

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI**



**LED ARMATÜR İLE AYDINLATMA TASARIMININ İNSANLAR
ÜZERİNDEKİ FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tilbe USAL

**Danışman
Prof. Dr. Ahmet KÖROĞLU**

**SAMSUN
2021**

ÖZET

LED ARMATÜR İLE AYDINLATMA TASARIMININ İNSANLAR ÜZERİNDEKİ FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Tilbe USAL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi, 06/2021

Danışman: Prof. Dr. Ahmet KÖROĞLU

Gün ışığının yetmediği durumlarda insanların ihtiyaçlarını yerine getirebilmesi için suni ışık kullanması gerekir. Suni ışık kullanımı arttıkça aydınlatma tasarımının önemi de artmaktadır. Günümüzde insanlar günlerinin büyük bir kısmını kapalı mekânlarda veya gün ışığının yeterli olmadığı yerlerde geçirmektedir. Ofiste veya kapalı bir mekânda çalışan bir kişi hayatının büyük bir kısmında suni ışığa maruz kalmaktadır. Suni ışık ile yapılan aydınlatma tasarımı rastgele seçilen armatür ve yerleşimi ile yapıldığı zaman insan sağlığı üzerinde olumsuz sonuçlar vermektedir.

Aydınlatma tasarımı görsel konforu mümkün olan en iyi şekilde sağlamalıdır. Günümüzde birçok insan günlerinin büyük bir kısmını iş yerlerinde geçirmektedir. İş yerlerinde aydınlatmanın uygunluğu, ışın çeşidine ve süresine bağlı olarak değişmektedir. Bu durumda iş yerlerinin aydınlatılmasında TS EN 12464 standardı esas alınır. TS EN 12464 standardı; Avrupa Standartları Komitesi (CEN) tarafından yayınlanan, Türk Standartları tarafından kabul edilen, kapalı çalışma alanlarını (TS EN 12464-1) kapsayan standarttır. Standart birçok çalışma yerlerinde aydınlatmanın niceliğini ve niteliğini belirler.

Işığın, bireylerin yaşam kaliteleri üzerindeki olumlu veya olumsuz etkileri göz ardı edilemez bir konudur. Standartlara uygun seçilen armatür ve yerleşimi ile yapılan tasarımlarda insanların sağlığını olumsuz etkilemediği hatta bazı durumlarda olumlu etkilediği de birçok araştırmada gösterilmiştir. Aydınlatma tasarımı mekânın özelliklerine ve standartlara uygun yapılmadığı zaman suni ışığa maruz kalan kişiler bu durumdan fizyolojik ve psikolojik olarak etkilenmektedir.

Bu çalışmada son zamanlarda kullanımı yaygınlaşan ve birçok konuda etkili sonuç alınan LED armatür kullanılarak aydınlatma tasarımı yapılmıştır. LED armatürler ile yaygın bir şekilde kullanılan ofis aydınlatma tasarımı ve bu tasarım üzerinde iyileştirilme yapılarak yeniden yapılan tasarım karşılaştırılmıştır. Standartlara uygun yapılan tasarımın insanlar üzerinde fizyolojik ve psikolojik açıdan olumlu etkisi olduğu 4. bölümde bahsedilen çalışmalarda gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Aydınlatma tasarımı, LED aydınlatma, armatür, fizyolojik, psikolojik

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL EFFECTS OF LIGHTING DESIGN WITH LED LUMINAIRE ON HUMANS

Tilbe USAL

Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies

Department of Physics

M.Sc. 06/2021

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet KÖROĞLU

In the times where daylight is not sufficient, people need to use artificial light to satisfy their needs. As the artificial light usage increase, the importance of the lighting design increases as well. Nowadays, people spend most of their days in indoors or in places where the sunlight is not sufficient. A person who is working in an office or indoor spaces is exposed to artificial light most of his/her life. Lighting design performed by artificial light sources with randomly selected luminaires and wrong placement gives negative results to human health.

Lighting design should provide visual comfort in the best possible way. Nowadays, people spend most of their days in the workplaces. The suitability of the lighting in workplaces changes as per the type and duration of the work. In this case, TS EN 12464 standard is accepted as reference. The TS EN 12464 standard which covers the indoor working places is published by European Committee for Standardization (CEN) and accepted by Turkish Standardization Institute. The standard determines the quantity and quality of the lighting in many workplaces.

The positive and negative effects of light on people's life quality is unignorable subject. It is shown in many studies that the design with suitably selected luminaires and positioning as per the standard does not affect human health negatively and even in some cases it has affected positively. When lighting design is not performed by the features of the workplaces or not according to the standards, people who are exposed to artificial light are affected physiologically and psychologically.

In this study, lighting design has been made by using LED luminaires, whose use has become widespread recently and has been effective in many subjects. The office lighting with widely used LED luminaires and the improvements on the lighting design on the same office were compared. The lighting design performed in accordance with the standards has physiologically and psychologically positive effects and these positive effects has been shown in the studies mentioned in Chapter 4.

Keywords: Lighting design, LED lighting, luminaire, physiological, psychological.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca destek ve yardımlarıyla beni yönlendiren değerli danışmanım Prof. Dr. Ahmet KÖROĞLU'na, tez sürecinde özellikle proje yapım aşamasında bana yardım ve desteği için Fizik Mühendisi arkadaşım Oğuzhan ERÇOPUR'a, tüm eğitim ve öğretim hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen değerli aileme teşekkür ederim.



Tilbe USAL

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLOLAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. AYDINLATMA KAVRAMLARI VE TANIMLAR.....	2
2.1. Aydınlatma Tanımı	2
2.2. Aydınlatmanın Yararları.....	3
2.3. Temel Kavramlar	4
2.3.1. Işık	4
2.3.2. Işık Şiddeti (I)	4
2.3.3. Işık Akısı (Φ)	5
2.3.4. Aydınlık Düzeyi (E)	5
2.3.5. Soğurma	6
2.3.6. Yansıma Oranı	6
2.3.7. Işıksal Parıltı (L).....	7
2.3.8. Kamaşma	7
2.3.9. Işıksal Verim (η)	8
2.3.10. Renk Sıcaklığı (CCT)	8
2.3.11. Renksel Geriverim (Ra).....	10
2.3.12. Kontrast.....	11
2.4. Genel Aydınlatma Teknikleri	11
2.4.1. Direkt Aydınlatma	11
2.4.2. Endirekt Aydınlatma	12

2.4.3. Direkt ve Endirekt Aydınlatma	12
2.5. En Az Aydınlık Düzeyleri	13
3. IŞIK KAYNAKLARI TÜRLERİ.....	16
3.1. Akkor Telli Lambalar	17
3.2. Floresan Lambalar.....	18
3.3. Alçak Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar	19
3.4. Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar	20
3.5. Yüksek Basınçlı Cıva Buharlı Lambalar	21
3.6. Metal Halide Lambalar.....	22
3.7. Işık Yayan Diyot (LED).....	23
3.8. LED Teknolojisi.....	25
3.8.1. LED Türleri.....	27
3.9. Işık Kaynaklarının Olumlu ve Olumsuz Özellikleri	29
4. AYDINLATMANIN FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK ETKİLERİ.....	31
4.1. Aydınlatmanın Fizyolojik Etkileri	32
4.2. Aydınlatmanın Psikolojik Etkileri	34
4.3. Aydınlatmanın Performansa Etkileri.....	35
5. DIALUX PROGRAMI İLE AYDINLATMA HESABI.....	37
6. DIALUX PROGRAMI.....	52
6.1. DIALux ile Oda Geometrisinin Hazırlanması	52
6.2. Mobilya ve Nesnelere Ekleyip Çıkarma	54
6.3. Yüzey Dokuları Ekleme	54
6.4. Işıklık ve Işıklık Düzenlerinin Eklenmesi ve Çalıştırılması	55
6.5. Işıklık Düzlemleri Ekleme.....	56
6.6. Kısayollar ve Fonksiyonlar.....	57
SONUÇ VE TARTIŞMA	59
KAYNAKÇA.....	61

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Işık şiddeti.....	5
Şekil 2.2. Aydınlık düzeyi	5
Şekil 2.3. Işıksal parıltı.....	7
Şekil 2.4. Renk sıcaklığı skalası.....	9
Şekil 2.5 Renksel Geriverim Farkı.....	10
Şekil 2.6. Direkt aydınlatma	11
Şekil 2.7. Endirekt aydınlatma.....	12
Şekil 2.8. Direkt ve endirekt aydınlatma	12
Şekil 3.1. Akkor telli ve halojen lambaların bazı örnekleri	17
Şekil 3.2. Tüp ve kompakt floresan lamba örnekleri.....	18
Şekil 3.3. Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba	19
Şekil 3.4. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba	20
Şekil 3.5. Yüksek basınçlı cıva buharlı lamba	21
Şekil 3.6. Metal halide lamba	22
Şekil 3.7. Işık yayan diyot (LED)	24
Şekil 3.8. İçinden akım geçen yarı iletkenin yapısı.....	25
Şekil 3.9 Üç ana renk ile beyaz ışık oluşturulması.....	26
Şekil 3.10 Sarı renkli fosfor tabaka ile beyaz renk oluşturulması	26
Şekil 3.11. Infrared (Kızılötesi) LED	27
Şekil 3.12. RGB LED.....	27
Şekil 3.13. Şerit LED	27
Şekil 3.14. Power LED.....	28
Şekil 3.15. SMD LED	28
Şekil 3.16. COB LED.....	28
Şekil 4.1. Görsel performans – aydınlık düzeyi ilişkisi	33

Şekil 4.2. 24 saatlik ışık döngüsünün insan vücudundaki reaksiyonları	34
Şekil 4.3. Aydınlatma koşullarının etkilerini gösteren şema.....	36
Şekil 5.1. Işıklık parça listesi.....	38
Şekil 5.2. Lüks değerlerinin ters renklerle gösterimi.....	38
Şekil 5.3. Ofis aydınlatma tasarımının ön cephe görüntüsü.....	39
Şekil 5.4. Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- ön cephe.....	39
Şekil 5.5. Ofis aydınlatma tasarımının yan cephe görüntüsü.....	40
Şekil 5.6. Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- yan cephe.....	40
Şekil 5.7. Ofis aydınlatma tasarımının üst cephe görüntüsü.....	41
Şekil 5.8 Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- üst cephe.....	41
Şekil 5.9. Masa-1 için çalışma düzlemi sonuçları.....	42
Şekil 5.10. Masa 2 için çalışma düzlemi sonuçları.....	43
Şekil 5.11. Hesap yüzeyleri sonucu.....	43
Şekil 5.12. Aydınlatma tekniği sonuçları.....	44
Şekil 5.13. Işıklık parça listesi.....	44
Şekil 5.14. Lüks değerlerinin ters renk gösterimi.....	45
Şekil 5.15. Ofis aydınlatma tasarımının ön cephe görüntüsü.....	46
Şekil 5.16. Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- ön cephe.....	46
Şekil 5.17. Ofis aydınlatma tasarımının yan cephe görüntüsü.....	47
Şekil 5.18. Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- yan cephe.....	47
Şekil 5.19. Ofis aydınlatma tasarımının üst cephe görüntüsü.....	48
Şekil 5.20. Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- üst cephe.....	48
Şekil 5.21. Masa-1 için çalışma düzlemi sonuçları.....	49
Şekil 5.22. Masa-2 için çalışma düzlemi sonuçları.....	50
Şekil 5.23. Hesap yüzeyleri.....	50
Şekil 5.24. Aydınlatma tekniği sonuçları.....	51
Şekil 6.1. Oda geometrisi hazırlanışı-1.....	52
Şekil 6.2. Oda geometrisi hazırlanışı-2.....	53

Şekil 6.3. AutoCAD ile oda geometrisi oluşturulması	53
Şekil 6.4. Oda kopyası oluşturma	54
Şekil 6.5. Işıklık oluşturma	55
Şekil 6.6. Işıklık düzlemi ekleme	56
Şekil 6.7. Simetrik ışık düzlemi oluşturma	56
Şekil 6.8. Kısayollar ve fonksiyonlar ikonları	57
Şekil 6.9. Dosya ikonları	57
Şekil 6.10. Görünüm ikonları	58

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Bazı alanlarda olması gereken aydınlık düzeyleri değeri	6
Tablo 2.2. Yüzeylerin yansıtma oranları	6
Tablo 2.3. Renksel geriverim değerleri ve verdiği sonuçlar	10
Tablo 2.4. En az aydınlık düzeyleri tablosu.....	14
Tablo 3.1. Akkor telli lambaların karakteristik özellikleri.....	17
Tablo 3.2. Floresan lambaların karakteristik özellikleri	18
Tablo 3.3. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların karakteristik özellikleri	19
Tablo 3.4. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların karakteristik özellikleri	20
Tablo 3.5. Yüksek basınçlı cıva buharlı lambaların karakteristik özellikleri	21
Tablo 3.6. Metal halide lambaların karakteristik özellikleri	22
Tablo 3.7. LED'lerin karakteristik özellikleri.....	24
Tablo 3.8 Işık kaynaklarının olumlu ve olumsuz özellikleri.....	29

1. GİRİŞ

Yaşamımızın her safhasında ışık vardır bundan dolayı aydınlatma da temel gereksinimlerimizden biridir. Aydınlatmanın asıl amacı, mümkün olan en iyi görme düzeyini sağlayabilmektir. Gün ışığı bir mekânın aydınlatma gereksinimini her saatte ve mekânın her yerinde sağlayamaz. Bu nedenle insanların görsel ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla gün ışığının yetmediği zamanlarda aydınlatmanın tasarlanması gerekir. Yapılan rastgele bir armatür seçimi ve yerleşimi ile iyi bir aydınlatmanın sağlanması mümkün olmayacağından, insanların üzerinde psikolojik ve fizyolojik birçok etkiye neden olmaktadır. Analiz ve hesaplama yöntemleri göz önüne alınarak aydınlatma tasarımı yapılması gerekmektedir.

Işığın kalitesi, ışığın geliş doğrultusuna, rengine, renksel geriverimine ve aydınlığın düzgünlüğüne bağlıdır. Bu kriterler ışığında, gün ışığı kusursuz kalitededir. Bu nedenle suni aydınlatma da gün ışığına yakın olmalıdır. Aynı zamanda göz sağlığının korunmasına uygun olmalıdır. Işığın amacı sadece görmemizi sağlamak değildir, aynı zamanda sağlığımız, ruh halimiz, biyolojik yaşam döngümüz, performansımız ve iyi hissetmemiz üzerinde önemli etkiye sahiptir. Standartlara göre belirlenmiş olan uygun aydınlık düzeyleri, kullanılacak ve yaşanacak mekânların doğru renkte lamba seçimi yapılarak görsel işlevleri yerine getirmesiyle sağlanır. Bu çalışmada, suni ışık kaynaklarıyla yapılan aydınlatma tasarımı hakkında temel bilgiler verilmiştir. Optik ve fizik mühendisliğinde aydınlatma hesabı için kullanılan tasarım kriterleri ve hesaplama yöntemleri ele alınmıştır. Bilgisayar desteği ile aydınlatma kriterleri ve hesapları dikkate alınarak yapılan aydınlatma tasarımı ve var olan aydınlatma tasarımı ile karşılaştırma yapılarak incelenmesi amaçlanmıştır. Aydınlatma standartlarını sağlayan ve aynı zamanda uygun armatür kullanılarak yapılan tasarımın faydalarına da değinilmiştir.

2. AYDINLATMA KAVRAMLARI VE TANIMLAR

2.1. Aydınlatma Tanımı

Aydınlatmanın genel bir tanımı, çevrenin görülebilirlik düzeyi veya ışığın kullanılmasıdır. Fiziksel tanım olarak da birim alandaki ışık akısıdır. Yüzey veya nesnelerin üzerine, görsel konfora uygun bir şekilde ışık uygulamaya aydınlatma denir. Aydınlatma, görme özelliklerini, ışık kaynaklarının türlü özelliklerini, çeşitli ölçüm yöntemlerini içeren bir bilim, sanat ve uzmanlık dalıdır.

Aydınlatmada görünürlüğün sağlanmasının amacı üçe ayrılabilir. Bunlar fizyolojik, dekoratif ve dikkati çeken aydınlatmadır. Fizyolojik aydınlatmanın amacı, cisimleri renk, şekil, ayrıntıları ile hızlı ve net bir şekilde görülmesini sağlamaktır. Dekoratif aydınlatmanın amacı, sadece cisimlerin ayrıntılarını göstermek değildir. Mimari unsurları da kullanarak estetik bir etki yaratmaktır. Dikkati çeken aydınlatmanın amacı ise, reklam yapmak yani dikkat çekmektir. Bu aydınlatma için yüksek aydınlık düzeyleri olan, değişken şekilleri olan, renkli ve yanıp sönen ışık kaynakları kullanılır.

2.2. Aydınlatmanın Yararları

Doğru bir aydınlatma tasarımı yapılırsa;

– Ekonomik potansiyel artar. Endüstri kuruluşlarında gündüz çalışma sırasında kazanılan iş veriminin gece vardiyalarında da kazanılması için iyi tasarlanan bir aydınlatma gerekmektedir. Böylece gece ve gündüz vardiyalarında elde edilen iş verimi ekonomik potansiyelin ve çalışma hacminin artmasına doğrudan katkı sağlar.

– Göz sağlığı korunur. Aydınlatma tasarımı doğru olmayan bir mekânda göz sağlığı olumsuz yönde etkilenecektir. Göz yapısı, özellikleri, işleyişi göz önünde bulundurularak yapılan doğru aydınlatma fizyolojik ve psikolojik açıdan insanları pozitif etkiler.

– Görme yeteneği artar. Görme yeteneği sayesinde etrafımızdaki cisimleri algılayabiliyoruz. Görme yeteneği, şekil duyarlılığı (kesinlik), kontrast duyarlılık ve görme hızının bileşimi ile oluşmaktadır. Bunların arttırmak veya optimize etmek doğru bir aydınlatma ile mümkündür.

– İş verimi artar. Görme koşulları iyileştirilirse göz gereğinden fazla yorulmaz ve görme düzeyi artar. Böylece işin kalitesi, verimi ve hızı artar, hatalar ise azalır. Yapılan bir deneye göre, parlıltı değeri 300 lüks' den 500 lüks' e çıkarıldığında iş verimi arttığı tespit edilmiştir. Bu artış ağır işlerde %10, kolay işlerde ise %2,5 oranındadır.

– Kazalar azalır. Özellikle fabrikalarda ve sanayi tesislerinden yaşanan kazalar doğru bir aydınlatma ile azaltılabilir. Ayrıca özellikle trafiğin yoğun olduğu yerlerde doğru bir dış aydınlatma ile kazaları oluşturabilecek etkenler açık ve erken bir şekilde fark edilebileceği için kazalar azaltılabilir. Flüoresan lambaların kullanıldığı yerlerde, titreşimin önüne geçilememesi durumunda stroskobik (göz yanılması) olaydan dolayı algılama hataları ortaya çıkmaktadır. Stroskobik olay yani göz yanılması olayı ışık süreksizliğinden dolayı dönme hareketi ya da harmonik hareket yapan cisimlerin göz tarafından yanlış algılanmasıdır. Bu olay çalışan işçilerin iş makinelerini duruyormuş gibi görmelerine ve iş kazaları yaşamalarına neden olabilmektedir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun (CIE) yaptığı araştırmaya göre, doğru ve iyi aydınlatma yapılmayan yolların, aydınlatma tekniğine göre tasarımının yapılması durumunda ölümlle sonuçlanan

kazalarda %50, ağır hasar meydana gelen kazalarda %67 ve hafif hasar meydana gelen kazalarda %84'lük bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

– Güvenlik sağlanır. Standartlara uygun aydınlatma tasarımının yapılması can güvenliği sağlar. Genellikle cinayet, hırsızlık, gasp gibi suçlar iyi aydınlatılmamış veya karanlık alanlarda görülür. Bu nedenle iyi aydınlatma bu suçların işlenmesi açısından caydırıcı bir etkidir.

– Yaşam konforu artar. Aydınlatma tasarımı iyi ve doğru yapıldığı zaman estetik duygulara cevap vererek psikolojik ihtiyaçları gidermek ile görsel konforu sağlayarak fizyolojik ihtiyaçları da karşılamaktadır.

Bu yararlar dikkate alındığı zaman aydınlatma ekonomik olarak da katkı sağlamaktadır. Ülkemizin en büyük ithalat kalemi ve dış borçlarından biri olan enerji sarfiyatından tasarruf edilerek ve enerjiyi iyi yöneterek ülke ekonomisine katkı sağlanmaktadır.

2.3. Temel Kavramlar

Aydınlık düzeyi, yansıtma oranı, kamaşma, doğrudan aydınlatma, dolaylı aydınlatma, ışığın renk sıcaklığı, renksel geri verim ve gün ışığı gibi kriterler standartta belirtilen aydınlatma kriterleridir.

2.3.1. Işık

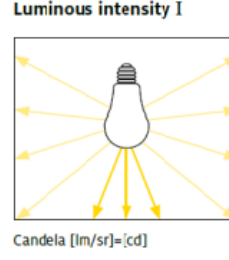
Işık, elektromanyetik ışınımıdır. İnsan gözünde parıltılı bir duyumu uyandırır. Görünür bölgede yani 380 ile 800 nm arasında algılanan elektromanyetik ışınımıdır.

2.3.2. Işık Şiddeti (I)

Birim: Candela (cd)

Bir ışık kaynağının, ışık yoğunluğunu belirli bir yönde yaymasıdır. Işık şiddeti, mekân açısından ışık akısının (Φ), mekân açısına (Ω) oranı ile bulunur.

Işık şiddeti (I) cd = Mekân açısından ışık akısı (Φ) / Mekân açısı Ω [sr] şeklinde hesaplanır.



Şekil 2.1. Işık şiddeti

2.3.3. Işık Akısı (Φ)

Birim: Lümen (lm)

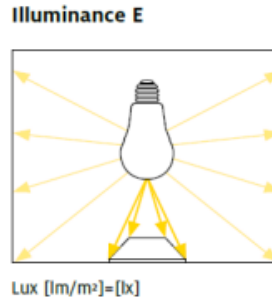
Işık akısı (Φ), ışık kaynağının her yönden yaydığı toplam ışık miktarı yani ışık gücüdür.

2.3.4. Aydınlık Düzeyi (E)

Birim: Lüks (lx)

Aydınlık şiddeti, ışık akısının aydınlatılan yüzeye oranıdır. Aydınlık şiddeti, 1 lm değerindeki ışık akısının 1 m² yüzeye eşit yayılmış şekilde düştüğü durumda 1 lx değerindedir. Yani E (lüks) = Φ (lm) / A (m²) 'dır.

“r” yarıçaplı küre merkezine “I” şiddetinde bir ışık kaynağı konulduğunda, akı “ $4\pi I$ ”, yüzey alanı da “ $4\pi r^2$ ” olur. Aydınlık şiddeti (E) = $4\pi I / 4\pi r^2$ şeklinde hesaplanır.



Şekil 2.2. Aydınlık düzeyi

Tablo 2.1. Bazı alanlarda olması gereken aydınlık düzeyleri değeri

Alanlar	Aydınlatma Şiddeti (lx)
Koridorlar ve dolaşma alanları	100
Teknik çizim ofisleri	750
Kantin, kafeterya, vb.	200
Sınıf ve uygulama odaları	300

2.3.5. Soğurma

Soğurma (emilim), ışığın madde ile etkileşiminden sonra başka bir enerji türüne dönüşmesi nedeniyle kaybolmasıdır. İletilen ve yansıyan ışık dikkate alındığında, ışık enerjisindeki kayıp soğurmayı ifade eder. Birimi yoktur. Işık akısının veya ışık enerjisindeki kaybın ilk akıya oranı veya yüzdesi olarak belirtilir.

2.3.6. Yansıtma Oranı

Her yüzey, gelen ışığı farklı şekil ve büyüklüklerde yansıtır. Koyu renk bir yüzey açık renk bir yüzeye göre ışığı daha az yansıtır. Bu oran yansıyan ışığın gelen ışığa oranı ile bulunur. Yansıtma oranında etkili olan yüzeylerin yansıtma oranları TS-12464-1 no'lu standartta belirtildiği gibi aşağıdaki çizelge de verilmiştir.

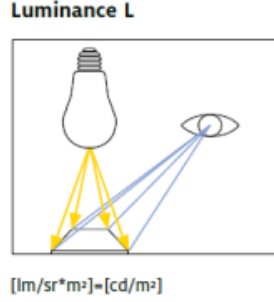
Tablo 2.2. Yüzeylerin yansıtma oranları

Yüzey	Yansıtma Oranı (%)
Tavan	70-95
Duvarlar	40-60
Zemin	15-35
Mobilyalar	25-45

2.3.7. Işıksal Parıltı (L)

Birim: Cd/m².

Bir ışık kaynağının birim alan içerisinde ve belirli bir doğrultuda yaydığı ışık şiddeti miktarıdır. Yüzeyin aydınlık yoğunluğunun ölçüsüdür. Parıltı (cd/m²) = Işık Şiddeti (cd) / Görülen aydınlatma yüzey (m²) şekilde hesaplanır.



Şekil 2.3. Işıksal parıltı

2.3.8. Kamaşma

Işık kaynağın tarafından yayılan ışınların gözü rahatsız edici olarak algılanmasına veya cd/m² değerinin çok yüksek derecede olmasına kamaşma denir. Kamaşma, UGR (Birleşik Kamaşma Endeksi, Unified Glare Rating) değerlerine bağlı olarak değerlendirilir.

$$UGR = 8 \log \left(\frac{0,25}{L_f} \sum \frac{L^2 w}{p^2} \right)$$

UGR değeri bu şekilde hesaplanmaktadır. L_f fon parıltısı (cd/m²), L armatür parıltısı (cd/m²), w uzay açısı (steradyan, sr), p Guth pozisyon endeksi (bakış doğrultusundan sapma açısına göre).

2.3.9. Işıksal Verim (η)

Birim: lm/W.

Bir lambadan yayımlanan ışık akısının harcadığı güce bölünmesi ile elde edilir. Işıksal Verim (lm/W) = Üretilen ışık akısı (lm) / Alınan elektrik gücü (W) şeklinde hesaplanır.

2.3.10. Renk Sıcaklığı (CCT)

Birim: Kelvin (K)

Renk sıcaklığı (CCT), ışık kaynağı tarafından yayılan görünür ışığın rengini gösterir. Işık kaynağının rengini derecelendiren ve tanımlayan bir ifadedir. CCT'nin açılımı Correlated Color Temperature'dır ve ilişkili renk sıcaklığı anlamına gelir.

Max Planck tarafından keşfedilen Siyah Cisim Radyasyonu sonrasında, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından 1931 yılında yayınlanan Renk Uzayları standardında, aydınlatmada armatürlerinin renk sıcaklığı Planck Lokusu veya Siyah Cisim Lokusu olarak adlandırılan eğriyle sabitlemiştir. Bu eğride, 2000 Kelvin (sıcak beyaz) ile başlayan ışık rengi, 10.000 Kelvin'e (soğuk beyaz) kadar gitmektedir. Fakat soğuk beyaz renklerin sirkadiyen ritmi bozmasından dolayı aydınlatmada maksimum 6.500 Kelvin kullanılmaktadır.

Burada üç ana grup bulunmaktadır:

- * Sıcak beyaz < 3300 K (ww)
- * Doğal beyaz 3300-5000 K (nw)
- * Gün ışığı beyazı > 5000 K. (tw)

Lambalar, aynı renk sıcaklığına rağmen farklı renksel geriverim özelliklerine sahiptirler. Bunu nedeni ışıklarının tayfsal bileşimleridir.



Şekil 2.4. Renk sıcaklığı skalası

Aşağıda renk sıcaklığı değerleri için bazı örnekler verilmiştir:

1500-2000 K: Mum ışığı

2500-3500 K: Enkandesen lamba

2500-3500 K: Güneşin doğuşu ve batışı

4000-4500 K: Ay ışığı

5000-6000 K: Xenon lamba

5500-6000 K: Elektronik fotoflaş

5000-6000 K: Öğle saatlerindeki gün ışığı

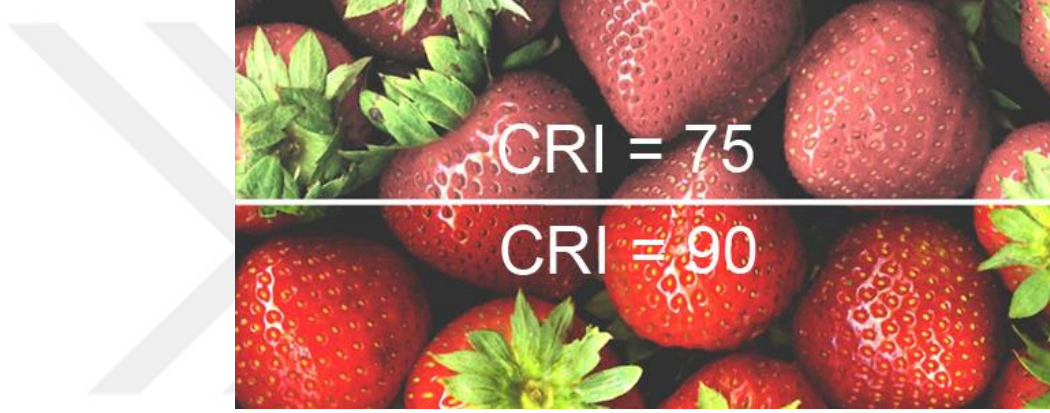
6000-7500 K: Bulutlu gökyüzü

9500-12000 K: Mavi gökyüzü

2.3.11. Renksel Geriverim (Ra)

Suni ışığın, yere ve görüş amacına bağlı olarak, renk algısını mümkün olan derecede hassas gerçekleştirmesi gerekir. Işık kaynağının renksel geriverim özelliği önemli bir ölçüttür. Bu özellik Genel Renksel Geriverim Endeksi (CRI)'nde Ra olarak ifade edilir.

Bir ışık kaynağı Ra = 100 değerine sahip ise tüm renkleri, referans ışık kaynağı olarak kabul ettiğimiz Güneş'in altındaki gibi her rengi doğru şekilde gösterir. Ra değeri düştükçe renklerin doğru görünümü de azalmaktadır.



Şekil 2.5 Renksel Geriverim Farkı

Ra değerlerine göre kullanım alanları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 2.3. Renksel geriverim değerleri ve verdiği sonuçlar

Renksel Geriverim	Değerlendirme
Ra > 90	Tam renk algılamanın çok iyi olduğu yerler
80 < Ra < 90	Tam renk algılamanın gerekli olduğu resim galerisi, müze, mağaza gibi hacimler
70 < Ra < 80	Renk algılamanın orta derecede iyi olduğu yerler
60 < Ra < 70	Renk algılamanın orta derecede iyi olduğu yerler
40 < Ra < 60	Renk algılamanın çok iyi olmadığı fakat renkte bozulmaların istenmediği yerler
20 < Ra < 40	Renk algılamanın hiç iyi olmadığı ve renkte bozulmalara izin verilebilen yerler

2.3.12. Kontrast

Kontrast, matematiksel olarak iki aydınlık düzeyi arasındaki farkın düşük değeri olana bölümdür. Kontrast (C) = $(L_{\max} - L_{\min}) / L_{\min}$ şeklinde hesaplanır.

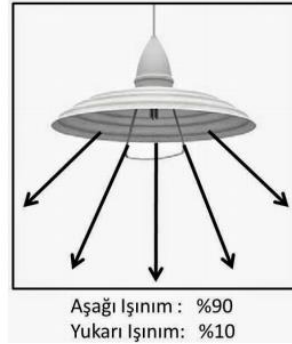
Parlak olan bölüm ile çevresinde aydınlatılan bölüm arasındaki farka kontrast denir. Bakılan alan ile çevresindeki alanlar arasında ışıklılık oranları gözü rahatsız edici veya yorucu kontrastlar oluşturmamalıdır.

2.4. Genel Aydınlatma Teknikleri

2.4.1. Direkt Aydınlatma

Direkt aydınlatmada ışık direkt olarak kaynaktan aydınlatılmak istenilen yere yönlendirilir. Herhangi bir yansıtıcı yüzey kullanılmaz.

Verimi yüksektir. Yansıma kayıpları ve soğurulan enerji değerleri en aza indirilir. Vurguyu bir yere toplamak kolaydır. Gölgelelendirmeyi daha etkin bir biçimde sağladığı için sanat eserleri gibi belirli cisimlerin aydınlatılacağı durumlarda kullanımı elverişlidir. Fakat keskin gölgelere neden olmaktadır. Direkt aydınlatmanın dezavantajları arasında tavanın nispeten karanlık olması ve parıltıya yol açması yer alır.



Şekil 2.6. Direkt aydınlatma

2.4.2. Endirekt Aydınlatma

Endirekt aydınlatmada aydınlatma yansıyan ışınlarla sağlanır. Armatürler duvara veya tavana yönlendirilir.

Verim daha düşüktür. Yumuşak bir aydınlatma sağlanır. Parıltı sorunu olmadığı için aydınlatma rahatsız edici değildir. Endirekt aydınlatmada üç boyutlu cisimlerin detaylarını algılamak daha zordur. Kontrast endirekt aydınlatmada daha azdır.

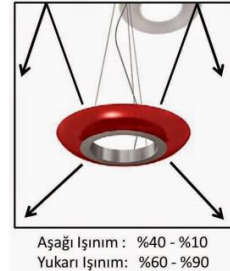


Şekil 2.7. Endirekt aydınlatma

2.4.3. Direkt ve Endirekt Aydınlatma

Direkt ve endirekt aydınlatma armatürleri kullanılarak veya ikisini de sağlayabilen armatürler ile yapılabilir.

Genel aydınlatmayı ve vurguyu bir arada sağlar. Bu tür armatürler ile enerji daha etkin kullanılır ve parıltı azaltılabilir. Gölgelemin keskinliği dengelenebilir. Fakat bakım ve kurulum açısından masraflıdır. Kullanıcılar bu sistemi etkin kullanamayabilirler.



Şekil 2.8. Direkt ve endirekt aydınlatma

2.5. En Az Aydınlık Düzeyleri

Yeterli ve uygun aydınlatılması yapılan bir iş yerinde işler doğru ve etkili yapılabilir. İş yerlerinde, işin çeşidine ve süresine bağlı olarak aydınlatmanın uygunluğu değişmektedir. Bu durumlar için iş yerlerinin aydınlatılmasında TS EN 12464 standardı esas alınır.

Avrupa Standartları Komitesi (CEN) tarafından yayınlanan, Türk Standartları tarafından kabul edilen, EN 12464 standardı aydınlatma alanında iki ayrı standart içermektedir. Bunlar kapalı çalışma alanları (TS EN 12464-1) ve bina dışındaki iş yeri (TS EN 12464-2) aydınlatmalarıdır. Bu standartlar birçok çalışma yerlerinde aydınlatmanın niteliğini ve niceliğini belirler. Aynı zamanda iyi bir aydınlatma yapılması için tavsiyeler de vermektedir.

Kapalı alanlardaki iş yeri aydınlatmalarında, TS EN 12464-1:2013 standardı referans alınır. Aşağıdaki çizelge de bu standart tablosundan alınan bazı değerler verilmiştir.

TS EN 12464-1 standardında yer alan teknik terimler; L_x ortalama aydınlatma seviyesini, UGRL kamaşma değerini, U_o aydınlanan yüzeyin homojenliğini yani düzgünlüğünü belirtir ve R_a renksel geri verimdir.

Tablo 2.4. En az aydınlık düzeyleri tablosu

En Az Aydınlık Düzeyleri Tablosu EN 12464-1: 2013 Standardına Göre						
Ref. No	Alan – Görev – Aktivite Türleri	Lx	UGRL	U0	Ra	Özel Durumlar
Tablo 5.1 — Bina içlerinde dolaşım bölgeleri						
5.1.1	Koridor ve dolaşım alanları	100	28	0,4	40	Zemin düzeyinde aydınlatma. Ra ve UGR, komşu alanlar için birbirlerine yakındır. Eğer güzergâh boyunca gölge yaratabilecek herhangi bir araç (ya da engel) varsa 150 lx. Giriş ve çıkışların aydınlatılmasında, gündüz ve geceye bağlı olarak, iç ve dış mekânlar arasındaki ani değişikliklerden kaçınmak üzere ışık geçiş bölgeleri oluşturulmalıdır. Işıklandırma, cadde ve sokaklardaki sürücü ve yayaların gözlerini almayacak parlaklıkta yapılmalıdır.
5.1.2	Merdiven, yürüme bantları ve asansörler	100	25	0,4	40	Eşiklerde daha belirgin kontrastlar, uygulanmalıdır.
5.1.3	Asansör girişleri	100	25	0,4	40	Asansör kapısı önündeki ışık düzeyi en az $E_m = 200$ lx, olmalı.
5.1.4	Yükleme rampaları	150	25	0,4	40	
Tablo 5.26 — Ofisler						
5.26.1	Dosya ve fotokopi odaları vb.	300	19	0,4	80	
5.26.2	Yazma, tape, okuma ve veri işleme	500	19	0,6	80	
5.26.3	Teknik çizim	750	16	0,7	80	
5.26.4	CAD çalışma birimleri	500	19	0,6	80	

Tablo 2.4. (devam)

5.26.5	Konferans ve toplantı salonları	500	19	0,6	80	Işıklandırma kontrol edilebilir olmalı
5.26.7	Arşivler	200	25	0,4	80	

Tablo 5.33 — Kamu binaları – Genel alanlar

5.28.1	Giriş salonları	100	22	0,4	80	Mümkünse sadece UGR
5.28.2	Emanet odaları	200	25	0,4	80	
5.28.3	Loncalar	200	22	0,4	80	
5.28.4	Bilet ofisleri	300	22	0,6	80	

Tablo 5.36 — Eğitim/Öğretim amaçlı binalar – okullar

5.36.1	Sınıf ve uygulama odaları	300	19	0,6	80	Işıklandırma kontrol edilebilmelidir.
5.36.2	Akşam dersleri için sınıflar	500	19	0,6	80	Işıklandırma kontrol edilebilmelidir.
5.36.3	Oditoryum ve amfiler	500	19	0,6	80	Çeşitli audio/visual ihtiyaçlar için ışıklandırma kontrol edilebilmelidir.
5.36.4	Kara, yeşil ya da beyaz tahtalar	500	19	0,7	80	Speküler yansımalar önlenmelidir. Işıklandırma öğretmenin uygun açıda dikey olarak aydınlatılmasına uygun olmalıdır.
5.36.8	Teknik çizim odaları	750	19	0,7	90	
5.36.9	Laboratuvar ve uygulama odaları	500	19	0,6	80	
5.36.10	Beceri odaları	500	19	0,6	80	
5.36.11	Öğretim atölyeleri	500	19	0,6	80	
5.36.12	Müzik uygulama odaları	300	19	0,6	80	

3. IŞIK KAYNAKLARI TÜRLERİ

Işık kaynağı seçilirken lambanın ömrü, etkinlik faktörü, ışık rengi dikkat edilmesi gereken önemli ölçütlerdir.

Etkinlik faktörü, ışık akısının, harcanan enerjiye olan oranıdır. Etkinlik faktörü yüksek olan ışık kaynakları en az elektrik enerjisine gereksinim duyanlardır. Flüoresan lambaların etkinlik faktörü 45-100 lm/W, akkor telli lambaların 8-16 lm/W, metal halide lambaların 71-98lm/W, ve halojen lambaların 12-26 lm/W'tır. Etkinlik faktörü,

$$K = \frac{\Phi_v}{\Phi_e} = \frac{I_v}{I_e} \text{ (lm/W)}$$

şeklinde hesaplanır.

Lamba ömrünün uzun olması önemli bir kriterdir. Lamba ömrü tanımı iki şekilde yapılır;

a. Ekonomik ömür: Yeterli sayıda lambadan oluşan bir alanda, 100 saat kullanımdan sonra lambaların ışık akılarının, kullanılmaz duruma gelmeleri ve başlangıç değerine kıyasla %70 ışık akısı seviyesine gelmeleri durumudur.

b. Ortalama ömür: Bir aydınlatma alanında kullanılan ışık kaynaklarının yarısının (%50sinin) çalışmaz hale gelmesi için gereken süredir. Işık kaynaklarını ekonomik ömürleri bitince yenileriyle değiştirmek gereksiz enerji tüketimini ortadan kaldırır.

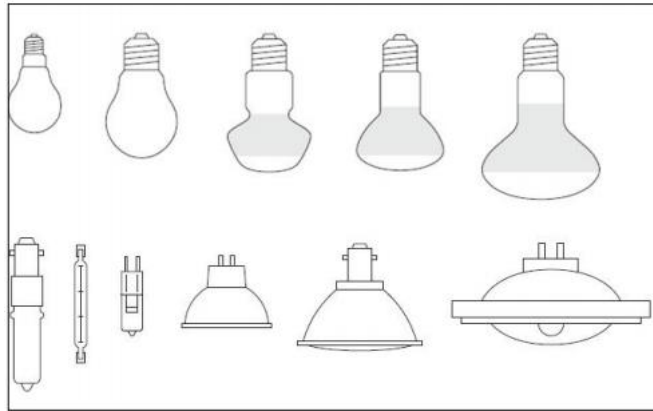
Işık rengi tercihi gün ışığına yakın seçilmeli. Her ışık kaynağının renksel özellikleri "renk sıcaklığı" ve "renksel geriverim" özelliklerine göre belirlenir. Renk algısının öneminin yüksek olduğu mekânlarda bir renkte görülmesi istenilen yüzey ya da cisimlerin aydınlatılmasında renksel geriverimi yüksek olan kullanılması önemlidir.

3.1. Akkor Telli Lambalar

Akkor haline gelinceye kadar ısıtılan tel, havası boşaltılmış veya asal gaz ile doldurulmuş bir cam balon içine koyulur. Bu şekildeki ilk lamba 1854’de Goebel ve 1879’da Edison tarafından kullanılmıştır. Telin cinsine göre akkor telli lambaların farklı çeşitleri vardır. Normal akkor telli lambaların ömrü 1000 saat, etkinlik faktörleri 10-20 lm/W’dır. Işık üretimi ısı yolla olduğu için çevrelerine büyük miktarda ısı yaymaktadırlar. Renksel geriverimi 90-95 civarında, renk sıcaklıkları 2700-3100 K° civarındadır. Maliyeti düşüktür. Etkinlik faktörü azdır.

Tablo 3.1. Akkor telli lambaların karakteristik özellikleri

Akkor telli lambalar	
Güçler	15 - 300 W
Işık akısı	90 - 3.150 lm
Işıksal verim	8 - 16 lm/W
Renk sıcaklığı	2700 K
Ra endeksi	100
Ortalama ömür	1000 h



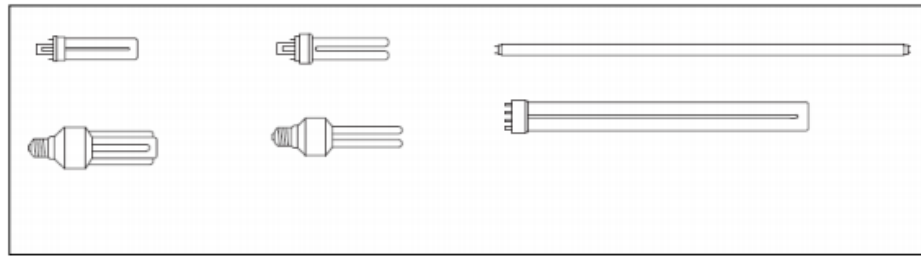
Şekil 3.1. Akkor telli ve halojen lambaların bazı örnekleri

3.2. Floresan Lambalar

Fosfor ultraviyole sonucunda ışık yayan bir hale gelir. Starter ve balast gibi yardımcı maddelere gereksinim vardır. Satın alma maliyeti akkor lambalara göre daha yüksek, fakat enerji tüketimi daha düşüktür. Etkinlik faktörü yüksektir. Tüp uzunlukları 600-2400 mm, çapları ise 38mm / 26mm'dir. Lambaların sıklıkla açılıp kapatılması ömürlerinin kısalmasına sebep olur. Isı farklılıklarından etkilenmektedirler. Ömürleri 10000-20000 saattir. CRI 75-90 arasındadır. Renk sıcaklıkları 2700-5000 K° arasında sıcak beyaz, soğuk beyaz ve gün ışığı gibi farklı renk sıcaklıklarına sahiptir. Okul, kütüphane, büro gibi mekânların aydınlatılması için uygundur.

Tablo 3.2. Floresan lambaların karakteristik özellikleri

Floresan lambalar	
Güçler	15 - 58 W
Işık akısı	120 - 5.200 lm
Işıksal verim	66 - 89 lm/W
Renk sıcaklığı	2700 K, 3000 K, 4000 K
Ra endeksi	85
Ortalama ömür	Klasik Balast: 12.000 h Elektronik Balast: 16.000 h



Şekil 3.2. Tüp ve kompakt floresan lamba örnekleri

3.3. Alçak Basıncılı Sodyum Buharlı Lambalar

Piyasada U ve lineer tüpler şeklinde çeşitleri bulunmaktadır. Sarı renkte ışık yayarlar, monokromatiktirler. Bunun için renksel geriverim açısından yetersizdirler. Tercih edilme nedenleri arasında insan gözünün spektral duyarlılığının çok yüksek olduğu bir bölgede ışık yaymaları da vardır. Yol Aydınlatması, dış aydınlatma ve güvenlik aydınlatması için uygun lambalardır.

Tablo 3.3. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların karakteristik özellikleri

Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar	
Güçler	18 - 180 W
Işık akısı	1800 – 32500 lm
Işıksal verim	100 – 203 lm/W
Renk sıcaklığı	1700 K
Ra endeksi	0
Ortalama ömür	12.000 – 18.000 h



Şekil 3.3. Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba

3.4. Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar

Sodyum cıva ile birlikte kullanıldığı için renk sıcaklığı yükselir ve renksel geriverim artar. Şehir merkezlerinde, projektörlerde, spor salonlarında ve bazı endüstriyel iç mekânlarda kullanılabilir.

Tablo 3.4. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların karakteristik özellikleri

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar	
Güçler	35 – 1000 W
Işık akısı	1300 – 90000 lm
Işıksal verim	50 – 130 lm/W
Renk sıcaklığı	2000 – 2200 – 2500 K
Ra endeksi	10 – 80
Ortalama ömür	16.000 – 24.000 h



Şekil 3.4. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba

3.5. Yüksek Basınçlı Cıva Buharlı Lambalar

Cıva buharının elektrik akımıyla teması ile ışık üretilmektedir. İç yüzeyin fosfor ile kaplanması sonucu renksel geriverim düzeltilebilmektedir. Renk sıcaklığı 3000-6000 K° arasındadır. Yol aydınlatmasında, ticari ve endüstriyel alanlarda kullanılabilir. Uzun ömürlüdürler, fakat kullanıldıkça renksel özellikleri değişmektedir.

Tablo 3.5. Yüksek basınçlı cıva buharlı lambaların karakteristik özellikleri

Yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar	
Güçler	35 - 1000 W
Işık akısı	2.200 -130.000 lm
Işıksal verim	66 - 138 lm/W
Renk sıcaklığı	2000 K
Ra endeksi	20, 40
Ortalama ömür	14.000-18.000 h



Şekil 3.5. Yüksek basınçlı cıva buharlı lamba

3.6. Metal Halide Lambalar

Işığının büyük bir bölümü, bir metal buharı ve halojenür karışımının ışınımından oluşan yüksek yoğunluklu boşalma ile sağlanır. Metalik halojenürlü lambaların boşalma tüpleri genelde saf kuvars 'tan imal edilir. Bu lambalar neredeyse beyaz ışık üretir ve watt başına 100 lümen ışık çıkışı sağlar. Renk sıcaklığı 3100-4000 K° 'dir. Uygulama alanları arasında yüksek binaların iç aydınlatması, park alanları, ağaç aydınlatması, mağazalar, spor alanları bulunmaktadır.

Tablo 3.6. Metal halide lambaların karakteristik özellikleri

Metal halide lambalar	
Güçler	35 – 400 W
Işık akısı	3.100 -20.000 lm
Işıksal verim	61 - 83 lm/W
Renk sıcaklığı	3300 K, 4000K, 5000K
Ra endeksi	70 - 90
Ortalama ömür	6.000-10.000 h



Şekil 3.6. Metal halide lamba

3.7. Işık Yayan Diyot (LED)

LED, İngilizcede “Light Emitting Diode” kelimelerinin baş harfleri kullanılarak oluşturulmuştur ve anlamı “ışık yayan diyot”tur. Yarı iletken çip sektöründeki gelişmeler ile birlikte LED’lerin verimliliği artmaktadır. Maliyeti azalmakta ve gittikçe kullanım alanları yaygınlaşmaktadır. Daha az enerji harcayarak daha çok ışık üretebilirler. Son zamanlarda aydınlatma alanlarına hızla girmeye ve yaygınlaşmaya başlamıştır. Etkinlik faktörlerinin yüksek olmasının yanında, renksel geriverimlerinin iyi olması, farklı renk seçenekleri ve uzun ömürleri gibi özellikleri nedeniyle LED ışık kaynakları iç ve dış mekânlarda genel aydınlatmada kullanılmaya başlamıştır.

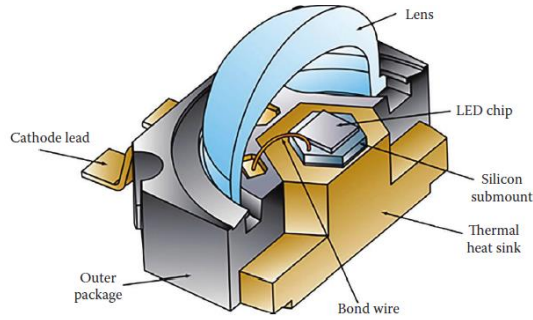
LED’lerin sağladığı kazançlar şunlardır:

- Verimlilik; diğer lamba türlerine göre etkinlik faktörü daha yüksektir. LED ışık kaynakları 50 lümen ışık akısına sahipken, bugünkü teknolojik gelişmeler sayesinde bazı ürünlerde 220 lümen seviyeleri elde edilmektedir.
- Renk; ışık rengi filtreye gerek duyulmaksızın değiştirilebilir.
- Boyut; noktasal ışık kaynakları oldukları için kolaylıkla devre üzerine montajlanabilirler. Noktasal ışık kaynakları olmaları nedeniyle optik tasarım için elverişlidirler.
- Açma/Kapama zamanı; Işık yayma süresi çok kısadır. Bir mikro saniyeden daha kısa sürede parlaklığa ulaşırlar.
- Döngü; açma kapamanın sık yaşandığı uygulama alanları için uygundur. Flüoresan lambaların ve metal halide lambaların bu döngü içerisinde çalışabilmeleri için uzun bir zamana ihtiyaç vardır.
- Loşlaştırma; elektrik akımı düşürülerek kolaylıkla loşlaştırılabilir.
- Soğuk ışık; LED’ler ürünlere zarar verecek düzeyde bir ısı üretmezler. Ayrıca performansları düşük sıcaklıklarda artar

- Uzun ömür; LED ışık kaynaklarının ömrü diğer ışık kaynaklarından daha fazladır. Ömürleri 35.000 ile 50.000 saat arasında değişmektedir. Çalışma koşullarına bağlı olarak bir akkor telli lambanın ortalama ömrü 1.000 ile 2.000 saat arasında iken bir flüoresan lambanın ömrü 10.000 saat ile 20.000 saat arasında değişmektedir.
- Şok dayanımı; LED ışık kaynakları dış etkenlerle oluşabilecek şoklara diğer ışık kaynaklarından daha dayanıklıdır.

Tablo 3.7. LED'lerin karakteristik özellikleri

LED lambalar	
Güçler	0,25 – 25 W
Işık akısı	10 – 170 lm
Işıksal verim	80 - 160 lm/W
Renk sıcaklığı	2.700 – 8.000 K
Ra endeksi	70 – 85
Ortalama ömür	50.000-100.000 h

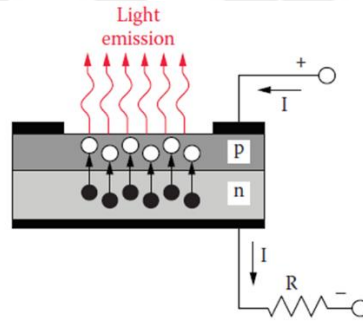


Şekil 3.7. Işık yayan diyot (LED)

3.8. LED Teknolojisi

LED teknolojisi, diğer ışık kaynaklarından farklı olarak cam veya gazlı bileşikler içermemekte ve bütün bileşenleri katı halde bulunmaktadır. Bu nedenle LED diğer tip lambalara göre daha az kırılığandır. Ayrıca diğer lambaların insan sağlığı ve güvenliği için riskli olabilecek yerlere kolaylıkla yerleştirilebilmektedir.

Gerilim uygulanarak elektronları harekete geçirilen LED ışın yaymaya başlar. Bu etki “elektroluminans” ya da “elektro ışınım” olarak adlandırılır. LED’ler katı bir kristal içerisinden geçirilir ve kristaller de iki bölge mevcuttur. Elektronlarla aşırı dolu bir n-tipi bölge ve elektron eksikliği olan p-tipi bölge. Aradaki geçiş bölgesinde (p-n geçiş bölgesi), kristale doğru akım uygulandığında elektronlar düşük enerji düzeyine düşerler ve foton yayımlanır. Elektron fazlalıkları ve elektron eksiklikleri dengelendiğinde ışık elde edilir.



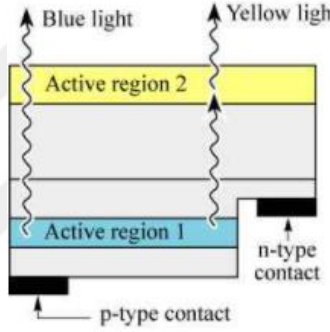
Şekil 3.8. İçinden akım geçen yarı iletkenin yapısı

Elde edilen ışığın emisyon spektrumunun bant genişliği küçüktür. LED’ler görülebilir bölge boyunca uzanan yüksek parıltılı renklere olabilmektedir. Işığın rengini belirleyen ise kullanılan kimyasalların bileşimidir. LED’ler 240 ile 400 nm arasında herhangi bir dalga boyunda üretilebilmektedir. Aydınlatma uygulamaları için üretilen LED’lerin kırmızı veya sarı olanları alüminyum indiyum galyum fosfat (AlInGaP) ve yeşil ya da mavi olanları indiyum galyum nitrat (InGaN) tabanlı olarak üretilmektedir. LED’lerle beyaz ışık birkaç yöntemle elde edilir. Üç ana renk (kırmızı, yeşil, mavi) üreten LED’lerin toplanmasıyla beyaz ışık elde edilir.



Şekil 3.9 Üç ana renk ile beyaz ışık oluşturulması

Mavi ışıklı LED'in önüne sarı renkli fosfor tabaka koyularak beyaz ışık elde edilir. Üretilen mavi ışık ile fosforun ürettiği sarı ve kırmızı bölgedeki ışığın toplamı beyaz ışık olarak algılanır. Ekonomik ve kolaydır. Bu nedenle yaygın kullanılan bir yöntemdir.



Şekil 3.10 Sarı renkli fosfor tabaka ile beyaz renk oluşturulması

UV ışık üreten LED önüne üç ana renk (kırmızı, yeşil, mavi) ışık üreten fosfor tabakalarının konması ile beyaz ışık elde edilir. Bu yöntem hem maliyetlidir hem de ışık verimi düşüktür. Renk sıcaklığı 30.000 ile 70.000 Kelvin arasında değişen beyaz ışık üretilmektedir.

3.8.1. LED Türleri

- Infrared (Kızılötesi) LED

Kızılötesi dalga boyunda ışık yaymaktadır. İnsan gözü kızılötesi ışığı algılayamasa da, çoğu kamera sensörü bu ışığı algılayabilmektedir. Bu sebeple kızılötesi LED'ler gece görüş özelliğine sahip kameralarda ve televizyon kumandalarında tercih edilmektedir.



Şekil 3.11. Infrared (Kızılötesi) LED

- RGB LED

RGB LED'ler, kırmızı (**R**ed), yeşil (**G**reen) ve mavi (**B**lue) renklerde ışık yayabilen 3 farklı LED'in tek bir pakette birleştirilmiş halidir. Bu üç rengi farklı oranlarda karıştırarak insan gözünün algılayabildiği tüm renkleri oluşturabilmek mümkündür. 3 farklı LED ayrı ayrı kontrol edilerek istenilen renk RGB LED'ler ile elde edilebilir.



Şekil 3.12. RGB LED

- Şerit LED

LED'lerin şerit şeklinde esnek de olabilen baskılı bir devre kartı üzerine dizilmesiyle oluşturulur. Doğrusal aydınlatma uygulamalarında, istenen boyutlarda kullanılır. Ayrıca devre kartı esnek olduğu için istenilen şekillerde de (örneğin yuvarlak) profil uygulaması yapılabilir.



Şekil 3.13. Şerit LED

- Power LED

Yüksek güce sahip (0.5W ve üstü) LED'lere power LED ismi verilmektedir. Bu tip LED'ler elektronik devrelerdeki güç ve durum göstergesi gibi işlerden çok, aydınlatma amaçlı uygulamalarda tercih edilir. Bu tip LED'ler yüksek güç tükettikleri için ısınır, bu sebepten dolayı çoğu power LED kendisine ait bir soğutma çözümüne sahiptir.



Şekil 3.14. Power LED

- SMD LED

SMD LED'ler, farklı olarak devre kartlarının yüzeyine lehimlenerek kullanılan LED'lerdir. Kullanım amaçlarına ve büyüklüklerine göre farklı çeşitte SMD LED mevcuttur. SMD LED'lerde "çip" olarak tabir edilen aktif ışık saçan bölgeler bulunur. Genellikle piyasadaki şerit LED'lerde tercih edilir.



Şekil 3.15. SMD LED

- COB LED

Chip-on-Board kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuştur. Montajı ve değiştirilmesi daha kolay olan LED'lerdir. COB LED'lerde belirli bir ölçüdeki çap içerisinde çok sayıda çip bulunmaktadır. Bu çiplerin üzeri fosfor bir tabaka ile kaplıdır. Çok sayıda ışık kaynağını içermesine rağmen lamba gibi kullanılmaktadır.



Şekil 3.16. COB LED

3.9. Işık Kaynaklarının Olumlu ve Olumsuz Özellikleri

Aydınlatmada kullanılan ışık kaynaklarının olumlu ve olumsuz özelliklerinin karşılaştırıldığı tablo aşağıda verilmiştir;

Tablo 3.8 Işık kaynaklarının olumlu ve olumsuz özellikleri

Lamba Türleri	Olumlu Özellikleri	Olumsuz Özellikleri
Akkor Telli Lambalar	Bağlantısı kolaydır. Ucuzdur. Boyutları küçüktür. Anında ışık verir. Bölgesel aydınlatma için uygundur.	Verimli değildir. Yeşile yakın renkleri iyi göstermez. İşletme gideri yüksektir. Ömrü kısadır. Direkt kullanılırsa kamaşmaya sebep olur. Çok ısınır.
Floresan Lambalar	Etkinlik faktörü büyüktür. İşletme gideri düşüktür. Fazla ısınmaz. Kamaşma oluşmaz. Çeşitli renk seçenekleri sunar. Ömrü oldukça uzundur.	Anında ışık vermez.(Manyetik balastla). Yardımcı araçlara gereksinim duyulur. Kuruluş masrafı fazladır. Bazı durumlarda gürültü çıkarır.
Sodyum Buharlı Lambalar	Etkinlik faktörü büyüktür. Ömrü uzundur. Sisli havalarda iyi bir görüş sağlar.	Kuruluş masrafı fazladır. Renklerin ayırt edilmesine olanak vermez. Rengi sarıdır.
Yüksek Basıncılı Cıva Buharlı Lambalar	Etkinlik faktörü büyüktür. Ömrü uzundur. Sarsıntıya ve darbelere dayanıklıdır. Ateşleyiciye ihtiyaç duymaz. Isı ve gerilim değişimlerine dayanıklıdır.	Yaklaşık 5 dakika sonra tam ışığını verir. Yardımcı araçlara gereksinim duyulur. Kuruluş masrafı fazladır. Kırmızıya dönük renkleri iyi göstermez.
Metal Halide Lambalar	Etkinlik faktörü büyüktür. Ömrü uzundur. Renk geriverimi yüksektir.	Gerilim dalgalanmalarına karşı hassastır. Loşlaştırmaya uygun değildir. Kuruluş masrafı fazladır.

Tablo 3.8 (devamı)

Lamba Türleri	Olumlu Özellikleri	Olumsuz Özellikleri
LED	<p>Etkinlik faktörü büyüktür.</p> <p>Ömrü uzundur.</p> <p>Açma/kapama hızından etkilenmemektedir.</p> <p>Renk geriverimi yüksektir.</p> <p>Geniş renk aralıklarına sahiptir.</p> <p>Boyutları küçük olduğu için istenilen tasarımda kullanılabilir.</p> <p>Montajı ve bakımı kolaydır.</p> <p>İçerisinde ağır gazlar ve maddeler bulunmaz, çevrecidir.</p> <p>Çalışma esnasında çok yüksek ısı vermedikleri için güvenli kullanım sağlar.</p>	<p>Kurulum maliyeti yüksektir.</p> <p>Performansı ortam sıcaklığına bağlıdır.</p> <p>Eşik değeri denilen bir gerilim ve akım değerinde beslenmelidir.</p> <p>Doğru elektriksel kutuplaşmada çalışırlar.</p>

4. AYDINLATMANIN FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK ETKİLERİ

Işık sadece görmemizi sağlamaz aynı zamanda insan sağlığı, konfor, üretkenlik ve işlev aydınlatmaya büyük ölçüde bağlıdır. Bu nedenle günümüzde ışığın sadece bir mühendislik dalından ibaret olmadığı birçok disiplininde konusu olduğu söylenebilir. Aydınlatma kişilere olan etkisi nedeniyle mekân özelliklerinin en önemli etkenlerinden biridir. Işığın bireylerin yaşam kaliteleri üzerinde olumlu ve olumsuz etkileri göz ardı edilemez bir konudur. Günümüzde insanlar zamanlarının çoğunu ofisler, okullar, alışveriş merkezleri, restoranlar gibi kapalı ortamlarda geçirir. Bu yaşam alanları, insanların sahip oldukları fizyolojik ve psikolojik özelliklerine gün boyu çeşitli etkilerde bulunur. Güneşli günler de daha aktif, mutlu ve üretken hissetmemiz iyi bir aydınlatmaya ihtiyaç duyduğumuzun en güzel örneklerindedir.

Aydınlatmanın yeterli bir görsel performans sağlaması beklenmektedir. Ortalama aydınlık seviyesi, düzgün dağılım, kamaşma kontrolü, renksel geriverim ve görsel konfor dikkat edilen bazı kriterlerdir. Özellikle iş yerlerinde yapılan yetersiz aydınlatma, yetersiz aydınlatma seviyeleri, kamaşma ve istenmeyen gölgelerin oluşması nedeniyle belge, doküman veya bilgisayar ekranlarının görülmesi zorlaşmaktadır. Aynı zaman da yapılan yanlış aydınlatma ortamın, nesnelere ve renklerin doğru algılanmasını engeller. Bu durum bazı güvenlik problemlerine ve hatalara neden olabilmektedir.

Gün ışığının insan üzerindeki biyolojik ve fizyolojik açıdan olumlu etkileri bilinmektedir. Biyoloji ve tıp alanındaki çeşitli araştırmalar neticesinde aydınlatmanın biyolojik saatimiz, stres hormonu ve uyku hormonu gibi hormonlar üzerinde önemli ölçüde etkisi olduğu bilinmektedir. Bu nedenle aydınlatma sağlığını, ruh halimizi ve yaşam kalitemizi etkilemektedir. Aynı zamanda gün ışığı vücudumuzun ritimlerini korumaktadır. Bu nedenle suni aydınlatma ile bu dengenin sağlanması gerekmektedir.

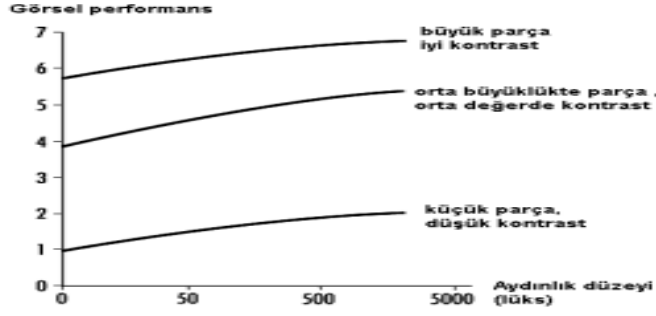
Gün ışığından yeterince faydalanılamayan koşullarda, suni aydınlatma kullanmak yararlı olabilir. Kış aylarında kullanılan yeterli suni ışık ruh halini olumlu bir şekilde etkilemektedir. Ayrıca doğru ve yeterli suni ışığa maruz kalmak genel sağlık durumumuzu olumlu yönde etkileyecektir.

4.1. Aydınlatmanın Fizyolojik Etkileri

Algının %80-90'ını görme duyusu oluşturmaktadır. Bu nedenle aydınlatma görme duyusunu etkileyen en önemli faktörlerden biridir.

Yanlış aydınlatma koşullarına maruz kalma görsel rahatsızlık olarak adlandırılır ve göz yorgunluğu bu rahatsızlığın şikâyetleri arasında yer almaktadır. Göz yorgunluğu belirtileri değişebilse de görme bulanıklığı, baş ağrısı, göz yaşarması, göz kuruluğu, göz kaşıntısı ve göz tahrişi ortak belirtilerdir. Aydınlık düzeyindeki yetersizlik, ani veya aşırı düşük aydınlatma koşullarında göz sinirlerini yıprattığı ve geçici körlüklere neden olduğu bilinmektedir.

Amerikan Ulusal Güvenlik Konseyi'nin raporuna göre kötü aydınlatma, iş kazalarının %5'ine sebep olmaktadır. Kötü aydınlatma sebebiyle oluşan göz rahatsızlığı da bu oranı %20'ye çıkarmaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre Amerika'da ağır sanayi endüstrisinde faaliyet gösteren bir fabrikanın yetersiz aydınlık düzeyi değerleri sahip olan kısımlarının aydınlık düzeyleri yükseltince kaza oranlarında düşüş yaşandığı ortaya konulmuştur. Özellikle fabrikanın montaj hattındaki aydınlık düzeyi 200 lükse yükseltildikten sonra kaza oranlarında %32'lik bir düşüş elde edilmiştir. (Bayraktar, 2016)

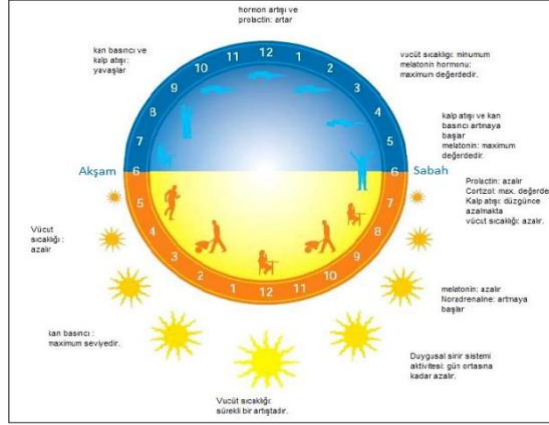


Şekil 4.1. Görsel performans – aydınlık düzeyi ilişkisi

Işık, vücudun iç saatini düzenleyen sirkadiyen ritmi kontrol eder. Sirkadiyen ritim 24 saat boyunca tekrarlanan biyolojik bir olaydır. İç saatimiz ile günlük saat birbiriyle uyuşmuyorsa, insanlar uykulu, dalgın ve yorgun hissederler.

Sabah saatlerindeki ışık seviyesi vücudun iç saatine başlama sinyali iletir. Böylece biyolojik saate aktif döngünün başlaması iletilmiş olur. Vücut bu sinyale adrenalin, serotonin ve kortizol üretimi ile karşılık verir. Ayrıca bu hormonların yanında vücut sıcaklığı ve metabolizma seviyesi de yükselir. Öğleden sonraki saatlerde metabolizma seviyesi en yüksek seviyelere ulaşır. Akşam saatlerinde gün ışığının şiddetinin azalması ile biyolojik saat serotonin hormonunu melatonine çevirmesi için epifiz bezine sinyal gönderir ve vücut sıcaklığı düşmeye başlar. Uyanma esnasında ise biyolojik saat melatonin hormonunun salınmasını durdurur ve bu döngü tekrar başlar.

Gece vardiyasında çalışan insanlar, 24 saatlik döngülerle çalıştıkları zaman, gece uykusunun yetersiz gelmesi nedeniyle kendilerini uykulu ve yorgun hissedeceklerdir. Şekil 4.2'de 24 saatlik ışık döngüsünde insan vücudunun gösterdiği reaksiyonlar gösterilmiştir.



Şekil 4.2. 24 saatlik ışık döngüsünün insan vücudundaki reaksiyonları

Ayrıca yanlış aydınlatma bitkinliğe ve yorgunluğa neden olduğu ayrıca kişilerin ruh sağlığını da olumsuz etkilediği ifade edilmektedir.

4.2. Aydınlatmanın Psikolojik Etkileri

Aydınlatma tasarımı sadece fizyolojik etkilere neden olmamaktadır. İyi bir aydınlatma tasarımı için kişilerin ruh hallerini ve motivasyonlarını etkileyecek faktörleri de göz önüne almak gerekmektedir. Aydınlatma tasarımı, sadece bir mekânı aydınlatmak amaçlı yapılmamalıdır. Aydınlatma kalitesi; insan ihtiyaçlarını, mimari etkileri ve enerji verimliliğini içermektedir. Işık yalnızca görmeyi sağlamaz aynı zamanda ruh halini de etkilemektedir.

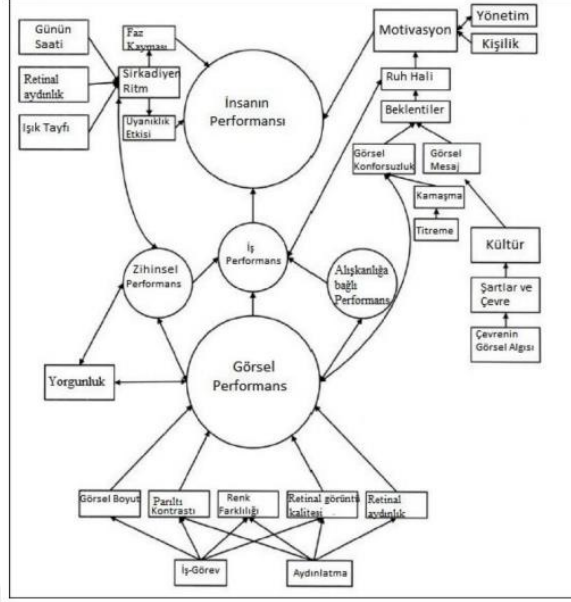
Işık seviyesi, rengi, gölgesi algılamayı ve yaşam ritmini etkiler. Doğadaki birçok sürecin ritmik olduğu gibi ışık da dünyadaki bütün canlıların yaşam ritimlerini etkiler. Buna insan yaşamı da dahildir. Aydınlatmanın bu etkileri göz ardı edilemez ölçüde büyük öneme sahiptir. Işık alan mekânlar da kişiler kendilerini iyi hisseder, memnuniyetleri ve üretkenlikleri artar. Günlük döngü ile birlikte mevsimsel döngü de insan yaşamını etkilemektedir. Yetersiz gün ışığı hormonların çalışmasında düzensizliklere sebep olmaktadır. Özellikle kuzey ülkelerinde görülen bazı psikolojik rahatsızlıkları gidermek için hastalara ışık terapisi uygulanmaktadır. Uygulanan ışık yüksek aydınlık düzeyine sahiptir.

Kadınlar erkeklere göre ışığa daha duyarlıdır. Kadınların kış depresyonuna yakalanma sebepleri kanlarındaki melatonin düzeylerinin düşmesidir. Bu nedenle, özellikle sabah saatlerinde ışık tedavisi uygulamak, kış depresyonunu gidermek için etkili bir yöntemdir. Güneş ışınlarına belirli süre ve şiddet de maruz kalmak, ruh ve beden sağlığı açısından yararlı olmaktadır.

Işığın olduğu gibi ışık renginin de insanlar üzerinde farklı etkileri vardır. Genel olarak aydınlatma da renk sıcaklık aralıkları; 3300K ve altı sıcak beyaz renk, 3300- 5300K aralığı doğal beyaz renk, 5300K ve üzeri de soğuk beyaz renk olarak tanımlanır. Özellikle dinlenme salonları gibi mekânlarda kullanılan sıcak beyaz renk sıcaklığının sakinleştirici etkisi vardır. Bu renk sıcaklığı, hareketleri yavaşlatır ve psikolojik rahatlatma etkisi ile de dikkati düşürür. Soğuk beyaz renk sıcaklığı ise kişiyi zinde hissettirir ve canlandırır.

4.3. Aydınlatmanın Performansa Etkileri

Araştırmalar sonucunda, özellikle çalışma ortamlarındaki gün ışığı miktarı ve verimlilik arasındaki bağlantının önemi ortaya konmuştur. Aydınlatmanın kişisel performansı üç yol ile etkilemektedir. Bunlar sirkadiyen ritim, algısal sistem ve görme sistemi üzerindeki etkilerdir. Sirkadiyen sistem aydınlık ve karanlık döngüden etkilenir. Algısal sisteme iletilen mesajları etkileyen birçok faktörlerden biri de aydınlatmadır. Görme sisteminin işlevi ise aydınlatma koşulları tarafından belirlenir.



Şekil 4.3. Aydınlatma koşullarının etkilerini gösteren şema

Işığın kalitesi insan performansını direkt olarak etkileyen bir faktördür. Işığın şiddeti, geldiği açı ve rengi üretim alanları ve ofisler gibi yüksek verimlilik beklenen alanlarda büyük öneme sahiptir. Aydınlatma tasarımı yapılırken bu unsurlar referans olarak alınmalıdır. İnsanları rahatsız etmeyen ve psikolojik açıdan rahatlatan bir etkiye sahip olan aydınlatma tasarımı, vaktin çoğunun geçirildiği alanlarda verimliliği direk etkiler ve artırabilir. Mesela bir tiyatro oyununda seyircinin tüm dikkatini aydınlatma ile sahnede istenilen karaktere çekebiliriz. Göreve uygun tasarlanmış bir aydınlatma ile çalışma alanlarındaki performansı artırabiliriz.

Yapılan araştırmalar aydınlık düzeyinin artırılması sonucunda üretimin %8 ile 27 değerleri arasında yükseldiğini ortaya koymaktadır. Yanlış yapılan bir aydınlatma tasarımı ise konforsuz bir çalışma ortamı yaratmak ile birlikte gözde bulunan sinirleri zayıflatmakta ve yıpratmaktadır. Hatta geçici körlüklere bile neden olabilmektedir. Yanlış aydınlatma tasarımı yorgunluğa, dikkat dağınıklığına, moral bozukluğuna ve agresif davranışlara sebep olmaktadır. Bu nedenle iyi yapılan bir aydınlatma tasarımı yorulmayı önler ve iş verimini artırır.

5. DIALUX PROGRAMI İLE AYDINLATMA HESABI

DIALux programı, DIAL GmbH firması tarafından geliştirilmiştir. Ücretsiz ve limitsiz bir programdır. Bu nedenle amatör veya profesyonel tüm aydınlatma tasarımcıları ve tüm armatür üreticileri rahatlıkla kullanabilmektedir. Dünya çapında yüzbinlerce aydınlatma tasarımcısı tarafından sıklıkla kullanılmakta ve birçok aydınlatma tasarımları bu program ile yapılmaktadır.

Dünyanın önde gelen üreticilerinin ürün dosyaları ile aydınlatma tasarımı için gerekli armatürler rahatlıkla seçilebilir veya DIALux kütüphanesinde bulunan armatürler de kullanılabilir. DIALux'ün sağladığı yararlar;

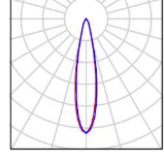
- Efektif ve profesyonel aydınlatma tasarımı,
- Armatür üreticilerinin güncel ışık verilerinin bulunduğu bir kütüphane,
- Ücretsiz yazılım,
- Sürekli güncel ve göze hitap eden ışık kaynakları ile tasarım,
- Enerji tüketim analizi,
- İç ve dış alanın aydınlatma planlamasıdır.

Dialux yazılımı sayesinde aydınlatma için belirlenen standartlar ile yapılan aydınlatma tasarımı sonucu hesaplanan değerler karşılaştırılabilmektedir. Tasarım aşamasında iken değişiklikler ve iyileştirmeler yapılabilir. Böylece kullanıcının fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir aydınlatma tasarımı yapılmış olur.

Aydınlatma tekniğinde gereksinim duyulan aydınlık düzeyi dikkate alınarak, teknik kriterler ile birlikte estetik kriterler de göz önüne alınarak armatür seçimi yapılabilir. Yeterli bir aydınlık düzey, ekonomik ve kaliteli bir tasarım için gerekli hesaplamalar yapılır.

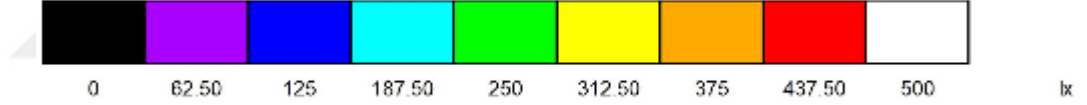
Bu bölümde DIALux programı ile yapılan iki tür proje açıklanmaktadır. Birinci proje yaygın şekilde kullanılan ofis aydınlatma tasarımı iken ikinci proje ise ofis aydınlatma tasarımının da yapılan yanlış seçimler iyileştirilerek yapılan aydınlatma tasarımıdır.

Birinci projede kullanılan armatürün teknik özellikleri Şekil 5.1.'de verilmiştir.

		Oda 1 / Işıklık parça listesi
22 Parça	Cata Lighting 8W Spot Ürün No.: Işık akısı (Işıklık): 476 lm Işık akısı (Lambalar): 480 lm Işıklık gücü: 8.0 W Işıklık sınıflandırma, CIE: 99	

Şekil 5.1. Işıklık parça listesi

Şekil 5.1.'in sol tarafında armatürün değerleri verilirken sağ tarafında armatürün ışık diyagramı verilmiştir. Işık diyagramında ışığın yayılma açısı gösterilmektedir. Birinci proje için 22 tane Cata Lighting firmasının 8 W spot armatürü kullanılmıştır. DIALux programın da ters renk gösterimin de yapılan aydınlatma tasarımının yüzeylerdeki parlaklı düzeyleri ve değerleri gösterilmektedir. Şekil 5.2.'de ters renkler gösteriminin ayarlanan parlaklı değerleri verilmektedir.



Şekil 5.2. Lüks değerlerinin ters renklerle gösterimi

Bu armatür ile yaygın şekilde kullanılan ofis aydınlatma tasarımı Şekil 5.3.'de gösterilmektedir.



Şekil 5.3. Ofis aydınlatma tasarımının ön cephe görüntüsü

Beyaz renk ile gösterilen 500 lüks değeri Tablo 2.4. En az aydınlık düzeyleri tablosunda gösterildiği gibi ofis aydınlatmalarında çalışma yüzeyleri için gerekli olan değerdir. Mavi, mor ve siyah renklerle gösterilen değerler aydınlatmanın yetersiz olduğunu göstermektedir. Ters renklerle gösterimi 500 lx'e göre optimize edildiğinde ofisin bu cephesinde yapılan aydınlatma tasarımı ters renklerle gösterildiğinde yüzeylerdeki parlaklık düzeyleri Şekil 5.4. 'de ki gibi olmaktadır.

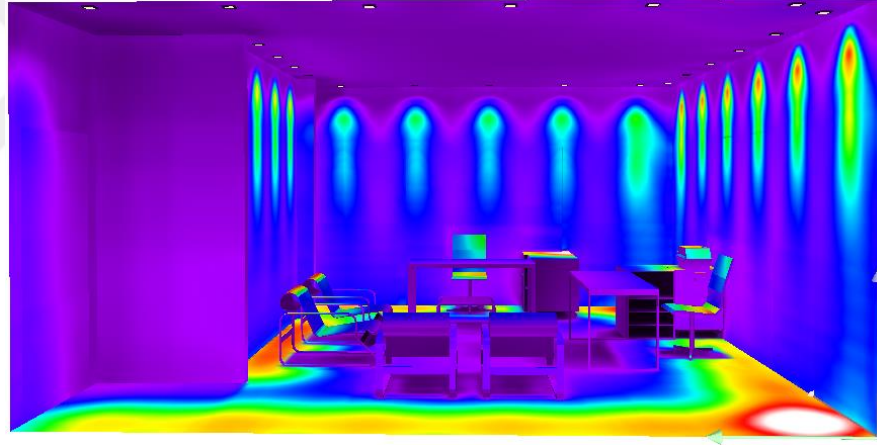


Şekil 5.4. Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- ön cephe

Yapılan yanlış aydınlatma tasarımından dolayı ofisin birçok kısmı 187.5 lx, 125 lx ve 62.5 lx değerlerini göstermektedir. Görsel tasarım amacı ile daha fazla armatür kullanmak çoğu zaman doğru sonuçlar vermemektedir. Ofisin diğer cephelerinin görselleri ve ters renklerle gösterimi aşağıdaki şekiller ile gösterilmektedir.



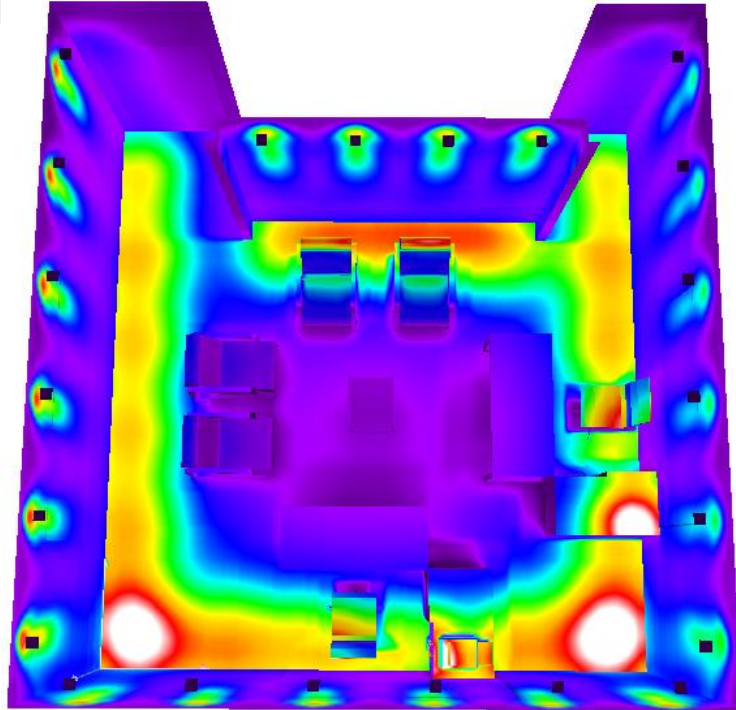
Şekil 5.5. Ofis aydınlatma tasarımının yan cephe görüntüsü



Şekil 5.6. Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- yan cephe



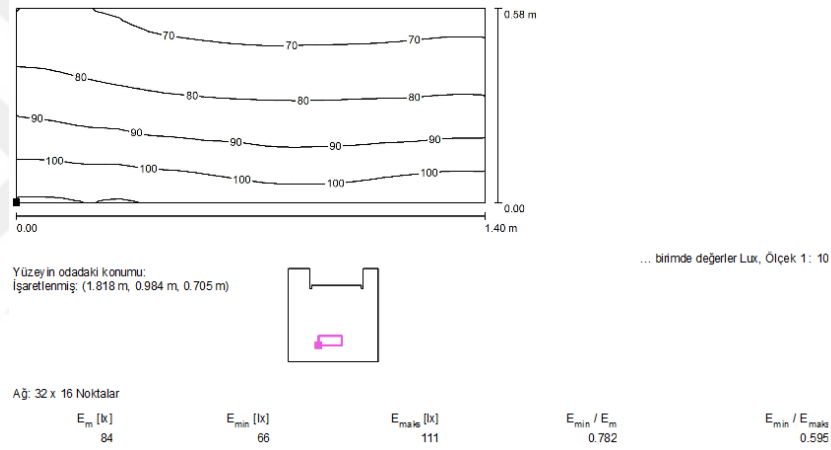
Şekil 5.7. Ofis aydınlatma tasarımının üst cephe görüntüsü



Şekil 5.8 Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- üst cephe

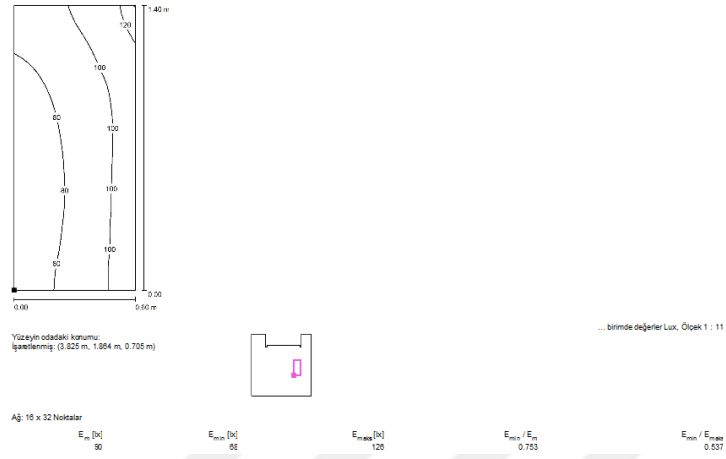
Birinci projede yapılan tasarım yaygın şekilde kullanılan ofis aydınlatma tasarımıdır. En az aydınlık düzeylerine dikkat edilmeden maliyet odaklı veya estetik görüntü odaklı yapılan aydınlatma tasarımları çalışanları sağlık yönünden ve çalışma hayatı yönünden olumsuz etkilemektedir.

Ofis aydınlatma tasarımında çalışma yapılan alanlar için yeterli aydınlatma yapılması gerekmektedir bunun için öncelik çalışma düzlemleri yani masa üstlerine verilmektedir. Bu düzlemlerde elde edilen sonuçlara göre tasarım yapılmaktadır. Çalışma masaları çalışma düzlemi alınarak hesaplama yapıldığı zaman Şekil 5.9. ve Şekil 5.10. 'da çalışma düzlemlerinin değerleri ayrı ayrı elde edilmektedir.



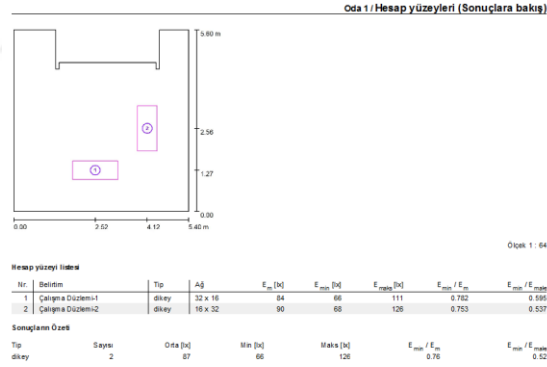
Şekil 5.9. Masa-1 için çalışma düzlemi sonuçları

Raporda yer alan E_m değeri alınan yüzeydeki ortalama aydınlık düzeyi değerini, E_{min} çalışma düzlemindeki minimum aydınlatma düzeyi değerini, E_{maks} çalışma düzlemindeki maksimum aydınlatma düzeyi değerini vermektedir. E_{min} / E_m değeri U_1 değerini yani aydınlanan yüzeyin homojenliğini, düzgünlüğünü, E_{min} / E_{maks} değeri U_2 değerini yani aydınlanan yüzeyin homojenliğini, düzgünlüğünü verir. Bu değerler arasında yüksek olan değer U_o yani toplam düzgünlük olarak kabul edilir. Düzlem üzerinde gösterilen sayılar ise ışığın düzlemdeki aydınlatma değerlerini göstermektedir.



Şekil 5.10. Masa 2 için çalışma düzlemi sonuçları

İki çalışma düzlemi üzerinde yapılan hesaplamalar Şekil 5.11. 'de birlikte verilmiştir.



Şekil 5.11. Hesap yüzeyleri sonucu

Hesap yüzeyleri sonucunda masaların konumları ve iki düzlemden elde edilen sonuçların ortalama değerleri verilmiştir. Tablo 2.4. En az aydınlık düzeyleri tablosunda ofis de yazma, okuma ve veri işleme için lx değeri 500, U_0 değeri 0,6 verilmektedir. Elde edilen sonuçlarda her iki düzlem içinde 500 lx değeri elde edilememiştir. Düzgünlük değerinde 0,6' ya yakın bir değer elde edilmiştir yani ışık homojen fakat yetersiz dağılmaktadır. Çalışma düzlemi üzerine yetersiz ışık gelmesi çalışanları fizyolojik ve psikolojik olarak olumsuz etkilemektedir.

Yapılan aydınlatma tasarımı duvar, zemin ve tavan açısından değerlendirilmesi Şekil 5.12. 'de verilmektedir.

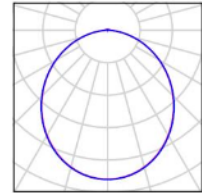
Oda 1 / Aydınlatma Tekniği Sonuçları					
Toplam ışık akısı:		10480 lm			
Toplam Güç:		176.0 W			
Bakım çarpanı:		0.80			
Sınır bölgesi:		0.000 m			
Yüzey	Ortalama Aydınlık [lx]			Yansıtma derecesi [%]	Ortalama Işıklılık [cd/m ²]
	doğrudan	dolaylı	toplam		
Çalışma Düzlemi-1	43	41	84	/	/
Çalışma Düzlemi-2	49	41	90	/	/
Zemin	148	33	181	42	24
Tavan	0.00	55	55	70	12
Duvar 1	67	58	125	49	20
Duvar 2	54	52	106	49	16
Duvar 3	16	39	54	49	8.48
Duvar 4	16	49	65	49	10
Duvar 5	6.71	47	54	49	8.41
Duvar 6	48	55	102	49	16
Duvar 7	65	52	117	49	18
Duvar 8	45	53	98	49	15
Duvar 9	2.48	43	45	49	7.09
Duvar 10	7.69	42	50	49	7.79
Duvar 11	13	41	54	49	8.41
Duvar 12	63	51	114	49	18

Şekil 5.12. Aydınlatma tekniği sonuçları

Aydınlatma tekniği sonuçlarında oda içinde bulunan tüm yüzeyler için yapılan hesaplama sonuçları verilmektedir. Doğrudan ve dolaylı aydınlatma sonuçları, düzlemlerin ışığı yansıtma dereceleri (%) ve hesaplama yapılan düzlemdeki ortalama ışıklık değerleri verilmiştir. Kullanılan armatürlerden elde edilen toplam ışık akısı 10480 lm ve toplam güç 176 W'dır. Bu rapor sayesinde aydınlatma yapılan mekân aynı zamanda maliyet hesabı da yapılabilmektedir.

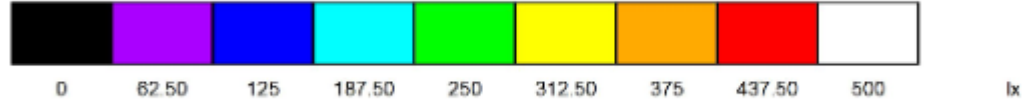
İkinci projede aydınlatma tasarımı Tablo 2.4. En az aydınlık düzeyleri tablosu dikkate alınıp iyileştirmeler yapılarak yeniden tasarım yapılmıştır. Bu tasarımda kullanılan armatürün teknik özellikleri Şekil 5.13.'de verilmektedir.

Oda 1 / Işıklılık parça listesi	
6 Parça	FIBERLİ PNL LAY ON-6060 CW65 26W Ürün No.: Işık akısı (Işıklılık): 3507 lm Işık akısı (Lambalar): 3507 lm Işıklılık gücü: 26.3 W Işıklılık sınıflandırma, CIE: 99



Şekil 5.13. Işıklılık parça listesi

İkinci proje için 6 tane Fiberli firmasının 26.3 W armatürü kullanılmıştır. Kullanılan ışığın yayılma açısı diğer armatüre göre daha geniş açılı ve ışık akısı diğer armatüre göre daha yüksek seçilmiştir. Kullanılan armatürün ters renk gösterimi 500 lx değerine optimize edildiğinde lüks değerlerinin renklendirilmiş hali Şekil 5.14. 'de verilmiştir.



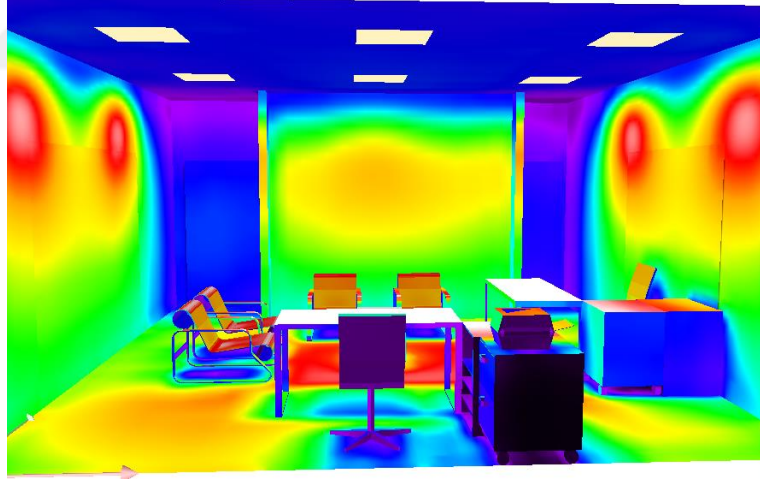
Şekil 5.14. Lüks değerlerinin ters renk gösterimi

Bu armatür ile yapılan aydınlatma tasarımı görselleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 5.15. Ofis aydınlatma tasarımının ön cephe görüntüsü

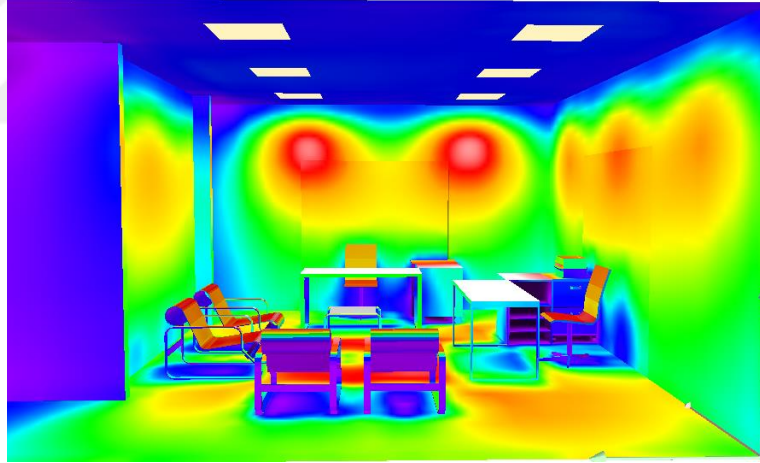
İkinci proje için kullanılan armatürün ters renk görünümü 500 lx değerine optimize edildiğinde lüks değerlerinin renklendirilmiş hali Şekil 5.15. 'de verilmiştir.



Şekil 5.16. Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- ön cephe



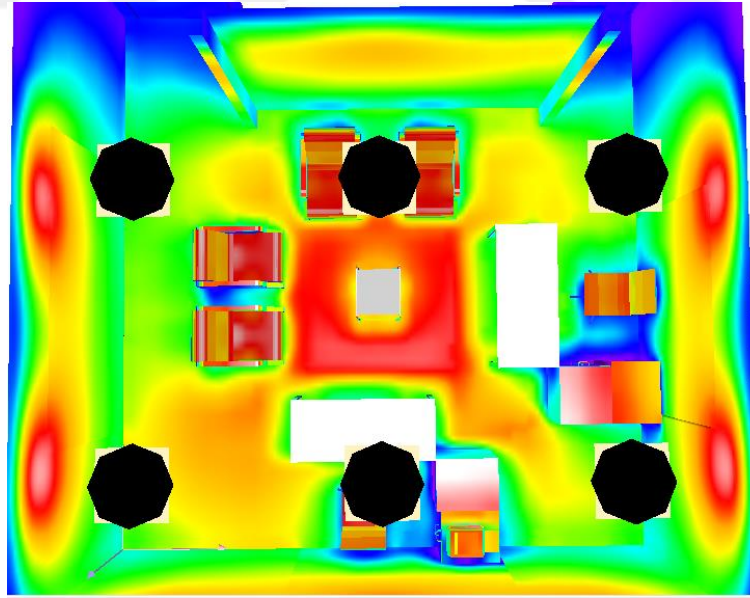
Şekil 5.17. Ofis aydınlatma tasarımının yan cephe görüntüsü



Şekil 5.18. Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- yan cephe



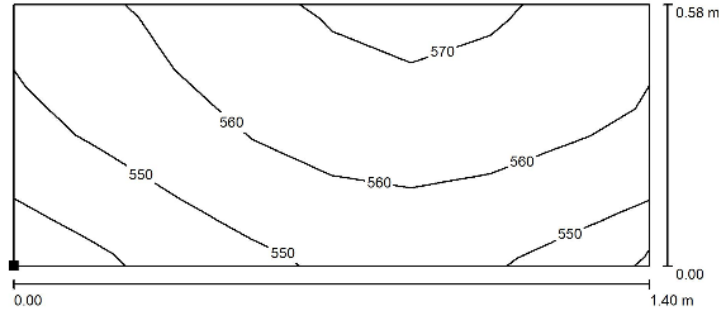
Şekil 5.19. Ofis aydınlatma tasarımının üst cephe görüntüsü



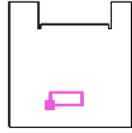
Şekil 5.20. Ofis aydınlatma tasarımının ters renk gösterimi- üst cephe

İkinci projede yapılan yanlış aydınlatma tasarımı ve armatür seçimi iyileştirilerek tasarım yapılmıştır. En az aydınlık düzeylerine dikkat edilerek ofis elemanı odaklı yapılan aydınlatma tasarımı çalışma hayatını ve çalışanları sağlık yönünden olumsuz etkilememektedir. Birinci projede olduğu gibi çalışma masaları çalışma düzlemi alınarak hesaplama yapıldığı zaman Şekil 5.20. ve Şekil 5.21. 'da çalışma düzlemlerinin değerleri ayrı ayrı verilmektedir.

Oda 1 / Çalışma Düzlemi-1 / Değer eğrileri (E, dikey)



Yüzeyin odadaki konumu:
İşaretlenmiş: (1.818 m, 0.984 m, 0.705 m)



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 10

Ağ: 8 x 4 Noktalar

E_m [lx]
558

E_{min} [lx]
535

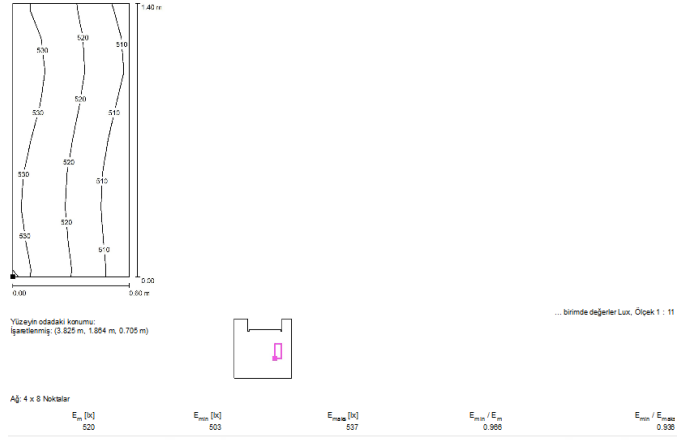
E_{maks} [lx]
572

E_{min} / E_m
0.958

E_{min} / E_{maks}
0.934

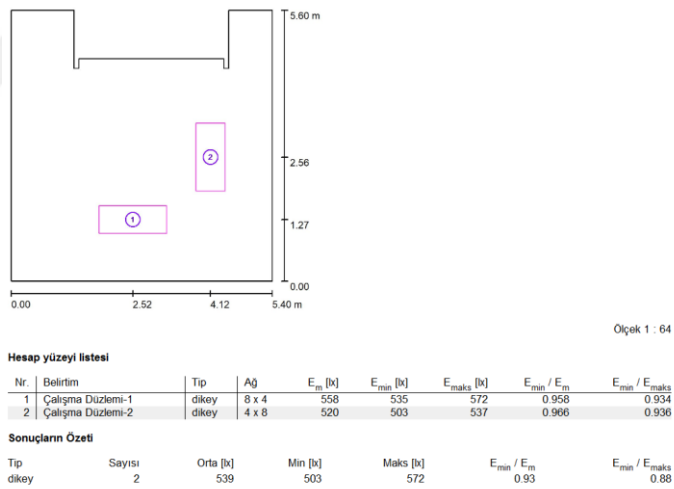
Şekil 5.21. Masa-1 için çalışma düzlemi sonuçları

Çalışma düzlemi-1 için yapılan hesaplama da minimum ve maksimum değerlerde 500 lx değeri elde edilmiştir. Işığın düzgünlük derecesi de birinci projeye göre daha iyi bir sonuç vermiştir.



Şekil 5.22. Masa-2 için çalışma düzlemi sonuçları

Çalışma düzlemi-2 için yapılan hesaplamada da istenilen 500 lx değeri ve homojen ışık dağılımı elde edilmiştir.



Şekil 5.23. Hesap yüzeyleri

Tablo 2.4. En az aydınlık düzeyleri tablosunda ofis de yazma, okuma ve veri işleme için lx değeri 500, U_0 değeri 0,6 verilmektedir. İki çalışma düzeyi içinde istenilen lüks değeri ve U_0 değeri yani düzgünlük değeri elde edilmiştir. Işığın düzgünlük oranının bire yakın olması ışığın daha homojen dağıldığını göstermektedir.

Oda 1 / Aydınlatma Tekniği Sonuçları

Toplam ışık akısı:	21042 lm
Toplam Güç:	157.8 W
Bakım çarpanı:	0.80
Sınır bölgesi:	0.000 m

Yüzey	Ortalama Aydınlık [lx]			Yansımaya derecesi [%]	Ortalama Işıklılık [cd/m ²]
	doğrudan	dolaylı	toplam		
Çalışma Düzlemi-1	464	94	558	/	/
Çalışma Düzlemi-2	427	94	520	/	/
Zemin	185	71	256	42	34
Tavan	0.00	116	116	70	26
Duvar 1	164	105	270	49	42
Duvar 2	137	86	223	49	35
Duvar 3	26	51	77	49	12
Duvar 4	3.50	63	66	49	10
Duvar 5	188	97	285	49	44
Duvar 6	64	112	177	49	28
Duvar 7	164	101	265	49	41
Duvar 8	72	107	179	49	28
Duvar 9	185	95	280	49	44
Duvar 10	19	67	86	49	13
Duvar 11	36	63	99	49	15
Duvar 12	137	92	229	49	36

şekil 5.24. Aydınlatma tekniği sonuçları

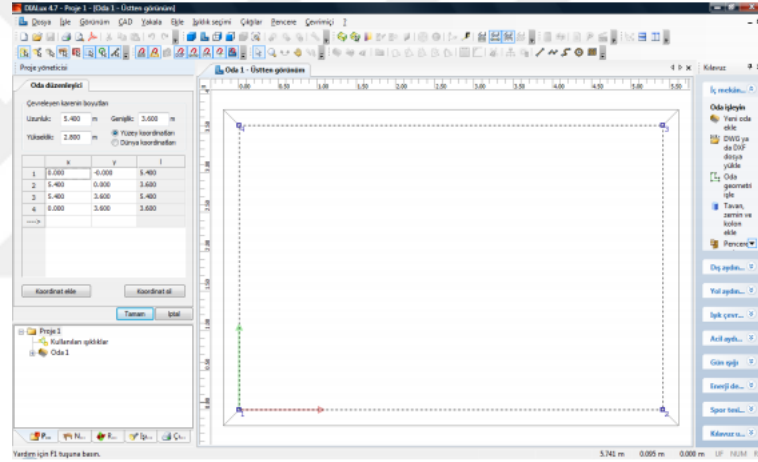
Oda içinde bulunan tüm yüzeyler için yapılan hesaplama sonuçlarında çalışma düzlemlerinin yanı sıra diğer düzlemler içinde toplam aydınlık düzeyi sonuçları verilmiştir. Birinci projede kullanılan armatürlerden elde edilen toplam ışık akısı 10480 lm iken ikinci projede elde edilen toplam ışık akısı 21042 lm 'dir. Birinci projede harcanan toplam güç 176 W iken ikinci projede 157.8 W'dır. Birinci projede 22 tane armatür ile bu sonuçlar elde edilirken ikinci projede 6 tane armatür kullanılarak birinci projeden daha iyi bir sonuç elde edilmiştir. Bu sonuçlar göz önüne alındığı zaman harcanan güç ve kullanılan armatür sayısı ikinci projede birinci projeye göre maliyet açısından daha elverişli bir sonuç vermiştir. Daha az armatür kullanılarak daha az güç harcanmış ve bunun yanında daha yüksek bir lümen değeri elde edilmiştir.

6. DIALUX PROGRAMI

DIALux aydınlatma hesaplarında sık kullanılan bir programdır. Çok yönlü ve işlevsel bir programdır. DIAL GmbH şirketi tarafından sağlanan DIALux, kullanımı ve öğrenilmesi kolay olan bir yazılımdır. Aydınlatma ile ilgili temel kavramların bilinmesi aydınlatma hesaplarında ve programı anlayarak kullanma açısından oldukça önemlidir.

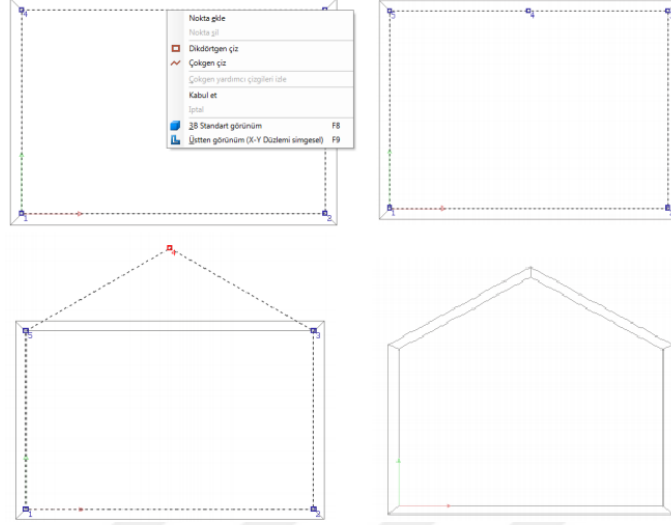
6.1. DIALux ile Oda Geometrisinin Hazırlanması

DIALux ile oda geometrisinin çiziminde iki tane farklı yol bulunmaktadır. Bunlardan biri DIALux programı içerisindeki oda geometrisi çizimi, diğeri ise AutoCAD programında oda geometrisinin çizilmesi ve DIALux'e aktarılması şeklindedir.



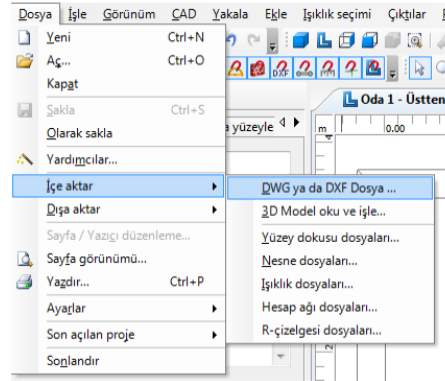
Şekil 6.1. Oda geometrisi hazırlanışı-1

DIALux programından oda geometrisi çizimi yapılırken oda düzenleyici sekmesinden uzunluk, yükseklik, genişlik kısımları girilir ve odanın koordinatları eklenir. Böylece oda geometrisi hazırlanmış olur.



Şekil 6.2. Oda geometrisi hazırlanışı-2

Eğer çizmek istediğimiz oda geometrisi düzgün geometrik özellikle sahip değilse CAD Penceresi içerisinde yapılabilmektedir. Oda geometrisi mavi kesik çizgilerle gösterilen dikdörtgen şeklindedir. Farenin sağ tuşu ile bu geometriye yeni noktalar eklenebilmektedir. Bu noktaları kullanarak odaya istenilen şekil verilebilir.



Şekil 6.3. AutoCAD ile oda geometrisi oluşturulması

AutoCAD programında çizdiğimiz bir şekil veya oda var ise bu dosyayı DIALux'e aktarmak için Dosya menüsünden faydalanmak gerekmektedir. Dosya menüsünden içe aktar seçeneği seçilir. DWG ya da DXF dosya seçeneği ile istenilen şekil DIALux'e aktarılır.

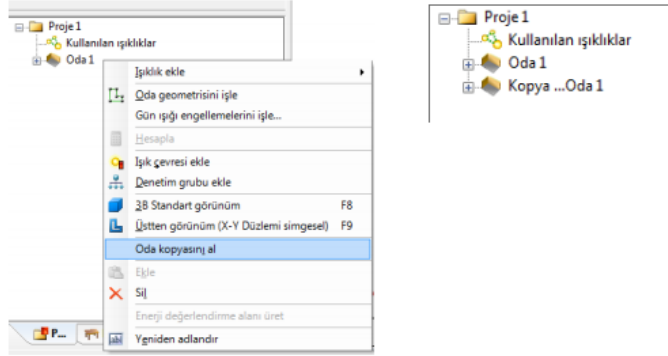
6.2. Mobilya ve Nesneleri Ekleyip Çıkarma

Oluşturulan oda içerisine mobilya eklemek için seçilen mobilya sürükleme yöntemi ile yapılır. Eklenen mobilyanın koordinatları ayarlanarak oda içerisine yerleştirilir. Silinmek için ise “delete” tuşu kullanılır. Eklenen nesnenin boyutları düzenlenebilir. Ayrıca diğer projelerde tekrar kullanılmak istenilen nesnelere seçilerek Dosya→Dışa Aktar→Nesne Sakla seçenekleri ile nesnelere kaydedilerek saklanır.

6.3. Yüzey Dokuları Ekleme

Yüzey dokuları ekleme işlemi de mobilya ve nesne ekleme yöntemi ile aynı şekilde eklenmektedir. Doku eklemek istenilen yüzeye sürükleme yöntemi ile seçilen doku eklenir. Silinmek istenilen yüzey dokusunun “delete” ile silinmesi mümkün değildir. Yüzey dokusu silme işlemi Renkler → Yüzey Dokuları → Yüzey Silgisi seçilerek tamamlanır.

Hazırlanan odayı bu program ile çoğaltmakta mümkündür. Proje kısmında bulunan Oda'nın üzerine farenin sağ tuşu ile tıklayarak Oda Kopyasını Al seçeneği ile hazırlanan odanın tüm özellikleri kopyalanır. Böylece daha sonra başka bir oda hazırlamak için bu yöntem kullanılabilir.



Şekil 6.4. Oda kopyası oluşturma

6.4. Işıklık ve Işıklık Düzenlerinin Eklenmesi ve Çalıştırılması

Oda içerisinde kullanılmak istenilen ışık kaynağı Kılavuz sekmesinden eklenmektedir. Eklenmek istenilen ışık kaynakları DIALux kütüphanesinden veya diğer firma katalogları yüklenerek seçilebilir. Işık kaynaklarını tekli veya düzlem olarak eklemek mümkündür. Tekli ışık kaynağı eklemek için Kılavuz seçeneğinden Tek Işıklık Ekle seçilir. Burada Özellikler Sayfası açılacaktır. Tutturma sekmesinde gerekli değerler yazılarak ışık montajı ayarlanır. Ekle butonu ile odaya seçilen ışık kaynağı eklenir.

The image shows two screenshots of the DIALux software interface. The left screenshot is the 'Işıklık' (Light) settings page, and the right screenshot is the 'Tutturma' (Mounting) settings page.

Left Screenshot (Işıklık):

- Proje yöneticisi
- İşıklık | Tutturma
- İşıklık: Thorn 96 012 572 ARROSLM CON 1x36
- THORN logo
- İşık yayımı 1
- Lambalar: T26
- İşık akısı: 3350 lm
- Güç: 43.0 W
- Düzeltilme katsayısı: 1.000
- Düzeltilme nedeni:
- Ekle | İptal

Right Screenshot (Tutturma):

- Proje yöneticisi
- İşıklık | Tutturma
- Konum: X: 2.700 m Y: 1.800 m Z: 2.300 m
- Dönmeler: X: 0.0 ° Y: 0.0 ° Z: 0.0 °
- İşığın tutturulması
- Tutturma türü: Kullanıcı tanımlı
- Sarkıtma uzunluğu: 0.500 m
- Tutturma yüksekliği: 2.300 m
- İşık noktası yüksekliği: 1.365 m
- Oda yüksekliği: 2.800 m Çalışma düzleminin yüksekliği: 0.850 m
- Kabaca tahmin

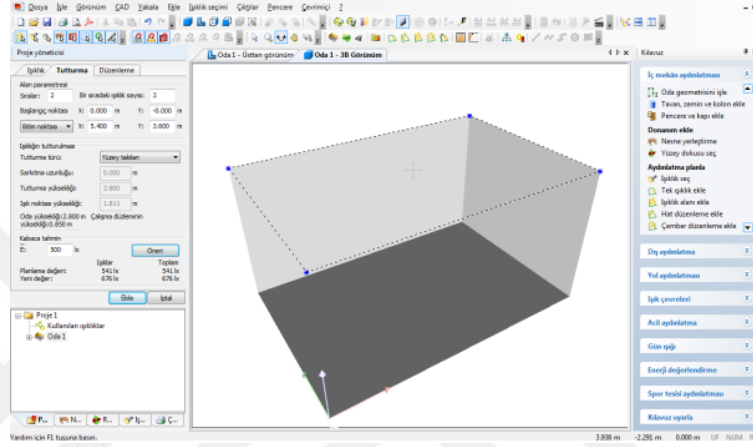
	İşıklar	Toplam
Planlama değeri:	74 lx	74 lx
Yeni değer:	92 lx	92 lx

- Ekle | İptal

Şekil 6.5. Işıklık oluşturma

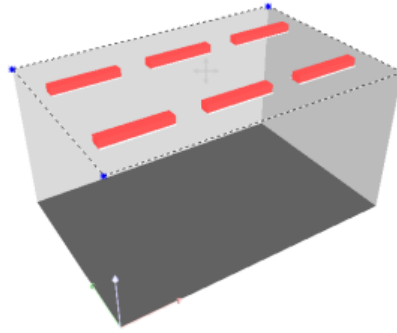
6.5. Işıklık Düzlemleri Ekleme

Seçilen ışık kaynağını düzlem üzerinde eklemek de bu programda mümkündür. İstenilen ışık kaynağını bir alana eklemek için Işıklık Ekle → Alan düzenleme seçeneği ile gerçekleştirilebilir. Alan düzenleme seçeneği ile oluşturulmak istenilen alanın değerleri girilebilir veya farenin sağ tuşu ile şekil verilebilir.



Şekil 6.6. Işıklık düzlemi ekleme

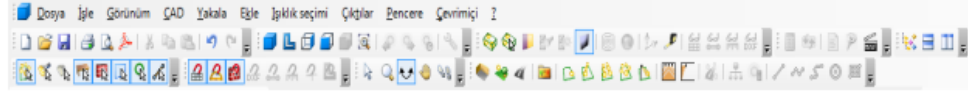
Şekil 6.6.'da ki seçenekler doldurulduktan sonra simetrik ışık düzlemi istenilen armatür sayısı ve sırası olarak eklenebilir.



Şekil 6.7. Simetrik ışık düzlemi oluşturma

Işıkların yerleri değiştirilebilir. Bunun için ışıklık çizgisi, çember çizgi hat düzenleme ekle, çember düzenleme ekle seçenekleri kullanılır.

6.6. Kısayollar ve Fonksiyonlar



Şekil 6.8. Kısayollar ve fonksiyonlar ikonları

Şekil 6.8.'de görüldüğü gibi bazı kısayollar ve fonksiyon ikonları programın üst kısmında yer almaktadır.



Şekil 6.9. Dosya ikonları

Şekil 6.9.'da gösterilen dosya ikonları standart ikonlardır. Soldan sağa doğru ikonlar;

- Yeni bir proje oluşturur.
- Var olan bir projeyi çağırır.
- Projenizi kaydeder.
- Yazıcıya yönlendirir.
- Ön izlemeyi gösterir.
- PDF olarak kaydeder.
- Seçilen nesneyi keser.
- Seçilen nesneyi kopyalar.
- Seçilen nesneyi yapıştırır.
- Yapılan işlemi geri alır.
- Geri alınan işlemi yeniden yapar.



Şekil 6.10. Görünüm ikonları

Şekil 6.10.'da gösterilen ikonlar soldan sağa doğru;

- 3 boyutlu ışıklık dağılımını gösterir.
- Seçilen olan ışık kaynağının 3 boyutlu dağılımını gösterir.
- Enerji değerlendirme bölgesi.
- Işık çıkışı.
- Güneş ve gölgeyi görselleştirir.
- Cam olan nesnelere 3 boyutlu gösterir.
- Çalışma düzlemi eğrilerini gösterir.
- Ters renkleri gösterir.
- Aydınlatma noktasını belirler.
- Ölçü bandı.
- Gösterge ağını gösterir.
- Yardımcı düzlemi gösterir.
- Cetveli yardımcı düzlemi gösterir.
- DWG ve DXF katmanını gösterir.
- Işıklıkları hesaplar.

Işıklık hesaplama ikonu ile hesaplamayı başlatarak yapılan projenin raporlarına ulaşılır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Rastgele yapılan armatür seçimi ve yerleşimi ile iyi bir aydınlatma tasarımının sağlanmasının mümkün olmayacağı, yapılan yanlış aydınlatma tasarımının insanların üzerinde psikolojik ve fizyolojik birçok etkiye neden olabileceği iki farklı aydınlatma tasarımı projesinde gösterilmiştir. Yaygın şekilde kullanılan aydınlatma tasarımlarında TS standartlarına göre en az aydınlık düzeyleri tablosundaki değerlerin elde edilemediği gösterilmiştir. Yapılan yanlış tasarımlar hem maliyet yönüyle hem de insan sağlığı yönüyle olumsuz sonuçlar vermektedir

Birinci proje ofis aydınlatmalarında yaygın bir şekilde kullanılan tasarımdır. İkinci proje ise bu tasarım üzerinde armatür seçimi ve yerleşimi değiştirilerek iyileştirilme yapılan tasarımdır. Birinci proje ikinci projeye göre armatür sayısı ve harcanan elektriksel güç bakımından daha yüksek değerlere sahiptir. Bu durum parlıtlı seviyelerini ve ışığın dağılımını olumsuz yönde etkilemektedir. Birinci projede 22 adet armatür ve 196w elektriksel güç kullanılmıştır. İkinci projede ise 6 adet armatür ve 156w elektriksel güç kullanılmıştır. İkinci projede kullanılan armatürlerin sayısı ve armatürlerin etkinlik faktörü ile standartta belirtilen parlıtlı ve düzgünlük seviyeleri sağlanmıştır. Tablo 2.4.En az aydınlık düzeyleri tablosunda belirtildiği gibi ofis ve iş yerlerinde istenilen en az değer 500lx'dür. Birinci projede yapılan aydınlatma tasarımı en az aydınlatma değerini sağlamamakla birlikte daha fazla elektriksel güç kullanılmış ve elektriksel verimliliği çok düşük değerdedir. İkinci projede tüm bu durumlar göz önüne alınarak iyileştirme yapıldığında hem armatür sayısı azaltılarak armatür maliyeti düşürülmüş, hem de armatürler doğru konumlandırılarak elektriksel verim artırılmıştır. Böylece istenilen en az aydınlık seviyeleri elde edilmiş ve daha az elektrik tüketimi sağlanmıştır.

Daha önce belirtildiği üzere aydınlatmanın fizyolojik, psikolojik ve performansa etkileri göz önünde bulundurulduğunda aydınlatma tasarımının güncellenmesi çalışanlara büyük fayda sağlayacaktır. Çalışma düzlemi ölçümlerinde elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında birinci projede ki düşük parlaklık seviyesi göz yorgunluğu ve psikolojik rahatsızlıklar gibi durumlara sebep olabilmektedir. Aynı zamanda kötü aydınlatma tasarımı, çalışanların sirkadiyen ritimlerini bozabilmekte ve verimliliklerini direkt olarak etkileyebilmektedir. İkinci projede doğru armatür seçimi, doğru konumlandırma, etkin ışık ve çalışma düzleminde standartta belirtilen en az aydınlık düzeyinin sağlanmasıyla, çalışanların aydınlatmaya bağlı psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklara yakalanmamaları beklenmektedir. Gerekli aydınlık düzeyi oluşturulduğunda, çalışanların verimliliğinin de arttığı daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir.



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ARAŞTIRMALARI ETİK KURUL KARARLARI

KARAR TARİHİ	TOPLANTI SAYISI	KARAR SAYISI
30.04.2021	04	2021/330

KARAR NO: 2021-330
Üniversitemiz Lisansüstü Eğitim Enstitüsü öğrencisi Tilbe USAL'ın Prof. Dr. Ahmet KÖROĞLU danışmanlığında " Led Armatür ile Aydınlatma Tasarımının İnsanlar Üzerindeki Fizyolojik ve Psikolojik Etkilerinin İncelenmesi" isimli yüksek lisans tezine ilişkin dosya taraması ve veri kaynak taramasına ilişkin çalışmanı içeren 10158 sayılı dilekçesi okunarak görüşüldü.

Üniversitemiz Lisansüstü Eğitim Enstitüsü öğrencisi Tilbe USAL'ın Prof. Dr. Ahmet KÖROĞLU danışmanlığında " Led Armatür ile Aydınlatma Tasarımının İnsanlar Üzerindeki Fizyolojik ve Psikolojik Etkilerinin İncelenmesi" isimli yüksek lisans tezine ilişkin dosya taraması ve veri kaynak taramasına ilişkin çalışmanın kabulüne oy birliği ile karar verildi.

KAYNAKÇA

- Bayrakdar, G. (2016). *İŞYERLERİNDE AYDINLATMA KOŞULLARININ İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ:* <https://ailevecalisma.gov.tr/media/1429/goncabayraktar.pdf> adresinden alındı
- Boyce, P. (2003). *The Benefits of Daylight Through Windows.* New York.
- Bulut, M. (2009). LED'Lİ IŞIK KAYNAKLARININ KARAKTERİSTİKLERİNİ BELİRLEMeye YÖNELİK ÖLÇMELER. V. *ULUSAL AYDINLATMA SEMPOZYUMU VE SERGİSİ BİLDİRİLERİ.* İstanbul.
- Dove, M. (1996). Measurement of Illumination Levels and Workers' Perceptions of Lighting Quality in Office and Non-office Settings. 56,64. Medical College of Ohio.
- Effects of Light Exposure.* (2020). National Gallery of Art: <https://www.nga.gov/conservation/preventive/effects-of-light-exposure.html> adresinden alındı
- Erdem, S. (2007). AYDINLATMA MÜHENDİSLİĞİNDE İLERİ YÖNTEMLERLE ÇÖZÜM TEKNİKLERİ. *Yüksek lisans tezi.* Ankara: GAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ.
- Gezer, P. (2018). *Çalışma Alanlarının Aydınlatılması.* Elektrik Port: <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/calisma-alanlarinin-aydinlatilmasi-ts-en-12464-1/21848#ad-image-0> adresinden alındı
- Güler, E. (2007). Çalışma Yaşamında Işık ve Aydınlatmanın Önemi. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü dergisi.*
- HyperPhysics.* (2020). <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Electronic/led.html> adresinden alındı
- Joseph, A. (2006). Impact of Light on Outcomes in Healthcare Settings. *The Center for Health Design.*

- Lighting Ergonomics*. (2020). Canadian Centre for Occupational Health and Safety: https://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/lighting_general.html adresinden alındı
- Manav, B. (2007). Işık ve Sağlık : Işığın Biyolojik Sistem Üzerindeki Etkisi. 4. *Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*. İzmir.
- Narendran N. (2004). Solid-state lighting: failure analysis of white LEDs. *Crystal Growth*, 268, 449-456.
- Onaygil, S. (2007). Aydınlatma Temel Prensipleri. *TEDAŞ Semineri*.
- Özkaya, P. D. (2011). *Aydınlatma Tekniği* (10 b.). İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Özkiper, A. (2020). *Aydınlatmanın İnsanlar Üzerindeki Etkileri*. Temmuz 10, 2020 tarihinde Aydınlatma Portalı: <https://www.aydinlatma.org/aydinlatmanin-insanlar-uzerindeki-etkileri.html> adresinden alındı
- Purves, D. (2001). Molecular Mechanisms of Biological Clocks. A. G. Purves D içinde, *Neuroscience*.
- Rea, M. S. (2000). *The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application* (9 b.). Illuminating Engineering Society of North America.
- Sabuncuoğlu, Z. (1995). *ÖRGÜTSEL PSİKOLOJİ*. Bursa: EZGİ KİTABEVİ.
- Shur, M. (2005). Solid-State Lighting: Toward Superior Illumination. *Proceedings of the IEEE*, 93(10), 1691-1703.
- Sirel, Ş. (1973). *Aydınlatma Terimleri Sözlüğü*. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Sirel, Ş. (1993). *Yapı Fiziği Konuları I*. http://www.yfu.com/kitapciklar/yapi_fizigi_konulari_I.pdf adresinden alındı
- Smith, N. A. (2020). *Lighting*. ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety: <https://www.iloencyclopaedia.org/contents/part-vi-16255/lighting> adresinden alındı
- Şahin, D. (2012). AYDINLATMA TASARIMININ KULLANICI ÜZERİNDEKİ FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK ETKİLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ.

YÜKSEK LİSANS TEZİ. İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ.

- Şahin, M. (2014). Karma ve Yarı Endirekt Aydınlatma Türlerinin Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. *BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*(16), 29. <http://fbe.balikesir.edu.tr/dergi/20142/BAUFBE2014-2-3.pdf> adresinden alındı
- Şahin, P. (2006). Aydınlatma Tasarımı Ve Mağaza Kimliğine Katkısı. *Yüksek lisans tezi*. MSGS Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tamura T. (2000). Illumination Characteristics of Lighting Array Using 10 Candela-Class White LEDs Under AC 100 V Operation. *Journal of Luminescence*, 1180-1182.
- Turgay, O. (2011). İç Mekanda Kullanılan Yapay Aydınlatmanın Kullanıcı Açısından Etkileri. *Cankaya University Journal of Science and Engineering*, 167-181. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/389071> adresinden alındı
- Yıldız, İ. T. (2018). AÇIK PLAN OFİSLERDE AKUSTİK İLE AYDINLATMANIN ÇALIŞANLARIN PERFORMANS VE SAĞLIKLARI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ. İstanbul. Elektrik Mühendisleri Odası: https://www.emo.org.tr/ekler/38cf7368f9cb934_ek.pdf adresinden alındı
- Yılmaz, E. (2019). LED Işık Kaynaklı, Enerji Tasarruflu ve Yüksek Verimli Ofis Aydınlatma Armatürü Tasarımı. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 139-148.

ÖZ GEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Tilbe USAL

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu;

Lise : Mehmet Koloğlu Anadolu Lisesi (2013)

Lisans : Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Optik ve Akustik Mühendisliği (2018)

Yüksek Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı (2021)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl;

- BORLED ELEKTRİK VE AYDINLATMA SAN.TİC. A.Ş. – 2018 / SAMSUN
- ÜSTÜN AVİZE AYDINLATMA SAN. – 2019 / SAMSUN
- LAMPTIME ELEKTRİK A.Ş.– 2021/ ANKARA