84351

T.C.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DAHİLİ ORTAMLARDA AYDINLIK SEVİYESİNİN KONTROLÜ İLE ENERJİ TASARRUFUNUN SAĞLANMASI

SÜREYYA KOCABEY

DANIŞMAN VE KOORDİNATÖR: Yrd. Doç. Dr. Nazmi EKREN

JURİ ÜYESİ : Prof. Dr. İrfan Güney

JURİ ÜYESİ : Yrd. Doç. Dr. Özgül Salgır

JURİ ÜYESİ : Yrd. Doç. Dr. Nazmi EKREN

ELEKTRİK EĞİTİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÖK DOKÜMANTASYON MERKEZİ

İSTANBUL 1999

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER I
ÖZET IV
ABSTRACT VI
ŞEKİL LİSTESİ VII
TABLO LİSTESİ VIII
GİRİŞ 1
BÖLÜM 1. AYDINLATMANIN TANIMI, AMACI, ÇEŞİTLERİ VE YARARLARI 3
1.1 Aydınlatmanın Tanımı 3
1.2 Aydınlatmanın Amacı 4
1.3 Aydınlatma Çeşitleri 5
1.4 Aydınlatmanın Yararları 6
1.5 Kaliteli Bir Aydınlatmanın Temini İçin Yapılması Gerekenler 8
1.5.1 Doğrudan Yapılan İşin Veya Çevresinin Aydınlatılması 9
1.5.2 Parlamaların Önlenmesi 9
1.5.3 Işık Titreşimlerinin Önlenmesi 10
1.5.4 Gölgeleme (Modelleme) 10
1.5.5 Renklendirme ve Işıklandırma 11
1.5.6 Gözlerin Dinlendirilmesi 11
1.5.7 Duruş ve Oturuş Zorlukları 11
BÖLÜM 2. AYDINLATMANIN TEMEL KAVRAMLARI VE BİLEŞENLERİ 12
2.1 Aydınlatmada Kullanılan Temel Kavramlar 12
2.1.1 Işık Akısı 12
2.1.2 Işık Miktarı 15
2.1.3 Işık Şiddeti 15
2.1.4 Aydınlık Düzeyi 17
2.1.5 Fotoğrafik Uyarma 18
2.1.6 Parıltı (Lüminans) 19
2.1.7 Spektral Enerji Akısı Yoğunluğu 21
2.1.8 Enerji Akısı Yoğunluğu 21
2.1.9 Enerji Akısı 21
2.1.10 Etkinlik Faktörü 22
2.2 Aydınlatmanın Bileşenleri 23

2.2.1 Aydınlık Düzeyi Ve Parıltı 23
2.2.2 Aydınlatmanın Yer Ve Zaman Bakımından Düzgünlüğü 25
2.2.3 Gölgeleme 26
2.2.4 Işık Rengi 27
2.2.5 Kamaşma 27
BÖLÜM 3. GÖRMEYE ETKİYEN FAKTÖRLER VE IŞIK RENGİNİN ÖNEMİ 29
3.1 Aydınlatmada Görme İşlevine Etkiyen Faktörler 29
3.1.1 Gözün Eşik Değerleri 29
3.1.2 Görme Açısı 30
3.1.3 Adaptasyon 30
3.1.4 Kontrast Duyarlığı 31
3.1.5 Şekil Duyarlığı(Keskinlik) 33
3.1.6 Görme Hızı ve Kritik Titreme Frekansı 34
3.1.7 Parıltı Oranları 34
3.1.8 Kamaşma 35
3.1.9 Gölgeler 35
3.1.10 Yaştan Kaynaklanan Görme Bozuklukları 36
3.1.11 Renk 36
3.2 Aydınlatmada Işık Renginin Önemi 37
3.2.1 Renk Sıcaklığı 37
3.2.2 Renk Ayırım Endeksi 39
3.2.3 Uygulamada Renk Ayırım Endeksinin Seçimi 40
3.2.4 Dahili Ortamlardaki Objeler Üzerinde Işık Renginin Önemi 40
BÖLÜM 4. AYDINLATMADA KULLANILAN IŞIK KAYNAKLARI VE ARMATÜRLERİ .42
4.1 Işık Kaynakları 42
4.1.1 Akkor Telli Lambalar 44
4.1.1.1 Kömür Telli Lambalar 45
4.1.1.2 Madensel Telli Lambalar 45
4.1.2 Gaz Ve Madensel Buharlı Deşarj Lambaları 46
4.1.2.1 Gece Lambası 47
4.1.2.2 Soğuk Elektrotlu Deşarj Lambaları 48
4.1.2.3 Kızgın Elektrotlu Deşarj Lambaları 48
4.1.2.4 Flüoresan Lambalar 48
4.1.2.4.1 Yüksek Gerilimli Flüoresan Lambalar 50
4.1.2.4.2 Alçak Gerilimli Flüoresan Lambalar 50

4.2 Aydınlatma Armatürleri 51
4.2.1 Aydınlatma Aygıtlarında Kullanılan Malzemeler 52
4.2.2 Aydınlatma Tipleri 56
BÖLÜM 5 AYDINLATMA ENERJİ TASARRUF YÖNTEMLERİ 59
5.1 AYDINLATMADA KULLANILAN ENERJİ TASARRUF YÖNTEMLERİ 59
5.1.1 Tüketicilerin Bilinçlendirilmesi 59
5.1.2 Lambalar 60
5.1.3 Armatürler 61
5.1.4 Balast 62
5.1.5 Aydınlatmanın Kontrolu 63
5.2 Dahili Aydınlatmanın Otomatik Kontrolü 64
5.2.1 Kontrol Sistemleri 64
5.2.1.1 Anahtarlama Yoluyla Kontrol 64
5.2.1.2 Sürekli Ayarlamalı Kontrol 65
5.2.1.3 Anahtarlama Ve Sürekli Ayarlamalı Kontrol 65
5.2.2 Kumanda Sistemleri 65
5.2.2.1 Manual Kontrol 66
5.2.2.2 Otomatik Kontrol 66
5.2.2.3 Bilgisayarlı Kontrol 66
5.2.2.4 Aydınlatma Kontrolunun Yararları 67
BÖLÜM 6. DAHİLİ ORTAMLARDA AYDINLIK DÜZEYİNİN KONTROLÜ VE BİR UYGULAMA 68
SONUÇ 80
KAYNAKLAR 82
EKLER-A 84
EKLER-B 91
ÖZGEÇMİŞ 95

ÖZET

Yabancı ülkelerde çok önemli bir yer tutan aydınlatmacılık, ülkemizde yeni yeni gündeme gelmektedir. Son yıllara kadar bir odanın aydınlatması için odanın ortasına bir lamba asılmasının yeterli olduğu sanılmaktaydı. Oysa aydınlatmacılık; sadece etrafı görebilmeyi temin edecek bir ışık kaynağı kullanmak demek değildir. Bir tesisat düzenlenirken hacmin ne amaçla ve kimler tarafından kullanılacağı, özellikleri ve daha birçok bilgi göz önüne alınmalıdır. Aynı şekilde ışığın üretimi, ölçülmesi de aydınlatmacılığın konuları arasındadır. Bu çalışmanın amacı günışığına bağlı olarak yapay aydınlatmanın kontrolünü sağlayarak elektrik enerjisi tüketimini minimize etmek. Aynı zamanda ortamda bulunan kişilerin yüksek aydınlatmadan kaynaklanan göz rahatsızlıklarını da ortadan kaldırmak amaçlanmaktadır.

Bu çalışma 6 bölümden oluşmaktadır. Bu çalışmanın birinci bölümünde; Aydınlatmanın tanımı yapılıp amaçları, çeşitleri ve kaliteli bir aydınlatmanın teminindeki etken parametrelerin açıklanmasına çalışılmıştır.

İkinci bölümde; aydınlatmacılık da kullanılan temel büyüklükler ele alınmış, sembollerin ve formüllerin açıklamaları yapılmış, aydınlatmanın bileşenlerinin neler olduğu anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde; iyi bir aydınlatmanın temin edilebilmesi için aydınlatmada görme işlevini doğrudan veya dolaylı yollardan etkileyen faktörler üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde; aydınlatma tesislerinde kullanılmakta olan ışık kaynaklarının çeşitleri ve armatür çeşitleri üzerinde durulmuştur.

Beşinci bölümde; aydınlatma kontrol ve kumanda sistemlerinin tarifi ve çalışma şekilleri anlatılmıştır. Aydınlatma tesislerinde enerji tasarrufu elde edebilmek için başvurulması gereken enerji tasarruf yöntemleri ortaya konulmuştur.

Altıncı bölümde ise günışığına bağlı kademeli anahtarlamalı bir kontrol sistemiyle elde edilen enerji tasarrufunun boyutları ve yapılan uygulamalar anlatılmıştır.

ABSTRACT

Lighting is very important in many foreign countries also, it has just began to search in our country now . Recently people who think for a lighting of room is enough to hang a lamp into it. However, lighting that isn't to seeing around providing source of light. When an installation is installing for a room you must consider who will use which aim and what for the another specials. Illumination includes product and measurement of light. This research has an aim that electrical consumption decrease to control artificial lighting depending on daylight. Also, this research has another aim to prevent that people who are being extreme luminous which cause eye illness.

This research has six chapters. In fist chapter; definition and aim of lighting and different lighting discussed.

In second chapter; at using lighting basic sizes, symbols and components of light has studied.

In third chapter; for providing best lighting to effect factors seeing in lighting has considered.

In fourth chapter; sources of light and kind of armatures has considered in using lighting installation.

In fifth chapter; using at lighting economic energy methods and to control systems explained.

In sixth chapter; economic energy that provides a control systems depend on daylight and experiments has explained.

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Uzay açı tanımı 13

Şekil 2.2 S yüzeyinin N noktasına göre uzay açısı 14

Şekil 2.3 Düzlemsel tepe açısı α olan bir koninin Ω_α uzay açısının hesabı 14

Şekil 2.4 Noktasal bir ışık kaynağının α doğrultusundaki $I\alpha$ ışık şiddetinin tanımlanması 15

Şekil 2.5 Aydınlık düzeyinin tanımı 18

Şekil 2.6 Bir yüzeyin bir M noktasının α doğrultusundaki parıltısının tanımı 19

Şekil 2.7 Parıltının fiziksel anlamı 20

Şekil 3.1 Bir cismin fon ve detay parıltıları 32

Şekil 4.1 Flüoresan lambanın ışık dağılım eğrileri 51

Şekil 4.2 Paralel geçirme 53

Şekil 4.3 Aynasal yansıtma 53

Şekil 4.4 İdeal dağıtıcı geçirme 53

Şekil 4.5 İdeal dağıtıcı 53

Şekil 6.1 Ana menü 69

Şekil 6.2 Dosya çağırma ekranı 70

Şekil 6.3 Daha önce çalışılmış bir dosyanın çağrılması 70

Şekil 6.4 Girilen dosya adının onaylanması 71

Şekil 6.5 Dahili ortamın çalışma parametreleri 71

Şekil 6.6 Armatürlerin ortam içerisinde yerleşim planı 72

Şekil 6.7 Çeşitli yerlerdeki aydınlık düzeyi değerleri 72

Şekil 6.8 Hesaplanan aydınlık düzeyi değerleri 73

Şekil 6.9 Yazıcı çıktısı ve dosya kayıt ekran menüsü 73

Şekil 6.10 Laboratuar çalışma masaları yerleşim planı 74

Şekil 6.11 Uygulama Devresi Bağlantı Şeması 75

Şekil 6.12 Elektronik devre prensip şeması 76

Şekil 6.13 Uygulama Devresi Baskı Devre Şeması 77

Şekil 6.14 Lamba gruplarının kademeleri 77

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 Dahili ortamlar için yansıtma katsayıları 10
Tablo 2.1 Aydınlatmada kullanılan temel büyüklükler 22
Tablo 2.2 Okullar ve iş yerlerinde ortalama aydınlık düzeyleri 24
Tablo 2.3 Kullanım alanlarına göre çeşitli yerlerin aydınlık düzeyi değerleri 25
Tablo 2.4 Aydınlığa olan isteğe göre δ_1 in değeri 26
Tablo 3.1 Parıltı oranları 35
Tablo 3.2 Renk sıcaklığı ve renk görünümü arasındaki ilişki 38
Tablo 3.3 Işık kaynaklarının değişik aydınlık düzeylerinde uyandırdığı renk görünümleri 39
Tablo 3.4 CIE' nin renk ayırım endeksi grupları 40
Tablo 4.1 Çeşitli güçteki lambaların karakteristik değerleri 45
Tablo 4.2 Flüoresan malzemelerin özellikleri 50
Tablo 4.3 Bazı malzemelerin geçirme, yansıtma, yutma ve dağıtma katsayıları 55
Tablo 5.1 Lamba türlerine göre güç ve ışık akısı ilişkisi 60
Tablo 6.1 Uygulama Deney Sonuçları 79

GİRİŞ

Işık, insan hayatında her zaman önemli bir yer tutmuştur. İnsanlar tarih boyunca gün ışığının kısıtlayıcı etkilerinden kurtulmak için çeşitli ışık kaynakları arayışına gitmişlerdir. 19 yüzyılın ortalarına kadar insanoğlu yanarak ışık veren, çeşitli ışık kaynaklarından faydalanmıştır. 1866'da kesintisiz elektrik enerjisi sağlayan dinamonun icadından sonra 1879'da A. Edison tarafından ilk akkor telli ampul icat edilmiştir. Ampulün icadı insanlık tarihinde gerçekten bir dönüm noktasıdır. İnsanlar artık günışığının zorlayıcı etkilerinden sıyrılmış, yaşamlarına canlılık ve renk katılmıştır. İlk zamanlarda ortamın aydınlatılması için tavana bir lamba asılması yeterli olurken, günümüzde aydınlatmacılık adı altında ayrı bir ihtisas alanı ortaya çıkmıştır.

Eğer aydınlatmayı bugünkü kullanım amaçları içerisinde tanımlayacak olursak; Kişilerin asgari görme ihtiyacını sağlayan, ışığın üretim ve dağılımını kontrol eden, ekonomik koşullar altında görme konforunu ve iş verimini yükseltmeyi amaç edinen özel bir bilim dalı haline gelmiştir[1].

Amaca uygun gerçekleştirilmiş bir aydınlatma ile kişilerin göz sağlığı korunup, görme yeteneklerinin arttığı, dolayısıyla iş veriminin yükseldiği bilinen bir gerçektir. Verimli çalışmayı etkileyen en önemli faktörlerden birisi de iyi ve kaliteli aydınlatmadır. İyi ve kaliteli bir aydınlatmayı belirleyen kriterler ise şunlardır:

- Aydınlık düzeyi ve parıltı,
- Aydınlatmanın yer ve zaman bakımından düzgünlüğü,
- Gölgeleme (modelleme)
- Işık rengi,
- Kamaşmanın sınırlandırılması.

Uygun aydınlatma, yüksek aydınlık düzeyi demek değildir. Yeterli aydınlık düzeyinin bulunduğu ortamlarda bile kullanıcıların şikayet ettikleri görülmüştür.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Bu şikayet sebeplerinin başında; ışığın yansıması sonucu ortaya çıkan kamaşmalar, kullanım alanı içerisinde farklı parıltı seviyelerinin bulunması, ışık kaynaklarının görüş alanı içerisinde bulunması, ışık kaynaklarının doğaya göre çok farklı olarak noktasal veya çizgisel olması gelmektedir. Bu sebeplerden dolayı ortamı kullanan kişiler üzerinde baş ağrıları, göz yorgunlukları ve buna bağlı olarak iş veriminin düşmesi gözlenmektedir.

İyi bir aydınlatmanın görme koşullarını iyileştirerek iş verimini yükselttiği, çalışanlara rahat ve konforlu bir ortam yarattığı bilinen bir gerçektir. Bir aydınlatma tesisinin amacı fizyolojik aydınlatma şartlarının sağlanıp uygun, kaliteli ve güvenli bir aydınlatmanın sağlanmasıdır.

BÖLÜM 1.

AYDINLATMANIN TANIMI, AMACI, ÇEŞİTLERİ VE YARARLARI

1.1 Aydınlatmanın Tanımı

Modern anlamda aydınlatmacılık, gelişigüzel bir aydınlatma ile sadece sağa sola çarpmadan hareket imkanını sağlayacak bir teknik değildir. Bir yerin suni olarak aydınlatılmasının yalnız o yerin tavanının ortasından bir ampul sarkıtmak anlamına geldiği zaman çoktan aşılmıştır. Aydınlatma; çevre ve nesnelerin en iyi şekilde görülebilmesi amacıyla gerekli aydınlık düzeyinin sağlanmasıdır.

Aydınlatmayı bugünkü kullanım amaçları içerisinde tanımlayacak olursak; öncelikle kişilerin asgari fizyolojik görme ihtiyacına cevap vermek gayesini gütmekle birlikte, ekonomik koşullar altında görme konforunu ve iş verimini yükseltmeye çalışan ve mimarlıkta hacim ve yüzeylerin mimari özelliklerini vurgulamayı amaç edinen özel bir teknik haline gelmiştir. Aydınlatmacığın hayatımızdaki bu yerinden dolayı, bu tekniğin bir ülkedeki önem derecesi, bu ülkenin yaşam standardının bir ölçüsü olarak kabul edilebilir konuma gelmiştir. Verimli ve iyi bir aydınlatma için;

- amacının iyi tespit edilmiş olması,
- bu amaca ve aydınlatma tekniğinin gereklerine uygun olarak projelendirilmesi,
- projede yüksek verimli uygun ışık kaynakları kullanımı,
- ışığı en verimli bir şekilde kullanan armatürlerin kullanımı,
- gün ışığından maksimum düzeyde yararlanabilmek için uygun kontrol sistemlerinin seçilmesi,

- duvar, tavan ve dekorasyon malzemelerinin mümkün olduğunca açık renkli seçimi,
- aydınlığın ihtiyaca göre seçilmesi,
- armatürlerin ışık dağılım eğrisine kumanda edecek uygun yansıtıcıların seçimi,
- armatürlerin düzenli bakımının yapılması gerekmektedir.

Bugün artık gerek kişilerin özel isteklerine cevap vermek ve gerekse normal ve olağanüstü koşullar karşısında bulunan toplumların çeşitli sorunlarını çözmek amacıyla iyi aydınlatma bir zorunluluk haline gelmiştir.

1.2 Aydınlatmanın Amacı

İyi bir aydınlatmada amaç, belli bir aydınlatma düzeyi elde etmek değil, görme koşullarını iyileştirerek insanın göz, ruh, fizik, estetik ve motivasyon birlikteliğini sağlamak olmalıdır. Bir aydınlatma tesisi kuruluş aşamasında çeşitli ihtiyaçlardan birine öncelik verilir. Bu durumda aydınlatmanın ana amacı öncelik verilen ihtiyaca cevap vermek olur. Bu ihtiyaç dikkate alınarak yapılan aydınlatma tasarımında diğer ihtiyaçlar gözardı edilmemelidir. Amaçları bakımından aydınlatma üç ana başlık altında incelenebilir.

Fizyolojik aydınlatma;

Cisimlerin renk, şekil ve detaylarının rahat ve açık bir şekilde görülebilmesi amaçlanmaktadır. Dolayısıyla bu koşulları sağlayan bir aydınlatmaya fizyolojik aydınlatma adı verilir. Gözün görme yeteneğini bozabilecek ve fizyolojik rahatsızlıklar doğurabilecek etkilerden kaçınılması gerekir.

Dekoratif aydınlatma;

Burada cisimleri bütün ayrıntılarıyla göstermek değil, daha çok ortamı kullanan kişiler üzerinde estetik hisler uyandırmak amaçlanmaktadır. Işık ve aydınlatılan objeler arasında kurulan kombinasyonlar farklı etkiler ortaya çıkarabilir ve bunlar estetik anlayışlar içinde değişik zevklere hitap eden konfigürasyonlar oluşturabilir.

Gösteri amaçlı aydınlatma;

Bir konuyu özellikle vurgulamak ve insanların dikkatini sergilenen ürünler üzerinde toplamak amaçlanmaktadır. Daha çok vitrin ve fuar gibi sergilemenin asıl amaç olduğu yerlerde renkli ışıklar, yüksek aydınlık şiddeti ve yanıp sönen düzenler ile dikkati sergilenen cisimler üzerinde toplayıp reklam yapmakta kullanılır. Bu arada estetik ve dekoratif aydınlatma araçlarından da geniş ölçüde faydalanılır.

1.3 Aydınlatma Çeşitleri

Aydınlatma ışığın kökenine göre doğal ve yapay aydınlatma olmak üzere ikiye, aydınlatılan yerin cinsine göre de iç ve dış aydınlatma olmak üzere ikiye ayrılır.

Doğal aydınlatma; günışığının en uygun şekilde dağıtılması ve faydalanılması ile uğraşır. Ayrıca doğal ışığın yapay ışıkla birarada kullanılması konusu, ekonomik koşulların sağlanması için binaların uygun projelendirilmesi sorunları da doğal aydınlatmanın kapsamı içerisine girer.

Yapay aydınlatma; bugün neredeyse sadece elektrikli ışık kaynaklarının kullanımıyla temin edilir. Bu tür aydınlatmada kullanılan ışık kaynakları ise akkor telli lambalar, deşarj lambaları ve Flüoresan lambalar olarak genel bir gruplandırmaya tabi tutulabilirler.

İç aydınlatma; kapalı yerlerin aydınlatması olup, bu aydınlatma türünde tavan ve duvarlar yansıtma yolu ile çalışma düzlemine ışık göndererek çalışma düzleminin aydınlatılmasına katkıda bulunurlar. Ev, okul, hastane, fabrika, sinema, tiyatro, açık ve kapalı planlanmış ofis ortamları gibi kapalı hacimlerin aydınlatılması bu sınıfa girer. Bu aydınlatma türünde de; aydınlatma aygıtından çıkan ışık aksının %90 ila %100' ü alt yarı uzaya gidiyorsa direkt aydınlatma sistemi, %60 ila %90' ı gidiyorsa yarı-direkt aydınlatma sistemi, %40 ila %60' ı gidiyorsa karma aydınlatma sistemi, %10 ila %40' ı gidiyorsa yarı-endirekt aydınlatma sistemi ve %0 ila %10' ı gidiyorsa endirekt aydınlatma sistemi başlıkları altında alt türler oluşturulabilir.

Dış aydınlatma açık yerlerin aydınlatılmasıdır. Aydınlatılacak yüzey genelde ışık kaynaklarından gelen direkt ışıklar tarafından aydınlatılır. Yol, meydan,

binaların dış yüzeyleri ve çevreleri, spor sahaları, gar, rıhtım ve benzeri yerlerin aydınlatılması bu sınıfa girer.

1.4 Aydınlatmanın Yararları

Gözün görme yeteneği artar;

Etrafımızdaki cisimleri gözün görme yeteneği sayesinde algılamaktayız. Görme yeteneği; aydınlık ve karanlık farkı duyarlığı (kontrast duyarlığı), şekil duyarlığı (keskinlik) ve görme hızının bileşimidir. Bunlar; gözün bulunduğu ortamın ve aydınlatılan yerin fiziki şartlarına göre, aydınlatmanın temel büyüklükleri olan aydınlık düzeyi, parıltı ve düzgünlük değerlerine bağımlı bulunan gözün görme eşiği değerleri, adaptasyonu, kamaşma ve gölge gibi unsurlara göre değişen yeteneklerdir. Bu sebepten, bunların arttırılabilmesi ancak fizyolojik optik esaslara uygun yapılmış bir aydınlatma ile mümkündür. Detayların ayırt edilmesini mümkün kılan bağıl parıltı kontrastına karşılık, gözün duyarlılığı aydınlık düzeyi ile yükselir. Fiziksel bakımdan, belirli bir "fon" zemin üzerinde bulunan bir detaya ait "k" bağıl parıltı kontrastı;

$$k = \frac{Lf - Ld}{Lf} = \frac{\Delta L}{L}$$

L_f : Fon parıltısı; L_d : Detay parıltısı

aydınlık düzeyi ile artmaz, zira parıltılar aydınlık düzeyi ile doğru orantılı olduğundan k' nın değeri, belirli bir fon ve detay için değişmez. Ancak aydınlık düzeyinin yükselmesi ile gözün bağıl parıltı farklarına karşı duyarlılığı da yükselir ve dolayısıyla bağıl parıltı farkı kontrastı duyumu eşiği olan $\frac{\Delta L}{L}$ alçalır. Burada ΔL mutlak kontrast parıltısıdır. Bu sebepten, düşük bir aydınlatma düzeyinde gözün algılayamadığı bir bağıl parıltı kontrastı kuvvetli bir aydınlık düzeyinde görülebilecek bir hale gelir. Ayrıca yüksek aydınlık düzeylerinde görme hızının da arttığı bilinmektedir. Bu özellik, hareketli cisimlerle çalışıldığı veya hızlı iş yapıldığı zaman önem kazanır.

Göz sağlığı korunur;

İyi aydınlatılmamış bir ortamda görme işlevini yapmaya çalışan gözün yorulduğu, uzun süreli çalışmalarda ise göz sağlığının bozulduğu görülür.

Fizyolojik optik esaslar dikkate alınarak yapılan bir aydınlatma göz sağlığının korunmasına katkıda bulunacağı gibi aynı zamanda ortamı kullanan kişiler üzerinde de psikolojik olarak olumlu etkiler yapar.

Kazalar azalır;

Gerek fabrikalarda ve sanayi tesislerinde, gerekse trafiği yoğun olan yollarda, kazaları meydana getirebilecek etkenler, uygun aydınlatma sayesinde bütün detayları ile daha önceden görülebileceğinden sakınılmaları daha kolay olur. Fabrikalarda parıldamanın önüne geçilememesi halinde (özellikle Flüoresan lambaların yani deşarj prensibine göre çalışan lambaların kullanıldığı ortamlarda) stroskobik olay yüzünden, yani dönen motorların sanki duruyormuş veya ters yöne dönüyormuş gibi görünmesine yol açan göz yanılmaları ortaya çıkar. Bu da çalışan işçilerin duruyormuş gibi görünen iş makinalarına el veya kollarını kaptırmalarına yol açabilir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından yapılan bir araştırmaya göre daha önce aydınlatılmamış veya aydınlatması iyi olmayan yolların, aydınlatma tekniğine göre aydınlatmasının yapılması halinde ölümle sonuçlanan kazalarda %50, ciddi hasar meydana getiren kazalarda %67 ve hafif kazalarda %84' lük bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

İş verimi artar;

Uygun aydınlatma ile gözün gereksiz yere yorulması dolayısıyla görme hızı ve görüş keskinliğinin azalması önleneceğinden yapılan işin hızı artar, hata oranı azalır ve sonuç olarak iş verimi yükselir. Bu konuda yapılan araştırmalara göre, aydınlık düzeyini 300 lx' den 500 lx' e çıkarılması halinde verimliliğin ağır işlerde %10, kolay işlerde %2,5 oranında arttığı tespit edilmiştir.

Ticarette işlem hacmi artar;

Dikkati çeken bir aydınlatma yapılmış mağaza ve vitrinler müşteriler üzerinde bir çekim ve psikolojik olarak bir alışveriş isteği uyandırır. İlk yatırım maliyetinin fazlalığına karşın canlı bir aydınlatmanın sağlayacağı çekicilik maliyeti kısa zamanda telafi edecektir.

Sanayide verim artar;

Sanayide yapılacak uygun bir aydınlatma ile gece vardiyalarında elde edilen verim gündüz elde edilen verime yaklaştırılır, bu da fabrikaların üretim kapasitelerini arttırıcı bir etki yapar.

Güvenlik temin edilir;

Uygun aydınlatmanın en önemli faydalarından birisi de güvenliğin sağlanmasına olan katkısıdır. İyi aydınlatılmış ortamlarda görsel olarak güvenlik kontrolünün sağlanması daha kolay olmaktadır.

Estetik hislere ve konfor ihtiyacına cevap verilir;

Günümüzde belirli bir yaşam standardının üstünde, estetik duygular karşılanması gerekli hayati şartlar arasında bulunmaktadır. Bu psikolojik ihtiyaçlardan başka, görme konforu ile ilgili fizyolojik ihtiyaçlar da iyi bir aydınlatma ile karşılanarak insanlara huzur ve ferahlık sağlar. Kişilerin yaratıcı güçlerinin kamçılanmasına neden olur.

Yukarıda sayılan yararları sağlayan iyi aydınlatma daima ekonomiktir. Çünkü elde edilen bu yararlar ülke ve kişilerin ekonomilerine kendi yönünden olumlu katkılar yapacağı gibi elektrik enerjisinden de büyük tasarruf sağlayacağı kesindir. Ayrıca bu tasarrufun, aydınlatma yapılmayarak veya yetersiz yapılarak doğuracağı zararlı sonuçlara katlanılması suretiyle değil, verimi yüksek aydınlatma aygıtları kullanılarak iyi bir aydınlatma sonucu gerçekleştirilmesi en uygun yoldur. Bu nedenle gelişen teknolojilerin takip edilmesi; geçici, verimsiz, düşük kaliteli bu nedenle ilk bakışta ucuz görünen sistemler ve aydınlatma aygıtları yerine, kalıcı, yüksek verimli ve kaliteli, ancak ilk tesis maliyeti pahalı bile olsa uzun vade de bilhassa işletme maliyeti yönünden ucuz olan sistemler ve aygıtlar tercih edilerek gerçek anlamda tasarruf sağlayan çözümlere gidilmelidir.

1.5 Kaliteli Bir Aydınlatmanın Temini İçin Yapılması Gerekenler

İşyerlerinde, her türlü işlemin kusursuz yapılabilmesi ve en önemlisi de çalışanların göz sağlığının korunması iyi bir aydınlatma tekniğini gerektirir. Bir iş ortamında aydınlatma gereksinimi; yapılan işlerin özelliklerine, o işyerinde

çalışan insanların göz fonksiyonlarının normalliğine, işin özellikleri nedeniyle detay algılama gibi kriterlere bağlıdır[5]. İyi bir aydınlatma projesinin tasarımında, çalışanların göz sağlığı, yüksek düzeyde iş becerisi, optimal verimlilik ve çalışanların kendilerini rahat hissettikleri aydınlatma düzeyinin sağlanması gibi kriterler göz önüne alınmalıdır. İyi bir aydınlatmanın temin edilebilmesi için yapılması gerekenler ve sağlayacağı faydalar aşağıdadır.

1.5.1 Doğrudan Yapılan İşin Veya Çevresinin Aydınlatılması

Herhangi bir ortamı kullanan kişiler; yaptıkları işlere, içinde bulundukları ortama, genel çevrelerine ve işyerlerindeki çeşitli yerlere bakma zorunluluğunda kalabilirler. İnsanlar çevrelerine bakınırken onların dikkatini en çok, parlak ve renkli bölgeler çeker. Dolayısıyla kullanıcıların üzerinde çalıştığı iş kendi açısından en iyi aydınlatılmış yer olmalıdır. Ayrıca, yapılan işin ve incelikli görme gerekli yüzey ve malzemelerin parlama özellikleri de dikkate alınmalıdır. Kolay parlayabilen yüzeylere sadece kontrast nedeniyle yüksek düzeyde aydınlatma uygulamak gereksiz sakıncalar doğurur. Bu sorunlar dikkate alınarak çalışanların yaptıkları incelikli işleri kolayca görebilmesi için çalışma yüzeylerinin aydınlatılması sağlandıktan sonra, genel çevre aydınlatması sağlanmalıdır.

1.5.2 Parlamaların Önlenmesi

Üzerinde aydınlatma yapılan cisim ve yüzeylerin parlaması, esas yapılan işin görülmesini güçleştireceği gibi göz uyumunu da zorlar. Parlama; aydınlatılmış yüzeylerden bir bölümünün diğerlerine nazaran daha fazla ışık yansıtması, aşırı ışıklı görünmesi ya da kaynaktan yansıyan ışığın doğrudan göze yansıması olarak açıklanabilir. Işık kaynağının parlaması ya da çalışma yüzeylerinin parlaması, çalışanın bakış açısına ve çevrede parlama ve yansımalara elverişli malzemenin bulunmasına bağlıdır. İş ortamının gereğinden fazla aydınlatılmış olması ve çok yüksek düzeyde yansıtma özelliği olan tavan, duvar, malzeme ve döşeme düzeninin bulunması çoğunlukla çalışanların görüşünü etkilemeyebilir fakat uzun dönemde rahatsız edicidir.

Yapılan iş ve çevresinin aydınlatılmasında, başvurulan her türlü önlem yeterli rahatlık sağlayamıyorsa ve çalışma yüzeylerinin parlaması ve ışık yansıtması önlenemiyorsa, ışık kaynağının yerini değiştirmek gerekebilir. Böylece ışığın parlayan yüzeylere geliş açısı değiştiğinden doğrudan göze yansımalar önlenir.

Tablo 1.1 Dahili ortamlar için yansıtma katsayıları

ZEMİN TÜRLERİ	YANSITMA FAKTÖRÜ		RENK SINIFI
	Max.	Min.	
Tavanlar	%100	%75	Beyaz ve beyaza yakın
Duvarlar	%75	%50	Açık renkler
Eşyalar, malzemeler	%50	%20	Orta sınıf renkler
Döşeme ve yerler	%20	%0	Koyu renkler

1.5.3 Işık Titreşimlerinin Önlenmesi

Deşarj lambaları alternatif akımla çalışırlar ve her akım yönü değişikliğinde de yanıp sönerek çalışırlar. 50 Hz frekanslı akımla çalışan lambalar saniyede bunun iki misli yanma sönme yaptığı için bu titreşimler gözle fark edilemezler. Ancak böyle bir ışık altında çalışan makina operatörleri üzerinde bir algı yanılması sonucu, dönen makinaların yavaşladığı veya durduğu gibi yanıltıcı algılamalar oluşabilir. Stroskobik etki diye bilinen bu sorun, ortam aydınlatmasının üç fazlı bir kaynaktan yapılması ve lambaların fazlara eşit olarak dağıtılmasıyla giderilebilir. Flüoresan lambalarda titreşimler daha çok uç kısımlarda görülür. Dolayısıyla, Flüoresan ampullerin uç kısımlarını görülmemesi için bir kılıf içerisine alarak ışık titreşimlerinin direkt algılanmasının önüne geçilebilir.

1.5.4 Gölgeleme (Modelleme)

Bir malzemenin üzerine düşen ışığın geliş doğrultusunu değiştirerek, bazı kısımlarının daha net olarak görünmesini sağlamak ya da bazı kısımların göz alıcı, keskin görüntüsünü matlaştırmak mümkündür. Modelleme için genel ortam aydınlatmasına ek olarak özel bir modelleme ışık düzeninin projelendirilmesi gerekir. Dolayısıyla normal şartlarda çok iyi görülemeyen yüzeylerin daha iyi aydınlatılması ve ortam ışığında parlayan yüzeylerin gölgelendirilerek, netlikle görülmesi ve incelenmesi sağlanabilir.

T.C. ... DOKÜMANTASYON MERKEZİ

1.5.5 Renklendirme ve Işıklandırma

Renkli bir yüzeyin iyi görülebilmesi, o yüzeyden yansıyan ışınların yeterli yoğunlukta olmasına bağlıdır. Ortam aydınlatması yapay olduğu durumlarda çeşitli renkler, günışığı altındaki görüntülerinden farklı bir tonda görünebilirler. Günışığının doğal renkleri algılamada en güvenilir aydınlatma olduğu bilinmesine rağmen günışığı ile aydınlığın şiddetinde devamlı iniş ve çıkışlar nedeni ile renk ayırımı ve kalite kontrol gibi işlemlerde yapay ışık tercih edilir. Yapay ışığın değişmeyen düzeyi, günışığına bakarak daha standart bir değerlendirmeyi sağlayabilmektedir.

1.5.6 Gözlerin Dinlendirilmesi

Uzun süreli ince işlerle uğraşan çalışanlarda ve özellikle kalite kontrol elemanlarında, göz yorgunluğunun önlenmesi için dinlenme araları vermek gerekir. Dinlenme aralarında çalışanlar, uzak mesafelere bakmalı ve genellikle fazla parlamayan cisimlere bakmayı tercih etmelidir. Güneş ışınlarının içeri girdiği bir pencereden dışarı bakmak ya da parlak ışık ile aydınlatılmış uzaktaki cisim ve yüzeylere bakmak, gözlerin bu parlaklığa uyumunu zorladığı gibi, böyle bir uyumdan sonra kişinin kendi işine döndüğünde gözler yeni bir uyum döneminden geçerler. Böyle bir çabası dinlenme etkisini azaltır ve gözleri zorlayabilir.

1.5.7 Duruş ve Oturuş Zorlukları

İşyerlerinde aydınlatma düzeyinin düşük olmasına karşılık, incelikli iş yapma ve detay algılama zorunluluğu varsa, çalışanlar işlerini yakından görmek için öne eğilmek ve uzun süre bu duruşta çalışmak zorunda kalabilirler. Yetersiz ışık göz yorgunluğuna neden olurken, öne eğilmiş duruş ve statik kas çalışmaları sonucu çeşitli kaslarda da yorgunluklar oluşur. Böyle bir durum çalışanlarda performans düşüklüğüne ve gereksiz kas ağrılarına neden olur. Yeterli düzeyde bir aydınlatma ile bu sakıncaların önüne geçmek mümkündür.

BÖLÜM 2.

AYDINLATMANIN TEMEL KAVRAMLARI VE BİLEŞENLERİ

2.1 Aydınlatmada Kullanılan Temel Kavramlar

Aydınlatma tekniği, ışığa ve aydınlatmacılığa ait hesap, ölçme ve değerlendirmeleri yapabilmek için aşağıdaki temel büyüklükleri kabul etmiştir. Bu tanımlarda gündüz görmesine (fotobik görme) ait sağlıklı bir gözün spektral duyarlık eğrisi esas alınmıştır.

2.1.1 Işık Akısı

Işık akısı ϕ harfi ile gösterilir. Birimi lümendir. 1 lümen = 1lm. Bir ışık kaynağının ışık akısı, bu ışık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısına denir. Formüler olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

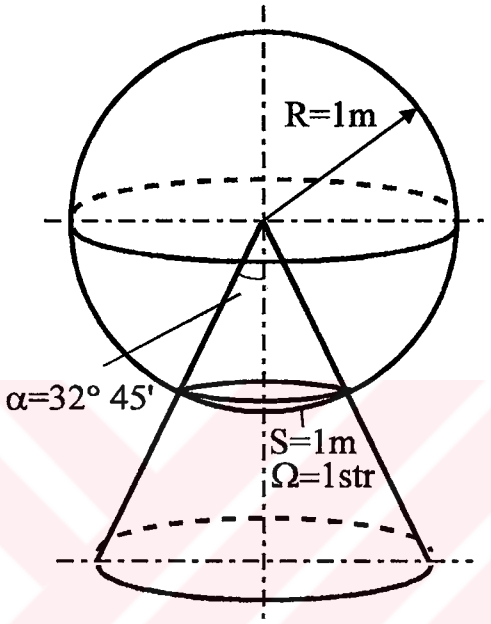
$$\phi = K_o \cdot F \cdot V_\lambda \qquad (2.1)$$

Burada F enerji akısını, K_o enerji akısının $V_{555} = 1$ için fotometrik değerini gösterir. λ_o= 555 nm için $V_{555} = 1$ ve $K_o = 682$ lm / W ' tır.

Işık akısı genel olarak düzgün yayılamaz uzayın muhtelif doğrultularında yoğunluğu farklıdır. Genel olarak bir ışık kaynağının toplam ışık akısı, uzayın muhtelif yerlerine yayılan kısmi ışık akılarının toplamı olarak düşünülebilir. İçinden kısmi ışık akısı geçen koni veya piramit şeklindeki uzay parçasına uzay açı denir. Uzay açı, noktasal ışık kaynağı merkezi olmak üzere yarıçapı R = 1m olan bir küre düşünmek ve koni veya piramidin küre yüzeyinde ayırdığı yüzey parçasının alanını hesap etmek suretiyle ölçülür. Eğer bu yüzeyin alanı 1 m^2

ise, bu takdirde bu uzay parçasının uzay açısı 1 steradyan (str) denir (Şekil 2.1).

Bütün küre yüzeyi 4π m^2 olduğundan, noktasal bir ışık kaynağının bütün uzaya gönderdiği toplam ışık akısı 4π = 12,57 str' lik bir uzay açıdan yayılır. Demek ki düzlemsel açının birim dairede yay olarak ölçülmesine karşılık uzay açı, birim kürede yüzey olarak ölçülür.



Şekil 2.1 Uzay açı tanımı

Düzlemsel açı bir noktadan çıkan iki yarım doğru arasındaki açıdır. Böyle bir açı iki yarım doğru ile sınırlanan yayın yarı çapa bölümü ile ölçülür. Buna göre düzlemsel açı birim dairede yay olarak ölçülmektedir. Örneğin bir noktaya ait düzlemsel açı $2\pi r / r$ rad' dır.

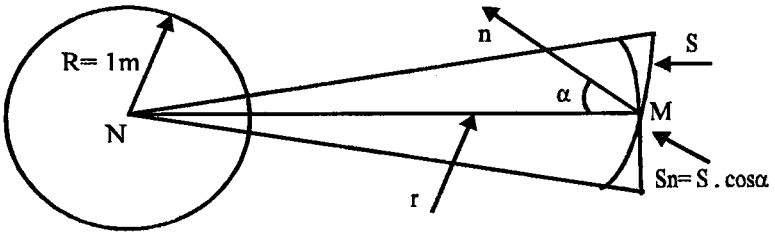
Uzay açı da benzer bir şekilde bir noktadan çıkıp koni veya piramit teşkil eden yarı doğruların meydana getirdiği uzay parçası olarak tanımlanır. Uzay açı bu koninin, yarıçapı r olan kürede ayırdığı kapağın alanının yarıçapının karesine bölümü ile ölçülür. Demek ki bir noktaya ait olan uzay açı;

$$\Omega = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\text{str}' \text{ dır.}$$

Aydınlatılan S yüzeyi N noktasal ışık kaynağından r uzaklıkta bulunuyor ve S' in NM doğrultusuna dik yüzeydeki izdüşümü Sn = S . cosα ; r yarıçaplı küre yüzeyinin bir parçasını teşkil ediyorsa bu takdirde bu yüzeye ait uzay açı;

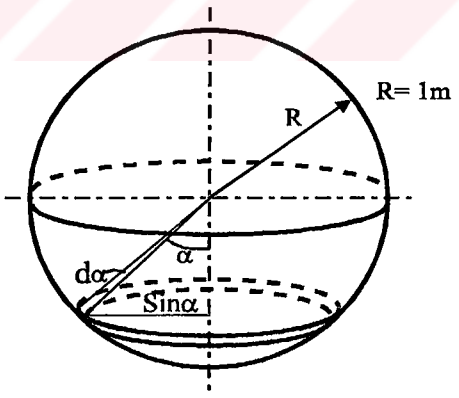
$$\Omega = \frac{S.\cos\alpha}{r^2} = \frac{S_n}{r^2} \qquad (2.2)$$

denklemiyle tanımlanır (Şekil2.2).



Şekil 2.2 S yüzeyinin N noktasına göre uzay açısı

Şimdi uzay açı kavramını daha iyi kavrayabilmek için düzlemsel tepe açısı α olan bir koninin Ω_α uzay açısı (Şekil2.3)' te gösterilen küre kapağının alanından başka bir şey değildir. Bunu da hesap etmek için, önce dα açısına tekabül eden $d\Omega_\alpha$ küre kuşağının alanı yazılır ve bu, α' nın 0 ila α değerleri arasında integre edilir.



Şekil 2.3 Düzlemsel tepe açısı α olan bir koninin Ω_α uzay açısının hesabı

$$d\Omega_\alpha = 2\pi \,.\, \sin\alpha \,.\, d\alpha \qquad (2.3)$$

$$\Omega_\alpha = 2\pi \,.\, (1 - \cos\alpha) \qquad (2.4)$$

olur. Örneğin $\alpha = \pi/2$ için $\Omega_{\pi/2}=2\pi.(1-0)=2\pi$ str ve $\alpha = \pi$ için $\Omega_\pi=2\pi.(1+1)= 4\pi$ str olur.

2.1.2 Işık Miktarı

Işık miktarı Q harfi ile gösterilir. Birimi lümensaniye veya lümen saat' tir.

1 lümensaat = 1 lmh. 1 megalümen = 1 Mlmh.

Bir ışık kaynağının ışık miktarı, ışık akısı ve bunun etki süresi ile orantılıdır.

$$dQ = \phi.dt \tag{2.5}$$

$$Q = \int \phi..dt \tag{2.6}$$

Eğer ışık akısı zamana bağlı değilse yukarıdaki denklem

$$Q = \phi \, . \, t \tag{2.7}$$

şekline girer. ϕ = 1 lümen ve t = 1 saat için Q = 1 lümensaat olur.

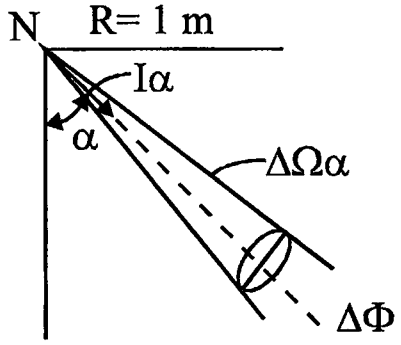
2.1.3 Işık Şiddeti

Işık şiddeti I harfi ile gösterilir. Birimi kandela (candela) 'dır.

1 candela = 1 cd.

Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir α doğrultusundaki ışık şiddeti, bu doğrultuyu içine alan bir $\Delta\Omega$ uzay açısından çıkan $\Delta\phi$ ışık akısının $\Delta\Omega$ uzay açısına bölümü ile hesaplanır. Eğer ortamın yutması yoksa $\Delta\phi$ / $\Delta\Omega$ 'ya ortalama ışık şiddeti denir. $\Delta\Omega$ sıfıra yaklaşırken bu oranın limiti de $I\alpha$ ışık şiddetini tanımlar (Şekil 2.4).

$$I_\alpha = \lim_{\Delta\Omega \to 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta\Omega} = \frac{d\phi}{d\Omega} \tag{2.8}$$



Şekil 2.4 Noktasal bir ışık kaynağının α doğrultusundaki $I\alpha$ ışık şiddetinin tanımlanması

Bu denklemde ışık akısı lümen cinsinden ve uzay açısı steradyan cinsinden yerine konulacak olursa, ışık şiddeti candela cinsinden bulunur. Buna göre 1 steradyanlık uzay açısından çıkan ışık akısı 1 lümen ise ışık şiddeti 1 candela olur.

$$1\text{cd} = \frac{1\text{lm}}{1\text{str}}$$

Noktasal bir ışık kaynağının muhtelif doğrultulardaki ışık şiddetlerinin uç noktalarının geometrik yeri bir yüzey olup, bu yüzeye söz konusu ışık kaynağının ışık dağılım yüzeyi veya polar fotometrik yüzey adı verilir. Eğer kaynaktan geçen bir düzlem üzerindeki ışık şiddetlerinin uç noktaları göz önüne alınırsa bunların geometrik yeri kaynağın ışık dağılım yüzeyi ile söz konusu düzlemin ara kesitinden ibaret olur ki buna da ışık dağılım eğrisi (polar fotometrik eğri) adı verilir.

Bir ışık kaynağının ışık dağılım yüzeyi, bu kaynağın ışık dağılımı hakkında tam bir fikir verir. Eğer ışık dağılım yüzeyi dönel simetriye haiz ise bu durumda simetri ekseninden geçen bir düzlem üzerindeki ışık dağılım eğrisi, kaynağın ışık dağılım yüzeyi yerine kullanılabilir.

Genel olarak ışık dağılım eğrileri, çıplak lambanın yaydığı ışık akısının I_L=1000 lümen olması hali için çizilir. Eğer lambanın yaydığı ışık akısı ϕ lümen ise bu takdirde bu lamba elde edilecek ışık şiddetleri, buna ait ışık dağılım eğrisindeki değerlerin (ϕ/1000) ile çarpılmasıyla bulunur.

Işık dağılım yüzeyi dönel simetrik değilse, örneğin Flüoresan lambası bir aydınlatma armatürü söz konusu ise bu durumda değişik düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri birbirinden farklı olurlar. Bu gibi durumlarda boyuna ve enine düzlemlerdeki ışık dağılımları hakkında ancak yaklaşık bir fikir elde edinilebilir. Eğer kaynağın boyuna ve enine düzlemlerden başka, belirli ara düzlemlerdeki ışık dağılım eğrileri de verilirse, o zaman kaynağın ışık dağılımı hakkında daha çok bilgi edinilmiş olur.

Bir ışık kaynağı ancak yeter derecede büyük uzaklıktan yani sınır uzaklığı veya kritik uzaklık adı verilen bir uzaklıktan veya bundan daha büyük bir uzaklıktan bakıldığı zaman noktasal kabul edilebilir. Sınır uzaklığı %1 ila %2 arasındaki bir

hata ile de 5 katı mertebesindedir. Doğru veya band şeklindeki ışık kaynaklarında, sınır uzaklığı duruma göre daha küçük alınabilir. Projektörde ise bu kural asla geçerli değildir. Orada sınır uzaklığı çok daha büyük olup, projektör delik çapının en az 100 katıdır. Küresel ışık kaynaklarıysa, her uzaklıktan noktasal kabul edilebilecek özel bir duruma haizdirler.

Işık şiddeti birimi olarak son zamanlara kadar Almanya ve bazı ülkelerde Hefner mumu kullanılıyordu. Hefner mumu, amil asetat yakan özel bir lambanın yatay doğrultuda doğurduğu ışık şiddetidir. Fitil çapı 8 mm ve alev yüksekliği 40 mm' dir.

İngiltere, Fransa ve Amerika' da ise alevli etalonların ışık şiddeti atmosfer basıncına ve havanın rutubetine bağlı olduğundan, bunlara göre ayarlanmış akkor telli lambalar kullanılması tercih edilmiştir. Başlangıçta tali veya sekonder etalon diye adlandırılan bu lambaların 1909' da primer etalon olarak seçilmesi uygun görülmüş ve böylece uluslararası mum (U.A.M.) kullanılmıştır. Birimi 1U.A.M = 1.11 HM (Hefner mumu). Gerek alevli etalonlar gerekse uluslararası mum tanımı, fiziksel esaslara dayanıyordu; bu sakıncayı ortadan kaldırmak için uluslararası ağırlıklar ve ölçekler komitesi ışık şiddeti birimi olarak siyah cismin ışıma olayına dayanan candela veya yeni mum kullanılmasına karar vermiştir.

Tanım olarak ışık şiddeti birimi candela olup, platinin katılaşma sıcaklığında (2042 K) bulunan cismin 1cm' lik delik yüzeyinden dik doğrultuda doğurduğu ışık şiddetinin 60'da birine denir. Candela, Hefner mumu ile uluslararası mum arasında bir değere haizdir. 0,98 U.A.M = 1 cd = 1,108 H.M

Işıkla ilgili ölçmelerde pratik bakımdan primer etalon yerine bununla karşılaştırmak suretiyle değerlendirilen sekonder etalonlar, akkor telli lambalar kullanılır.

2.1.4 Aydınlık Düzeyi

Aydınlık düzeyi E harfi ile gösterilir. Birimi lüks' tür. 1 lüks = 1lx. Bir yüzeyin bir M noktasındaki ortalama aydınlık düzeyi bu noktayı içine alan bir ΔS yüzeyine düşen $\Delta\phi$ ışık akısının ΔS yüzeyine bölümüne eşittir. ΔS yüzeyi sıfıra

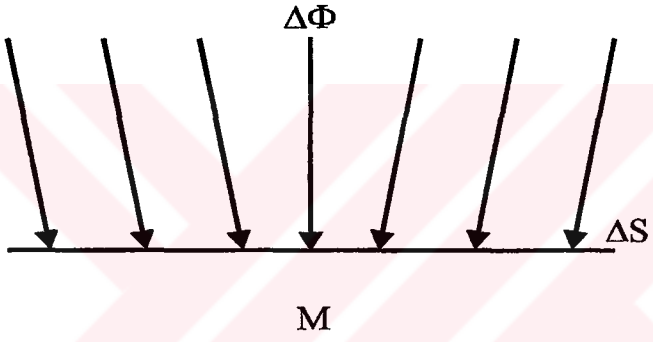
yaklaşırsa $\Delta\phi$ / ΔS oranının limiti, bu noktadaki aydınlık düzeyini verir (Şekil2.5).

$$E = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta S} = \frac{d\phi}{dS} \qquad (2.9)$$

dir. ϕ lümen ve S metrekare cinsinden alınırsa E lüks cinsinden bulunur.

$$E = \frac{\phi}{S} \qquad (2.10)$$

ϕ = 1lm ve S = 1 m^2 için E = 1lx olur, yani 1lx = 1 lm / 1 m^2 dir. ϕ ışık akısı ile S yüzeyinin aydınlatılmasında konu, her şeyden önce bu yüzeye düşen ışık akısı yoğunluğuna bağlıdır.



Şekil 2.5 Aydınlık düzeyinin tanımı

Fakat gerçekte bir yüzeyin aydınlık etkisi için aydınlık düzeyinden çok, yüzeyin yansıtma durumu da rol oynar. Işık akısı, ışık şiddeti ve aydınlık düzeyi görülmezler. Metrik sistemin kullanılmadığı Anglo-Sakson ülkelerde lüks yerine foot-candle birimi kullanılır.

$$1\text{foot} - \text{candle} = \frac{1lm}{0{,}304\text{m}^2} = 10{,}76\text{lx}$$

Bazen 1 $cm^{2,}$ lik yüzeye tekabül eden phot birimi de kullanılır.

$$1\text{phot} = \frac{1\text{lm}}{1\text{cm}^2} = 10^4\text{lx}$$

2.1.5 Fotoğrafik Uyarma

Fotoğrafik uyarma U harfi ile gösterilir. Birimi lükssaniye' dir.

1 lükssaniye = 1lxs.

Fotoğrafik uyarma lüks cinsinden aydınlık şiddetiyle saniye cinsinden zamanın çarpımına eşittir.

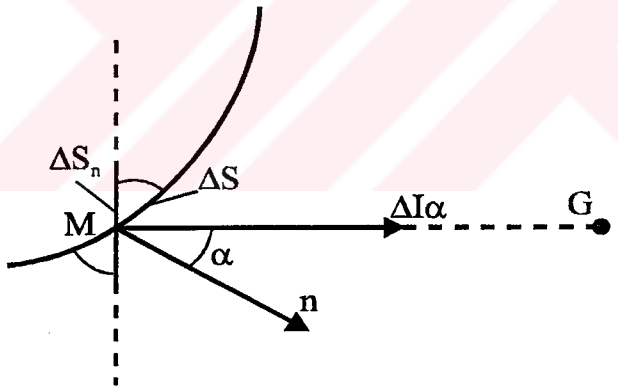
$$U = E.t \qquad (2.11)$$

Fotoğrafik uyarma esas itibariyle birim yüzeye düşen ışık miktarını gösterir. Çünkü;

$$1lxs = 1lm.s/m^2$$

2.1.6 Parıltı (Lüminans)

Parıltı L harfi ile gösterilir. Birimi nit' tir. 1 nit = 1cd/ m^2. Parıltı, doğrultuya bağlı bir büyüklüktür. Işık yayan bir yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile alfa açısı yapan doğrultudaki parıltısı, M noktasını içine alan ΔS yüzey elemanının bu doğrultuda doğurduğu $\Delta I\alpha$ ışık şiddetinin ds' in bu doğrultuya dik düzlemdeki ΔS_n görünen alanına oranının limitidir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Bir yüzeyin bir M noktasının α doğrultusundaki parıltısının tanımı

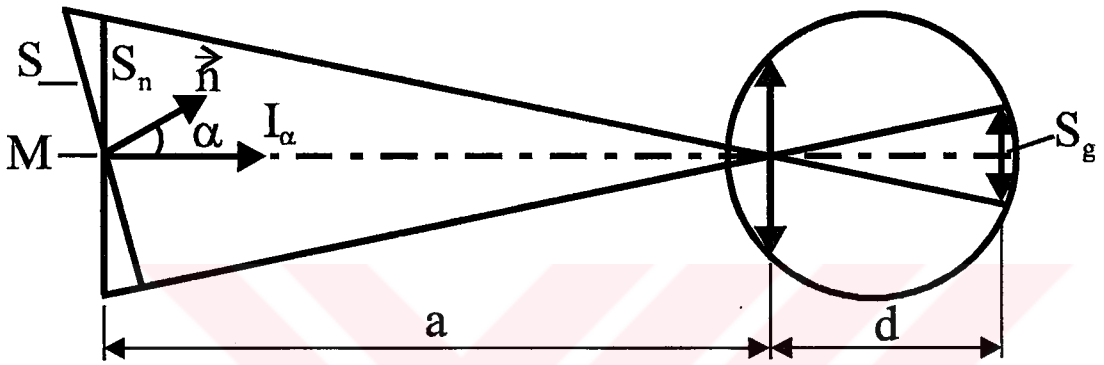
$$L\alpha = \lim_{\Delta Sn \to 0} \frac{\Delta I\alpha}{\Delta Sn} = \frac{dI\alpha}{dSn} \qquad (2.12)$$

dir. Görülüyor ki parıltı kavramı, yüzey, yüzeyin bir noktası ve gözlem doğrultusunu kapsamaktadır. Buna göre parıltıdan söz ederken bunun hangi yüzeyin, hangi noktasın ve hangi doğrultuya ait olduğunun belirtmek gerekir. Aynı şekilde S' in her noktasında parıltı aynı değerde ise S' in bir M noktasının

α doğrultusundaki ışık şiddeti Iα ve S' in bu doğrultuya dik düzlemdeki görünen alanı da Sn ile gösterilirse, M noktasının α noktasındaki parıltısı;

$$L\alpha = \frac{I\alpha}{Sn} \qquad (2.13)$$

olur. Etrafımızdaki cisimler ancak parıltıları ile gözde görme hissi uyandırırlar. Bir cismin görülebilmesi için o cismin gözün ağ tabakasındaki görüntüsünün haiz olduğu aydınlık şiddeti birinci derecede rol oynar. Örneğin ışık yayan bir S yüzeyi gözde bir S_g görüntüsünü meydana getirir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Parıltının fiziksel anlamı

Görünen $Sn = S.\cos\alpha$ yüzeyi ile S_g görüntüsü arasında $\frac{S_n}{a^2} = \frac{S_g}{d^2}$ bağıntısı vardır.

Burada a cismin göze olan uzaklığı, d gözün çapıdır. Eğer S yüzeyi göze Iα ışık şiddetiyle ışık gönderirse, yüzölçümü p olan gözbebeği ϕ ışık akısını alır. Bu akı, diyoptrik kayıpların ihmali ile ağ tabakadaki görüntüye gelir. Dolayısıyla görüntünün aydınlık düzeyi $E_g = \frac{\phi_b}{S_g}$ dir. Diğer taraftan;

$\phi = I_\alpha \,.\, \Omega$ ve $\Omega = \frac{S_b}{a^2}$ olduklarından,

$$E_g = \frac{S_b}{d^2} x \frac{I\alpha}{S_n} \qquad E_g = K x \frac{I\alpha}{S.\cos\alpha} = K x L_\alpha \qquad (2.14)$$

olur. Burada belirli bir göz ve gözleme şartları için d göz çapı ve S_b gözbebeği yüzölçümü sabit olduklarından S_b/d^2 = K (sabit) yazılmıştır. Buna göre bir

cismin görülmesi için bu cismin ağ tabakadaki görüntüsünün aydınlık şiddetinin çok önemli olduğu ve parıltı tarifinin bu bağıntıya dayandığı anlaşılır.

Parıltı birimi nit' dir. Belirli bir doğrultuya göre 1 candela' lık ışık şiddeti doğuran ve bu doğrultuya dik düzlemdeki izdüşümü (görünen alanı) 1 metrekare olan bir yüzeyin parıltısı, 1 nit' dir. Parıltı birimi olarak nit biriminden başka apostilb, stilb, lambert ve foot-lambert birimleri de kullanılır.

1 apostilb	(asb)	=	0,183 nt
1 stilb	(sb)	=	10000 nt
1 lambert	(L)	=	3183 nt
1 foot-	(ft-L)	=	3,26 nt

Işık kaynaklarının parıltıları çoğu kez stilb cinsinden verilir. Örneğin bir mum alevi 0.75 sb, akkor telli lambanın 750 sb, Flüoresan lambanın 0.3 ila 0.8 sb arasındadır.

2.1.7 Spektral Enerji Akısı Yoğunluğu

Işınlama yapan bir cismin birim yüzeyinden birim zamanda çıkan radyasyon enerjisinin birim dalga uzunluğu aralığına düşen kısmına spektral enerji akısı yoğunluğu denir ve pλ ile gösterilir, birimi (W/m^2m veya W/cm^2m) dir.

2.1.8 Enerji Akısı Yoğunluğu

Işınlama yapan bir cismin birim yüzeyinden birim zamanda çıkan radyasyon enerjisine, enerji akısı yoğunluğu denir ve f ile gösterilir.

$$f = \int_0^\infty p_\lambda . d\lambda \qquad (2.15)$$

dır, birimi W/m^2 veya W/cm^2 dir.

2.1.9 Enerji Akısı

Enerji akısı yoğunluğu S yüzeyi üzerinde dS' ye göre integre edilirse enerji akısı elde edilir ve F ile gösterilir.

$$F = \int_s f . dS = \int_\lambda \int_S p_\lambda . d\lambda .. dS \qquad (2.16)$$

dir. Enerji akısı birimi W' tır.

2.1.10 Etkinlik Faktörü

Birim güce düşen ışık akısına etkinlik faktörü veya ışıksal etkinlik adı verilir. Bir ışınlamanın ışıksal etkinliği, ışınlamaya ait ışık akısının enerji akısına oranı olup e_1 ile gösterilir. Birimi lm/W tır.

$$e_1 = \frac{\phi}{F} \tag{2.17}$$

dir. Eğer ışınlama λ_i dalga uzunluklu tek renkli bir radyasyon ise, buna karşılık olan ışıksal etkinlik;

$$e_{1,\lambda i} = \frac{\phi_{\lambda i}}{F_{\lambda i}} \tag{2.18}$$

olur. Bir ışık kaynağının ışıksal etkinliği veya etkinlik faktörü, kaynaktan çıkan toplam ışık akısının ϕ kaynağın gücüne P oranı olup, e ile gösterilir.

$$e = \frac{\phi}{P} \tag{2.19}$$

dir. Etkinlik faktörü, kaynakların ışık üretimini karakterize eden en önemli ekonomik faktörlerden biridir. Bunun değeri ne kadar büyükse, ışık üretimi o kadar ucuza mal olur.

Tablo 2.1 Aydınlatmada kullanılan temel büyüklükler

Adı	Sembol	Birimi	Kısaltma
Parıltı	L	metre kare başına kandela	cd/m^2
Etkinlik faktörü	e, K	wat başına lümen	lm/W
Işık miktarı	Q	lümen-saat lümen-saniye	lm.h lm.s
Işık akısı	ϕ	lümen	lm
Spektral enerji akısı yoğunluğu	p,λ	metredeki metre kare başına wat	W/m^2m
Enerji akısı yoğunluğu	f	metre kare başına wat	W/m^2
Enerji akısı	F	wat	W
Fotometrik radyans	M, R	metre kare başına lümen	lm/m^2
Aydınlık düzeyi	E	lüks	lx
Işık şiddeti	I	kandela	cd
Fotografik uyarma	H	lüks-saniye	lx.s

2.2 Aydınlatmanın Bileşenleri

Aydınlatma amacı bakımından fizyolojik, dekoratif ve gösteri amaçlı aydınlatma olmak üzere üçe ayrılır[1]. Fakat yapay aydınlatmada dikkat edilmesi gereken en önemli unsur, yapılan aydınlatmanın kişiler üzerinde meydana getireceği fizyolojik etkilerdir. Yapay aydınlatma, sağlıklı ve ekonomik olmalı, cisimlerin rahat görülebilmelerini ve canlı görünmelerini temin etmelidir. İyi bir aydınlatmayı tayin eden kriterler şunlardır:

- Aydınlık düzeyi ve parıltı
- Aydınlatmanın yer ve zaman bakımından düzgünlüğü
- Gölge
- Işık rengi
- Kamaşmasız aydınlatma

2.2.1 Aydınlık Düzeyi Ve Parıltı

Göz için objenin parıltısı daha önemli olduğu halde, aydınlatma hesapları yapılırken amaca uygunluğu bakımından önce aydınlık düzeyi seçilir. Daha önceki konulardan bilinmektedir ki lüks cinsinden E aydınlık şiddeti ile apostilb cinsinden L parıltısı arasında;

$$L\ (asb) = \rho \cdot E\ (lx) \qquad (2.20)$$

bağıntısı vardır. Burada ρ cismin yansıtma katsayısını gösterir. Yönetmeliklerdeki aydınlatma düzeyi değerleri cismin yansıtma faktörünün ortalama % 25 ve odayı sınırlayan yüzeylerin yansıtma faktörünün de % 30 olduğu haller için verilmiştir. Gözün kontrast duyarlığı, ancak gözün intibak ettiği parıltı 200 ila 10000 asb arasında olduğu zaman en yüksektir. Buna göre yansıtma faktörü % 30 olan bir cismin 200 asb' lik bir parıltı ile görülebilmesi için E aydınlık şiddeti $E\ (lx) = 200 / 0.30 \cong 660$ lx olmalıdır. Genel olarak aydınlık şiddetleri, döşemeden bir metre yükseklikteki yatay çalışma düzlemi için ve ortalama değer olarak verilirler. Ortalama aydınlık şiddetinin ölçülmesi, çalışma düzleminin n eşit parçaya bölünmesi ve bu parçalar için kısmi aydınlık şiddetlerinin bulunması ile sağlanır. $E_1, E_2, \ldots\ldots\ldots E_n$ aydınlık şiddetleri kısmi

alanların orta noktalarındaki aydınlık şiddetleri olduğuna göre ortalama aydınlık şiddeti

$$E_0 = \frac{1}{n}(E_1 + E_2 + E_3 + \ldots\ldots\ldots\ldots + E_n) \qquad (2.21)$$

olarak bulunur. Aydınlatma ya genel aydınlatma veya özel işyeri aydınlatması ile birlikte genel aydınlatma şeklinde olur. Yalnız tek başına işyeri aydınlatması prensip bakımından doğru değildir. Çalışma düzleminde yeter bir aydınlık şiddeti bulunması yanında odanın diğer taraflarında da yeter bir aydınlık şiddetinin bulunması gerekir. Aydınlatmada en iyi sonuç, ortam parıltısının çevre parıltısına eşit olduğu durumlarda elde edilmektedir. Bu durumda gözün kontrast ve şekil duyarlığı çok yüksek olur. Bu yüzden genel aydınlatma görme koşulları açısından en uygun olanıdır. Özel haller için işyeri aydınlatması gerekiyorsa, bu takdirde buralarda özel işyeri aydınlık şiddeti çok yüksek seçilir, fakat genel aydınlatma ile de takviye edilmesi uygun bir aydınlatmanın sağlanması için gereklilik arz eder.

Tablo 2.2 Okullar ve iş yerlerinde ortalama aydınlık düzeyleri

Aydınlığa Olan İstek	İşin Cinsi	Yalnız Genel Aydınlatma	Genel Aydınlatma ile Takviye Edilmiş İşyeri Aydınlatması	
		Ortalama Aydınlık Şiddeti (lx)	İşyeri Aydınlık Şiddeti (lx)	İlave Genel Aydınlatma Aydınlık Şiddeti (lx)
Çok az	---	30	---	---
Az	Kaba	90	---	---
Orta	Orta	120	250	20
Yüksek	İnce	250	500	40
Çok Yüksek	Çok ince	600	1000	80
Aşırı Derecede Çok	---	---	4000	300

Fizyolojik-optik incelemelere ve aydınlatma tekniğinde kazanılan tecrübelere dayanılarak iş üzerinde istenilen görme şartlarının oluşturulması için gerekli aydınlık düzeyleri tespit edilmiştir. Aşağıdaki tablolarda değişik yerler için seçilebilecek aydınlık düzeyleri gösterilmiştir.

Tablo 2.3 Kullanım alanlarına göre çeşitli yerlerin aydınlık düzeyi değerleri

Yer	Sürekli Aydınlık (Lüks)	Yer	Sürekli Aydınlık (Lüks)
BÜROLAR		hassas ışıklı sergiler	150
Arşivler	200	ışığa duyarlı sergiler	300
Konferans salonları	300	OKULLAR	
Yazım amaçlı ofisler, bilgisayarlı kullanımlar	750	Etüd ve okuma salonları kütüphaneler	300
Geniş, açık planlı büyük ofisler	1000	Sınıflar, laboratuvarlar, konferans ve spor salonları, sanat galerileri	500
Çizim amaçlı ofisler	500	OTEL VE LOKANTALAR	
HASTANELER		Yemek salonları	200
Koridorlar		Banyo ve otel odaları	
gece	50	genel	100
normal saatler	200	özel	300
Odalar		Giriş ve genel toplantı salonları	300
genel	150	Mutfaklar	500
kontrol ve okuma	300	EVLER	
Hemşire odaları	300	Yatak odaları	
Ameliyat salonları		genel	50
ameliyata hazırlık odası	500	başucu	200
genel	1000	Banyolar	
lokal	100 000	genel	100
Laboratuvarlar, eczaneler		traş ve makyaj	500
genel	750	Oturma odaları	
lokal	1000	genel	100
Muayenehaneler		okuma ve dikiş	500
genel	500	Merdivenler	100
lokal	750	Mutfaklar	
ULUSAL BİNALAR		genel	300
Sinemalar		çalışma tezgahı	500
gösterim salonları	50	Çalışma odası	300
lobi	150	Çocuk odası	100
Tiyatro ve Konser Salonları		DÜKKAN VE MAĞAZALAR	
konser salonları	100	Geleneksel dükkanlar	300
lobi	200	Self servis dükkanlar ve showroomlar	500
Müze ve Sanat Gelerileri		Büyük mağaza ve süpermarketler	750

2.2.2 Aydınlatmanın Yer Ve Zaman Bakımından Düzgünlüğü

Göz daima görme alanındaki parıltıya intibak ettiğinden, aydınlığı düzgün olamayan yerlerde farklı parıltılara maruz kalır; dolayısıyla fizyolojik-optik bakımdan uygun görme şartlarından uzaklaşmış olur. Genel olarak aydınlığın yer bakımından düzgünlüğünü belirtmek için δ_1 ve δ_2 ile gösterilen iki düzgünlük faktörü tarif edilir. δ_1 düzgünlük faktörü, en küçük aydınlık şiddetinin

ortalama aydınlık şiddetine oranı ve δ_2 düzgünlük faktörü de en küçük aydınlık şiddetinin en büyük aydınlık şiddetine oranı olarak tarif edilirler;

$$\delta_1 = E_{min} / E_o \qquad \delta_2 = E_{min} / E_{max} \qquad (2.22)$$

Yalnız genel aydınlatma halinde $E_{min} / E_o = \delta_1$' in değeri Tablo 2.5' te gösterilen değerden küçük olmamalıdır. h lamba yüksekliği ile d lambalar arası açıklık arasındaki oran iç aydınlatmada h/d = 1/1 ila 1/2; dış aydınlatmada ise h/d = 1/3 ila 1/5 arasında olursa Tablo 2.5' teki değerler sağlanmış olur.

Tablo 2.4 Aydınlığa olan isteğe göre δ_1 in değeri

Aydınlığa Olan İstek	δ=Emin/Eo
Az, çok az	1/2,5
Orta, yüksek, çok yüksek	1/1,5

Komşu odalar arasında da büyük aydınlık farkları olmamalıdır. Ayrıca yeraltı geçitler de öyle aydınlatılmalıdır ki, gözün tedrici adaptasyonu sağlanmalıdır. Göz, parıltı değişmelerine ancak yavaş yavaş uyabilir. Bilhassa karanlık adaptasyonu oldukça büyük zamana ihtiyaç duyar. Bu sebepten komşu odaların ortalama aydınlık şiddetleri arasındaki oran en fazla 1/6 olmalıdır.

Aydınlığın zaman bakımından dalgalanmaları o kadar yavaş veya hızlı olmalıdır ki, gözde rahatsız edici bir etki yapmasın. Işığın titremesi çok sakıncalıdır ve uzunca bir zaman devam ederse, dayanılmaz bir hal alır. Akkor telli lambalarda kızgın telin ısı ataletinden dolayı 50 Hz' de bir ışık titremesi olmaz. Fakat 25 Hz ve 16 2/3 Hz' de böyle bir titreme mümkündür. Deşarj lambalarında ise ışık akım seyrini hemen hemen ataletsiz takip ettiğinden belirgin ışık titremeleri olur. Bu titremeler stroskobik olaylara sebebiyet verir. Bu sebepten ışık titremelerinin muhakkak önüne geçilmesi gerekmektedir.

2.2.3 Gölgeleme

Cisimlerin canlı görünüşleri, büyük ölçüde gölge ile mümkündür. Bu yüzden işyeri aydınlatmasının tamamen gölgesiz olması istenilmez. Her işyerinde 0.2 ila 0.8 arasında bir gölge faktörü olmalıdır. Tam aydınlatmadan gölgeli aydınlatmaya geçişin adaptasyon zorluklarına sebep olmaması için kademeli

olarak sağlanması gerekir. Bunun için ışık kaynakları aydınlatılacak yere uygun şekilde dağıtılmalıdır. Ayrıca bu yolla direkt ışık yayan kaynakların rahatsız edici gölgeler meydana getirmesi de engellenebilir.

2.2.4 Işık Rengi

Normal aydınlatma problemlerinde, kullanılan yapay ışığın renginin doğal ışık rengine yakın olması gereklidir. Aydınlatma tesislerinde yaygın olarak kullanılan akkor telli lambaların ışık rengi doğal ışığa tam olarak uymamaktadır. Fakat günlük kullanımlarda bunun pek fazla bir ehemmiyeti yoktur. Renkli cisimlerin yapay aydınlatmada da doğal ışıktaki gibi görünmeleri gereken yerlerde; örneğin tekstil ve kağıt endüstrilerinde desen ve renk ayırma işlerinde, tütün ve sigara sınıflama işlerinde, boya fabrikalarında vb. yerlerde, öyle ışık kaynakları kullanmak gerekir ki bunların spektroradyometrik diyagramları mümkün olduğu kadar doğal ışığınkine intibak edebilsin. Ayrıca doğal ışığın yapay aydınlatma ile takviyesi gereken karma aydınlatma tesislerinde bu tür ışık kaynakları kullanmak gerekir.

Aydınlık düzeyi düşük ise doğal ışık kompozisyonundaki yapay ışık soğuk ve mavimtırak tesir eder. Bu sebeple doğal ışık renginde yapılacak yapay aydınlatmada aydınlık şiddeti 200 lx' ün üzerinde seçilmelidir.

Özel durumlarda da renkli ışık kaynaklarının kullanılması iş verimini arttırır. Örneğin sodyum buharlı ve cıva buharlı lambalarla porselen yüzeyindeki hatalar veya emaye hataları vb. daha kolay görülür. Keza kömür ocaklarının cıva buharlı lambalarla aydınlatılması kömürün ayıklanmasını kolaylaştırır.

2.2.5 Kamaşma

Aydınlatma tesislerinde en çok rastlanan ve şikayet konusu olan hatalardan birisi de kamaşmadır. Bir aydınlatma tesisi; aydınlık şiddeti, düzgünlük faktörü, gölge faktörü ve ışık rengi bakımından isteklere tamamen uygun olsa dahi eğer kamaşma var ise uygun bir aydınlatma temin edilmiş kabul edilemez. Kamaşma ışık kaynaklarının parıltıları yanında çevre parıltısına, kamaşmaya sebep olan kaynağın büyüklüğüne ve kaynağın görüş alanı içerisindeki yerine bağlıdır. Eğer kamaşmaya yol açan kaynak görüş alanının ortasında ise kamaşma çok

fazla etkilidir (iç alan kamaşması), kaynak görüş alanının ortasından uzaklaştıkça kamaşmanın etkiside azalır (çevre kamaşması). Işık kaynaklarının çoğunun parıltısı yüksek olduğundan çıplak olarak kullanılmazlar. Yönetmeliklerde verilen aydınlık düzeyi değerlerine ulaşmak için aydınlatma aygıtlarının parıltıları aşağıdaki değerleri aşmamalıdır:

- İşyeri aydınlatma aygıtlarında, aşağı doğru düşey eksene göre 75° ile 180° arasında 0,2 sb'i.
- Endirekt, yarı endirekt ve düzgün aydınlatma aygıtlarında, 0° ile 80° arasında 0,4sb'i.
- Yarı direkt ve direkt aydınlatma aygıtlarında, bilhassa dış aydınlatma da daha yüksek parıltılara müsaade edilir. 60° ile 90° arasında 2 sb'i geçmemelidir. İç aydınlatmada yarı direkt aydınlatma aygıtları mümkün olduğu kadar açık renk döşeli odalarda, direkt aydınlatma aygıtları da tavanı yüksek olan odalarda kullanılır.

Yukarıdakilerden de anlaşılacağı üzere ışık kaynakları göze karşı ekranlanmış olmalı yani parıltı dağıtıcı elemanlarla azaltılmalıdır. Mat camlar ve mat lambalar kamaşmanın önüne geçmede yeterli olmazlar. Parlak madensel yüzeylerde, parlak kağıtlarda vb. yerlerde aynasal etki ile meydana gelen kamaşma ancak ışık kaynaklarının ve gözün yansıtıcı yüzeylere nazaran bağıl durumunu değiştirmek suretiyle giderilebilir. Böylece yansıma ve bakış doğruları aynı olmaz. Görme alanının kenarındaki aygıtlardan ötürü meydana gelen kamaşma, çalışma düzleminin parıltısını yükseltmekle veya bakış doğrultusu ile ışık doğrultusu arasındaki açıyı büyültmek suretiyle giderilebilir.

BÖLÜM 3.

GÖRMEYE ETKİYEN FAKTÖRLER VE IŞIK RENGİNİN ÖNEMİ

3.1 Aydınlatmada Görme İşlevine Etkiyen Faktörler

Etrafımızdaki cisimleri ancak göz yardımıyla ve gözün görme yeteneği sayesinde görmekteyiz. Gözün görme yeteneği deyince gözün aydınlık karanlık farkı duyarlılığı (kontrast duyarlığı), şekil duyarlılığı (keskinlik) ve görme hızı anlaşılır [7]. Görme yeteneği genellikle yapılan işin zorluğuna ve öncelikle de kişiye göre değişir. Bir cismin görülebilirliği onun boyutuna, kontrastına, gözlem süresine ve aydınlık düzeyine bağlıdır. Bu faktörlerden her biri diğerine bağımlıdır. Ve birindeki azalma diğer birini yahut birkaçını arttırarak kompanze edilebilir.

3.1.1 Gözün Eşik Değerleri

Gözün eşik değeri denince, genel olarak apostilb cinsinden görülebilen en küçük ışık uyarımı anlaşılır. Bilinmektedir ki gözün ağ tabakasındaki koni ve çomaklar ışık uyarımlarına aynı derecede duyar değildirler.

Eğer bir ışık uyarımı sıfırdan itibaren arttırılırsa, uyarımın belirli bir değerinde uyarım görülmeye başlar. Tamamen karanlıkta bulunan bir göz için bu en küçük uyarım değeri, yani eşik değeri aşağı yukarı 10^{-5} asb dir. Işık uyarımı 10^{-5} asb' den 10^{-2} asb' ye kadar yükseltilirse, 10^{-2} asb' de renk duyarlığı uyanmaya başlar ve böylece konilerin başladığı alt eşik değerine erişilir. 10^{-2} asb ile 10 asb arasında koni ve çomaklar beraberce çalışırlar. Karma görme 10 asb, çomakların çalışmasının sona erdiği üst eşik değeridir. 10 asb' nin üstündeki parıltılarda, yalnız koniler çalışırlar. Koni çalışmasının sona erdiği bir üst sınır

eşiği yoktur. Bununla beraber kamaşmanın başladığı parıltı değeri, bu üst sınır değeri olarak alınabilir. Bunun değeri de aşağı yukarı 10^5asb' dir.

Özet olarak üç çeşit görme söz konusudur. 10^{-5} ile 10^{-2} asb arasında gece görmesi veya skotopik görme, 10^{-2} asb ile 10 arasında karma görme ve son olarak 10 asb' nin üstünde gündüz görmesi veya fotobik görme.

Eşik değerleri, ayrıca birçok faktörlere bağlıdır. Bunlar sırasıyla:

- Cismin göründüğü açının büyüklüğü
- Cismin göze geliş doğrultusu
- Işık uyarımının etki süresi
- Gözün adaptasyon durumu
- Görme alanının ortalama parıltısı
- Görme alanının düzgünlük faktörü

Bir cisim gözden ne kadar uzakta bulunuyorsa, yani cismin göze göründüğü açı ne kadar küçükse, o cismin görülmesi için parıltısının da o oranda yüksek olması gerekir. Eğer bir sinyal ışığının parıltısını yükseltmekle istenilen sonuca varılamazsa, o zaman sinyal yüzeyini de büyültmek gerekir. Bir ışık kaynağı ne kadar büyük veya kaynak göze ne kadar yakınsa kamaşma tehlikesi, yani gözün görme yeteneğini kaybetme özelliği de o kadar büyüktür.

3.1.2 Görme Açısı

Boyut büyüdükçe görme, görünülebilirlik artar ve belli bir noktadan sonra görüş kolaylaşır. Bazen yapılacak iş gözlere çok yakın olmayı gerektirir. Bunun sonucunda görsel boyut büyür. Fazla ışık daha ince detayların daha kolay görünmesini sağlar.

3.1.3 Adaptasyon

Gözün değişik aydınlık şiddetlerine dolayısıyla parıltılarına uyma kabiliyetine adaptasyon adı verilir. Esas itibariyle iki türlü adaptasyon vardır; karanlık adaptasyonu ve aydınlık adaptasyonu. Karanlık adaptasyonu denince, aydınlık bir yerden karanlık bir yere geçişteki adaptasyon anlaşılır.

Karanlık adaptasyonu oldukça yavaş olur. Adaptasyon derecesini parıltı-eşik değeri veya bunun tersi olan duyarlık ile göstermek kabildir. Örneğin güneşli aydınlık bir yerden karanlık bir odaya girişte, ilk andaki parıltı-eşik değeri 3 asb veya duyarlık B=1/1=1 dir. Fakat ilk on dakika içinde parıltı eşik değeri küçülmeğe, dolayısıyla duyarlık büyümeğe başlar. 10 ile 30 dakika arasında duyarlık aşağı yukarı lineer olarak yükselir ve nihayet 30' uncu dakikadan itibaren yükselme tekrar yavaşlar. 30'uncu dakikada parıltı-eşik değeri 10^{-5} asb dolayısıyla duyarlık 10^{5}' dir. Karanlık adaptasyonunun en büyük değerine aşağı yukarı 1 saat sonra erişilir.

Aydınlatma tekniği bakımından karanlık adaptasyonunun etkisi çok önemlidir. Örneğin, iyi aydınlatılmış bir bürodan kötü aydınlatılmış bir koridora veya aydınlık şiddeti yüksek tutulmuş bir ana caddeden aydınlık şiddeti düşük tutulmuş tali bir caddeye geçişte karanlık adaptasyonunu göz önünde tutmak gerekir. Bunun için adaptasyon süresini arttırmak amacı ile bir aydınlık düzeyinden diğerine geçiş hızı azaltılır veya daha iyisi adaptasyon karakteristiğine uygun olarak iki aydınlık düzeyi arasındaki fark küçük tutulur. Şüphesiz düzgün bir aydınlık düzeyi ile adaptasyon güçlüklerinden tamamen kurtulmak en iyisidir. Aydınlık adaptasyonuna gelince, bu o kadar çabuk olur ki pratik bakımdan özel bir tedbire ihtiyaç göstermez.

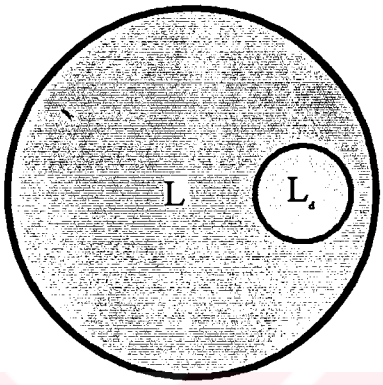
3.1.4 Kontrast Duyarlığı

Bilindiği gibi göz cisimleri aydınlık karanlık farkları, şekilleri, hareketleri ve renkleriyle ayırt etme yeteneğine sahiptir. Bir cismin görülebilmesi, her şeyden önce bu cismin aydınlık düzeyinin fondan farklı olmasını gerektirir. Eğer ayırt edilebilme sadece aydınlık düzeyi farklarına bağlı olsaydı görünebilirlik fon ile karakter kontrastı büyük olduğunda maksimum olurdu. Örneğin zeminin beyaz olduğu sayfada siyah harflerin aydınlık kontrastı daha fazladır. Bunun tersi olarak koyu zeminli elbisede siyah çizgilerin aydınlık düzeyinin kontrastı daha düşüktür.

Aydınlatmada uygun şartlarda görme işlevinin yerine getirilebilmesi için söz konusu cisimde kontrast duyarlığı yüksek olmalıdır. Kontrast duyarlığını yükseltmek için sadece cismin parıltısını yükseltmek tek başına yeterli olmaz.

Bunun yanında çevre parıltısını da aynı seviyeye çıkartmak gereklidir. Çevre parıltısının yüksek olması kamaşmayı engeller.

Eğer bir cismin fon parıltısı (gözün intibak ettiği parıltı) L ile ve bu cisme ait herhangi bir detayın parıltısı da L_d ile gösterilirse $L-L_d = \Delta L'$ ye bu detaya ait mutlak parıltı farkı veya kontrastı ve $\Delta L / L'$ ye de bağıl parıltı farkı veya kontrastı denir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Bir cismin fon ve detay parıltıları

Bağıl parıltı farkı gerçekte cismin aydınlık düzeyine bağlı değildir. Çünkü parıltılar cismin aydınlık düzeyi ile doğru orantılı değiştiğinden, bağıl parıltı farkının değeri, belirli bir fon ve detay için sabit kalır. Aydınlık düzeyinin artması ile gözün bağıl parıltı farkına karşı duyarlığı artar; dolayısıyla bağıl parıltı farkı eşiği olan $\Delta L_e / L$ değeri küçülür. Burada ΔL_e mutlak parıltı farkı eşiğini gösterir. Buna karşılık bağıl parıltı farkı eşiğinin tersi olan kontrast duyarlığının değeri de büyür. Demek ki kontrast duyarlığı,

$$k = \frac{L}{\Delta L_e} \qquad (3.1)$$

denklemiyle tanımlanır ve cismin aydınlık düzeyine, dolayısıyla fon parıltısına bağlı olarak değişir.

Gece ve karma görme bölgesinde kontrast duyarlığı, fon parıltısı ile çok çabuk artar. Fakat 200 ila 10000 asb'den sonra direkt kamaşmadan dolayı tekrar azalmaya başlar. Kamaşma, sağlam bir gözün dış etkilerle geçici olarak etraftaki cisimleri göremez duruma gelmesidir.

Kontrast duyarlığı, cismin görme açısı cinsinden büyüklüğüne, çevre aydınlık düzeyine ve daha birçok faktöre bağlıdır. Örneğin, görme açısı 2° den küçük olan cisimleri görmede, kontrast duyarlığı azalmaktadır. Aynı şekilde çevre aydınlık düzeyinin kontrast duyarlığına etkiside önemlidir.

En büyük kontrast duyarlığı, karanlık bir çevre durumunda sağlanmaz, aksine cisim ile aynı mertebeden bir çevre parıltısı ile sağlanabilir. Eğer çevre parıltısı cismin parıltısından çok büyük ise endirekt kamaşma oluşur ve kontrast duyarlığı da azalır. En uygun koşullarda en büyük kontrast duyarlığı, aşağı yukarı 100 değerindedir. Eğer bir cismin aydınlık karanlık farkları çok büyükse bağıl kamaşma ile karşılaşılabilir. Bu durum bilhassa oldukça karanlık bir çevrede çok aydınlık bir cisme bakıldığı zaman meydana gelir.

3.1.5 Şekil Duyarlığı(Keskinlik)

Gözün en önemli yeteneklerinden biri de şekil duyarlığıdır. Bir cismin çeşitli noktalarının ayırt edilebilmesi, gözün şekil duyarlığına veya keskinliğine bağlıdır.

Eğer bir cismin iki noktasının görüntüleri birbirine çok yakın ise bu durumda göz bu iki noktayı ayırt edemez. Bu iki noktayı iki ayrı nokta olarak görebilmek için bunların göründükleri α açısının belirli bir δ değerinden daha büyük olması gerekir. δ açısının tersine şekil duyarlığı, keskinlik veya seçicilik derecesi denir ve S ile gösterilir.

$$S = \frac{1}{\delta} \qquad (3.2)$$

dır. Normal bir göz için $\delta \cong 3/4 = 0{,}75 = 2{,}18.10^{-4}$ rad, yani $s = 4{,}5.10^{3}$ 1/rad' dır.

Keskinlik görülecek cisimlerin parıltılarına, dolayısıyla aydınlık düzeylerine bağlı olarak değişir. Keskinlik 500 lx civarında en büyük değerine ulaşır ve yaklaşık 10000 lx' e kadar sabit kalır. Bundan sonra kamaşma sebebiyle tekrar azalmaya başlar.

3.1.6 Görme Hızı ve Kritik Titreme Frekansı

Kişinin yaptığı işi gerçekleştirme zamanı onun üretkenliğinin ölçüsüdür. Bu sebeple bir işin süresi görme hızıyla doğrudan ilgilidir. Görme hızı, belirli bir detayın görülebildiği sürenin tersine denir. Eğer aydınlık düzeyi düşük ise görme işlevinin tamamlanması uzun zaman alır. Aydınlık düzeyi arttırılarak görme için harcanan zaman kısaltılır. Görme hızı cismin parıltısı, kontrastı ve büyüklüğü arttıkça da büyür.

Göz, gerçekte zamana göre değişen ışık uyarımlarını iki durumda ayırt edemez. Doğal aydınlatmada olduğu gibi ışık uyarımlarının çok yavaş değişmesi durumunda ve alternatif akımla çalışan deşarj lambalarında olduğu gibi ışık uyarımlarının çok çabuk değişmesi durumunda ayırt edemez.

Eğer ışık kaynağının parıltısı periyodik olarak değişir ve bu değişme göze sabit bir parıltı kaynağı gibi gözükürse bu takdirde kaynağın bu titreme frekansına kritik titreme veya kaynama frekansı denir. L periyodik olarak değişen parıltının ani değeri, T_{kr} periyodu ve L_{ort} 'da ortalama değeri olduğuna göre;

$$L_{ort} = \frac{1}{T_{kr}} \int_0^{T_{kr}} L(t).dt \qquad (3.3)$$

dir. Büyük parıltılarda dolayısıyla yüksek aydınlık düzeylerinde kritik titreme frekansı büyük olduğundan, aydınlatmanın mümkün olduğu kadar titreşimsiz olması gerekir. Hareketli olaylar, düşük aydınlık düzeylerinde gerçeğinden daha hızlı seyrediyormuş gibi görünürler. Kesikli ışıkta gözlenen periyodik hareketler, hareket yanılmalarına sebebiyet verebilirler (stroboskopik olay).

3.1.7 Parıltı Oranları

Gündelik hayatta karşılaşılan yan yana iki ışık uyarımının parıltı oranları çok farklıdır. Aşağıdaki tabloda günlük hayatta karşılaşılan parıltı oranları görülmektedir (Tablo3.1). Eğer bir parıltıdan diğerine geçiş yavaş oluyorsa, o zaman gözün fark etme yeteneği küçülür. Bir parıltıdan diğerine geçiş yavaş yavaş olduğu zaman parıltı oranı, ani geçişe göre zayıf görünür. Örneğin parıltı oranları 1/2 ila 1/5 olan yüzeyler daha düzgünmüş gibi görünürler.

Tablo 3.1 Parıltı oranları

Siyah çini mürekkebi ile yazılmış yazı	/ Beyaz resim kağıdı	=	1/18
Siyah matbaa harfleri	/ Kuşe kağıt	=	1/14
Mavi mürekkep harfleri	/ Beyaz resim kağıdı	=	1/10
Siyah matbaa harfleri	/ Gazete kağıdı	=	1/7
2 nolu kurşun kalem yazısı	/ Beyaz resim kağıdı	=	1/3
4 nolu kurşun kalem yazısı	/ Beyaz resim kağıdı	=	1/2
Kopya kalem yazısı	/ Beyaz yazı kağıdı	=	1/2
Daktilo yazısı	/ Yazı kağıdı	=	1/8
Daktilo yazısı kopyası	/ Yazı kağıdı	=	1/2

3.1.8 Kamaşma

Kamaşma, sağlam bir gözün dış etkilerle geçici olarak çevredeki cisimleri göremez duruma gelmesine denir. Eğer gözün görme alanındaki parıltı 104 cd/m^2 ve daha büyük değerler alırsa, gözde kamaşma meydana gelir ve bunun adına da mutlak kamaşma adı verilir. Görme alanında büyük parıltı farkları olduğu zaman meydana gelen kamaşmaya bağıl kamaşma, kamaşmayı yapan cisimle görülen cismin birbirine çok yakın veya üst üste geldiği andaki kamaşmaya direkt kamaşma ve kamaşmayı yapan cisimle görülen cismin birbirinden uzak olduğu kamaşmaya da endirekt kamaşma adı verilir. Kamaşma parıltısı çevre parıltısına bağlıdır. Çevrenin parıltısı yüksek ise kamaşma parıltısı da yüksek olur.

Kamaşma, ayrıca kamaşmaya yol açan kaynağın büyüklüğüne ve görme alanındaki duruma da bağlıdır. Aynı kamaşma parıltısında, görüntüsü odak bölgesinde olan kaynağın kamaşması daha büyük olur. Kaynağın görüntüsü odak bölgesinden uzaklaştıkça kamaşma da azalır. Kuvvetli bir kamaşma gözü yorar, gözün görme yeteneğini azaltır dolayısıyla aydınlık düzeyi düşükmüş gibi etki yol açar. Kamaşma ekonomik olarak bir israftır.

3.1.9 Gölgeler

Işık kaynağı ile aydınlatılan yüzey arasında bir veya birkaç engel bulunursa o zaman aydınlatılan yüzeyde gölgeler meydana gelir. Gölge sözcüğü engelleme suretiyle kararmaya işaret eder. Bu şekilde kararmış bölgelere gölgeli bölgeler denir. Tam karanlık gölgelere koyu gölge veya çekirdek gölge, tam karanlık

olmayan gölgelere de yarı gölge veya açık gölge denir. Genel olarak gölge faktörü, direkt aydınlık düzeyinin toplam aydınlık düzeyine oranı olarak tanımlanır, yani

$$g = \frac{E_{dir}}{E_{dir} + E_{end}} \tag{3.4}$$

dir. Normal gölge faktörü %20'den büyük ve %80' den küçük olmalıdır. Eğer gölge faktörü %20' den küçükse aydınlatmanın gölgesi az, %80' den büyükse gölge fazladır denir.

3.1.10 Yaştan Kaynaklanan Görme Bozuklukları

Genel aydınlatma önerileri 20-30 yaşlarındaki ve normal görüş şartlarına göre yapılmıştır. Oysa görme fonksiyonlarının yaş ile gerilediği 20/30 yaş görüşünün altına düştüğü herkes tarafından bilinmektedir. Gözbebeğinin çapı yaşa göre küçülür. 20/30 yaşındaki insanların algıladığı ışık ile yaşlı insanların algıladığı ışığın aynı olabilmesi için, yaşlı insanların bulunduğu ortamlarda daha yüksek aydınlatma düzeyine ihtiyaç vardır. Gözün değişik mesafelerden bir cisme uyum sağlamasına akomodasyon denir. Yaşlılık gözdeki ön odanın sürekli yansılaşmasına sebep olur. Bu durumda uyum sağlama güç olur. Yapılan bir çok araştırma göstermiştir ki göz keskinliği yaşlandıkça azalır. Görme yavaşlaması, çevredeki engellerin farkına varılmasında da azalmaya neden olur. Yaş veya yaşa bağlı görüş bozukluklarını ortadan kaldırmak için aydınlık düzeyi yükseltilir.

3.1.11 Renk

Işık kaynaklarının ışık rengi, tayflarındaki ışınım yoğunluklarının farklı şekilde olmalarına bağlıdır. Cisimlerin renkleri ise, cisimlerin spektral yansıtma faktörlerine veya geçirme faktörlerine ve cismi aydınlatan ışık kaynaklarının ışınım yoğunluklarına bağlıdır. Yapay ışık kaynaklarının ışık renklerinin günışığından farklı olmaları, cismin renk etkisini değiştirir.

Çeşitli dalga uzunluğu ve dalga uzunluğu karışımındaki ışıklar genel olarak renk tonu ve doyma bakımından farklı renk duyarlıkları meydana getirirler.

Parıltı değeri yükseldikçe doyma azalır, yani renk soluk görünmeye başlar. Parıltı değeri küçüldüğü zaman, koyu renk tonlarına karşı bir artma eğilimi gösterir. Renk uyarım yüzeyi daraldıkça veya görülecek cisim küçüldükçe veya cisim gözden uzaklaştıkça renk de o derece soluklaşır. Çok kısa süreli renk uyarımlarında renk ya doyma bakımından zayıflamıştır veya renk tonu maviden yeşile veya yeşilden sarıya doğru kaymıştır. Renk duyarlılığının ataleti aydınlık duyarlılığınınkinden daha büyüktür.

3.2 Aydınlatmada Işık Renginin Önemi

Işık kaynaklarının renk özellikleri iki büyüklükle açıklanır. Birisi "renk sıcaklığı", diğeri ise "renk ayırım endeksi" dir [10]. Bu iki büyüklük ışık kaynağının yaydığı radyasyonların spektroradyometrik diyagramlarına bağlı olarak değişir. Yani, bir ışık kaynağının renk özellikleri, görülebilir alanda yaydığı radyasyonların spektral dağılımı ile belirlenmektedir. Renk görünümü aynı olan aynı renk sıcaklıklı iki lambanın, spektroradyometrik diyagramları farklı olabileceğinden, renk ayırım endeksleri de farklı olabilir. Dolayısıyla, kullanacağımız ışık kaynaklarının renk özeliklerini iyi tanımanın ve onları doğru yerlerde kullanmanın ne kadar önemli olduğu aşikardır.

3.2.1 Renk Sıcaklığı

Bir ışık kaynağının renk sıcaklığı siyah cismin renk sıcaklığı baz alınarak tespit edilir. Bu nedenle ışık yayan "renk sıcaklıklı cismin" renk sıcaklığı siyah cisim gibi davrandığı andaki "kelvin K" cinsinden sıcaklık değerine eşittir. Cisimlerin kızgın hale gelip ışık yayması esasına dayanan ısıl ışık üretiminde, ışık yayan cisimler 3 gruba ayrılmaktadır.

- Siyah cisim : Spektral yutma faktörü dalga uzunluğuna bağlı olmayan ve değeri 1 olan cisme "siyah cisim" denir.
- Gri cisim : Spektral yutma faktörü dalga uzunluğuna bağlı olmayan, fakat değeri 1' den küçük olan cisme "gri cisim" denir.
- Renk sıcaklıklı cisim : Bu gruptaki, cisimlerde cismin gerçek sıcaklığı (Tg) yerine, ondan daha yüksek olan renk sıcaklığı (Tr) konulduğunda, cisim Tr sıcaklığındaki siyah cisim gibi ışık vermektedir.

Düşük sıcaklıklarda ısıtılan bir cisim kızıl-kırmızı renkte ışık verirken, sıcaklığın artması ile sarı-beyaz ve çok yüksek sıcaklıklarda ise mavi-beyaz renkli ışık verir. Bunun için renk sıcaklığı düşük olan ışıklar sıcak (sarımtırak) renkte iken, renk sıcaklığı yüksek olan ışıklar ise soğuk-beyaz (mavimtırak) renktedirler. Işık kaynakları renk sıcaklıklarına göre üç gruba ayrılmaktadır; sıcak, orta sıcak ve soğuk renk görünümlü ışık kaynakları.

Tablo 3.2 Renk sıcaklığı ve renk görünümü arasındaki ilişki

Renk Sıcaklığı (K)	Renk Görünümü
>5300	soğuk (mavimtırak beyaz)
3300-5300	orta sıcak (beyaz)
<3300	sıcak (kırmızımtırak beyaz)

Pratikte imalat açısından 4 sınıf renk sıcaklığı ile karşılaşmaktayız;

1- 2500-3000K (sıcak): 82 ve 92 kodlu flüoresan lambalar, kompakt Flüoresan lambalar ve beyaz ışıklı sodyum buharlı lamba bu sınıfa girer. Sıcak, rahat ve konforlu ortam yaratılmak istenildiğinde kullanılmalıdırlar.

2- 3000-4000 K (doğal-beyaz): tungsten halojen lambalar, 83 ve 93 renk kodlu flüoresan ve bazı kompakt flüoresan lambalar bu sınıfa dahildir. Akkor telli lamba ışığı ile çok iyi uyum sağlarlar. Günışığı katkısı olan her yerde rahatlıkla kullanılabilirler.

3- 4000-4900 K (soğuk-beyaz): 84 ve 94 renk kodlu flüoresan lambalar ve metal halojen lambalar bu gruba girer. Genellikle serin, verimli ve uyarıcı çalışma ortamı istenilen yerlerde tercih edilirler.

4- 5000 K ve üstü (günışığı ve soğuk günışığı) : Spektrumları günışığınınkine yakın olan 86, 95 ve 96 renk kodlu flüoresan lambalar bu sınıfa dahildir. Uyarıcı ve verimli çalışma ortamının istendiği ticari ve sanayi uygulamalarında tercih edilmektedirler.

Işık kaynağının renk sıcaklığının seçiminin söz konusu ortamda sağlanan lüks cinsinden aydınlık düzeyine bağlı olduğu da bilinmektedir. Düşük aydınlık düzeylerinde yüksek renk sıcaklıklı lambaların kullanılması ortamı sıkıcı yaparken, yüksek aydınlık düzeylerinde kullanılan düşük renk sıcaklıklı lambalar son derece yapay ve uyumsuz gözükmektedir.

Tablo 3.3 Işık kaynaklarının değişik aydınlık düzeylerinde uyandırdığı renk görünümleri

Aydınlık Düzeyi (lüks)	Işık Kaynaklarının Renk Görünümleri		
	Sıcak	Orta Sıcak	Soğuk
≤ 500	hoş	doğal	serin
500 - 1000	-	-	-
1000 - 2000	uyarıcı	hoş	doğal
2000 - 3000	-	-	-
≥ 3000	yapay	uyarıcı	hoş

Yukarıdaki tabloya göre, sıcak iklim kuşağındaki bölgelerde soğuk renk görünümlü ışık kaynaklarının tercih edilebileceği, soğuk iklim şartlarının bulunduğu bölgelerde ise sıcak renk görünümlü lambaların kullanımının daha uygun olacağı görülmektedir. Bir hacimde kullanılan değişik ışık kaynaklarının birbirine yakın renk sıcaklıklı olmalarına dikkat edilmeli, farklı renk sıcaklıklı ışık kaynaklarının yerleştirilmesinden özellikle kaçınılmalıdır.

3.2.2 Renk Ayırım Endeksi

Bir ışık kaynağının aydınlattığı ortamdaki renkleri, doğal ışık altında gözlemledikleri şekilde göstermesinin önemi büyüktür. ışık kaynaklarının bu özellikleri spektrumlarına bağlıdır. Sürekli spektruma sahip akkor telli lambaların renk ayırım özellikleri mükemmel iken, çizgisel spektrumlu deşarj lambalarınınki kötüden iyiye doğru geniş bir alana yayılmaktadır. Işık kaynaklarının renk ayırım özellikleri Ra ile simgelenir ve maksimum değeri 100 olan bir sayı ile ifade edilir. Ra' nın belirlenmesi için, bir referans kaynak seçilir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) siyah cismi referans kaynak kabul etmektedir ve 14 renk test örneğinin herbiri için sapma değerleri belirlenir. Bu 14 rengin 8 tanesi ara renkler, 4 tanesi doyumlu (kırmızı, mavi, sarı, yeşil) renkler ve 2 tanesi de özel (insan teni ve yaprak yeşili) renklerden oluşmaktadır. Önce 8 ara renk' e referans kaynak ve test kaynağı altında bakılarak her renk için sapma değerleri belirlenir. İstenirse bu sapma miktarlarına diğer altı renk için olanlar da ilave edilir. test edilen kaynağın renk ayırım endeksi, her renk için bulunan sapmaların (Ri) ortalamasıdır.

3.2.3 Uygulamada Renk Ayırım Endeksinin Seçimi

Pratik uygulamalar için Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından beş Ra renk ayırım endeksi sınıfı önerilmektedir (Tablo 3.4). Işık kaynakları; renk ayırım endeksleri 50 - 70 arasında ise orta, 70 - 90 arasında ise iyi, 90 - 100 arasında ise mükemmel renk ayırım endeksli kaynaklar diye sınıflandırılırlar. Ortamın ve içindeki cisimlerin net ve parlak görünmesinin birinci derece önem taşıdığı uygulamalarda yüksek Ra değerli kaynaklar seçilmelidir. Yüksek Ra değerli kaynaklar orta ve zayıf Ra' lı olanlara oranla daha canlı ve berrak görünmesini sağlarlar. Yüksek Ra' lı lambaların etkinlik faktörleri daha düşük olduğundan, enerji sarfiyatı bakımından yüksek Ra' lı lambalar daha az ekonomiktirler. Aydınlatılan ortamda renk ayırım özelliğinin mi, yoksa ekonominin mi birinci planda olduğuna karar vermek tasarımcının görevidir. Yapılan işin cinsine göre uygun olan minimum değerde Ra' lı ışık kaynaklarının seçilmesine özen gösterilmelidir.

Tablo 3.4 CIE' nin renk ayırım endeksi grupları

Ra Grup	Ra Bölgesi	Renk Görünümü	Uygulama Ornekleri	
			Tercih Edilen	Kabul Edilen
1A	Ra ≥ 90	Sıcak Orta sıcak Soğuk	renk karşılaştırma klinik inceleme resim galerileri	
1B	90 > Ra ≥ 80	Sıcak-orta Orta-soğuk	Ev, otel,rest. dükkan, ofis okul, hastane baskı, boya teks. özel endüstri işl.	
2	80 > Ra ≥ 60	Sıcak Orta sıcak Soğuk	Endüstriyel işler	Ofisler Okullar
3	60 > Ra ≥ 40		Kaba işler	Endüstriyel işler
4	40 > Ra ≥ 20			Kaba ve renk ayırmının az önemli olduğu endüstriyel işler

3.2.4 Dahili Ortamlardaki Objeler Üzerinde Işık Renginin Önemi

Bir ortamın istenilen görüş konforuna sahip olabilmesi için objelerin ve ışığın renginin seçiminde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Ortam içindeki malzeme ve renklerin seçiminde en iyi sonucu alabilmek için, seçimlerin tasarlanan aydınlatma düzeni veya ona çok yakın bir sistem altında yapılması gerekir.
- Renk tercihleri iklime, zamana, kültüre, dekorasyona, kişiselliğe, cinse ve yaşa bağlı olarak değişir.
- "Sıcak" renklere sıcak renk sıcaklıklı lambalar altında bakıldığında daha hoş bir etki yaratırlar. Sebze ve meyvelerin renkleri sıcak renk sıcaklıklı lambalar altında, soğuk renkli olanlarınkinin altında görüldüklerinden daha taze ve çekici görünürler.
- Fiziksel olarak soğuk ve sıcak olan ortamlar, sırasıyla sıcak ve soğuk renk sıcaklıklı kaynaklarla daha ılımlı hale getirilebilir.
- Doyumlu renkler görüş alanının büyük bir bölümünü uzun bir süre kapladıklarında, kişiler üzerinde istenilmeyen psikolojik etkilere neden olabilirler. Bunun için duvar, tavan, döşeme, geniş cisimler gibi fonlarda pastel ve doğal renkler tercih edilmelidir.
- Normal görüş alanının önemli bir bölümünü sürekli olarak kaplamayan cisimler için ise doyumlu renkler daha çok beğenilmektedir. Bir rengin tercih edilen doyum derecesinin, söz konusu rengin görüş alanında kapladığı yer ve zaman ile ters orantılı olduğu söylenilebilir.

Işık kaynaklarının renk özelliklerinin iyi bilinmesinin ve yerinde seçimler yapılabilmesinin aydınlatmanın kalitesini ve verimini yükselttiği ortadadır. Amaca uygun renk sıcaklıklı lambalar kullanılarak istenilen atmosferler yaratılabildiği gibi, renk ayırım endeksleri iyi olan kaynaklarla da doğru ve verimli çalışma ortamları sağlanılabilmektedir. Her geçen gün farklı özellikli lamba çeşitlerinin kullanıma sunulduğu günümüzde, her aydınlatma tasarımcısının ışık kaynaklarının ve ortamın renk özelliklerini iyi bilmesi ve seçimlerini aydınlatmadan istenilenlere göre yapması zorunludur.

BÖLÜM 4.

AYDINLATMADA KULLANILAN IŞIK KAYNAKLARI VE ARMATÜRLERİ

4.1 Işık Kaynakları

Günümüzde kullanılan ışık kaynakları akkor telli "enkandesan" ve deşarj lambaları olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Akkor telli lambalarda ışık, içinden elektrik akımı geçirilen madensel flamanın akkor hale gelip ışıması sonucunda elde edilir. Deşarj lambalarında ise iki elektrot arasındaki gazların çarpma suretiyle iyonizasyonu ile ışık elde edilmektedir. Deşarj lambaları; içindeki gazın tipine ve basıncına, ayrıca dış tüplerinin iç yüzeylerinin Flüoresan madde ile kaplı olup olmamasına göre alt bölümlere ayrılırlar. Işık kaynaklarının sınıflandırılması aşağıda gösterilmiştir.

Akkor Telli (enkandesan) Lambalar

- Kömür telli
- Madensel telli

Deşarj Lambaları

- Gece lambası
- Soğuk elektrotlu
- Kızgın elektrolu
- Flüoresan
  - Yüksek gerilimli
  - Alçak gerilimli

Genel olarak bir ışık kaynağında aranan özellikler aşağıya çıkartılmıştır [7].

1- Etkinlik faktörünün yüksek olması: Bir lambayı başka bir ışık kaynağı ile karşılaştırmak için en önemli büyüklük etkinlik faktörüdür. Lambanın uzaya yaydığı lümen cinsinden ışık akısının, şebekeden toplam güce oranıdır.

2- Lambanın ömrünün uzun olması: İki tür ömür tanımı yapılmaktadır.

Ortalama ömür; istatiksel bakımından değerlendirmeye yetecek sayıda lambadan oluşan bir aydınlatma tesisinde normal şartlarda lambanın % 50' sinin kullanılmaz hale gelmesi için geçen süredir.

Ekonomik ömür; istatiksel bakımından değerlendirmeye yetecek sayıda lambadan oluşan bir aydınlatma tesisinde 100 saat kullanımından sonraki toplam ışık akısının, lambaların kullanılmaz hale gelmelerinden ve ışık akılarının dolayı takriben % 30 değer kaybetmesi için geçen süredir.

Gereksiz yere enerji tüketip, yeterli aydınlığın elde edilememe tehlikesini ortadan kaldırmak için, lambaların ekonomik ömürleri sonunda yenileri ile değiştirilmeleri esas alınmalıdır.

3- Lambanın şekil bakımından kararlı ve sarsıntıya dayanıklı olması.

4- İşletmede basit olması: Bir ışık kaynağının kolay sökülüp takılabilmesi, çalışabilmesi için çok fazla yardımcı aksama gerek duyulmaması tesisat ve armatür tasarımı açısından önemlidir.

5- Işık renginin mümkün olduğu kadar günışığına yakın olması: Yaydıkları radyasyonlarının spektroradyometrik diyagramlarına bağlı olarak ışık kaynaklarının renk özellikleri iki büyüklükle açıklanmaktadır. Bu büyülükler renk sıcaklığı ve renk ayırım endeksi' dir. Renk sıcaklığı lambaların kelvin "K" cinsinden ifade edilen renk görünümleridir. 5300 K' den yüksek renk sıcaklıklı lambalar soğuk, 3300 - 5300 K arası orta sıcak, 3300 K' den düşük renk sıcaklıklılar ise sıcak renk görünümlüdürler. Bir ışık kaynağının aydınlattığı ortamlardaki renkleri doğal ışık altında gözlemlendikleri şekilde gösterebilme özelliklerine " renk ayırım endeksi" denir. Maksimum değeri 100 olan Ra sayısıyla ifade edilir. Yüksek Ra' lı lambaların etkinlik faktörleri düşük olduğundan aydınlatılan ortamda renk ayırım özelliğinin ne derece önem

taşıdığına karar verilebilmesi önemlidir. Deşarj lambalarının etkinlik faktörleri akkor telli lambalara göre yüksek, ömürleri de uzundur. Ama renk ayırım endeksleri düşüktür. Akkor telli lambaların renk ayırım endeksleri ise maksimumdur. Karma ışık lambaları dışında tüm deşarj lambalarında yardımcı eleman olarak balasta hatta bazılarında birde ateşleyiciye "starter, ignitör, vs." gerek vardır. Enkandesan lambalardan farklı olarak deşarj lambalarında rejime girme süresi ve söndükten sonra tekrar yakılabilmesi içinde soğuma süresi söz konusudur. Anlaşıldığı gibi ışık kaynaklarının birbirlerine göre üstünlükleri ve eksiklikleri vardır. Yaratılacak aydınlatmanın amacına uygun ve ekonomik olan ışık kaynağının seçilmesi aydınlatma tasarımının başlangıç noktasıdır.

Ayrıca özel olarak parıltının büyük, boyutların küçük, ışığın özel spektral yapıda olması ve darbe dayanıklılığı istenir.

4.1.1 Akkor Telli Lambalar

Akkor halindeki bir tel ile ışık üretiminde problem her şeyden önce yüksek sıcaklık verebilen madenler bulmaktır. Işık elde etme biçimi ısılışıma olan akkor telli lambalarda tungsten telden geçen elektrik akımı, teli ısıtarak akkor durumuna getirir. Telin ısınmaya başlamasıyla elektrik enerjisi ışınım enerjisine dönüşür. Telin etrafında hava bulunursa tel havadaki oksijenin etkisiyle çok çabuk tahrip olur. Buna engel olmak için akkor haline gelinceye kadar ısıtılan tel, havası boşaltılmış veya asal gaz doldurulmuş bir cam balon içerisine konularak günümüzde halen kullanımda olan akkor telli lambalar elde edilir. Akkor telli lambaların yayınladıkları ışınımların çok büyük bir bölümü (~ %70) kızılaltı, küçük bir bölümü (~ %10) görünür ışınımlardır. Bu nedenle verimleri çok düşüktür ($\eta_v \cong 9$ -19 lm/W) [1,2,4].

Sabit bir gerilimde çalıştırılan akkor telli lambanın gücü (harcanan enerji) arttıkça, lamba telinin sıcaklığı yükselir, görünür alandaki ışıma gücü ve görsel etkinlik artar. Isılışıma yolu ile ışık yayımlayan akkor telli lambaların tayfsal dağılım eğrileri oldukça düzgün olup, renksel geri verim sınıfı 1A, renksel geri verim indeksi (Ra) yaklaşık 100 dür. Tayfsal dağılım eğrisi, lamba telinin sıcaklığına bağlı olarak, kara cisminkine benzer bir değişim gösterir. Telin sıcaklığı yükseldikçe tayfsal dağılım eğrisi düzgünleşir, ışığın renk sıcaklığı

artar. Lamba gücü arttıkça renk sıcaklığının yükselmesine karşın, tüm akkor telli lambaların renksel geri verim indeksi değişmez (Ra = 100). Akkor telli lambalar ışık yayan telin cinsine göre kömür telli ve madensel telli olmak üzere iki gruba ayrılırlar [1].

4.1.1.1 Kömür Telli Lambalar

Kömür akkor telli lambaların ilk gelişme devresinde ergime noktasının yüksekliği sebebiyle ışık yayan tel olarak uygun görülmüştür. Goebel ve Edison ilk lambalarında kömürleştirilmiş bambu lifleri kullanmışlardır. Edison daha sonra kömürleştirilmiş kağıt elyafları denemiştir. Bugün imal edilen kömür telli lambalarda uygun şekilde kömürleştirilmiş selüloz kullanılır. Kömürün özgül direnci büyüktür. Bu yüzden telin uzunluğu kısa tutulabilir. Armut şeklindeki cam balon sepet içerisine sepet sapı yada büklüm şeklinde yerleştirilir.

Bugün için kömür telli lambaların etkinlik faktörlerinin çok düşük olması sebebiyle yaygın olarak kullanılmazlar. Daha çok ışın tedavisinde ve sarsıntılı işyerlerinde mekaniki dayanıklılığı yüksek olduğundan tercih edilirler.

4.1.1.2 Madensel Telli Lambalar

Platin, iridyum, tantal gibi zor eriyen maddelerin elektrik lambalarında kullanılmasına 1845 yılından itibaren başlanmıştır. Bugün hemen hemen bütün akkor telli lambaların ışık veren telleri yalnız tungsten telinden yapılır. Adi akkor telli lambalar cam balon içine argon gazı doldurulmuş olup güçleri 15, 25, 40, 60, 75, 90, 100, 150, 200, 300, 500, 1000, 1500 wattır. Akkor telli lambalar hakkında bir vermek amacıyla aşağıdaki tablo hazırlanmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1 Çeşitli güçteki lambaların karakteristik değerleri

LAMBA TİPİ	15 W	40 W	100 W	500 W
Tutucu sayısı	7	6	7	5
Renk sıcaklığı (K)	2390	2665	2740	2845
Etkinlik faktörü (lm/W)	7.86	8.6	11.7	16.3
Toplam güce göre ışık bölgesindeki ışınlama (%)	4.4	4.7	6.3	8.9
Toplam güce göre uç ve tutucu kayıpları (%)	3.5	3.5	2.8	2.2
Toplam güce göre gaz kayıpları		33	20	8
Cam balonun geçirme faktörü	0.89	0.91	0.91	0.92

Akkor telli lambalar şebeke geriliminin değişmelerine çok duyarlıdır. Her lamba ancak belirli bir gerilim için imal edilebilir. Eğer şebeke gerilimi lambanın imal edildiği gerilimden daha büyükse lambanın ışık veren telinden geçmesi gereken akımdan daha büyük bir akım geçer; dolayısıyla telin sıcaklığı, çektiği güç, verdiği ışık akısı ve etkinlik faktörü daha büyük, fakat ömrü daha kısa olur. Şebeke gerilimi lambanın imal edildiği gerilimden küçük ise, bu sefer yukarıdakilerin tersi olur. Bütün bu değişmeler helisel telli lambalar için aşağıdaki denklemlerle ifade edilebilir.

Akım şiddeti	i	=	$i_n \cdot (U/U_n)^{1,2}$
Güç	P	=	$P_n \cdot (U/U_n)^{1,523}$
Etkinlik faktörü	Φ	=	$\Phi_n \cdot (U/U_n)^{3,613}$
Ömür	t	=	$t_n \cdot (U/U_n)^{-13,5}$

Burda indissiz yazılmış büyüklükler herhangi bir U değerindeki şebeke gerilimine, "n" indisli karakteristik değerlerde lambanın imal edildiği U_n değerindeki şebeke gerilimine karşılıktır.

4.1.2 Gaz Ve Madensel Buharlı Deşarj Lambaları

Gazlar genelde yalıtkandırlar, fakat enerji verilip serbest elektronlar üretilirse iletken olurlar. Gazın iletkenliği verilen gücün büyüklüğüne, gazın cinsine, basıncına, kabın ve elektronların geometrik boyutlarına bağlıdır. Elektrik alanının etkisi altındaki serbest elektronlar anota doğru hızla hareket ederler. Bu sırada gaz atomları ile çarpışırlar. Çarpışma sırasında;

1- Elektronların hızları küçükse atoma çarpışan elektronlar elektrik olarak yansırlar, enerji kaybı ısıya dönüşür.

2- Elektronların hızı atomların uyarım gerilimine tekabül eden büyüklük ise atoma çarpan elektron enerjisini atoma verir. Bunun sonunda elektron temel duruma geçerken ışıma olur.

3- Elektronların hızı atomların iyonizasyon gerilimine karşılık olan büyüklükte ise bu durumda atom iyonize olur ve yeni parçacıklar oluşur.

İlke olarak deşarj yardımıyla ışık üretimi eskiden bilinen GEISSLER tüpüne dayanır. Geissler tüpü, basıncı bir kaç mm Hg sütunu seviyesine indirilmiş ve içinde iki adet elektrot bulunan bir cam tüpden ibarettir. Elektrotlara doğru gerilim uygulanınca tüp içerisinde bulunan serbest elektronlar hızlanırlar ve çarpma suretiyle iyonizasyon başlar. Elektron sayısı iyonizasyonla çok çabuk artar ve elektron çığları meydana gelir. Elektronların kütlesi çok küçük olduğundan bunlar iyonlardan 100 defa daha hızlı hareket ederler. Böylece tüp içerisinde elektron sayısı azalır. Pozitif yük sayısı artar ve katot yakınında gerilim düşümü büyür. Uzay yük bulutu katoda çarpınca katod' dan bir çok elektron çıkar ve tüp tutuşmuş olur.

Tutuşma gerilimi, tüpün boyutlarına, basıncına ve gazın cinsine bağlıdır. Tüpün tutuşması ile iki ışıklı bölge meydana gelir.

1- Negatif ışık bölgesi

2- Pozitif ışık bölgesi

Katod ince bir ışık bölgesi ile örtülür bundan sonra HITTORFF karanlık bölgesi gelir ve bunu aşağı yukarı bütün tüp kesitini kaplayan daha belirgin ve yaygın bir ışıklı bölge takip eder. Katot yakınında oluşan bu her iki ışığa topluca negatif ışık adı verilir.

Negatif ışık bölgesini genişçe bir karanlık bölge takip eder. Bu bölgeye FARADAY karanlık bölgesi denir. Fakat bundan sonra bütün tüp kesitini dolduran daha yoğun bir ışıklı bölge başlar. Kural olarak bu ışık anot önüne kadar tabakalar halinde devam eder. Işığın tabakalar şeklinde olması şöyle açıklanabilir; serbest iyonların belirli bir serbest yola sahip olmaları gerekir. Ancak bundan sonra serbest iyonlar uyarıcı olarak etkirler. İyonların hızları başlangıçta çok küçük olduğundan belirli bir enerjiyi kazanmaları için gerekli ortalama serbest yolları başlangıçta biraz daha büyüktür. Bundan sonra elektrikli parçacıklar gerekli enerjileri daha kısa ortalama serbest yolda kazanabilirler. Böylece tabakalı ışık anot önüne kadar devam eder. İşte bu bölgeye pozitif ışık bölgesi denir.

4.1.2.1 Gece Lambası

Gece lambası dış görünüş olarak akkor telli lambaya benzer. Yalnız bunun elektrotları iç içe sarılmış helis biçimindedir. 220 V' luk gece lambalarının güçleri 2-3 W verdikleri ışık akıları 1 lm kadardır. Bu yüzden gece lambaları aydınlatma tekniği amaçları için kullanılmaz. Fakat ucuz ve güvenli bir sinyal lambası olarak laboratuarlarda, kapı tokmaklarında, butonlarda, kontrol kalemlerinde vb. yerlerde kullanılır.

4.1.2.2 Soğuk Elektrotlu Deşarj Lambaları

Bunların çalışma prensipleri pozitif plazmaya dayanır. Yüksek gerilimde çalışırlar ve soğuk elektrotludurlar. Aydınlatma tekniği bakımından önemli ışık tüpleri, kullanılan gazın türüne göre iki gruba ayrılırlar. Bunlar azot veya karbondioksit gazı kullanılan ışık tüpleri ve asal gaz kullanılan ışık tüpleridir.

4.1.2.3 Kızgın Elektrotlu Deşarj Lambaları

Deşarj lambalarında büyük bir gelişmeye ancak bu lambaları normal şebeke gerilimlerinde kullanmaya başladıktan sonra erişilmiştir. Bunun için katot düşümünün azaltılması ve katottan elektron çıkmasının kolaylaştırılması bakımından aktif baryum oksitli kızgın elektrot kullanılır. En çok kullanılan kızgın elektrotlu deşarj lambalarıdır.

4.1.2.4 Flüoresan Lambalar

Işınım elde etme biçim ısılışıma olan Flüoresan lambalarda, ışık üretimi iki aşamada ortaya çıkar. Birinci aşama, alçak basınçlı cıva buharlı ortamından elektrik akımı geçirilmesiyle gerçekleştirilen "elektrikli boşalma" olayı ile ışınım oluşturulmasıdır. Bu ışınımların yaklaşık 0.60' ı morüstü, 0.02' si ışık ışınımıdır [17]. İkinci aşama ise, elektrikli boşalma ile elde edilen morüstü ışınımları ampul iç yüzeyine sürülen flüorışıl tozları uyarması ile gerçekleştirilen "flüorışıma" olayı ile görünür ışınımların oluşturulmasıdır. Elektriki boşalma sırasında ortaya çıkan görünür ışınım oranının çok düşük olması sebebiyle, temelde flüorışımayı sağlayan flüor tozların özelliği, oluşan ışığın niceliğini ve

tayfsal dağılım eğrisini belirler. Işınlamanın ışığa dönüşümünde başlıca üç faktör rol oynar.

- Enerji faktörü: Flüoresan maddeden çıkan ışının f_2 frekansının, bu maddeyi uyaran ışının f_1 frekansına bölümüne enerji faktörü adı verilir ve K ile gösterilir.

$$k = \frac{f_2}{f_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \qquad (4.1)$$

- Kuantum faktörü: Flüoresan maddeden çıkan ışının kuantum sayısının, Flüoresan maddeyi uyaran ışının kuantum sayısına bölümüne kuantum faktörü denir ve γ ile gösterilir. Bunun değeri 0,2 ile 0,6 arasında değişir. Bazı özel hallerde 0,8 değerini alır.

- Işınlamanın ışıksal etkinliği: Genel olarak ışınlamaya ait ışık akısına oranına ışınlamanın ışıksal etkinliği denir ve e_1 ile gösterilir.

$$e_1 = \frac{\phi}{F} = K_0.V \qquad (4.2)$$

lm/W' tır. Flüoresan lambaların verimi temelde lamba gücü attıkça artmaktadır. Ancak aynı güçteki lambalar ele alındığında, verim değişimi doğrudan doğruya flüorışıl tozun yapısına bağlı olmaktadır. Bugün için kullanılan flüorışıl tozlar, genelde halofosfat-standart-fosfor, tri-fosfor, multi-fosfor olarak üç ana bölümde toplanmaktadır. Bunların hem kendi içinde, hem de bölümler arasında verim ayrımı vardır. Flüoresan lambalarda, renksel geriverim yükseldikçe ışık veriminin düştüğü bilinmektedir. Flüoresan lambaların tayfsal dağılım eğrileri, temelde süreklilik göstermesine karşılık düzgün değildir. Isılışıma yapan akkor lambalarda, ışığın renk sıcaklığı arttıkça verim artmakta iken, flüoresan lambalarda renk sıcaklığındaki artış verimi etkilememektedir.

Alçak basınçlı cıva buharlı lambalar, mor ötesi ışınlar bakımından özellikle 253,7 nm' lik rezonans çizgilerinde çok zengin olduğundan Flüoresan maddelerin en çok bu dalga uzunluğunda ışık yayacak şekilde seçilmeleri gerekir. Bir Flüoresan maddenin dalga uzunluğuna göre duyarlılığı gösterilmiştir. Pratikte en çok kullanılan birkaç Flüoresan lambaya ait uyarım

4.2 Aydınlatma Armatürleri

Genel olarak ışık kaynakları iyi bir aydınlatmanın gereklerini tek başlarına yerine getiremezler. Bu bakımdan ışık kaynaklarının özellikle akkor telli ve cıva buharlı lambaların bir aydınlatma aygıtı ile kullanılmaları zorunludur. İlke olarak bir aydınlatma aygıtının görevlerini sekiz madde de toplamak mümkündür [1,4].

- Çıplak lambanın ışık dağılım eğrisine kumanda etmek ve ona istenilen ışık dağılım şeklini vermek.
- İçindeki lamba ve lambaların elektriksel bağlantılarını sağlamak.
- İçindeki ortam sıcaklığını, ışık kaynağının karalı çalışması için gerekli olan düzeyde tutmak.
- Kamaşmayı sınırlamak.
- Olması olası her türlü değişik ortam koşulunda lamba ve yardımcı aksamı korumak.
- Kolay tesis edilebilir ve bakım yapılabilir olmak.
- Estetik hislere ve konfor gereksinimlerine cevap vermek.
- Ekonomik olmak.

4.2.1 Aydınlatma Aygıtlarında Kullanılan Malzemeler

Aydınlatma aygıtlarında çok çeşitli malzemeler kullanılmakla birlikte bunları iki grup altında toplayabiliriz.

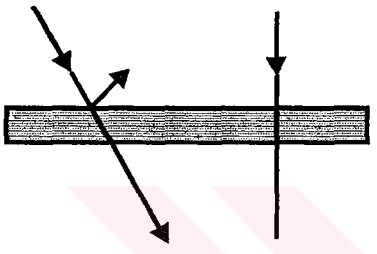
- Işığı geçiren malzemeler; cam, kağıt, ipek vb.
- Işığı yansıtıcı malzemeler; aynalar, gümüş, krom, nikel, emaye vb.

Gerek ışığı geçirici ve gerekse ışığı yansıtıcı malzeme üzerine düşen ışığın bir kısmını yutar. Işığı geçirici malzeme için yutma kaybı malzemenin kalınlığına bağlıdır. Yani malzeme ne kadar kalın olursa, yutma kaybı da o kadar büyük olur.

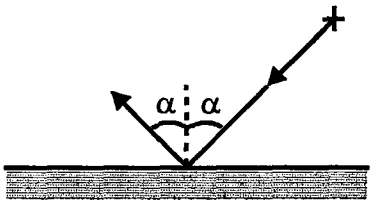
Geçirici ve yansıtıcı malzemenin yüzeyi optik bakımdan pürüzlü ise veya malzemede optik yoğunluğu farklı parçacıklar varsa bu takdirde çok taraflı

yansıma ve kırılmalardan dolayı az veya çok kuvvetli olmak üzere bir ışık dağılması meydana gelir. Eğer malzemeye gelen ışık lambert yasasına uygun olarak dağılırsa bu takdirde ideal dağılma söz konusu olur.

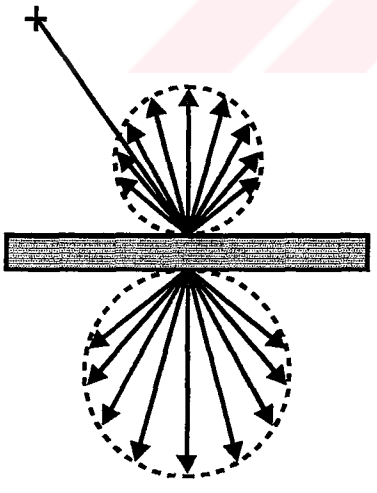
Dağılmış ışığın yanında aynasal veya doğrusal ışık bileşeni de varsa; bu takdirde karma yansıma veya karma geçirme söz konusu olur. Demek ki ışığı geçirici veya yansıtıcı malzeme için: paralel geçirme; aynasal yansıtma (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3); ideal dağıtıcı geçirme; ideal dağıtıcı yansıtma (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5); karma geçirme; karma yansıtma (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7) halleri ayırt edilebilir.



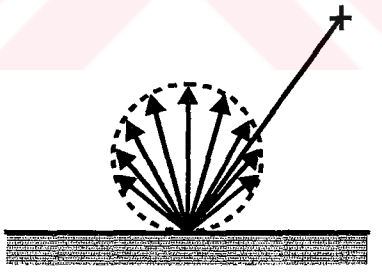
Şekil 4.2 Paralel geçirme



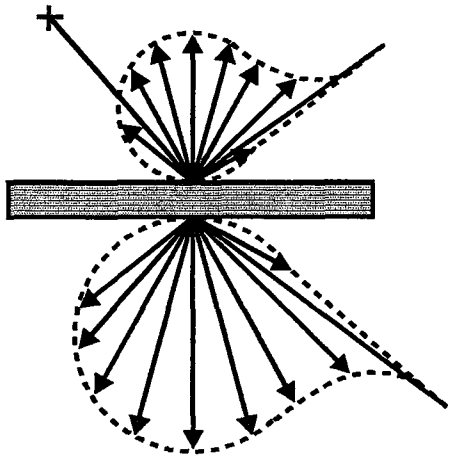
Şekil 4.3 Aynasal yansıtma



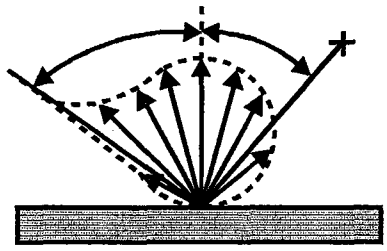
Şekil 4.4 İdeal dağıtıcı geçirme



Şekil 4.5 İdeal dağıtıcı



Şekil 4.6 Karma geçirme



Şekil 4.7 Karma yansıtma

Yukarıda belirtildiği gibi; geçirme, yansıtma ve yutma faktörleri gerçekte toplam geçirme, yansıtma ve yutma faktörleridir. Bir malzemenin gelen ışığı ideal dağıtma derecesine ancak o malzemenin parıltısı her doğrultuda sabit olduğunda erişilir.

Gerçekte ışığı dağıtıcı çeşitli malzemeler bu koşuldan az veya çok farkederler. Dağıtmayı karakterize etmek için düzlemsel bir örnek, dikey doğrultuda aydınlatılır ve muhtelif doğrultudaki parıltılar dik açılı bir eksen tarafından taşınır. Bu eksen takımında ideal dağıtıcı bir örnek için apsis eksenine paralel bir doğru ve diğerleri içinde buna göre az veya çok eğriler elde edilir.

Işığı Dağıtıcı Camlar

Işığı dağıtıcı camlar opal camlar ve mat camlar diye iki kısma ayrılırlar. Opal camlar ışığı tüm tabakalarda, mat camlar ise yalnız yüzeyin pürüzlerinde dağıtırlar.

Işığı Geçirici Yapay Malzemeler

Kükürt asidi ile pergament edilmiş veya yağ emdirilmiş kağıtlardır. Bunlar ayrıca baskı veya püskürtme ile desenli hale sokulurlar. Selon, selaton, rezopal, polapas gibi yapay maddelerde kısmen opal cam, kısmen mat cam özelliklerine sahiptir.

Işığı Yansıtıcı Malzemeler

Işığı yansıtıcı malzemenin kullanılışı iyi bir yansıtma faktöründen başka dış etkilere dayanıklılık ve kolay temizlenme özelliklerine bağlıdır.

Emaye; demir saç veya döküm parçası üzerinden yansıtma faktörü %65 ila %75 olan beyaz cam dökülmesiyle elde edilir. Emaye özellikle dış aydınlatma aygıtlarında çok sık kullanılır.

Gümüş ayna; gümüşün yansıtma faktörü büyüktür. Fakat gümüş havada okside olur. Bundan dolayı özel bir koruma tedbirine ihtiyaç gösterirler. Bu suretle gümüş ayna elde edilir. Gümüş aynada gümüş tabakası cam üzerine dökülür ve arka tarafı dış etkilere karşı korunmuş olur.

Diğer maddelerden alüminyum, bilhassa saf alüminyum parlak ve mat olmak üzere krom ve nikel de aydınlatma aygıtı imalinde çok sıklıkla kullanılırlar. Aydınlatma tekniğinde kullanılan malzemelerin geçirme, yutma ve dağıtma faktörleri tablo 4.3' de verilmiştir.

Tablo 4.3 Bazı malzemelerin geçirme, yansıtma, yutma ve dağıtma katsayıları

Malzemenin Cinsi	τ(%)	ρ(%)	α(%)	σ(%)	Malzemenin Cinsi	τ(%)	ρ(%)	α(%)	σ(%)
Alüminyum ayna	—	85-90	10-15	—	Krom parlatılmış	—	60-65	35-40	—
Alüminyum mat	—	55-60	40-45	—	Mat cam	65-90	6-20	3-20	4-6
Alüminyum parlatılmış	—	65-75	25-35	—	Mermer	20-40	30-45	10-35	70-90
Alüminyum yaprak	—	80-85	15-20	—	Mermer tabii (3-5mm)	5-15	45-65	20-25	75-90
Beyaz saç	—	65-70	30-35	—	Nikel ayna	—	60-65	35-40	—
Cam berrak (3mm)	90-92	6-8	2-4	—	Nikel mat	—	55-60	40-45	—
Çelik parlak	—	55-60	40-45	—	Nikel parlatılmış	—	45-55	45-55	—
Dokulu malzeme açık	15-30	35-40	30-50	20-60	Opal cam kaplama	25-60	30-65	5-15	80-85
Emaye beyaz	—	65-75	25-35	85-90	Opal cam masif	15-60	30-75	5-20	70-90
Fayans beyaz	—	60-75	25-30	60-90	Ornamet cam (3-6mm)	55-85	8-28	5-25	5-20
Gümüş ayna	—	90-94	6-10	—	Pirinç mat	—	50-55	45-50	—
Gümüş parlatılmış	—	85-92	8-15	—	Pirinç parlatılmış	—	60-62	38-40	—
Kağıt beyaz	—	70-75	25-30	70-80	Porselen beyaz	—	60-80	20-40	80-90
Kağıt abajur	20-60	20-50	10-30	30-75	Selon	20-40	35-55	15-25	80-85
Krom ayna	—	65-70	30-35	—	Selon mat	60-80	10-20	10-25	5-10
Krom mat	—	40-45	55-60	—					

4.2.2 Aydınlatma Tipleri

İç aydınlatmada duvar ve tavanın yansıtması aydınlatmaya katılır. Aydınlatma tipine göre beş tip aydınlatma aygıtı vardır.

- direkt aydınlatma armatürü
- yarı direkt aydınlatma armatürü
- karma aydınlatma armatürü
- yarı endirekt aydınlatma armatürü
- endirekt aydınlatma armatürü

Direkt aydınlatma armatürü;

Direkt aydınlatma armatürü toplam ışık akısının % 90 ile % 100' ünü alt yarı uzaya yayar. Tavanları yansıtmasız ve duvarları az yansıtmalı olan yerlerde bu tip aydınlatma armatürü kullanılır. Bu gibi sistemler çalışma düzlemi üzerinde en iyi şekilde aydınlatmayı sağlamalarına rağmen bazı sakıncaları da vardır. Gölgeler rahatsız edici boyutlara ulaşabilir. Armatürler birbirine yakın olarak monte edilemez. Aydınlık düzgünlüğünün sağlanması oldukça zordur. Işık kaynağının aydınlatma düzlemine uzaklığı uygun değilse kamaşma ortaya çıkabilir. Bu sebeplerden ofis aydınlatmasında tercih edilemez. Bölgeler arasındaki aydınlık karanlık kontrastları psikolojik kamaşmaya yol açabilir.

Yarı direkt aydınlatma armatürü;

Yarı Direkt aydınlatma armatürleri toplam ışık akısının % 60'ı ile % 90' ınını alt yarı uzaya yayar. Tavan ve duvarları az yansıtıcılı yerlerde kullanılırlar. Üst kısımda bir hava akımı yarattığı gibi armatürün daha az kirlenmesinin sağlar. Yarı direkt armatürler ile gölgeler biraz daha azaltılır yayılma arttırılır. Görme konforu artar. Alüminyum veya prizmatik cam yansıtıcılar kullanarak armatür parıltısını azaltıp daha fazla görme konforu sağlanabilir.

Karma aydınlatma armatürü;

Karma aydınlatma armatüründe toplam ışık akısının %40 ile %60'ı alt yarı uzaya gider. Genel olarak her yöne eşit ışık yayarlar. Bu sistemin etkinliği, büyük çapta hacim yüzeylerinin yansıtma faktörlerine bağlıdır. Yansıtma

T.C. [illegible]
DÖKÜMANTASYON MERKEZİ

faktörleri yüksek ve temiz bölgelerde yatay ve düşey aydınlatma iyi, düzgünlük iyi, gölge orta ve kamaşmaya karşı koruma iyidir.

Yarı endirekt aydınlatma armatürü;

Yarı endirekt aydınlatma armatüründe toplam ışık akısının %10 ile %40' ı alt yarı uzaya gider. Çalışma düzlemine gelen ışığın büyük bir kısmı tavandan ve duvardan yansıdığı için yansıtma faktörlerinin arttırılması gerekir. Yüksek yansıtma ve iyi bir bakım gerektirdiği için kullanımı sınırlıdır. Yatay ve düşey aydınlatma orta, düzgünlük iyi, gölgeler zayıf, kamaşmaya karşı koruma iyidir.

Endirekt aydınlatma armatürü;

Endirekt aydınlatma armatüründe toplam ışık akısının %0 ile %10' u alt yarı uzaya gider. Yansıtma faktörleri çok yüksek olan yerlerde kullanılır. Yatay ve düşey aydınlatma zayıf, düzgünlük iyi, gölgeler zayıf ve kamaşma yok gibidir.

Bu beş çeşit armatürü karşılaştıracak olursak hiçbir sistem diğer sistemlerden üstündür diye önerilemez. Herbirinin değişik işlere uygun özellikleri vardır. Seçilen armatürün amaca hizmet edip etmediğine bakılıp karar verilmelidir. Üst yarı uzaya doğru giden ışık akısı arttıkça aydınlatma daha konforlu olur ancak bu sistemler genellikle tercih edilmezler, ekonomik değildirler.

Flüoresan lambalar, daha çok ışınlarını serbest yayacak şekilde kullanılırlar. Bunların parıltıları küçük ve ışıklı yüzeyleri küçük olduğundan, bu gibi çözümlere daima izin verilir. Flüoresan lamba aygıtları bu gibi hallerde lambaları taşıyan uygun birer taşıyıcıdan başka birşey değildir. Bazen Flüoresan lambalar, doğrudan doğruya tavana da yerleştirilebilirler.

Fabrika ve benzeri yerlerde tavan ve duvarların yansıtma faktörleri küçük olduğundan, bu gibi yerlerde Flüoresan lambalar oluk şeklindeki reflektörlerle birlikte kullanılırlar.

Son zamanlarda açık renkli odalarda da çıplak Flüoresan lamba yerine ışığı dağıtan reflektörlü düzenler tercih edilmektedir. Mat veya opal camlardan yapılmış kanat şeklinde aygıtlar, tamamen örtülü aygıtlar, petek vb. düzenler çok kullanılır.

Genel aydınlatma aygıtlarından başka özel amaçlar için kullanılan çeşitli aydınlatma aygıtları da vardır.

BÖLÜM 5.

AYDINLATMA ENERJİ TASARRUF YÖNTEMLERİ

5.1 AYDINLATMADA KULLANILAN ENERJİ TASARRUF YÖNTEMLERİ

Uygun aydınlatma görme koşullarını iyileştirip iş verimini arttırır, çalışanlara rahat ve konforlu bir ortam sağlar. İnsanlar için bu kadar önemli bir ihtiyaç olan yapay aydınlatma gelişigüzel yapıldığında önemli ölçüde enerji kayıplarına sebep olur. Aydınlatma tesislerinde bu kayıpların önüne geçmek için yapılacak tasarruflar, kullanılan aydınlık şiddetini sağlıklı sınırlar içerisinde tutmak ve gereksiz enerji tüketimini önlemek yönünde olabilir [9,14]. Bunun sağlanması için tüketicilerin kullandıkları aydınlatma konusunda bilinçlendirilmesi, aydınlatma elemanlarının doğru seçilmesi ve uygun kontrol sistemlerinin kullanılması gereklidir.

5.1.1 Tüketicilerin Bilinçlendirilmesi

Eğitim düzeyi düşük toplumlarda enerji israfı büyük boyutlara ulaşmaktadır. Enerjinin tükenir bir nesne olduğu, hangi yollarla daha verimli kullanılıp tasarruf yapılabileceği konularında etkili bir bilgilendirme sağlanmalıdır. Özellikle elektrik enerjisi gibi herkesin kullandığı bir enerji çeşidinde çok basit önlemlerle enerji tasarrufuna gidilebilir. Aydınlatma gibi fiziki bir ihtiyaçta insanlara yüksek aydınlığın mutlak manada iyi aydınlatma demek olmadığı anlatılmalı, yüksek verimli aydınlatma araçlarının ve enerji tasarruflu ışık kaynaklarının sağlayacağı yararlar anlatılmalıdır. Zira enerji tasarruf bilinci olmayan toplumlarda diğer enerji tasarruf yöntemlerinin muvaffak olması imkansızdır.

5.1.2 Lambalar

Aydınlatmada en önemli tasarruf tedbirlerinden bir diğeri de yüksek verimle ve düşük enerji tüketimiyle çalışan aydınlatma araçlarını kullanmaktır. Genel olarak bir ışık kaynağının aşağıdaki özellikleri sağlaması istenir.

- Etkinlik faktörünün yüksek olması,
- Ömrünün uzun olması,
- Şekil bakımından kararlı ve sarsıntıya dayanaklı olması,
- İşletmede basit olması,
- Işık renginin mümkün olduğu kadar günışığına yakın olması.

Dahili ortamların aydınlatmasında kullanılacak ışık kaynaklarının renk ayırım endekslerinin (Ra) en az 80 sınıfı olması gerekmektedir. Renk özellikleri dikkate alındığında iç aydınlatmada kullanılabilecek ışık kaynakları akkor telli (enkandesan) ve Flüoresan lambalardır [9,10]. Ömürleri kısa, etkinlik faktörleri düşük olan akkor telli lambaların uzun saatler aydınlatmaya ihtiyaç duyulan geniş hacimli ortamlarda kullanılması düşünülemez, bu gibi hacimlerde tek seçenek flüoresan lambalardır.

Tablo 5.1 Lamba türlerine göre güç ve ışık akısı ilişkisi

Lamba Tipi	Gücü (W)	Işık Akısı (lm)
Akkor Flamanlı	15	90
	25	230
	40	430
	60	730
	75	960
	100	1380
Kompant Fluoresan Kendinden Elektronik Balastlı	5	200
	7	400
	11	600
	15	900
	20	1200
	23	1500
Kompant Fluoresan Harici Balastlı	18	750
	24	1200
	36	1900
	40	2200
Fluoresan	18	1350
	36	3350
	58	5200

Gelişen aydınlatma endüstrisi son yıllarda dahili aydınlatmada kullanılan ve kompakt flüoresan lamba adı verilen yeni bir lamba türü geliştirmiştir [14]. Bu lambalar akkor flamanlı ampullere göre daha az enerji tüketirler ve daha uzun ömürlüdürler. Ayrıca balast ve starter sistemleri de lamba içerisine yerleştirildiklerinden akkor flamanlı ampullerin takıldığı E27-E14 gibi standart duylara takılabilirler. Kompakt flüoresan lambalar çeşitli güçlerde imal edilebilirler. 15W' lık bir kompakt flüoresan lambanın ışık akısı 900 lümen dir. Yani verdiği ışık yaklaşık olarak 75W' lık akkor telli lambanın verdiği ışık akısı miktarına eşittir (Tablo6.1) [6]. Görüldüğü gibi lamba başına (75-15=60W) güç tasarrufu sağlanır. Dolayısıyla ev aydınlatmasında ilk yatırım maliyetinin yüksekliğine rağmen kompakt Flüoresan lamba kullanılması uygun görülmektedir. Ülke geneli göz önüne alındığında ise büyük miktarlarda enerji tasarrufunun, sadece enerji tasarruflu ışık kaynakları kullanılması yoluyla sağlanabileceği görülebilmektedir.

Lamba teknolojisindeki araştırma çalışmalarının en önemli amacı enerji tasarruflu ışık kaynaklarının üretilmesidir. Bu çalışmalar sonucunda tüp şeklindeki flüoresan lambalarda da büyük gelişmeler gerçekleştirilmiştir. 38 mm çaplı 20W, 40W ve 65W 'lık lambalar yerine 26mm çaplı sırasıyla 18W, 36W ve 58W 'lık flüoresan lambalar kullanıma sunulmuştur [9]. Lambaların çapları küçültülüp ışık akıları artırılmış çok değişik renk sıcaklıklı ve renk özellikli lambalar üretilmeye başlanmıştır.

5.1.3 Armatürler

Işık kaynakları tek başına iyi bir aydınlatmanın gereklerini sağlayamazlar. İstenilen ortamlarda istenilen düzeylerde aydınlatmaların sağlanabilmesi ancak lambaların yapılarına uygun tasarlanmış armatürlerin içlerine yerleştirilmeleri ile mümkündür. Genel olarak bir aydınlatma armatüründe olması gereken özellikler şu şekilde özetlenebilir.

- Çıplak lambanın ışık dağılım eğrisine kumanda etmek ve ona istenilen ışık dağılım eğrisi şeklini vermek.
- İçindeki lamba veya lambaların elektriksel bağlantılarını sağlamak.

- İçindeki ortam sıcaklığını, ışık kaynağının çalışması için gerekli düzeyde tutmak.
- Kamaşmayı sınırlamak.
- Olası her türlü değişik ortam koşulunda lamba ve yardımcı aksamını korumak.
- Kolay tesis edilebilir ve bakımı yapılabilir olmak.
- Estetik hislere ve konfor gereksinimlerine cevap vermek.
- Ekonomik olmak.

Aydınlatmada kullanılacak olan armatürler ortamda gerçekleştirilen çalışma koşullarına uygun ışık dağılımına sahip, kaliteli malzemeden üretilmiş, uzun yıllar özelliklerini koruyabilecek elemanlar olmalıdır. Armatürlerin düşeyle 45° ila 85° açı yapan doğrultularda yer alan kritik görme alanının dışında yerleştirilmeleri makuldür.

Verimi yüksek, uygun ışık dağılım eğrisine sahip armatürlerin kritik görme alanının dışında, bakış doğrultusuna paralel yerleştirilmeleri en iyi çözümdür.

5.1.4 Balast

Dahili aydınlatma için en uygun ışık kaynağı olarak kabul edilen Flüoresan lambaların daha verimli çalışması ve aydınlatmanın titreşimsiz olması yüksek frekanslı elektronik balastlarla mümkün olmaktadır. Endüktif balastlara nazaran daha pahalı olan elektronik balastların sisteme getirdiği üstünlükler şunlardır.

- Lambanın ve tüm aydınlatma sisteminin etkinlik faktörünü arttırır.
- Işık titreşimlerini ve stroskobik olayları önler.
- Startere gerek kalmadan ani ateşlemeyi temin eder.
- Lambanın ömrünü uzatır.
- Işık akısının istenen miktarlarda azaltılıp çoğaltılmasına imkan verir.
- Kompanzasyona gerek kalmayacak şekilde sistemin güç faktörünün düzeltir.
- Isı kayıplarını azaltır.

- Uğultu ve vızıltı vb. Gürültülerin oluşmasını engeller.
- Sistemin doğru gerilimle de beslenebilmesine olanak sağlar.

Flüoresan lambalar elektronik balastlarla kullanıldıklarında ışık akılarında çok az bir azalma olmasına karşın şebekeden çektikleri güç miktarı endüktif balastlı sistemlere nazaran büyük ölçüde azalmaktadır. Bu da önemli ölçüde bir enerji tasarrufu sağlamaktadır.

5.1.5 Aydınlatmanın Kontrolu

Gün boyunca sürekli ve düzgün aydınlatmaya ihtiyaç duyulan dahili ortamlarda aydınlatma sistemlerinin uygun kontrol sistemleri ile kontrolunun yapılması büyük enerji tasarrufu yapılmasını temin edebilir.

Bu kontrol sistemlerinin amacı; kişilere kendi isteklerine ve çalışma koşullarına uygun bir aydınlatmayı temin etmek ve gün ışığının yeterli olduğu saatlerde yapay aydınlatmayı sınırlamaktır.

Günışığı ve ortamdaki çalışma durumu dikkate alınmadan gün boyu gerekli gereksiz bütün ışık tesisatını devrede tutan bir anlayış hem sağlıklı değildir, hem de önemli miktarda enerji israfına neden olur. Sadece çalışma masasının aydınlatılarak diğer yerlerin karanlıkta kaldığı uygulamalar ise görme konforunu etkiler ve iş verimini düşürür. Bu nedenlerden dolayı binalardaki aydınlatma tesisatının insan eliyle değil de otomatik olarak kontrol edilmesiyle önemli bir enerji tasarrufu sağlanır [4,18]. Gün ışığının optimal kullanılarak ortam içerinde yeterli düzeyde ve düzgünlükte bir aydınlatmanın oluşturulduğu sistemlerde, gün ışığının aydınlatmaya etkisi düşünülmeden yapay aydınlatma tasarımının yapıldığı sistemlere nazaran %15' lik bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [18].

Gün ışığı sensörleri ve buna bağlı dimmerlama birimleri, zaman anahtarları ve hareket sensörleri de aydınlatma kontrol sistemlerinin temel elemanlarındandır. Bu sistemler ile aydınlatmanın kullanılmadığı saatlerde lambaların kapatılarak yaklaşık %30' lara varan enerji tasarrufu sağlanabilir. Dahili ortamlarda enerji tasarruflu ışık kaynakları, uygun aydınlatma araçları ve uygun kontrol

sistemleriyle birlikte kullanılmasıyla %75' lere varan bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir [9].

5.2 Dahili Aydınlatmanın Otomatik Kontrolü

Dünyada tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık dörtte biri aydınlatma için harcanmaktadır. Sanayi tesislerinin bulunmadığı ev ve büro gibi yerlerin çoğunlukta bulunduğu bölgelerde ise bu oran %50' lere kadar yükselmektedir [12,19]. Aydınlatma enerjisinden tasarruf, uygun aydınlık düzeyinin temin edilmesini sağlayacak kontrol sistemlerinin, kaliteli ve enerji tasarruflu aydınlatma ekipmanlarının kullanılmasıyla sağlanır.

Aydınlatmanın kontrol altına alınmak istenmesinin başka bir amacı da çalışanların, çalışma ortamındaki aydınlık düzeyini kendi kişisel tercih ve gereksinimlerine göre ayarlamasıdır. Dolayısıyla çalışanların verimliliklerinin ve görsel konforlarının arttırılması sağlanabilir.

5.2.1 Kontrol Sistemleri

Dahili ortamlardaki aydınlık düzeyinin kontrolü üç şekilde yapılabilir [4]. Bunlar:

- Anahtarlama yoluyla kontrol
- Sürekli ayarlamalı kontrol
- Anahtarlama ve sürekli ayarlamalı kontrol

5.2.1.1 Anahtarlama Yoluyla Kontrol

Sistemin ışık akısı kademe kademe klasik elektrik anahtarları yardımıyla el ile ayarlanır. Dahili aydınlatmada kullanılan üç tip anahtarlama tekniği vardır.

- Lamba içinde kontrol
- Armatür içinde kontrol
- Armatürlerin gruplar halinde kontrolü.

Anahtarlama tekniğinin lamba ile kullanımı; bu teknikte içinde iki farklı güçte flaman bulunan bir lamba kullanılır. Bu iki flamanın tek tek veya ikisinin birarada kullanımı ile üç ayrı aydınlık düzeyi elde edilir.

Anahtarlama tekniğinin armatür ile kullanımı; bu yaklaşımda, anahtarlama tekniği yardımıyla bir armatür içerisindeki lambaların tek tek açılıp kapatılması yardımıyla lamba sayısı kadar aydınlık düzeyi elde edilir.

Anahtarlama tekniğinin armatür gruplarıyla kullanımı; bu tür aydınlatma kontrolü pencerelere yakın armatürlerin veya lokal aydınlatma yapılan yerlerin dışındaki genel aydınlatma armatürlerinin kapatılmasıyla yapılır. Yalnız burada aydınlatma düzgünlüğün sağlanmasına özen gösterilmelidir. Bu uygulamanın maliyeti toplam maliyete fazla yük bindirmez ancak sonuçta yüksek tasarruf sağlar.

5.2.1.2 Sürekli Ayarlamalı Kontrol

Gün ışığı sensörleri faz kontrol devreleri ile iletim periyodunu değiştirerek aydınlık düzeyini ayarlar. Günümüzde devamlı yenilenen elektronik dimmerleme üniteleri ile aydınlık düzeyinin sürekli kontrol edildiği sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır.

5.2.1.3 Anahtarlama Ve Sürekli Ayarlamalı Kontrol

Yüksek aydınlık düzeylerinde çok hassas değişim yerine, kademeli azalmalar kişileri rahatsız etmeyeceği gibi, görme işlevini de bozmaz. Fakat düşük aydınlık düzeylerinde azalmaların çok düzgün ve, sürekli ve hissedilmeyecek karakterde olması gerekir. Bu nedenle yüksek aydınlık düzeyleri istenen ortamlarda aydınlatma armatürleri anahtarlarla kademeli olarak kontrol edilebilir. Aynı ortamda alçak seviyelere ihtiyaç duyulduğunda ise sistem günışığı sensörleri ile günışığına bağlı olarak sürekli kontrol edilmelidir. Bu şekilde tasarlanmış bir sistem tamamının sürekli kontrol edildiği sistemlere nazaran çok daha ekonomik olmaktadır.

5.2.2 Kumanda Sistemleri

Aydınlatma kumanda sistemleri kontrol yöntemleri açısından 3' e ayrılır.

- Manual (elle) kontrol,
- Otomatik kontrol,

- Bilgisayar destekli kontrol,

5.2.2.1 Manual Kontrol

Bu sistemde kullanıcıların kendi gereksinimlerine uygun aydınlık düzeyini ayarlaması esas alınmaktadır. Aydınlatma düzeneklerinde kullanılmakta olan açma-kapama anahtarları ve dimmer' lama anahtarları yardımıyla bu sistem gerçekleştirilir. Bu sistemin en önemli dezavantajlarından biri kullanıcıların gün ışığının yetersiz olduğu durumlarda aydınlatmayı açıp, gün ışığının yeterli konuma ulaştığı zamanlarda ise aydınlatma sistemini devreden çıkarmayı unutmasıdır. Bu durumda aydınlatma sürekli açık konumda kalıp enerji israfına yol açabilir.

5.2.2.2 Otomatik Kontrol

Zaman anahtarları, zaman röleleri, hareket dedektörleri ve günışığı sensörleri yardımıyla tam otomatik kontrol yapılması sağlanır. Zaman anahtarları yardımıyla çalışma ortamlarının kullanılmadığı saatlerde otomatik olarak kapatılması sağlanır. Zaman röleleri yardımıyla lamba yakıldıktan belli bir süre sonra otomatik olarak lambanın kapatılması sağlanır. Hareket sensörleri yardımıyla ortamda kişilerin bulunmadığı zamanlarda lambaların otomatik olarak kapatılması sağlanır. Gün ışığına bağlı olarak günışığı sensörleri yardımıyla aydınlık düzeyinin sürekli ayarlanması sağlanır.

5.2.2.3 Bilgisayarlı Kontrol

Bilgisayara dayalı aydınlatma kontrol sistemi, aydınlatma sisteminin verimini ve esnekliğini artırır. Bir bilgisayar yazılımı yardımıyla önceden belirlenmiş bir programa göre veya sensörlerden gelen uyarılara göre lambalara kumanda edilir. Ayrıca bu sistemin kontrol bilgisayarı, diğer alt sistemleri (havalandırma, asansör, vb.) kontrol eden ana bilgisayar merkezine de bağlanabilir.

Bu tür sistemler sensörlerden veya binanın değişik yerlerine yerleştirilmiş sabit veya kullanıcıların yanlarında taşıdıkları uzaktan kumanda aletlerinden gelen uyarılara göre işlev görür. Hacim içindeki yerleşim düzenine ve hacim içine giren günışığı miktarına göre de çalışan bu sistemler, aydınlatma enerjisinin

etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamasının yanısıra oldukça esnek bir sistemdir.

Pencerelerden hacime giren günışığının çok fazla olması veya günışığının direkt olarak içeri girmesi durumlarında ortaya çıkabilecek olan kamaşmanın önlenmesi gerekir. Bunun için pencerelerin içine veya dışına jaluziler yerleştirilir. Aydınlatma kumandasının bilgisayarla yapıldığı hacimlerde jaluzilerin de aynı sistem içinde kumanda edilmesi, çalışanların verimlilikleri ve konfor açısından en uygun çözüm olmaktadır.

5.2.2.4 Aydınlatma Kontrolunun Yararları

Enfraruj uzaktan kumanda sistemiyle alışılmış elektrik kablosu hattı ve duvarda sabit anahtarlar ortadan kaldırılmıştır. Bu da mimara ve aydınlatma tasarımcısına ve kullanıcıya belli bir esneklik sağlar.

Özellikle belirli bir alanda aydınlatmanın kullanıcılar tarafından istek ve gereksinimlere göre kontrol ve kumanda edilebilmesi hem konfor hem de esneklik sağlar. Çalışma alanından veya hacmin herhangi bir noktasından aydınlatmanın o anda yapılan işe göre nicelik ve nitelik yönünden gerekli düzeye getirilmesi mümkündür.

Aydınlatma kumanda sistemlerinin zamanlama seçeneği yardımıyla aydınlatma noktaları tercihe göre istenen saatte açılıp kapatılabilir. Hareket dedektörü ile sadece kullanıcı içerideyken aydınlatmanın açık durumda olması sağlanır. Günışığı sensörü ile günışığı düzeyine göre aydınlatma açık veya kapalı konuma getirilebilir veya dim edilebilir. Tüm bu avantajlar konforu arttırırken enerji maliyetini düşürür.

BÖLÜM 6.

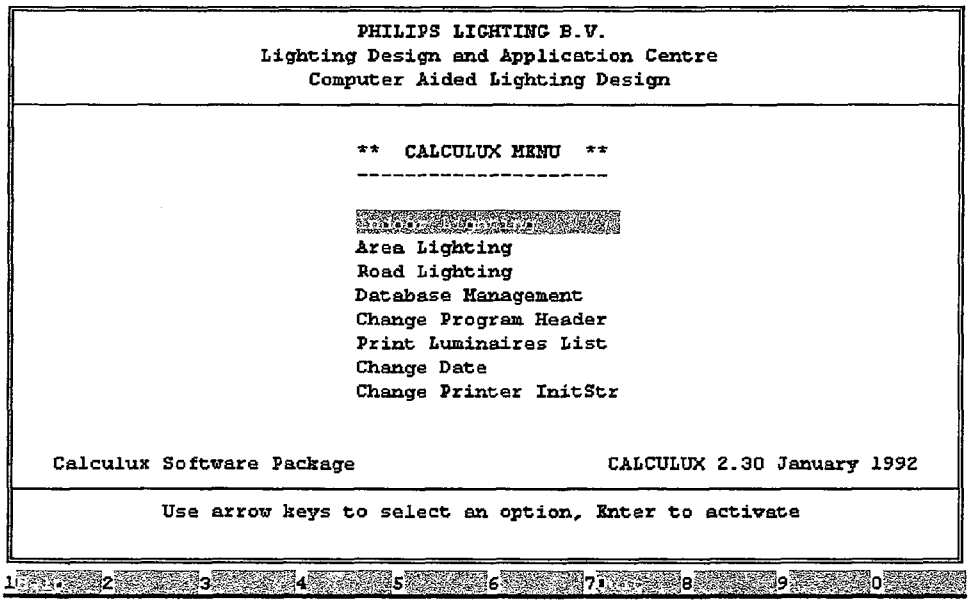
DAHİLİ ORTAMLARDA AYDINLIK DÜZEYİNİN KONTROLÜ VE BİR UYGULAMA

Bu tezin çalışılmasındaki amaç; piyasada kullanılmakta olan kompleks aydınlatma kontrol sistemlerinin üstünlüklerine karşın maliyetlerinin çok yüksek olmasından dolayı alternatif bir çözüm önerisi getirmektir. Uygulamada kullanım alanı bulan kontrol sistemleri, yüksek çalışma özelliklerine ve verimliliklerine karşın maliyetlerinden dolayı yalnızca ofis tabanlı çok katlı binalarda bina otomasyon sistemleri ile birlikte kullanılmaktadır. Bu binalar çalışanların rahat ve konforlu çalışmasını temin için hiçbir masraftan kaçınılmadan yapılmış binalardır. Eğitim kurumları vb. gibi yapay aydınlatmanın yoğun olarak kullanıldığı yerlerde enerji tasarrufunun kişilerin inisiyatifine bırakıldığı bir anlayış yanlıştır. Bu kurumlar yüksek kazanç getiren ticari işyerleri olmadıklarından kompleks kontrol sistemleri uygulamada yüksek maliyet getirmektedir.

Bu kontrol sistemlerinin yanısıra daha basit kumanda sistemleri de vardır. Bunlardan birisi de sadece günışığına bağlı kumanda sistemleridir. Bu sistemler; özellikle günışığının bol olduğu ve gündüz çalışılan ortamlarda, günışığına bağlı olarak aydınlatmayı anahtarlama suretiyle otomatik olarak ayarlayan kumanda sistemleridir [12,18]. Günışığına bağlı olarak fotoseller kullanılarak anahtarlama tekniği ile sağlanabilecek enerji tasarrufunun %15 civarında olduğu söylenmektedir [18]. Bu sistemlerde yapılan işlem, içerideki günışığı istenilen aydınlık düzeyinin üzerine çıktığında içerideki ışıkların söndürülmesi esasına dayanır. Fakat bu sistemlerde hem adaptasyonu zorlukları olmakta hem de iyi bir enerji tasarrufu elde edilememektedir [18].

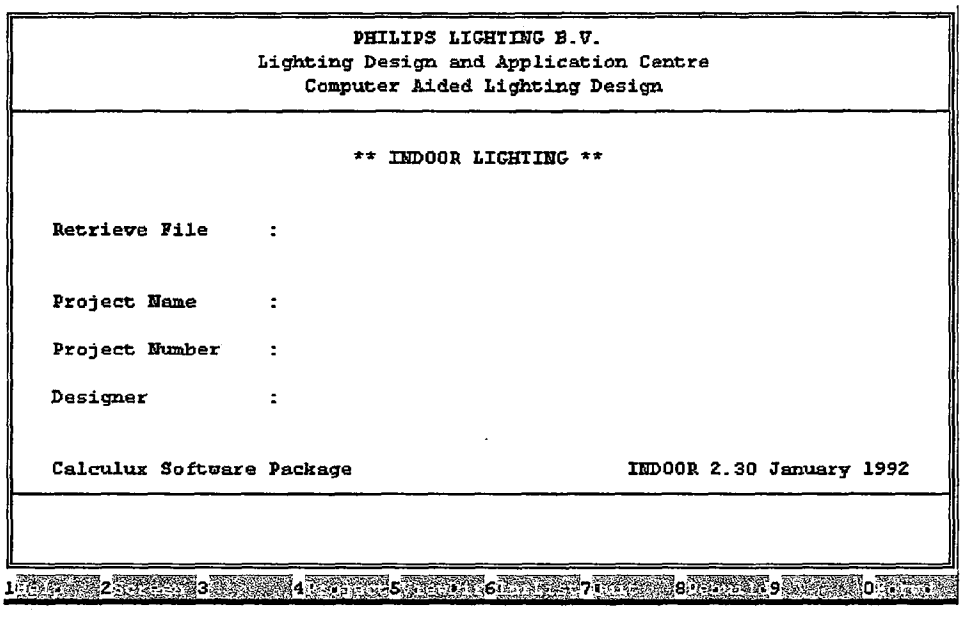
Bu çalışmada; gündüz çalışılan ve günışığının bol olduğu ortamlarda aydınlatmaya kumanda eden bir düşünce üzerinde, pencereden geriye doğru armatür gruplarının sırayla gruplandırılarak kademeli olarak devreye alınıp çalıştırılması amaçlanmıştır. Çalışma alanı Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümünde bulunan Elektrik Devreleri laboratuarı seçildi. Bu laboratuarda günde 10 ders saati uygulamalı deneyler yapılmaktadır. Laboratuarda derslere girişte, sabah saatlerinde aydınlık düzeyinin yetersiz olmasından dolayı lambalar içeriye girişte yakılmaktadır. Kullanıcıların lambaları günışığının yetersizliği sebebiyle açmasından sonra günışığı yeterli düzeye geldiğinde bunun farkına varıp bazı lambaları kapatması sağlanamamaktadır. Bununla birlikte çalışma saatleri dışında lambaların açık unutulması gibi hatalar da enerji kaybına yol açmaktadır.

Bu çalışmada ilk önce PHILIPS tarafından geliştirilmiş aydınlatma hesap programı Calculux yardımı ile içeride kullanılması gereken armatür grup sayıları ve yerleştirme düzeni hesaplandı. Bu program DOS formatında yazılmış; iç, dış ve yol aydınlatma hesaplarında parametrelerin girişiyle istenilen armatür ve ampul tipine göre kaç ampul ve armatür kullanılacağını ve nasıl yerleştirileceğini hesaplayan bir bilgisayar programıdır. Programın EXE file' ı çalıştırıldığında ekrana Şekil 6.1' deki gibi bir ana menü gelmektedir. Buradan yön tuşlarıyla iç aydınlatma seçeneği seçilerek enter tuşuna basılır.



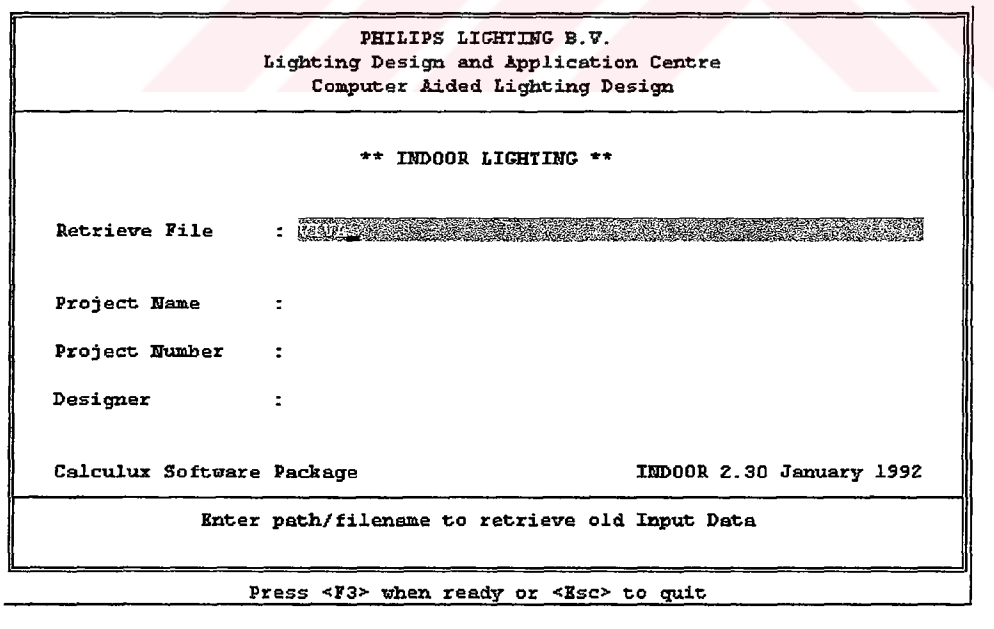
Şekil 6.1 Ana menü

Bir sonraki ekran görüntüsü Şekil 6.2' de görülmektedir. Burada daha önce çalışılmış bir dosya çağrılır.



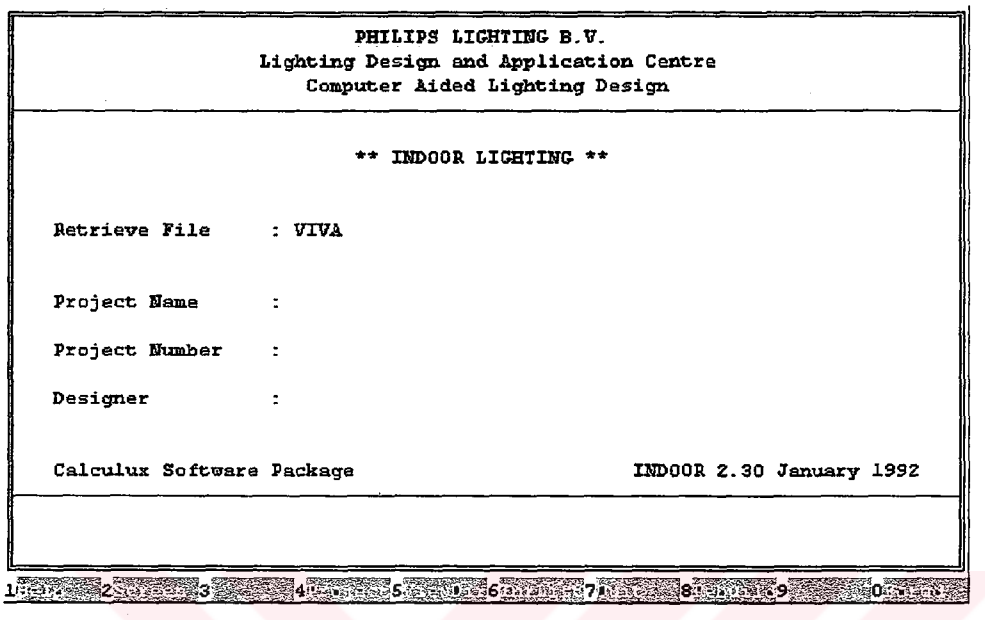
Şekil 6.2 Dosya çağırma ekranı

Burada F2 tuşuyla ekran içerisine girilir. Eğer daha önce çalışılmış bir dosya varsa dosya yükle seçeneğine dosyanın adı yazılarak çağrılır. Uygulama dosya adı VIVA ismiyle adlandırılmıştır (Şekil 6.3).



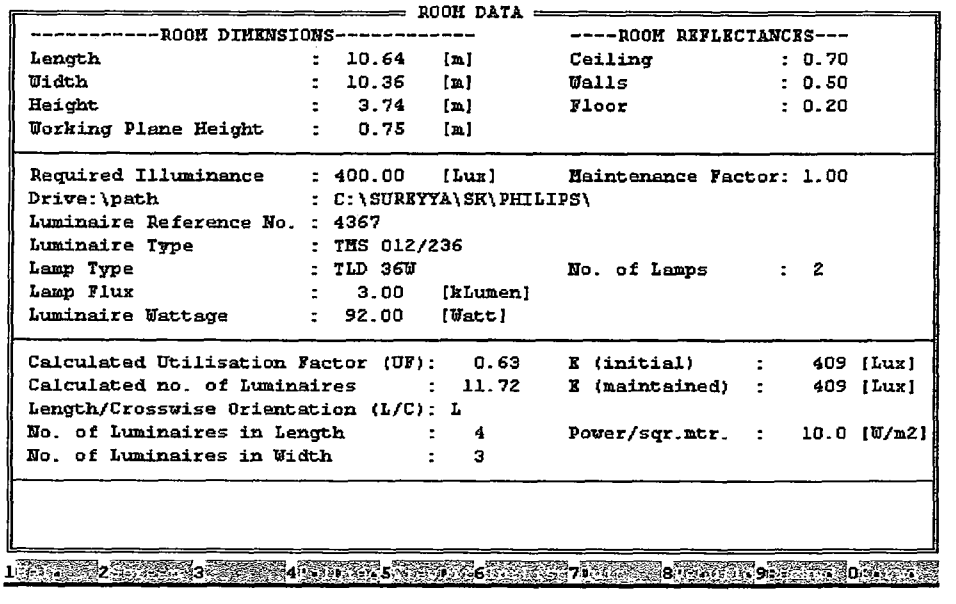
Şekil 6.3 Daha önce çalışılmış bir dosyanın çağrılması

Dosya ismi girilip F3 tuşuyla onaylandıktan sonra dosya yüklemesi tamamlanır (Şekil 6.4). Daha sonra F10 ileri ve F9 geri tuşlarıyla ekran görüntüsü değiştirilir.



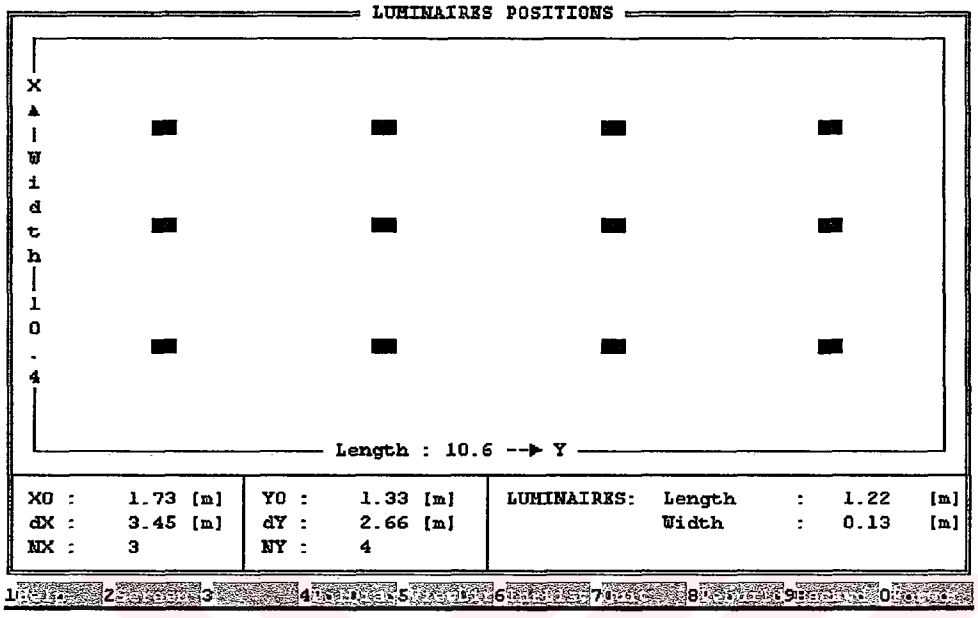
Şekil 6.4 Girilen dosya adının onaylanması

F10 tuşuyla bir sonraki ekran getirilir. Burada F2 tuşuyla oda boyutları, yansıtma faktörleri, istenen aydınlık düzeyi değeri, kullanılması düşünülen armatür ve uygun ampul tipi seçimi yapılıp enter tuşuna basılınca kaç armatür ve ampul kullanılacağı, ortalama aydınlık düzeyi değeri hesaplanır (Şekil 6.5).



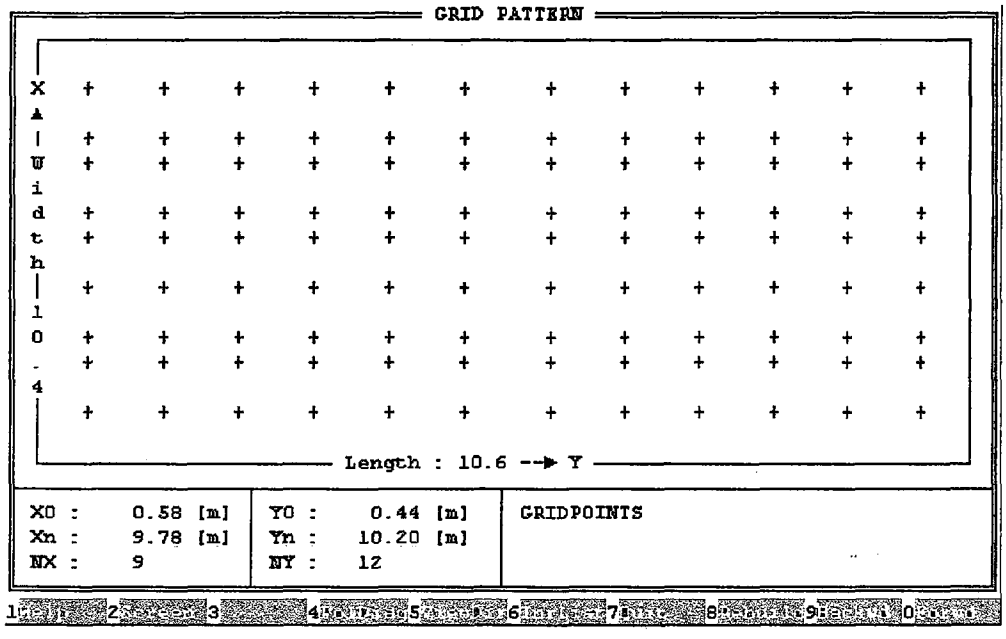
Şekil 6.5 Dahili ortamın çalışma parametreleri

F3 tuşuyla onaylandıktan sonra F10 ileri tuşuyla bir sonraki ekran getirilir. Burada armatür gruplarının yerleşim şekli bulunmaktadır (Şekil 6.6). Alt kısımda armatürlerin duvarlardan ve birbirlerinden mesafeleri de hesaplanmaktadır.

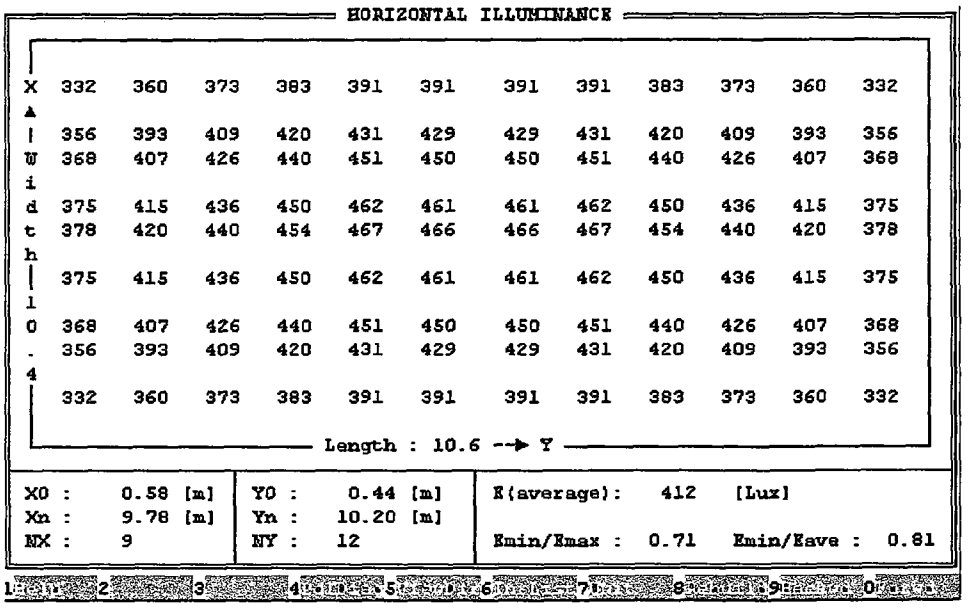


Şekil 6.6 Armatürlerin ortam içerisinde yerleşim planı

F10 tuşuyla bir sonraki ekran görüntüsü getirildiğinde Şekil 6.7' de çeşitli noktalarda hesaplanan aydınlık düzeylerinin yerleri görülmektedir. Bir sonraki ekran görüntüsü Şekil 6.8' de bu noktalardaki aydınlık düzeyi değerlerinin sayısal değerleri ve ortalama aydınlık düzeyi değeri görülmektedir.

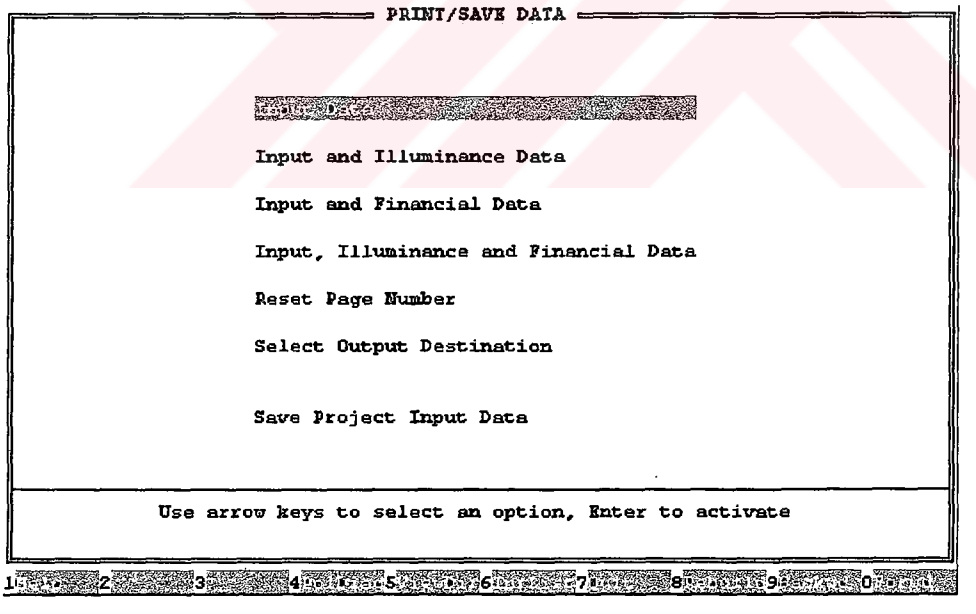


Şekil 6.7 Çeşitli yerlerdeki aydınlık düzeyi değerleri



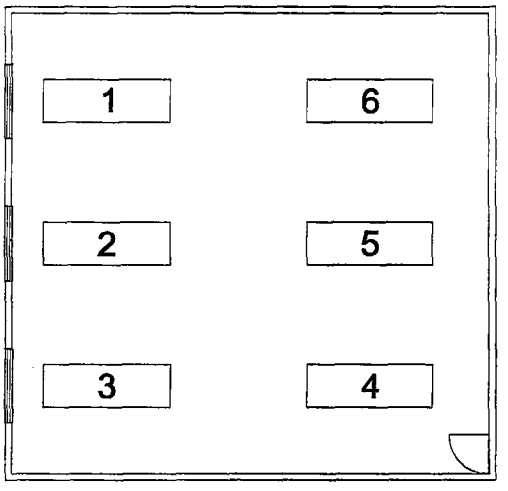
Şekil 6.8 Hesaplanan aydınlık düzeyi değerleri

F10 tuşu ile bir sonraki ekran görüntüsü çağırıldığında (Şekil 6.9) bu ekrandan oda parametrelerinin ve aydınlık düzeyi ile ilgili biraz önceki şekillerin ekran çıktıları alınabilmektedir. Ayrıca yeni çalışılan bir dosyanın kaydedilmesi de bu ekran menüsünden yapılmaktadır.



Şekil 6.9 Yazıcı çıktısı ve dosya kayıt ekran menüsü

Daha sonra çalışmanın yapılacağı laboratuarda deneylerin yapıldığı masalar, pencere tarafındaki masalar 1-2-3 ve iç taraftaki masalar 4-5-6 olmak üzere numaralandırıldı (Şekil 6.10). Pazartesi, Çarşamba ve Cuma günleri 09:00, 12:00, 15:00 ve 17:00 saatlerinde bu laboratuarda deney esnasında masalar

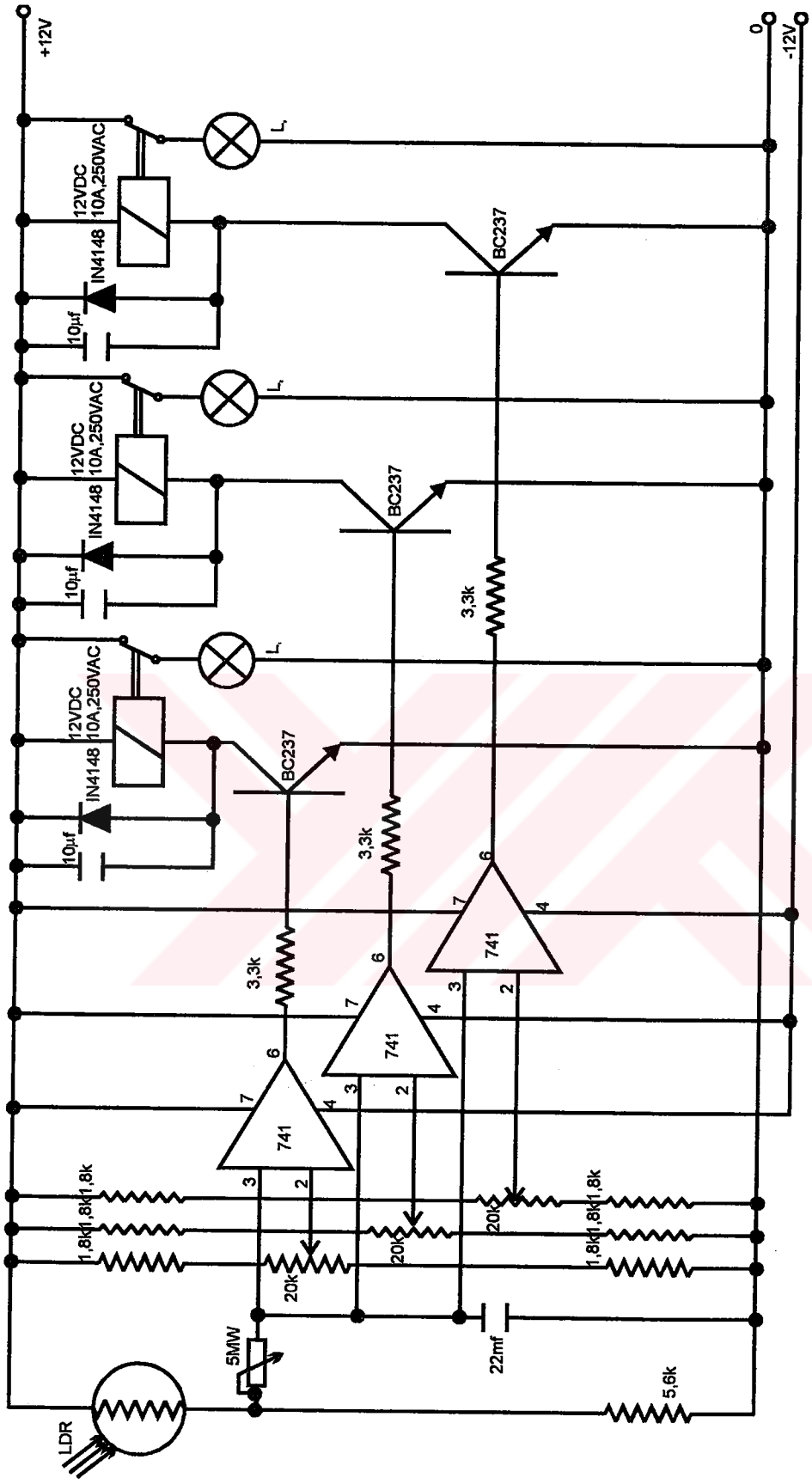


Şekil 6.10 Laboratuar çalışma masaları yerleşim planı

üzerindeki aydınlık düzeyleri üç ay süreyle ölçüldü. Bütün lambalar açık iken ve kapalı iken aydınlık düzeyi değerleri alındı. Ekler tablo 1' deki 3 Şubat 1997 tarihine bakılırsa sabah saatlerinde 09:00 bütün lambalar kapalı iken içerideki aydınlık düzeyinin bütün masalarda yetersiz olduğu, saat 12:00' ye bakıldığında ise pencere tarafındaki masalarda aydınlık düzeyinin yeterli düzeyde olduğu, fakat iç taraftaki masalarda bütün lambalar açık iken normal değere erişilebildiği gözlendi. Saat 15:00, 17.00' de içerideki aydınlık düzeyleri yetersiz olduğundan bütün lambaların açık olması gerekmektedir.

Bir sonraki aşamada pencereden geriye doğru armatürlerin bağlantıları sökülüp birinci sıra, ikinci sıra, üçüncü sıra ve dördüncü sıra olarak gruplandırıldı. Açık havanın olduğu bir gün pencereden geriye doğru lambaları söndürerek masalar üzerindeki aydınlık düzeyleri ölçüldü. Havanın bulutsuz ve güneşli olmasına karşın ilk 3 sıra lambalar söndürüldüğü halde cam tarafındaki masalarda oldukça yüksek bir aydınlık düzeyinin elde edildiği fakat dördüncü sıra lamba grubunun da devreden çıkartılmasıyla iç taraftaki masalarda aydınlık düzeyinin yeterli düzeyde olmadığı görüldü. Ancak dördüncü sıra lambalar sürekli devrede olduklarında içeride düzgün bir aydınlık düzeyinin elde edilebildiği tespit edildi. Bundan sonra yapılması gereken devrenin üç sıra lamba grubunu kontrol etmesi gerektiğine karar verildi.

Amaçlanan işlevi yerine getirebilecek bir elektronik devrenin tasarımının yapılmasına çalışıldı (Şekil6.11). Bu devrenin laboratuardaki mevcut deney setleri üzerinde istenilen şekilde çalışması gerçeklendi. Burada istenilenler,



Şekil 6.11 Uygulama Devresi Bağlantı Şeması

şeklinde içeride arzu edilen aydınlık düzeyi değeri ayarlı bir trimpot yardımıyla devreye girilir.

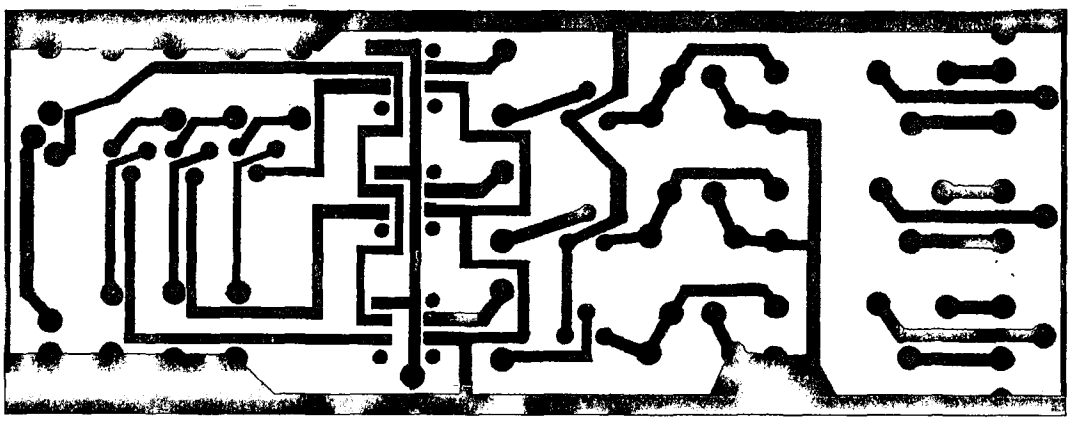
Bu değer, içerideki aydınlık düzeyi bir lüksmetre ile ölçülüp istenilen değere geldiğinde trimpotun direncinin azaltılıp rölenin aktif olması suretiyle ayarlanır. Diğer kademeler içinde masalar üzerinde açık havalarda yapılan ölçümler yoluyla ayarlama yapıldı. Buradaki devre, fotosele gelen günışığının fotoselin direncini azaltması ve opampın karşılaştırma yaparak bir transistörü sürmesi ve bağlı bulunan 12V DC bobin ve 250V AC kontak özelliklerine sahip bir rölenin çalışmasını sağlar. Rölenin normalde kapalı kontağı üzerinden lambaların sürekli devrede olması mantığıyla lambalar çalışan devre, günışığı istenilen düzeye geldiğinde arzulanan ve algılanan aydınlatma düzeylerini karşılaştırıp röleyi çalıştırarak ilk grup lambaları devreden çıkartarak ortamdaki gereksiz kamaşmaları önler (Şekil 6.12).



Şekil 6.12 Elektronik devre prensip şeması

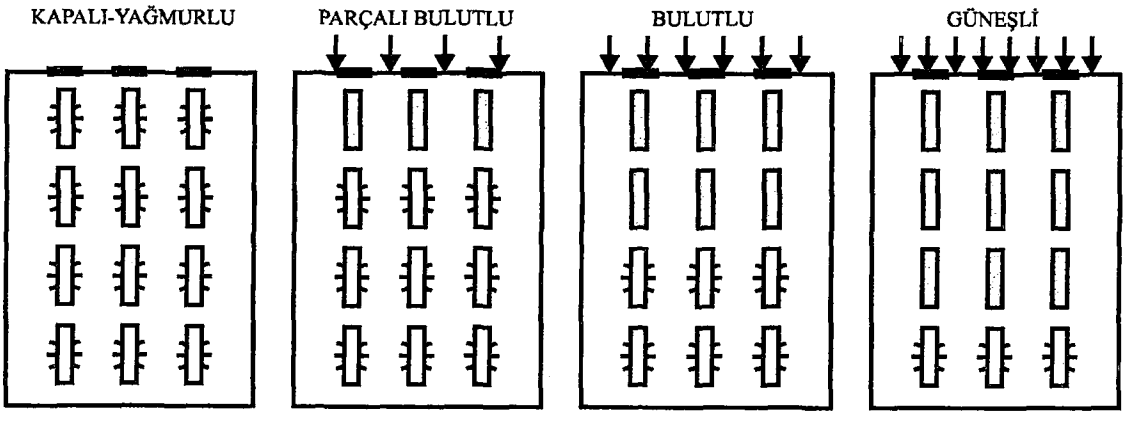
Burada fotoselin geçici değişikliklerden (bulut, kuş vb.) etkilenmemesi için bir zaman gecikmesi düşünülmüştür. Sensör önüne gelen geçici gölgelemeler yüzünden içerideki lambaların gereksiz anahtarlanmasının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Daha sonra bu devrenin 3 kademeli şeması çıkartılıp bu şekilde de çalıştığı kontrol edildi.

Devrenin kart üzerine montajı tamamlanıp bu şekilde de çalıştığı test edildi. Kartın çalışma gerilimi 12 V olduğu için bir de güç kaynağı tasarlandı. Tasarlanan devrenin sağlıklı çalışması sağlandıktan sonra baskı devresi çıkartıldı (Şekil 6.13). Bu baskı devre üzerine devre elemanlarının montajı yapılıp güç kaynağı ile ayrı ayrı kutulanarak hazır hale getirildi.



Şekil 6.13 Uygulama Devresi Baskı Devre Şeması

Uygulama devresini, laboratuarda pencere kenarında ve fotoselin günışığını rahatça algılayabileceği bir yere yerleştirildi. Devrenin enerji beslemesi ve armatürlerin bağlantıları buraya getirildi. Bu arada harcanan enerjinin tespiti içi bir sayaç kullanıldı. Bağlantılar tamamlandıktan sonra devrenin kademelerinin aydınlık düzeyi ayarlarına geçildi. Ayarların yapılması için açık havanın olduğu bir gün masalar üzerindeki aydınlık düzeyi değerleri ölçüldü. Pencereden geriye doğru üç referans noktasında aydınlık düzeyleri arzu edilen düzeylere geldikçe her lamba grubunun bağlı bulunduğu röle ayar trimpotunun yardımıyla anahtarlanarak lambaların devreden çıkartılması sağlandı (Şekil 6.14).



Şekil 6.14 Lamba gruplarının kademeleri

Bu aşamadan sonra uygulama deneylerine başlandı. Değer alma süresi olarak; örgün öğretim ders başlama saati olan saat 08:40' da lambalar yakıldı ve öğlen yemek arası saat 11:30' da lambalar söndürüldü. Öğleden sonraki ders

girişlerinde tekrar lambalar yakıldı ve akşam ders bitimi olan 17:00' de lambalar söndürülerek laboratuar kapatıldı. Toplam 7 saat 20 dk laboratuar ders saatleri içerisinde 1 lamba grubunun ve 3 lamba grubunun tükettikleri elektrik enerjisi ayrı ayrı günlerde ölçüldü. Ertesi gün değerlerin alınmasına başlandı, her gün ders saatleri başında ve sonunda sayaç değerleri kaydedildi.

Her gün alınan değerler bir tablo halinde düzenlenip incelendiğinde enerji tasarrufunun amaçlandığı açık ve parçalı bulutlu havalarda elde edilen enerji tasarrufunun %30-35' lerde olduğu görüldü. Bu deneyler esnasında sadece günışığına bağlı (fotoselli) kademeli anahtarlamalı bir kontrol ile bu enerji tasarrufunun sağlanabildiği ortaya konuldu. Daha önceki bilgilerden hatırlanacağı üzere fotoselli günışığına bağlı bir kontrol sistemi ile %15 enerji tasarrufu elde edilebileceği söylenmişti. Eğer deneyler esnasında yapılan kademeli günışığına bağlı kontrol ile birlikte enerji tasarruflu elektronik balastlar ve ampuller kullanımıyla daha da yüksek bir enerji tasarrufunun elde edilebileceği açıkça görülmektedir. Burada kademe sayısı arttırılarak iç hacimde daha da düzgün bir aydınlık düzeyinin elde edilmesi mümkündür.

Tablo 6.1 Uygulama deney sonuçları

23.10.98	parçalı bulutlu	Cuma	26.10.98	kapalı-yağmurlu	P.tesi	27.10.98	kapalı-yağmurlu	Salı	28.10.98	bulutlu	Çarş.
08:40	124.4		08:40	140.52	128.56	08:40	151.9		08:40	162.78	
11:30			11:30			11:30			11:30		
12:30			12:30			12:30			12:30		
17:00	128.56		17:00	146.9	134.94	17:00	157.76		17:00	167.44	
	4.16	6.38		6.38	6.38		5.86	6.38		4.66	6.38
	tasarruf	2.22		tasarruf	0		tasarruf	0.52		tasarruf	1.72
%	34.79623824	34.8	%	0	0	%	8.150470219	8.2	%	26.95924765	27
02.11.98	bulutlu	P.tesi	03.11.98	parçalı-bulutlu	Salı	04.11.98	güneşli	Çarş.	05.11.98	parçalı-bulutlu	Pers.
08:40	172.42		08:40	181.46		08:40	190.46		08:40	198.18	
11:30			11:30			11:30			11:30		
12:30			12:30			12:30			12:30		
17:00	176.94		17:00	185.56		17:00	194.21		17:00	202.34	
	4.52	6.38		4.1	6.38	6.4	3.75	6.38		4.16	6.38
	tasarruf	1.86		tasarruf	2.28		tasarruf	2.63		tasarruf	2.22
%	29.15	29.2	%	35.73667712	35.7	%	41.22257053	41.2	%	34.79623824	34.8
06.11.98	güneşli	Cuma	09.11.98	bulutlu	P.tesi	10.11.98	güneşli	Salı	11.11.98	güneşli	Çarş.
08:40	205.7		08:40	212.94		08:40	220.94		08:40	228.09	
11:30			11:30			11:30			11:30		
12:30			12:30			12:30			12:30		
17:00	209.54		17:00	217.44		17:00	224.72		17:00	231.91	
	3.84	6.38		4.5	6.38		3.78	6.38		3.82	6.38
	tasarruf	2.54		tasarruf	1.88		tasarruf	2.6		tasarruf	2.56
%	39.81191223	39.8	%	29.46708464	29.5	%	40.7523511	40.8	%	40.12539185	40.1
12.11.98	parçalı-bulutlu	Pers.	13.11.98	bulutlu	Cuma	16.11.98	kapalı-yağmurlu	P.tesi	17.11.98	bulutlu	Salı
08:40	235.51		08:40	243.62		08:40	251.46		08:40	263.28	
11:30			11:30			11:30			11:30		
12:30			12:30			12:30			12:30		
17:00	239.62		17:00	248.06		17:00	257.58		17:00	267.83	
	4.11	6.38		4.44	6.38		6.12	6.38		4.55	6.38
	tasarruf	2.27		tasarruf	1.94		tasarruf	0.26		tasarruf	1.83
%	35.5799373	35.6	%	30.40752351	30.4	%	4.07523511	4.1	%	28.68338558	28.7

SONUÇ

Yeryüzündeki enerji kaynaklarının tükenmekte olması; insanoğlunu alternatif enerji kaynakları bulmaya, mevcut enerji kaynaklarını ise maksimum verimle ve tasarrufla kullanmaya itmiştir.

Elektrik enerjisinin de en temiz ve verimli enerji kaynaklarından birisi olması bir sonu olmadığı anlamına gelmemektedir. Bugün ülkemizde elektrik enerjisi termik ve hidroelektrik santrallardan elde edilmektedir. Termik santralların yakıtları fosil yakıtlar olduğu için tükenir enerji kaynakları sınıfına girmektedirler. Hidroelektrik santrallar ise baraj göllerinin zaman içinde nehirlerden gelen kum ve toprakla dolması tehlikesiyle karşı karşıyadır. Bu sebeplerden yaşamımızın her alanında karşımıza çıkan bu enerji çeşidinin de israf edilmemesi yeni bir enerji kaynağı olarak ortaya çıkacaktır.

Günümüzde ofis tabanlı binaların artması ve geceleri de sosyal yaşantının bütün canlılığıyla devam etmesi nedeniyle yapay aydınlatmanın kullanım sahası genişlemiştir. Bu nedenlerle 1970' li yıllarda sanayi bölgeleri dışında dünyadaki toplam elektrik enerjisi harcamalarının %3-5' i aydınlatmaya harcanırken, günümüzde %50' lere çıkmıştır. Dolayısıyla yapay aydınlatma sistemlerinde yapılabilecek enerji tasarrufunun getireceği faydalar ortadadır.

Aydınlatma tesislerinde yapılacak tasarruflar, ortamdaki aydınlık düzeyini sağlıklı sınırlar içinde tutarken enerji tüketimini en aza indirmek şeklinde olmalıdır. Yoksa insanların aydınlanmasını kısıtlamak hiçbir şekilde sağlıklı ve onaylanan bir yöntem değildir. Aydınlatmada enerji tasarrufu yapmak için kimi zaman çok basit işlemler yeterlidir. Tüketicilerin bilinçlendirilmesi yoluyla, kullanmadıkları hacimlerde gereksiz ışık kullanımının önlenmesi ile enerji tasarrufu sağlanabilir. Enerji tasarruflu ışık kaynakları ve aydınlatma araçları kullanılarak, enerjinin kullanılmadan boşa harcanmasının önüne geçilebilir. Örneğin 15W' lık kompakt flüoresan bir ampulün verdiği ışık akısı 75W' lık akkor flamanlı bir ampulün verdiği ışık akısına eşittir. Eğer Türkiye' de 15 milyon aile var kabul edersek, her bir ailenin evinde bir adet akkor flamanlı

ampul yerine bir adet kompakt flüoresan ampul kullanılırsa lamba başına 60W enerji tasarrufu sağlanır. Bu lambanın bir yıl içerisinde 1000 saat yandığı kabul edilirse toplam enerji tasarrufu; [$15 \times 10^6 \times 1000 \times 60 = 900 \times 10^9$ Wh/yıl = 900 000 MWh/yıl] olur.

Sadece tek bir ampul ile elde edilebilecek tasarruf göz önüne alınırsa aydınlatma tesislerinde yapılacak bir tasarrufun büyüklüğünün ülke ekonomisine yapacağı katkılar oldukça büyüktür.

Bu çalışmada; sürekli yapay aydınlatma gereksiniminin olduğu (gündüzleri) binalarda pencereden giren günışığının etkisi dikkate alınmadan yapılan bir aydınlatmanın hem sağlıklı hem de ekonomik olmayacağı ortadadır. Günışığına bağlı olarak fotosel yardımıyla aydınlatmanın tek bir yerden anahtarlanması ile elde edilebilecek enerji tasarrufunun %15' lerde olduğu söylenmektedir. Burada armatür gruplarının pencereden geriye doğru kademeli olarak günışığına bağlı olarak anahtarlanması fikriyle yola çıkılmıştır. Bu çalışmayla elde olunacak enerji tasarrufunun daha yüksek olacağı ve dahili ortamlarda daha düzgün bir aydınlık düzeyinin elde edilebileceği amaçlanmaktaydı.

Yapılan deneyler sonucunda güneşli ve açık havanın olduğu günlerde elde edilen enerji tasarrufunun %35 ve %40 arasında olduğu gözlendi. Bu çalışma sonucunda; daha önceden yapılan kademeli kontrol sistemleriyle, günışığına bağlı kontrolün birarada kullanılmasıyla hem daha ekonomik hem de daha verimli bir sistem ortaya konuldu. Daha da ileri bir aşamada bu amacın mikroişlemci yardımıyla gerçekleştirilmesi bu sistemi daha da verimli bir hale getireceği kanısındayım.

KAYNAKLAR

1- ÖZKAYA, M. 1998. Aydınlatma Tekniği, İTÜ İstanbul.

2- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA, 1987. IES Lighting Handbook Application Volume, Newyork.

3- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA, 1984. IES Lighting Handbook Reference Volume, Newyork.

4- PHILIPS LIGHTING MANUAL, 1993. Eindhoven The Netherland Fifth Edition.

5- ERKAN, N. 1988. Ergonomi, MPM Ankara.

6- AYDINLATMA PROGRAMI, 96/97. OSRAM.

7- ÖNCEL, A.İ. 1996. Ofis Aydınlatması, İTÜ FBE İstanbul.

8- TAN, UFUK. 1987. İşgücü Verimliliğini Etkileyen Çevresel Faktörler, İTÜ FBE İstanbul.

9- ONAYGİL, S., DEMİR, N.1996/1. "Ofis Aydınlatmasında Enerji Tasarrufu", Kaynak Elektrik Dergisi 87-92.

10- ONAYGİL, S. 1993/6. "Aydınlatmada Işık Renginin Önemi", Kaynak Elektrik Dergisi 74-77.

11- EREN, T. 1995/11. "Işık Kontrol Sistemleri", 3e Enerji, Elektrik,Elektronik Dergisi 48-50.

12- İBRAHİM, DOĞAN. 1995. "Elektronik Işık Sensörleri ve Otomatik Işık Kontrolü", 1.Aydınlatma Kongresi Tebliğleri 134-140.

13- ONAYGİL, S., DEMİR, N.1995. "Ofislerde Tercih Edilen Aydınlık Düzeyi Değerleri", 1.Aydınlatma Kongresi Tebliğleri 88-93.

14- CRİSP, V.H.C. 1983/1. "Lighting Controls To Save Energy", International Lighting Rewiew 16-21.

15- 1. AYDINLATMA KONGRESİ TEBLİĞLER KİTABI, 1995.

16- SİREL Ş. 1997. Aydınlatma Sözlüğü, YEM İstanbul.

17- ŞEREFHANOĞLU M. 1972. "Konutlarda Aydınlatma", İstanbul.

18- DEMİR, N., ONAYGİL, S.1994. "Ofislerde Tercih Edilen Aydınlık Düzeyi Değerleri", Elektrik Mühendisliği 6. Ulusal Kongresi.

19- Saçan, O.1995. "Türkiye' de Aydınlatma Tekniği", 3e Dergisi Aralık, 36-41.

EKLER-A

ELEKTRİK DEVRELERİ LABORATUVARI ÖLÇÜMLERİ

Saat = 9:00

Masa No	03.02.97		05.02.97		07.02.97		10.02.97		12.02.97		14.02.97		17.02.97		19.02.96		21.02.97		24.02.97		26.02.97		28.02.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	380	252	390	254	405	255	430	258	425	261	450	262	455	264	450	265	458	268	490	268	500	270	540	280	447.75	263.08
2	390	254	390	257	415	258	432	260	430	264	452	265	462	267	455	269	462	270	495	274	510	278	548	275	453.42	265.92
3	370	187	375	190	390	203	402	210	404	219	433	224	442	235	440	240	450	254	484	257	490	258	520	260	433.33	228.08
4	300	90	302	92	300	94	295	96	302	98	310	102	314	108	316	110	318	115	319	117	320	118	320	120	309.67	105.00
5	300	90	300	90	301	92	294	94	302	97	308	100	309	104	310	107	314	110	317	118	317	120	318	122	307.50	103.67
6	300	85	295	86	298	89	295	90	300	97	306	102	308	104	310	107	312	112	314	119	314	118	315	117	305.58	102.17

Tablo 1

Saat = 12:00

Masa No	03.02.97		05.02.97		07.02.97		10.02.97		12.02.97		14.02.97		17.02.97		19.02.96		21.02.97		24.02.97		26.02.97		28.02.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	575	400	580	402	585	406	588	408	590	410	592	413	594	415	596	415	597	417	597	418	599	420	600	420	591.08	412.00
2	590	396	592	390	595	392	598	392	560	391	598	394	600	394	605	395	608	396	608	396	610	397	610	397	597.83	394.17
3	582	390	586	390	590	390	594	392	594	391	596	393	597	394	598	396	598	396	599	396	600	397	602	397	594.67	393.50
4	310	170	318	172	320	172	320	173	348	175	356	178	364	181	372	184	370	186	380	187	400	189	410	190	355.67	179.75
5	306	167	310	169	316	171	318	173	320	173	330	174	300	178	302	181	350	182	362	182	370	185	380	188	330.33	176.92
6	320	162	324	163	328	165	330	168	336	170	338	171	342	174	348	176	349	180	350	180	350	183	350	185	338.75	173.08

ELEKTRİK DEVRELERİ LABORATUVARI ÖLÇÜMLERİ

Saat = 15:00

Masa No	03.02.97		05.02.97		07.02.97		10.02.97		12.02.97		14.02.97		17.02.97		19.02.96		21.02.97		24.02.97		26.02.97		28.02.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	328	132	330	133	336	134	336	134	340	135	341	135	342	135	345	137	345	137	352	140	354	142	355	142	342.00	136.33
2	335	134	340	135	340	136	342	136	348	140	352	142	356	144	360	146	365	146	368	148	372	150	378	150	354.67	142.25
3	328	120	332	120	336	124	337	125	340	126	340	126	341	128	342	128	342	129	345	120	348	130	348	132	339.92	125.67
4	320	70	322	73	328	74	330	74	332	76	335	78	335	80	336	85	338	90	338	94	340	98	342	100	333.00	82.67
5	290	66	294	67	298	67	302	70	310	72	314	74	314	75	320	80	322	84	325	88	328	92	330	94	312.25	77.42
6	270	65	275	65	280	66	285	69	290	69	295	70	296	72	298	76	300	78	300	80	305	84	306	88	291.67	73.50

Saat = 17:00

Masa No	03.02.97		05.02.97		07.02.97		10.02.97		12.02.97		14.02.97		17.02.97		19.02.96		21.02.97		24.02.97		26.02.97		28.02.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	200	30	220	40	225	55	230	60	236	66	242	74	248	80	255	86	260	94	270	98	284	100	295	110	247.08	74.42
2	224	30	230	55	237	58	246	60	250	68	255	82	264	86	270	88	278	100	285	102	297	108	308	116	262.00	79.42
3	200	20	210	25	218	26	220	30	236	34	234	42	240	48	248	50	258	55	272	60	260	70	260	78	238.00	44.83
4	230	30	230	24	236	24	238	28	238	34	248	45	260	50	280	54	280	57	290	65	292	75	290	84	259.33	47.50
5	200	18	210	20	215	22	218	24	225	28	230	35	235	40	245	45	256	48	268	52	280	58	280	62	238.50	37.67
6	198	15	200	16	200	16	202	18	205	20	206	25	208	30	212	34	220	36	225	40	230	45	234	48	211.67	28.58

Tablo 2

ELEKTRİK DEVRELERİ LABORATUVARI ÖLÇÜMLERİ

Saat = 9:00

Masa No	03.03.97		05.03.97		07.03.97		10.03.97		12.03.97		14.03.97		17.03.97		19.03.96		21.03.97		24.03.97		26.03.97		28.03.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	390	290	550	310	435	270	400	275	405	278	408	280	410	285	440	286	450	289	500	292	600	310	602	315	465.83	290.00
2	420	270	560	300	450	290	430	279	440	280	464	284	475	289	495	290	510	293	540	295	610	320	600	324	499.50	292.83
3	380	190	540	300	430	255	400	275	405	277	406	279	409	283	435	284	446	286	490	290	490	295	510	298	445.08	276.00
4	270	120	450	140	380	140	380	142	370	143	370	144	372	145	375	148	378	149	378	149	380	150	382	150	373.75	143.33
5	340	150	450	130	380	130	370	131	365	132	362	132	365	134	366	135	366	137	368	138	350	138	355	140	369.75	135.58
6	320	150	400	130	390	125	365	125	362	126	360	126	340	127	350	129	360	130	360	132	340	132	352	133	358.25	130.42

Tablo 3

Saat = 12:00

Masa No	03.03.97		05.03.97		07.03.97		10.03.97		12.03.97		14.03.97		17.03.97		19.03.96		21.03.97		24.03.97		26.03.97		28.03.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	600	400	600	390	610	410	610	410	740	640	700	600	380	225	600	375	650	420	705	600	860	710	800	690	654.58	489.17
2	610	390	620	393	600	430	605	435	750	645	700	600	380	235	610	385	658	390	720	610	840	750	800	710	657.75	497.75
3	600	390	600	400	610	390	605	380	740	640	710	600	350	225	600	380	646	400	700	600	820	700	800	686	648.42	482.58
4	340	190	411	188	490	180	460	180	485	200	420	200	220	65	415	200	486	210	490	212	550	290	490	280	438.08	199.58
5	315	186	400	184	440	165	430	166	470	200	420	205	235	72	410	210	480	209	485	210	540	290	485	275	425.83	197.67
6	330	180	360	178	400	172	400	170	460	195	400	200	220	70	408	190	410	200	420	202	500	280	480	270	399.00	192.25

ELEKTRİK DEVRELERİ LABORATUVARI ÖLÇÜMLERİ

Saat = 15:00

Masa No	03.03.97		05.03.97		07.03.97		10.03.97		12.03.97		14.03.97		17.03.97		19.03.96		21.03.97		24.03.97		26.03.97		28.03.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	360	145	368	148	370	150	375	152	375	152	386	155	390	160	394	164	396	165	396	165	400	170	406	175	384.67	158.42
2	380	158	384	160	385	164	385	164	395	170	398	175	410	180	420	185	425	190	426	190	435	195	440	200	406.92	177.58
3	355	140	355	140	360	145	365	150	368	150	370	152	375	155	380	156	385	160	385	162	390	165	395	165	373.58	153.33
4	330	75	340	90	345	92	348	95	350	100	355	105	355	108	360	108	365	110	368	110	370	115	375	120	355.08	102.33
5	325	70	328	75	330	75	334	82	335	85	335	85	340	90	345	92	350	95	352	98	355	100	355	100	340.33	87.25
6	310	68	310	68	314	70	318	72	320	72	320	72	324	75	325	75	325	75	300	80	335	85	335	85	319.67	74.75

Saat = 17:00

Masa No	03.03.97		05.03.97		07.03.97		10.03.97		12.03.97		14.03.97		17.03.97		19.03.96		21.03.97		24.03.97		26.03.97		28.03.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	298	112	300	114	305	115	310	188	305	118	306	118	181	26	306	120	308	125	310	130	315	135	320	140	297.00	120.08
2	310	120	310	125	312	130	308	172	314	135	315	135	273	35	318	140	320	140	325	145	325	150	330	155	313.33	131.83
3	265	80	268	82	270	85	260	75	275	90	280	95	260	30	290	100	300	105	305	110	310	105	290	100	281.08	88.08
4	290	96	290	96	292	98	280	98	294	100	294	100	250	62	295	104	298	106	295	108	295	108	298	108	289.25	98.67
5	270	62	270	62	272	63	220	43	270	62	265	55	240	50	268	58	268	58	270	60	270	62	272	64	262.92	58.25
6	230	45	230	45	232	48	210	35	235	50	238	50	239	50	240	52	245	55	250	58	260	60	265	62	239.50	50.83

Tablo 4

ELEKTRİK DEVRELERİ LABORATUVARI ÖLÇÜMLERİ

Saat = 9:00

Masa No	02.04.97		04.04.97		07.04.97		09.04.97		11.04.97		14.04.97		16.04.97		18.04.97		21.04.97		23.04.97		25.04.97		28.04.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	602	316	603	316	603	320	600	320	605	325	608	330	610	335	615	340	618	348	620	350	625	360	626	365	611.25	335.42
2	608	330	608	332	609	335	610	340	615	345	620	350	624	356	628	362	622	368	630	370	636	376	642	384	621.00	354.00
3	603	302	604	310	604	315	605	318	605	320	606	324	607	326	610	330	614	336	617	344	620	350	620	360	609.58	327.92
4	384	150	386	151	386	152	400	152	405	153	408	153	410	154	415	154	420	154	424	155	428	155	428	156	407.83	153.25
5	356	142	358	142	370	144	415	144	400	143	404	144	406	146	410	146	415	148	420	148	420	150	422	150	399.67	145.58
6	356	136	358	136	365	137	400	138	402	138	404	140	406	142	408	144	412	145	415	145	416	146	416	148	396.50	141.25

Saat = 12:00

Masa No	02.04.97		04.04.97		07.04.97		09.04.97		11.04.97		14.04.97		16.04.97		18.04.97		21.04.97		23.04.97		25.04.97		28.04.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	720	620	750	640	760	650	764	658	772	670	780	680	782	684	788	690	794	700	800	715	815	728	830	750	779.58	682.08
2	760	650	800	680	800	690	805	700	810	710	818	730	824	745	834	758	845	766	850	780	868	780	880	785	824.50	731.17
3	710	600	730	600	740	610	742	615	750	630	758	650	764	660	775	675	780	685	789	698	795	700	800	715	761.08	653.17
4	485	214	490	215	500	224	514	235	524	246	536	258	540	263	545	278	550	289	554	298	568	300	576	320	531.83	261.67
5	480	212	490	214	495	220	510	234	518	240	520	255	538	260	540	275	546	285	550	296	564	300	570	318	526.75	259.08
6	420	202	425	204	438	215	450	226	467	230	475	238	485	247	500	255	520	265	525	270	530	280	550	290	482.08	243.50

Tablo 5

ELEKTRİK DEVRELERİ LABORATUVARI ÖLÇÜMLERİ

Saat = 15:00

Masa No	02.04.97		04.04.97		07.04.97		09.04.97		11.04.97		14.04.97		16.04.97		18.04.97		21.04.97		23.04.97		25.04.97		28.04.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	450	200	460	210	465	214	470	220	475	225	484	238	492	245	500	250	502	255	505	255	505	255	510	260	484.83	235.58
2	470	220	485	238	490	276	492	246	495	250	500	255	505	260	510	265	515	270	525	280	532	295	540	300	504.92	262.92
3	410	180	420	190	425	195	430	195	434	198	440	200	444	200	448	200	450	205	455	210	465	215	470	220	440.92	200.67
4	380	125	385	130	385	130	380	130	384	135	380	130	382	132	395	138	390	138	392	138	395	140	395	140	386.92	133.83
5	350	110	355	115	355	115	360	118	364	120	368	122	370	124	372	124	375	126	380	130	382	130	385	130	368.00	122.00
6	344	108	345	110	345	110	350	110	350	110	354	114	354	116	355	118	360	120	360	120	365	124	370	125	354.33	115.42

Tablo 6

Saat = 17:00

Masa No	02.04.97		04.04.97		07.04.97		09.04.97		11.04.97		14.04.97		16.04.97		18.04.97		21.04.97		23.04.97		25.04.97		28.04.97		ORTALAMA	
	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K	A	K
1	320	150	324	155	325	155	325	155	330	160	332	162	335	165	337	168	340	170	343	175	346	178	350	180	333.92	164.42
2	345	170	345	170	350	175	355	180	360	185	365	190	365	190	370	195	375	200	375	200	380	205	385	210	364.17	189.17
3	310	140	320	145	320	145	322	148	325	150	325	150	328	152	330	155	335	160	338	162	340	165	345	170	328.17	153.50
4	298	135	320	145	320	145	335	160	335	160	335	160	338	160	340	165	344	168	355	175	355	175	360	180	336.25	160.67
5	270	65	275	70	278	72	280	80	282	83	284	84	288	85	290	90	295	92	295	92	298	90	298	90	286.08	82.75
6	270	65	274	68	275	70	280	75	280	75	282	76	285	78	288	80	290	82	294	84	295	85	295	85	284.00	76.92

EKLER-B

PHILIPS LIGHTING B.V. Lighting Design and Application Centre Computer Aided Lighting Design	Calculux Software Package INDOOR 2.30 January 1992 Philips Lighting B.V.

Project Name :
Project Number :
Designer :

Lighting calculations

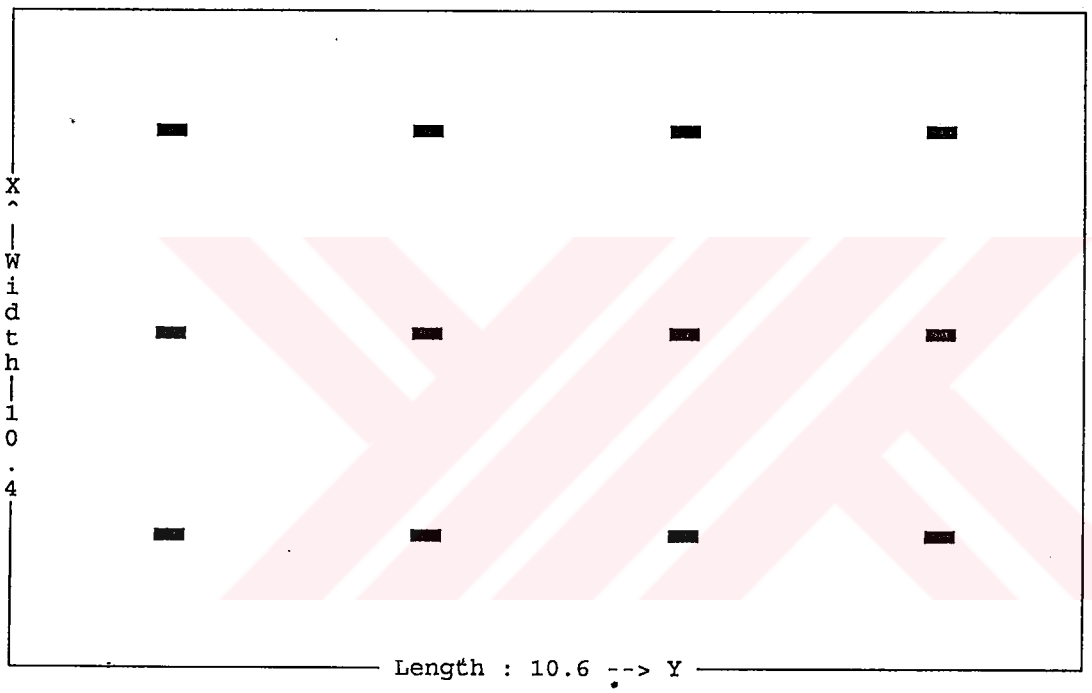
Room Dimensions	:	Length [m]	:	10.64
		Width [m]	:	10.36
		Height [m]	:	3.74
		Working plane height [m]	:	0.75
Room Reflectances	:	Ceiling	:	0.70
		Walls	:	0.50
		Floor	:	0.20
Luminaire Data	:	Luminaire Reference No.	:	4367
		Measuring Code	:	LVO 8188
		Luminaire Type	:	TMS 012/236
		Lamp Type	:	TLD 36W
		Number of Lamps	:	2
		Lamp Flux [kLumen]	:	3.00
		Luminaire Wattage [Watt]	:	92.00
		Orientation	:	Lengthwise
Installation Data	:	Required Illuminance [Lux]	:	400
		Maintenance Factor	:	1.00
Illuminance Values	:	Initial [Lux]	:	410
		Maintained [Lux]	:	410
Also calculated	:	Utilisation Factor (CIE)	:	0.63
		Power/square meter [W/m2]	:	10.02
		Total installed [kW]	:	1.10
Nr. of Luminaires	:	Lengthwise	:	4
		Crosswise	:	3
		Total	:	12

PHILIPS LIGHTING B.V.
Lighting Design and Application Centre
Computer Aided Lighting Design

Calculux Software Package
INDOOR 2.30 January 1992
Philips Lighting B.V.

Project Name :
Project Number :
Designer :

Point calculations



Luminaires	:	Start position	X0 [m] :	1.73
			Y0 [m] :	1.33
		Distance	dX [m] :	3.45
			dY [m] :	2.66
		Number of	NX [m] :	3
			NY [m] :	4

PHILIPS LIGHTING B.V. Lighting Design and Application Centre Computer Aided Lighting Design	Calculux Software Package INDOOR 2.30 January 1992 Philips Lighting B.V.

Project Name :
Project Number :
Designer :

Results of point calculations at working plane height

Total horizontal Illuminance in Lux

Maintenance Factor : 1.00

Y [m]	0.4	1.3	2.2	3.1	4.0	4.9	5.8	6.7	7.5	8.4	9.3	10.2
X [m]												
9.78	332	360	373	383	391	391	391	391	383	373	360	332
8.63	356	393	409	420	431	429	429	431	420	409	393	356
7.48	368	407	426	440	451	450	450	451	440	426	407	368
6.33	375	415	436	450	462	461	461	462	450	436	415	375
5.18	378	420	440	454	467	466	466	467	454	440	420	378
4.03	375	415	436	450	462	461	461	462	450	436	415	375
2.88	368	407	426	440	451	450	450	451	440	426	407	368
1.73	356	393	409	420	431	429	429	431	420	409	393	356
0.58	332	360	373	383	391	391	391	391	383	373	360	332

E(average) : 412 [Lux]
Emin/Emax : 0.71
Emin/Eave : 0.81

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÖZGEÇMİŞ

10.12.1973 tarihinde Susurluk'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Bandırma'da tamamladı. 1990 yılında Bandırma EML elektrik bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Marmara Üniversitesi TBMYO Elektrik bölümüne başladı. 1991 yılında Marmara Üniversitesi TEF Elektrik Eğitimi bölümüne başladı. 1995 yılında bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl Marmara Üniversitesi FBE Elektrik Eğitimi Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 1996 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Fakültesi Elektrik Eğitimi bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır.