çizelge Ek-A.1 Güncel Standartlar – International Electrotechnical Commission

Product type	Safety Standard	Performance Standard
Self-ballasted LED-lamps for general lighting services >50V - Safety specifications	IEC 62560 Edition 1 Publication expected 2010	IEC 62612/PAS Publicly Available Specification
Control gear for LED modules	IEC 61347-2-13 Published 2006	IEC 62384 Published 2006
LED Modules for general lighting - Safety specifications	IEC 62031 Edition 1 Publication 2008	Draft under preparation
LED Luminaires	IEC 60598-1	IEC/PAS 62722-2-1 Ed. 1: Luminaire performance - Part 2-1: Particular requirements for LED
LED's and LED modules	IEC TS 62504 Terms and Definitions for LED's and LED modules in general lighting	
CIE Technical Committees	TC2-46 CIE/ISO standards on LED intensity measurements	
	TC2-50 Measurement of the optical properties of LED clusters and arrays	
	TC2-58 Measurement of LED radiance and luminance	
	TC2-63 Optical measurement of High-Power LEDs	
	TC2-64 High speed testing methods for LEDs	

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İnci AKTAŞ
Doğum Tarihi ve Yeri : 08/04/1986 İskenderun
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : inciakt@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Elektrik Tesisleri	YTÜ	2011
Lisans	Elektrik Müh.	YTÜ	2009
Lise	FEN Bilimleri	Mersin Fen Lisesi	2004

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011	Lamp83 Aydın. San. ve Tic. A.Ş	Elektrik Müh.
2010	Arlight. Ltd. Şti.	Elektrik Müh.
2009	D&T Group	Elektrik Müh.