

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DİNAMİK AYDINLATMA VE UYGULAMASI

Elektrik Mühendisi Engin GİRAY

**FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Tesisleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Adem ÜNAL

İSTANBUL, 2009

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|------|
| SİMGE LİSTESİ | iv |
| KISALTMA LİSTESİ | v |
| ŞEKİL LİSTESİ | vi |
| ÇİZELGE LİSTESİ | viii |
| ÖNSÖZ..... | ix |
| ÖZET | x |
| ABSTRACT | xi |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1 Işığın Tanımı..... | 1 |
| 1.2 Işığın Bilimsel Tarihçesi..... | 2 |
| 1.3 Işık Kaynakları..... | 6 |
| 1.3.1 Yapay Işığın Gelişimi | 7 |
| 1.3.2 Doğal Işık ile Yapay Işığın Karşılaştırılması..... | 9 |
| 2. IŞIK VE İNSAN | 11 |
| 2.1 Görme Duyumu | 11 |
| 2.1.1 Farketme Hızı | 15 |
| 2.2 Işığın Rengi..... | 16 |
| 2.2.1 Işığın Renk Sıcaklığı..... | 18 |
| 2.2.1.1 Benzer Renk Sıcaklığı (CCT - Correlated Color Temperature) | 23 |
| 2.2.2 Işığın Renksel Geriverim Endeksi (CRI - Color Rendering Index) | 25 |
| 2.2.3 Işığın Renksel Ölçümü | 26 |
| 2.2.3.1 Renk Sıcaklığı Ölçerler (Color Temperature Meter)..... | 33 |
| 2.3 Işığın Algılanması..... | 34 |
| 2.4 Işığın İnsan Üzerindeki Etkileri..... | 35 |
| 3. DİNAMİK AYDINLATMA | 41 |
| 3.1 Biyolojik Işık | 41 |
| 3.2 Biyolojik Işık ve Dinamik Aydınlatma Hakkındaki Araştırmalar..... | 43 |
| 3.3 Dinamik Aydınlatmanın İnsan Üzerindeki Etkileri | 45 |
| 3.3.1 Biyolojik Işığın İnsan Vücudunda Zindelik Etkisi | 48 |
| 3.3.2 Biyolojik Işığın Vücudun Ritmine Etkisi | 51 |
| 3.3.3 Biyolojik Işığın İnsan Performansına Etkisi..... | 53 |
| 3.4 Çalışma Alanlarında Dinamik Aydınlatma | 55 |
| 3.5 Dinamik Aydınlatma İle Kişiselleştirilebilen Işık | 57 |
| 4. DİNAMİK AYDINLATMA UYGULAMASI..... | 60 |
| 4.1 Kullanılan Malzemelerin Özellikleri | 60 |
| 4.2 Uygulamanın Çalışma Prensibi | 63 |
| 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 66 |

| | |
|----------------|----|
| KAYNAKLAR..... | 68 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 69 |

SİMGE LİSTESİ

| | |
|----------------|------------------|
| f | Frekans |
| Hz | Hertz |
| λ | Dalga boyu |
| lm | Lümen |
| lx | Lux |
| ⁰ K | Kelvin derece |
| ⁰ C | Santigrat derece |
| cd | Candela |
| nm | Nanometre |

KISALTMA LİSTESİ

| | |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|
| KÖ | Kızıl Ötesi |
| UV | Ultraviyole (Mor ötesi) |
| IR | İnfrared (Kızıl ötesi) |
| LED | Light Emmiting Diyote (Işık yayan diyot) |
| EEG | Electro Encophalo Gram (Beyin dalgaları grafiği) |
| K | Kelvin |
| C | Santigrat |
| CIE | Commission Internationale de l'Eclairages (Uluslararası aydınlatma komisyonu) |
| D65 | CIE 6500K beyaz ışık normu |
| A.B.D. | Amerika Birleşik Devletleri |
| CRI | Color Rendering Index (Renksel geriverim endeksi) |
| CCT | Correlated Color Temperature (Benzer renk sıcaklığı) |

ŞEKİL LİSTESİ

| | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 1.1 Elektromanyetik spektrum | 2 |
| Şekil 2.1 Gözün biyolojik yapısı | 11 |
| Şekil 2.2 Göz ile beyindeki görsel korteks arasındaki biyolojik yollar..... | 13 |
| Şekil 2.3 Spektral göz hassasiyet eğrileri | 14 |
| Şekil 2.4 Spektral biyolojik hareket eğrisi(mavi) ve görsel göz hassasiyet eğrisi(kırmızı) | 15 |
| Şekil 2.5 Gözün retina tabakasındaki koni hücreleri..... | 17 |
| Şekil 2.6 Işığın sıcaklık ile değişen rengi | 18 |
| Şekil 2.7 Isıtılan metalin yayımladığı ışınlar..... | 19 |
| Şekil 2.8 Teorik kara cismin farkı sıcaklıklarda yaydığı ışıkların spektral dağılımları | 20 |
| Şekil 2.9 Tipik güneş ışığı, 5780 K° 'deki kara cisim ve CIE D65 normu beyaz ışığın spektrumları . | 20 |
| Şekil 2.10 Güneş ışığının İspanya'nın Granada şehrinde yapılan ölçüm sonuçları (beyaz noktalar), CIE gümüşü eğrisi (üstte kalan aralıksız eğri) ve Planck eğrisinin (altta kalan üzerinde değerler olan aralıksız çizgi) CIE renklilik koordinatları üzerinde gösterimi. Sağ alt köşede ise CIE 1931 diyagramı ve Planck eğrisi görülmekte. | 21 |
| Şekil 2.11 Güneş ışığının A.B.D.'nin Granada şehrinde yapılan ölçüm sonuçları (beyaz noktalar), CIE gümüşü eğrisi (üstte kalan aralıksız eğri) ve Planck eğrisinin (altta kalan üzerinde değerler olan aralıksız çizgi) CIE renklilik koordinatları üzerinde gösterimi. | 21 |
| Şekil 2.12 Akkor flamanlı lamba ile floresan lambanın spektral güç dağılımları..... | 23 |
| Şekil 2.13 Tipik floresan lamba ile yüksek basınçlı civa buharlı lambanın spektrumları..... | 23 |
| Şekil 2.14 CIE 1931 chromaticity (renklilik) diyagramı üzerindeki Planck Eğrisi..... | 24 |
| Şekil 2.15 CIE renk eşleşme fonksiyonları (1931)..... | 27 |
| Şekil 2.16 CIE 1931 chromaticity (renklilik) diyagramı..... | 27 |
| Şekil 2.17 CIE 1931 chromaticity (renklilik) diyagramı üzerindeki yaklaşık renk alanlarının karşılıkları | 28 |
| Şekil 2.18 CIE 1960 chromaticity (renklilik) diyagramı..... | 29 |
| Şekil 2.19 CIE 1960 chromaticity (renklilik) diyagramı..... | 30 |
| Şekil 2.20 CIE 1931 Chromaticity (renklilik) diyagramı üzerinde gösterilen Planck Eğrisi ... | 31 |
| Şekil 2.21 2x24 Saatlik dilimde temel döngülerin grafiksel gösterimi | 35 |
| Şekil 2.22 İyi okuma için yaş ve ışık ihtiyacı arasındaki eğri | 39 |
| Şekil 2.23 Lens geçirgenliği | 39 |
| Şekil 2.24 Bağlı görsel performans ve aydınlatma seviyesi arasındaki bağıntı | 39 |
| Şekil 3.1 Sabah erken saatte ve akşam üstü Paris'i çevreleyen renk..... | 42 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.2 EEG Ölçümündeki delta aktivitesi | 44 |
| Şekil 3.3 Uyarılma seviyesi | 44 |
| Şekil 3.4 Uyandırma Teorisi'ne göre uyarılma ve performans arasındaki ilişki..... | 44 |
| Şekil 3.5 Deneklere uygulanan ışık durumlarının zamana göre grafiği | 46 |
| Şekil 3.6 Deneklerin ışık durumlarına göre belirlenen hareketlilik-zaman grafiği | 47 |
| Şekil 3.7 Deneklerin ışık durumlarına göre belirlenen vücut sıcaklığı-zaman grafiği..... | 47 |
| Şekil 3.8 Deneklerin ışık durumlarına göre karmaşık sorulara verdikleri doğru cevap yüzdeleri | 48 |
| Şekil 3.9 Yapay ve kombine ışıkta çalışan işçilerin stres ve şikayet seviyeleri..... | 49 |
| Şekil 3.10 24 Saatlik periyotta biyolojik ışığın insan vücudunda neden olduğu reaksiyonlar . | 50 |
| Şekil 3.11 Günün farklı zamanlarındaki günışığı etkisinin çalışma ortamına uygulanması | 55 |
| Şekil 3.12 Farklı yaş grupları için talep edilen ışık rengi değerleri..... | 57 |
| Şekil 3.13 Çeşitli yaş kategorileri için lens geçirgenliği | 58 |
| Şekil 4.1 Osram Quicktronic elektronik balast çalışma prensibi..... | 60 |
| Şekil 4.2 Osram Lumilux T5 HO 24W 860 floresant lamba..... | 61 |
| Şekil 4.3 Manuel ışık kontrol elektronik kartı ön ve arka yüzü | 62 |
| Şekil 4.4 Uzaktan kumanda ve ışık kontrol elektronik kartı | 62 |
| Şekil 4.5 Işık şiddet yüzdelerini gösteren ekran görüntüsü..... | 63 |

ÇİZELGE LİSTESİ

| | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1 Renklerin dalga boyları ve frekansları | 16 |
| Çizelge 2.2 Farklı renk sıcaklıklarının karşılığı olan ışık tipleri | 22 |
| Çizelge 2.3 Farklı ışık kaynaklarının renk sıcaklığı ve renksel geriverim endeksi değerleri... | 26 |

ÖNSÖZ

Çağdaş aydınlatma anlayışının yapılara yüklediği işlevler bütünü ve günümüzün teknik olanakları açısından bakıldığında, aydınlatma sisteminin biçimlenişinde yeni ve daha teknik yaklaşımların söz konusu olması gereği ortaya çıkmaktadır.

İnsanoğlu üzerinde fizyolojik ve mental anlamda etkileri olan ışık ve aydınlatma sistemlerinin verimlilik üzerinde önemli etkileri bulunan dinamik aydınlatma sistemlerinin gelişimini araştırıp sergilemeye karar vermek çalışmamızın başlangıç adımı olmuştur.

Tez çalışmamızın konusunu ışığın gelişimi, insan üzerindeki fizyolojik ve biyolojik etkileri ve verimliliği artırmaya yönelik uygulamaları ve bunun bir uygulama ile modellenmesi oluşturmaktadır.

Tez çalışmalarım sırasında hiçbir şekilde benden yardımlarını esirgemeyen Sayın **Yrd. Doç. Dr. Adem ÜNAL** hocama teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

İnsan fizyonomisi ve psikolojisi üzerinde etkili bir rol oynayan ışık ve aydınlatma, gündelik yaşamın yanı sıra çalışma yaşamında da yaşamsal bir öneme sahiptir. Önemli bir olgu olarak niteleyebileceğimiz ışık ve aydınlatmanın, kâr arayışına yönelik olarak faaliyet gösteren örgüt yönetimleri tarafından çok yönlü olarak kullanılabilceğini ve değerlendirilebileceğini ileri sürmek olanaklıdır. Bu bağlamda yanlış ve yetersiz aydınlatma, çalışanların kaygı düzenini yükselterek iş doyumlarını ve verimlerini azaltabilmektedir. Bu anlamıyla ışık ve aydınlatmayı bir stresör olarak nitelemek ve çalışma yaşamında olumsuz etkilere neden olabileceğini ileri sürmek mümkündür. Öte yandan çalışma yaşamında doğru kullanılan ışık ve aydınlatma, yüksek verimliliğe ve etkinliğe yönelik bir olgu olarak da olumlu sonuçlar doğurabilmektedir.

Bir çalışma alanında, sağlıklı ve mutlu olmak sadece orada çalışan kişilerin hayatları için önem teşkil etmez. Bu iki unsur ayrıca bu kişilerin daha iyi iş performansı sergilemelerini, daha az hata yapmalarını, daha güvenli çalışma ortamını ve daha yüksek devam oranını etkiler. Buna endüstriyel çevreden güzel bir örnek ise; bir fabrikada yapılan uygulamada aydınlatma seviyesi 300 Lux'ten 500 Lux'e çıkarılarak üretkenlik kapasitesinin %8 arttırılması verilebilir.

Ayrıca ışığın renksel karakteristiği de sanayi, tekstil ve fotoğrafçılık gibi birçok sektörde hayati öneme sahiptir. Işık kaynağının ürettiği ışığın renginin nicel ölçümü ve hesaplanması konuları bu çalışmamızda yer almaktadır.

Özetle ışık ve aydınlatmanın, günümüz iş hayatı yönetimleri tarafından önemsenmesi ve yapıcı etkisinden yararlanılması gereken bir araç konumunda olduğu savunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dinamik aydınlatma, biyolojik ışık, renk sıcaklığı, ışığın renksel özellikleri

ABSTRACT

Light and lighting, having a tremendous effect on human physiognomy and psychology, are crucially important not only in our daily lives but also in our business lives. It is possible to claim that light and lighting, usually described as important concepts, can be utilized for multi dimensional purposes by corporate managements that are in search of profit. in context of stress management, light and lighting can decrease work motivation and productivity by increasing workers' anxiety levels. In this sense, it is possible to qualify poor lighting as a cause of severe stress and claim that it might lead to negative consequences. In this context, wrong and inadequate lighting may increase the level of concern and reduce the job satisfaction and efficiency of the staff. Therefore, it's possible to feature that the light and lighting as stressor and may cause negative effects on work life. On the other hand, proper usage of light and lighting can cause possitive effect in efficiency and effectiveness.

To be healthy and happy in a work area effect not only the staff lives but also give rise to better performance, less error, much secure work environment and more job attendance. An example of industrial environment; productivity has been raised %8 by raising the lighting level from 300 Lux to 500 Lux.

Also, colorimetric characteristic of light has a critical importance in many sectors like industry, textile and photography. Calculation and quantitave measurement of light that sources emitted are included in this work.

Briefly, it's being defended that light and lighting have to be heeded and used their constructive impacts by managements.

Keywords : Dynamic lightning, biological light, color temperature, colorimetric characteristic of light.

1. GİRİŞ

1.1 Işığın Tanımı

Işık, doğrusal dalgalar halinde yayılan elektromanyetik dalgalara verilen addır. 380-780 nm. dalga boyları arası dalgaboyu gözle görülebilir ancak bilimsel terminolojide gözle görünmeyen dalga boylarına da ışık denilebilir. Işığın özellikleri, radyo dalgalarından gamma ışınlarına kadar gidebilen, elektromanyetik dalganın boyuna göre değişir.

Işığın, ve tüm diğer elektromanyetik dalgaların temel olarak üç özelliği vardır:

- **Frekans:** Dalgaboyu ile ters orantılıdır, insan gözü bu özelliği renk olarak algılar. Herhangi bir noktadan saniyede geçen dalga tepesi sayısı (f), ışığın frekansıdır. Frekans, saniyede 1 salınım anlamına gelen Hz (Hertz) birimiyle ölçülür.

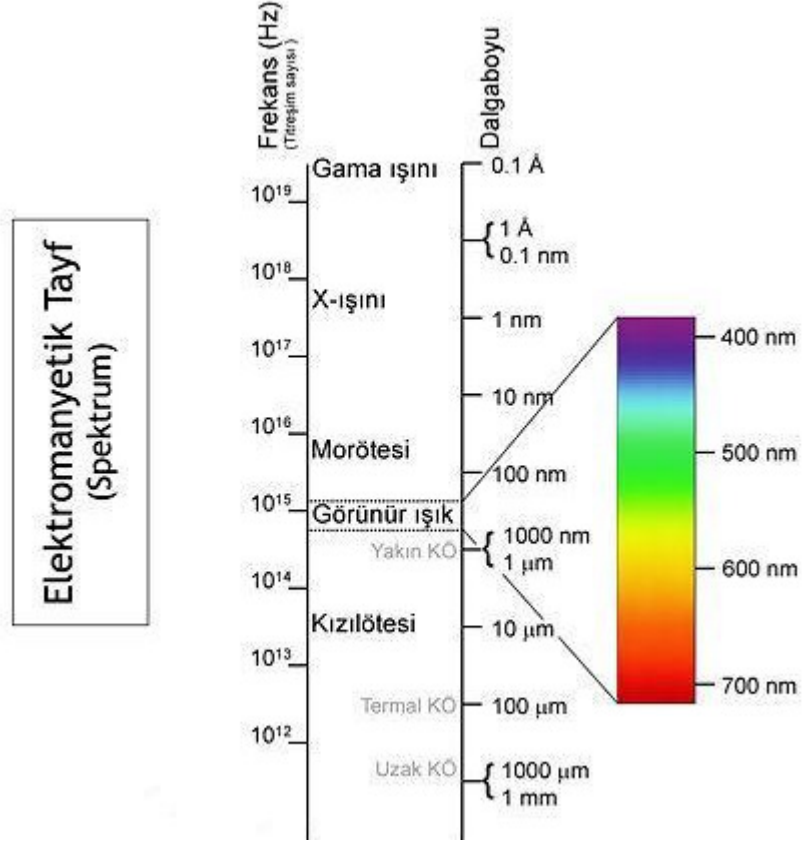
- **Şiddet:** Genlik olarak da geçer, insan gözü tarafından parlaklık olarak algılanır.

- **Polarite:** Titreşim açısidir, normal şartlarda insan gözü tarafından algılanmaz. Fakat tayfsal dağılımın zaman içinde dalgalanmasından dolayı görsel algılama durağanlığını kaybeder. Buna ışık titremesi (flicker) denir ve görsel konforsuzluk yaratır.

Işığın enerjisi hem frekans hem de ışık genliği ile doğru orantılıdır.

Elektrik veya manyetik alan salınımlarından birinin, art arda gelen iki dalga tepesi arasındaki mesafe, ışığın dalgaboyunu (λ) belirler. Frekansla dalgaboyunun çarpımı, ışığın hızını ($c = f \cdot \lambda$) verir. Bu hız, boşlukta sabit olup, yaklaşık 300,000 km/sn'dir. Görünür ışık, 400 ile 750 nm (nanometre= 10^{-9} m) dalgaboyları veya buna karşılık gelen 4 ile 7.5×10^{14} Hz aralığındadır. Tayf dizilimindeki renkler için; kırmızıdan mavi ve mora doğru frekans artarken, dalgaboyu küçülür.

Işık kaynağı herhangi bir enerjinin ışık akısına dönüştüğü yerdir. Günümüzde aydınlatmada kullanılan ışık kaynaklarının hepsinde elektrik gücü verilir ve radyasyon salınır. Elbetteki kaynağa verilen enerjinin tamamı ışıyan enerjiye dönüşmez. Kullanılan teknolojiye bağlı olmakla birlikte kaynağa verilen enerjinin bir kısmı ısı enerjisine dönüşürken diğer bir kısmı ise kayba uğrar. Bütün bunlardan sonra geriye kalan enerji ışıyan akıya dönüşür. Fakat bunun sadece 380 – 780 nm dalga boyu değerleri arasında yer alan kısmı ışık akısını meydana getirir.



Şekil 1.1 Elektromanyetik spektrum

Işıyan akının göze etkileyen kısmına **ışık akısı** denir ve birimi Lümen (lm)'dir. 1 Lümen şiddeti bir mum olan ışık kaynağından çıkan ışığın, yarıçapı 1 metre olan kürenin yüzeyinin bir metrekaresine akan ışık miktarını ifade eder. Işının parlaklık duygusu uyandırma yeteneğini temsil eder. Toplam ışık akısı ise bir kaynaktan çıkan ve uzayın muhtelif kısımlarına yayılan ışık akılarının toplamı olarak tanımlanır.

Aydınlık şiddet birimi olan lux (lx) ise, bir mum şiddetindeki bir ışık kaynağından çıkan ışığın bir metre uzaklıkta dikey durumda bulunan yüzeye verdiği aydınlık derecesini ifade eder.

1.2 Işığın Bilimsel Tarihçesi

Çok eski çağlardan beri; bilim adamları, elektromanyetik tayf'ın dar bir bölümündeki radyasyon formlarını, göz sayesinde algılayabildikleri için buna ışık adını verdiler, ne olduğunu merak ettiler ve ilgi gösterdiler. Önceleri; Antik çağda, Yunanlılar zamanında, gözün bakılan cisme doğru ışık ışınları yaydığı düşünülürdü, Epikür görüntünün gözden

kaynaklanan resimlerden oluştuğunu ileri sürmüş, Platon ışığın bakılan cisimlerden göze geldiğini iddia etmişti. Daha garip düşünceler de mevcuttu; bunlar arasında, gözden fırlayan parçacıklar ile görme sağlandığı düşüncesi de mevcuttu. Bu düşünceler Antik çağdan 17. y.y. kadar uzanmıştır.

Işığın ilk teorileri metafizik fikirlerin tesiri altında o kadar kalmıştı ki, ışığı anlamada bu fikirler herhangi bir fayda getirmemiştir. On yedinci yüzyılda Avrupa’da genel kanaat, ışık kaynağından göze bir şey taşındığı veya yayıldığı şeklindeydi. Bu tür düşünce tarzı iki farklı fikrin meydana gelmesine sebep oldu. Bunlardan birincisi; “Işık, doğru boyunca çok hızlı hareket eden küçük zerreciklerden ibarettir.” şeklindeydi. Bunu destekleyen en yaygın gözlem, ışığın önüne konan cisimlerin gölgelerinin meydana gelmesiydi. İkinci hipotez ise, ışığı bir dalga şeklinde kabul etmekteydi. Bunu destekleyen gözlem ise, birbirlerini kesen iki ışık hüzmesinin birbirlerinden etkilenmemeleriydi. Bu hipoteze göre ışık eğer maddeciklerden (zerreciklerden) ibaret olsaydı, söz konusu iki ışık hüzmesinin birbirinden etkilenmeme hâlinin mümkün olmayacağı düşünülmekteydi. Ancak bu ilk fikirler, uygun matematik metodlarının ve deney tekniklerinin eksik olması sebebiyle ilerleme gösterememiştir.

Isaac Newton (1642-1727) beyaz güneş ışığının kırmızıdan mora kadar tam bir renkler grubundan ibâret olduğunu göstermiştir. Bu konuda Newton’dan çok önceleri, İslâm âleminin yetiştirdiği fen âlimlerinden İbn-i Heysem (965-1051) de çalışmalar yapmıştır. Hattâ ekseri ilim adamları onun modern anlamdaki geometrik optiğin kurucusu olduğunu, ışığın yansıma ve kırılma kânunlarını ilk defa bulduğunu kabul etmektedirler. Newton ışığın kırılmasını, daha yoğun bir ortama girerken ışığı meydana getiren parçacıkların hızının arttığı şeklinde açıklamıştır. Ayrıca ışığın, saydam ortamların yüzeyinden kısmen yansıyor kısmen de kırılmasını, ışık taneceklerinin zamanla periyodik olarak değişen bir özelliği olduğunu kabul ederek açıklamaya çalıştı. Kendi adı verilen ve bir girişim olayı olan Newton halkalarını ilk defa bulduysa da, bunların dalga teorisindeki önemini fark edememiştir. Newton’un bu tanecik teorisi ışığın bir engele rastlayınca kırınım (difraksiyon) uğraması ve benzer olayları açıklamaktan uzak kalmıştır.

Newton ile aynı devrede yaşayan Christian Huygens (1629-1695) yaptığı çalışmalarıyla, dalga teorisini kabul edilen seviyeye getirmiştir. Huygens prensibi olarak isimlendirilen basit bir ilkenin kabulü ile yansımayı, kırılmayı ve tam yansımayı açıklamak mümkündür. Kendisi aynı zamanda çifte kırılmayı incelemiş ve bu olayı doğru bir şekilde açıklamak için ilk temeli atmıştır. Huygens’in ışığın kırılmasını açıklamasında, ışık hızının yoğun ortamda havadakine göre daha az olduğunu kabul etmek gerekiyordu.

Optik ilmi, 19. yüzyıla kadar önemli bir ilerleme kaydetmemiştir. 1801’de Thomas Young aynı yüzeye düşen ışık ışınlarının birbirlerini yok edebilip, karanlık bölgeler meydana getirebileceğini göstermiştir. Bu ise dalga teorisini desteklemekteydi. Çünkü iki parçacık akışının birbirlerini yok edebileceği mümkün görülmemekteydi. Young, ışık dalgalarının titreşimlerinin birbirine ve hareket doğrultusuna dik olduğunu öne sürmüştür. Bu şekilde ışığın polarizasyonunu açıklamaya çalışmıştır.

Augustin Fresnel’in de çalışmalarıyla dalga teorisi daha çok rağbet gördü. Kendisi ayrıca ışık hızının yoğun ortamlarda daha düşük olduğunu deneysel olarak göstermiştir.

Bu arada elektrik ve manyetizma konusunda da ilerleme kaydedilerek ikisini bir teoride toplama çalışmaları ilerlemiştir. 1864’te bir İngiliz fizikçisi olan James Clerk Maxwell, yeni bir teori ortaya atarak, elektrik ve manyetik olaylarını beraberce açıkladı. Tamamen teorik yolla, bir elektrik devresinin bazı durumlarda enine dalgaları uzaya yayacağını ortaya koydu. Buraya kadar Maxwell’in teorisinin ışıkla, doğrudan bir ilgisi yoktur. Ancak, ışığın ölçülen hızının, sâdece manyetik ve elektrik ölçülerden elde edilen teorik elektromanyetik dalgalarının hızı ile aynı olduğu bulundu. Yaklaşık yirmi yıl sonra Heinrich Hertz, elektromanyetik dalgalar üzerine yaptığı deneylerden, bunların ışık dalgaları ile aynı özelliğe, fakat buna karşılık daha büyük dalga boylarına sahip olduklarını gösterdi. Bunlar ve diğer birçok fizikçi, ışığın bir elektromanyetik radyasyon olduğunu ortaya koydu.

Işığın dalga şeklindeki yapısı gözlemlendikten sonra, sorular dalganın ne olduğu konusuna yöneldi. Bütün mekanik dalga hareketleri, bir ortamın düzenli periyodik titreşimini gerektirdiğinden, ışığın boşlukta da yayılması için maddî bir ortamın bulunması gerektiği sonucuna vardılar. Böylece tamamen tasavvur olan Ether’in varlığını kabul ettiler. Kabullere göre Ether, bütün uzayı doldurmakta ve elektromanyetik dalga yayılışını mümkün kılmaktaydı.

Diğer tür dalga hareketleri ile ışığı kıyaslanarak, dünyânın Ether içindeki hareketinin, hareket yönünde ve ona dik yönde ışığın hızını değiştireceği sonucu ortaya kondu. Ancak 1887’de yapılan hassas deneyler böyle bir farklılığın olmadığını ve ışığın her yöndeki hızının aynı olduğunu gösterdi. Bu elde edilen sonuç Albert Einstein’in “İzâfiyet Teorisi” (Rölativite Teorisi)nin doğmasına sebep oldu.

Bu arada dalga teorisıyla açıklanamayan bazı olaylar ortaya çıktı. Atom fiziği ile ilişkili olan bu deneyler ise ışığın foton, (enerji yüklü parçacıklar) şeklinde yayıldığına işaret etmekteydi. Bu ise eski teoriye dönüşü gerektirmekteydi. Ancak, bu ikisi Kuantum Teorisi’yle bir araya

getirilmiştir. Kuantum Teorisi, dalga teorisinde değişiklik meydana getirmemekte, ışık yayılışının dalga biçiminde olduğu halde, maddeyle olan karşılıklı ilişkilerinde enerji kuantası şeklinde davranmakta olduğunu benimser.

Max Planck'ın buluşuna göre ışık, hem dalga hem de parçacık özelliği göstermektedir. Planck'tan sonra sayısız deney ve gözlem, bu gerçeği kesin olarak ortaya çıkarmıştır. Bu durumda ışık için şu söylenebilir: Işık, dalga şeklinde hareket eden bir enerjidir.

Tüm dalgalar hareket eden enerjidir ve genellikle bir araç kullanarak, örneğin suyu kullanarak hareket ederler. Işık dalgaları hareket etmek için bir aracıya ihtiyaç duymazlar. Boşluk içinde de hareket ederler. Işık sadece başlangıç aşamasında maddeye bağımlıdır. Işık, bir kere oluşturulduğunda, herhangi bir maddesel eleman olmadan, bağımsız şekilde hareket edebilir. Işık enerjisi, hiçbir maddenin olmadığı yerde bulunabilir. Hem ışık hem de ısı, elektromanyetik ışınım olarak bilinen enerjinin farklı şekilleridir.

Işığın özelliği, maddeler üzerinde gerçekleştirdiği etkidir. Genellikle, madde bir durağanlığa sahiptir. Bizim her türlü itme ve çekme baskılarımıza direnç gösterir. Ve biz herhangi bir şeyi ittiğimizde veya kendimize çektığımızda, kendi üzerimizde itme ve çekme etkilerini hissederiz. Newton buna "etki tepki prensibi" adını vermiştir. Işık da, madde üzerinde etki ve tepkide bulunur ama ışık parçacıklarının durağan bir yapısı yoktur. Işığın, objeler üzerinde etki ve tepkide bulunduğunu görebiliriz (lazer ışığının metalleri kesmesi ve zarar görmüş retinayı tamir etmesi örneklerinde olduğu gibi), ama hiçbir maddenin ışığa etki ve tepkide bulunduğunu göremeyiz. Fizikçiler, ışık üzerinde etki ve tepkinin olmamasını, durağan kütlelenin yokluğu olarak adlandırır. Durağan kütle, bir yerde olduğu gibi duran, yani sabit bir varlığı olan kütledir. Işık için ise durağanlık söz konusu değildir. O her zaman hareket halindedir. Dolayısıyla ışık, kütlesi olmayan ve bu sebeple "madde" özelliği göstermeyen bir enerji şeklidir.

Fred Alan Wolf, bu durumu şu şekilde açıklamıştır:

Biz ışığı gördüğümüzde, aslında hiçbir şekilde ışığı görmeyiz. Bizim gördüğümüz, ışığın madde üzerindeki etki ve tepkisinin bizim duyu organlarımız üzerinde gösterdiği etkinin sonuçlarıdır.

İlk ölçümler, ışığın hızının, sesinkinden çok fazla olduğunu ortaya koymakla kaldı. İlk başarılı ölçüm 1676'da Danimarkalı astronom Roemer tarafından yapılmıştır. Jüpiter'in uydularının bazen yavaş ve bazen hızlı hareket ettiklerini gözlemiş ve bunun Dünya ile Jüpiter

arasındaki mesafenin değişmesinden olduğunu keşfetmişti. Bu kabullerle yaptığı hesaplar sonucu ışığın yaklaşık olarak dünyanın yörüngesinin çapı olan 300.000.000 km'yi 1000 saniyede aldığını gözlemiştir. 1849'da Fizeau'nun yaptığı deneyde ise, ışık sürekli açılıp kapanan bir delikten geçirilmekte ve uzak bir aynadan yansıtıldıktan sonra, tekrar eğer delik açık ise ışık geçebilmekte, yoksa arada kalmaktadır. Fizeau, bir dişli çarkı çevirerek dişlerinin arasındaki aralıkları açılıp kapanan delik olarak kullanmıştır. Işık bir aradan geçip aynaya gitmekte ve aynadan yansıyıp geldiğinde, çarkın devri uygun olduğunda, müteakip aralıktan geri dönmektedir. Mesâfe ve çarkın dönme hızının bilinmesiyle ışık hızı hesaplanabilir. Fizeau, yaptığı hesaplar sonucunda ışığın hızını saniyede 313.300 km olarak ortaya koymuştur.

1862'de J. B.L. Foucault, Fizeau'nun deney düzenini geliştirmiş, dönen dişli çark yerine dönen ayna kullanarak hızı, saniyede 298.000 km olarak bulmuştur. Daha sonra yapılan ölçümler ışığın, boşluktaki hızının 299.792 km/saniye olduğunu ortaya koymuştur.

17. yüzyılda yaşanan bilimsel devrimden günümüze kadar oluşun bilgi birikimi ışığında ışığın en bariz özelliğini şöyle sayabiliriz:

Durgun kütlesi sıfırdır; boşlukta sabit hızla gider; etkileşmelere parçacık olarak girebilir ancak dalga olarak yayılır; kütlesi sıfır olduğu halde diğer parçacıklar gibi kütle çekiminden bile etkilenir.

1.3 Işık Kaynakları

Işık kaynakları ikiye ayrılır;

- 1- **Doğal Işık Kaynakları:** Dünyamızda tek bir doğal ışık kaynağı vardır, o da Güneş'ten yayılan gün ışığıdır.
- 2- **Yapay Işık Kaynakları:** Gelişen teknoloji ile farklı yöntemler kullanılarak ışık üreten kaynaklar.

İlk zamanlarda insanlar, yalnız doğal gün ışığından (güneş ışığından) istifade edebilmişler. Ateşin keşfi ile birlikte gündüzlerin dışında yapay ışıkla aydınlatmayı da öğrendiler. Tek doğal ışık kaynağı olan Gün ışığı, yani güneşten gelen ışık, atmosfer dışında kuramsal beyaz ışık niteliğindedir. Bu ışık atmosfere girince bir bölümü dalga boyu ile ters orantılı olarak yayınır ve morumsu mavi gök ışığı oluşturur. Yayınma sonucu soğuk renkli ışınım

bakımından fakirleşmiş olan dolaysız güneş ışığı da pembemsi sarı bir renk olarak yeryüzüne iner. Bu, temiz atmosfer durumunda böyledir. Atmosferde su buharı ve hava moleküllerinden daha iri bir takım taneciklerin bulunması ile ışığın yayınması, dalga boyu ile ters orantılı olmaktan, atmosfer kirliliği oranında uzaklaşır. Sisli, puslu, tozlu havalarda gök mavi, güneş sarı değildir.

Sonsuz doğrultudan gelen yayınık gök ışığının da, güneşten gelen doğrultulu ışığın da renkleri ve sağladıkları aydınlık düzeyleri değişkendir. Bu değişkenlik atmosfer koşulları, günün saati, mevsimler, bulutluluk durumu, arazi biçimi gibi bir çok etkene bağlı olduğu gibi, değişkenliğin hızı da değişkendir. Buna, dolaysız güneş ışınlarının doğrultusunun da değişkenliğini eklemek gerekir.

Çevremizden edindiğimiz bilginin %80'ini gözlerimizle algılarız. Günümüz insanı zamanının ortalama olarak %90'ını iç (kapalı) mekanlarda geçirmektedir. Çoğu durumda, gün boyunca güneş ışığını yapay ışıkla desteklemek gerekmekte, bazı durumlarda da güneş ışığı hiç alınamamakta ve tamamen yapay ışık kullanılmaktadır.

Bu nedenle, yapay ışığın hayatımızda önemli bir yeri vardır. Yapay ışığın en temel kullanım alanları, hiç şüphesiz, insanların yollarını bulmalarını sağlamak ve güvenlik seviyesini arttırmaktır.

1.3.1 Yapay Işığın Gelişimi

Ateşin keşfi ile birlikte insanlar gündüzlerin dışında yapay ışıkla aydınlatmayı da öğrendiler. Daha sonra yapay ışık olarak meşaleler ve yağ lambaları ile aydınlandılar. Yağ lambası, meşale ve mum 19. yy ortalarına kadar gözde ışık kaynakları oldu.

1870'lerde Edison'un flamanlı lambayı geliştirmesiyle aydınlatmada yeni bir çığır açılmış oldu. Ana yapısı ince bir karbon teli olan ilk elektrik lambası 1879 yılında yapıldı. Bu ilk lambanın verimi 2 Lm/W gibi oldukça düşük bir değerdedi. Bu değer ilk etapta çeşitli gelişmeler sonucu 4,5 Lm/W değerine çıkarıldı. Daha sonra kullanılan karbon teli yerine günümüzde de hala akkor lambaların yapısında bulunan ve sıcaklığa en dayanıklı maddelerden biri olan tungsten teli kullanılmasıyla, lambanın verimi 8 Lm/W değerine yükseltildi. 1950 yılının son çeyreğinde akkor lambaların ampulleri iyot grubundan gazlarla doldurularak daha etkili kullanılmaya başlandı ve verimleri 20 – 22 Lm/W civarına kadar ulaştı.

Işık kaynaklarının gelişim süreci sadece akkor lambalarla sınırlı kalmamıştır. 1930'lu yıllara gelindiğinde deşarj lambaları üretilmeye başlanmıştır. 1932 yılına gelindiğinde ise dünyanın birçok yerinde alçak basınçlı sodyum buharlı ve yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar kullanılmaya başlanmıştır. Oldukça yüksek verime sahip olan bu lambalar kötü renk özellikleri nedeniyle o dönemde sokak lambası olmaktan öteye gidememiştir.

1960'lı yıllarda cıva buharına bazı tuzlar eklenerek metal halide lambalar üretilmeye başlanmıştır. Eklenen tuzların etkisiyle bu lambaların verimi artmış ve iç mekânlarda kullanılmaya başlanmıştır. 1970'li yıllara kadar hızlı bir gelişim süreci geçiren cıva buharlı lambalar o dönemden sonra alternatif lambalardaki gelişmeler nedeniyle duraklama sürecine girmişlerdir.

Flüoresan lambalar ilk olarak 1938 yılından sonra kullanılmaya başlanmıştır. İlk üretilen flüoresan lambalarda kullanılan çinko berilyum sülfat fosforları insan sağlığı açısından sakıncalıydı. 1948 yılında flüoresan lambalarda İngiltere'de keşfedilen ve sağlık açısından risk taşımayan halofosfatlar kullanılmaya başlandı. 1974 yılından itibaren trifosforların kullanılmaya başlanmasıyla lambaların verim ve renksel özellikleri daha da gelişti. Günümüzde flüoresan lambalar kompakt modellerin üretilmesi ve kalite parametrelerinin düzeltilmesiyle iç aydınlatmalarda çoğunlukla tercih edilir hale gelmiştir.

Günümüzde daha çok dekoratif aydınlatmalarda kullanılan bir diğer yöntem ise fiber optik aydınlatmadır. Fiber optik aydınlatma, ışığı fiber kablolarla istenilen noktaya elektrik veya ısı enerjisinin olumsuz etkilerini barındırmaksızın taşımaya yarayan yeni bir aydınlatma tekniğidir. Fiber optik sistemlerde ışığın elektrik UV ve IR ışıınımlar içermemesi nedeniyle değerli nesnelerin ve patlama riski yüksek bölgelerin aydınlatılması için iyi bir alternatiftir. Ayrıca ışık kaynağı ile armatür yapısının farklı yerlerde olması, ulaşılması ve bakımı zor noktaların aydınlatılmasında kolaylık sağlar.

Günümüzde bütün bu aydınlatma yöntemlerine alternatif olarak LED'ler kullanılmaya başlanmıştır. LED'ler birbirleriyle çeşitli şekillerde bağlanarak istenilen renk aralığında ve kalitesinde armatürler üretilmeye başlanmıştır. Üretilen bu armatürler ömürlerinin uzun olması, daha az güç harcaması nedeniyle tercih edilmektedir. Fakat üretim açısından maliyeti şuan için yüksek olan LED'lerin kullanımı yaygınlaştıkça kullanımı da yaygınlaşacaktır.

1.3.2 Doğal Işık ile Yapay Işığın Karşılaştırılması

İnsanın evrimleşme tarihi incelendiğinde, insanların yerleşik sistemde yapay aydınlatma kullanarak yaşadıkları sürenin, ilk insanlardan günümüze dek geçen süreye oranla oldukça az olduğu görülür. Yerleşik yaşama geçişin sonucu olarak, kalıcı konutlar inşa etmeye başlayan insanoğlu doğal ışıktan mümkün olduğunca fazla faydalanabileceği şekilde bina yapısını düzenlemiştir. Fenerler, tepe pencereleri kullanmışlardır. Elektrik ve yapay ışık kaynaklarının icadının ardından, hacimlerde doğal ışıktan mümkün olduğunca faydalanma özeninden uzaklaşmaya başlanmıştır. Yapay ışığın istenen hacimde istenen düzeyde aydınlatma sağlayabilmesinin sonucu olarak, zaman içinde doğal ışığın aydınlatma amacıyla kullanılması neredeyse unutulmuştur.

Doğal ışığın insan fizyolojisi ve psikolojisine sağladığı olumlu etkiler ve geleceği açıkça görülen enerji krizi sebebiyle, günümüzde doğal ışığa olan ilgi gitgide artmaktadır.

Gün (doğal) ışığı tüm olumlu özelliklerine rağmen, nesne ve mekan aydınlatılması bakımından ele alındığında ve lamba (yapay) ışığı ile karşılaştırıldığında durum değişir. Bu karşılaştırma kısaca şöyle özetlenebilir:

- 1- Gün ışığı ile aydınlatmada, ışık kaynağı yapıların dışındadır ve içeriye yapı kabuğunda açılan açıklıklardan girer. Bu ışıkla istenen, gerekli olan aydınlık düzeni kurulamaz. Lamba ışığında, ışık kaynağı yapı içinde istenen yere yerleştirilebilir ve gerekli düzen kurulabilir.
- 2- Gün ışığının yapı içindeki dağılımını denetleme olanağı çok sınırlıdır ve aşırı mimari zorlamalara neden olur. (Düşey pencerelerden giren gün ışığının yatayda oluşturduğu aydınlık normal büyüklükteki bir hacimde 50 kat, 100 kat değişebilir.) Lamba ışığının dağılımını ise kesinlikle denetlenebilir.
- 3- Gün ışığı ile aydınlatmada, yalnızca gök ışığı kullanılır. Bu ışığın rengi (tayfsal yapısı) ve oluşturduğu aydınlık düzeyi değişkendir, denetlenemez. Lamba ışığı her bakımdan denetlenebilir. Işık kaynağı, gereksinime göre seçilir, gerekli aydınlık hesapla sağlanır ve değişmez.
- 4- Gün ışığının, yapıların içinde oluşturduğu aydınlık düzeyinin belli sınırların üstüne çıkmamasını sağlamaya dönük çalışma ve uygulamalar olağanüstü masraflıdır ve sağlıklı bir biçimde çalışmamaktadır. Lamba ışığında ise basit teknikler ile ışık şiddeti kontrol edilebilir.

- 5- Gün ışığı bazı çok değerli nesnelere (tablo, kağıt, kumaş vb.) zarar verebilecek ışınlar içerir. Müzelerin bir çok bölümünde yasaklanmıştır, özel flüoresan lambaların zararlılığı ise, gün ışığından çok düşük olmakla beraber akkor lambalarınkinden bile daha az olabilmektedir.
- 6- İyi görme koşullarının sağlanmasında kesin belirleyici rol oynayan ışığın niteliği konusunda gün ışığı, hiçbir kontrol ve alternatife olanak sağlamaz. Bu ışığın belli bir niteliği vardır ve bu nitelik çok değişkendir. Yapay ışıkta ise istenen nitelik istenen kesinlikte ve sürekli olarak, kontrole elverişli biçimde sağlanabilir.
- 7- Gün ışığı her zaman yoktur ve bu ışıkla kısa süreli aydınlatma düzeni kurmak çok zordur. Lamba ışığında ise her tür zamanlama ve odaklama düzeni kurmak olanaklı ve kolaydır.

Özetle denebilir ki, insan yeryüzünde varolduğu günden bu yana, doğal (güneş) ışık içinde gelişmiş ve tüm organizması, belli rutinlerin yaşanmasından psikolojik yaşantısına değin, buna göre olmuştur. Bu bakımdan insanlar için gün ışığının iyi yönleri saymakla bitmez. Fakat söz konusu nesne ve mekan aydınlatması olunca ve buralarda ışığın kontrolü önem kazanınca yapay ışık kesinlikle avantajlı konuma geliyor.

2. IŞIK VE İNSAN

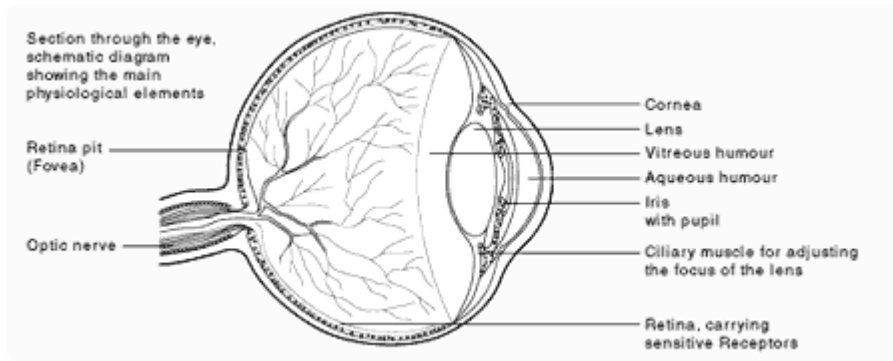
Işığın insanlar üzerinde birbirinden farklı pek çok etkisi olup, henüz bu etkiler tümüyle bilinmemektedir. Işık ve insan ilişkisi nesnelere görme ve tanımlama gibi basit bir süreçten çok daha fazlasını içerir.

Işığın insanoğlu üzerindeki etkileri fizyolojik ve psikolojik olarak ikiye ayrılabilir. İnsanların psikolojik etkilenmelerinin daha önemli ve karmaşık bir konu olmasından dolayı son zamanlarda bu konudaki araştırmalar yoğunlaşmaktadır.

Psikolojik etkilenme durumu, bireyin ışığı görme ve algılama olaylarına göre farklılık gösterebilir. Bunun için görme algılama olaylarını ayrı ayrı incelemek gerekir.

2.1 Görme Duyumu

Işığın göz içersine düşmesinden görme duyumu oluşmasına kadar geçen süreçte üç aşamalı bir enerji dönüşümü olur. Önce, gözde ışığa duyarlı maddeler tarafından yutulan radyasyon enerjisi bu maddelerin ayrışmaları ile kimyasal enerjiye dönüşür. Sonra bu kimyasal enerji, gözün beyin korteksi ile ilişkisini sağlayan optik sinirin liflerinde akım darbeleri oluşturan elektrik enerjisine dönüşür.



Şekil 2.1 Gözün biyolojik yapısı

Radyasyon akısı göze, saydam göz akından, kornea'dan girer. Bunun hemen arkasında ön oda ve göz bebeğini oluşturan iris yer alırlar. Saydam göz akından çıktıktan sonra kırılmış olan

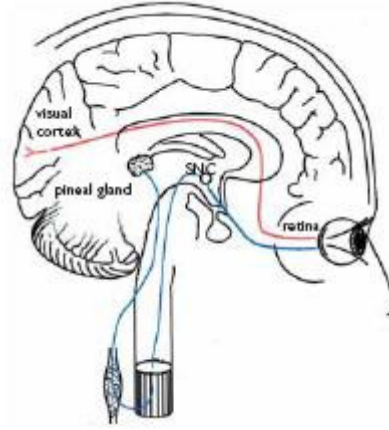
ışınlar göz bebeğinden geçip göz merceğinin üzerine düşerler. Göz merceği saydam, çift taraflı dış bükey bir dokudur.

Gözlenen cisimlerin imgeleri ters ve boyutları çok indirgenmiş olarak ağ tabaka, retina üzerinde odaklanırlar. Retina 0,2 mm kalınlığında ve çok karmaşık yapıda saydam bir tabakadır. Her biri optik sinirin nöron adı verilen uzmanlaşmış hücrelerini içeren üç katmandan oluşur. Her nöron bir dallanma noktasına ulaşır. Sinapsis'ler adı verilen bu dallanma noktaları, aynı sinir lifine ait komşu nöronların da vardıkları, benzer dalcıklardan oluşan bir tür irice dalcıklar ağıdır.

Radyasyon akısı, arka odadan ve daha sonra nöronların üçüncü ve ikinci tabakalarından geçer ve retinanın pigmentli katmanının sınırında yer alan nöronların birinci katmanına varır. Birinci katmandaki nöronlar şekil açısından farklılıklar gösterirler. Bunlara koniler ve çomaklar adları verilir. Birinci katmana giren radyasyon koni ve çomakların içlerinde bulunan ışığa duyarlı maddelerin molekülleri tarafından yutulur. Fotokimyasal süreçte kullanılmayan radyasyon retinanın pigmentli katmanı üzerine düşer ve burada ışığa duyarlı hücreleri etkileyebilecek ve böylece optik imgeyi bozabilecek olan yansımaları önlemek amacıyla tamamen maskelenir.

Çomaklar rodopsin adı verilen bir madde içerirler. Işık etkisi altında rodopsin ayrışır, sonra bir denge sağlanacak şekilde tekrar oluşur ve yeniden ışığa duyar hale gelir. Koniler ise iodopsin adı verilen bir pigment içerirler. Işık etkisi altında iodopsin de tersine çevrilebilir bir ayrışmaya uğrar. Rodopsin ve iodopsin sırasıyla 512 nm ve 555 nm de spektral duyarlılıklarının maksimumlarına erişirler. Rodopsinin duyarlığı iodopsinden daha büyük olduğundan çomaklar konilerden daha duyarlıdır ve çok düşük seviyedeki ışık uyarılarına cevap verebilirler, fakat renk ayırt etmezler. Koniler renk duyumu oluştururlar ve ince detay algırlar.

İodopsin ve rodopsin molekülleri fotonları yuttuklarında, ayrışma sürecinde koniler ve çomaklar içinde iyonlar oluşur. Ayrışmanın ürünleri olan iyonlar birinci sinopsiste saklanırlar. Bunun neticesinde optik sinirin liflerinde akım darbeleri oluşur ve bunlar beyin koteksinin oksipital lobunun hücrelerine iletilirler. Böylece görme duyumu oluşur.



Şekil 2.2 Göz ile beyindeki görsel korteks arasındaki biyolojik yollar

Gözün beyindeki görme merkezine olan sinir bağlantıları dışında hipofiz bezine de bağlantılar vardır. Hipofiz, pineal bezi, talamus ve hipotalamus ile birlikte ara beyinde, diencephalon'da yer alır. Gözde, ışık uyarımını aldıkları zaman hipofiz bezine kodlanmış akım darbeleri gönderen özel nöron gruplarının varlıkları tesbit edilmiştir. Bu verilere dayanarak hipofiz çalışmasını ayarlamaktadır. Bütün hormon bezlerine kumanda edebilen hipofiz ayrıca bütün bu hormon bezlerinden daha fazla hormon salgılar. Hipofizin salgıladığı hormonların bir kısmı metabolizmayı direkt etkiler, bir kısmı ise diğer hormon bezlerinin çalışmalarını ayarlar.

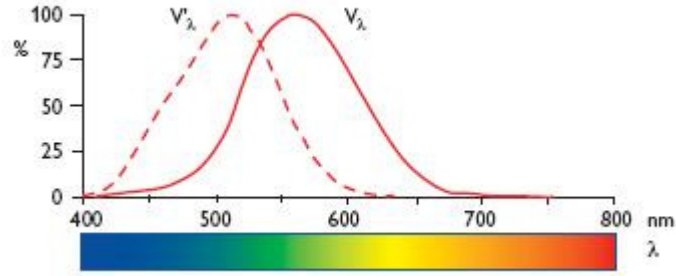
Gözün fonksiyonları, ışığın görme alanının hangi kısmından göze geldiğine ve bu gelen ışığın şiddetine bağlıdır. Görme olayı, görme alanı parıltısına bağlı olarak üç bölümde incelenebilir.

- 1- **Skotopik görme:** Parıltısı $10^{-\infty}$ ile 10^{-2} cd/m^2 arasında olan bir görme alanında görme olayı şöyle bir özellik gösterir: Bakış doğrultusu dışında kalan cisimler, bakış doğrultusundakilere göre daha rahat fark edilirler. Bu olayın nedeni, parıltının yukarıda belirtilen düzeylerdeki görmeyi, skotopik görmeyi, üstlenmiş olan çomakların göz içersindeki dağılımlarıdır. Skotopik görmede renk duyumunu yoktur.
- 2- **Mezopik görme:** Görme alanı parıltısının 10^{-2} cd/m^2 'nin üstüne çıkmasının görme olayı üzerinde üç belirgin etkisi vardır.
 - a - Aydınlik düzeyi arttıkça, bakış doğrultusundaki görme düzelir.
 - b - Renk duyumunu başlar ve aydınlık düzeyinin yükselmesi ile artar.

c - Farklı renklerdeki cisimlerin bağıl parlaklıkları değişir. Bu etki Purkinje olayı olarak bilinir ve diğer iki etki gibi mezopik görme bölgesinde (yaklaşık 10^{-2} ile 10 cd/m^2 arası) parlaltının değişmesi ile koni ve çomakların görme olayına katkı oranlarının değişmesinden kaynaklanır.

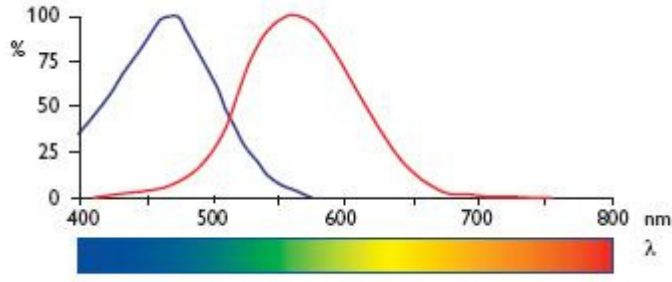
- 3- Fotopik görme:** Görme alanı parlaltısı 10 cd/m^2 'nin üzerine çıktığında, görme olayı artık tamamen koniler tarafından üstlenilir ve parlaltının artmasından etkilenmez. Fotopik görme renklidir.

V_λ eğrisinde de görüldüğü gibi göz aşırı mavi ve aşırı kırmızı renkte çok hassas değildir, ancak maksimum hassasiyeti yeşil-sarı ışıpta elde eder.



Şekil 2.3 Spektral göz hassasiyet eğrileri

David Berson tarafından 2002 yılında gözdeki retinada bulunan yeni foto reseptör hücresi biyolojik etkileri düzenlemektedir. Işık bu hücrelere ulaştığında, karışık bir kimyasal reaksiyon meydana gelerek foto pigmenti melanapsin tepkimesiyle tekrar elektriksel impulslar meydana gelir. Bu hücreler diğerlerinden farklı olarak beyin epifizinde bulunan ve de beyindeki biyolojik saatin merkezi olarak kabul edilen üst kiyazmatik çekirdek ile aralarındaki kendi sinir bağıntılarına sahiptir. Bu yeni foto reseptörlerin hassasiyeti ışığın farklı dalga boyları ve böylelikle farklı ışık renkleri içinde çeşitlilik göstermektedir. 'Melatonin salgısının' biyolojik etkisini temel alarak, Brainard, spektral 'biyolojik hareket' eğrisini tanımlamayı başarmıştır. Bu eğri Şekil 2.4'te konuların göz hassasiyeti eğrisiyle birlikte verilmiştir.



Şekil 2.4 Spektral biyolojik hareket eğrisi(mavi) ve görsel göz hassasiyet eğrisi(kırmızı)

Bu iki eğriyi karşılaştırdığımızda açıkça görülüyor ki ışığın farklı dalga boylarına karşı biyolojik hassasiyet, görsel hassasiyetten oldukça farklı şekillenmektedir. Maksimum görsel hassasiyet sarı ve yeşil dalga boyları arasında ortaya çıkarken biyolojik hassasiyet mavi dalga boyunda maksimum değerine ulaşmaktadır. Bu olağan dışı durum sağlıklı bir aydınlatma gereksinimleri için büyük öneme sahiptir.

2.1.1 Farketme Hızı

Farketme hızı pratikte çok büyük önem taşır. Hatta sırasında ölüm kalım meselesi bile olabilir. Görme duyumunun oluşması için geçen zamanın ölçülmesi henüz mümkün değildir. Fakat uyarımın oluştuğu andan buna karşı gösterilen bir tepkiye kadar geçen süre ölçülebilir. Buna tepki zamanı denir ve basit görsel algılarla bunlara karşı gösterilen basit tepkiler arasında değeri genellikle saniyenin ellide biri kadardır. Bu zamanın büyük bir kısmının görme olayının ilk ve son aşamalarda, yani uyarımın görme sınırlarına ulaşması ile beyine varıp görsel duyuma dönüşmesi sırasında, kullanıldığı tahmin edilmektedir, ilk aşamada kullanılan zaman, uyarımın şiddeti ile son aşamada kullanılan zaman ise uyarımın şekli ve kişinin o andaki konsantrasyonu ile değişebilir.

Farketme hızını yükseltmek için alınacak önlem görme alanı parlaklığını yüksek ve gözlenen cisim ile çevresi arasındaki kontrastı büyük tutmaktır. Farketme hızı, reaksiyon zamanını etkilediğinden çalışma emniyeti bakımından büyük önem taşır.

2.2 Işığın Rengi

Renk terimi iki anlamda kullanılır. Fizik bakımından dalgaların frekansları ve şiddetleriyle belirlenir. Fizyolojik bakımdan göze gelen bu dalgalar tarafından uyandırılan etkiye bağlıdır. Görünür ışınlar, yaklaşık olarak 380-780 nanometre dalga boyları arasındaki ışıklardan meydana gelir. Bu ışınlar; kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, lâcivert ve mordan hâsıl olan bir spektrum tayfı (Şekil 1.1) meydana getirirler. İnsan gözü en çok sarı-yeşil (565 nm) ışığa duyarlıdır. Ultraviyole (morötesi) ışınları 380 nm 'den düşük dalga boylarında görülmeye başlar. Enfraruj (kızılötesi) ışınları ise 780 nm 'den yüksek dalga boylarında görülmeye başlar.

Çizelge 2.1 Renklerin dalga boyları ve frekansları

| Renkler | Yaklaşık Dalga Boyu | Yaklaşık Frekansı |
|---------|---------------------|-------------------|
| Mor | ~ 380-440 nm | ~ 790-680 THz |
| Mavi | ~ 440-500 nm | ~ 680-600 THz |
| Yeşil | ~ 500-565 nm | ~ 600-530 THz |
| Sarı | ~ 565-590 nm | ~ 530-510 THz |
| Turuncu | ~ 590-625 nm | ~ 510-480 THz |
| Kırmızı | ~ 625-780 nm | ~ 480-400 THz |

(Troland, L. T. (1922). "Report of Committee on Colorimetry for 1920-21)

Güneş ışığı, yani beyaz ışık saydam bir prizmadan geçirilerek ekran üzerine düşürülürse, ekran üzerindeki ışığın beyaz olmadığı ve gökkuşağındaki yedi renge ayrıldığı görülür.

Beyaz ışığın prizmadan geçerken değişik renklere ayrılmasının sebebi, beyaz ışığı meydana getiren farklı dalga boylarındaki renklerin prizmadan geçerken değişik oranlarda kırılarak birbirlerinden ayrılmasıdır. Bundan da anlaşılacağı gibi beyaz ışık, tek bir renk değil, bir çok renklerin birleşmesinden meydana gelen bir renktir.

Işık kaynağı olmayan cisimlerin renkleri, üzerlerine düşen ışığın rengine bağlı olarak değişir. Bir cismin rengi, beyaz ışık içindeki renklerden geçirdiği veya yansıttığı renktir.



Şekil 2.5 Gözün retina tabakasındaki koni hücreleri

Renk ilk olarak gözün retina tabakasında algılanır. Retinadaki üç ana koni hücre buradaki farklı dalga boylarına tepki verir. Bu hücre gruplarının birincisi kırmızı, ikincisi mavi, üçüncüsü ise yeşil ışığa hassastır. Koni hücrelerinin farklı oranlarda uyarılmaları sonucunda milyonlarca farklı renk tonu ortaya çıkar. Koni hücrelerinde elektrik sinyallerine dönüştürülen bu renkler, optik sinire iletilir. Bunun sonucunda karşımızdaki rengarenk dünya oluşur. Ancak aslında, beynin bu bölümünde hiç renk yoktur. Renkli dünya bizim yalnızca algıladığımız bir şeydir.

Renklerin doğru algılanması, renksel distorsiyonların çok az olması, yani görünen rengin öz renge çok yakın olması demektir. **Öz renk**, nesnenin, kuramsal beyaz ışık (tüm renkleri aynı oranda içeren) altında görünen rengidir. **Görünen renk** ise, nesnenin kuramsal beyaz olmayan ışıklar, yani hemen hemen doğal ve yapay tüm ışıklar altında algılanan rengidir.

Güneş doğduktan sonraki ve batmadan önceki bir saat içinde güneş ışınları atmosferde daha çok dağılır. Beyaz ışığı meydana getiren spektrumun çeşitli bantlarının dağılımları farklı olur. En çok mavi ışığın dağılması sebebiyle bu saatlerde gün ışığında mavi ışık miktarı çok azalır. Yeşil ışık, mavi kadar dağılmamış olmakla birlikte yine de azdır. Bu dağılım değişikliklerinden dolayı günün çeşitli saatlerinde atmosfer tabakasını geçen ve yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının renkleri de farklılık gösterir.

İnsan gözünün farklı renk ısı derecelerine büyük bir uyum kabiliyeti vardır. Beyazdan biraz farklı ışığı beyaz ışık olarak kabul edebilir. Bir ışıktan diğerine geçme durumunda uyum çok kısa zamanda olur. Genellikle bilinç üstü bir etki uyandırmaz.

2.2.1 Işığın Renk Sıcaklığı

Renk sıcaklığı, farklı renkleri ölçme ve renk düzeltmesi yapabilmek, aydınlatma, fotoğrafçılık, yayıncılık vb. birçok önemli alanda ışığı filtreleme, istenen ışık efektini oluşturmak gibi birçok uygulaması olan rengin bilimsel olarak tanımlanabilir ana özelliğidir.

Renk sıcaklığı fizik bilimine ait bir terimdir. Birimi Kelvin (K°) dir. Kelvin birimi aslında bir termal sıcaklık birimidir. Rengi tanımlamada kullanılmasının nedeni, ışınların rengini karşılaştırabilmek için referans alınan kara cisimdir.

Kara cisim terimi Gustav Kirchhoff tarafından 1860 yılında ileri sürülmüştür. Tanımı, gövde sıcaklığı $0 K^{\circ}$ (soğuk) iken üzerine düşen bütün elektromagnetik ışınlarını yutan ideal bir maddedir. Soğuk halde ($0 K^{\circ} = -273 C^{\circ}$) enerjisizdir, hiçbir ışınımı yansıtmaz ve içinden geçirmez, tamamıyla absorbe eder. Işınları yansıtmadığından dolayı soğuk halde rengi siyahtır.

Kara cisim ısıtılırsa ve sıcaklığı artırılırsa, cisim ideal bir ısı ışınları kaynağı özelliği gösterir ve ışınlar yaymaya başlar. İdeal kara cisim tarafından yayılan bu ışınlar **kara cisim ışınımı** denir. Yaydığı bu ışınların rengi ve spektrumu cismin sıcaklığına bağlıdır. Işığın rengini tanımlamada referans kabul edilen kara cismin yaydığı ışınların niteliğinin sıcaklığa bağlı olmasından dolayı, günümüzde ışığın rengi sıcaklık birimi olan Kelvin ile ölçülendirilir.

Oda sıcaklığında $27 C^{\circ}$ ($300 K^{\circ}$) kara cisim kızıl ötesi ışınlar yayar. Fakat sıcaklığı artırıldığında kara cisim görülebilen ışınlar yayar. Yaklaşık $1000 K^{\circ}$ sıcaklıkta solgun bir kırmızı kızarıklık şekline ışınlar yaydığı görülmeye başlar. Sıcaklık $1800 K^{\circ}$ 'ye çıkarıldığında bir mum veya alev ışığına benzer ışınlar yayar. Sıcaklık daha da artırılırsa, $2850 K^{\circ}$ 'de akkor flamanlı lamba, $3200 K^{\circ}$ 'de stüdyo halojen spot lamba ve $5500 K^{\circ}$ 'de normal günışığına karşılık gelen renklerde ışın yayılımını sağlar. Bu süreç $\sim 30.000 K^{\circ}$ 'ye kadar sürdürülebilir ve gittikçe mavi tonları artan bir ışık rengi elde edilir.



Şekil 2.6 Işığın sıcaklık ile değişen rengi

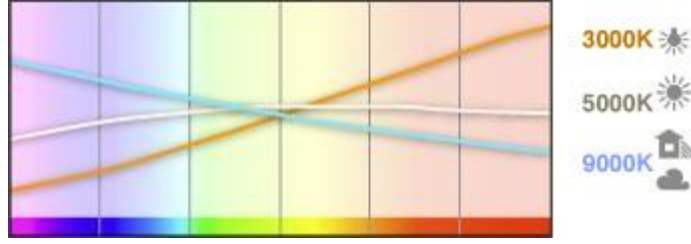
Kara cismin spektral dağılımı değişken bir sürekliliğe sahiptir. Bu spektral enerji, görülebilen spektral alan olan 380 ile 780 nm dalga boyları arasında kesintisiz fakat değişkendir. Güneş ışığı ve akkor flamanlı lambalar çok iyi birer kara cisim simülatörleridir. İdeal kara cismin spektral dağılımına çok yakın spektrumlara sahiptirler. Günlük hayatta kara cisimle benzer özellikler gösteren maddeler bulabiliriz. Örneğin bir demir (metal) parçasını ısıtmaya başladığımızda bir süre sonra koyu kırmızı bir renk almaya başlar, ısıtmaya devam edildikçe bu renk açılarak sarıya dönüşür. Devamında ise mavimsi beyaz bir hal alır.



Şekil 2.7 Isıtılan metalin yayımladığı ışınlar

Akkor flamanlı lambalar da, üretilen ışık ısıl orijinli olduğundan buna benzer özellikler gösterirler. Lamba yakıldığı zaman lambanın flamanı elektrik akımı ile ısınır ve 2.000 - 3.000 K° sıcaklığına gelir. Lambanın tasarımına ve ne kadar kullanılmış olduğuna bağlı olarak yaklaşık bu değerlerde bir renk sıcaklığına sahip ışık yayar. Lambanın bu kadar yüksek sıcaklıklarda çalışabilmesini sağlayan şey ise, flamanın dayanıklı gaz karışımları ile oksijenden izole edilmiş olmasıdır.

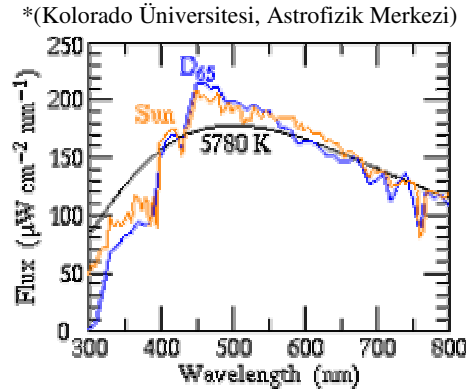
Aşağıdaki grafikte kara cismin farklı sıcaklıklarda yaydığı ışınların yaklaşık renk karışımları gösterilmiştir. Görüldüğü gibi 3000 K° 'de yayılan ışık maviden çok kırmızı ve turuncu renkte ışınlar içerir. Bu akkor flamanlı lambaların yaydığı ışığın spektrumu ile neredeyse aynıdır. 5000 K° 'de yayılan ışık tipik gün ışığında olduğu gibi daha dengeli renk içeriğine sahiptir. 9000 K° 'de yayılan ışık, gölgeli alanlarda (ışığı direk göremeyen) ve bulutlu havalarda görülen ışık rengine benzer. Spektrumunda kırmızı ve turuncudan çok mavi tonları içerir.



*Landau, L. D.; E. M. Lifshitz (1996). Statistical Physics

Şekil 2.8 Teorik kara cismin farklı sıcaklıklarda yaydığı ışıkların spektral dağılımları

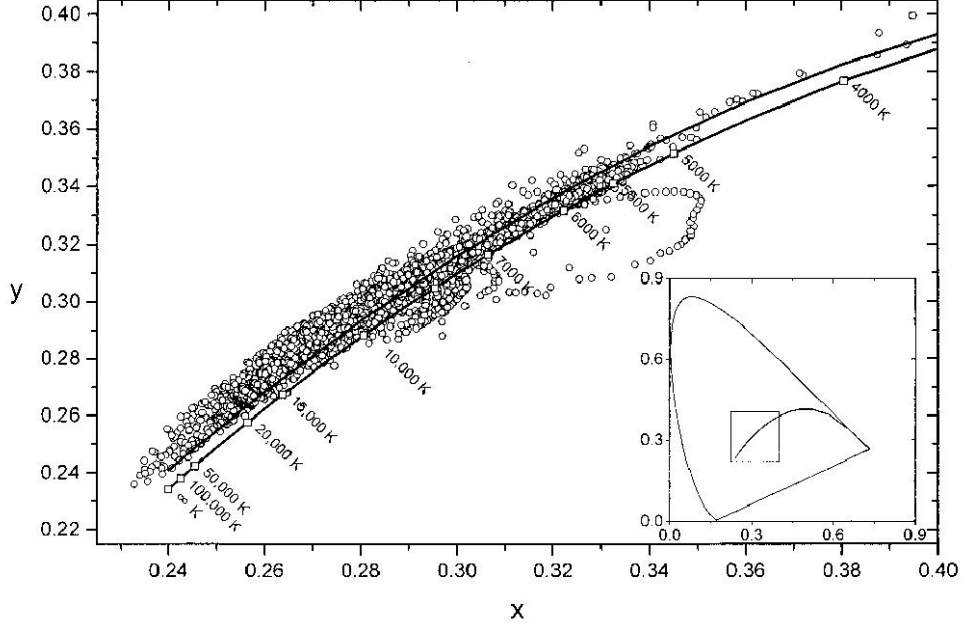
Güneş 5780 K^o 'lık bir yüzey sıcaklığına sahiptir. Güneş ışığının spektral dağılımı kara cisim ile birebir aynı olmasa da, aşağıdaki spektral dağılım grafiğinde görüldüğü gibi, güneş ışığının dünya atmosferi altından görünen spektrumu ile kara cismin 5780 K^o 'deki spektrumu ve CIE D65 beyaz ışığı normu spektrumu büyük oranda birbirlerine benzerlik gösterirler. Güneşin spektrumu ilk olarak 1984 yılında R.L.Kurucz, I.Furenlid, J.Brault ve L.Testerman tarafından ölçülmüştür (Solar Flux Atlas from 296 to 1300 nm).



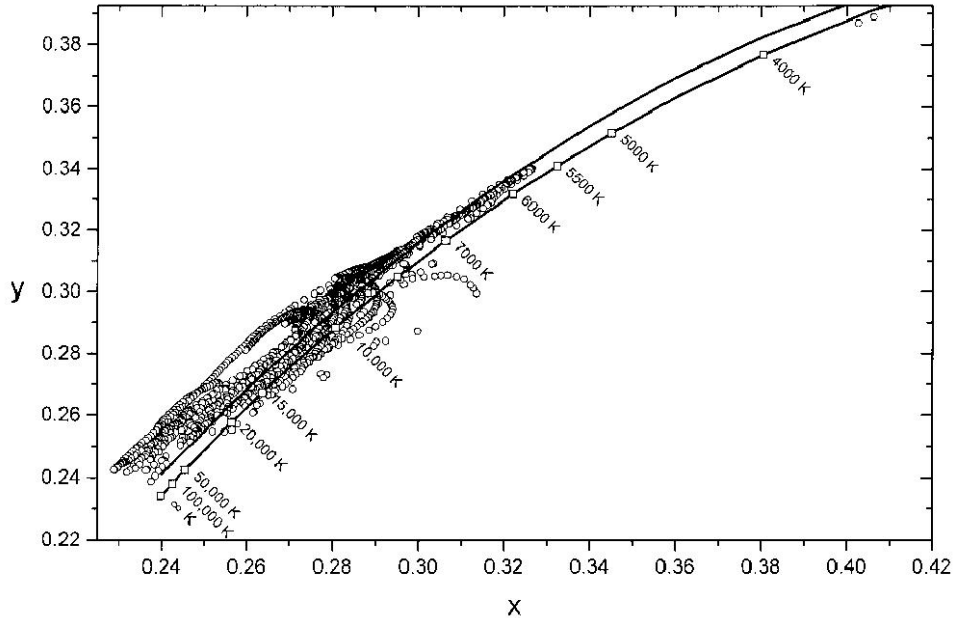
Şekil 2.9 Tipik güneş ışığı, 5780 K^o 'deki kara cisim ve CIE D65 normu beyaz ışığın spektrumları

Bilim adamlarının güneş ışığının spektral ölçümü konusunda dünyanın birçok farklı konumundaki yaptıkları çalışmalar sonucunda 3.000 ile 10⁶ K^o değerleri arasında büyük bir renk aralığı tespit etmişlerdir. 1997 yılında J. Hernandez-Andres, J.Romero (İspanya Granada Üniversitesi, Bilim Fakültesi, Optik Anabilim Dalı) ve R.Lee Jr. (Amerika Birleşik Devletleri Deniz Harp Akademisi, Deniz Bilimleri Bölümü) 'nin İspanya (Granada) ve A.B.D. (Annapolis) 'nde bir dizi ölçümler yapmışlardır. Deniz kıyısından 3000 metre rakımlı noktalara, günün ilk aydınlık anından karanlık limitlerine kadar çok geniş bir çeşitlilik ile yapılan 7000 farklı ölçümün sonunda güneş ışığının CIE renklilik koordinatları ve yaklaşık renk sıcaklık değerleri Şekil 2.10 ve 2.11 de belirtildiği gibi bulunmuştur. Şekillere

bakıldığında ölçüm yapılan iki şehrin dünya yüzeyindeki konum farklılığından ve hava şartlarından kaynaklanan belirgin farklar görülmektedir *(J.Romero,A.Garcia-Beltran,J.Hernandez-Andres, "Linear bases for representation of natural and artificial illuminants. 1997).



Şekil 2.10 Güneş ışığının İspanya'nın Granada şehrinde yapılan ölçüm sonuçları (beyaz noktalar), CIE günışığı eğrisi (üstte kalan aralıksız eğri) ve Planck eğrisinin (altta kalan üzerinde değerler olan aralıksız çizgi) CIE renklilik koordinatları üzerinde gösterimi. Sağ alt köşede ise CIE 1931 diyagramı ve Planck eğrisi görülmekte.



Şekil 2.11 Güneş ışığının A.B.D.'nin Granada şehrinde yapılan ölçüm sonuçları (beyaz noktalar), CIE günışığı eğrisi (üstte kalan aralıksız eğri) ve Planck eğrisinin (altta kalan üzerinde değerler olan aralıksız çizgi) CIE renklilik koordinatları üzerinde gösterimi.

Güneş ışınları atmosferle kesiştiklerinde, görünür renkleri ışının güneşten geliş açısına ve atmosfer durumuna göre farklılık gösterir. Güneşin günün farklı zaman dilimlerinde farklı renklere bürünmesinin kara cisim ışınması ile ilgisi yoktur. Güneş yüzeyinin veya ışığının sıcaklığı değişmez. Atmosferden geçerken güneş ışığının kırılma oranlarının farklılığından dolayı bazı dalga boylarına ait ışınların yeryüzüne daha az ulaşması nedeniyle günışığı farklı renklere sahip olabilir.

Kara cismin temel özelliği olarak mavi en sıcak renk, kırmızı en soğuk renk olarak tanımlanabilir. Kültürel toplulukların gelenekselleşmiş kırmızı sıcak, mavi soğuk renk ifadesi ile tamamiyle zıttır. Bu, tarihteki tüm insan topluluklarının su ve buzun mavi görünmesi, ısıtılan metal yada alevlerin kızılımsı görünen renk tonuna sahip olmalarından kaynaklanır. Fakat bu sıcak kaynakların kırmızılığı şu gerçekten geliyor ki; kırmızı görünen renklerin en soğuktur. Isı artışıyla yayılan ilk renktir.

Aydınlatmada ise, kara cisim teorisine ters olarak daha yüksek renk sıcaklıkları (5000 K^o ve üzeri) soğuk ışık renkleri, daha düşük renk sıcaklıkları (2700 - 3000 K^o) sıcak renkler olarak anılır. Soğuk renkler optik görevler ve dikkat gerektiren çalışma ortamlarında tercih edilirlerken, sıcak renkler yaşam alanlarında yoğunlukla tercih edilmektedir.

Çizelge 2.2 Farklı renk sıcaklıklarının karşılığı olan ışık tipleri

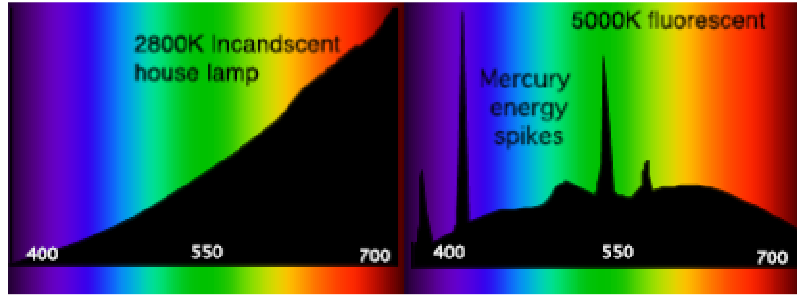
| Renk Sıcaklığı | Işık Tipi |
|-----------------------|---------------------------------------------|
| 1000 K ^o | Mum, Gazyağı lambası |
| 2000 K ^o | Günün çok erken saatleri, Gündoğumu |
| 2500 K ^o | Ev tipi akkor flamanlı lamba |
| 3000 K ^o | Stüdyo tipi spot lamba |
| 4000 K ^o | Flaş ışığı |
| 5000 K ^o | Tipik güneş ışığı, elektronik flaş |
| 5500 K ^o | Ay ışığı |
| 6000 K ^o | Açık havada parlak güneş ışığı |
| 7000 K ^o | Parçalı bulutlu havada güneş ışığı |
| 8000 K ^o | Puslu gökyüzü altında gün ışığı |
| 9000 K ^o | Açık havada gölge alan ışığı |
| 10000 K ^o | Çok yoğun bulutlu gökyüzü altında gün ışığı |
| 11000 K ^o | Güneşsiz mavi gökyüzü |
| 20000+ K ^o | Açık havada dağ zirvesi |

*(Color Temperature and Color Correction, aeimages)

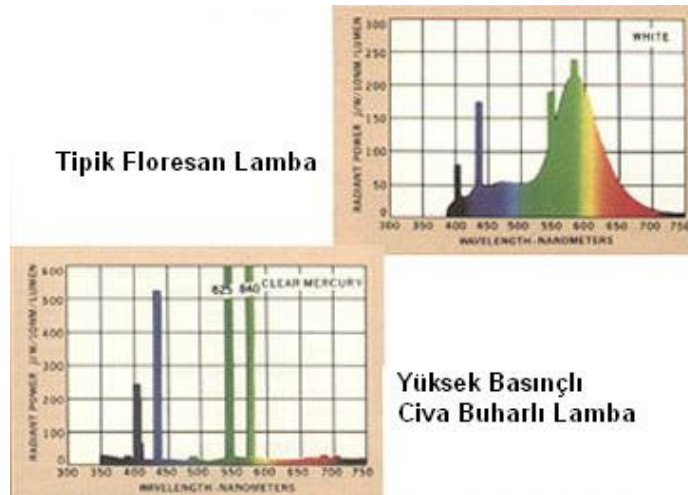
Renk sıcaklığı, uluslararası literatürde üç basamaklı bir sayıdan oluşan renk kodu ile ifade edilir. Birinci rakam, lambanın renksel geriverim değerini gösterir. Örneğin, ilk rakam 8 ise lambanın renksel geriverim endeksi (CRI) 80 ile 90 arasındadır. Eğer 9 ise renksel geriverimi 90 ile 100 arasındadır. Diğer iki basamak ise lambanın ışık renginin 100'e bölünmesiyle bulunur. Örneğin lamba 6500 K° ışık rengine sahip ise, son iki basamak 65 olarak belirtilir. (Örn: 865)

2.2.1.1 Benzer Renk Sıcaklığı (CCT - Correlated Color Temperature)

Flamanlı lambalar Kelvin ölçeğinde en doğru belirtilen lambalardır. Çünkü kara cisim gibi onların da renklilik koordinatları tam olarak CIE 1931 chromaticity (renklilik) diyagramında Planck eğrisi üzerindedir. Fakat modern yapay ışık kaynakları flamanlı lambalar gibi gövde sıcaklıklarını yükseltmeyerek ve ısı kaybını azaltarak daha verimli olmayı amaçlamışlardır. Bunun için floresan ve gaz deşarj prensibi ile üretilmişlerdir. Fosfor ve diğer başka gazların kombinasyonlarından oluşan bu ışık kaynaklarının renk sıcaklıklarını Kelvin skalası ile kesin olara tanımlamak mümkün değildir.



Şekil 2.12 Akkor flamanlı lamba ile floresan lambanın spektral güç dağılımları

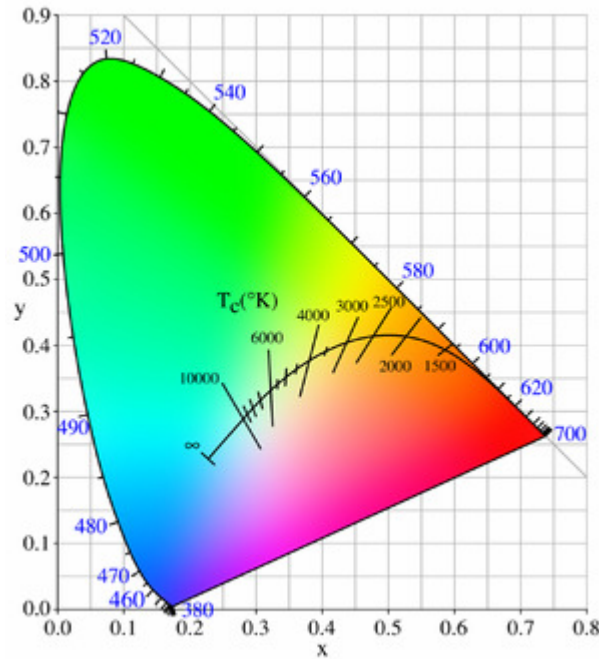


Şekil 2.13 Tipik floresan lamba ile yüksek basınçlı cıva buharlı lambanın spektrumları

Bunun nedeni, floresan ve deşarj lambalarının spektral güç dağılımları flamanlı lambalar ve kara cismin spektral güç dağılımlarının aksine düzensiz ve bazı dalga boylarında yüksek enerjili tepe noktalarına sahip olmalarıdır. Bu sivri uçların meydana geldiği dalga boylarının enerjileri diğer dalga boylarına göre çok daha yüksektir. Spektrumun bazı dalga boylarındaki bu tepe noktaları ile diğer dalga boyları değerleri arasında çok büyük farklar olabilir. Bu nedenle bu tip spektrumlara sahip ışık kaynaklarının CIE 1931 diyagramı üzerindeki renksellik koordinatları, rengi Kelvin skalası ile tanımlamak için kullanılan Planck eğrisi üzerinde bir nokta ile belirtilememektedir. Bu nedenle Kelvin skalası kesik ve düzensiz spektruma sahip ışık kaynaklarının kesin renk tarifi için kullanılamaz. Fakat birçok lamba üreticisi ürünlerini kategorilendirebilmek için bu ölçütü kullanmak zorundadırlar. Daha önceleri bu tip ışık kaynaklarının renk sıcaklıklarını tarif etmek için Görünür Renk Sıcaklığı (Apparent Color Temperature) terimini kullanmışlardır. Bu terim kesin bir değer belirtmemekle beraber, sadece ürünün renginin göz tarafından hangi renge yakın algılandığını tarif etmeye yarar. Görünür renk sıcaklığı teriminin kullanılması sakıncalıydı, çünkü bu kesin bir tarif değil sadece fikir verme amaçlı idi.

Daha sonra yapılan çalışmalar neticesinde Benzer Renk Sıcaklığı (Correlated Color Temperature) denilen bir metot geliştirildi. Böylece Planck eğrisi üzerinde olmayan bir ışık rengi (koordinatı) ona yakın ve Planck eğrisi üzerindeki nokta ile ilintileştirildi.

*(On the law of Distribution of Energy in the Normal Spectrum, Max Planck.)



Şekil 2.14 CIE 1931 chromaticity (renklilik) diyagramı üzerindeki Planck Eğrisi

Renklilik diyagramı üzerindeki her nokta (x,y) farklı bir rengi tanımlar. Bu metotta ise Şekil 2.14'te görüldüğü gibi Planck eğrisi üzerinde çizgiler belirlenmiş ve tüm çizgi boyunca renk sıcaklığı aynı kabul edilmiştir. Hiçbir zaman gerçek renk sıcaklık değeri aynı olmasa da bu metot ile çok yaklaşık renk sıcaklık değeri tanımlanarak, varolan renk tanımlama karmaşasının iyi bir çözümü bulunmuş olur. Böylelikle üreticiler düzensiz spektruma sahip ışık kaynaklarını da Kelvin skalası ile derecelendirmeye başladılar. Renksellik diyagramının aksine, Kelvin skalası ışık kaynağının rengini tek boyutta tanımlar. Bu nedenle aynı benzer renk sıcaklığına sahip ışık kaynakları yeşil ve morun farklı karışımlarını içerebilirler.

Kelvin skalasının bu yaklaşık kullanımı, teorik kara cisime benzer özelliklere sahip olmayan modern ışık kaynaklarının kullanılması yaygınlaştıkça arttı. Fakat bu kullanım, film ve TV ürünlerinde veya kesin renk tanımına ihtiyaç olan uygulamalarda hatalara sebep olabilir. Düzensiz spektruma sahip ışık kaynakları kullanmak, renk görünürlüğünde bazı problemlere yol açabilir. Bu tip ışık kaynaklarının spektral dağılımında bulunan sivri uçlara ait dalga boyları renk filtreleri ile elimine edilebilir. Fakat spektral dağılımında herhangi bir renk yoksa veya çok az ise o renk filtreleri ile eklenemez. Spektral dağılımında eksik olan o renk ortamda ya çok az görünür yada hiç görünmez. Eğer rengin önemli bir unsur olduğu bir ortamda bu tip ışık kaynakları kullanılmak zorunda ise, ortamın aydınlatmasını düzenli spektrum kaynağı ile desteklemek gerekir.

2.2.2 Işığın Renksel Geriverim Endeksi (CRI - Color Rendering Index)

Renksel geriverim endeksi, cisimlerin bir ışık kaynağı altındaki görsel renkleri ile ideal ışık kaynağına maruz bırakıldıklarındaki renklerinin doğruluğunun nicel ölçümüdür. Renksel geriverim endeksi terimi 1965 yılında Nickerson ve Jerome tarafından açıklanmış ve 1995 yılında CIE tarafından tanımlanmıştır. CIE bu terimi, bir ışık kaynağının bir cisim üzerindeki sağladığı aydınlatmanın, referans bir kaynak ile karşılaştırılmasını belirten bir matematik formülü olarak tanımlamıştır. Bu terim, insanlar tarafından kullanılan alanların aydınlatmasının uygunluğunu tarif etmede kullanışlıdır. Uygunsuz aydınlatmanın kötü sağlık etkileri anlaşıldığından beri de önemi artmıştır. Belirtilmelidir ki, CRI tek başına ışık kaynağının renksel özelliğini tanımlayamaz. Bu nedenle renk sıcaklığı ile birlikte kullanılmalıdır.

Kara cisim ışığı gibi ideal bir referans ışık kaynağının renksel geriverimi 100 olarak kabul edilir. Bu nedenle flamanlı lambalar kara cisim gibi ısı orijinli ışık ürettiklerinden, en yüksek renksel geriverime sahiptirler. Referans kaynağa en yakın spektral özelliğe sahip kaynaklar

100 renksel geriverime, en az benzerliğe sahip kaynaklar ise 0 renksel geriverim ile tanımlanırlar. Yüksek renksel geriverim değeri her zaman rengin kesin doğruluğunu açıklamayabilir. Eğer referans kaynak çok yüksek renk sıcaklığına sahipse, düzensiz spektral güç dağılımı gösterebilir. Bu o kaynağın renksel geriverim tanımında problemlere neden olur.

Çizelge 2.3 Farklı ışık kaynaklarının renk sıcaklığı ve renksel geriverim endeksi değerleri

| Işık Kaynağı | Renk Sıcaklığı | Renksel Geriverim Endeksi (CRI) |
|------------------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Alçak Basınç Soydum (LPS/SOX) | 1800 K ^o | ~5 |
| Şeffaf Yüksek Basınç Civa | 6410 K ^o | 17 |
| Yüksek Basınç Soydum (HPS/SON) | 2100 K ^o | 24 |
| Opak Yüksek Basınç Civa | 3600 K ^o | 49 |
| Halofosfat Sıcak Beyaz Floresan | 2940 K ^o | 51 |
| Halofosfat Soğuk Beyaz Floresan | 4230 K ^o | 64 |
| Trifosfor Sıcak Beyaz Floresan | 2940 K ^o | 73 |
| Halofosfat Serin Günışığı Floresan | 6430 K ^o | 76 |
| Beyaz Yüksek Basınç Sodyum (SON) | 2700 K ^o | 82 |
| Metal Halide | 4200 K ^o | 85 |
| Trifosfor Soğuk Beyaz Floresan | 4080 K ^o | 89 |
| Seramik Metal Halide | 5400 K ^o | 96 |
| Akkor flamanlı/ Halojen | 3200 K ^o | 100 |

*(CIE 2004, Colorimetric and Colour Rendering Tables)

2.2.3 Işığın Renksel Ölçümü

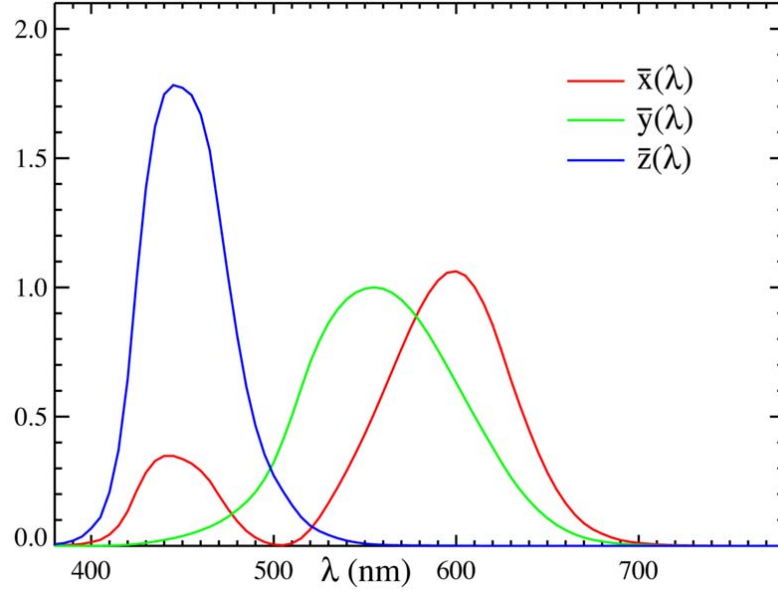
Yapılan araştırmalar insan gözünün rengi retinadaki üç koni hücresi ile algıladığını göstermiştir (Bkz. 2.2). Bu tanımın ışığında, her rengi veya her görülebilir elektromagnetik dalga karışımını üç tristimulus değeri ile ifade etmek mümkündür.

1913 yılında Avusturya'nın Viyana kentinde kurulan Commission Internationale de l'Eclairage – Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) 1931 yılındaki kuramında, ışığın tristimulus değerleri (X,Y,Z) ile rengi ve parlaklığının ifade edilebileceği belirtilmiştir. Bu değerler ışık gücünün lineer ölçümleridir. Orta değer Y, insan tarafından idrak edilen parlamanın ölçümüdür. Parlaklık denilen ışık gücü yükü (CIE 1924 Fotopik Parlama İşlevi), insan görüşünün kesin bir spektral hassasiyetlik karakteristiği fonksiyonudur. Her ne kadar göz ışık gücüne lineer tepkiler vermese de, parlaklık gücü ile lineer olarak değişir.

Burada söze edilen tristimulus değerleri, rengi belirlenmek istenen ışığın spektrumunun CIE

renk eşleşme fonksiyonları $X(\lambda), Y(\lambda), Z(\lambda)$ türünden yazılması ile bulunur.

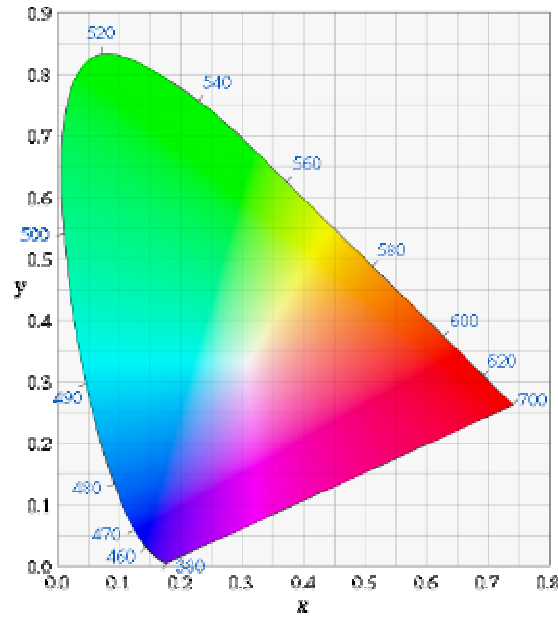
$$SPD = X.X(\lambda) + Y.Y(\lambda) + Z.Z(\lambda) \quad (1)$$



*(CIE 1995, Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources)

Şekil 2.15 CIE renk eşleşme fonksiyonları (1931)

Sadece ışığın rengi ile ilgilenirsek, parlaklığı belirten 3.koordinatı göz ardı ederek 2 düzlemli bir alan ile karşılaşırız. Bu halde, chromaticity (renklilik) koordinatları x, y ile tanımlanır.



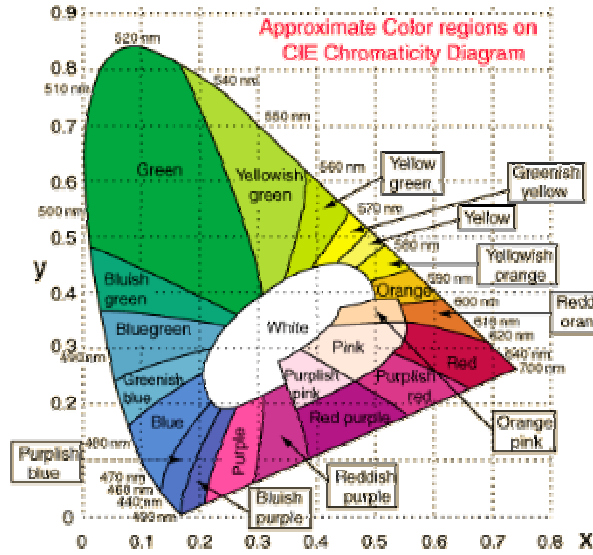
*(CIE, Commission Internationale de l'Eclairage proceedings, 1931)

Şekil 2.16 CIE 1931 chromaticity (renklilik) diyagramı

1931 yılında CIE tarafından yayınlanan chromaticity (renklilik) diyagramı x-y düzlemi üzerinde farklı dalga boylarındaki renklerin dağılmasını gösterir. Rengi tespit edilmek istenen ışığa ait renksellik (chromaticity) koordinatlarını bulmak için,

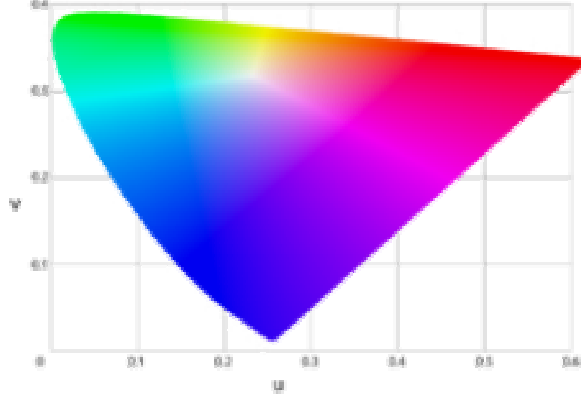
$$x = \frac{X}{X+Y+Z} , y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad (2)$$

eşitlikleri kullanılır. Bulunan bu koordinatlar CIE 1931 renksellik diyagramında o ışığın rengini tanımlar.



Şekil 2.17 CIE 1931 chromaticity (renklilik) diyagramı üzerindeki yaklaşık renk alanlarının karşılıkları

CIE 1960 ve 1976 yıllarında iki ayrı renksellik (chromaticity) diyagramı daha yayınladı. 1960 yılında yayınlanan yeni diyagramın 1931 yılındakinden farkı, 1931 yılında spektral dağılımı ölçülecek ışık 2° 'lik bir izdüşümden ölçülürken, 1960 yılında yayınlanan diyagram 10° 'lik daha geniş bir görüş açısından gelen ışınların spektral güç dağılımlarının ölçülmesi ise elde edilmiştir.



*(CIE, Ocak 1960, "Brussels Session of the International Commission on Illumination)

Şekil 2.18 CIE 1960 chromaticity (renklilik) diyagramı

1960 renksellik diyagramı u-v düzlemi üzerine yerleştirilmiştir. Diyagram üzerindeki bir noktanın u,v koordinatlarının bulmak için,

$$u = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} , \quad v = \frac{6Y}{X + 15Y + 3Z} \quad (3)$$

eşitlikleri kullanılır.

CIE 1931 diyagramı üzerindeki bir noktanın, CIE 1960 diyagramı üzerindeki karşılığını bulmak istersek;

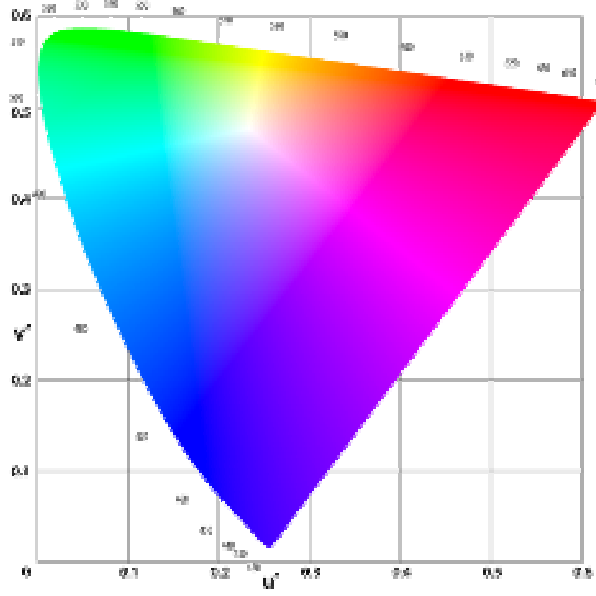
$$u = \frac{4x}{-2x + 12y + 3} , \quad v = \frac{6y}{-2x + 12y + 3} \quad (4)$$

olarak u,v koordinatlarını hesaplayabiliriz.

CIE 1931 diyagramı günışığına yakın ortamdaki görüşte normal renkler için daha iyi sonuçlar verirken, 1960 diyagramı ise karanlık ortam görüşüne daha uygundur.

CIE 1960 diyagramında sarı, kahverengi, turuncu ve kırmızı renkler diyagramın küçük bir alanında formüle edilmişti. Oysa bu renkler mümkün olduğunca geniş bir alanda, bol çeşitlilik içinde belirtilmeliydi. Çünkü bu renkler yemek, yağ, boya gibi birçok sektör için çok büyük öneme sahiptirler. Bu nedenle CIE 1976 yılında 1960 diyagramının koordinat formüllerini geliştirerek, dikey olarak daha geniş alana sahip yeni bir diyagram yayınladı. 1976 yılında

yayınlanan renksellik diyagramı u^1-v^1 düzlemine yerleştirilmiştir.



*(CIE, 1986, Colorimetry, second edition publication)

Şekil 2.19 CIE 1976 chromaticity (renklilik) diyagramı

Diyagramın üzerindeki bir noktanın koordinatlarını bulabilmek için;

$$u^1 = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z} \quad , \quad v^1 = \frac{9Y}{X + 15Y + 3Z} \quad (5)$$

eşitlikleri kullanılır.

CIE 1960 diyagramı üzerindeki bir noktanın, 1976 diyagramı üzerindeki karşılığını;

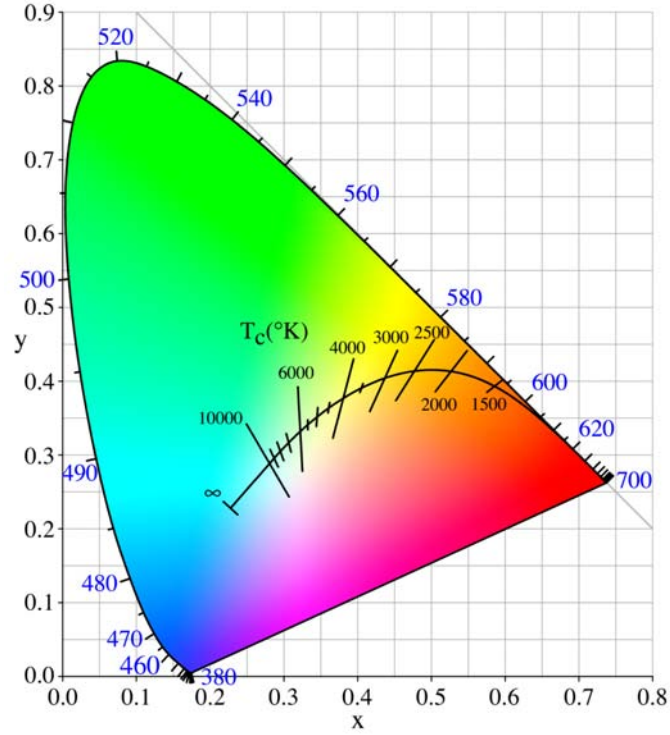
$$u^1 = u \quad , \quad v^1 = \frac{3v}{2} \quad (6)$$

olarak hesaplayabiliriz.

Yayınlanan bu 3 farklı diyagramın varlığına rağmen, bilim çevrelerince en çok kabul görmüş, bilinen ve uygulanan CIE 1931 diyagramıdır.

Koordinatları bulunan bir ışığın, karşılığı olan Kelvin cinsinden renk sıcaklığını bulmak için renksellik diyagramı üzerinde belirlenen Planck Eğrisi'nden faydalanılır. Planck Eğrisi teorik kara cismin sıcaklığının değişmesi ile girmiş olduğu renk alanını gösteren eğridir. Planck

eğrisi için kara cisim renk eğrisi de denebilir.



*(Moon, P, 1948). "A table of Planckian radiation")

Şekil 2.20 CIE 1931 Chromaticity (renklilik) diyagramı üzerinde gösterilen Planck Eğrisi

Planck Eğrisi üzerinde kara cismin T sıcaklığındaki renksellik koordinatlarını belirlemek için,

$$X_T = \int_0^{\infty} X(\lambda)I(\lambda,T)d\lambda \quad , \quad Y_T = \int_0^{\infty} Y(\lambda)I(\lambda,T)d\lambda \quad , \quad Z_T = \int_0^{\infty} Z(\lambda)I(\lambda,T)d\lambda \quad (7)$$

eşitlikleri ile tristimulus değerleri hesaplanır.

Eşitliklerdeki, $X(\lambda)$, $Y(\lambda)$, $Z(\lambda)$ fonksiyonları CIE renk eşleme fonksiyonlarıdır.

$I(\lambda,T)$ ise Planck Yasası'nda belirtildiği gibi,

$$I(\lambda,T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT} - 1\right)} \quad (8)$$

I kara cisim spektral güç dağılımı

T kara cismin gövde sıcaklığı

h Planck sabiti

k Boltzmann sabiti

c ışık hızı

Bu eşitlikler ile tristimulus değerleri bulunan kara cismin T sıcaklığındaki koordinatları;

$$x_T = \frac{X_T}{X_T + Y_T + Z_T}, \quad y_T = \frac{Y_T}{X_T + Y_T + Z_T} \quad (9)$$

olarak bulunur.

xy düzlemindeki Planck Eğrisi renksellik diyagramında bir geometrik eğri olarak tanımlanabilir. Bu eğri üzerindeki bir (x,y) koordinatını daha kolay hesaplamak için bazı yaklaşımlar kullanılabilir. Koordinatların değişmesi sıcaklık ile derecelendirildiğinden, koordinatları sıcaklığa bağlı denklemler ile hesaplamak büyük kolaylık sağlayacaktır. Bu denklemler şunlardır:

$$x_c = \begin{cases} -0.2661239 \frac{10^9}{T^3} - 0.2343580 \frac{10^6}{T^2} + 0.8776956 \frac{10^3}{T} + 0.179910 & 1667K \leq T \leq 4000K \\ -3.0258469 \frac{10^9}{T^3} + 2.1070379 \frac{10^6}{T^2} + 0.2226347 \frac{10^3}{T} + 0.240390 & 4000K \leq T \leq 25000K \end{cases}$$

$$y_c = \begin{cases} -1.1063814x_c^3 - 1.34811020x_c^2 + 2.18555832x_c - 0.20219683 & 1667K \leq T \leq 2222K \\ -1.1063814x_c^3 - 1.37418593x_c^2 + 2.09137015x_c - 0.16748867 & 2222K \leq T \leq 4000K \\ + 3.0817580x_c^3 - 5.87338670x_c^2 + 3.75112997x_c - 0.37001483 & 4000K \leq T \leq 25000K \end{cases} \quad (10)$$

Planck eğrisi benzer renk sıcaklığı (CCT) ve renksel geriverim endeksi (CRI) hesaplamalarında kullanılan CIE 1960 renksellik diyagramına da uygulanabilir. Kısaca denklemleri belirtmek gerekirse;

$$u_c = \frac{0.860117757 + 1.54118254 \cdot 10^{-4} T + 1.28641212 \cdot 10^{-7} T^2}{1 + 8.42420235 \cdot 10^{-4} T + 7.08145163 \cdot 10^{-7} T^2} \quad (11)$$

$$v_c = \frac{0.317398726 + 4.22806245 \cdot 10^{-5} T + 4.20481691 \cdot 10^{-8} T^2}{1 - 2.89741816 \cdot 10^{-5} T + 1.61456053 \cdot 10^{-7} T^2} \quad (12)$$

Bu yaklaşım formülleri 1000K ile 15000K renk sıcaklıkları arasındaki değerlerde yaklaşık 1/10.000 hata oranı ile gerçeğe çok yakın sonuçlar verirler.

CIE renksellik diyagramındaki koordinatları bulunan bir ışık kaynağının renk sıcaklığı Kelvin cinsinden hesaplanabilir. Kara cisme benzer spektral dağılıma sahip ışık kaynaklarının x,y koordinatları Planck Eğrisi üzerine düşeceğinden kesin sonuca ulaşılır. Fakat düzensiz spektral dağılıma sahip ışık kaynakları için benzer renk sıcaklığı hesaplanmalıdır. Bunun için McCamy'nin yaklaşım denklemi kullanılabilir. Bu yaklaşım denkleminin hata oranı 2000K ile 12500K değerleri arasında %5'den küçüktür. *(C.S.McCamy, Correlated color temperature as an explicit function of chromaticity coordinates, 1992)

$$CCT = -449n^3 + 3525n^2 - 6823.3n + 5520.33 \quad (13)$$

$$n = \frac{x-0.3320}{y-0.1858} \quad (14)$$

Denklemden renk sıcaklığı bulunmak istenen ışık kaynağının CIE renklilik koordinatları yerine yazılarak, basit bir şekilde yaklaşık renk sıcaklığı elde edilmiş olur.

Kısaca ölçme işlemi maddeler halinde yazacak olursak;

- 1- Renk sıcaklığı belirlenmek istenen ışık kaynağının spektral güç dağılımı ölçümü yapılmalıdır.
- 2- Ölçülen spektrum, üç temel renk eşleme fonksiyonu olarak belirlenerek X,Y,Z tristimulus değerleri bulunmalıdır.
- 3- Bulunan tristimulus değerleri kullanılarak x,y CIE 1931 renklilik diyagramı koordinatları bulunmalıdır.
- 4- Bulunan x,y koordinatları benzer renk sıcaklığı denkleminde kullanılarak Kelvin cinsinden renk sıcaklığı elde edilir.

2.2.3.1 Renk Sıcaklığı Ölçerler (Color Temperature Meter)

İki büyük optik ürünler üreticisi Sekonic ve Konica Minolta markalarının renk sıcaklığı ölçer için ürettikleri ürünler mevcuttur. İki markanın ürünleri arasında özellik olarak çok belirgin farklar olmamakla beraber, bu ürünler sektöründe kendilerini kanıtlamış kaliteli ürünlerdir.

Bu iki markanın renk sıcaklığı ölçerleri ucuz aletler olmayıp, ne yazık ki ülkemize ancak özel sipariş halinde ithal edilebilmektedirler.

2.3 Işığın Algılanması

Fotonların frekansları mor ötesi ve kızıl ötesi ışınların arasında olanları gözümüzün arkasındaki retina tabakasına düştüğünde buradaki hücreler tarafından elektrik sinyaline çevrilirler. Biz de gerçekte fiziksel birer parçacık olan fotonları "ışık" olarak algılarız.

İnsan tarafından renklerin algılanması, ışığa, ışığın cisimler tarafından yansıtılışına ve nesnenin göz yardımıyla beyne iletilmesi sayesinde gerçekleşir.

Göz tarafından algılanan ışık, retinada sinirsel sinyallere dönüştürülüp, buradan optik sinirler aracılığıyla beyne iletilir. Göz, üç temel birleştirici renk olan; kırmızı, yeşil ve maviye tepki verir ve beyin, diğer renkleri bu üç rengin farklı kombinasyonları olarak algılar. Renklerin algılanışı dış koşullara bağlı olarak değişir. Aynı renk güneş ışığında ve mum ışığında farklı algılanacaktır. Fakat, insanın görme duyası ışığın kaynağına uyum sağlayarak, bizim her iki koşuldakinin de aynı renk olduğunu algılamamızı sağlar.

Tat alma, duyma, dokunma ve diğer duyarımızda da olduğu gibi, renklerin algılanışı da kişiden kişiye değişir. Bir rengi sıcak, soğuk, ağır, hafif, yumuşak, kuvvetli, heyecan verici, rahatlatıcı, parlak veya sakin olarak algılayabiliriz. Ancak bu tanımlama, kişinin, kültür, dil, cinsiyet, yaş, ortam veya deneyimlerinden kaynaklanır. Kısacası diyebiliriz ki herhangi bir renk, iki ayrı insanda asla aynı duyguları uyandırmayacaktır. Bir nesnenin şekli de bu farklılıklardan birini oluşturmaktadır.

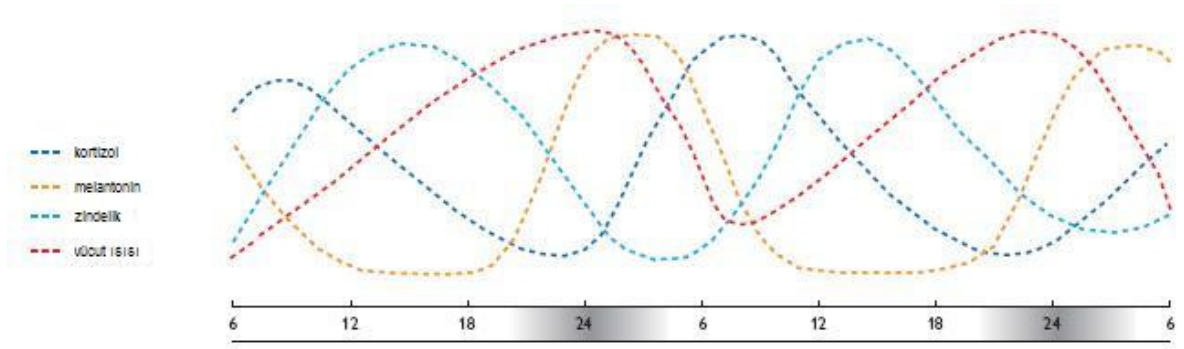
Renk körlüğü, renklerin yalnızca beynimizde oluştuğunun önemli delillerindendir. Bilindiği gibi gözdeki retinada oluşan küçük bir farklılık renk körlüğüne sebep olur. Bu durumdaki birçok insan, yeşil ile kırmızıyı birbirinden ayırt edemez. Bizim için yeşil olan bir şey, onların dünyasında tamamen farklı renktedir. Bunun tek sebebi, renk kavramını farklı algılıyor oluşumuzdur. Bizim "yeşil" olduğundan emin olduğumuz bir şeyi, karşı tarafın "gri" olarak görüyor olması, onun yanıldığını göstermez. Hangisinin doğru algı olduğunu hiçbir zaman bilemeyiz. Çünkü her ikisi de algıdır ve bunun gerçekliğini test etme ve karşılaştırabilme imkanımız yoktur. Yeşil algısı da, gri algısı da kişilerin kendi deneyimleridir ve bu kişisel deneyimlerin gerçekliği o kişinin yorumuna kalmıştır.

Her birey için dünyanın varlık şekli, bireysel duyarımızın onu algılama şekline bağlıdır.

2.4 Işığın İnsan Üzerindeki Etkileri

Gözler aracılığıyla vücuda girmesinin ardından fizyolojik ve psikolojik pek çok sonuç doğuran ışık, tıp biliminin başlangıcından bu yana bir tedavi yöntemi olarak kullanılmıştır. Özellikle 1980 sonrasında yapılan araştırmalar, ışığın insan vücudu üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmaya yönelmiştir. Elde edilen bulgular uyarınca vücudun aldığı yeterli ışığın deri hastalıkları, depresyon, korku ve verem gibi pek çok hastalığın önleyicisi olduğu söylenebilmektedir. Bu bağlamda fototerapi, günümüzde deri hastalıkları başta olmak üzere pek çok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır. Yapılan bir deneyde ışıklı ve ışısız ortamlarda tutulan iki grup, ışığın beyinsel faaliyetlere etkisini incelemek amacıyla denek olarak kullanılmış ve bu deneyler sonucunda ışığın anti depresif etkisi olduğu kanıtlanmıştır. Bu anlamıyla ışığın tıpkı Prozac ve diğer psikoterapötik ilaçlar gibi beyni uyardığı ve uyarılan beynin işlevlerini daha temiz ve hızlı gerçekleştirdiği söylenebilmektedir. Işığın seratonin seviyesi üzerinde de etkili olduğu bilinmektedir. Seratonin seviyesinin düşmesi, depresyonun yanı sıra pek çok hastalığa neden olabilmektedir. Bu kapsamda; ışık terapisi ile seratonin seviyesi ayarlanabilmekte, vücudun ve beynin dinçleşmesi sağlanabilmektedir.

Işık, gözdeki foto reseptör hücreleri ve bağımsız bir sinir sistemi yolu ile sırasıyla günlük (circadian) ve yıllık (circannual) ritimlerimizle değişiklik gösteren bedensel faaliyetleri düzenlemek için, biyolojik saatimize sinyaller gönderir. Şekil 2.6 insanoğlunun sahip olduğu bazı tipik ritim değişiklikleri verilmiştir. Şekilde vücut sıcaklığı ve zindelik ile kortizol ve melatonin hormonlarının salgısı arasındaki ilişki gösterilmiştir.



*(Serendip, 2007, Circadian Rhythms and Sleep).

Şekil 2.21 2x24 Saatlik dilimde temel döngülerin grafiksel gösterimi

İnsanlar mevsimler nedeniyle depresif davranışlarda bulunabilmekte ve bu olumsuzluk ışık ile ilintilendirilmektedir. Işık miktarındaki azalma hormonal dengeyi etkilemekte, hastalığa ve bağışıklık sisteminde zayıflamaya neden olmaktadır. Kadınların erkeklere oranla ışığa daha duyarlı oldukları ve kanlarındaki melatonin düzeylerinin düşmesiyle bağlantılı olarak kış depresyonuna yakalandıkları bilinmektedir. Bu kapsamda, özellikle sabah erken saatlerde uygulanan ışık tedavisi, kış depresyonunun yenilmesinde etkili olmaktadır. Güneş ışınlarının belirli şiddet ve süre dahilinde, beden ve ruh sağlığı için gerekli ve yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Güneş ışınları gelişmede yavaşlık, kansızlık, iştahsızlık, romatizma gibi hastalıkların tedavisinde kullanılabilir.

Baharla birlikte insanda olumlu düşünceler yoğunluk kazanıyor. Bahar mevsimindeki parlak güneş ışığı, beyinde insanların duygu durumunu ilgilendiren biyokimyasal değişikliklere sebep oluyor. Psikologlar, bahar mevsimindeki parlak güneş ışığının beyinde insanların duygu durumunu ilgilendiren biyokimyasal değişikliklere neden olduğunu ve baharın gelmesiyle birlikte insanlarda olumlu düşüncelerin yoğunluk kazandığı duyguların oluştuğunu belirtiyorlar.

Baharla birlikte doğanın renkten renge girmesi ve bitkilerin yeni baştan yeşermesinin insanların da umutlarını canlandırdığını ve tazelendirdiğini belirten psikologlar, "Baharla birlikte beyin biyokimyası üzerinde doğrudan etkileri bulunan parlak güneş ışığı, insanların duygu durumlarını olumlu yönde etkilemektedir. Özellikle insanın duygu durumunu ilgilendiren beyindeki biyokimyasal değişikliklere sebep oluyor. Böylece insanda depresyon ve kötü duyguları giderici olumlu etki sağlıyor. Bu etkiden dolayı da insanlar karanlık kış aylarındaki zor, sıkıntılı ve karamsar günleri geride bırakıyorlar" tespitinde bulunuyorlar.

Parlak güneş ışığının insanlarda mizacı da olumlu yönde etkilediğini, hoş duygular yaşattığını, karamsarlıktan çıkardığını, bazen bahar aylarında kişiden kişiye değişen mevsimsel duygu durum bozukluklarının da meydana geldiğini ancak, her şeye rağmen depresyonun kış aylarında bahar ve yaz aylarına oranla daha fazla yaşandığı yapılan araştırmalar sonucunda sabittir.

Işığın insan üzerindeki etkilerinden biri de refleksif hapşırma denilen, güneş ışığı başta olmak üzere herhangi bir parlak ışığa bakınca hapşırma olayı insanların yüzde 18'inde görülüyor. Hatta bu oran bazı bölgelerde yüzde 35'e kadar çıkabiliyor. 25 senedir bu şekilde hapşırmanın genetik olduğu biliniyor. Hapşırma sayısının da yine genlerle nakledildiğine inanılıyor.

Hapşırma burun kanallarındaki sinirlerin uyarılması sonucu oluşuyor ama parlak bir ışığın bu

sinir uçlarını nasıl uyardığı meçhul. Aslında hapşırma parlak ışığa devamlı bakarken değil, loş bir ortamdan bol ışıklı bir ortama çıkıldığında veya yüz güneşe çevrildiğinde oluşuyor.

Parlak ışıkta hapşırma otomobil sürücülerinde, karanlık bir tünel çıkışı güneş ışığı ile karşılaşıldığında problem yaratıyor ama asıl tehlikede olanlar savaş uçağı pilotları. Ağzında oksijen maskesi ile hapşırmanın bir pilotun tehlikeli bir reaksiyon göstermesi olasılığı çok yüksek. Bu nedenle askeri araştırma grupları da refleksif hapşırma ile ilgileniyorlar.

Askeri ilgililer öncelikle ışığın herhangi bir dalga boyunun etken olup olmadığını araştırdılar. Sonuca varabilselerdi bu dalga boyunu filtre eden gözlük veya lenslerle sorunu halledeceklerdi. Ancak bu konuda hiçbir araştırma sonuç vermedi. Işık şiddetinin değişmesiyle oluştuğunun ve genetik olduğunun bilinmesinin dışında ışığın insanı nasıl hapşırttığı hala bilinmiyor.

Işığa kaynaklık eden fotonlar ise çok daha hafif parçacıklardır ve çoğunlukla ilk çarptıkları atomdan sekerler. Üstelik bunu yaparken çarptıkları yere pek bir zarar da vermezler. Frekansları, yani titreşim hızları nedeniyle daha fazla enerji yüklü olan mor ötesi (ultraviyole) ışınları, cildimize nüfuz edebilir ve bazen genetik şifremizde bozulmalara neden olabilir. Belli saatlerde güneş ışığına çok fazla maruz kalmanın kansere neden olabilmesi bundandır.

Frekansları gereği kızıl ötesi (enfraruj) olarak adlandırılan fotonlar ise çarptıkları yüzeyde enerjilerinin bir kısmını bırakırlar ve buradaki atomların titreşim hızını, yani ısısını artırır. Bu yönleriyle kızıl ötesi ışınlar, ısı ışınları olarak da adlandırılır. Akkor haline gelmiş bir kömür sobası veya bir elektrik sobası bol miktarda kızıl ötesi ışın yayar. Bu ışınlar cildimiz tarafından sıcaklık hissi olarak algılanır. Sıcaklık dediğimiz şey, ışık dalgalarının meydana getirdikleri enerjiden ibarettir.

Işığın insan üzerindeki etkilerini açıklamak için yapılan araştırmalar uyarınca şu değerlendirmeleri yapabiliriz:

- İnsan metabolizması ile günün çeşitli saatlerinde etkili olan ışık dereceleri arasında belirli bir ilişki olduğu kabul edilmektedir. Bireyin aydınlık görüş alanı sabah saatlerinde hızla artmakta, öğleyin belirli bir düzeyde dengelenmekte, akşama doğru daralmakta ve geceleyin uyku sırasında kaybolmaktadır
- Işık şiddeti ve yaş arasında da doğrusallık vardır. Yaş ilerledikçe aydınlık şiddetinin artırılması gerekmektedir. Yetersiz aydınlatma çalışmayı zorlaştırmasının ve dikkatin odaklanmasını güçleştirmesini yanı sıra; iş kazalarını çoğaltmakta, gerginlik ve kaygı

düzeyini yükselterek strese neden olmaktadır.

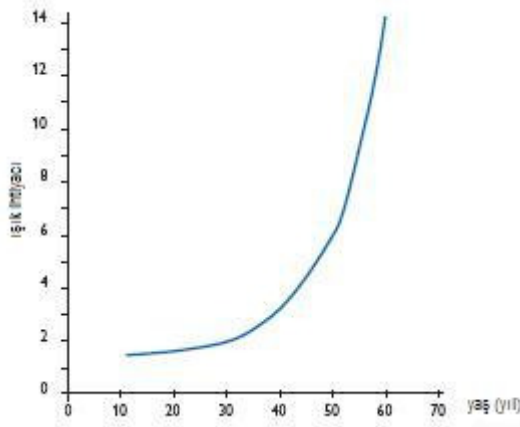
- Aydınlatma; mekanın hoş - nahoş, aydınlık - loş, sıcak - soğuk, ferahlatıcı - iç karartıcı gibi çeşitli niteliklerini belirleyen etkenler arasında sayılabilmektedir. Bir mekanı nitelerken, ışık ve aydınlatma durumunun baz alınması; ışığın insan psikolojisi ve algısı üzerindeki etkisi ile bağlantılıdır.

- Işık, insanın mekanı kullanımında da önemli bir araç olarak nitelenebilmektedir. Mekanda çeşitli bölmelerin yaratılmasında, mekanın kişiselleştirilmesinde ve mahremiyetinde soğuk dış mekan yapılarına karşıt olarak, sıcak iç mekanların (ev, oda, büro) kurulmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Bu bağlamda çeşitli ışıklandırma teknikleriyle yapılan ışık - gölge oyunları, aynı mekanda farklı ve değişik duygular yaratmak amacıyla kullanılmaktadır.

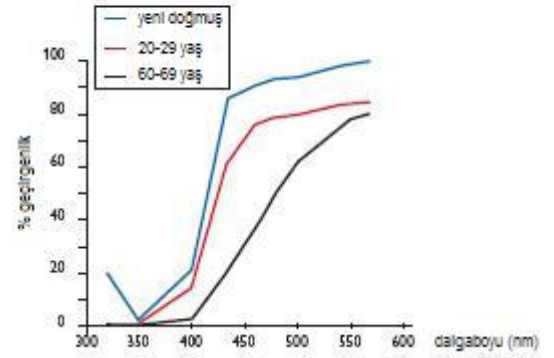
- Evin çeşitli bölümlerinde, bürolarda ve iş yerlerinde, eğlence yerlerinde kullanılan farklı ışıklandırma teknikleri; ışıklandırma ile mekanın işlevleri ve yaratılmak istenen ambians arasındaki yakın bağa dikkat çekmektedir. Bu anlamıyla ışık, aydınlatmanın ötesinde ambians yaratmaya yönelik olarak işlev göstermektedir.

- Hayatın genel ve özel oluşu ile aydınlatma arasında da önemli bir bağlantı bulunmaktadır. Aydınlık alan, diğer kişilere açık alandır. Aydınlıkta diğerlerinin gözü önünde durulmaktadır. Karanlık yada yarı karanlık alanlar özel hayatı ve kendi köşesine çekilmeyi, bireyselleşebilmeyi sağlamaktadır.

Kişinin görsel performansı sadece aydınlatmanın kalitesine değil ayrıca o kişinin kendi görme kabiliyetine de bağlıdır. Bu bağlamda, aydınlatma gereksinimlerinin ona bağlı olarak artması sebebiyle yaş önemli bir kriterdir. Şekil 2.7'te yaşa bağlı olarak iyi basılmış bir kitabın okunabilmesi için gerekli olan ortalama ışık miktarının grafiği verilmiştir. Bu yaş etkisinin pek çok olumsuz yanından biride zamana bağlı gözdeki lenste meydana gelen geçirgenlik kaybıdır.(lensler yavaş yavaş sarımsı bir hal alır). Bu demektir ki yaşlı gözler daha az geçirgenliğe sahiptir. Bu ayrıca daha da az mavimsi ışığın lensi geçebildiği anlamına gelmektedir. Yani yaşlı gözler mavimsi ışığın faydalarından daha az yararlanabilmektedir.

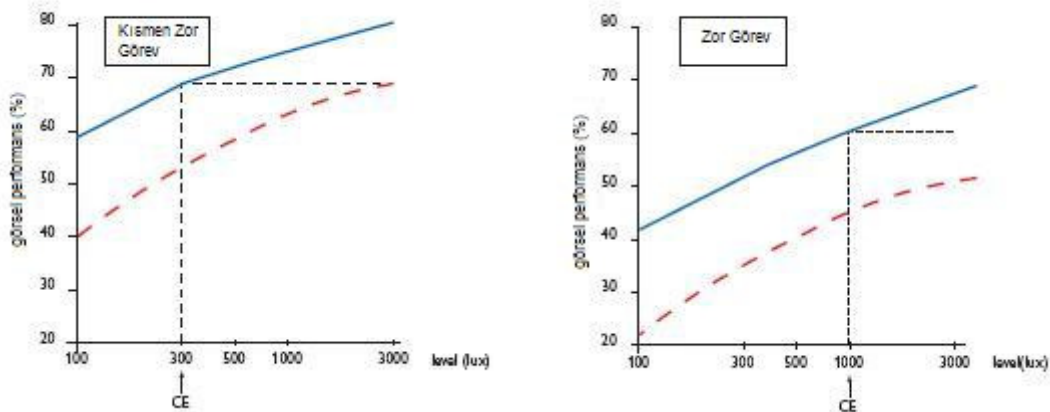


Şekil 2.22 İyi okuma için yaş ve ışık ihtiyacı arasındaki eğri



Şekil 2.23 Lens geçirgenliği

Şekil 2.9'da aydınlatma kalitesinin görsel performansa etkisiyle ilgili yapılan pek çok araştırma sonucunda oluşturulan modellemeleri içermektedir. Burada bağlı görsel performans farklı zorluktaki işler için yapılan aydınlatma seviyelerinin fonksiyonu olarak gösterilmiştir: biri kısmen zor bir görev için (örneğin; ofis işleri veya endüstriyel alandaki genel makine işleri) diğeri de zor bir görev için (örneğin; renk denetleme işi veya hassas montaj işi) tanımlanmıştır. Bütün işlerde yükselen ışık seviyesinin, görsel performansı da açıkça arttırdığı görülmektedir.



Şekil 2.24 Bağlı görsel performans ve aydınlatma seviyesi arasındaki bağıntı

Işığın renksel özellikleri ayrıca büyük oranda ilgi uyandırmalıdır. Işık ‘gerçek’ renklerin görülmesine müsaade etmelidir. İnsan derisini renginin düzgün görünmesi ayrıca önemlidir. Öyle ki, derinin soluk ve sağlıksız görünmesi ortamda rahatsızlıkların oluşmasına sebep olur. Ayrıca ışığın kendi renginin görünümü de mekânın atmosferinin algılanmasında büyük bir role sahiptir. Hatta duygusal bir etki bile yaratabilir. Örneğin; mavimsi-beyaz ışık ciddi ve uyarıcı bir algılamaya sebep olurken kırmızımsı-beyaz ışık ortamı rahatlatıcı ve oldukça sıcak algılamamızı sağlayan bir etki bırakır.

Son olarak, kapalı mekânlardaki gün ışığının katkısı da çalışma mekânının kalitesini tayin etmedeki bir başka önemli faktördür. Neyse ki, gün ışığı pek çok durumda gün içinde en azından birkaç saatlik dilimde binaların içine girerek, toplam aydınlık seviyesini büyük oranda etkiler. Ancak gün ışığı sadece üzerinde çalışılan göreve daha fazla ışık aktararak işi kolaylaştırmakla kalmaz, hareketlilik dolayısıyla, ışığın gücünde ve renginde meydana gelen çeşitlilik, düzgün kullanıldığında (örneğin; uygun pencere ve güneş perdeleme sistemleriyle), iyi bir çalışma ortamı için büyük yarar sağlar. Gün ışığının sahip olduğu hareketli değişim ruh hali ve uyarılmaya pozitif katkıda bulunur. Ofisler için yapılan geniş çaplı bir araştırma göstermiştir ki insanlar gün ışığına ek olarak ofis ortamında ayrıca yapay ışığında bulunmasını istemektedirler.

3. DİNAMİK AYDINLATMA

Günümüze kadar süregelen bir dizi tıbbi araştırma ve bilim adamlarının asırlar boyu edindiği tecrübeler kesinlikle göstermiştir ki, güneş ışığının insanlar üzerinde birçok olumlu etkileri vardır. İnsanların gün ışığının bu faydalarından mümkün olan en fazla şekilde yararlanmalarını sağlamak amacıyla yapılan araştırmalar sonucunda, gün ışığının dinamik atmosferini insanların çalışma ve yaşam alanlarına taşıyan gelişmiş bir aydınlatma yöntemi olan **Dinamik Aydınlatma**'ya ulaşılmıştır.

Dinamik aydınlatma terimi pek çok farklı anlamda anlaşılabilir. Dinamik aydınlatmada aydınlatma değişkendir, daima sabit değildir. Aydınlik seviyesi, renk sıcaklığı ve ışık rengi değişebilir. Dinamik aydınlatma oluşturmak için değişik türde kontrol sistemleri kullanabiliriz. Aydınlatma kontrol sistemleri esas olarak lambalara gelen çıkışları kontrol ederek çalışırlar ve aydınlığı, renk sıcaklığını (armatürde iki veya daha fazla lamba) ve de ışığın rengini (armatürde farklı renkte lambalar) değiştirmek için kullanılabilirler.

Birden çok çıkışa sahip özel armatürler bize görsel çevrenin dengesini değiştirme olanağı sağlar ve aynı mekanda değişik türde armatürler kullanırsak imkanlar daha da sonsuz bir hal alır. Özel armatürler ayrıca ışığın çıkış şeklinin kontrolünü veya hareket efektleri oluşturmayı mümkün kılar. Burada teknik imkanlar sınırlayıcı faktör değildir.

Dinamik Aydınlatma gün ışığının ritmini takip ederek, doğal bir aydınlatma ortamı yaratır ve kişilerin ışığı kendi istekleri doğrultusunda kontrol etmesine olanak tanır. Böylece insanlar gün ışığının üzerlerinde yarattığı doğal etkilerden çalışma ve yaşam alanlarında da yararlanmış olurlar.

3.1 Biyolojik Işık

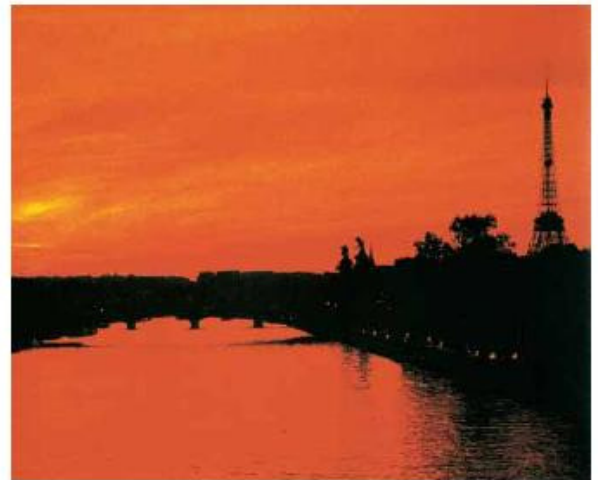
İnsan yeryüzünde varolduğu günden bu yana, güneş ışığı (biyolojik ışık) içinde gelişmiş ve tüm organizması, belli rutinlerin yaşanmasından psikolojik yaşantısına değin, buna göre olmuştur. Güneş ışığı güneşin gün içindeki konumundan kaynaklanan renk ve şiddet değişikliklerine sahiptir. Bu değişiklikler insanın günlük yaşam ritmine doğrudan etki eder niteliktedir. Bu bakımdan insanlar için gün ışığının gerekliliği kesin ve kritik bir öneme sahiptir.

Doğal ışıktan gerektiği kadar faydalanamayan insanlar için güneş ışığının değişken hareketleri incelenerek biyolojik ışık modellemesi yapılmıştır. Dinamik aydınlatmada, bu modelleme yapay ışık ile sağlanarak insan vücudunun doğal ışığa verdiği reaksiyonların sağlanması hedeflenmektedir.

Son yıllarda, özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde ışığın biyolojik etkilerini test etmek için oluşturulmuş alanlarda ve ayrıca Harvard Medical School, Jefferson Medical College gibi özel üniversite laboratuvarlarında bir çok çalışmalar yapılmıştır. Sonuç olarak ışık üzerine yapılan bu çalışmalar gösterir ki, ışığın yalnızca doğal yada yapay olarak kullanılıp kullanılmadığını değil, aynı zamanda insan organizmasının psikolojik dengesinin korunmasında ve bunun sürdürülebilmesinde de önemli bir rolü olduğu açıktır.

Biyolojik ışığın doğal çevrede nasıl hissettiğimize önemli etkisi olan iki karakteristik özelliği: parlaklığı ve ışığın renksel görünümüdür. Birincisi, ışık her zaman görsel iş performansını kolaylaştıracak kadar parlak olmalıdır. Yükselen aydınlatma seviyeleri ayrıca öğle yemeği sendromu gibi bilinen etkileri de savuşturmaya yardımcı olur.

Işığın renksel görünümü de esaslı biyolojik ilişkiye sahiptir. Örneğin, sabahları görünen mavimsi ışık üzerimizde uyandırıcı bir etki yapar. Aynı şekilde akşamüstü oluşan kırmızı gökyüzü de rahatlatıcı bir etkiye sahiptir. Gün ışığı için, ışığın en rahat hissettiğimiz hali, asla sürekli değildir. Gün içerisinde değişerek, duygularımızı, ruh halimiz, algılama gücümüzü ve performansımız etkiler.



Şekil 3.1 Sabah erken saatte ve akşam üstü Paris'i çevreleyen renk

Elbetteki gün ışığının doğası sadece günün akışına göre değil, mevsimlerin akışına göre de değişir. Kış boyunca bir kişinin maruz kaldığı ışık miktarı oldukça sınırlıdır, özellikle de kapalı mekânlarda çalışıyorlarsa. Bazı insanların mevsimsel etki düzensizliği gibi rahatsızlıklar yaşadığı bilinmektedir. Yapay ışık kullanarak biyolojik ışığın modellenmesi sureti ile insanların bu olumsuz koşullardan minimum şekilde etkilenmeleri amaçlanmaktadır.

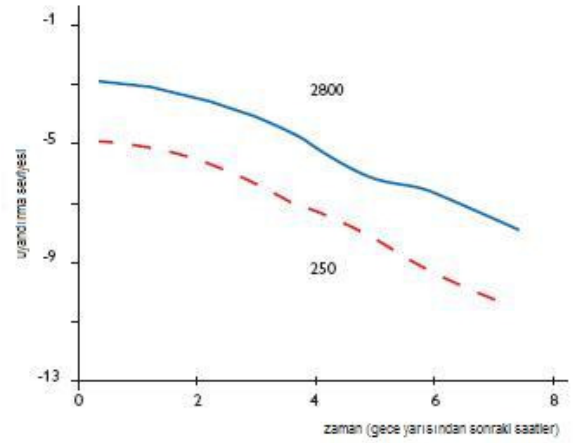
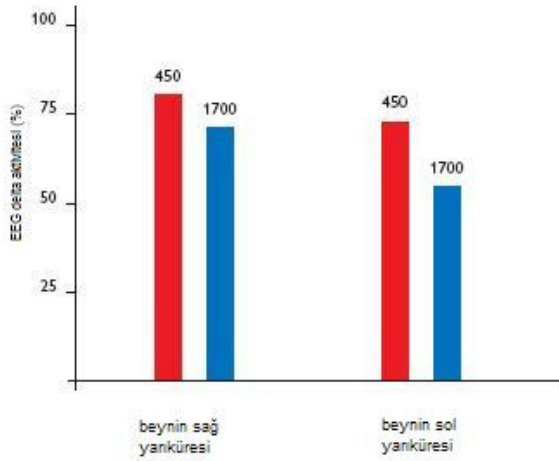
3.2 Biyolojik Işık ve Dinamik Aydınlatma Hakkındaki Araştırmalar

Foto biyolojik çalışmalar gösterir ki, insan organizması önemli bir şekilde ışıktan etkilenir. Özellikle ışık kullanımı organizmayı idare edebilir. Ve önceden karar verme aşamalarında onu düzenleyebilir. Bu konuda en ünlü bilimsel deneylerden biri Boston'daki Women's Hospital ve Brigham'dan Charles Czeisler tarafından geliştirilmiştir.

NASA'da yardımcı idareci olan Czeisler, tamamen karanlık dönemlerde, insanın 24 saatin üzerindeki bedensel fonksiyonlarını düzenleyen circadian ritimlerini değiştirebilen aşırı yüksek aydınlatma düzeyinin (1.000 lux) olduğu bir sistem oluşturur.

Araştırma sonucunda elde edilen bilgiler; insanlarda her gün benzer bir devri tekrar eden beden sıcaklığı, öğleden sonra azalır ve gece boyunca en alt seviyeye düşer. İnsan vücudu bu günlük düzene göre ısınır ve soğur.

Küller ve Wetterberg, ofis ortamına benzetilen bir laboratuarda önce nispeten yüksek bir aydınlatma seviyesinde (1700 lux) daha sonrada daha düşük bir aydınlatma seviyesinde (450 lux) insan beyninin dalga grafiği (EEG) üzerinde çalışmalar yapmıştır. EEG'lerin karşılaştırılması belirgin bir farkı ortaya koymaktadır: yüksek aydınlatma seviyesinde daha az delta dalgası (EEG 'deki delta aktivitesi uykulu olma halinin göstergesidir) oluşumu gözlenmiştir. Bu da parlak ışığın merkezi sinir sistemi üzerinde uyandırıcı bir etkisi olduğu anlamına gelir.

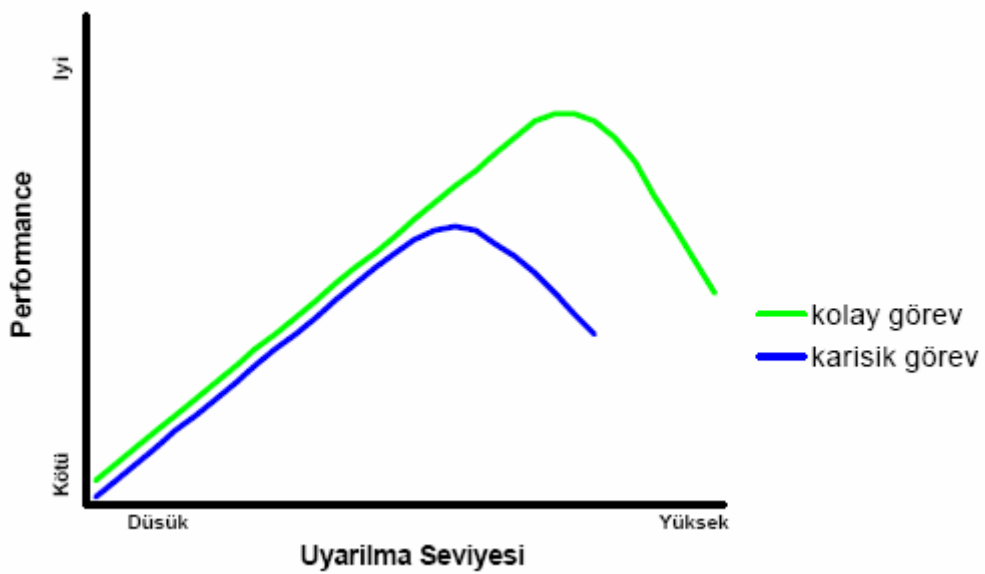


*(Küller R, Laike T 1998 "The impact of flicker from fluorescent lighting on well-being, performance")

Şekil 3.2 EEG Ölçümündeki delta aktivitesi

Şekil 3.3 Uyarılma seviyesi

Uyandırma teorisi olarak bilinen Yerkes-Dawson kanunu (Yerkes ve Dawson, 1908) uyandırma ve insan performansı arasındaki ilişkinin ters U fonksiyonu olarak sistematik bir şekilde çeşitlendiğini vurgular. Uyandırmanın bir üst seviyesi yüksek performans anlamına gelir ancak bu uyandırmanın performans üzerinde ters etki yapmaya başladığı belli bir seviyeye kadardır. Aydınlatma sıklıkla hafif uyanıklık derecesinde insan performansını arttırmak için, özellikle uyanıklığın düşük seviyeden orta seviyeye yükseldiği ve görevin çok zor olmadığı durumlarda kullanılır.



Şekil 3.4 Uyandırma Teorisi'ne göre uyarılma ve performans arasındaki ilişki

Hackman ve Oldham (1976) tarafından sunulan bir iş memnuniyeti modelinde, özerklik beş ana iş karakteristiğinden biri olarak tanımlanmıştır (diğerleri görev kimliğini tanımlaması, geri dönüş, yetenek çeşitliliği ve görevin anlaşılması). Aydınlatma görevi kimliğin anlaşılması ve özerkliği etkilemektedir. Işık seviyesi ve/veya renk sıcaklığı kontrol edilebilen bir aydınlatma uygulaması ile kişiye özerklik hissi vermektedir.

İlk dinamik aydınlatma sistemi olan Sivra; Milano'daki National Research Council IGuzzini Illuminazione, Troy Politeknik Enstitü'deki Aydınlatma Araştırma Merkezi ve Floransa'da ki Futuro'nun yaptıkları yardımcı araştırmaların sonucu olarak çıkmıştır.

Sivra projesi 1988'de başlamıştır ve Ferrara kimyasal bitkilerinde Himont ve Erichem kontrol odalarının ortaya çıkardığı bir seri problemleri çözmek için hedeflenmiştir. Proje son şekillenmelerini ve mükemmelliğini Recenati'deki IGuzzini Aydınlatma Laboratuvarında almıştır. Sonra Renseler Politeknik Enstitü'sünün aydınlatma araştırma merkezinde bir seri teste tabi tutulmuş, verimlilik standartları ve işçilerin ruh hali üzerindeki test sonuçları alınmıştır. Deney sonuçlarının gösterdiğine göre de işçilerin, elemanların çalışma koşulları ve verimliliğini artırabilen biyolojik – dinamik ışık Sivra sistemi üretilmiştir. Bu dinamik aydınlatma sistemi ile özellikle canlı ve dinamik bir ışık meydana getirilmektedir.

3.3 Dinamik Aydınlatmanın İnsan Üzerindeki Etkileri

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

Dinamik aydınlatma ofis ortamına gün içinde aydınlatmayı otomatik olarak değiştiren senaryolar aracılığı ile insanların, günün değişik zamanlarındaki ihtiyaç ve isteklerine göre hareket ederek, kendilerini iyi hissetmelerini sağlar. Yapılan araştırmalar 3000 °K'lik ılık beyaz ışığın insanların kendilerini iyi ve rahat hissetmelerini sağlarken, 5600 °K'lik soğuk beyaz ışığın insanın kendisini daha dinamik ve hareketli hissetmesine neden olduğunu ortaya çıkarmıştır.

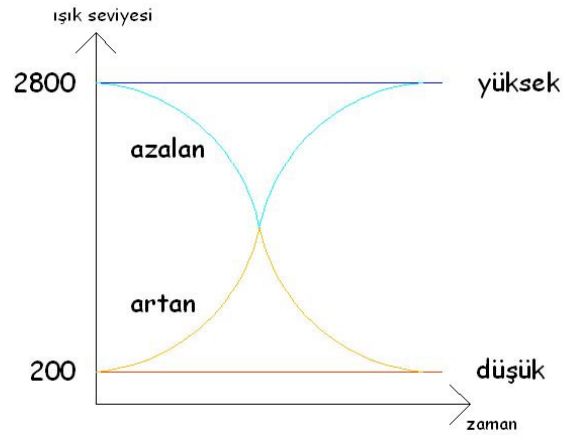
İnsan vücudu, gece ve gündüze göre farklılık gösterir. Gece uykumuz geliyor, sabah ise güne enerjiyle başlayabiliyoruz. Bu önemli farklılığın yanı sıra vücudun ritmi gün içinde de

durmaksızın değişiyor. Bu dongunun ışıkla yakın ilişkisi var. Gece ve gündüz, mevsimlerin de etkisiyle gün içinde farklı ışıklar yaratıyor. Doğal ışığın ritmi insan bedeni üzerinde de etkili oluyor. Gün ışığı bedenimiz üzerinde, hormonlarımızın seviyesinde etkili oluyor. Gün ışığının yokluğu, melatonin hormonu seviyesini yükseltiyor. Melatonin hormonu vücuda uyku veriyor. Gün ışığı ise vücuda canlılık veren Kortizol hormonunun üretimini oğaltıyor. Geceyle gündüz, uyku ile zindelik arasındaki ilişki basitçe böyle kurulabiliyor.

Renseler Politeknik Enstitü'sunun aydınlatma araştırma merkezinde yapılan bir testte denekler üzerine 4 farklı ışık durumu uygulanıyor ve sonuçlar aşağıdaki gibi alınıyor;

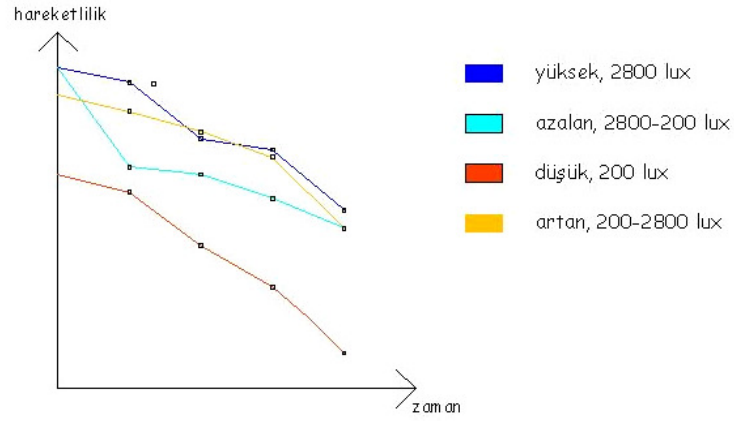
Uygulanan 4 farklı ışık durumu;

- duşuk, sabit 200 lux ışık
- yüksek sabit 2800 lux ışık
- 200 lux ile 2800 lux arasında artarak değişen dinamik ışık
- 2800 lux ile 200 lux arasında azalarak değişen dinamik ışık



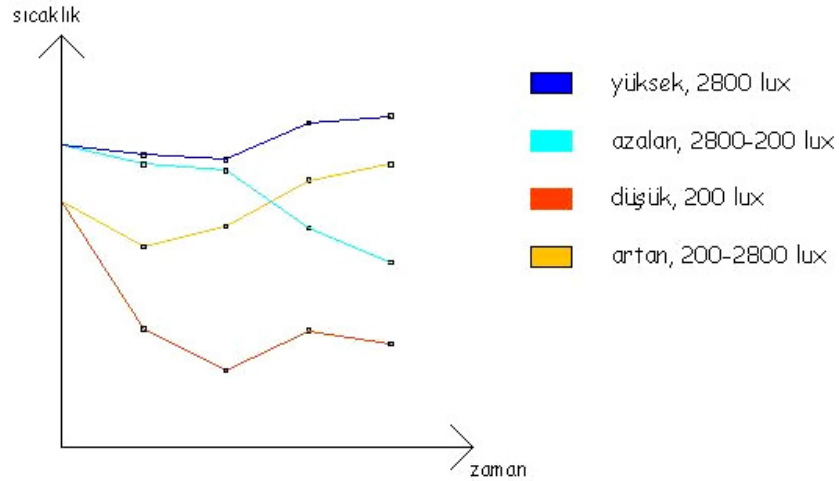
şekil 3.5 Deneklere uygulanan ışık durumlarının zamana göre grafiği

Aydınlatma araştırma merkezinin test sonuçlarına göre aşağıdaki diyagram dört farklı ışık durumuna göre hareketlilik ve canlılık durumunu gösteriyor.



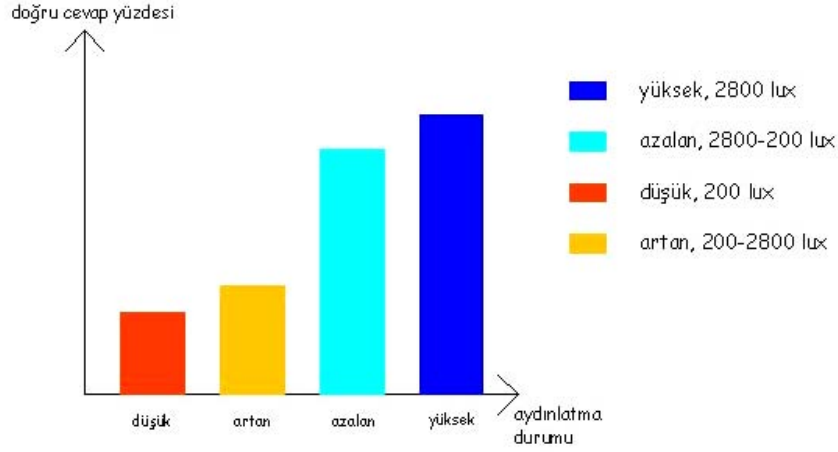
Şekil 3.6 Deneklerin ışık durumlarına göre belirlenen hareketlilik-zaman grafiği

Dört farklı aydınlatma durumuna göre vücut sıcaklığındaki değişim aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Deneklerin ışık durumlarına göre belirlenen vücut sıcaklığı-zaman grafiği

Dört farklı aydınlatma durumuna göre karmaşık idrak etme aktivitelerine etkisinin değişimi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Deneklerin ışık durumlarına göre karmaşık sorulara verdikleri doğru cevap yüzdeleri

Yapılan bu deneylerin sonuçları da açıkça göstermektedir ki, ışığın şiddeti insanlar üzerinde fizyolojik ve performanslarını etkileyecek psikolojik etkilere sahiptir.

Işık şiddeti arttıkça, göz bebeği daralarak retina üzerine fazla ışık düşmesini engellemeye çalışmaktadır. Gözbebeği bu uyumu sağlayamazsa, retinanın aşırı ışık alması ve aydınlanması göz kamaşmasına neden olmaktadır. Işık uyarısına karşı göz uyumsuzluğu olan kamaşmanın sık olması yada uzun sürmesi ise zorlanmaya neden olmaktadır. Bu evrede baş ve göz ağrıları yaşanmakta, göz yorulmakta, epilepsi ve migren nöbetleri gerçekleşebilmektedir.

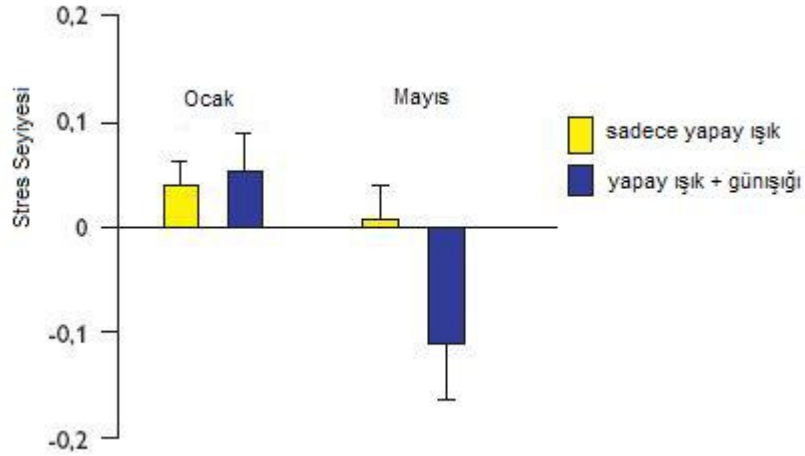
3.3.1 Biyolojik Işık İnsan Vücudunda Zindelik Etkisi

İnsanların farklı aydınlatma koşulları altında çalışmalarının sağlık, refah ve zindeliğe etkilerini karşılaştıran pek çok araştırma projesi üzerinde çalışmalar vardır. Bu kısımda bunların sadece ufak ama tipik akımları üzerinde durulacaktır.

Küller ve Wetterberg, ofis ortamına benzetilen bir laboratuarda önce nispeten yüksek bir aydınlatma seviyesinde (1700 lux) daha sonrada daha düşük bir aydınlatma seviyesinde (450 lux) insan beyninin dalga grafiği (EEG) üzerinde çalışmalar yapmıştır. EEG 'lerin karşılaştırılması belirgin bir farkı ortaya koymaktadır: yüksek aydınlatma seviyesinde daha az delta dalgası (EEG 'deki delta aktivitesi uyukulu olma halinin göstergesidir) oluşumu gözlenmiştir. Bu da parlak ışığın merkezi sinir sistemi üzerinde uyandırıcı bir etkisi olduğu anlamına gelir.

Işığın zindelik ve ruh hali üzerindeki etkisini inceleyen araştırmaların çoğu akşam vakti karanlığında yapılmıştır, çünkü bu durumda etkiler kendini daha güçlü bir şekilde gösterir. Şekil 3.9 iki aydınlık rejimin uyandırma üzerindeki etkisine vardiyalı işçiler için zamanın bir fonksiyonu olarak göstermiştir. İki rejim için de geceleri uyandırmada bir düşüş oluşur ama yüksek ışık rejimi daima bariz bir şekilde daha yüksek bir şekilde uyandırma etkisine sebep olmaktadır ki bu da daha iyi zindelik ve ruh hali demektir.

Diğer çalışmalarda gösteriyor ki bitkinlik ile başa çıkmak için kullanılan daha yüksek aydınlatma seviyeleri daha uzun süre zinde kalmayı sağlıyor. Kapalı mekânlarda çalışan insanların stres seviyeleri ve şikayetlerini inceleyen araştırmalar sadece yapay aydınlatma altında çalışan bir grup insan ve gün ışığı ile yapay aydınlatmanın kombinasyonu ile oluşan aydınlatma altında çalışan bir grup insanın karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.9'da görüldüğü gibi, Ocak ayında, gün ışığı akışının aydınlatma seviyesinin ek katkı yapacak kadar yeterli olmadığı bir dönemde, iki grup arasında az bir fark oluşmaktadır. Ancak Mayıs ayında, gün ışığının gerçekten katkı yaptığı bir zaman diliminde, gün ışığı ile kombine aydınlatmaya maruz kalan grubun bariz derecede daha az rahatsızlık duyduğu gözlenmiştir. Bir başka çalışmada kışın kapalı mekânlarda yapılan yapay aydınlatmanın ruh hali ve dinamizm üzerinde pozitif bir etki oluşturduğunu göstermektedir.

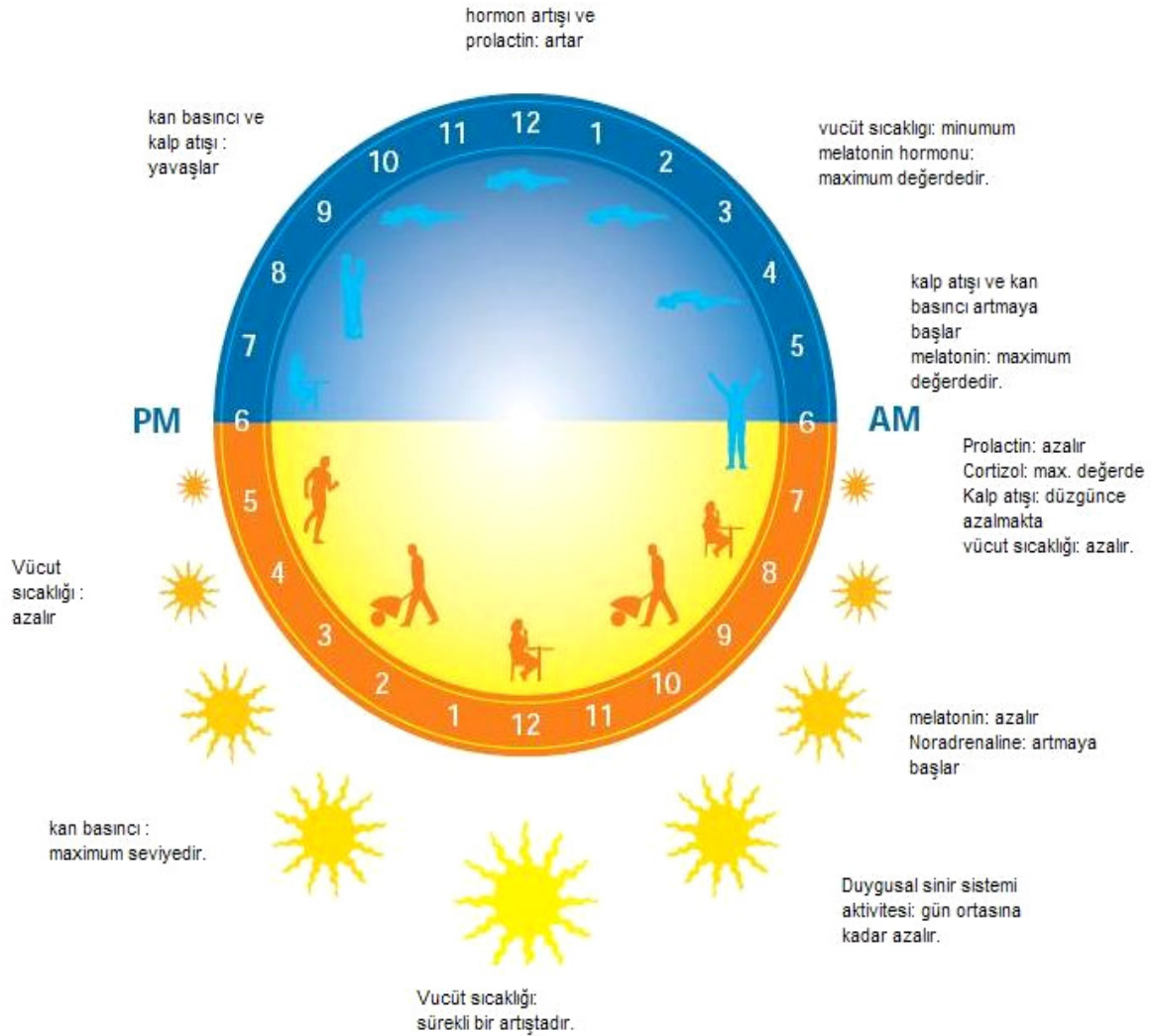


*(Küller R, Laike T 1998. "The impact of flicker from fluorescent lighting on well-being, performance")

Şekil 3.9 Yapay ve kombine ışıkta çalışan işçilerin stres ve şikayet seviyeleri

Bizim vücudumuz ışık şiddetine ve gece gündüz döngüsündeki ışık değişim süreçlerine göre kendini düzenler. Gün içindeki bütün ışık efektleri değişimleri bizim ruh halimizi etkiler ve

içinde bulunduğumuz zamanın; gece veya gündüz olduğunu, çalışma veya dinlenme saati olduğunu bizim vücudumuza söyleyerek idrak etmesini sağlar. Her birimizin, güneşin gökyüzündeki konumuna, bu güneş ışığının da beynimizde canlandırıcı hormonal mesajlara etki eden ve bunların uygulanmasını sağlayan kendi iç bir biyolojik saati vardır.



*(Purves, Dale.2007. "Molecular Mechanisms of Biological Clocks")

Şekil 3.10 24 Saatlik periyotta biyolojik ışığın insan vücudunda neden olduğu reaksiyonlar

Kortizol (stres hormonu) ve melatonin (uyku hormonu) hormonları uyku ve zindelik yönetmede çok önemli bir role sahiptir. Kortizol kan şekerini arttırarak vücuda enerji verir ve bağışıklık sistemine katkıda bulunur. Ancak kortizol seviyesi uzun müddet boyunca artış gösterirse bu vücudun yorgun ve verimsiz olmasına sebep olur. Kortizol seviyesi sabah vaktinde artar ve vücudu başlamakta olan günün aktiviteleri için hazırlar. Gün boyunca makul bir seviyede kalır ve sonunda gece yarısına doğru minimum seviyeye düşerler. Uyku hormonu

melatonin seviyesi ise sabahları uykusuzluğu önlemek için çok düşüktür. Hava karardığında, sağlıklı bir uyku sağlamak için (ayrıca kortizol seviyesi de minimum değerine ulaşır) normal olarak tekrar artar.

Parlak ışık yüksek ışık seviyesine bağlı olarak gizli bazı hormonları engeller. Uyku hormonu olan melatonin gibi. Parlak ışık hem psikolojik hem de zihinsel canlandırma yapan bir etkisi vardır. Dahası elemanları daha duyarlı, daha aktif ve dış etkilere, uyarılara karşı daha dikkatli yapar. Üstelik birçok çalışmada parlak ışığın zihinsel durum üzerinde bizi daha iyi bir ruh haline soktuğu kanıtlanmıştır.

Diğer bir taraftan dinamik aydınlatma bir ışığın gün içindeki ışık şiddetindeki değişimiyle ve renk sıcaklığındaki değişimle ifade edilmektedir. Bu değişiklikler rasgele değildir, önceden belirlenen biyolojik ışık modellemesi ve aydınlatma programları ile belirlenir.

3.3.2 Biyolojik Işığın Vücudun Ritmine Etkisi

Işık, gözdeki foto reseptör hücreleri ve bağımsız bir sinir sistemi yolu ile sırasıyla günlük (circadian) ve yıllık (circannual) ritimlerimizle değişiklik gösteren bedensel faaliyetleri düzenlemek için, biyolojik saatimize sinyaller gönderir.

Geçen yıllarda ışık ve insanın vücut ritmi arasındaki bağlantı ile ilgili daha çok şey öğrendik. Circadian ritmi ortalama 24 saatlik periyotta işleyen değişken süreçlerdir. Bu ritim vücut ısısı, zindelik ve melatonin ve kortizol gibi hormonların salgılanmasıyla bağlantılıdır. Bizim biyolojik saatimiz üst kiyazmatik çekirdekte bulunup göze gelen ışık tarafından ayarlanır. Işığa günlük olarak maruz kalmadan, Circadian sistemimizin serbest akış periyodu 24 saatten daha uzun olabilir. Doğru zamanda yeterli ışığa sahip olmak Circadian ritmi için oldukça önemlidir, aynı şekilde doğru zamanda tam karanlıkta kalmakta önemlidir.

Sağlıklı bir bünye için bu vücut ritimlerinin çok fazla saptırılmaması gerekir. Bu ritimlerde bir düzensizlik gelmesi durumunda, yapay dinamik ışık kullanılarak normal ritme geri dönülmesi sağlanabilir.

Normal bir düzende, ışık özellikle sabah ışığı, vücut saatini dünyanın 24 saatlik aydınlık-karanlık döngüsüne göre senkronize eder. Düzgün bir 24 saatlik aydınlık-karanlık döngüsü olmadan, insanlar için iç vücut saati ortalama 24 saat 30 dakikalık bir periyotla bağımsız olarak çalışır. Bu durum, sonuç olarak, vücut sıcaklığımızda ve çevresel saat tarafından düzenlenen melatonin ve kortizol seviyelerinde günden güne daha büyük sapmalara sebep olur. 'Normal' karanlık aydınlık ritminin yokluğundan kaynaklanan bu uyumsuzluk, gündüz

vakti uykunun gelmesine ve gece vakti uyuyamamaya sebep olabilen sonuçlar doğurabilir. Aslında, aynı semptomlar, aynı sebeplerde ötürü farklı saat dilimleri arasında yapılan seyahatlerde oluşan sersemlikte kendisini göstermektedir. Yine aynı sebepten değişen vardiyalı işçiler de aynı problemleri vardiyalı değişiminden sonraki birkaç gün boyunca yaşamaktadırlar.

Her gün benzer bir devri tekrar eden beden sıcaklığı, öğleden sora azalır ve gece boyunca en alt seviyeye düşer. İnsan vücudu bu günlük düzene göre ısınır ve soğur. Bu circadian (24 saatlik ritim) ritmindeki bir değişim, öğleden sora 4'den 8'e kadar olan ısı azalmalarındaki bir değişikliğe neden olabilir.

İnsan vücudunun günlük circadian ritmindeki bir değişiklik melatonin yada kortizol salgılarının değişiminden başka biyolojik saatimizi ileriye yada geriye kurarak organizmanın uyuma yada uyanık zamanlarındaki önemli değişimleri de içerir.

Uyanık kalma ve uyuma sadece iki farklı zihinsel durum değildir. Beyin sadece uyanık zamanlarda ve dinlenme zamanları arasındaki karşılıkları değil, aynı zamanda tüm organizmanın özel biyolojik düzenini de takip eder.

Aydınlık ve karanlığı etkin bir biçimde kullanarak Circadian ritmini değiştirebiliriz. Böylece insanlar yeni bir saat dilimine veya gece vardiyasına daha çabuk uyum sağlar. Ayrıca ışığın savaşlarda, öğleden sonra zindelik seviyesini düzenlemek için kullanılması tavsiye edilmektedir. Öğle yemeği sonrası sendromu olarak bilinen etki ne kadar veya ne zaman yemek yendiğine bağlı değildir. Işık, onu nasıl kullanacağımızı dikkatlice düşünmemizi gerektiren çok etkin bir araçtır. İnsanların çalışma ve yaşama alışkanlıkları son 10 - 20 yılda dramatik bir şekilde değişmiştir ve bu değişim bizi ciddi bir biçimde atalarımıza göre dış ortamlarda daha az vakit harcamaya sürüklemiştir. Batıda yaşayan insanların hormonal ritimleri, gelişmekte olan tarıma dayalı ekonomilere sahip ülkelerde yaşayan insanlara göre daha zayıftır. Daha ileri bilgilerin varlığına dayanarak şunu kabul etmeliyiz ki, ferahlığı arttırmak amacıyla yapay ışığın doğal hormonlarımızı ve zindelik ritmimizi bastırmaktansa, desteklemesine ihtiyacımız vardır.

İnsan vücudunun ışığa duyarlı kısımlarında ışığın biyolojik anlamda kullanımı sayesinde daha fazla kontrol edilebilen bir etkiye sahip olan teknolojiler vardır. Bu teknoloji tipi circadian ritimlerinde bir değişiklik yapamaz. Ama yüksek aydınlatma düzeyi ile organizmanın canlılık durumunun uyarılmasını sağlayabilir. Bu en az 2500 lux şiddetindeki ışıkta gece boyunca olan melatonin salgısını durdurabilir yada vücut sıcaklığı artarken bu salgı azalabilir. Bu

bakımdan bu durumlarda hatta gece yarısında bile kesin psikolojik değişimler görülebilir.

Geceleri vücut sıcaklığı ve kalp atışları düşer, kan basıncı azalır, öncelikli olarak melatonin ve kortizol gibi hormonlar kana karışır. Işığın etkili olduğu zihinsel ve psikolojik durumlar vardır. Işığın geçiren kısımlar, insan organizmasının aktif yada dinlenme hallerindeki özel bilgi iletişimini sağlar. Bu aslında ışığın biyolojik fonksiyonudur.

Işık da karanlık da güçlü Circadian ritmini oluşturmak, böylelikle gün içinde zindeliği arttırmak ve geceleri daha verimli bir uykuya sahip olmak için son derece gereklidir. Gelecekte odanın aydınlatılmasını gün içerisindeki zamana ve kullanıcıların yaşına uydurabilmemize olanak tanıyacak daha kullanışlı aydınlatma sistemleri yapabileceğiz.

3.3.3 Biyolojik Işığın İnsan Performansına Etkisi

Radnot, yaptığı araştırmalar sonucunda beyaz kan yuvarlarının özel bir türü olan eozonofil lökositlerin yoğunluğunun, nöroendokrin sistemin devreye girmesi ile aydınlık düzeylerine göre değiştiğini açıklamıştır. Deneyler sonucunda, aydınlık düzeyi arttıkça eozonofil lökositlerin yoğunluğunun düştüğü saptanmıştır. Yoğunluğun azalması, vücudun fonksiyonlarının canlanmasının ve insanın verimliliğinin arttığına bir göstergesidir. Bu da insanın bir gündüz canlısı olduğunu ve ancak gündüz açık havadaki ışık şartlarında verimli olabilmek için optimum koşullara ulaşabildiğinin bir kanıtıdır. Bu, insanın bir canlı olarak gelişirken çok uzun bir süre tek gerekli ve yeterli enerji ve ışık kaynağı olarak karşısında güneşi bulmuş olmasının en doğal sonucudur.

Çalışma ortamının yeterince aydınlatılması ile işin kolaylıkla yapılması ve verimlilik arasında yakın bir ilişki vardır. Yapılan araştırmalar ışık şiddetinin artırılmasına paralel olarak üretimin % 8-27 oranında yükseldiğini ortaya koymaktadır. Kötü aydınlatma ise sıkıntılı bir çalışma ortamı yaratmakta; göz sinirlerini yıpratmakta, zayıflatmakta ve geçici yada daimi körlüklere neden olabilmektedir. Kötü ışıklandırmanın neden olduğu yorgunluk; dikkati dağıtmakta, moral açısından yıpranmaya ve sinirli davranışlara neden olmaktadır. Bu yönüyle iyi bir ışıklandırma, erken yorulmayı önlemesi ve insanları güdüleyerek iş verimini arttırması nedeniyle örgüt yönetimleri tarafından önemsenmesi gereken bir araçtır.

İnsan doğasının yatkınlığı ve görüş etkinliği açısından büyük avantajlar sağlaması nedeniyle gün ışığına yakın ışıklandırma en çok tercih edilen aydınlatma türüdür. Bu kapsamda, flaman telli lambalarda düzeltici filtrelerden yararlanarak güneş ışığına yakın bir ışık elde edilmekte ve ferahlatıcı bir ortam yaratılmaktadır. Genel aydınlatma için ortalama 60 - 120 lux, yapılan

işin inceliğine göre çalışmak ve iş yapmak için 250 - 500 lux aydınlık derecesi gerekmektedir. Işıklandırma şeklinin iş tipinin niteliklerine göre seçilmesi, üretimin artmasından etkili olmakta, çalışanların davranış ve tutumları üzerinde olumlu etki yaratmakta ve görüş yorgunluğunu azaltmaktadır.

Aydınlatma kalitesini iyileştirmeye yönelik olarak girişilen gözlem yöntemlerin (ampirik yöntemler) yetersiz kaldığını söylemek mümkündür. Dolayısıyla verimliliği arzu edilebilir düzeye ulaştıracak ve optimal koşulları yaratacak bilimsel testlere daima ihtiyaç duyulmuştur. Bu kapsamda, yönetim literatüründe önemli bir yere sahip olan Hawthorne Araştırmaları bir ilk olarak karşımıza çıkmaktadır, örgüt içi insan davranışlarının incelenmesi amacıyla F. Roethlisberger ve E. Mayo liderliğinde Western Electric Şirketi'nin Hawthorne tesislerinde 1924 yılında başlatılan araştırmalar, bu bilimsel testlerin başlangıcı olarak kabul edilmektedir.

Işık şiddetinin artırılmasının ve azaltılmasının verimlilik üzerine etkisini inceleme konusu yapan Işıklandırma Deneyleri'nin sonucunda ışık şiddeti arttığı oranda işçilerin veriminin de arttığı saptanmıştır. Normlar tarafından öngörülen minimum aydınlatma seviyesinin üzerinde bir aydınlatma uygulamasının verimlilik üzerinde pozitif etkileri olacağı açıktır. Ancak bu, yüksek şiddette aydınlığın tek yeter koşul olduğu anlamına gelmez. Kamaşmayı azaltmak, nesnelere nispeten daha düzgünce aydınlatmak ve yüksek renksel geri verime sahip lambalar kullanmak da ayrıca önemlidir.

Aydınlatma seviyesinin görsel performans üzerine doğrudan etkisi olduğunu belirtmiştik. Daha zor görevleri yerine getirebilmek için daha fazla ışığa ihtiyaç duyulur. İyi bir görsel berraklığa sahip olan genç insanlar standartlar tarafından öngörülen ışık seviyelerinde makul bir görsel performansa ulaşabilirler. Ancak daha yaşlı insanlar için bu her zaman yeterli olmayabilir.

Yaşlanan gözlerin kamaşmaya karşı duyarlılığından dolayı kamaşmayı düşürmek ileri yaşlardaki kişilerin performansları üzerinde etkilidir. Armatürlerin veya odadaki diğer yüzeylerin sebep olduğu kamaşma, rahatsızlığa ve hatta görsel performansın düşmesine sebep olur. Etkin bir kamaşma koruması olan armatürler ve armatürlerin yerleşimini doğru planlayarak bu olumsuz etki giderilebilir.

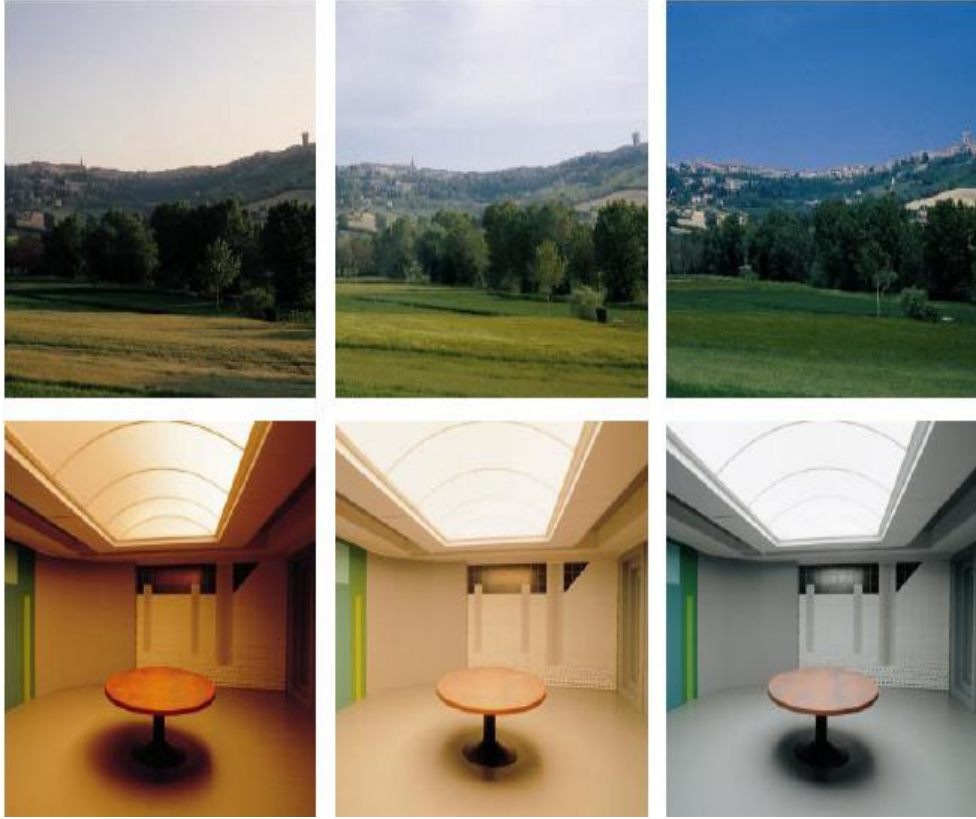
Bazı sektörlerde renklerle ilgili hata yapmamak ve rengin doğru algılanması son derece önemlidir. Renksel geri verim bir lambadan çıkan ışığın ne kadar doğru renk üretebildiğini açıklar. Yaş ilerledikçe renkler arasındaki farkı ayırt etme yeteneği de azalır. Bu gibi noktalarda ışığın renksel geri verimi yüksek olmalıdır.

Modern yönetim anlayışında, yönetimlerin aydınlatma, ısıtma ve soğutma sistemlerinde yaptıkları geliştirmeler ile çalışanlarının verimliliklerini arttırabildikleri bilinmektedir.

3.4 Çalışma Alanlarında Dinamik Aydınlatma

Endüstride, insanların ortamlarını kontrol etmeleri için daha az fırsat vardır. Yani buradaki insanlar için ışığı kontrol etmek diğer parametrelerden daha önemlidir. İnsanlara daha iyi performans sergilemeleri için çalışma çevrilerini değiştirebilme fırsatı vermenin en kolay yolu, kontrol edilebilir ışık kullanmaktır. Işığı görsel ihtiyaçlarımızı uygun ayarlamak bizim sadece görsel performansımızı arttırmakla kalmaz ayrıca iyi hissetmemizi de sağlar. Bulunduğu çalışma ortamını kuvvetlendirir, karar alma etkinliğini artırır, yaratıcı düşünmeyi ve problem çözüm yeteneklerini geliştirir.

Dinamik aydınlatma, yüksek otomasyonlu, özellikle ofis çalışma alanları (gün ışığının etkisinin tam olarak görülemeyen alanlar) için dizayn edilen bir aydınlatma sistemidir. Sistemin ana özelliği gün içerisindeki saatlere göre biyolojik ışıktaki renk ve şiddet değişimlerini yakalayarak, dinamik bir çalışma ortamı sağlamaktır.



Şekil 3.11 Günün farklı zamanlarındaki günışığı etkisinin çalışma ortamına uygulanması

Sabah vakti enerji seviyesi yüksekken insanlar öğleye doğru yorulup, dinlenme ihtiyacı duyuyorlar. Öğleden sonraki uykulu hali gün sonuna doğru enerjinin yine toparlandığı saatler izliyor. Gün içerisinde ışığı otomatik olarak ayarlayan aydınlatma programları sayesinde dinamik ofis ortamları yaratılabiliyor.

Sabah serin taze ışık, ofise gelen insanların enerjilerini artırarak güne iyi başlamalarına yardımcı oluyor. Öğle saatlerinde ışık seviyesinin azalmasıyla oluşan sıcak ışık rahatlamayı sağlıyor. Öğleden sonrası rehaveti ise ışık seviyesinin tekrar yükselmesi ile ortaya çıkan beyaz soğuk ışıkla azaltılıyor. Günün bitmesine yakın beyaz ışığın biraz daha soğuklaşması, evlerine gitmeye hazırlanan çalışanların yeniden dinleşmelerini sağlıyor.

Böylelikle aydınlatma zamana göre otomatik olarak değişerek dinamik bir yapı kazanıyor ve çalışanlar üzerinde moral ve motivasyon kaynağı olabiliyor.

F. Herzberg'in güdülemenin temelinde gereksinimlerin bulunduğunu savunan Çift Etmen Kuramı, işletmelerde yaşamsal bir öneme sahip olan çalışma koşullarına dikkat çekmektedir. Bu kapsamda kuramın ışık ve aydınlatma unsurlarına da değindiği söylenebilmektedir. Literatürde "Hijyen Kuramı" olarak da bilinen ve motivasyon konusuna özendirme (teşvik) araçları yönünden yaklaşan kuram, Herzberg ve arkadaşlarının yaptıkları bir dizi araştırma sonucunda geliştirilmiştir. Herzberg, araştırma bulgularını baz alarak çalışma ortamındaki etmenleri (özendirme araçlarını) iki grup altında toplamıştır. İş başarma, tanınma, sorumluluk, gelişme ve ilerleme gibi unsurlardan oluşan güdüleyici (motive edici) etmenlerin varlığı bireyi güdülerken, yokluğu bireyin doyumunu üzerinde herhangi bir etkide bulunmamaktadır. İşletmenin yönetimi ve politikası, denetim, ücret ve çalışma koşulları gibi unsurlardan oluşan koruyucu (hijyen) etmenlerin varlığı, güdüleme üzerinde herhangi bir etkide bulunmazken, yokluğu doyumsuzluk yaratmaktadır. Bu bağlamda, çalışma ortamına ve işin niteliğine uygun olarak kullanılmayan ve yeterli yoğunlukta olmayan ışık ve aydınlatma; koruyucu etmenler arasında yer almakta ve iş yaşamında doyumsuzluğa neden olmaktadır.

Çalışma ortamının yeterince aydınlatılması ile işin kolaylıkla yapılması ve performans arasında önemsenebilecek bir ilişki vardır. Yapılan araştırmalar çalışma ortamındaki ışığın geliştirilmesine paralel olarak üretimin %8 ile %27 oranında artışlar gösterdiğini işaret etmektedir. Kötü ve başarısız bir aydınlatma ise sıkıntılı bir çalışma ortamı yaratmakta, göz sinirlerini yıpratmakta, zayıflatmakta ve uzun vadede geçici veya daimi görme bozukluklarına neden olabilmektedir.

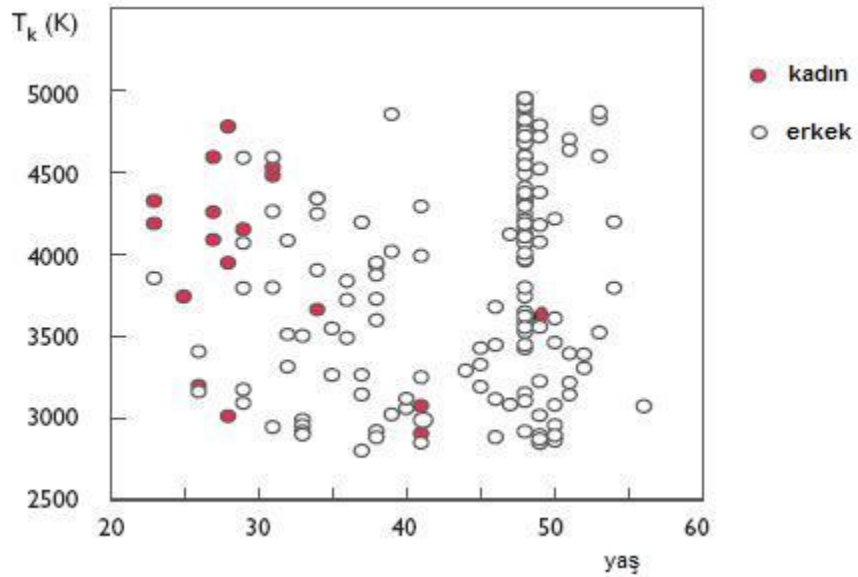
Literatürde çalışanların iyi hissetmesinin getirdiği pozitif etkilerle ilgili pek çok rapor bulunmaktadır. Örneğin diğerlerine yardımda daha istekli olmak, daha iyi hafıza, daha etkin karar verebilme, yükselen yenilikçilik ve daha yaratıcı problem çözebilme yeteneğini beraberinde getirir.

Bu yönüyle doğru bir ışıklandırma, insan sağlığını koruması, erken yorulmayı önlemesi ve insanları motive ederek iş verimini artırması gibi nedenlerle önemsenmesi gereken bir araçtır.

3.5 Dinamik Aydınlatma İle Kişiselleştirilebilen Işık

Hepimiz, gördüğümüz şeylerin duygu ve düşüncelerimizi nasıl etkilediği konusunda tecrübe sahibiyizdir. Çünkü nihayetinde neyi, nasıl gördüğümüzü aydınlatma belirler. Aydınlatmanın ruhsal durumumuzu ve mekân algısını etkilemesi gayet doğaldır. Ancak her birey bundan farklı etkilenmektedir. Çünkü her bir bireyin görsel hassasiyeti ve görsel duyarlılığı birbirinden farklıdır.

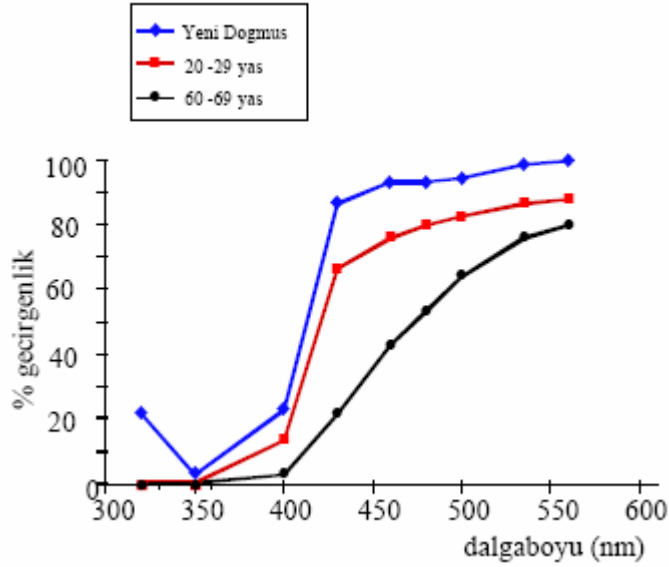
Yapay ışığın rengi ve aydınlık seviyesi ile çalışma alanlarında dinamik bir ambiyans yaratılabilir. Ancak ofis ortamında tercih edilen ışıkla ilgili yapılan çalışmalarda bireylerin üzerinde anlaştığı ortak bir tercih olmadığı, her bireyin kendi kişisel ihtiyaç ve özelliklerine göre tercih yaptığı görülmektedir.



Şekil 3.12 Farklı yaş grupları için talep edilen ışık rengi değerleri

İnsanın ihtiyaç duyduğu ışık seviyesi ve türü; yaptığı işe, günün hangi saatlerinde olduğuna, nasıl hissettiğine vs. bağlı olarak farklılık gösterir. Aydınlatmada görsel performans geniş bir biçimde araştırılmıştır. Bu performans araştırmaları göstermektedir ki, belli bir aydınlık seviyesinde yaşlı insanların görsel performansı daha genç ve sağlıklı bireylerden düşük olmaktadır. Araştırmalardan böyle bir sonuç çıkması tabî ki doğaldır.

Yaşlanma, gözün fonksiyonlarını değişik yönlerde etkiler. Örneğin, miyopluk lensin katılaşmasıyla meydana gelen bilindik bir rahatsızlıktır. Ancak yaşlılığın göz üzerindeki tek etkisi bu değil, burada sayamayacağımız bir çok etkisi mevcuttur. Şekil 3.13 ışığın dalga boyuna göre değişik yaş kategorilerinde göz lensinin geçirgenliğini göstermektedir. (Aşağıdaki şekil yeni doğmuş bebeğin lensinin 560 nm’de %100 geçirgen olduğu baz alınarak belirlenmiştir.)



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

Şekil 3.13 Çeşitli yaş kategorileri için lens geçirgenliği

Yaşlı insanlarda lensin geçirgenliğinin azalması, düşük dalga boylarında çok daha yaygındır. Bu yaşlı insanların mavinin farklı gölgelerini algılamalarının artışının sebebini açıklar. Ek olarak, renk algılanmasının azalması, görsel alanın boyutunun da düşmesine sebep olur. Gözdeki lens daha çok ışık dağıtır ve retinada görüntünün perdeleyici bir aydınlıkta kapanmasına sebep olur. Göz yaşlı insanlar için farklı kontrast koşullarında o kadar da hassas değildir, ancak insanlar için nesnelere açıkça görmeyi engelleyen kamaşmaya karşı daha hassastır. Yükselen mutlak aydınlık eşiği yaşlı bir göz için; farklı koşullara adapte olmanın

daha uzun sürmesi anlamına gelir.

Tüm bu belirlenen ihtiyaçlar göz önüne alındığında, dinamik aydınlatma uygulamalarında iki farklı planlama yapılabilir. Her ikisinin de kendisine göre avantajları, tercih edilebilecek özellikleri olan planlamalar, bireye özel yada mekana özel aydınlatma olarak nitelendirilir.

Tek kişilik bir çalışma alanında aydınlatma kişinin isteklerine göre şekillenebiliyor, bir kumanda girdisi ile idare edilebiliyor. Bu sistemde birey çalışma alanını kontrol edebiliyor ve aydınlatmayı kendi ruh hali veya istekleri doğrultusunda çeşitlendirebiliyor.

İnsanlar ve istekleri farklıdır. İnsanlar çalıştıkları ortamı kendi fiziksel ve psikolojik durumlarına göre ayarlamak isterler. Dinamik aydınlatma bunu mümkün kılar. Ortamın renk sıcaklığının ve aydınlatma miktarının değişimi farklı renk sıcaklıklarına sahip lambaların karışımı ile sağlanır. 2700 °K'lik lamba ile 6000 °K'lik lambalar içeren armatürler kullanılır. Bu lambaların ışık çıkışları kontrol edilerek renk sıcaklığı bu iki değer arasındaki ara değerlere ayarlanabilir.

Birden çok bireyin paylaştığı açık çalışma alanlarında ise aydınlatma, zamana dayalı olarak önceden programlanmış bir senaryoya göre otomatik olarak değişir. Aydınlatma düzeninin zamana bağlı değişerek sağlanan dinamik ortam ile çalışanların moral ve motivasyonları üst düzeyde tutulmak istenir.

Ofisler günümüzde esnek çalışma alanlarına dönüştürülmüşlerdir. Aynı oda değişik zamanlarda değişik amaçlar için farklı kişiler tarafından kullanılabilir. Bir odada sabah bir sunum yapılırken, öğlen çalışma ortamı oluşturulup, akşamda misafir ağırlanabilir. Açık ki her aktivitenin farklı bir aydınlatmaya ihtiyacı vardır ve dinamik aydınlatma ürünleri ile bu farklılık sağlanabilir.

Endüstriyel toplumdan bilgi toplumuna geçiş, insanların çalışma ortamlarındaki ihtiyaçlarını değiştirmiştir. İnsanların fikirlerinin herhangi bir şey olmasından ziyade bir değer yarattığı yerlerde, motivasyon firmalar için önemli bir faktör olmuştur. Dinamik aydınlatma çalışma ortamlarını insanların rahat edecekleri yerlere dönüştürerek modern ofislerin yaratılmasına yardımcı olur.

4. DİNAMİK AYDINLATMA UYGULAMASI

Buraya kadar anlattığımız biyolojik ışığın modellenmesi ile yapılan dinamik aydınlatmayı bir uygulama ile somutlaştırmak istedik. Uygulamamızın amacı; yapay ışık kaynakları kullanılarak, gün ışığının renksel ve şiddetsel değişimlerini elektronik devreler ve uzaktan kumanda kontrolü ile sağlayabilen bir armatür modellemektir.

4.1 Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

Uygulamamızda kullandığımız malzemeler ve özellikleri:

- OSRAM intelligent 1-10V dimmable elektronik balast, 3 Adet.

Osram'ın Quicktronic Intelligent Dim serisi elektronik balastlar, kontrol input'u olarak analog 1-10 V DC gerilim ile çalışmaktadırlar. Uygulanan kontrol gerilimi ile lambayı %1 ile %100 arasındaki değerlerde dim edebilme özelliğine sahiptirler. %80 ile %100 değerleri arasında yüksek enerji verimliliğine sahiptirler. Dim işlemi ve açma kapama işlemi lamba ömrüne etki etmez. Ürünün 50.000 saat çalışma ömrü bulunmaktadır.



Şekil 4.1 Osram Quicktronic elektronik balast çalışma prensibi

- 2 Adet OSRAM T5 24W 860 Renk Floresan Ampul

16mm tüp çaplı T5 floresant lambalar, inceliği ile yerden tasarruf sağlayan armatürlerin 26mm tüp çaplı standart floresant lambalardan daha da kompakt hale getirilmesini sağlamıştır. 104 lm/W'lık bu lamba floresant lambaların dizelidir. Toplam ışık gücü 2500lm'dir. Tüm floresant lambalar arasında en yüksek aydınlatma verimliliğini sunar ve

enerjide %40'a varan tasarruf sağlar. Üç kat fosforu sayesinde tüm renk spektrumunda çok iyi ve homojen dağılımlı renksel geriverime (Ra 80-89) sahiptirler. 2700 °K – 6500 °K arasında geniş ışık rengi seçeneği mevcuttur. 24,000 saatlik ortalama kullanım ömrüne haiz olup, 35° çevre sıcaklığında maksimum ışık akısı sağlarlar. Sadece elektronik balast ile kullanılabilir. Bu lamba 6000 °K rengindedir. Mavimsi beyaz renkte ışık verir.



Şekil 4.2 Osram Lumilux T5 HO 24W 860 floresant lamba

- 2 Adet OSRAM T5 24W 830 Renk Floresan Ampul

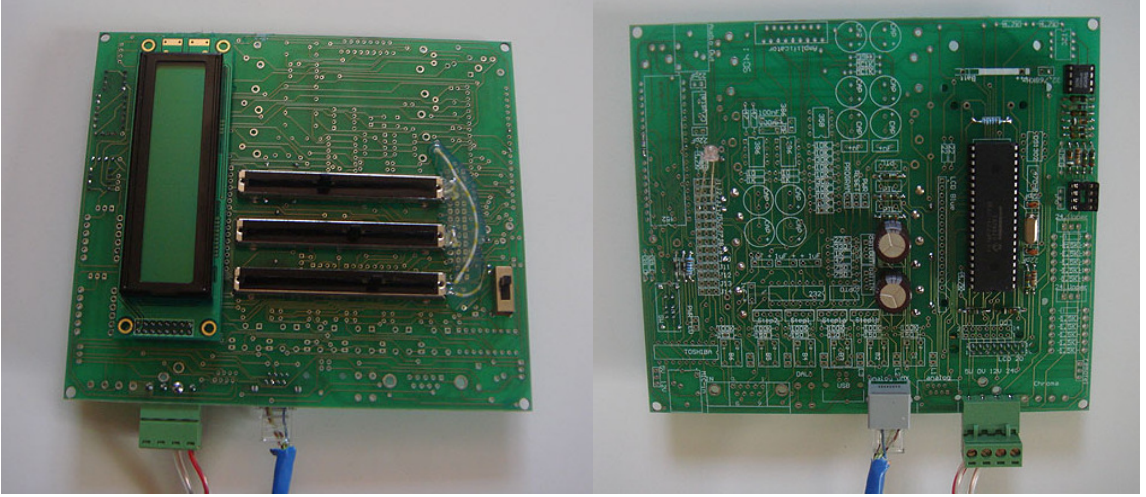
3000 °K renginde T5 floresant lamba. Gün ışığı renginde ışık verir.

- 2 Adet OSRAM T5 24W 827 Renk Floresan Ampul

2700 °K renginde T5 floresant lamba. Sarı renkte ışık verir.

- 1 Adet Manuel Işık Kontrol Elektronik Kartı

Üzerinde üç adet potansiyometresi, bir ekranı ve bir switch bulunan mikroişlemcili elektronik baskı devre kartı, üzerindeki potansiyometreler yardımı ile üç farklı kontrol kanalı ile istediğimiz ışık renginin şiddetini düşürüp, yükseltmemizi sağlıyor. Switch uzaktan kumanda ile manuel kontrol arasında geçiş işlemini yapıyor. Ayrıca ekranın üzerinde sistemin manuel yada uzaktan kumanda modunda olduğunu belirten yazı ve her rengin yüzde olarak ışık şiddetini belirten rakamlar bulunmaktadır.



Şekil 4.3 Manuel ışık kontrol elektronik kartı ön ve arka yüzü

- 1 Adet Uzaktan Kumanda ile Kontrol Ünitesi

Üzerinde IR alıcı bulunan mikroişlemcili elektronik baskı devre kartı, uzaktan kumanda aleti ile seçebileceğimiz üç farklı kontrol kanalı ile istediğimiz ışık renginin şiddetini düşürüp, yükseltmemizi sağlıyor.



Şekil 4.4 Uzaktan kumanda ve ışık kontrol elektronik kartı

- 1 Adet 220V/5-12V 300W Güç Kaynağı

220V AC Giriş +/- 5 ve 12V DC çıkışlara sahip elektronik güç kaynağıdır. Kontrol sistemimizin adaptörü olarak kullanılmaktadır.

- 1 Adet Armatür Kasası ve Pleksiglass Ön Kapak

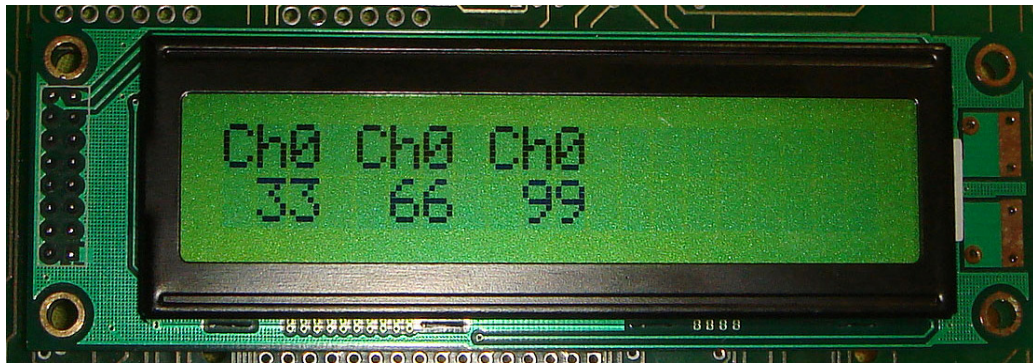
1 mm. sacdan imal elektrostatik boyalı armatür kasası ve üzerinde ışığın homojen dağılmasını sağlayacak 4mm. kalınlığındaki pleksiglass ön yüzeyden ibaret prototip armatürümüzdür.

4.2 Uygulamanın Çalışma Prensibi

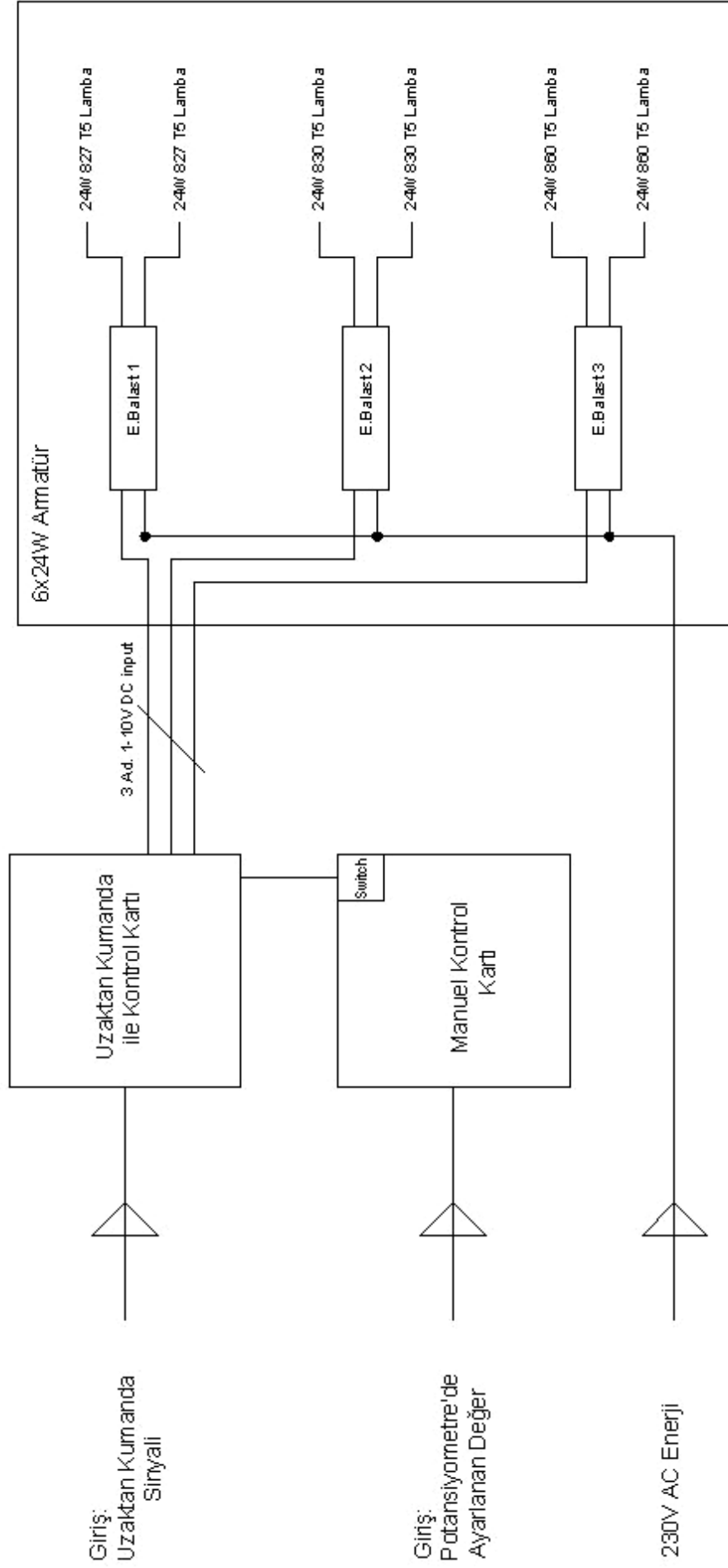
Uygulamamızı anlatmaya başlarken iki ana bölüme ayırabiliriz. Birincisi kontrol üniteleri olan elektronik devre kartları, ikinci bölüm ise armatür ve lambalardan ibarettir. Elektronik devre kartları da manuel ve uzaktan kumanda kontrollü olmak üzere iki adettir. Bunlar birbirine bir switch üzerinden bağlıdırlar. Switch'in seçtiği kontrol şekli armatüre hükmeder.

Uzaktan kumanda ile kumanda üzerindeki tuşlardan (R-G-B) 3 kanaldan biri seçilerek o kanala ait ışık şiddeti +/- tuşları kullanılarak düşürülüp yükseltilir. Bu tuşlar ile alınan komut, kartın üzerindeki mikroişlemci çıkışında, 1-10V DC gerilim olarak armatürdeki balastlara gider. Böylelikle istenilen kontrol sağlanmış olur. Her kanal için bu aynıdır.

Manuel kontrollü elektronik kartta ise, üzerindeki potansiyometrelerin ayarlanması sureti ile yine kartın üzerindeki mikroişlemci çıkışında 1-10V DC gerilim olarak üretilir ve balastlara iletilir. Kartın üzerinde bulunan ekranda, mikroişlemci tarafından gönderilen kontrol gerilimlerinin hangi lambaları hangi yüzde ile yaktığını gösteren bilgiler gösterilir.



Şekil 4.5 Işık şiddet yüzdelerini gösteren ekran görüntüsü



Şekil 4.6 Dinamik aydınlatma uygulamasının tek hat şeması

Uygulamada kullanılan elektronik devre kartları orijinal RGB led sıraları kontrolü için üretilmiş kartlar olup, mikroişlemcilerini yeniden programlayarak uygulamamızda kullanma fırsatımız oldu. Bu nedenle kartların baskı devre şemalarına ulaşamadık. Kartların üzerinde led sıraları için belirlenmiş farklı tipte yanma senaryolarını koruyarak, floresant lambalarla bunu da kullanılacak hale getirdik.

Uygulama sonucunda, amacımızda belirlenen ışığın rengini ve şiddetini elektronik kartlar ile kontrol edilebilir hale getirerek, bütün ara renklerin de yakalanmasını sağladık. Işığın kişisel beğeni ve ihtiyaca göre ayarlanmasını mümkün kıldık.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsan yeryüzünde varolduğu günden bu yana, güneş ışığı içinde gelişmiş ve tüm organizması, belli rutinlerin yaşanmasından psikolojik yaşantısına değin, buna göre oluşmuştur. Işık, insan vücudundaki pek çok biyokimyasal işlemi dengelemekte ve sonsuz döngüsünü devam ettirmesinde anahtar rolü oynar.

Yapılan araştırmalar neticesinde göz ile beynin hormonal komutasında ve biyolojik saat olarak bilinen bölgesi arasında doğrudan bir bağlantı olduğunu keşfettiler. İnsan vücudundaki pek çok biyolojik işlem (vücut ısısı, zindelik, melatonin ve kortizol gibi hormonal maddelerin salgılanması vb.) biyolojik saat tarafından alınan sinyaller ile kontrol edilir. Birey farkında olmadan vücut gün ışığından faydalanarak biyolojik saatini otomatik olarak senkronize eder. Buna bağlı olarak ışığın insanların zindeliği ve iyi hissetmesi üzerinde doğrudan ve önemli bir etkisi vardır.

Dinamik aydınlatma, insanların ışığın farkına varılan bu olumlu etkilerden gün içinde daha fazla faydalanmalarını sağlamak amacıyla, yapay ışık kullanılarak biyolojik ışığın modellenmesi sağlar. Ve bireylerin bu ışıktan daha fazla yararlanmasını amaçlar.

Diğer yandan dinamik aydınlatma uygulamalarında dikkat edilmesi en önemli konu, fizyolojik bir bakış açısıyla tasarım sürecinin uygulamaya geçişinin nasıl yürütüldüğüdür. Farklı çalışmalar göstermiştir ki, sistemin başarılı bir şekilde kurulumu ve yürütülmesi için şu önerilerin göz önüne alınmasında fayda vardır:

- Dinamik aydınlatma uygulanmak istenen her mekan farklı özelliklere sahiptir. Dolayısıyla profesyonel bir aydınlatma tasarımcısı tarafından hangi çözüm ve teknolojinin uygun olduğu tespit edilmelidir. Maksimum işlevsellik için uzmanların danışmanlığına mutlaka ihtiyaç vardır.

- Sistemin yürütülmesini sağlayacak kişiler mutlaka sistemin kontrolüne tam olarak hakim olmalı ve hatta sistemin kurulum aşamasına dahil edilerek, amacın tam olarak anlaşılması sağlanmalıdır.

- Sistemin işlevsel olması için ortamdaki bireylerin kontrolünde olması gerekir. İnsanlar kontrolü ele almayı sever ve bu onları motive edici bir unsurdur. Kişilere kontrolün kendilerinde olduğu hissi verebilecek ayarlama kabiliyetleri sunan bir sistem konfigürasyonu her zaman tercih edilmelidir.

- Uygulanacak sistemin maksimum aydınlık seviyesini belirlerken, normlarda belirtilen değerlerin üzerinde kalınmalıdır. Üzerinde kalınmadığı takdirde sistemin maksimum seviyesinin altında bir kontrol işlemi gerçekleştirdiğimizde mekanın aydınlık seviyesi yetersiz kalacaktır. Bu da demektir ki, kontrolleri kullanan kullanıcı görsel performansını tehlikeye atmış olacaktır.

- Sistemin sürdürülebilirliği ve periyodik bakımları yakından takip edilmeli ve sistem olumsuz işletme koşullarından arındırılmalıdır.

Tüm bu tanımlamaların ışığında,

- Görsel işin kritik olduğu,
- Hataların telafi edilemeyecek kadar pahalı olduğu,
- Doğruluğun ve yüksek üretkenliğin büyük önem taşıdığı,
- Çalışanın görsel kapasitesinin maksimum olmasının istendiği,
- Görev detaylarının alışılmışın dışında küçük detaylardan oluştuğu ve/veya düşük kontrastta olduğu,
- Görevin istisnai derecede uzun ve zor bir süreç üstlendiği durumlarda,

dinamik aydınlatmanın önemi daha net anlaşılmaktadır.

Dinamik aydınlatma doğru bir ışıklandırma, insan sağlığını koruması, erken yorulmayı önlemesi ve insanları motive ederek iş verimini artırması nedeniyle önemsenmesi gereken bir araçtır.

Günümüz itibarı ile ülkemizde henüz çok yeni ve pahalı bir teknoloji olması nedeniyle uygulaması bulunmayan dinamik aydınlatma sistemlerinin, Amerika ve bazı Avrupa ülkelerinde uygulamaları mevcuttur. Burada anlatılan tüm bu olumlu etkileri sebebiyle, teknolojinin yaygınlaşması ve ucuzlaması ile dinamik aydınlatma sistemlerinin, çalışma yaşamının çok önemli bir unsuru olacağından eminim.

KAYNAKLAR

Altan, A., (1990), “Işık – Gölgenin Psikolojik Etkileri Üzerine Bir Araştırma”, V. Ulusal Psikoloji Kongresi, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayını, İzmir.

Aries, M.B.C., (2002), Retinal Illuminance From Vertical Daylight Openings in Office Spaces, Right Light Press, Nice.

CIE, (1995), “Method of Measuring and Specifying Colour Properties of Light Sources”, Publication 13.3, Vienna.

Fortuin, G.J., (2000), “Visual Power and Visibility”, Philips Research Report 6.

Gregory R., (1997), “The Psychology of Seeing”, Princeton Science Library.

Köknel, Ö., (1998), “Zorlanan İnsan – Kaygı Çağında Stres”, Altın Kitaplar Yayınevi, Akdeniz Yayıncılık, İstanbul.

Logan, H., (1967), “The Relation of Light to Health”, Illuminating Engineering.

Moon, P., (1981), The Scientific Basis of Illuminating Engineering, Mir Publishers, Moskova.

NSSV Recommendation, (2003), “Light and Health in Workplace”, Haarlem.

Vallenduuk, V., (1999), “The Effect of Variable Lighting on Mood and Performance in an Office Environment”, Graduation Report, Eindhoven University of Technology.

Veith, J.A., (2002), “Principles of Healthy Lighting”, V. International Lighting Research Symposium, Orlando.

<http://www.cie.co.at/>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Circadian>

http://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space

<http://science.howstuffworks.com/light2.html>

<http://www.dynamiclighting.philips.com/>

http://www.osram.com.tr/osram_tr/Aydnlatma_tasarm/Ik_hakknda/Ik_%26_nsan/Physiology/index.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Color_rendering_index

http://en.wikipedia.org/wiki/Color_temperature

http://en.wikipedia.org/wiki/Light_effects_on_circadian_rhythm

<http://www.whitecroftlighting.com/duo/biologicaleffects.asp>

<http://www.siteco.com.tr/tr/isik/yasam-guecue-olarak-isik.html>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 31.07.1983

Doğum yeri İstanbul

Lise 1997-2001 Maltepe Süper Lisesi

Lisans 2001-2005 Yıldız Üniversitesi Elektrik Elektronik Fak.
Elektrik Mühendisliği Bölümü