



**AYDINLATMA TEKNOLOJİSİNİN TELEVİZYON ÇEKİMLERİNDE
KULLANIMI**

Fatih İNCE

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİYEL TEKNOLOJİ EĞİTİMİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

NİSAN 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Fatih İNCE

29/04/2021

AYDINLATMA TEKNOLOJİSİNİN TELEVİZYON ÇEKİMLERİNDE KULLANIMI
(Yüksek Lisans Tezi)

Fatih İNCE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2021

ÖZET

İnsanlık tarihinin başlangıcından beri, insan yaşamındaki en önemli öğelerden biri olan ışığın en mühim özelliklerinden biri görme işlevinin gerçekleştirilmesini sağlamasıdır. Işık, günlük yaşantımızda en büyük gereksinimlerimizden biri olduğu gibi çalışmamızın konusu olan televizyon çekimlerinde de oldukça büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada ışığın tanımı, ışığın teknik ve genel özellikleri, televizyon çekimleri için ışığın özellikleri, ışık kaynakları, aydınlatma teknolojisi, aydınlatmanın önemi, faydaları ve gerekliliği, televizyon çekimleri için aydınlatmanın gereksinimi ve önemi, aydınlatma türleri ve aydınlatma teknolojisinin tarihsel gelişimi ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca TRT bünyesinde bulunan aydınlatma kaynaklarından bazıları ile ölçümler yapılarak bu ölçüm sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu ölçümler üç farklı kategoride yapılmıştır ve kategoriler projektörlerin hacim ve tükettikleri güçlere göre belirlenmiştir. Her kategoride bir tane tungsten halojen, bir tane gaz deşarjlı, bir tane de LED projektör kullanılmıştır. Projektörlerin üç metreden vermiş oldukları aydınlık düzeyi (ışıksal aydınlık-lüx) ve renk sıcaklık değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca kullanılan projektörlerin saat başına tükettikleri güç, lamba ömürleri ve etkinlik faktörü (ışıksal verimlilik) gibi özellikleri de karşılaştırılmıştır. Sonuçlar resimler ve çizelgeler şeklinde aktarılmıştır. Bu bilgiler ışığında kullanılan projektörlerin avantajları ve dezavantajları ortaya konulmuş, televizyon çekimlerinde hangi tür aydınlatma kaynağının ne tür programlarda kullanılması gerektiği belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 91433

Anahtar Kelimeler : Işık, Aydınlatma Teknolojisi, Televizyonculukta Aydınlatma, LED

Sayfa Adedi : 129

Danışman : Prof. Dr. Muammer NALBANT

USE OF LIGHTING TECHNOLOGIES IN TELEVISION SHOOTS
(M. Sc. Thesis)

Fatih İNCE

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

April 2021

ABSTRACT

Since the beginning of human history, one of the most important features of light, which is one of the most important elements in human life, is the realization of vision. While light is one of our biggest needs in our daily life, it is also of great importance in television shooting, which is the subject of our work. In this study, the definition of light, the technical and general properties of light, the properties of light for television shooting, light sources, lighting technology, the importance, benefits and necessity of lighting, the necessity and importance of lighting for television shooting, types of lighting and the historical development of lighting technology are examined in detail. In addition, measurements were made with some of the lighting sources within TRT and these measurement results were evaluated comparatively. These measurements were made in three different categories, and the categories were determined according to the volume and power consumed by the projectors. In each category, one tungsten halogen, one gas discharge, and one LED projector were used. The illuminance level (luminous illumination-lux) and color temperature values given by the projectors from three meters were compared. In addition, features such as the power consumed per hour of the projectors used, lamp life and efficiency factor (luminous efficiency) were compared. Results are presented in the form of pictures and tables. In the light of this information, the advantages and disadvantages of the projectors used were revealed, and it was determined which type of lighting source should be used in what kind of programs in television shooting.

Science Code : 91433

Key Words : Light, Lighting Tecnology, Lighting In Television, LED

Page Number : 129

Thesis Leader : Prof. Dr. Muammer NALBANT

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın gerçekleştirilmesinde, bilgilerini benimle paylaşan, yaşadığım sorunlar karşısında yanına çekinmeden gidebildiğim, kendisine ne zaman danışsam bana kıymetli zamanını ayırıp sabırla ve büyük bir ilgiyle beni dinleyen, güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen ve şimdiki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağımı düşündüğüm kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Muammer NALBANT hocama teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum. Yine çalışmamda bana yardımcı olan bilgilerini benden esirgemeyen TRT’de Işık Tasarımcısı olarak çalışan bazı mesai arkadaşlarıma da sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Son olarak çalışmamda her zaman yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen değerli aileme, minik kızım Gökçe’ye ve sevgili eşime teşekkürleri bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. AYDINLATMA TEKNOLOJİSİ VE İLKELERİ.....	3
2.1. Işık ve Özellikleri.....	3
2.1.1. Işığın tanımı	3
2.1.2. Işığın özellikleri	4
2.1.3. Işık – renk – göz – görme ilişkisi.....	9
2.2. Televizyonculuk İçin Işığın Özellikleri	13
2.2.1. Işık akısı (Φ).....	14
2.2.2. Işık şiddeti (I).....	15
2.2.3. Işıksal aydınlık (Aydınlık düzeyi, E).....	16
2.2.4. Parlıltı (L).....	17
2.2.5. Renksel geriverim İndeksi (CRI).....	17
2.2.6. Televizyon aydınlatma tutarlılık endeksi (TLCI)	19
2.2.7. Işıksal verimlilik (Etkinlik faktörü)	20
2.2.8. Renk sıcaklığı.....	21
2.3. Işık Kaynakları.....	26

	Sayfa
2.3.1. Işığın üretim şekline göre ışık kaynakları	27
2.3.2. Geometrik biçimlerine göre ışık kaynakları	27
2.3.3. Işığın rengine göre ışık kaynakları.....	27
2.3.4. Işığın kökenine göre ışık kaynakları	27
2.4. Aydınlatma Teknolojisi	32
2.4.1. Aydınlatma kavramı.....	32
2.4.2. Aydınlatmanın amacı ve türleri	37
2.4.3 Aydınlatmanın televizyon çekimlerindeki rolü	39
2.4.4. Aydınlatmanın görüntünün oluşturulmasındaki rolü	40
2.4.5. Televizyon için aydınlatmanın amaç ve işlevleri.....	49
2.4.6. Aydınlatma teknolojilerinin tarihsel gelişimi	59
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	81
4. MATERYAL VE YÖNTEM	87
4.1. Materyal	87
4.1.1. Düşük Güç ve Küçük Kasaya Sahip Projektörler	88
4.1.2. Orta Seviyede Güç ve Kasaya Sahip Projektörler	91
4.1.3. Dağınık Işık Veren Projektörler	94
4.2. Yöntem.....	97
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	99
5.1. Düşük Güç ve Küçük Kasaya Sahip Projektörlerin Ölçüm Sonuçları.....	99
5.1.1. ARRI 300 plus fresnel ölçüm sonuçları.....	99
5.1.2. ARRI compact 200 ölçüm sonuçları.....	100
5.1.3. Dedolight dled4-bi ölçüm sonuçları.....	100
5.2. Orta seviyede güç ve kasaya sahip projektörlerin ölçüm sonuçları	105
5.2.1. De sisti leonardo 1kw ölçüm sonuçları	105
5.2.2. De sisti rembrandt piccolo 575 w mk2 projektör ölçüm sonuçları.....	106

	Sayfa
5.2.3. ARRI L5-DT led fresnel projektör ölçüm sonuçları.....	107
5.3. Dağınık ışık veren projektörlerin ölçüm sonuçları	111
5.3.1. De sisti botticelli 2 kw ölçüm sonuçları.....	111
5.3.2. Balcar quadlite ölçüm sonuçları.....	112
5.3.3. ARRI skypanel s60-c led projektör ölçüm sonuçları.....	113
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	119
KAYNAKLAR.....	123
ÖZGEÇMİŞ.....	129

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Renksel geriverim R_a grupları	18
Çizelge 2.2. Farklı ışık kaynaklarının etkinlik faktörleri	21
Çizelge 2.3. Renk sıcaklıklarının, ışık rengi görünümüne etkisi.....	23
Çizelge 2.4. 2000-9900 Kelvin arasındaki renk sıcaklıkları için mired değerleri	26
Çizelge 2.5. Işık kaynaklarının sınıflandırılması	26
Çizelge 2.6. Farklı aydınlatma biçimlerinin ışık yayılma oranları	39
Çizelge 4.1. ARRI 300 plus fresnel spotun teknik verileri	89
Çizelge 4.2. ARRI compact 200 spotun teknik verileri	90
Çizelge 4.3. Dedolight LED aydınlatma kaynağı teknik verileri.....	91
Çizelge 4.4. De sisti leonardo 1 kw aydınlatma kaynağının teknik verileri	92
Çizelge 4.5. De sisti Rembrandt 575 W spotun teknik verileri	93
Çizelge 4.6. ARRI LED L5-DT modelinin teknik özellikleri	94
Çizelge 4.7. De sisti Botticelli 2 kw teknik özellikleri	95
Çizelge 4.8. Balcar quadlite flüoresan lamba teknik verileri.....	96
Çizelge 4.9. ARRI Skypanel S60-C LED spot teknik verileri.....	97
Çizelge 5.1. Birinci kategorideki projektörlerin karşılaştırmalı verileri.....	102
Çizelge 5.2. İkinci kategorideki projektörlerin karşılaştırmalı verileri.....	108
Çizelge 5.3. Üçüncü kategorideki projektörlerin karşılaştırmalı verileri	114

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum.....	4
Şekil 2.2. Newton'un renk tayfı.....	5
Şekil 2.3. Işığın kırılması: Snell yasası	6
Şekil 2.4. Renklerin kırılma açıları ve tayf.....	7
Şekil 2.5. Sırasıyla kadife kumaş, pürüzlü, parlak, cam yüzeylerin ışık yansıtması...	8
Şekil 2.6. Gözün yapısı	10
Şekil 2.7. Gözün yapısı ve görme olayı	11
Şekil 2.8. Ana renk sistemi	13
Şekil 2.9. Işığın özellikleri	14
Şekil 2.10. Gonyofotometre ile taranmış küresel yüzeyler.....	15
Şekil 2.11. Işık şiddeti.....	15
Şekil 2.12. Aydınlik düzeyi (Işıksal Aydınlik) formülü	16
Şekil 2.13. Aydınlik Düzeyi.....	16
Şekil 2.14. Işıksal parıltı	17
Şekil 2.15. CRI değerlerine göre renkler	18
Şekil 2.16. Qa değerleri	20
Şekil 2.17. Işıksal verimlilik formülü	20
Şekil 2.18. Çeşitli ışık kaynaklarının renk sıcaklığı değerleri	22
Şekil 2.19. Renk sıcaklığı skalası	23
Şekil 2.20. Plank eğrisi	24
Şekil 2.21. Renk tayfı.....	28
Şekil 2.22. Temel aydınlatma yöntemi	42

Şekil	Sayfa
Şekil 2.23. Ana ışığın yerleştirilmesi.....	43
Şekil 2.24. Dolgu ışığın yerleştirilmesi.....	44
Şekil 2.25. Arka ışığın yerleştirilmesi.....	45
Şekil 2.26. Fon ışığın yerleştirilmesi	46
Şekil 2.27. Atmosferik perspektif örneği.....	53
Şekil 2.28. Çizgisel perspektif örneği	54
Şekil 2.29. Rembrandt'ın Artemis isimli ünlü tablosu	55
Şekil 2.30. Cameo aydınlatma örneği (‘‘The Godfather’’ filminden bir sahne)	56
Şekil 2.31. Silüet aydınlatma örneği.....	57
Şekil 2.32. Meşale örneği.....	60
Şekil 2.33. Kandil örneği	61
Şekil 2.34. Şamdan örneği	62
Şekil 2.35. Akkor filamanlı lamba.....	64
Şekil 2.36. Halojen lamba.....	65
Şekil 2.37. Flüoresan lamba türleri	69
Şekil 2.38. Kendinden balastlı ve starterli kompakt flüoresan bölümleri.....	70
Şekil 2.39. LED yapısı ve çalışma prensibi	72
Şekil 2.40. Ortam sıcaklığına bağlı olarak ışık şiddeti ve dalga boyundaki değişim	74
Şekil 2.41. LED türleri.....	75
Şekil 2.42. Güç kaynağı.....	75
Şekil 2.43. Sodyum buharlı lamba ile LED’li armatürlerin görsel farkı	76
Şekil 2.44. Fresnel LED projektörler	78
Şekil 2.45. Skypasnel ailesi	79

Şekil	Sayfa
Şekil 2.46. Farklı tür ve markalarda LED aydınlatma araçları	80
Şekil 4.1. ARRI 300 plus fresnel spot.....	88
Şekil 4.2. ARRI compact 200 spot ve Osram HMI 200 W lamba.....	90
Şekil 4.3. Dedolight DLED4-BI model LED aydınlatma kaynağı	91
Şekil 4.4. De sisti leonardo 1 kw spot ve philips 1 kw lamba görseli	92
Şekil 4.5. De sisti 575 W spot ve balastı ve Osram HMI 575 W lamba.....	93
Şekil 4.6. De sisti botticelli 2 kw yumuşak ışık ve radium marka 1 kw lamba	95
Şekil 4.7. ARRI Skypanel S60-C LED aydınlatma kaynağı	97
Şekil 5.1. 1. kategorideki projektörlerin dağınık ve odaklı haldeki ışıksal aydınlık değerleri	101
Şekil 5.2. 1. kategorideki projektörlerin 1 satte harcadıkları enerji (solda) ve maksimum ışıksal verimlilikleri	102
Şekil 5.3. 1. kategorideki projektörlerin ortalama ömürleri.....	103
Şekil 5.4. 2. kategorideki projektörlerin dağınık ve odaklı haldeki ışıksal aydınlık değerleri	108
Şekil 5.5. 2. kategorideki projektörlerin 1 satte harcadıkları enerji (solda) ve maksimum ışıksal verimlilikleri	109
Şekil 5.6. 2. kategorideki projektörlerin ortalama ömürleri.....	109
Şekil 5.7. 3. kategorideki projektörlerin ışıksal aydınlık değerleri.....	113
Şekil 5.8. 3. kategorideki projektörlerin 1 satte harcadıkları enerji (solda) ve maksimum ışıksal verimlilikleri	114
Şekil 5.9. 3. kategorideki projektörlerin ortalama ömürleri.....	115

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Lokal ışığa örnek	47
Resim 2.2. Dramatik aydınlatma örneği	48
Resim 2.3. Show aydınlatma örneği	49
Resim 2.4. Halojen lamba türleri	66
Resim 2.5. Solda içten aynalı par lambası, sağda kuartz lamba görülmektedir.....	66
Resim 2.6. HMI lamba türleri	68
Resim 2.7. Televizyon çekimlerinde kullanılan flüoresan lamba örneği.....	71
Resim 2.8. LED projektör örneği.....	77
Resim 4.1. Renk sıcaklığı ve ışıksal aydınlık ölçen cihaz	87
Resim 4.2. GE marka tungsten halojen lamba	89
Resim 4.3. ARRI fresnel LED L5-DT modelinin görseli	94
Resim 4.4. Balcar Quadlite spot ve osram flüoresan lamba	96
Resim 4.5. Ölçümlerde kullanılan televizyon renk test kartı.....	98
Resim 5.1. ARRI 300 plus solda dağınık, sağda odaklı haldeki ölçüm verileri	99
Resim 5.2. ARRI compact 200 solda dağınık, sağda odaklı ölçüm verileri	100
Resim 5.3. Dedolight LED spot solda dağınık, sağda odaklı ölçüm verileri.....	101
Resim 5.4. De sisti 1 kw spotun solda dağınık, sağda odaklı ölçüm verileri.....	106
Resim 5.5. De sisti 575 W spotun solda dağınık, sağda odaklı ölçüm verileri.....	106
Resim 5.6. ARRI LED L5-DT spotun solda dağınık, sağda odaklı ölçüm verileri	107
Resim 5.7. De sisti Botticelli 2 kw ölçüm verileri.....	112
Resim 5.8. Balcar quadlite flüoresan lamba ölçüm verileri.....	112
Resim 5.9. ARRI Skypanel S60-C solda 3200 K, sağda 5600 K ölçüm verileri.....	113

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

°C	Santigrat derece
Cd	Kandela
Hz	Hertz
K	Kelvin
Km	Kilometre
Kw	Kilowatt
Lm	Lümen
Lx	Lüx
Mm	Milimetre
Nm	Nanometre
Qa	Televizyon aydınlatma tutarlılık endeksi
Ra	Renksel geriverim
Ta	Ortam sıcaklığı
Tc-Td	Sürücü sıcaklığı
Tj	Jonksiyon noktası sıcaklığı
V	Hız
V	Volt
W	Watt

Kısaltmalar

Açıklamalar

AC	Alternatif gerilim
CCT	Correlated color temperature (İlişkili renk sıcaklığı)
CID	Compact iodide daylight
CIE	Uluslararası aydınlatma komisyonu
CRI	Renksel geriverim
CSI	Compact source iodide

Kısaltmalar**Açıklamalar****CTB**

Color temperature blue

CTO

Color temperature orange

HMI

Halojen metal iodide

IR

Infrared

Mired

Mikro ters orantılı dereceler

LED

Light emmiting diode

PAL

Phase alternating line

SMPS

Güç kaynağı

TLCI

Televizyon aydınlatma tutarlılık endeksi

UV

Ultraviyole

XENON

Ksenon

1. GİRİŞ

Yaşantımızdaki en önemli gereksinimlerimizden biri de ışıktır. Havaya, suya nasıl ihtiyaç duyuyorsak ışığa da o denli ihtiyaç duymaktayız. Güneş en büyük ışık kaynağımızdır ve canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için son derece büyük bir öneme sahiptir. Etrafımızda olup biten olayları duyu organlarımızla algılarız ve bu duyu organlarının en önemlilerinden biri de gözümüzdür. Göz, işlevini yerine getirebilmek için ışığa ihtiyaç duymaktadır. Güneşin varlığında bu görevi güneş üstlenirken, güneşin olmadığı ya da güneşin yetersiz kaldığı kapalı mekanlarda görebilmemiz için yapay ışık kaynakları kullanma gerekliliği doğmuştur.

Gündelik yaşantımızda birçok alanda kullanılan ışık; fotoğraf, sinema ve televizyon çekimleri için de en önemli faktörlerden biridir. Bu tür çekimlerde aydınlatmanın ilk ve en önemli amacı en iyi kalitede görüntü elde edilmesini sağlamaktır. Bunun haricinde iyi bir aydınlatma ile izleyici üzerinde çok farklı etkiler bırakmak mümkündür. Tıpkı insan gözü gibi çalışan kameraların en iyi görüntüyü televizyona aktarabilmesi için iyi ve etkili bir ışık kullanımı gerekmektedir. Günden güne gelişen teknoloji ile kameralar da ciddi anlamda gelişim göstermiştir. Aydınlatma sektörü de hızla gelişen teknolojiye ve kameralara ayak uydurmak zorundadır ve öyle de olmuştur.

Teknolojinin gelişimiyle sürekli kendini geliştirmesi gereken aydınlatma teknolojisinin aynı zamanda günümüzde enerji kaynaklarının hızla tükenmesi sebebiyle daha az enerji tüketen aydınlatma araçları üretmesi kaçınılmaz olmuştur. Çünkü büyük film, dizi setleri, sürekli canlı yayın yapan kanallar düşünüldüğünde aydınlatma ciddi anlamda enerji tüketimine yol açmaktadır. Bu sebeple maksimum güç sağlayan ve aynı zaman da düşük enerji tüketen aydınlatma araçlarına olan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Bu çalışmada yöntem olarak görsel ve yazılı kaynak taraması, bu konu ile ilgili 11 senedir kendi edindiğim bilgiler, bu işin kompetanı olan ışık tasarımcıları ile yapmış olduğum görüşmeler ve kendi yapmış olduğum ölçümler, şeklinde yöntemler kullanılmıştır.

Bu çalışmanın önemi, televizyon son yıllarda insanların vazgeçilmezleri arasına girmiş önemli sektörlerden biridir. Bu sektördeki teknolojiler gün geçtikçe kendini yenilemekte ve

hep daha iyiye doğru gitmektedir. Televizyon çekimleri için önemli bir unsur olan kameralar çok daha iyi görüntüler verebilmek için sürekli gelişmektedir. Elbette kameraların daha kaliteli görüntü verebilmesi daha iyi bir ışık ile mümkün olabilmektedir. Kameralarla birlikte müthiş bir gelişim gösteren aydınlatma kaynakları, bu gelişimlerini gösterirken aynı zaman da daha verimli de olmak zorundadırlar. Enerji kaynaklarının hızla tükendiği günümüzde her alanda daha az enerji tüketen cihazlar üretilmektedir. Bu çalışmada da tüm aydınlatma kaynakları karşılaştırılmış, daha uzun ömürlü, daha verimli ve daha az maliyetli aydınlatma kaynaklarının kullanılması gerektiği vurgulanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, ışık ve aydınlatma kavramlarını tanımlayıp, bu kavramlarla ilgili geniş bir bilgi verip, aydınlatma teknolojilerinin tarihsel gelişiminden bahsedip, televizyon çekimlerinde aydınlatmanın önemi vurgulanıp, ne tür aydınlatma kaynakları kullanıldığı ve bu aydınlatma kaynaklarının avantajları ve dezavantajları yapılan ölçümler ve daha önceki çalışmalardan alınan bilgiler ışığında değerlendirilip ve karşılaştırılıp, televizyon çekimleri için kullanımı uygun olan aydınlatma kaynaklarını belirlemektir.

2. AYDINLATMA TEKNOLOJİSİ VE İLKELERİ

2.1. Işık ve Özellikleri

Işık, yaşamın temel gereksinimlerinden biri olup, canlıların yaşamasında büyük öneme sahip olan bir olgudur. Kısaca ışığın olmadığı bir yerde canlıların varlıklarını sürdürebilmeleri söz konusu değildir.

Işığın küçük, büyük fark etmeksizin tabiattaki tüm canlılar üzerinde son derece büyük bir öneme sahip etkisi bulunmaktadır. Dünyamız için en büyük ışık kaynağı olan güneş, bütün varlıkların yaşantısını devam ettirebilmesi için gereklidir. Işık insanlar için ısınma ve aydınlatma kaynağı olmasının yanı sıra insanların ve hayvanların beslenmeleri için gerekli olan gıdaların yetişmesi adına da çok büyük bir öneme sahiptir [1].

Mevsimlerin de, bitkilerin de, yaşamında var olması için ışığa gerek vardır. Işık çok uzun yıllardır, doğanın ve doğaüstü güçlerin insanlar ve yeryüzüne yansıttıkları aydınlatıcı ve ısıtıcı bir erk simgesi olarak benimsenmiş ve böyle dile getirilmiştir [2]. Tıpkı hava gibi su gibi ışıktaki günlük yaşantımızın vazgeçilmez bir parçasıdır.

2.1.1. Işığın tanımı

Işık, bir kaynaktan çıkan ışımanın cisimlere çarparak yansması veya direk olarak etkilemesi sonucu canlıların etraflarındaki cisimleri görmesini ve onların renklerini ayırt etmesini sağlayan elektromanyetik bir radyasyondur. Işık doğrusal çizgiler halinde ilerler ve bir ortama girdiğinde kırılır ya da bir nesneye çarptığında o cismin özellikleri nispetinde yansır [3].

“Işık, görülebilen ışımandır. Gözdeki ışık alıcılar algıladığı enerji veya elektromanyetik dalgadır. Ancak gözün tepkisi daha sonradan ortaya çıkar. Işık, elektromanyetik dalgaların yüzeyler, objeler ve malzemelerle etkileşime girdiğinde ışığı algılanır. Bu yansıyan ve/veya gönderilen ışık, görsel sahnemizi oluşturur” [4].

Işık, göze uyarı veren ve bu uyarıyı gözün çeşitli katmanlarından geçtikten sonra beyne

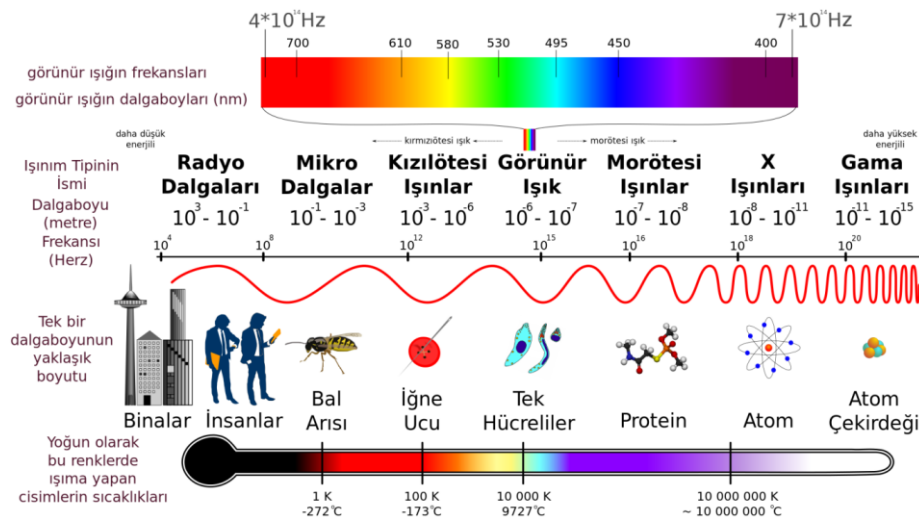
iletip, beyinde harmanlandıktan sonra görme duyusuna dönüşen elektromanyetik ışıdır [5].

2.1.2. Işığın özellikleri

Işık, maddelerin fiziksel yapısındaki atomik reaksiyonlar sonucu oluşan, ışıyarak yayılan bir enerji çeşididir [6]. Işık gözü etkileyen ve görme işlemini gerçekleştiren bir enerjidir. Işık dalga kuramı kapsamında elektromanyetik ışıdır enerjisinin özelleşmiş bir halidir. Belirli bir yayılma hızı, frekansı ve dalga boyu vardır. Işık boşlukta yaklaşık 300 000 km hızla yayılmaktadır. Kuantum kuramından yola çıkılarak, ışık kaynaklarından çıkan ışıdırmlar çok küçük zerrecikler şeklinde bütün yönlerle doğru fırlatılır [7].

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) ışığı, göz aracılığı ile olan tüm algı ve duyuların verisi olarak açıklamaktadır. Işık farklı dalga boylarına sahiptir, insan gözü de 380 nm ile 780 nm dalga boyları arasındaki ışığı görebilmektedir. Bu dalga boylarının dışında kalan ışıdırmlar insan gözü ile algılanamamaktadır. Radyo dalgaları, kozmik ışıdırmlar, ısı ışıdırmlar insan gözünün algılayamadığı dalga boylarına örnek olarak gösterilebilir [8].

Işığın dalga boyu insan gözünün algılayabildiğinin çok daha ötesinde geniş aralıklara sahiptir. Bu geniş yelpazeli dalga boylarının oluşturduğu elektromanyetik spektrum Şekil 2.1’de gösterilmiştir [8].



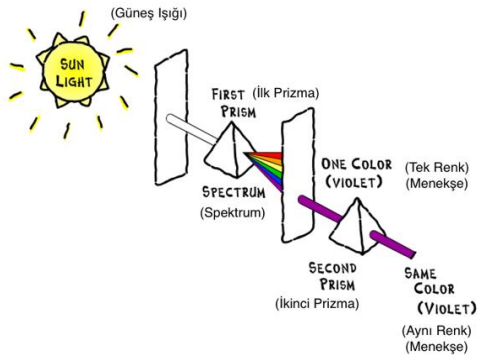
Şekil 2.1. Elektromanyetik spektrum [8].

Elektromanyetik Spektrum'da farklı dalga boylarında bulunan ışınlar Şekil 2.1'de gösterildiği gibidir. İnsan gözünün görebildiği dalga boyları kırmızıdan mora doğru yumuşak bir şekilde geçerek değişmektedir. Burada renkleri oluşturan, ışığın dalga boyu ölçümleridir. Kırmızı ve mor renklerin dışında kalan alan yani insan gözünün göremediği dalga boyları kızılötesi ve morötesi ışınlar olarak adlandırılmaktadır.

İnsan gözünün görebildiği dalga boyunun dışında kalan ışınlardan iyonize olarak adlandırılanlar, tıbbi cihazlar ve nükleer çalışmalarda iyonize olmayan olarak adlandırılanlar da cep telefonları, televizyon ve radyo sinyalleri, AC enerji hatlarında kullanılır [9].

Bir ışık kaynağından çıkan enerjinin görülebilen dalga boylarının büyük çoğunluğu mevcutsa bu beyaz ışık olarak görülmektedir. Bu dalga boylarında renkler arasındaki geçiş yumuşak bir şekilde olmaktadır. Bu renkler sırasıyla kırmızı-turuncu-sarı-yeşil-mavi-çivit mavisi-mor olarak devam etmektedir ve hangi dalga boyundan başlayıp hangi dalga boyunda bittiği net olarak bilinmemektedir. İnsan gözü bu renk geçişleri içerisinde yaklaşık olarak 150 farklı renk görebilir. Dalga boylarının tamamına yakını değil de bir kısmı görülüyorsa (tıpkı renkli ışıpta olduğu gibi) ortaya çıkan renk göze en çok çarpan renk tonuyla değerlendirilir [10].

1660 yılında Newton, beyaz ışığın dalga boyundaki büyük renklerden oluştuğunu ispatlamıştır. İngiliz fizikçisi Isaac Newton bir prizma yardımıyla güneş ışığını gökkuşağı renklerine ayırmış ve daha sonra ikinci bir prizma kullanıp renkleri tekrar birleştirip beyaz ışığı elde etmiştir [11].



Şekil 2.2. Newton'un renk tayfi [11].

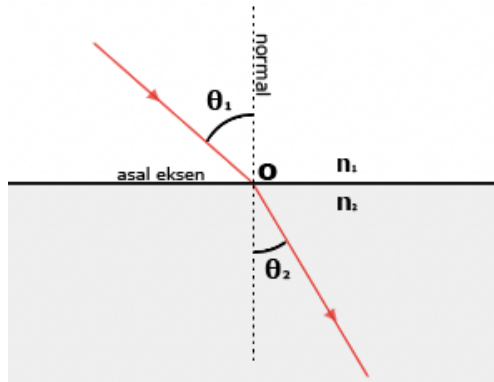
Işığın hakkındaki görüşler değişebilmektedir. Newton ışığın, farklı boylarda çok küçük parçacıklar halinde ve çok büyük hızlarla ilerleyen, nesnelerden uzak birbirlerinin peşi sıra sıçrayarak hareket eden zerrecikler olduğunu savunur. Işığın parçacıklar mı dalga mı olduğu konusundaki tartışma, kuantum mekaniğiyle ortaya koyulan bir uzlaşma sonucu nihayete erer. Işığın, elektronlar da mevcut olan enerjinin kendi içerisinde değişmesiyle ortaya çıktığı, boşlukta dalgalar halinde ilerlediği, lakin bir madde ile karşılaştığında parçacıklar şeklinde oluştuğu anlaşılır [11,12].

Işığın üç temel özelliği bulunmaktadır. Bunlar; Absorbent (emilme), reflection (yansıma) ve Transition (kırılma) dır [13].

Kırılma

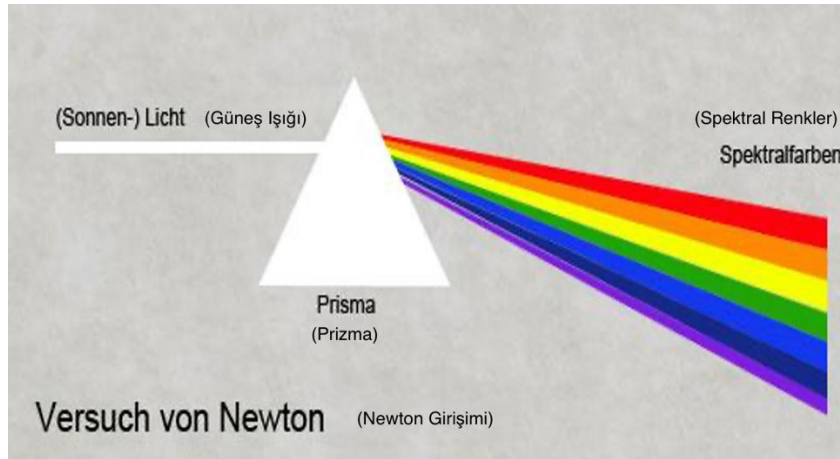
Işık ışınlarının bir kısmı saydam bir ortamdan diğer başka saydam bir ortama geçerken doğrultusunu değiştirerek diğer ortama geçer. Işık ışınlarının doğrultusunu değiştirerek diğer ortama geçmesine kırılma denir.

Işığın kırılma açısı, iki ortamı ayıran yüzeyle, bu yüzeye düşen ışık demetlerinin yaptığı açı, iki ortamın fiziksel özellikleri ve gelen ışının dalga boyu ile alakalıdır. Işık kaynağından gelen ışın, kırılan ışın ve yansıyan ışının hepsi aynı düzlem üzerinde bulunur. Şekil 2.3'te V_1 ışığın birinci ortamdaki, V_2 ise ışınların ikinci ortamdaki hızlarıdır. Bu denklem Snell yasası olarak bilinmektedir. Bu açılarının tümü yüzeyin kendisinden değil yüzeyin normalinden ölçülürler. Üç boyutlu bir cismin yüzeyi ile bir ışık demetinin yaptığı açının tek olmamasından ötürü ölçümü bu şekilde yapmak daha sağlıklıdır [11].



Şekil 2.3. Işığın kırılması: Snell yasası [11].

Newton, güneş ışığını cam bir prizmadan geçirmiş ve ışık kırıldıktan sonra çok farklı renkler oluşmuştur. Güneş ışığının prizmadan geçtikten sonra kırılıp dönüştüğü bu çok renkli ışık kuşağına elektromanyetik spektrum denilmektedir. Işık kırıldıktan sonra oluşan bu renklerin kırılma açıları birbirinden farklıdır. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi ışığın kırılma açısı kırmızıdan mora doğru artmaktadır. Yağmur yağdıktan sonra güneşin çıkmasıyla oluşan gökkuşağı ışığın kırılmasına örnek olarak gösterilebilir. Güneş ışığının (beyaz ışık) kırılmasıyla oluşan renkler kırmızı, turuncu, sarı, yeşil, mavi, çivit mavisi ve mordur [14].



Şekil 2.4. Renklerin kırılma açıları ve tayf [24].

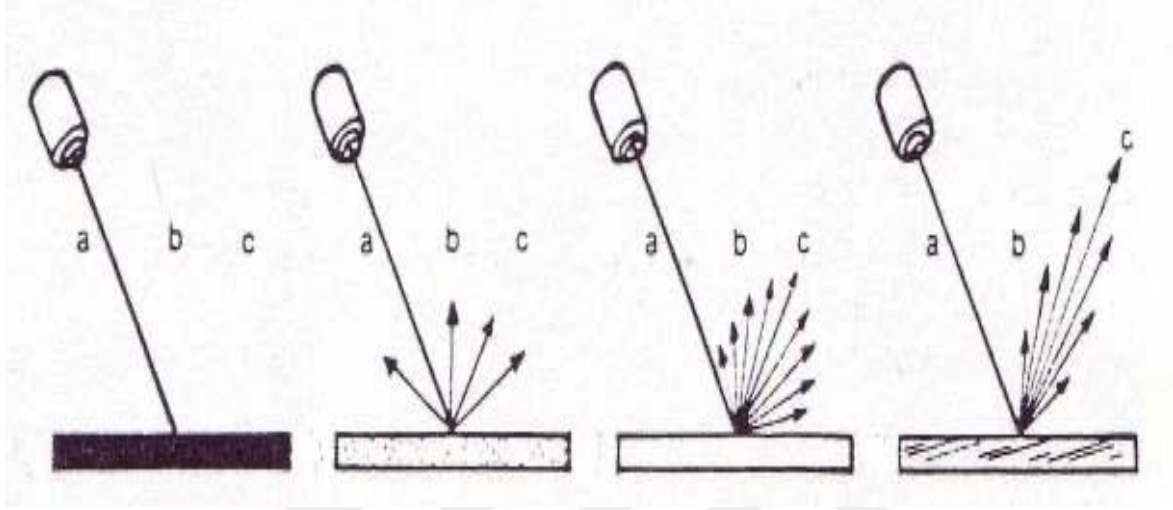
Yansımada

Işık ışınları homojen bir ortamda ilerlerken diğer bir ortamın sınırına geldiğinde bu ortamın içinden geçmiyorsa, yüzeye çarpıp yön ve doğrultusunu değiştirerek bulunduğu ortama geri döner. Bu olaya yansımada denir. Işınların yapmış olduğu açı geliş açısıyla eşittir. Yansımada ışığın hiçbir özelliği değişmez sadece yönü değişir. İyi bir yansımanın olabilmesi için, ışığın üzerine çarptığı cisim pürüzsüz ve parlak olmalıdır [6].

Yansımanın iki kuralı bulunmaktadır. Birincisi gelen ışınların açısı yansıyan ışınların açısına eşittir. İkincisi de gelen ışın, normal ve yansıyan ışın aynı düzlem üzerinde bulunur. Aynayı yansıtıcı olarak kullandığımızda aynaya 90 derecelik açı ile gelen ışık yine aynı açı ile aynı doğrultuda geri dönecektir. Eğer 60 derecelik bir açı ile gelirse yine 60 derecelik bir açı yaparak yansıyacaktır. Bu kural verdiğimiz örnekteki ayna için de geçerlidir. Yansımada işlemi tüm yüzeylerde bu şekilde gerçekleşemez. Yüzeyin özelliklerine göre yansımada farklı şekillerde olacaktır. Gerektiği sürece cisimde hiçbir yansımanın ve

parlaklığın olmamasında yarar vardır. Profesyonel stüdyo ortamlarında mat yüzeyler tercih edilmektedir [15].

Şekil 2.5'te ışık ışınlarının farklı yüzeyler üzerindeki yansıma açıları gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Sırasıyla kadife kumaş, pürüzlü, parlak, cam yüzeylerin ışık yansıtması [3].

Yansıma birkaç şekilde kategorize edilmektedir. Birincisi düzgün yansıma, ışık ışınlarının pürüzsüz, ayna gibi bir yüzeyden yansımaya denir. Düzgün yansıma da yüzeye paralel gelen ışık ışınları yansdıktan sonra yine paralel olarak ilerler [3,6]. Paslanmaz çelik ve alüminyum folyo, aynasal yansıtıcılara örnek verilebilir [16].

Eğer ışınların çarptığı yüzey düzgün değilse, gelen ışık ışınları düzensiz olarak yansıyacaktır. Bu tür yansımaya da dağınık yansıma denilmektedir [6]. Gelen ışık, dağınık yansıtıcıda, düzgün yansıtıcıya göre çok daha fazla emilmektedir [16].

Düzgün ve dağınık yansımaların karışımı olarak nitelendirilen yansıma türü kısmi yansımadır. Yüzeylerin ıslatılması veya cilalanmasıyla farklı durumlar ortaya çıkmaktadır. Böyle durumlarda ışık üst kısımdan düzgün yansıma yöntemiyle yansıtılırken, gerçek yüzeyden dağınık olarak yansır [16].

Nesnelerin renklerine bağlı olarak da yansıma oranları değişiklik göstermektedir. Koyu renkli yüzeyler ışığı daha fazla absorbe eder, açık renkli yüzeyler ışığı daha fazla yansıtır [3].

Emilme

Işık kaynağından gelen ışık ışınları bir yüzeye çarptıklarında bir kısmı yansır bir kısmı da yüzeyden geçerek kırılır. Bunların haricinde ışınların bir kısmı da yüzeyin özelliklerine göre absorbe olur, bu olaya emilme, emme (soğurma) denilmektedir.

Işınların farklı boyları vardır ve bu farklı dalga boyları renkleri oluşturur. Yüzeylerde farklı renklerdeki bu ışınları özelliklerine göre emer ya da yansıtır. Yüzeyin rengini belirleyen, yansıyan ve emilen dalga boylarıdır. Kırmızı bir elma yeşil ve mavi renkleri emip kırmızı rengini yansıttığı için kırmızı olarak görünür. Yeşil bir çim ise kısa dalga boylarındaki renkleri emip daha uzun dalga boylarında olan yeşili yansıttığı için yeşil olarak görünür.

Bazı yüzeylerin ışığı yansıtma düzeyleri yaklaşık olarak şu şekildedir:

Yeni Yağmış Kar	% 95
Beyaz Duvar	% 80 - 85
Beyaz Kâğıt	% 60 - 80
Beyaz Tenli İnsan Yüzü	% 35
Bronz Tenli İnsan Yüzü	% 16 - 20
Siyah Renkli İnsan Yüzü	% 12
Tuğla Duvar	% 12
Siyah Kâğıt	% 5 - 10
Siya Boya	% 1 - 5
Siyah Kadife	% 0,5 – 1

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda yüzeylerin çeşidine göre yansıtma oranları belirlenmiştir. Yansıtma oranlarının kalan kısımları ise yüzeylerin emilim yaptığı oranlardır [17].

2.1.3. Işık – renk – göz – görme ilişkisi

İnsanlar çevre ile olan ilişkilerini beş duyu organı ile gerçekleştirirler. Ortamda bulunan ışık, ısı, ses, koku gibi etkenler, insanların duyu organlarını harekete geçirir. İnsanların dış dünya ile iletişimde ve bu karmaşık dünyayı anlamlandırmasında kullandığı duyu

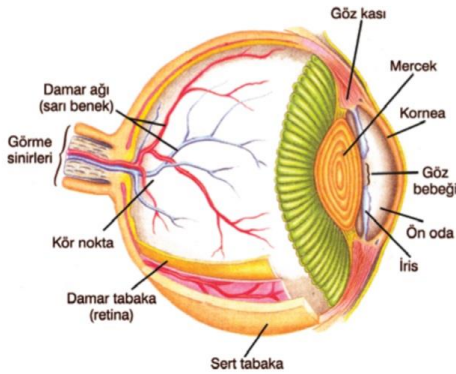
organlarından en önemlisi gözdür. Görsel duyu diğer duyuların büyük çoğunluğunun kaynağı olduğu için duyu organlarımızdan göz en ön plana çıkmaktadır [18].

Görsel duyularımız diğer duyularımızın büyük çoğunluğunun kaynağını oluşturmaktadır fakat görsel duyularımız her zaman tarafsız kararlar verememektedir. Çünkü göz, yapısından kaynaklı yanıltıcı iletiler verebilmektedir [19].

Işık, belirli bir kalıba sokamayacağımız, çeşitli etkileri olan bir kavramdır. Mesela ışığın doğadaki yansıması fiziksel olarak aynıdır fakat psikolojik etkileri insandan insana farklılık gösterir. Işığın farklı yönlerinden bahsedilebilir. Örneğin ışık fizikseldir, algısaldır, ışık manen bilinen fakat ona ulaşılamayan bir realitedir. Işığı oluşturan renk, biçim, doku ve gölge gibi öğeler aynı zamanda ışığın algılanmasını da sağlamaktadır [11].

Görsel olarak algılamayı etkileyen bazı faktörler vardır. Bunlar dış dünyayı oluşturan maddelerin gerçek ve öz nitelikleri, geçmişte yaşanmış bazı olaylar, edinilen tecrübeler, ihtiyaçlar, davranışlar ve önyargılardır. Işık ışınlarının insan gözü tarafından direk olarak görülmesi imkansızdır. Bir ışık kaynağına ya da bir cisme çarparak yansıyan ışığı görmek mümkündür. İnsanlar için en büyük doğal ışık kaynağı olan güneşten ya da diğer başka ışık kaynaklarından gelen ışık ışınları nesnelere çarparak bir kısmı emilmekte bir kısmı da yansımaktadır [1].

Işık ile renk-göz-görme arasında doğrudan bir ilişki vardır. Bu ilişki fiziksel ve organik olarak incelenmektedir. İlk olarak gözün fiziksel yapısı incelenip, görme olayının nasıl gerçekleştiği bilinmelidir.



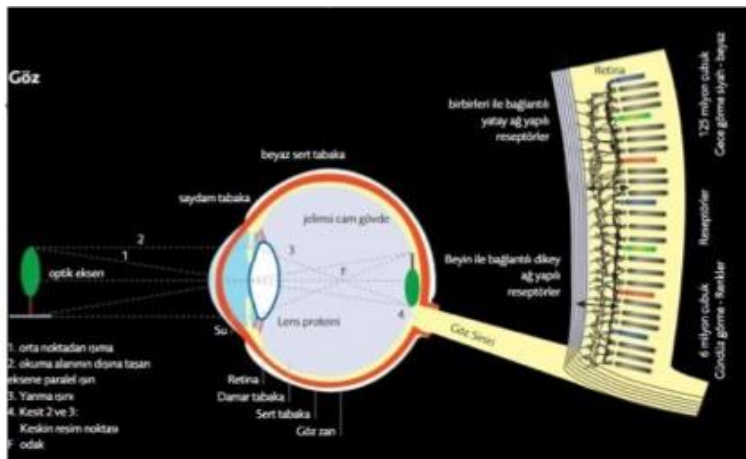
Şekil 2.6. Gözün yapısı [25].

Göz sert tabaka, damar tabaka ve ağ tabaka denilen iç içe geçmiş üç tabakadan oluşmaktadır. Göz ve fotoğraf makinası yapısal ve çalışma prensibi olarak benzer özelliklere sahiptir. Gözler, ışık ışınlarının girebileceği bir boşluk, netlik yapmaya yarayan bir lens ve gözün arka kısmında bulunan ışığa duyarlı bir zar ile tıpkı kameralardaki mantıkla çalışır [20].

Gözün görme olayını gerçekleştirebilmesi için gözün ön kısmındaki boşluktan, nesnelerden yansıyan veya geçen ışığın içeri girmesi gerekmektedir. Göze gelen ışık ışınları saydam tabakada kırıldıktan sonra göz bebeğinden geçer ve merceğe iletilir. Merceğe gelen ışık tekrar kırıldıktan sonra ağ tabakaya yani retinaya ulaşır ve burada görüntü elde edilmiş olur [21].

Retinada karmaşık sinir uçlarının oluşturduğu farklı katmanlar vardır. Yüzey algılayıcılarının birçoğu (120 milyondan fazla) çubuk şeklindedirler. Bu algılayıcılar ışığa karşı aşırı derecede hassastırlar, ama ince detayları ayırt edemezler ve renk tayfının mavi ucu haricindeki renklere karşı kördürler. Geri kalan daha az duyarlı algılayıcılar (6,5 milyon) koni şeklindedir ve fovea adı verilen minik çukur bir alanda bulunmaktadır. Koni şeklindeki algılayıcıların bulunduğu bu çukur, bizim nesnelerin şekillerini, konumlarını ve renklerini keskin bir şekilde gördüğümüz yerdir [10].

Görme olayının fizikteki tanımı, cisimlerden yansıyan ışık ışınlarının göz merceğinden geçtikten sonra ağtabakada görüntü oluşturduğu ve oluşan bu görüntünün elektromanyetik sinir uçlarıyla iletilerek beyne ulaştığı şeklinde ifade edilir [23].



Şekil 2.7. Gözün yapısı ve görme olayı [8].

Göz cisimleri bir bütün olarak göremez. Tıpkı bir puzzle gibi parçaları bir araya getirerek oluşturduğu şekil sayesinde cismi bir bütünmüş gibi görür. Işık sayesinde nesnelerin şekillerini ve dokularını algılayabildiğimiz gibi renklerini de algılarız.

Renk, çevremizi ve gözümüzü aydınlatan ışık kaynaklarının, etrafımızdaki nesnelerden yansıyan, göz ile görülebilen ışığın dalga boylarındaki değişimdir. İnsanların renkleri algılaması, gelen ışık ışınlarına, ışık ışınlarının yansıtılışına bağlıdır ve cismin göz yardımıyla beyne iletilmesi sayesinde gerçekleşir. İnsan gözünde üç çeşit renge karşı duyarlı alıcılar vardır. Bu alıcıların bir kısmı kırmızı, bir kısmı mavi, bir kısmı da yeşil renklere karşı duyarlıdır. Gözdeki bu üç farklı renkteki alıcılar bu renkleri beyne ilettiğinde beyin bu üç rengin kombinasyonlarını harmanlar ve ara renkleri de algılamış olur [6].

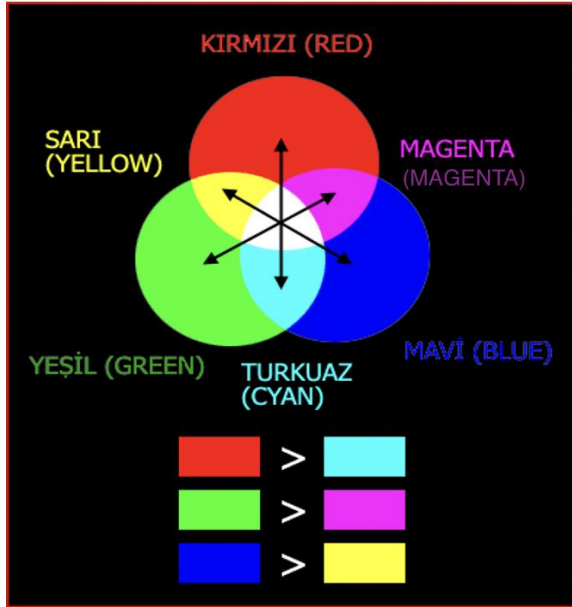
Gözün renkleri görmesi ışık var olduğunda gerçekleşmektedir. Renk, gelen ışığa ve cismin kendi rengine bağlıdır. Mesela güneşli bir günde beyaz renkte olan bir yapı gün ışığının etkisiyle beyaz görünecektir, fakat aynı yapı gece olduğunda üzerine düşürülen yapay yeşil bir ışık sayesinde yeşil görünecektir.

Gombrich, ışığın görmenin başlıca etkeni olduğunu ve aynı şekilde renklerinde oluşumunu ışığa bağlamaktadır. “Gözle görülebilir uzaklıktaki nesnelerin üstlerine düşen ışık olmuştur. Işığın çeşitliliği ve yüzeyde yarattığı tonlar, bize onların biçimlerini; yüzeydeki yansımaları, dokuların, spektrumun dalga uzunluklarına tepkileri de renkleri göstermektedir” [22].

Renk, ışığın oluşturduğu fiziksel ve psikolojik bir olaydır. Rengin etkisi; üzerine düşen ışığın dalga boyuna elektromanyetik spektrum yapısına, rengi emen ya da yansıtan nesnelerin moleküler yapısına, beyinde bulunan renk reseptörlerine ve göze bağlıdır ve doğru rengi bulmak bu mükemmel sistemin sorunsuz çalışmasıyla mümkündür [11].

Aslında çevremizde bulunan cisimlerin renkleri yoktur. Bu sebeple ışığın olmadığı bir ortamda nesneleri göremeyiz. Güneş ışığının (beyaz ışık) bir prizmadan geçtikten sonra çeşitli renklere ayrıldığından daha önce bahsedilmişti. Beyaz ışık renklere ayrıldıktan sonra cisimlerin üzerine geldiğinde, cisimler bu ışığın bir kısmını emer bir kısmını da yansıtır. Cisimler yansıttıkları renk şeklinde görünür. Cisimleri renkli görmemiz, ışığın varlığıyla ve cisimlerin yansıttıkları oranda mümkündür. Şekil 2.8’deki renk çemberi incelendiğinde,

ışığın üç ana renkten oluştuğu görülmektedir. Diğer renkler bu üç ana rengin belirli oranlarda birleşmesiyle oluşmaktadır. Siyah ve beyaz renkler bunların arasında bulunmamaktadır. Bir nesne gelen ışınları tamamen yutuyorsa siyah, tamamen yansıtıyorsa beyaz olarak görünür [6].



Şekil 2.8. Ana renk sistemi [11].

Bütün bunlardan yola çıkılarak, insan gözünün nesnelerin şekillerini ve renklerini görebilmesi için ışık kesinlikle gereklidir. Işığın olmadığı bir ortamda görme işlevi gerçekleşmeyecektir.

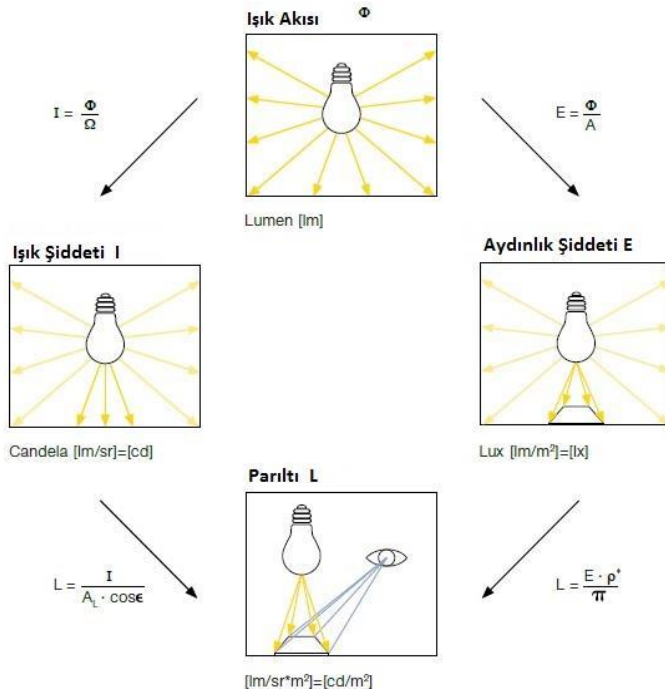
Gerald Millerson görme ile ilgili şöyle söylemektedir: “Görüşün harikaları ve bulmacaları, tek bir ana etkenden, uyum sağlama yeteneğinden kaynaklanır. Bu yetenek çoğu zaman bizim algılama gücümüzü artırır” [10].

2.2. Televizyonculuk İçin Işığın Özellikleri

Işığın yaşamın vazgeçilmez bir parçası olduğundan yukarıda bahsedildi. Işık tüm canlılar için gerekli olan bir olgudur. Hayatın çok farklı alanlarında kullanılan ve görme olayının gerçekleşmesi için gerekli olan ışık, tiyatro, sinema ve televizyon gibi alanlarda da büyük öneme sahiptir. Tıpkı göz gibi çalışan kameraların, televizyon yayınlarına doğru ve güzel bir görüntü verebilmesi için ışığın çok dikkatli ve şartlara uygun olarak kullanılması

gerekmektedir. Bu bölümde ışığın televizyonculuk için önemli olan özelliklerinden bahsedilecektir.

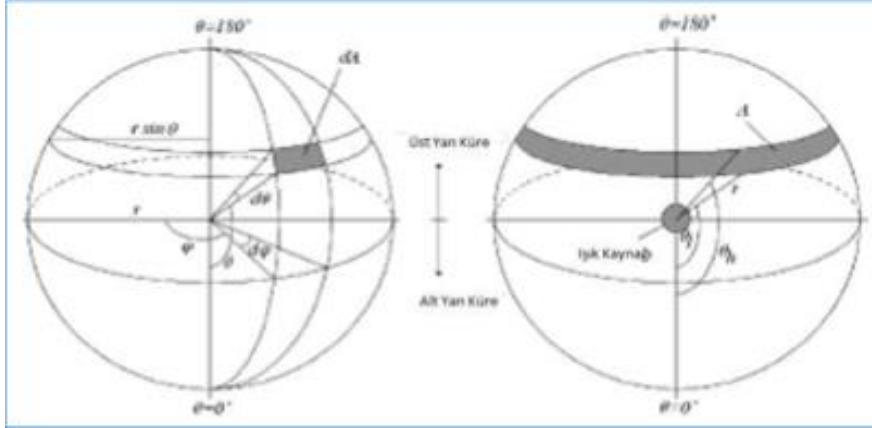
Işığın özellikleri ve verimlilikleri hakkında bilgi veren bu kavramlar genel olarak fotometrik ölçümler sonucunda ortaya çıkmaktadır. Laboratuvar ortamlarında ışık ile ilgili yapılan ölçümlere fotometri denilmektedir. Bu tip ölçümlerde kullanılan aletlere lüksmetre ve lüminansmetre gibi cihazlar örnek verilebilir. Bu ölçümler sonucu elde edilen bazı kavramların birbiri ile olan ilişkileri Şekil 2.9’da gösterilmiştir [26].



Şekil 2.9. Işığın özellikleri [8].

2.2.1. Işık akısı (Φ)

Bir mum ışık şiddetindeki bir kaynağın 1 metre mesafede bulunan 1 m²'lik bir alana dik olarak gönderilen ışık akısı 1 lümen (lm) olarak kabul edilmektedir. Bir ışık kaynağından çıkan toplam görülebilir ışık miktarına ışık akısı denilmektedir. Işık akısı, ışık kaynağından yayılan ve tayfsal göz hassasiyeti ile değerlendirilen ışıyan güce denir. Bir ışık kaynağının ışık akısı ne kadar yüksek ise ortaya çıkan ışık miktarı da o kadar yüksektir. Işık akısının ölçülebilmesi için çeşitli sensörler ya da entegre küre (integrating sphere) gerekmektedir. Işık akısının ölçümünde en sağlıklı yöntem entegre küre ile yapılan ölçümdür. Şekil 2.10’da gonyofotometre ile ölçülen yüzeyler gösterilmektedir [27].

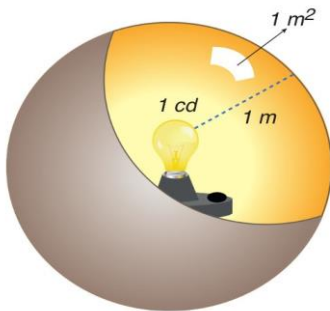


Şekil 2.10. Gonyofotometre ile taranmış küresel yüzeyler [27].

Işık akısı kavramının birimi lümen, simgesi ise “lm” olarak bilinmektedir.

2.2.2. Işık şiddeti (I)

Bir ışık kaynağından belirli bir doğrultuda birim katı açıda yayılan ışık akısına ışık şiddeti denilmektedir. Bir kürenin yüzeyindeki herhangi bir bölgenin alanının, kürenin yarıçapının karesine oranına birim katı açı denilmektedir. Katı açının birimi Steradyan olarak belirlenmiştir. Işıksal yeğinlik olarak da adlandırılan ışık şiddetinin sembolü “I” birimi ise kandela (cd) olarak belirlenmiştir. Şekil 2.11’de kürenin merkezinde bulunan ışık kaynağının ışık şiddeti, ışık kaynağından 1 metre uzaklıkta gösterilen 1 m^2 alana düşen yeşil ışığın gücü olarak tanımlanır. Kandela tanımlanırken tek renkli (yeşil) ışık, yani $5,4 \times 10^{14} \text{ Hz}$ frekanslı ve 550 nm dalga boyunda ışık kullanılır. Yeşil ışık kullanılmasının sebebi insan gözünün en hassas dalga boyuna sahip rengin yeşil olmasıdır. Burada ışık ışınları yüzeye dik olarak düşmektedir. Işık şiddeti sadece ışık kaynağının gücüne bağlıdır [28,29].



Şekil 2.11. Işık şiddeti [29].

2.2.3. Işıksal aydınlık (Aydınlık düzeyi, E)

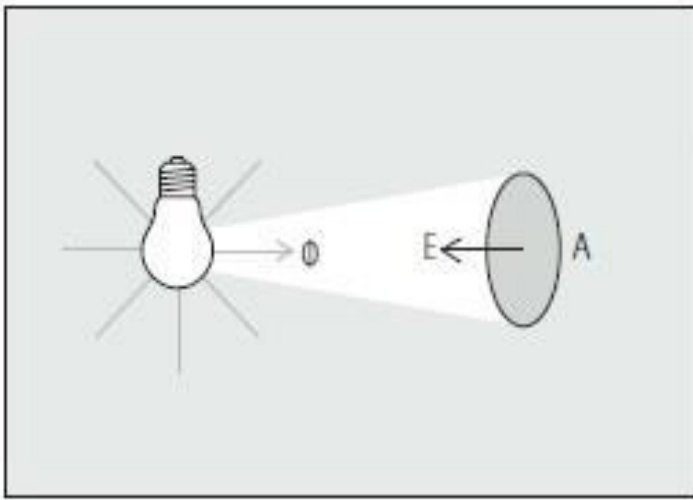
1 m² yüzeye eşit yayılmış şekilde düşen, 1 lümen değerindeki ışık akısı miktarına ışıksal aydınlık denilmektedir. Bir yüzeye düşen toplam ışık akısının, düştüğü yüzeyin toplam alanına oranı ışıksal aydınlığı ifade etmektedir. Nesne ile ışık kaynağı arasındaki mesafe arttıkça ışık şiddeti mesafenin karesiyle ters orantılı olarak azalır. Örneğin ışık kaynağına 1 metre mesafede bulunan nesne, 2 metre uzaklığa koyulursa nesneye düşen ışık miktarı dörtte birine düşmüş olur. Bu sebeple ışıksal aydınlık seviyesi de azalmış olur. Işıksal aydınlık birimi “lüx”, simgesi ise “lx” olarak belirlenmiştir [13,30]. Işıksal aydınlık (Aydınlık düzeyi) Şekil 2.12’deki gibi formüle edilmiştir.

$$\text{Işıksal Aydınlık} = \frac{\text{Düşen Işık Akısı}}{\text{Aydınlatılan Yüzey}}$$

$$E = \frac{Im}{m^2}$$

Şekil 2.12. Işıksal aydınlık (Aydınlık düzeyi, E) formülü [13].

Işıksal aydınlık, ışığın düştüğü yüzeyin türüne bağlı değildir. Yüzeyin özelliği ya da rengi ne olursa olsun ışıksal aydınlık ışık akısına bağlıdır [11]. Işıksal aydınlığı etkileyen faktörler Şekil 2.13’te gösterilmiştir. (Φ =Işık akısı, E=Işıksal aydınlık, A=Alan)

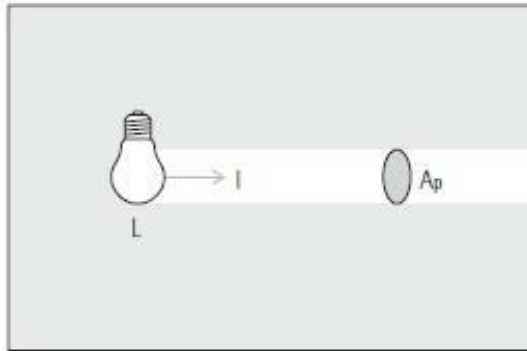


Şekil 2.13. Aydınlık düzeyi [8].

2.2.4. Parıltı (L)

Diğer ismi lüminans olan parıltı, aydınlatılan yüzeyin ışık yoğunluğu olarak tanımlanmaktadır. Birimi kandela/metrekare (cd/m^2), “nit” olarak belirlenmiştir. Eğer yüzey alanı cm^2 cinsinden olacaksa parıltının birimi “stilb” olarak tanımlanır ($\text{sb}=\text{cd}/\text{cm}^2$). Nit birimi parıltı değerinin az olduğu ve ışığı yansıtan yüzeylerde kullanılırken stilb birimi ışık kaynaklarının lüminans değerini ölçmede kullanılır [31].

Yüzeyler kendinden ışıklı değilse, parıltı, yüzey üzerindeki aydınlık düzeyi ile yüzeyin yansıtma çarpanının çarpılmasıyla bulunur. Koyu renkli bir yüzey ile açık renkli bir yüzeyin aynı parıltıda görülmeleri isteniyorsa koyu renkli yüzey daha fazla aydınlatılarak parıltılarının aynı olması sağlanır [28]. Işıksal parıltıyı etkileyen faktörler Şekil 2.14’te gösterilmiştir. (L =Işıksal parıltı, I =Işık şiddeti, A =Alan)



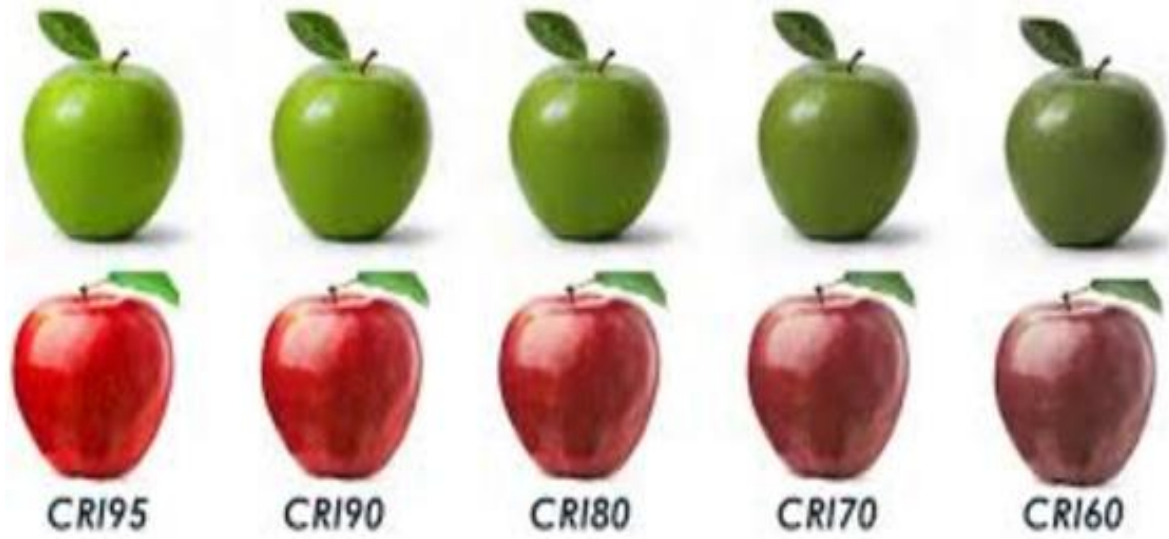
Şekil 2.14. Işıksal parıltı [8].

2.2.5. Renksel geriverim İndeksi (CRI)

Işığın en önemli özelliklerinden biri ışığın renksel özellikleridir. Etrafımızdaki nesnelerin renklerinin doğal ve en doğru biçimde algılanması, görsel performansın artmasında önemli faktörlerden biridir. Renksel geriverim indeksi (Color Rendering Index, CRI) ile ışık kaynağının renksel özellikleri belirlenmiş olur [28].

Güneş ışığı sahip olduğumuz en doğal ve en etkili ışık kaynağıdır ve güneş ışığında gördüğümüz nesnelerin renklerini %100 gördüğümüz kabul edilir. Güneş ışığını referans olarak kabul edersek, renk kayıplarına göre yapay ışığın yüzdesel olarak değerlendirilmesine renksel geriverim indeksi (CRI) denilmektedir [32].

Şekil 2.15'te görüldüğü gibi ışık kaynağından çıkan ışınların CRI değeri yükseldikçe resmin netliği ve doygunluğu da o derece artmaktadır.



Şekil 2.15. CRI değerlerine göre renkleri [33].

Çizelge 2.1'de renksel geriverim sınıflandırılması verilmiştir.

Çizelge 2.1. Renksel geriverim R_a grupları [35].

Renksel Geriverim Grupları	CIE genel renksel geriverim indisi (R_a)	
1A	$R_a \geq 90$	Tam renk algılamanın çok gerekli olduğu yerler
1B	$90 \geq R_a \geq 80$	Tam renk algılamanın gerekli olduğu resim galerisi, müze, mağaza gibi yerler
2	$80 \geq R_a \geq 60$	Renk algılamanın orta derecede gerekli olduğu yerler
3	$60 \geq R_a \geq 40$	Renk algılamanın az önemli olduğu fakat renkte bozulmanın istenmediği yerler
4	$40 \geq R_a \geq 20$	Renk algılamanın önemli olmadığı ve renkteki bozulmalarında sorun edilmediği yerler

Nesnelerin renginin doğru algılanması, görünen rengin gerçek renklere çok yakın olması ya da renksel bozunumun çok düşük seviyelerde olması manasını içermektedir. Güneş ışığı tüm renklerin birleşmesinden oluştuğu için güneş ışığındaki renkler, gerçek renk olarak ifade edilmektedir.

Renksel geriverim bize güneş ışığında (%100) meydana gelecek olan renk sapmalarını vermektedir. Renksel Geriverim'in birimi R_a olarak ifade edilmektedir. R_a değeri 0 ile 100 arasında bir değerdedir. R_a değeri 100 değerine yaklaştıkça gerçek renge o denli yaklaşmış oluruz [34].

Televizyon çekimlerinde tam renk algılamanın çok gerekli olduğu değer olan 1A grubu yani R_a değerinin 90 ve üzerinde olduğu ışık kaynakları seçilmelidir. 1A gurubundaki CRI değerine sahip ışık kaynaklarının kullanıldığı bir televizyon çekiminde görüntüler ve renkler doğala en yakın seviyede oldukça net bir şekilde görüntülenecektir. Bu da görüntünün en güzel şekilde elde edilmesini sağlayacaktır.

Yapay ışık kaynaklarının renksel geriverim (CRI) değerleri ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak incelenecektir.

2.2.6. Televizyon aydınlatma tutarlılık endeksi (TLCI)

Renksel geriverim (CRI) değerinin nesnelerin renklerini daha iyi görmeye etkili olduğu söylenmişti. Televizyon çekimlerinde CRI değerinin 90 ve üzerinde olması gerekmektedir. Bu sayede doygun ve net görüntüler elde edilmektedir.

Çeşitli mühendislik dalları CRI değerinin 90 ve üzeri olduğu durumlarda da sıkıntıların yaşandığını fark etmiş ve 2012 yılında Avrupa Yayıncılar Birliği (EBU) tarafından, televizyonculuk için TLCI standardı ortaya çıkarılmıştır. EBU tarafından yapılan analizler sonucunda TLCI değerinin televizyonculuk için çok önemli bir renk standardı olduğu kanıtlanmıştır.

TLCI değerinin sembolü Q_a 'dır. Bu değer 0 ile 100 arasında bir ölçekte oluşturulur. 100 değeri referans olarak kabul edilen CCT ile mükemmel bir eşleşmeyi gösterir. Şekil 2.16'da TLCI değerleri verilmiştir [36].



Şekil 2.16. Qa değerleri [36].

2.2.7. Işıksal verimlilik (Etkinlik faktörü)

Işık kaynağından yayılan ışık akısının (ışık gücü), harcadığı elektrik enerjisine oranına ışıksal verimlilik denilmektedir. Işıksal verimliliğin birimi Beher'dir. Işıksal verimliliğin formülü Şekil 2.17'de gösterilmektedir.

$$\text{Işıksal Verim} = \frac{\text{Üretilen Işık Akısı}}{\text{Kullanılan Elektrik Gücü}}$$

$$h = \frac{Im}{W}$$

Şekil 2.17. Işıksal verimlilik formülü [13].

Bir ışık kaynağının performansının değerlendirilmesinde en önemli faktörlerden biri ışıksal verimliliğidir. Işık kaynakları her bir lamba türünde farklılık gösterdiği için ışıksal verimlilikleri de lamba türlerine göre değişiklik gösterecektir [37].

Çizelge 2.2'de farklı lamba türlerinin ışıksal verimlilikleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Farklı ışık kaynaklarının etkinlik faktörleri [27].

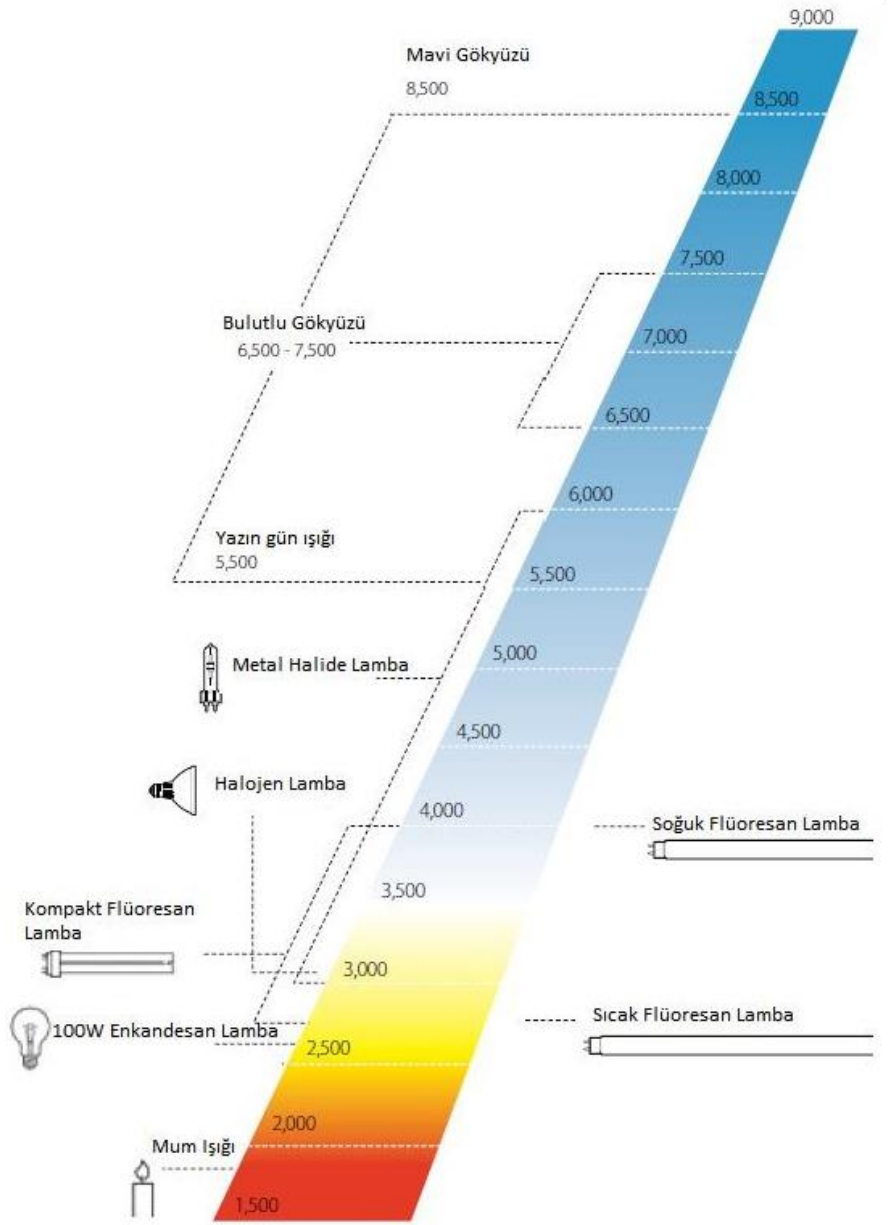
Lamba Çeşidi	Işıksal Verimlilik (Etkinlik Faktörü)
Akkor Lambalar	8-16
Halojen Lambalar	12-26
Floresant Lambalar	45-100
YB Civa Buharlı Lambalar	36-70
Metal Halide Lambalar	71-98
YB Sodyum Buharlı Lambalar	66-142
AB Sodyum Buharlı Lambalar	100-198
Power Led	120

2.2.8. Renk sıcaklığı

Renk sıcaklığı televizyon için gerekli olan ışığın en önemli özelliklerinden biridir. İdeal görüntülerin elde edilmesinde renk sıcaklığı çok önemli bir yere sahiptir. Işık kaynağının renk sıcaklığının belirlenmesi ve kameralar üzerinden ayarının yapılıp, entegre edilmesi kaliteli bir görüntü elde edilmesi için gereklidir.

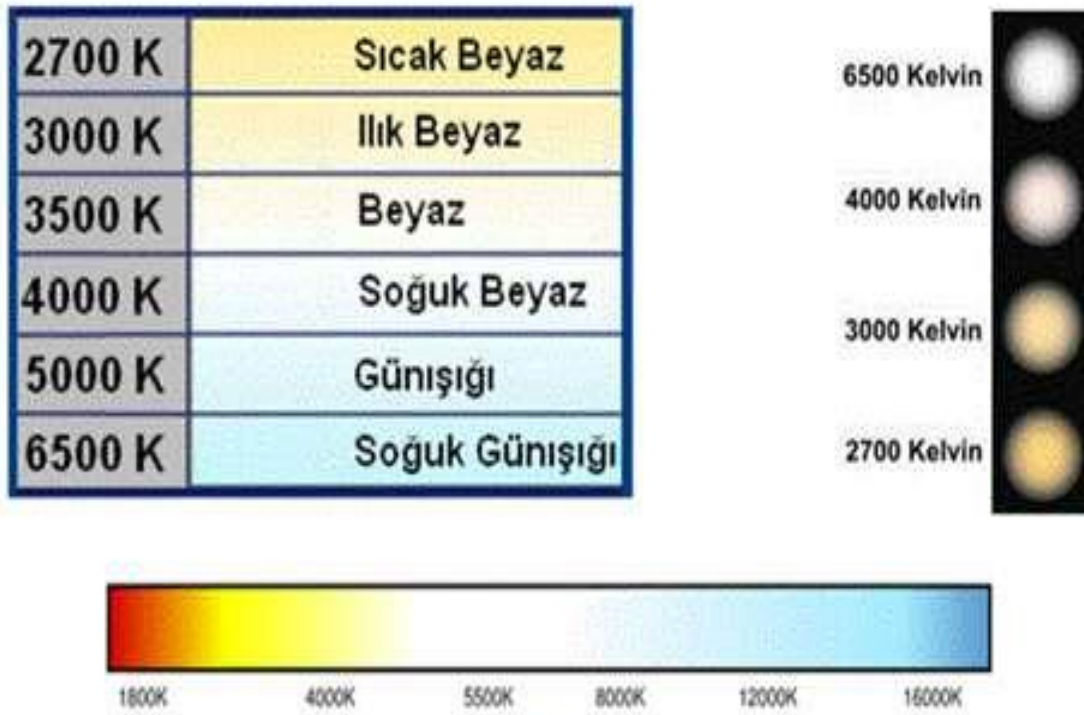
Renk sıcaklığı kavramı fizikçi Lord Kelvin tarafından ortaya çıkarılmıştır. Isıtılan karbon bloklarının (kara madde) artan ısıyla birlikte ortaya çıkan rengin de değiştiği gözlemlenmiştir. Kara madde ısındıkça ışığın rengi donuk kırmızıdan güçlü sarı-beyaza dönmektedir. Bu sayede görülebilir ışık tayfındaki renkleri daha çok içermeye başlar. Daha fazla ısıtıldığında da ışık parlak mavimsi-beyaz renkte görünmeye başlar [10].

Renk sıcaklığı değerlerini ölçebilmek için Celsius, Santigrad veya Fahrenheit gibi ölçekler kullanılmıştır. Fakat, bu ölçeklerde yapılan ölçümlerde oldukça yüksek sayılar çıktığı için özel olarak bir Kelvin ölçeği kullanılmaya çalışılmıştır. -273°C , sıfır derece K'nın (Kelvin) mutlak sıfırı olarak kabul edilmiştir [10]. Renk sıcaklığının birimi ise Kelvin'dir. Bu tür sıcaklıklar ile ilgili olarak şekil 2.18'de çeşitli renklerden oluşan sıcaklık değerleri gösterilmiştir.



Şekil 2.18. Çeşitli ışık kaynaklarının renk sıcaklığı değerleri [28].

Tüm ışık ışınlarını yansıtan nesneleri beyaz, ışın ışınlarını tamamen yutan nesneleri de siyah olarak algılarız. Beyaz ve siyah aslında renk değildir. Işık spektrumunda görülebilir ışığın olduğu dalga boyların arasında bulunan renklerin toplamı beyaz ışığı vermektedir. Işık kaynağından çıkan ışınların nesneye çarpıp yansıdıktan sonra oluşan renkler aynı zamanda renk sıcaklığını da belirlemektedir. Güneşli bir havada gökyüzünün de etkisiyle ışığın mavi bileşenleri arttığı için renk sıcaklığı yükselmektedir. Halojen ve Akkor lambalarda kırmızı ve sarı renk bileşenleri ağırlıkta olduğu için renk sıcaklığı değerleri düşmektedir [34]. Kırmızı renk tonları sıcak, mavi renk tonları da soğuk renkler olarak ifade edilmektedir. Bu durum Şekil 2.19’da gösterilmiştir.



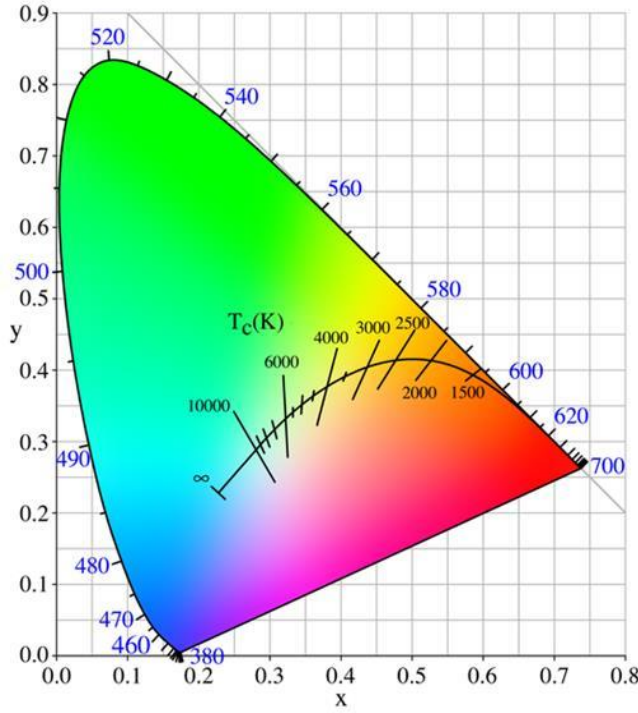
Şekil 2.19. Renk sıcaklığı skalası [27].

Televizyon çekimlerinde kullanılan bazı ışık kaynaklarının renk sıcaklığı değerleri Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Renk sıcaklıklarının, ışık rengi görünümüne etkisi [11].

3300 K >	Sıcak (kırmızımsı beyaz renk)
3300 K - 5300 K	Orta sıcak (beyaz renk)
5300 K <	Soğuk (mavimsi beyaz renk)

Renklerin x,y koordinatları ile belirlendiği CIE 1931 renk diyagramında kara cismin farklı renk sıcaklıklarındaki renk noktaları işaretlendikten sonra bu noktalar birleştirildiğinde ortaya çıkan eğriye “Plank Eğrisi” ya da “Kara Cisim” eğrisi adı verilmektedir. Plank eğrisi Şekil 2.20’de gösterilmiştir. Renk noktalarının olabildiğince kara cisim eğrisine yakın olması ve renk sıcaklığının 5000 K’in üzerinde olması, yapay ışık kaynaklarının gün ışığı yani doğal ışık kaynağı gibi olmasına olanak sağlamaktadır. Bir akkor lamba yaklaşık 2700 K renk sıcaklığı ile sıcak beyaz bir ışığa sahip iken, yaklaşık 6000 K renk sıcaklığındaki gün ışığı floresan lamba soğuk renktir [8].



Şekil 2.20. Plank eğrisi [8].

Işığın en önemli niteliklerinden olan renk sıcaklığı günlük yaşantımızda ve televizyon çekimlerinde önemli faktörlerden biridir. 3300 K'in altındaki değerlere sahip renkler sıcak ışık olarak nitelendirilmektedir. Sıcak ışık genellikle soğuk ışığa göre daha yumuşak, net bir görüş ve daha sağlıklı bir atmosfer oluşturur. Bu sebeple genellikle evlerde renk sıcaklığı düşük olan sıcak ışık kaynakları tercih edilir. 3300 K ile 5300 K değerleri arasındaki doğal beyaz ışık olarak nitelendirilmektedir. Yeşil, mavi ve beyaz tonların bulunduğu ortamlarda doğal beyaz ışık tercih edilmektedir. Çalışan kişilerde ferahlatıcı ve enerji veren bir ruh hali oluşturduğu için genellikle ofis ortamlarında da doğal beyaz ışık kullanılmaktadır. Ayrıca doğal beyaz ışık nesnelerin ayrıntılarını ortaya çıkartmaktadır. 5300 K ile 6500 K değerleri arasındaki ışık güneşli bir gündeki renk sıcaklığı aralığıdır. 6500 K değerinde ışıpta bulunan mavi renklerin fazlalığı göz sağlığı için risk oluşturmaya başlayacaktır. Bu sebeple bu tür renk sıcaklığına sahip ortamlarda çok uzun süre kalmaktan kaçınılmalıdır. Soğuk beyaz ışık mücevher, deri ve ayakkabı mağazalarında, gümüş objelerin sergilenmesinde, spor salonlarında ve garajlarda kullanılabilmektedir [38,39].

Televizyon çekimlerinde kullanılan kameralardaki film emülsiyonlarının renk dengesi iki tür ışık kaynağının renk sıcaklığına uyacak şekilde uygulanmaktadır. Birincisi gün ışığı

denilen 5500 K ve üzeri renk sıcaklığı. İkincisi de tungsten aydınlatma, 3200 K veya 3400 K değerlerindeki renk sıcaklıkları. Renk standartlarının iyi olabilmesi için bu kaynakların verdiği renk sıcaklığı değerlerinde aşağı veya yukarı en fazla 100 K değerinde bir sapma olması gerekmektedir. 100 K değerinin üzerindeki sapmalarda renk düzeltici filtreler ihtiyacı olacaktır. Renk filtreleri kullanımı ışık gücünde azalmaya neden olmaktadır. Bu nedenle renk sıcaklığı sapmalarının en alt seviye de olması ideal görüntü için gereklidir. Ortamdaki ışık kaynağına göre, kamera üzerindeki ayarlardan ya da kablolar vasıtasıyla uzaktaki kamera kontrol ünitesine bağlanarak kameranın renk sıcaklığı değerleri ayarlanabilir [10].

Beyaz ayarı sayesinde ortamdaki renk sıcaklığı ile kameranın renk değerleri senkronize edilir ve ideal görüntü elde edilmiş olur.

Çekimi yapılacak sahnenin tamamı tek bir ışık kaynağı ile yani tek bir renk sıcaklığı ile aydınlatılmış ise kamera üzerinden veya kamera kontrol ünitesinden beyaz ayarını yapmak kolay olacaktır. Fakat birçok farklı ışık kaynağının kullanıldığı yani farklı renk sıcaklıklarının olduğu bir ortamda bu ayarları yapmak çok da kolay olmayacaktır. Bu sorunu çözmek ve daha iyi sonuçlar alabilmek için “Mired” adı verilen bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem basit bir ters orantılı matematik temeline dayanır. Mired kelimesi “Micro Reciprocal Degrees” (Mikro Ters Orantılı Dereceler) kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur. Bu sistemi uygulamada 1 milyon sayısı referans alınmıştır. Mired değeri 1 000 000’unu Kelvin değerine bölerek elde edilir. Örneğin $4000\text{ K} = 1\text{ milyon} \div 4000 = 250\text{ mired}$ [40]. Çizelge 2.4’te Kelvin değerlerinin Mired değerlerine dönüşümü verilmiştir.

Çizelge 2.4 incelendiğinde örneğin 2000 K’den 3000 K’e kadar olan 1000 K lik artışı inceleyecek olursak Mired değişkeni 500 değerinden 333 değerine (ters orantılı olduğu için azalır) düşmektedir.

Aynı şekilde 4000 K’den 5000 K’e olan değişimi incelersek, aradaki Kelvin değişimi (1000 K) aynı olduğu halde Mired değerindeki değişim 250 değerinden 200 değerine düşerek 50 mired değeri kadar fark oluşmuştur. Bu değerler renk sıcaklığı değişimindeki gerçek orantısal değişikliği göstermektedir. Ters orantı olduğu için Kelvin değeri arttıkça Mired değeri azalmaktadır.

Çizelge 2.4. 2000-9000 Kelvin arasındaki renk sıcaklıkları için mired değerleri [10].

K	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
2000	500	476	455	435	417	400	385	370	357	345
3000	333	323	312	303	294	286	278	270	263	256
4000	250	244	238	233	227	222	217	213	208	204
5000	200	196	192	189	185	182	179	175	172	169
6000	167	164	161	159	156	154	152	149	147	145
7000	143	140	139	137	135	133	132	130	128	126
8000	125	123	122	120	119	118	116	115	114	112
9000	111	110	109	108	106	105	104	103	102	101

2.3. Işık Kaynakları

Günlük yaşantımızda etrafımızdaki nesneleri daha iyi görebilmek ve çeşitli ihtiyaçlarımızı giderebilmek için aydınlatmadan sıklıkla faydalanırız. Bu ihtiyaçlarımızı çok farklı ışık kaynakları ile gideririz. Çalışma masamızda kullandığımız masa lambasından stüdyolarda kullanılan spot ışık kaynaklarına, gün ışığından ay ışığına bütün bu ışık kaynaklarının kendilerine has özellikleri bulunmaktadır. İhtiyacımız olan aydınlatma, belirli ışık kaynaklarından çıkan ışık ışınları sayesinde gerçekleşmektedir.

Çok farklı ışık kaynakları olmakla birlikte ışık kaynakları genel olarak; Işığın üretim yöntemine, geometrik şekillerine, ışığın rengine ve ışığın kökenine göre tasnif edilmiştir. Çizelge 2.5'te ışık kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmiştir [38].

Çizelge 2.5. Işık kaynaklarının sınıflandırılması [8].

Işık üretim yöntemine göre	Geometrik biçimlerine göre	Işığın rengine göre	Işığın kökenine göre
Birincil ışık kaynakları	Noktasal ışık kaynakları	Sıcak Beyaz	Doğal ışık kaynakları
İkincil ışık kaynakları	Çizgisel ışık kaynakları	Soğuk Beyaz	Yapay ışık kaynakları
	Yüzey ışık kaynakları	Gün ışığı Beyaz	

2.3.1. Işığın üretim şekline göre ışık kaynakları

Işığın üretim şekline göre ışık kaynakları birincil ve ikincil ışık kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır. Güneş, mum ve her türlü lamba direk olarak ışık yaydıkları için birincil ışık kaynağı olarak nitelendirilirler. Birincil ışık kaynaklarından gelen ışık ışınlarını yansıtarak veya geçirerek yayan ışık kaynaklarına da ikincil ışık kaynağı denilmektedir. İkincil ışık kaynaklarına örnek olarak ay, pencere ve parlak cisim yüzeyler (reflektör gibi) verilebilir [38].

2.3.2. Geometrik biçimlerine göre ışık kaynakları

Geometrik biçimlerine göre ışık kaynakları üçe ayrılmaktadır. Bunlar noktasal, çizgisel ve yüzeysel ışık kaynaklarıdır. Aydınlatacağı yüzeye olan uzaklığının kendi çapının en düşük üç katı olduğu ışık kaynaklarına noktasal ışık kaynağı denir. Akkor telli bir lambanın büyük bir ortamın merkezine koyularak yapılan aydınlatma noktasal ışık kaynağına örnek verilebilir. Floresan lambaların örnek olarak gösterilebileceği, enleri boylarına göre daha kısa olan ışık kaynaklarına çizgisel ışık kaynakları denir. Işık kaynağının bir düzlem şeklinde olduğu ışık kaynaklarına da yüzeysel ışık kaynağı denilmektedir [8].

2.3.3. Işığın rengine göre ışık kaynakları

Işığın rengine göre ışık kaynakları sıcak beyaz, soğuk beyaz ve gün ışığı beyaz olarak üçe ayrılır. Bu konu renk sıcaklığı başlığında ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.3.4. Işığın kökenine göre ışık kaynakları

Işık kaynakları içinde temel sınıflandırma ışığın kökenine dayanan ışık kaynaklarıdır. Işığın kökenine göre ışık kaynakları; Doğal ışık kaynakları ve yapay ışık kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır.

Doğal ışık

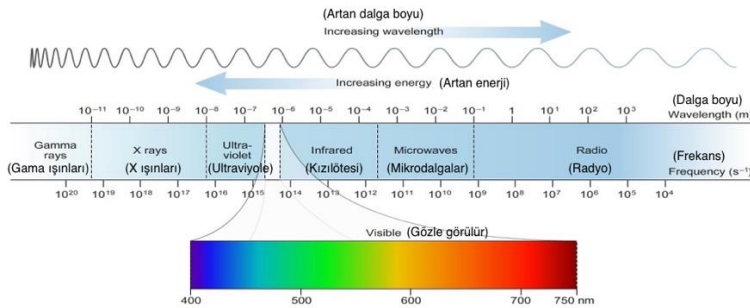
İnsanlar tarafından üretilmemiş kendiliğinden ışık üreten kaynaklara doğal ışık kaynakları denilmektedir. Doğal ışık kaynaklarının başında güneş ışığı gelir. Güneş ışığı dünyamız

için en önemli ve en etkili doğal ışık kaynağıdır. Güneşli bir havada gün ışığının sağladığı aydınlatma, güneşten çıkan ışık ışınları ile gökyüzünün yansıttığı ışık ışınlarının toplamı ile ortaya çıkmaktadır. Güneşten direkt olarak gelen veya gökyüzünden, aydan ya da dünya üzerinden yansıyan ışık doğal ışık kaynağı olarak kabul edilir [3].

Güneş ışığı haricinde ay, yıldızlar, şimşek, yıldırım, ateş böceği, fener balığı da doğal ışık kaynakları arasında gösterilmektedir.

Güneşin özellikleri

Güneş, dünyamız için en büyük doğal ışık kaynağıdır. Güneş ışığı farklı dalga boylarındaki ışık ışınlarının bir araya gelmesiyle oluşur ve bu beyaz renk olarak adlandırılır. Güneş ışığı ışık ile alakalı tüm değerlerin ölçümünde referans alınan temel ışık kaynağıdır. Güneş içinde oluşan atom parçalanmaları enerjiye dönüşür ve bu enerjinin bir kısmı ışık ışınları olarak yayılır. Bu ışık ışınları özellikle ultraviyole A (320-400 nm) ve B (290-320 nm) dalga boylarında dünya üzerine yayılmaktadır. Güneş ışınlarından gelen elektromanyetik radyasyon çeşitli dalga boyu uzunluklarındadır. Bu elektromanyetik radyasyonun %50'si uzun dalga boylarına sahip, %10'u da kısa dalga boyuna sahiptir. Bunlardan bir kısmı atmosferden geçerken gaz molekülleri tarafından yansıtılarak dünya üzerine yayılmaktadır. Bir kısmı da atmosferin üst kısmına çarparak burada emilir [13]. Güneş ışığını bir prizmadan geçirdiğimizde ışık kırılır ve altı farklı renge ayrılır. Her biri farklı dalga boylarında olan bu ışıklar renklerin oluşmasını sağlar. Bu farklı renkteki ışıklar tekrar bir prizmadan geçirilerek birleştirilirse güneş ışığını yani beyaz renkteki ışığı meydana getirir. Güneş ışığının (beyaz ışık) kendisini oluşturan farklı dalga boylarındaki renklere ayrılmasına renk tayfı denilmektedir [6].



Şekil 2.21. Renk tayfı [13].

Şekil 2.21'deki renk tayfi incelendiğinde görülebilir renkler en düşük dalga boyuna (400 nm) sahip olan mor ile başlayıp sırasıyla lacivert, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve dalga boyu en yüksek olan (700 nm) kırmızı ile bitmektedir. Güneş ışığı çok farklı dalga boylarındaki ışık ışınlarını içinde barındırmaktadır. Görülebilir ışıklar içerisinde en düşük dalga boyuna sahip olan mor ışığın dalga boyu 400 nm'dir. 400 nm'den daha küçük değerlerdeki dalga boyuna sahip ışık ışınlarına ultraviole (UV) denilmektedir. Görülebilir ışık aralığında en büyük dalga boyuna sahip kırmızı renk ise 700 nm değerindedir. 700 nm'den büyük dalga boyuna sahip ışık ışınlarına infrared (IR), kızılötesi denilmektedir [6].

Ayın özellikleri

Doğal ışık kaynağı olarak kabul edilen ay ışığı, kendi ışık üretmemektedir fakat güneşten gelen ışık ışınlarını tıpkı bir reflektör gibi yansıtarak ışıma yapmaktadır. Ay ışığı şiddet olarak çok düşük bir ışığa sahiptir fakat renk sıcaklığı yüksek bir doğal ışık kaynağıdır. Gece çekimlerinde ay ışığı efekti düşünülerek ışık yapmak izleyiciye zaman kavramının gece olduğunu anlatmakta etkilidir. Ay ışığının da tıpkı güneş gibi gölgesi vardır [3].

Yıldızların özellikleri

Yıldızlar, yoğun ve ışık saçan birer plazma küresi olarak nitelendirilmektedir. Birçok yıldızın bir araya gelmesiyle oluşan gökadalara, evrenin hâkimi olarak görünürler. Gün ışığı da dahil dünya üzerindeki enerjinin birçoğunun kaynağı, dünyamıza en yakın yıldız olan güneştir. Diğer yıldızlar, güneşin ışığı etkisinde kalmadıkları zaman yani gece olduğunda gökyüzünde belirirler. Yıldızların parlak olmalarının sebebi, çekirdeklerinde meydana gelen çekirdek kaynaşması (füzyon) tepkimelerinde ortaya çıkan enerjinin yıldızın içinden geçtikten sonra dış uzaya ışıma (radyasyon) yolu ile yayılmasıdır. Yaşamın ve elementlerin var olmasının sebebi yıldızların var olmasından kaynaklanmaktadır [6].

Yapay ışık kaynakları

Canlıların yaşantılarını devam ettirebilmeleri için ışığın hayatımızda her daim bulunması gerekmektedir. Bu sebeple doğal ışık kaynaklarının bulunmadığı ya da etkisiz kaldığı ortamlarda ışıksız kalmamak adına, doğada kendiliğinden bulunmayan insanlar tarafından üretilen ışık kaynaklarına, yapay ışık kaynakları denilmektedir.

İnsanların ihtiyaçlara binaen yapmış oldukları araştırmalar sonuç verdi ve ilk yapay ışık insanlık tarihi için çok önemli bir icat olan ateşten elde edildi. Fakat ateşin bazı sakıncaları vardı ateş tehlikeli ve taşınması zor bir ışık kaynağıydı. İlk taşınabilir ışık kaynakları, günümüzden 20000 yıl kadar önce insanların, yağların yakılmasıyla ışık elde edilebileceğinin farkına varmasıyla gerçekleşmiş oldu. İçi oyulmuş taşların içine hayvan yağı doldurulmasıyla yapılan kandiller taşınabilir ilk yapay ışık kaynaklarıdır [13].

Bu bölümde yapay ışık kaynaklarından genel olarak bahsedilecek olup, yapay ışık kaynaklarının tarihsel gelişiminden bir sonraki bölümde bahsedilecektir.

Mum

İlk yapay ışık kaynaklarından biri olan mumlar, yaklaşık olarak 2000 yıl önce kullanılmaya başlanmıştır. Çevresi balmumu ya da don yağıyla sarılı bir fitilden oluşan mum; fitilin yakılmasıyla etrafındaki balmumu ya da don yağının erimesini sağlar. Böylece mum yavaş yavaş ve sürekli yanarak ortama ısı ve ışık yayar. Bu bakımdan mum yağ lambalarına göre daha kullanışlıdır [6].

Mum ışığı, ışık şiddetinin değerini bulmada referans olarak kullanılır. Bir mumun 1 metre mesafedeki bir noktaya etkisine 1 lümen şiddetinde ışık denilmektedir. Bir mumun 1 metre mesafedeki 1 m² yüzeye etkisi ise 1 lüks değerindedir. Mum ışığının değerleri referans olarak kullanmakla birlikte, bir çekimde sadece mum ışığının kullanılması yeterli olmayacaktır. Kameranın uzaklığının çok yakın olduğu durumlar haricinde mum ışığının diyaframa çok fazla etkisi olmayacaktır. Mum ışığının renk sıcaklığı yaklaşık olarak 2300° K olduğu için sıcak bir renge sahiptir [13].

Gaz lambaları

Bir başka yapay ışık kaynağı da gaz lambalarıdır. Gaz lambası, gemici feneri ve içerisinde mum olan fenerler mum ışığına göre biraz daha fazla ışık vermektedir. Özellikle genel planlarda güzel bir efekt almak için bir kişinin tek başına karanlıkta yürürken elindeki gaz lambasının hareketi kullanılır. Karanlık bir odada bir kibritin ateşlenip yakılmasıyla fener içindeki mum fitili önce büyük bir ışık verir sonra bu ışık yavaşça standart bir duruma gelir [6].

Tungsten lambalar

Akkor telli ya da filamanlı ampul de denilen bu tür yapay ışık kaynakları, genellikle sarmal bir tel şeklindedir gaz (argon veya nitrojen) dolu bir cam içerisinde. Tungsten filamanın üzerinden elektrik akımı geçtiğinde ısınır ve ısının etkisiyle akkor hale gelir. Tungsten filamana verilen elektrikteki voltaj yükseldikçe verdiği ışık şiddeti ve ışığın renk sıcaklığı da yükselir. Filamanın kullanımı için belirlenen voltaj aşıldığında filaman erimeye (yaklaşık 3400° C) başlar veya ampul patlar [10].

Floresan lambalar

Günlük yaşamımızda en çok kullanılan yapay ışık kaynaklarından biri de floresan lambalardır. Floresan lambalar içi fosfor kaplı cam tüp, bazı soy gazlar ve cıvadan oluşmaktadır. Floresan lambalarda ışığın meydana gelmesi, lamba içindeki elektrotların ark oluşturmasıyla buharlaşan cıvanın ultraviyole ışığı oluşturması ve oluşan bu ışığın cam yüzeyinde bulunan fosforla reaksiyona girmesiyle meydana gelir.

Floresan lambaların renk sıcaklığı yelpazesi geniştir bu nedenle çok farklı koşullarda kullanıma uygundur. Bu lambaların çalışabilmesi için bir akım düzenleyici ve bir başlatma donanımına gereksinim duymaktadır [41].

Led lambalar

Geleneksel ışık kaynaklarından farklı olarak çalışan LED ışıklar İngilizcesi “Light Emitting Diode” kelimelerinin kısaltılması ile oluşan, ışık yayan diyotlar anlamına gelmektedir. LED’ler tek yönlü akım geçiren katı kristal bir yapıya sahip olarak imal edilmektedir.

LED ışık kaynaklarının kristal yapısı N tipi silikon malzeme ve P tipi silikon malzemenin bir araya getirilip bir fonksiyon oluşturması olayıdır. N tipi (katot) malzemeye kaynağın negatif (-) ucu, P tipi (anot) malzemeye kaynağın pozitif (+) ucu bağlanıp akım verildiğinde elektrik akımı P’den N’ye doğru akar. Elektronlar ise N’den P’ye doğru geçerken boşlukla birleşip foton yayılımını gerçekleştirir. LED’lerin çalışma sistemi bu şekildedir [27].

2.4. Aydınlatma Teknolojisi

2.4.1. Aydınlatma kavramı

Aydınlatma kısaca, “nesnelerin ve çevrenin gereği gibi görülebilmesini sağlamak amacı ile ışık uygulamak’tır” [42]. Aydınlatma kavramı, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından “nesnelere, bunların çevrelerine, ya da bir bölgeye, bir kent bölgesine, gereği gibi görülebilmeleri için ışık uygulaması” olarak tanımlanır. Tanımdan da anlaşılacağı üzere aydınlatma, görme olayının gerçekleşebilmesi için ihtiyaç duyulan ışık, göz ve nesneyi kapsamaktadır. Temel olarak aydınlatmanın amacı, insanların içinde bulundukları ortamı ve bulundukları ortamdaki nesneleri iyi görme koşullarını oluşturarak bu nesneleri en iyi şekilde algılanmasını sağlamak olarak tanımlanır [8].

Aydınlatma, ışığın ve ışığın etkisi sonucu oluşan gölgenin manipüle edilmesi ve belirli bir iletişim aracı için kullanılması, kontrol edilmesidir [43]. Aydınlatma, nesneler üzerine görsel algılamaya en elverişli şekilde ışık uygulamak olarak tanımlanırken, aydınlatma tekniğini ise, insan gözünün görme özelliklerini, projektörlerin ve aydınlatma cihazlarının çeşitli özelliklerini, yüzeylerin ışık yansıtma ve geçirme özelliklerini, mimari ve estetik kavramları, çeşitli ölçme tekniklerini karmaşık hesapları içeren çok geniş bir alana yayılmış bilimsel veri ve bilgiye dayanan bir bilim, sanat dalı ve uzmanlık olarak tanımlamak mümkündür [42].

Aydınlatma, sadece rastgele aydınlatma yaparak etrafımızdaki nesnelere çarpmadan hareket imkânı sağlayan bir teknik değildir. Etrafımızın ve nesnelerin en iyi şekilde görülebilmesi için gerekli olan aydınlatma seviyesinin ayarlanmasıdır. İyi bir aydınlatma için; nereyi aydınlatacağımızın, amacın iyi tespit edilmesi, bu amaca ve aydınlatma tekniğine uygun olarak belirlenmesi, yüksek verimli ışık kaynaklarının kullanılması, güneş ışığından en üst seviyede yararlanabilmek için uygun ortamların seçilmesi, ortamın ve dekorun renklerinin uygun seçilmesi, aydınlatmanın ihtiyaçlar doğrultusunda seçilmesi gerekmektedir [44].

Aydınlatma, günlük yaşantımızda çok farklı alanlarda zaruri olan bir uygulamadır. Aydınlatmanın gerekli olduğu ortamlardaki nesneler, farklı özelliklere sahip olabilmektedir. Parlak ya da mat yüzeye sahip, renkleri, dokuları ya da biçimleri

bakımından küçük ya da büyük, hareketli veya hareketsiz, pastel renklere ya da donuk renklere sahip olabilirler. Bütün bu etkenler, bu nesnelerin en iyi şekilde görünmesi için oluşturulacak aydınlatmanın nicel ve nitel özelliklerini büyük oranda etkilemektedir. Bütün bu değişkenleri göz önünde bulundurarak aydınlatmanın nasıl yapılması gerektiğini belirleyen aydınlatma tekniğidir [45].

Aydınlatmanın nesnelerin en iyi şekilde görünmesinin haricinde daha birçok etkisi bulunmaktadır. Aydınlatma, boşluğa ait hissetmeye ve zamana yönelik uyumu sağlar. Aydınlatma sayesinde nesnelerin bulundukları ortamdaki yerleri, şekilleri, uzaklık, yakınlık ve ne tür bir şeye benzedikleri ortaya çıkar. Hissiyata yönelik aydınlatmada şahısların fiziksel özellikleri, jest ve mimiklerine aydınlatma yoluyla vurgulanarak duygular eklenebilir. Aydınlatma yolu ile zamana uyum sağlamada gündüz ya da gece olduğunun, yaz ya da kış gibi mevsimlerin olduğunun anlaşılması sağlanabilir. Aydınlatmanın insanın duygusal özellikleri üzerinde de etkisi bulunmaktadır. İnsanı mutlu edebileceği gibi çok farklı bir aydınlatma kullanılarak insanda korku hissi de uyandırabilir. Bütün bu etkilerin sağlanabilmesi aydınlatmanın doğru kullanılması ile sağlanabilmektedir. Bu sebeple hangi aydınlatmanın hangi duygusal durum ya da mekânda kullanılacağını saptamak bu etkileri doğru oluşturabilmek adına çok önemlidir [1].

Aydınlatmanın niceliği

Aydınlatmanın niceliği, diğer bir deyişle aydınlatma düzeyi tek boyutlu bir kavramdır. Aydınlatma düzeyi alçaktan yükseğe (karanlıktan aydınlığa) doğru tek bir değişim eğilimi içindedir. Görme organımız olan göz, bu değişime beynin de katkısıyla büyük oranda uyum sağlar. Yani göz, karanlığa ve aydınlığa çabuk adapte olabilir. Bu duruma gözün aydınlık düzeyine uyum sağlaması denilmektedir. Örnek verecek olursak göz, binlerce lüks değerine sahip güneş ışığında da görme gerçekleştirebilir, çok az ışık veren ay ışığında da görme gerçekleştirebilir. Göz çok düşük lüks değerlerinden binlerce lüks değerlerine kadar uyum sağlayabilir [45].

Aydınlatma düzeyi ilgili gereksinimler insandan insana, günün saatine, yorgunluk durumuna ve gençten yaşlıya değişiklik göstermektedir. Bu sebeple aydınlatma düzeyi hesapları ortalama olarak hesaplanır. Birçok çizelgede değerler alt ve üst sınır şeklinde ve ortalama 40 yaş için verilmektedir [45].

Aydınlatmanın niteliği

Bir ışık kaynağından çıkıp, belirli bir alana düşen ışık ışınlarının, ışık akısı aynı kalmak şartıyla, değişen diğer bütün özellikleri ışığın niteliği ile ilgilidir. Işık bir alana çeşitli doğrultularla gelebilmektedir. Bazen bu doğrultular birbirleriyle karışabilmektedir. Bu özelliğine ışığın doğrultusal yapısı denilmektedir. Işığın doğrultusal yapısına ve nesnelerin doku ya da şekillerine göre ışık üzerine düştüğü nesnelerde gölgeler oluşturur. Gölgeler boyutluluk kazanmada, görsel algılamının iyi olmasında, estetik değerlerin belirlenmesinde, vurgulanmasında, geliştirilmesinde ve gizlenmesinde büyük bir öneme sahiptir. Belirli bir alana düşen ışığın akısı değişmediği halde düşen ışığın bu alandaki dağılımı farklılık gösterebilir. Yani ortalama aydınlık düzeyi değişmeksizin, bu aydınlık düzeyi alan içinde düzgün yayılmış, düzgün yayılmamış ya da bölge vurgulamalı olarak görülebilir. Aydınlatma dağılımı fiziksel gereklilikler ve kullanılma şekillerine göre belirlenmelidir. Işık akısının değişmesi bu dağılımı etkilemez. Bu açıdan aydınlatma düzeyindeki bu değişimler de aydınlatmanın niteliği konusuna girmektedir [45].

Aydınlatmanın önemi

Günlük hayatımızda birçok alanda olmazsa olmazlardan olan aydınlatma, yaşantımızı sağlıklı bir şekilde idame ettirebilmemiz adına oldukça büyük bir öneme sahiptir. Aydınlatma sadece insanlar için değil hayvanlar ve bitkiler için de son derece büyük bir öneme sahiptir.

Yaşam standartlarının artması sadece kişi başına düşen milli gelirin artmasıyla kıyaslanamaz. Aydınlatma teknolojilerinin gelişimi de yaşam standartlarının artmasında etkilidir. Enerji tüketiminin artmasıyla sanayileşmenin arttığı dolayısıyla aydınlatma teknolojilerinin gelişme gösterdiği, bu da yaşam standardının arttığı anlamına gelmektedir. Aydınlatma sadece nesneleri ışıklandırmak değil, bir ülkenin statüsünü de artıran, geliştiren bir uzmanlık alanıdır [46].

Aydınlatmanın Yararları

Günlük yaşantımızda olağan ve olağandışı durumlarda oluşabilecek farklı sorunları çözmek ve kişisel olarak bireylerin isteklerine cevap verebilmek adına etkili bir aydınlatma

zorunlu hale gelmiştir. İyi bir aydınlatma ile aşağıdaki yararlar sağlanmış olur.

Gözün görme yeteneği artar

İyi bir aydınlatma ile gözümüzün görme yeteneği artar. Gözün ışığa olan kontrast duyarlılığı, şekil duyarlılığı ve görme işlemi daha sağlıklı ve hızlı bir şekilde gerçekleşmiş olur [47].

Göz sağlığının korunması

Gözün yapısı, özellikleri, görme işleminin işleyişi, fizyolojik ve optik esaslar düşünülerek yapılan iyi bir aydınlatma göz sağlığının korunmasında çok büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca psikolojik açıdan da olumlu yararları vardır. İyi aydınlatmanın yapılmadığı bir ortamda göz bir süre sonra yorulacak ve rahatsız olmaya başlayacaktır bu da göz sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir [45].

Yaşam konforunu artırır

İyi aydınlatmanın olmadığı bir ortamda yaşam konforundan bahsetmek mümkün değildir. İyi aydınlatmanın olmadığı bir mekânda birey karamsarlığa düşüp psikolojisi bozulabilir. Örneğin evimizde yapılan iyi bir aydınlatma günlük işlerimizin rahat ve kolay geçmesini sağlayacaktır. Bir işyerinde uygulanan iyi bir aydınlatma ile hem çalışanların çalışma konforu artmış hem de tüketici için ürünlerin iyi bir şekilde teşhir edilmesi sağlanmış olur. Kaliteli bir aydınlatma ile iyi görsellikten ötürü ürünlere olan talepte artacaktır. Bu sebeplerden ötürü iyi bir aydınlatma fizyolojik ve psikolojik olarak yaşam konforunu artıracaktır [48].

İş veriminin artması

Yapılan iyi bir aydınlatma ile görme koşullarının artırılması dolayısıyla gözün gereksiz yere yorulması giderilir, görme hızı ve görüş netliği artar böylelikle yapılan iş de daha hızlı bir şekilde yapılmış olur. İş konusundaki hatalar azalır ve iş verimi yükselmiş olur. Yapılan araştırmalarda endüstriyel tesislerde aydınlatma seviyesinin 200 lüks'ten 300 lüks'e

çıkartılması ile iş veriminde %1,6, 500 lüks'e çıkartılması ile de %3,1 oranında bir artışın olduğu gözlemlenmiştir [34].

Ekonomik potansiyel artar

İyi bir aydınlatma ile endüstride, eğitim ve öğretim de gündüz koşulları gece de sağlanarak ülke kalkınmasına katkı sağlanır. Gece yapılan iyi bir aydınlatma ile işyerlerinde vardiya sistemi kurulur. Okullar içinde farklı saatler kullanılarak ekonomiye katkı sağlanır. [45].

Kazaların azalması

İyi bir aydınlatma ile endüstri kuruluşlarında, fabrikalarda, sanayi tesislerinde ve yoğun trafiğin olduğu yollarda olası kazaların önüne geçilebilir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonunun (CIE) konu ile ilgili yaptığı araştırmalarda iyi bir yol aydınlatmasının trafik kazalarını azalttığı aşikardır. Aydınlatma tekniği yol koşullarına uygun olarak yapıldığında ölümlerle sonuçlanan kazalarda %50, yüksek seviyede hasar meydana gelen kazalarda %67 ve hafif kazalarda da %84 oranında azalmanın olduğu gözlemlenmiştir. Fabrikalarda yapılan yanlış bir aydınlatma sonucu işçilerin tehlikeli olan aletleri göremeyerek çalışıp çalışmadığını anlamamaları sonucu ciddi yaralanmalar oluşabilir. Bu nedenle fabrikalarda veya sanayi tesislerinde ortam şartlarına en uygun aydınlatmanın yapılması kazaların önlenmesinde önemli rol oynayacaktır [28].

Güvenliğin sağlanması

İyi bir aydınlatmanın en önemli yararlarından biri de güvenliğini sağlamaya katkıda bulunmasıdır. Hırsızlık, gasp gibi meşru olmayan davranışlar genellikle iyi aydınlatmanın olmadığı karanlık ortamlarda gerçekleştirilir. Şehir içinde veya şehir dışındaki yollarda uygulanan iyi bir aydınlatma bu tarz naohş olaylara engel olmakta faydalı olacaktır. İyi bir aydınlatma suç işleyen kişilerde caydırıcı bir etki oluşturmaktadır.

Estetiğe ve konfor ihtiyaçlarına cevap verilmesi

İyi bir aydınlatma ile ortamda bulunan nesnelerin daha estetik görünmesi, yaşam standartlarını artırması ve konfor ihtiyaçlarını giderip daha lüks bir yaşam tarzı

sağlamaktadır. Bu da insanların psikolojik bir rahatlama ve huzura kavuşmasına olanak sağlamaktadır.

2.4.2. Aydınlatmanın amacı ve türleri

Birçok gereksinime cevap verebilen iyi bir aydınlatma, herhangi bir tesis kurulurken gereksinimlerden en önemli olanına cevap verecek şekilde yapılmalıdır. En önemli gereksinime cevap veren iyi aydınlatmada, bunu yaparken diğer gereksinimler göz ardı edilmemelidir. Aydınlatmadaki esas gaye hangi ortamda olursa olsun iyi görme koşullarını en iyi seviyede sağlamaktır. Günlük yaşantımızın hemen hemen her alanında, işyerlerinde, okullarda, hastanelerde, trafikte, güvenlik gibi tüm alanlarda iyi görme koşullarının sağlanması için aydınlatma yapılmaktadır [45].

Amacı bakımından aydınlatma türleri

Amacı bakımından aydınlatma türleri üçe ayrılır.

Fizyolojik aydınlatma

Bu tür aydınlatmada temel amaç cisimleri şekil, renk ve detayları ile rahat ve hızlı bir şekilde görebilmektir. Bu koşullara uygun olarak yapılan aydınlatma türüne fizyolojik aydınlatma denilmektedir. Gözün görme yetisini olumsuz etkileyecek aydınlatmadan kaçınılmalıdır [49].

Dekoratif aydınlatma

Bu tür aydınlatmada amaç nesnelerin bütün ayrıntıları ile görünmesi değil, daha çok estetik açıdan aydınlatma yapmaktır. Bu aydınlatma ile nesnelere çeşitli boyutlar katılarak veya gölge oyunları ile estetik açıdan görüntüler ortaya çıkarabilmek amaçlanmıştır.

Dikkat çeken aydınlatma

Bu aydınlatma türünde amaç belirli bir ürüne dikkat çekmektir yani o ürünün reklamını yapmaktır. Bu tür bir aydınlatma uygulamak için çok farklı şekillerde aydınlatmalar

kullanmak gerekebilir. Parlak, renkli ve değişken ışıklar kullanılarak yapılan bu aydınlatma ile istenilen ürüne dikkat çekilerek, insanlar üzerinde etki bırakması sağlanır.

Işığın kökenine göre aydınlatma

Doğal aydınlatma

Doğal aydınlatma, doğal ışık kaynaklarından gelen ışık ışınlarının en uygun şekilde yüzeye uygulanması ile yapılır. Binaların yerleştirilmesinde, projelerin çizilmesinde doğal aydınlatma en önemli faktörlerdendir.

Yapay aydınlatma

Doğal ışık kaynaklarının yetersiz kaldığı durumlarda insanlar tarafından üretilen genellikle elektrik ile çalışan yapay ışık kaynakları ile yapılan aydınlatmaya yapay aydınlatma denilmektedir. Çok farklı türde yapay ışık kaynakları bulunmaktadır. Bu konu aydınlatmanın tarihsel gelişimi bölümünde ayrıntılı olarak incelenecektir.

Aydınlatılacak yere göre aydınlatma

İç aydınlatma

İç aydınlatma kapalı mekanlar için yapılan aydınlatmadır. Bu aydınlatmada tavan ve yan duvarlara ışık yansıtılarak ortama ışık gönderilir ve homojen bir şekilde aydınlatma sağlanmaya çalışılır. Duvar ve tavanın renklerinin açık renkte olması aydınlatmanın daha yüksek ve homojen olması açısından önemlidir. Evlerimizde, okul, hastane, işyerleri, sinema, tiyatro, televizyon stüdyoları aydınlatması iç aydınlatmanın konusudur [49].

Dış aydınlatma

Dış aydınlatma dışarıdaki açık alanların aydınlatılmasıdır. Bu tarz aydınlatmada aydınlatılacak yüzeyler genel olarak ışık kaynaklarından gelen direk ışık ışınları tarafından aydınlatılır. Günlük yaşantımızda kullandığımız cadde, sokak, yol, meydanlar, açık konser salonları, spor alanları gibi yerler dış aydınlatmanın yapıldığı yerlerdir.

Genel aydınlatma teknikleri

Bir ortamda aydınlatma tasarlanırken ortam şartlarına göre farklı aydınlatma araçları kullanılabilir. Farklı tip ve özelliklere sahip bu aydınlatma araçları, ışığın yayılma şekillerine göre farklı oranlarda verimlilik ve aydınlatma düzeyi sağlarlar. Genel aydınlatma, ışık kaynağından çıkan ışık ışınlarının ortamda hangi oranda yansıdığı veya doğrudan geldiğine göre beş farklı şekilde uygulanır. Bu oranlar çizelge 2.6'da gösterilmiştir [50].

Çizelge 2.6. Farklı aydınlatma biçimlerinin ışık yayılma oranları [45].

Aydınlatma Biçimi	Dağılım Oranları %	
	Doğrudan	Dolaylı
Dolaysız Aydınlatma	0-10	90-100
Yarı Dolaysız Aydınlatma	40-10	60-90
Yayınık Aydınlatma	40-60	60-40
Yarı Dolaylı Aydınlatma	60-90	40-10
Dolaylı Aydınlatma	90-100	0-10

2.4.3 Aydınlatmanın televizyon çekimlerindeki rolü

Aydınlatma teknolojileri televizyon, sinema, tiyatro gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Fakat burada sadece konumuz ile alakalı olan televizyon için aydınlatmadan bahsedilecektir.

Televizyon çekimlerinde iyi görüntü elde etmenin en önemli unsurlarından biri iyi bir aydınlatma yapmaktır. İyi aydınlatmayı başarabilmek ise zamana, sabra ve özen göstermeye bağlıdır. Bir program çekiminde iyi bir görüntü elde etmek için aydınlatmayı yapan ışık tasarımcısının, programın başından itibaren bütün detaylara hâkim olması gerekmektedir.

Televizyon ve stüdyo aydınlatmasında diğer görsel sanat eserleriyle kıyaslandığında estetik açıdan çok fark olamamakla birlikte teknik açıdan ciddi farklılıklar görülmektedir. Televizyon çekimlerinde aydınlatma tekniği uygulanırken dikkat edilmesi gereken en

önemli konu kameraların düzgün ve doygun resim yapabilmeleri için gerekli olan ışık miktarının belirlenmiş olmasıdır. Kullanılacak olan aydınlatma araçlarının niteliği, kamera gereksinimlerine ve ortam şartlarına bağlıdır [51].

Televizyonun temel çalışma prensibi görüntünün parlak değerleri ve bunların nokta satırlar halinde taranarak uzaktaki bir alıcıya gönderme, ışık şiddeti değişimleri şeklinde ekran üzerinde yinelenmesi prensibine dayanmaktadır. Televizyon, nesnelerin ve insanların aydınlatılması ile değil, ışık renk modellerinin elektron ışını enerjisi sayesinde mütemadiyen değişmesi şeklinde çalışır [1,52].

Televizyon çekimlerinde görüntünün oluşmasını sağlayan cihaz kameradır. Kameranin çalışabilmesi veya diğer cihazlardan gelen sinyalin, televizyon alıcılarında normal olarak görülebilmesi için belirli standartları sağlaması gerekmektedir. Bu standartlar uluslararası olup, televizyon alıcısının kameradan gelen sinyali okuyabilmesi ve ışık enerjisine çevirebilmesini sağlayan değerlerdir. Televizyon ışığından kasıt kameranin çalışabilmesi ve görüntü oluşturabilmesi için gerekli olan seviyede aydınlatma uygulamasıdır. PAL sistemi için analog kameraların kayda yansıyan görüntüsü 1 voltur. Dijital kameralarda ise bu standart 1,2 volt olarak uygulanmaktadır. Televizyon için aydınlatma yaparken bu 1 volt standardı için gerekli olan ışığı sağlamak teknik açıdan çok önemlidir. Analog kameraların kontrastlık oranı filmlerinkine göre çok düşüktür. Bu sebeple televizyonda kontrastlık oranı düşüktür ve kontrastlık ışık ile sağlanmaktadır. Bu sebeple televizyon aydınlatması filme göre daha zordur. Teknolojinin gelişmesiyle yeni çıkan dijital kameralardaki kontrastlık oranı da artmıştır fakat yine de filmler kadar olamamıştır. Dijital kameralarda da kontrastlık oranı ışık ile sağlanmaktadır. Televizyonda ana renkler mavi, kırmızı ve yeşildir. Ara renkler bu üç ana rengin karıştırılmasıyla oluşur fakat bazı ara renkleri oluşturmak mümkün olmamaktadır. Beyaz ve siyah renk olarak değerlendirilmediği için televizyonda kontrolü en zor sinyallerdir. Beyaz ve siyaha karşı çok fazla tepkimeler olur bu nedenle televizyonda bu sinyallerin kontrolü çok zordur [40].

2.4.4. Aydınlatmanın görüntünün oluşturulmasındaki rolü

Aydınlatma; Fotoğraf, film ve televizyon görüntüsü oluşturmak için gerekli olan en önemli etkenlerden biridir. Aydınlatma ile ilk önce kamera için gerekli olan minimum ışık seviyesinin sağlanması gereklidir.

İyi bir aydınlatma ile bir filmin ya da televizyon yapımının çok etkili bir hale gelmesi sağlanabilir. İyi aydınlatma, çekilecek filmin ya da televizyon programının senaryosunda geçen ortam ve atmosfere uygun yapılmasıyla mümkündür. Programın içeriğine göre sadece temel aydınlatma içeren bir aydınlatma olabileceği gibi, ortama göre istenen dramatik bir aydınlatma tekniğiyle de olabilir [16].

Aydınlatmanın ilk amacı kamera gereksinimlerini sağladıktan sonra en yüksek kalitede görüntü ortaya çıkarmaktır. Aydınlatma görüntüyü doğrudan etkilemektedir. İyi bir aydınlatma ile görsel etki güçlendirilebilir. Televizyonda iki boyutlu olan görüntü etkili bir aydınlatma ile üçüncü boyut kazanır. Aydınlatma sayesinde konuya derinlik katılır ve konuyla ilgili detaylara ulaşılabilir [3].

Televizyon çekimlerinde kullanılan aydınlatma türleri

Televizyon çekimlerinde kullanılan aydınlatma türleri, konuya, konsepte ve ortama göre değişiklik gösterip genel olarak beş bölümde incelenmektedir. Bunlar; Genel Aydınlatma, Temel Aydınlatma, Lokal Aydınlatma, Drama Aydınlatması ve Show Aydınlatma olarak bilinmektedir.

Genel aydınlatma

Belirli bir mekânda elde edilmek istenen aydınlığın, mekânın her yerinde hemen hemen eşit seviyede olduğu aydınlatma türüne genel aydınlatma denir. Genel aydınlatma yalnız kullanıldığında ortalama aydınlık seviyesi, istenilen aydınlık düzeyini mutlaka karşılamalıdır. Genel aydınlatmanın kullanıldığı mekanlarda son derece esnek bir hareket alanı vardır [28].

Genel aydınlatma genellikle yumuşak ışık kaynakları kullanılarak yapılan bir aydınlatmadır. Bu tür aydınlatmanın karakteristik bir özelliği yoktur. Genel aydınlatma stüdyonun her tarafında eşit şiddette ışık sağlamakla olmaktadır. Teknik açıdan görüntü elde edebilmek adına bu tür bir aydınlatma yeterli olacaktır. Fakat bu tür aydınlatmada derinlik duygusunu yakalamak çok zordur çünkü her yerde eşit miktarda dümdüz bir ışık vardır. Bu tür aydınlatmada dramatik etkiler oluşturan görüntüler elde etmek de mümkün değildir [53].

Temel aydınlatma

Aydınlatılması gereken objenin tek olarak ya da bulunduğu ortam ile birlikte aydınlatılmasına temel aydınlatma denilmektedir. Bu aydınlatmada farklı çeşitlerde ışık kaynakları kullanılmaktadır [6].

Temel aydınlatmada öncelik, nesnelerde derinlik etkisi oluşturulmasıdır. Bu derinlik etkisi sayesinde iki boyutlu olan görüntü, üç boyutlu olarak görülecektir. Bu etkinin sağlanması belirli kurallara bağlıdır. Bu kuralların en başında, görüntüye girecek her yüzeyin ışık şiddetlerinin birbirinden farklı olması gelir. Her objenin ışık seviyeleri birbirinden farklı olduğunda kontrast oluşacak ve derinlik etkisi sağlanmış olacaktır. Bu kuralı uygulayabilmek için üç noktadan aydınlatma tekniği kullanılmaktadır. Bu aydınlatma tekniği televizyonculuğun temel aydınlatma prensibidir [54].



Şekil 2.22. Temel aydınlatma yöntemi [3].

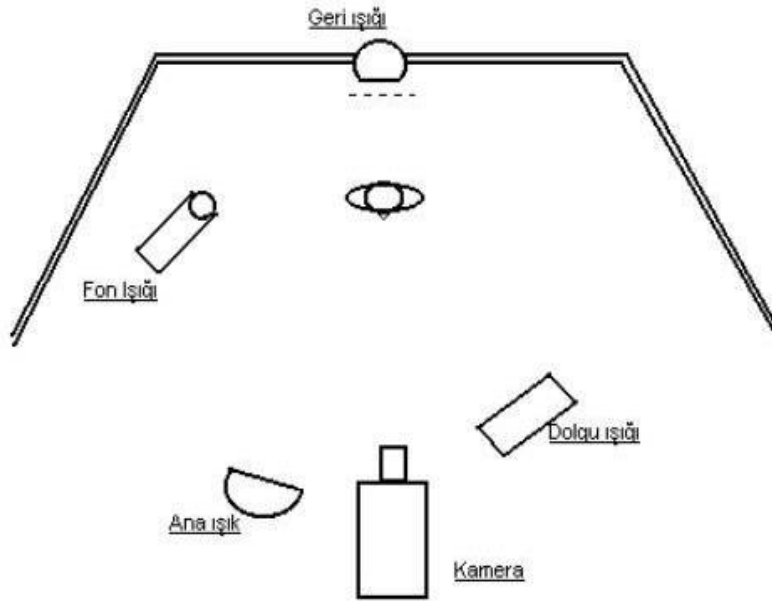
Temel aydınlatma tekniğinde üç ana ışık kaynağı vardır. Bunlar; Ana (anahtar) ışık, dolgu ışığı (yumuşatıcı), arka (tepe-kontur) ışıktır. Şekil 2.22’de temel aydınlatma gösterilmiştir.

Ana ışık (Key light)

Ana ışık, objeyi ön plana çıkaran temel ışıktır. Anahtar ışık, tek olmalı, yönlendirilebilen sert bir ışık kaynağı kullanılmalı, tek bir gölge oluşturmalı ve üç boyutlu şekilleri ortaya çıkartmalıdır. Genelde cepheye çapraz bir şekilde yerleştirilir. Ana ışığın açısı değiştirilerek, objenin nasıl görünmesi isteniyorsa sağlanır. Nesnenin karakterini ortaya

çıkaran, nesneyi biçimlendiren ana ışıktır. Temel aydınlatmayı oluşturan ışıklar içerisinde en belirgin ve ışık yoğunluğu en fazla olan ana ışıktır [10].

Anahtar ışığın nesneye olan uzaklığı belirlenirken ortama ve şartlara göre değişkenlik gösterebilmektedir fakat genel olarak şu kural uygulanır: Anahtar ışığın nesneye olan uzaklığı, nesne yüksekliğinin iki katı olmalıdır. Bir programda anahtar ışık sunucunun üç metre üzerinde ise, anahtar ışığın sunucuya uzaklığı altı metre olmalıdır. Eğer ana ışığı olması gerekenden, 45 dereceden yükseğe asarsak göz çukurları ve elmacık kemiklerinde oluşan gölgeler belirginleşecektir. Bu da iyi bir görüntü oluşturmayacaktır. Ana ışığı 45 dereceden daha az bir açıyla konumlandırırsak, gerçek dışı çok aşırı parlak bir ışık ve gölgelerde çirkin bir görünüm ortaya çıkacaktır. Ana ışığın konumlandırılması en az ana ışığın niteliği kadar önemlidir. Kaliteli ve boyut içeren bir görüntü elde etmek için anahtar ışığa büyük önem gösterilmelidir [55].



Şekil 2.23. Ana ışığın yerleştirilmesi [3].

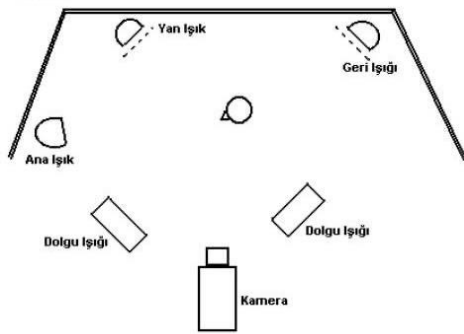
Dolgu ışık (Yumuşatıcı)

Genellikle sert bir ışık kaynağı kullanılarak yapılan anahtar ışık doğası gereği sert ve keskin gölgeler oluşturmaktadır. Yeni gölgelerin oluşmasını engellemek ve anahtar ışığın oluşturduğu sert gölge ve kontrastı zayıflatacak bir ışığa gerek duyulmaktadır. İşte dağınık olarak verilen bu yumuşak ışığa dolgu ışığı, yumuşatıcı denilmektedir [10].

Dolgu ışık, gündelik aydınlatmada kullanılmayan, tamamen teknik, sadece görüntüleme işine özgü bir ışıktır. Dolgu ışık bulutlu bir havada güneş ışınlarının etkisini azaltan, bulutlar sayesinde güneş ışınlarını yumuşatan bir ışık türüne benzetilebilir [57].

Dolgu ışığı genellikle dağınık ışık veren aydınlatma kaynaklarından seçilir. Eğer kullanılan ışık kaynağı çok fazla dağınık değilse ışık kaynağının önüne filtre takılarak ışığın dağıtılması sağlanır. Dolgu ışığın en ideal konumu, ikinci bir gölge oluşturmayacak şekilde kamera ile nesne arasında düz bir çizgi üzerinde yer almasıdır. Fakat bu konum kameraman için sıkıntı çıkarabilmektedir. Bu nedenle dolgu ışığı için diğer bir konum anahtar ışığın simetrisinde bulunmasıdır. Böylelikle kamera ve nesnenin hareket esnekliği artacaktır [58].

Dolgu ışığın şiddeti anahtar ışığın şiddetiyle eşit olmamalıdır. Her zaman anahtar ışıktan daha az seviyede olmalıdır ki derinlik hissi ortadan kalkmasın. Çekimlerde unutulmaması gereken en önemli noktalardan biri birden fazla gölge olmamasıdır. Eğer birden fazla gölge varsa burada birden fazla anahtar ışık kullanılmış demektir bu da temel aydınlatma tekniğine uygun değildir. Anahtar ışığın aksine birden fazla dolgu ışık kullanılabilir. Fakat kullanılan ek dolgu ışıkların gölge sayısını arttırmamasına dikkat edilmelidir [59].



Şekil 2.24. Dolgu ışığın yerleştirilmesi [3].

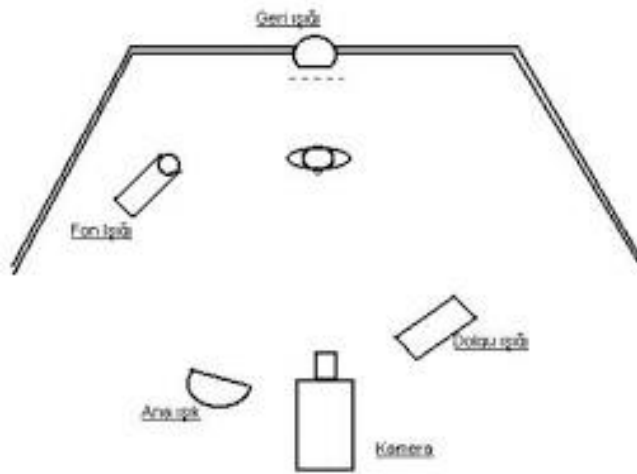
Arka ışık (Kontur ışık)

Arka ışık, geri ışığı, kontur ışığı gibi isimlerle adlandırılan bu ışık, uygun yerlerde kullanıldığında filmsel aydınlatmaya çok ciddi katkıları olan bir ışıktır. Arka ışığın esas amacı objeyi fondan ayırarak daha belirgin bir hale getirmektir. Kontur ışık özellikle koyu

renkli kıyafetlerde objenin çevresini ve kıvrımlarını ortaya çıkarır, biçim ve sağlamlık kazandırır, koyu bir leke şeklinde görünmesini engeller [10].

Arka ışık genel olarak sert bir ışık kaynağıyla yapılır. Derinlik etkisinin verilmesinde en etkili ışık kaynaklarından biri de arka ışıktır. Temel aydınlatma tekniğinin üçüncü temel ışığıdır. Genel olarak ışık tasarımcıları ışık yapmaya başladıklarında ilk olarak geri ışığını yapmayla başlarlar [60].

Arka ışık, doğrusal aydınlatma yapan sert bir ışıktır. Genel olarak fresnel mercekli spotlardan tercih edilir. Geri ışık yerleştirilirken obje ile aynı aksta olmasına özen gösterilir ve 45 derecelik bir açıyla uygulanır. Geri ışık objenin arkasından uygulandığı ve sert bir ışık kaynağı olduğu için objenin gölgesi öne düşecektir. Bu yüzden dikkat etmek gerekir. Arka ışığın şiddetinin iyi ayarlanması gerekmektedir. Genel olarak arka ışık, anahtar ışığın üçte biri şiddetinde ayarlanır [3].

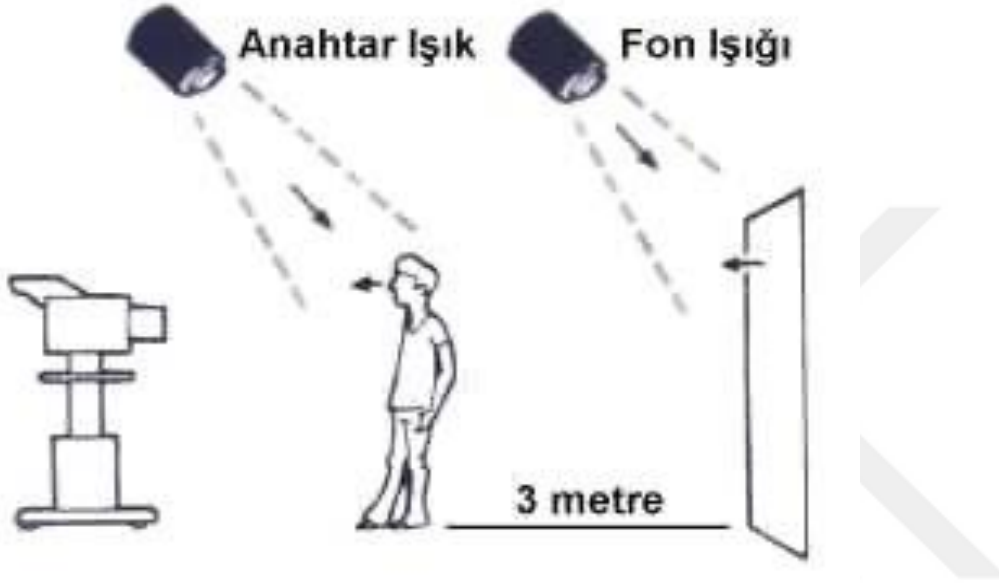


Şekil 2.25. Arka ışığın yerleştirilmesi [56].

Fon ışığı

Daha önce temel aydınlatma yöntemini üç nokta ışık aydınlatması olarak nitelendirmiştik. Temelinde bu şekilde üç ışıkla yapılmasına karşın fon ışığı da temel aydınlatmada önemli bir yere sahiptir. Fon ışığı üçüncü boyut etkisini vermede önemli bir etkiye sahiptir. Fon ışığı olarak yumuşak ışık kaynakları tercih edilmektedir. Fon ışığı anahtar ışık ile aynı doğrultudan uygulanmalıdır. Derinlik etkisini artırmak için anahtar ışığın oluşturduğu

gölge ile fon ışığının oluşturduğu gölgenin aynı yöne düşürülmesi gerekmektedir. Derinlik etkisinin artırılmasında büyük öneme sahip olan arka plandaki objelerin belirginliği, fon ışığı kullanılarak sağlanmaktadır. Objenin gölgesinin fon üzerine düşmesini engellemek için obje ile fon arasında minimum bir buçuk insan boyu (yaklaşık 3 metre) mesafe olmalıdır [3,56,59].



Şekil 2.26. Fon ışığının yerleştirilmesi [56].

Lokal (Nokta) aydınlatma

İsminden de anlaşılacağı gibi bir objenin lokal olarak sadece belirli bir kısmının aydınlatıldığı aydınlatma türüne lokal aydınlatma denilmektedir. Objenin belirli kısımlarını aydınlatabilmek için spotların önünde bulunan kepenklerinden faydalanılır. Kepenkler ise istenilen şekilde daraltılarak lokal bir aydınlatma sağlanmış olur. Burada amaç ışığın sadece objeyi aydınlatması, diğer başka hiçbir şeye ışık sızmasıdır [13]. Bu tarz ışık kaynakları da tıpkı objelerde olduğu gibi fon ve dekorlarda lokal olacak şekilde aydınlatılmalıdır.

Lokal aydınlatma yapılırken titiz ve meşakkatli bir çalışma gerekmektedir. Bu titiz çalışmanın sonucunda hoş bir görüntü elde etmek mümkündür. Lokal aydınlatma konseptine uygun programlar için yapılırsa estetik açıdan şık görüntüler ortaya çıkacaktır. Resim 2.1’de lokal aydınlatmaya örnek gösterilmiştir.



Resim 2.1. Lokal ışığa örnek.

Drama aydınlatması

Gerçeklik hissinin hat safhada verildiği aydınlatma türüne drama aydınlatması denilmektedir. Bu aydınlatma türüne aynı zamanda natüralizm de denilmektedir. Bir pencereden gelen güneş ışığı veya ay ışığı efekti bu aydınlatma türüne örnek verilebilir. Kamera kadrajına giren bir ışık varsa, kullanılan yapay ışığın kamera kadrajı içerisindeki ana ışık kaynağından geliyormuş hissini uyandırması gerekmektedir.

Objenin karanlık kalan tarafına da ana ışık kaynağının şiddetini geçmeyecek şekilde bir ışık kaynağı kullanılabilir. Bu ışık karanlık kısmın dolgu ışığı mahiyetindedir ve gerçeklik hissini kaybetmemek için ana ışığın etkisini ortadan kaldırmayacak şekilde uygulanmalıdır [60].

Dış çekimlerde güneş genellikle anahtar ışık olarak belirlenir. Bulutsuz bir havada güneşin etkisi çok büyük olacaktır. Objenin karanlık kalan diğer kısmını herhangi bir yapay ışık kaynağıyla dengelemek çok zor olacaktır çünkü güneş ışığı çok şiddetli olduğunda binlerce lüks ışık verebilmektedir. Bu sebeple karanlık kısım reflektör denilen yansıtıcılar kullanılarak yumuşatılabilir.

İç mekanlarda yapılan çekimlerde eğer güneş ışığının şiddetli olarak iç mekâna girdiği görülüyorsa ve bu duruma müdahale etmek zor olacaksa, iç mekân dış ortamdan tamamen izole edilmelidir. İzole işlemi yapıldıktan sonra tamamen yapay aydınlatmalar kullanılarak istenilen dramatik aydınlatma sağlanabilir. Resim 2.2’de dramatik aydınlatmaya örnek gösterilmiştir.



Resim 2.2. Dramatik aydınlatma örneği.

Show aydınlatması

Müzik-eğlence programlarında kullanılan aydınlatma türüdür. Show aydınlatmasında çok farklı çeşitlerde ışık kaynağı kullanılmaktadır. Sunucu, konuk, sanatçılar ve saz ekibi için ayrı ayrı aydınlatma uygulanmalıdır. Kullanılan bu aydınlatmalar genel olarak fresnel spotlarla yapılmaktadır.

Hareketli olan bir sanatçı için mutlaka takip spotu kullanmak gerekmektedir. Ayrıca, saz grubunun arka ışığı da genel olarak renkli ışıklarla yapılmaktadır. Show aydınlatmasında ayrıca robot ışıklar, renkli led ışıklar, parlar ve suni sis gibi aygıtlar kullanılarak hareketli bir görsel efekt sağlanmış olur. Resim 2.3’te TRT Arı Stüdyolarında çekilmiş bir müzik ve eğlence programından alınmış kare bulunmaktadır.



Resim 2.3. Show aydınlatma örneği.

2.4.5. Televizyon için aydınlatmanın amaç ve işlevleri

Işık; film, fotoğraf ve televizyonda görüntü oluşturulmasında en önemli unsurlardan biridir. Tıpkı insan gözünün çalışma prensibine benzeyen kameraların görüntüyü algılayabilmesi için ışığa ihtiyaçları vardır. Aydınlatma sadece teknik açıdan nesnelerin görülebilir olmasını sağlamıyor aynı zamanda görüntünün dilini de oluşturuyor.

Wurtzel, “Televizyon ve sinema yapımlarında aydınlatmanın bir yönüyle bilim, bir yönüyle sanat” [54] olduğunu belirtmiş ve aydınlatmanın amaç ve işlevlerini aşağıdaki gibi sıralamıştır.

- Televizyon için gerekli olan tüm teknik detayları karşılamak,
- Görüntüde derinliğin oluşmasını sağlamak,
- Önemli öğelere dikkat çekmek,
- Görüntüde bulunan tüm estetik öğeleri düzene sokmak,
- Zaman kavramını ortaya çıkarmak,
- Görüntüye duygusal doneler katmak [54].

Bir başka usta yazar Herbert Zettl ise aydınlatmanın amaç ve işlevlerini aşağıdaki gibi sıralamıştır.

- Kameranin çalışması için gerekli olan ışığı sağlamak ve renkler bozulmayacak şekilde ışık üretmek,
- Nesnelerin şekillerini ve üçüncü boyutlarını ortaya çıkarmak,
- Gerçek ya da gerçek dışı öğeleri ortaya çıkarmak,
- Konu ile ilgili atmosferi oluşturmak [43].

Millerson “Aydınlatmanın nasıl kullanılacağını bilmek için onun işlevlerini anlamamız gerekir” [61] demiş ve aydınlatmanın amaç ve işlevlerini aşağıdaki gibi sıralamıştır.

- Zamanı kurarak, ortam atmosferini oluşturmak,
- Konu ile ilgili biçim, form, ebat ve sınırları belirlemek,
- Önemli olan alanlara dikkat çekmek,
- Ortamı tanıtmak, konu dışında kalan ve konuyu ilgilendiren diğer öğeleri göstermek ve perspektif oluşturmak,
- Konuyla ilgili bağlantıları ilişkilendirmek,
- Tüm bu amaçların görsel sürekliliğini sağlamak,
- Sistemlerin bütün teknik gereksinimlerini sağlamak [3].

Bütün bu uzman görüşlerini harmanlayarak, aydınlatmanın televizyon için amaç ve işlevlerini üç ana başlık altında incelemek mümkündür.

- Teknik açıdan aydınlatma,
- Estetik açıdan aydınlatma,
- Psikolojik açıdan aydınlatma [53].

Teknik açıdan aydınlatma

Kameraların belirli standartlarda görüntü verebilmeleri için ihtiyaç duydukları ışığın kullanılmasına teknik açıdan aydınlatma denir. Kameralar belirgin, seçik ve atmosfere ve konsepte uygun görüntü oluşturabilmesi için belirli bir ışık seviyesine ihtiyaç duyarlar.

Aydınlatmanın kontrol edilmesiyle, pozlama sınırlarını aşmadan bütün ton oranlarının elde edilmesi sağlanır [61].

Gerek televizyon stüdyolarındaki çekimlerde gerek dış çekimlerde bazı teknik gerekliliklere ihtiyaç vardır; Gelen ışık seviyesi, Kontrast oranı ve renk sıcaklığı bunlarda en önemlileridir. Çekimlere başlaman önce bu gereksinimlerin karşılanıp karşılanmadığı kontrol edilmeli ve duruma göre gerekli düzenlemeler yapıp başlanmalıdır. Televizyon stüdyolarında kameraların net bir şekilde görüntü verebilmeleri için gerekli olan ışık seviyesi 600-1000 lüks civarında, gerekli olan renk sıcaklığı da 2700-3200 Kelvin civarındadır [3].

Kameranın görüntü üretmesi için gerekli olan ışık, kameranın merceğinin özelliklerine, kamerada kullanılacak olan filmin hassasiyetine bağlıdır. Bu özellikler kameranın türüne, kameranın üretiliş teknolojisine, kamera tüplerinin hassasiyetine, kontrastlık oranına, ortamda bulunan dekorun yansıtma özelliklerine bağlıdır [62].

Teknik olarak aydınlatmanın en önemli öğelerinden biri de renk sıcaklığıdır. Görüntünün ve renklerin doğru ölçülerde oluşturulmasında esas referans kaynağı renk sıcaklığıdır. Burada önemli olan kameranın o ortamdaki kullanılan ışığı tam beyaz olarak algılayabilmesidir. Televizyon stüdyolarında kullanılan kameralarda renk sıcaklığını ayarlamanın üç esas yolu bulunmaktadır. Bunlar, elektronik beyaz dengesi (beyaz ayarı), filtre kullanımı ve farklı ışık kaynağı kullanımları [63].

Kameraların, renklerin doğru bir şekilde uygulanması için, ışığın özelliklerine göre renk düzenlemesi yapmasına elektronik beyaz dengesi ayarı denir. Referans renk olarak beyaz renk kullanılır. Dış çekim kameralarının çoğunun menüsünde otomatik beyaz denge ayarı bulunmaktadır. Bu menü sayesinde kamera hangi ortama girerse ortam ışığına göre kendi kendine beyaz ayarı yapılmış olur. Teknik olarak, her yeni girilen ortamda beyaz ayarı yapmak zorunludur [62].

Çekim yapılan ortamda farklı renk sıcaklıklarına sahip ışık kaynakları varsa ve bu ışık kaynaklarının hepsi kullanılmak zorundaysa, bu durumda ışık kaynaklarının önüne renk filtreleri takılarak iki farklı renk sıcaklığındaki ışık kaynağının renkleri eşit hale getirilmelidir. Mesela 3200 Kelvin renk sıcaklığında olan bir ışık kaynağını gün ışığı yani

5600 Kelvin renk sıcaklığına çıkarmak istediğimizde Colour Temperature Blue (CTB) renk düzeltme filtresi kullanılır. Tam tersi 5600 Kelvin renk sıcaklığındaki bir ışık kaynağını 3200 Kelvin renk sıcaklığına düşürmek için de Colour Temperature Orange (CTO) renk düzeltme filtresi kullanılır [64].

Televizyon aydınlatmasının en önemli teknik özelliklerinden biri de kontrast oranı (zıtlık oranı)'dır. Bir görüntüdeki en aydınlık bölümün en karanlık bölüme oranına zıtlık oranı denilmektedir. Kameraların büyük çoğunluğunda bu oran 30/1'dir. Genel olarak görüntüdeki en aydınlık bölüm en karanlık bölümün 30 katı olmalıdır. Bu oranın üzerinde bir değerde görüntüde bozulmalar başlayacaktır. Bu nedenle kontrast oranı (zıtlık oranı) teknik açıdan aydınlatma için çok önemli kriterlerden biridir [63].

Estetik açıdan aydınlatma

Televizyonda aydınlatma, sadece görüntü elde etmek için değil, görüntüye estetik bir boyut katmak ve görüntüyü anlamlandırmak için de önemli bir etkidir. Konuyla ilgili atmosfer oluşturmak, izleyicinin dikkatini çekmek ve izleyiciyi istenilen konuya yönlendirmek, olayların heyecan durumlarını vurgulamak gibi özellikleri bulunmaktadır [65].

Estetik aydınlatma sayesinde, biçimlerin şekilleri değiştirilebilir, ifadesi olmayan bir yüze farklı anlamlar katılabilir, görüntüye derinlik katmak mümkündür. Yine ışık sayesinde türlü türlü sinema hileleri oluşturmak mümkündür. Çok farklı saat ve günlerde çekilen aynı sahnenin uyumunu ışığın büyüğü sayesinde sağlamak mümkündür [66].

Işığın büyüleyici etkisi sayesinde, herhangi bir yüz çok daha güzel ya da çirkin, daha genç ya da daha yaşlı gösterilebilir. Aynı şekilde bir mekânın sıcak ve rahat olması veya soğuk ve kasvetli olması, olduğundan büyük ya da küçük gösterilmesi etkili bir aydınlatma ile mümkündür. Rudolph Arnheim bu konuyla ilgili şöyle söylemiştir; “Eğer ışık doğru kullanılırsa gösterilen şeyin şeklini netleştirmeye devam eder” [67].

“Belki de en güç olan, ışığa hem doğal hem de sembolik bir çifte işlev vermektir; yani gerçeğe uygun bir ışığın mantığını gözeterek anlatanın tonalitesini telkin etmek...” [66]. Her nesnenin kendisine has bir aydınlatmaya ihtiyacı vardır. İnsan yüzü ile fon arasında kötü bir görüntü elde etmemek için yüz için ayrı fon için ayrı aydınlatma uygulanmalıdır.

Her ikisine de aynı aydınlatma uygulanırsa görüntüde derinlik sağlanamaz ve obje fona yapışık olarak görünür. Saçların canlı görünmesi, gözlerdeki parıltının vurgulanabilmesi önemlidir ve bunun için uygun aydınlatmanın yapılması televizyon için çok önemlidir [43].

İzleyiciler farkında olmasa da çoğu programda aydınlatma algıları etkiler ve yön verir. Programda verilmek istenen mesaj aydınlatma sayesinde pekiştirilmiş olur. Böyle bir durumda aydınlatma kadar gölgenin de etkisi büyüktür. Gölgeler ortamda gizlenen tehlikeleri ve karanlıktan karşımıza çıkabilecek olan kötülükleri gösterir. Bir korku filminde sert ve ürkütücü gölgeler sıklıkla kullanılır. Tertemiz bir havada, rengarenk renkler içerisinde, hoş bir musiki eşliğinde hayallere dalan bir karakterin, birdenbire havanın kararması, hızla ürkütücü bir şekilde gri bulutların harekete geçmesi ve hoş müzik sesinin yerini ürkütücü seslere dönüştürmesi, onunla birlikte bizleri de kasvetli ve korkunç bir ruh haline sokmaya yeter [68].

Düz bir ekranda üç boyutlu bir dünyanın yeniden oluşturulması perspektif denilen kavram sayesinde gerçekleşmektedir. Nesneleri ve sahneleri, göze göreceli bir mesafe ya da derinliği referans alarak resimleme sanatına perspektif denilmektedir [40]. İki boyutlu bir ortamda perspektif kullanılarak derinlik oluşturma'nın çeşitli yolları bulunmaktadır. Bunlar atmosferik perspektif, çizgisel perspektif ve Chiaroscuro yöntemleridir [69].

Atmosferik perspektif, bütünüyle gerçek dünya olgusudur bu sebeple özel bir durumdur. Cisimler bizden uzaklaştıkça boyutları küçülür bu sebeple ayrıntıları azalmış olur. Uzaktaki bu cisimlerin renkleri daha solgundur ve yakındaki cisimlere göre daha az belirgindirler. Bunun sebebi cisimler uzaklaştıkça maruz kaldıkları hava tabakası ve pus oranının artmasıdır. Uzaktaki cisimleri etkileyen bu pus tabakası, daha uzun dalga boyundaki ışık ışınlarını tutar, daha kısa dalga boyunda olan mavimsi renkleri geçirir [69].



Şekil 2.27. Atmosferik perspektif örneği [70].

Rönesans akımının ortaya çıkmasıyla sanatta etkisini gösteren Çizgisel Perspektif, genel olarak Batı dünyasına has bir kavramdır. İlk kuralları mimar ve ressam olan Leon Battista Alberti tarafından, Brunelleschi'nin gözlemleri incelendikten sonra ortaya konulmuştur. Kadraj içerisinde derinlik hissiyatını kontrol edebilmek için bu perspektif çeşidi hakkında bilgi sahibi olmakta fayda vardır [69].



Şekil 2.28. Çizgisel perspektif örneği [71].

Estetik olarak değerlendirilen üçüncü boyutu ortaya çıkarma eylemi aynı zamanda teknik bir konudur. Nesnenin biçiminin ortaya çıkartılması üçüncü boyutu oluştururken, nesnenin ortam içerisindeki konumu ise derinlik algısını meydana getirir [72].

Estetik açıdan aydınlatma, aydınlatmada ışık ve gölgenin doğru biçimde düzenlenmesiyle sağlanmaktadır. Gerçekte nesnenin şeklini ortaya çıkartan gölgedir. Nesnelerin şekil ve boyutlarını ortaya çıkartmakta gölge, ışıktan daha etkilidir [1].

Gombrich gölgeyi şu şekilde tanımlamaktadır. “Somut nesnelerin, aydınlatılmış yanlarının tersinde yaratılan karanlıktır” [22].

“Gölgeler gerçek dünyanın bir parçası değildir; onlara dokunamayız, onlara dokunamayız, onları tutamayız, gerçek olmayan şeylerden söz ederken gölgeyi mecaz olarak kullanırız. Ama bir gölgenin varlığı, bir nesnenin somutluğunu kanıtlar, gölge veren bir nesne gerçektir” [5].

Etkili bir aydınlatmada önemli olan ıııklı ve gölgeli alanların doğru şekilde düzenlenmesidir. Karanlığı ve aydınlığı, gölgeleri ve aydınlatmış bölgeleri vurgulamak

için yapılan aydınlatma türüne chiaroscuro aydınlatması denilmektedir. Chiaroscuro kelimesi köken olarak İtalyanca bir kelimedir ve aydınlık ve karanlık kelimelerinin bir araya getirilmesi ile meydana gelmiştir. Bu aydınlatma türü ile Caravaggio ve Rembrandt gibi ünlü ressamların, eserlerini oluştururken kullandıkları aydınlatma teknikleri sinema ve televizyonda da kullanılır hale gelmiştir [3].

Bu tür aydınlatmada yüksek kontrastlı aydınlatma kullanılmaktadır. Bu aydınlatma sayesinde nesneye ve ortama uygun üçüncü boyut sağlanmış olur ve görüntüde istenilen derinlik etkisi elde edilmiş olur. Görüntüde gerçeklik hissini artırır. Görsel öğelerin dengeli bir hal almasını sağlar, dikkati istenilen noktada odaklamayı sağlar ve kompozisyonun anlatımında destekleyici niteliğe sahiptir [61]. Chiaroscuro aydınlatma temel olarak üç türde incelenmektedir. Rembrandt aydınlatması, Cameo aydınlatması ve Silüet aydınlatma.

Rembrandt aydınlatma, nokta ışık veren aydınlatma kaynakları ile oluşturulan ve günümüzde modern ışık yapımlarında sıklıkla bahsedilen, seçici ve mükemmel aydınlatmaya olanak sağlayan bir aydınlatma türüdür. Kolay uygulanabilmesi sebebiyle günümüzde birçok film ve fotoğraf çekiminde kullanılmaktadır. Konunun belirli noktaları aydınlatılırken, diğer alanlar yarı karanlık ya da tamamen karanlık bırakılmaktadır. Bu aydınlatmanın en belirgin özelliği zayıf ışık kullanılmasıdır. Bu aydınlatmada ön plandaki nesneler daha fazla vurgulanmaktadır, arkalara doğru gidildikçe vurgu azalmakta ve daha karanlık olmaktadır. Aydınlik bölgelerden karanlık bölgelere geçiş yumuşak şekildedir [73].



Şekil 2.29. Rembrandt'ın artemis isimli ünlü tablosu [73].

Şekil 2.29’da Rembrandt’ın Artemis isimli ünlü tablosu, renk sıcaklığı düşük ve tek bir ışık kaynağı kullanılarak yapılmıştır.

Şekil 2.29’da da görüldüğü gibi Rembrandt aydınlatmasında, kompozisyon için önemli olan alanlar belirgin bir şekilde aydınlıktır. Diğer alanlar ise karanlıktır. Bu aydınlatma türünde esas olan ışıklı olan alanlar ile karanlık bölgelerin birbiri içerisinde kurmuş olduğu müthiş ahenge dayanır. Görüntüde derinlik etkisinin yaratılmasında çok etkili bir Chiaroscuro aydınlatma çeşididir [73].

Cameo aydınlatması doğrusal olup, genel olarak mercekli ışık kaynakları ile yapılır. Bu aydınlatmada önemli olan konudur bu sebeple dekor malzemeleri önemsizdir. Dikkatin konunun üzerinde toplanması esasına dayanır. Sert ve nokta ışık kaynakları ile yapılmaktadır. Nesnenin detayları, biçimi, özgün nitelikleri bu aydınlatma türü ile vurgulanır. Aydınlık olan alan ile karanlık bölgeler arasındaki ışık yoğunluğu çok fazladır ve yüksek kontrasta sahip aydınlatmadır. Bu aydınlatma oldukça dramatik bir aydınlatma türüdür ve dramatik etkinin hat safhada verilmek istendiği televizyon programlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu aydınlatma türünde önemli olan konu olduğu için diğer kısımlar genel olarak siyah perdelerle izole edilip ışığın başka yerlere taşması engellenmektedir. Cameo aydınlatma, Chiaroscuro aydınlatma türünün en aşırısı olarak nitelendirilmektedir [73].



Şekil 2.30. Cameo aydınlatma örneği (‘‘The Godfather’’ filminden bir sahne) [74].

Chiaroscuro aydınlatma türlerinin sonuncusu silüet aydınlatmadır. Türk Dil Kurumunun tanımına göre silüet: Bir şeyin yalnız kenar çizgileriyle tek renk olarak beliren görüntüsü, gölgedir. Silüet objenin bakılan açısına göre izdüşümü olarak nitelendirilir. Önden ışık almayan, tamamen arkadan gelen ışıkla yapılan silüet aydınlatma, objenin dokusu ve rengi hakkında bilgi vermez. Silüet aydınlatma ile objenin boyutu ve nasıl bir şekle sahip olduğu anlaşılabilir. Chiaroscuro aydınlatma türlerinde kontrast oranın çok yüksek olduğu aydınlatma türlerinden biridir. Cameo aydınlatma türünün tersi olarak düşünülebilir [73].

Silüet aydınlatmada aydınlık karanlık zıtlığı çok yüksek olduğundan objeyi fondan ayırmak amacıyla objenin arkasında bulunan diğer bir nesneye ışık verilerek derinlik artırılabilir. Böylelikle karanlıktaki obje ön plana çıkarılmış olur. Nesne tamamen karanlık, arka kısım ise aydınlıktır [68].



Şekil 2.31. Silüet aydınlatma örneği [73].

Estetik açıdan aydınlatmanın diğer etkilerinden biri de atmosfer yaratmaktır. Örneğin, güçlü sert bir anahtar ışığı kullanarak ortamda pırıl pırıl bir gün ışığı efekti verilebilir. Yine aydınlatmanın etkisi ile ortamda akşam etkisi oluşturulabilir. Yoğun bir aydınlatma ve sert gölgeler ile ortamda esrarengiz, korkunç bir gece atmosferi oluşturmak mümkündür. Aydınlatma ve gölgeyi iyi organize ederek çeşitli atmosfer efektleri verilebilir [10].

Bir görüntüde önemli olan nesnelere dikkat çekip, daha az öneme sahip nesneleri arka planda tutmayı sağlamak yine estetik açıdan aydınlatmanın başarılarından biridir. Işığın

işaret edici özelliği bulunmaktadır. Dikkatleri belirli bir noktaya toplayıp, esas olanı izleyiciye göstermeye yarar [72].

İyi bir estetik aydınlatma sayesinde, o an içinde bulunulan zaman dilimi belirlenebilir. Gün içerisindeki, ay içerisindeki veya mevsimler içerisindeki zaman dilimi aydınlatma ile belirlenebilir. Çok eski çağları anlatan bir filmde elektrik ile çalışan aydınlatma elemanları kullanımı abes kaçacaktır, gerçeğe uygun olmayacaktır. Böyle bir filmde ateş, mum, kandil gibi aydınlatma araçlarının kullanılması daha uygun olacaktır ve bize filmin tarihi hakkında bilgi verecektir. Aynı şekilde mevsimleri düşünecek olursak yazın çekilen bir filmde parlak net aydınlatma kullanılarak, kış mevsimi çekilen bir filmde de daha mavimsi donuk aydınlatma kullanılarak istenilen mevsimsel etkiler verilebilir [3].

Psikolojik açıdan aydınlatma

Bir televizyon çekiminde, insan psikolojisini ve duygularını anlatmada aydınlatma oldukça önemli bir yere sahiptir. Sahnedeki psikolojiyi ve duyguyu izleyiciye etkili bir şekilde aktarmak yerinde ve ustalıkla yapılan bir aydınlatmayla mümkündür. Sahnede neşeli bir olay varsa, aydınlatma yapılırken güçlü anahtar ışıklar kullanılmalıdır ve sahnede karanlık yer bırakılmamalıdır. Tamamen pırıl pırıl bir ortam izleyiciye mutlu hissettirecektir. Hüznün ağır bastığı sahnelerde ise anahtar ışık zayıf kullanılmalıdır. Bu tarz bir duygunun izleyiciye yansıtılabilmesi için aydınlık alanların olabildiğince az olması sadece odaklanılması gereken yerlerin aydınlatılması gerekmektedir [59].

Sevinç, üzüntü, heyecan ve korku gibi duygular, uygun aydınlatma yöntemlerinin, uygun şekillerde kullanılmasıyla izleyiciye aktarılabilir. Göz eksenin altından yapılan bir aydınlatma ile göz çukurlarının ve yüz çizgilerinin farklı şekilde gösterilmesiyle korku hissi uyandırmak mümkündür [55].

Ayrıntıların az seçildiği aydınlatma türü, izleyicide hüznün duygusu uyandırmaktadır. Ölmüş olan evlâdının fotoğraflarına bakan bir anneyi aydınlatmak istediğimizde zayıf, loş bir aydınlatma kullanılmalıdır. Genellikle sıcak renkler neşe ve mutluluğu, soğuk renkler de acı ve üzüntüyü ifade etmede kullanılır. Aydınlatma ile bu etkiler, ışıkların önüne filtreler takılarak sağlanmaktadır. Fakat renkli filtreler oyuncuların anahtar ışıkları önüne takılamaz [73].

Işığın psikolojik etkilerini belirleyen üç etken bulunmaktadır. Bunlar ışığın türü, ışığın miktarı ve ışığın yönüdür. Karmaşık, farklı durumların anlatımında, psikolojik ve duygusal bir ortam oluşturulmasında, uzayda dramatik bir ortam oluşturulmasında aydınlatmanın önemli etkisi bulunmaktadır [1].

2.4.6. Aydınlatma teknolojilerinin tarihsel gelişimi

Işık, hayatımızın birçok alanında ihtiyacımız olan en önemli unsurlardan biridir. Nasıl yaşamak için oksijene ihtiyaç duyuyorsak, ışığa da o denli ihtiyacımız vardır. En önemli duyu organlarımızdan biri olan göz ile etrafımızdaki nesneleri, olup biten olayları çok daha rahat ve kolay algılayabiliriz. Gözün görme işlevini yerine getirebilmesi de ışığın varlığıyla mümkündür.

İnsanlık tarihinin başlangıcından beri aydınlatma insanoğlu için vazgeçilmez kavramlar arasında yer almaktadır. Aydınlatma teknolojileri de diğer teknolojiler gibi her daim kendini geliştirerek günümüze kadar gelmiştir. Hiç şüphe yok ki teknolojilerin sürekli kendini yenilediği ve geliştirdiği bu dönemde aydınlatma teknolojileri de diğer gelişmelere paralel olarak gelişme kat edecektir.

Bütün teknolojik ve endüstriyel ürünler insanoğlunun bitmek tükenmek bilmeyen ihtiyaçlarını karşılamak veya bunlara cevap verebilmek amacıyla üretilmiştir. İlk zamanlarda sadece çevresindeki nesneleri ve karanlık yerlerdeki şeyleri görebilmek için yapılan aydınlatma, zamanla insanoğlunun artan ihtiyaçlarıyla birlikte yaşam standartlarını artırma adına gelişerek insan sağlığına ve estetik duygularına hitap edecek şekilde uygulanmaya başlamıştır [75].

Güneş ışığı ve ay ışığı gibi doğal ışık kaynaklarından başka ışık kaynağı bilmeyen insanoğlu, ateşin bulunmasıyla birlikte, ateşin sıcaklık vermekle birlikte aynı zaman da etrafını da aydınlattığını keşfederek, ateşin ışığını kullanıp yapay aydınlatma yapmayı öğrenmiştir [75].

Ateşin icadıyla birlikte insanların yaşantıları her alanda daha kolay hale gelmiştir. İnsanoğlu ateşi kullanarak ısınma, korunma, pişirme ve aydınlanma gibi ihtiyaçlarını gidermeye başlamıştır.

Ateşi ilk önceleri sadece bulundukları ortamda sabit olarak kullanan insanoğlu zamanla ateşi taşınabilir aydınlatma aleti olarak kullanmayı başarmıştır. Ateşi taşıyabileceği aydınlatma araçlarını keşfeden insanoğlu bu araçları sürekli geliştirerek, daha kolay, daha rahat ve daha uzun süreli aydınlatma yapmanın yollarını bulmuştur. Bu şekilde ateşi değişik kaplara koyarak taşınabilir hale getirip aydınlatma yapmak bir çağın yükselişi anlamında çok etkili bir faktör olmuştur [75].

Ateş kullanılarak yapılmış taşınabilen bu aydınlatma araçlarının meşale, kandil ve şamdan gibi çeşitleri bulunmaktadır.

Ateş ile çalışan aydınlatma araçları

Meşale

Meşale ilk aydınlatma aracı olarak bilinmektedir. Üretildiği malzemenin doğada fazlaca olması ve yapım aşamasının kolay olması sebebiyle meşale çok fazla tercih edilmiştir. Meşalenin kullanımı Paleolitik Dönem'e kadar dayanmaktadır [76]. Meşalede kullanılan esas madde ahşaptır. Zamanla meşalenin ucuna keten bez sarılarak aydınlatma yapılmaya başlanmıştır. Meşale kullanımı, Ön Asya dünyasında önce Mısır uygarlığında, ardından da Asur uygarlığında başlamıştır. Bu iki uygarlıkta meşale, saz ya da asma dallarına katran türü yanıcı maddeler batırılarak yapılmıştır [77].



Şekil 2.32. Meşale Örneği [75].

Kandil

İçine yağ ve bir fitil bölümü eklenen, topraktan veya metalden yapılan aydınlatma aracına kandil denilmektedir. Kandil kullanımı çok uzun yıllar öncesine dayanmakla birlikte ilk örnekleri Erken Paleolitik Dönem'e rastlamaktadır. Bu dönemde kandiller genel olarak taş ve deniz kabuğundan üretilmiştir [78].

Tunç Çağı'nda çanak şeklinde kandiller yapılmıştır ve ortasından fitilin geçebileceği şekilde delik açılıp kullanıma sunulduğu görülmektedir. Kandiller ihtiyaçlar ölçüsünde zamanla gelişim göstererek daha geniş hazneli, uzun ve daha estetik hale getirilmiştir. MÖ 2000-1500'lü yıllarda dört ucu hafif dış bükey, kâse biçiminde, ucundan fitil çıkartılarak yakılan kandiller mevcuttur [76].

Antik dönemlerde çömlek ustaları tarafından yapılan kandiller, taşınması sırasındaki zorluklar göz önünde bulundurularak, kandillerin gövdeleri derinleştirilmiş üst kısımları ise kapatılmıştır. Bu kandil türleri Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde de görülmüştür [77].

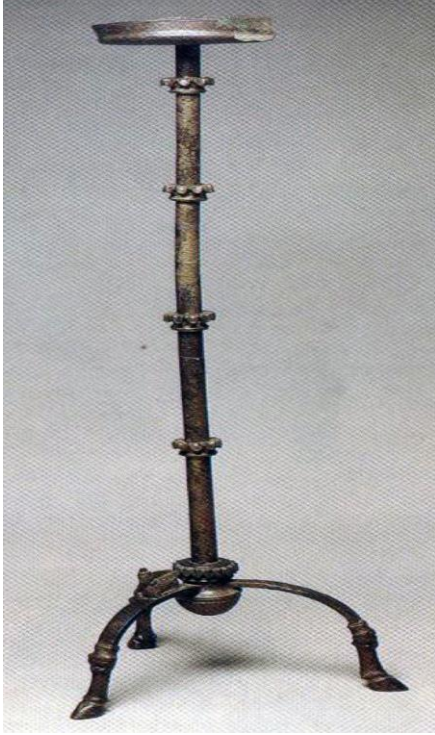
Kandiller içlerine koyulan yanıcı bir madde genellikle yağ sayesinde yanmaktadır. Kandillerde genel olarak zeytinyağı kullanılır, bazı zamanlarda ise zeytinyağının içine tuz katılarak kullanılır [79]. Kandillerde kullanılan bu yağ çeşitleri bölgesel ve ekonomik şartlara göre değişiklik göstermiştir. Kimi yerde zeytinyağı kullanılırken kimi yerlerde beziryağı ya da susam yağı da kullanılmıştır [80].



Şekil 2.33. Kandil örneği [81].

Şamdan

Sığ tabak biçimli kandiller ve bu kandilleri taşıyan ayaklardan oluşan aydınlatma araçlarına şamdan denilmektedir. Şamdanlar duvar aydınlatıcıları olarak nitelendirilmektedir. Urartu Krallığında kullanılan şamdanlar, genel olarak boğa toynağı şeklinde yapılmış ayaklara sahiptir ve tripoda benzeyen araçlar sayesinde ayakta durması sağlanmıştır. Bu tripodların arasına muhtemelen dinsel simgeler olan aslan figürleri yerleştirilerek bağlantı sağlanmıştır. Şamdanlar genel olarak bronzdan yapılmışlardır ve ait oldukları dönemin sanatsal özelliklerini üzerlerinde barındırmaktadır [77].



Şekil 2.34. Şamdan örneği [82].

Ateşle çalışan aydınlatma kaynakları tarih öncesi devirlerden başlayıp uzun yıllar boyunca birçok alanda kullanılmış ve insanoğlunun yaşantısına büyük katkılar sağlamıştır. Bir devrim niteliğinde olan elektriğin bulunmasıyla aydınlatma sektöründeki teknolojik gelişme çalışmaları da başlamıştır.

Ateşle çalışan aydınlatma araçları bir kenara bırakılırsa aydınlatma konusundaki ilk önemli gelişme elektrik enerjisi kullanılarak yapılan aydınlatma araçları, akkor telli lambalar üretmek olmuştur. Bu konuyla ilgili çok fazla bilim adamı değişik araştırmalar yapmıştır.

İlk olarak 1802 yılında İngiliz Humprey Davy tarafından, platin ince bir şeritten akım geçirmek suretiyle ilk enkandesan ışık elde edilmiştir. 1840 yılında karbonize kâğıt filamanını kullanarak ilk işlevsel ampulü yapan Joseph Swan 1860 yılında bu ürününün patentini almıştır. Thomas Edison uzun uğraşlar ve denemeler sonucunda 1875 yılında ilk ticari ampulü icat etti. Elektrik enerjisi kullanılarak yapılan ilk ticari ampulü üretmesinden ötürü Thomas Edison aydınlatma teknolojilerinin gelişmesi adına çok önemli bir adım atmıştır. Edison ampulü ilk bulduğunda ona elektrik ışığı adını vermiştir. Thomas Edison 1879 yılında, elektrik enerjisi ile çalışan, ampul diye adlandırılan, enkandesan (kızgın telli-akkor filamanlı) lambanın patentini almıştır. Edison ayrıca akkor filamanlı ışığı daha güvenli, daha pratik ve daha ekonomik hale getirerek bu elektriksel aydınlatma mekanizmasını geliştirdi. Üretilen ampulde önce bambu lifi, sonrasında kömürleştirilmiş selüloz, osmiyum, tantal ve en nihayetinde 1906 yılında tungsten filaman kullanılmaya başlandı [27].

W.Siemens tarafından 1866 yılında üretilen dinamonun, elektrik enerjisi üretmeye başlaması ve elektrik dağıtım şebekelerinin yaygınlaşmaya başlaması ile 1915'lerden itibaren aydınlatmanın temel kullanım alanı olmuştur. 1929 yılından itibaren aydınlatma teknolojileri hızla gelişmeye devam etti ve önce flüoresan lambalar olmak üzere ticari deşarj lambalar üretilmeye başlandı ve verimleri de çok büyük oranda iyileştirilmeye başlandı. 1980 yılına gelindiğinde aydınlatma teknolojisindeki gelişmeler hızla artmış ve kompakt flüoresan lambalar üretilmiş ve bu arada da tungsten lambalarda kendini güncelleyerek yaygınlaşmaya başladı. 1990'larda ise aydınlatma teknolojilerinde devrim niteliğinde bir gelişme oldu ve LED teknolojisi aydınlatma araçları arasındaki yerini aldı [83].

Elektrik enerjisi ile çalışan aydınlatma araçları

Akkor filamanlı (Enkandesan) lambalar

Havası boşaltılmış cam bir tüp içerisinde bulunan ince bir telden elektrik akımı geçirilir. Verilen elektrik akımı teli ısıtarak akkor hale getirir ve telin ısınmaya başlaması ile elektrik enerjisi ışıınım enerjisine dönüşür ve bu sayede ortama ışık verilmiş olur. Tungsten, akkor, enkandesan isimleri verilen bu lambaların renksel geriverim indeksleri %100 olmasına karşın etkinlik faktörleri yani verimleri düşüktür, dolayısıyla ömürleri kısadır [28].

Akkor telli lambalar düşük renk sıcaklıklarına (2400-3100 K) sahiptirler. Enkandesan lambalar düşük etkinlik faktörüne sahiptirler (5-14 lm / W) ve yaklaşık ömürleri 1000 saattir. Günümüzde akkor telli lambalarda tungsten tel kullanılmaktadır, çünkü yüksek bir erime noktasına ve yüksek sıcaklıklarda düşük bir buharlaşma oranına sahiptir [84].

Tungsten metali elektrik akımının etkisiyle 2600°C'ye kadar ısıtıldığında ışık vermeye başlar ve bu metal 3382°C gibi yüksek bir erime noktasına sahip olduğu için uzun süre erimeden aydınlatmaya devam edebilmektedir [85].



Şekil 2.35. Akkor filamanlı lamba [85].

Televizyon çekimlerinde kullanılan aydınlatma araçları günlük yaşamda kullanılan aydınlatma araçlarına göre farklılık göstermektedir. Farklı türlerdeki profesyonel ışık araçlarında (spot) bu spotlara uygun ampuller kullanılmak zorundadır. Her ne kadar akkor telli lambalar günlük hayatta evimizde, işyerimizde sıklıkla kullanılsa da televizyon çekimlerinde kullanılan spot ışıklarında akkor telli lambalar çok fazla tercih edilmemektedir. Ömürlerinin çok kısa olması nedeniyle, canlı yayınlarda meydana gelebilecek kazaları önleme ve bütçeyi daha stabil kullanabilme adına akkor telli lambalar televizyon çekimlerinde tercih edilmemektedir.

Halojen lambalar

Aslında bir akkor lamba türü olan halojen lambalar, iner bir gaz içerisinde bulunan tungsten teli ve az miktarda halojen (esas olarak metil-bromür formuna sokulan bromür) ihtiva eden bir lamba türüdür. Cam kavanozun içinde bulunan halojen gazı ve ısıtılmış akkor teli kombinasyonu metal atomları ve halojeni içeren “halojen döngüsü” olan ve

tungsten telinin ömrünü uzatan ve akkor filamanlı ampülün iç kısmından tekrar filamana geri katılarak ampülün kararmasını önleyen kimyasal reaksiyonlar zinciri oluşturur. Bu reaksiyonlar sayesinde tungsten telinin bozulması önlenmiş olur ve daha yüksek sıcaklıklarda daha uzun süre çalışması sağlanmış olur [84].

Halojen lambaların, akkor telli lambalara göre renk sıcaklığı, verimi ve etkinlik faktörü biraz daha fazla olmaktadır. Bu tür lambaların ömürleri 2000-10000 saat arasındadır. Renk sıcaklıkları 3000°K ve etkinlik faktörleri de 25 lm / W'ye kadar çıkmaktadır. Akkor telli lambalara göre daha soğuk renge sahip olan halojen lambaların 110-220 V değerlerinde çalışanları olduğu gibi, 12-24 V gibi düşük gerilimlerde çalışanları da mevcuttur [30].



Şekil 2.36. Halojen lamba [85].

Televizyonculukta en çok kullanılan lamba çeşitlerinden olan halojen lambaların birçok çeşidi bulunmaktadır. Işık verimi ve renk sıcaklığını uzun süre koruyabilen, uzun ömürlü halojen lambalar uzun yıllardır televizyon çekimlerinde kullanılmakta olup halen birçok stüdyo ve dış çekimde ışık kaynağı olarak kullanılmaktadır. Halojen lambalara birçok örnek verilebilir. Bunlar kullanılan spot türüne göre ve ışık şiddetine göre değişiklik göstermektedir. Fresnel spot ampulleri, merceksiz spot (kuartz lamba) ampulleri, içten aynalı par lambaları televizyon çekimlerinde sıklıkla kullanılan halojen lamba örnekleridir.

Resim 2.4 ve Resim 2.5'te TRT stüdyolarında ve dış çekimlerinde yıllardır kullanılan ve hala da kullanılmaya devam eden halojen lamba örnekleri verilmiştir.



Resim 2.4. Halojen lamba türleri.



Resim 2.5. Solda içten aynalı par lambası, sağda da kuartz lamba görülmektedir.

Metal halojen – gaz deşarjlı lambalar

Çeşitli boy ve yapılar da birçok çeşidi bulunan bu lambalar, cam kavanozun içinde bulunan bir metalin buharlaşması ve halojenin ayrışması sonucu ortaya çıkan ürünlerin birleşmesiyle oluşan lamba çeşididir [86].

Metal halojen lambalar renk sıcaklığı özelliklerinin iyi olması ve etkinlik faktörlerinin 80 lm / W civarında yani yüksek olması sebebiyle genel olarak özel aydınlatmalarda kullanılmaktadır. Beyaz rengin vurgulanmak istendiği yerlerde sıklıkla kullanılan lamba çeşididir [47].

Yüksek basınçlı cıva buharlı lambaların etkinlik faktörleri genel olarak 50 lm / W civarındadır ve ömürleri ortalama 6000 saattir. Beyaz ışık veren bu lambalar park ve bahçe aydınlatmalarında kullanılmaktadır. Ucuz olmaları, çeşitli fiziksel etmenlere karşı dayanıklı olmaları, ani ısı değişimlerine ve kısa süreli gerilim yükselmelerine karşı dirençli olmaları bu tür lambaların avantajları arasında sayılabilir. Bunun yanında ışığın tam olarak yanma süresinin uzun olması, kırmızı renklere karşı duyarlı olmaması, bağlantısının zor olması, çalışması için çeşitli yardımcı araçlara ihtiyaç duyması ve ilk kurulumda masraflarının çok olması gibi dezavantajları bulunmaktadır [87].

Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar, renk ayrımının önem arz etmediği tüm ortamlarda kullanılabilecek en yüksek etkinlik faktörüne sahip ışık kaynaklarıdır. Bu tür lambalar kızgın elektrotlu düşük basınçlı ve düşük gelirimle çalışan deşarj lambalardır. Bu tip lambalarda tüp içerisinde katı halde bulunan sodyum madeni bulunmaktadır. Tüp belirli bir sıcaklığa geldiğinde katı halde bulunan sodyum madeni tüp içerisinde buharlaşır. Tüpün içerisinde bulunan kızgın elektrotlar üzeri baryum oksit kaplı tungsten teldir. Deşarj tüpü U şeklinde bükülmüştür ve havası boşaltılmış iç kısım iridyum oksitle kaplanmış bir tüpün içine yerleştirilmiştir. Vakum ısı kaybını önleyerek, iridyum oksit de kızılötesi ışınları yansıtarak lambanın veriminin artmasını sağlamaktadır. Işık kirliliğinin önlenmesinin çok önemli olduğu alanlarda ve doğal hayatın korunması gereken yerlerde bu tür lambalar kullanılmalıdır [88].

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar, en uzun ömürlü lambalar olup, şeffaf cam tüp şeklinde olanlarının etkinlik faktörleri yaklaşık olarak 130 lm / W'tır. Parlak beyaz-sarı renkte ışık veren bu lambalar, şehir içi yollarında, cadde, sokak ve meydan aydınlatmalarında kullanılabilmektedir [47].

Günümüzde kullanılan metal halojen lambaları küçük, güçlü ışık veren, diğer lamba türlerine göre nispeten düşük ısı yayan çok etkin ışık kaynaklarıdır. Gün ışığına çok yakın bir renk sıcaklığına sahip olduğu için yüksek güç üreten HMI lambalar, özellikle dış çekimlerde güneşin oluşturduğu sert gölgeleri yumuşatmak ve gün ışığı alan iç mekanların karanlık kalan kısımlarını aydınlatmak için ideal lambalardır. Bir HMI lamba aynı güç değerindeki tungsten halojen lambaya göre beş kata kadar daha güçlü ışık verebilmektedir. Yayılan ısı %80 oranında azaltılabilmektedir. Bu sayede eşit güçteki tungsten lambaya göre gerekli olan elektrik gücü ve havalandırma ihtiyacı %20 ye kadar indirilebilir [10].

Günümüzde kullanılan metal halojen lambalar, ilk örneklerine göre epey mesafe kat etmiş durumdadır. Ampulün içerisine çeşitli elementler katılarak gün ışığı değerinde (5600K – 6000K) ışık vermeleri sağlanmıştır. Tüp içerisine katılan ek elementler, buharlaşan tungsten elementinin, camı karartmasını önlemektedir. Metal halojen lambaların birçok çeşidi bulunmaktadır:

- HMI (Halojen metal iodide) lambalar, 5600 K veya 3200 K renk sıcaklığında.
- CSI (Compact source iodide) lambalar, 4000K renk sıcaklığında.
- CID (Compact iodide daylight) lambalar, 5500K renk sıcaklığında.
- Xenon (Ksenon) lambalar, 6000K renk sıcaklığında [10].

HMI tipi metal halojen lambaların 18 kw'ya kadar güç üretenleri bulunmaktadır. 5600K renk sıcaklığıyla gün ışığına çok yakın bir renk vermektedir. 2,5 kw'lık bir HMI lamba iki tane 10 kw gücündeki tungsten lambanın verdiği ışığı verebilmektedir. Elektriğin bulunamadığı yerlerde çekim yapılmak istendiğinde aküyle beslenen HMI lambalar kullanılabilir. Bu tarz ortamlar için ideal olan bu tip lambalar günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır [10].



Resim 2.6. HMI lamba türleri.

CSI tipi lambalar galyum, talyum ve sodyum gibi maddeler içermektedir. 4000K dolaylarındaki renk sıcaklığı sayesinde renk filtreleri kullanılarak hem gün ışığına hem de kuartz aydınlatmaya uygun renk sıcaklığına dönüştürülebilir. Bu lambaların kapalı türleri su geçirilmemekte ve dış çekimlerde yan yana kullanılarak çok geniş alanların kullanılmasına olanak sağlamaktadır [10].

CID tipi lambalar 1kw ve 2,5 kw gücünde normal ampul ve kapalı lamba par şeklindedir. 500 – 1000 saat ömürleri olan bu lambaların renk sıcaklıkları yaklaşık 5500K'dir [10].

Gaz deşarjlı lambalar dalgalı akım kullanırlar, bu nedenle bir ateşleyici (starter) veya seyyar bir balast kullanmak zorundadırlar. Balast, arkın oluşma sürecinde oluşan aşırı akımı sınırlar ve lamba yandığı sürece oluşan küçük değişiklikleri kontrol ederek akımı düzenler. Hava çok soğuk veya herhangi bir sebepten voltaj düşerse lamba daha düşük bir ısı da yanar buna bağlı olarak lambanın renk sıcaklığı yükselir. Voltaj belirli bir sınırın altına düştüğünde ise lamba söner. Ortam sıcaklığı artarsa veya herhangi bir sebepten voltaj yükselirse ampul daha yüksek bir ısıda yanar buna bağlı olarak renk sıcaklığı düşer. Ampul daha yüksek ısıda yandığı için elektrotlar boş yere aşınmaya başlar ve lambanın ömrü kısalmır [10].

Flüoresan lambalar

Gaz deşarjlı, alçak basınçlı, cıva buharlı, genel olarak cıva içerisindeki deşarj ile üretilen ultraviyole ışınımın sayesinde harekete geçen flüoresan tozları ile ışık üreten lamba türüne flüoresan lambalar denilmektedir [89].

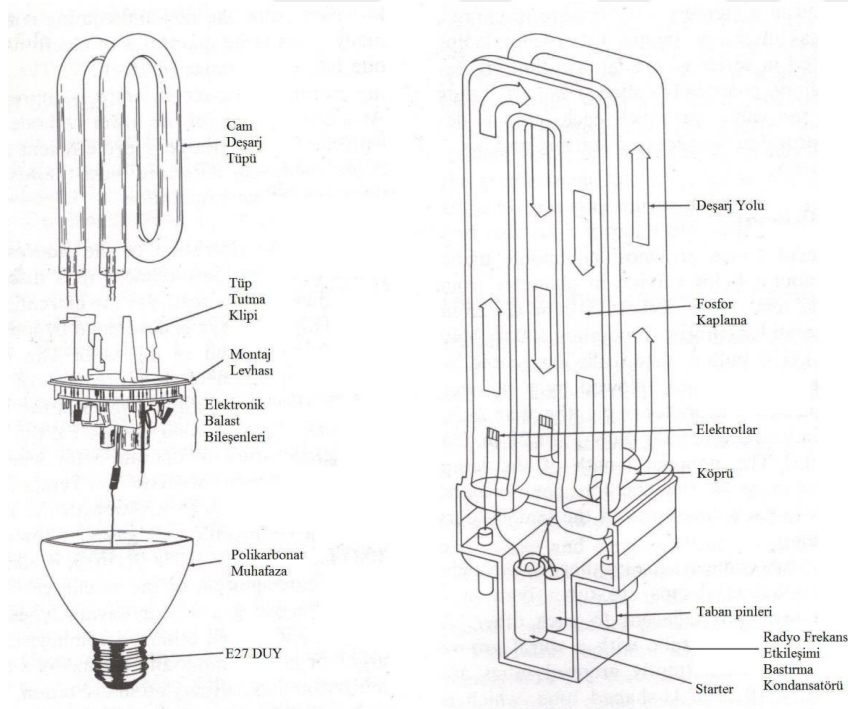


Şekil 2.37. Flüoresan lamba türleri [48].

Flüoresan lambaların çapları küçültülüp ışık akıları artırılmış, farklı renk sıcaklıkları ve güçteki lambalar üretilmiştir. Flüoresan lambalar tüp ve kompakt flüoresan olarak iki şekilde incelenmektedir [28].

Etkinlik faktörü 50-100 lm / W aralığında olan flüoresan lambalar akkor filamanlı lambalara göre daha az ısınmaktadırlar. Renk sıcaklığı 2700-6500°K gibi geniş bir aralıkta değişmektedir. Tüp flüoresan lambaların ömürleri 4000-7000 saat iken, kompakt flüoresan lambaların ömürleri de 8000-10000 saat civarındadır [30].

Günlük hayatta çok fazla yerde kullanılmasının sebebi, farklı şekillerde olması sebebiyle birçok cihazın içine koyulabilmeleri, renk sıcaklığı skalasının geniş olması, daha az ısınmaları ve uzun ömürlü olmalarındandır. Örneğin 50 Watt'lık akkor filamanlı lamba yerine 10 Watt değerinde flüoresan lamba kullanılarak aynı ışık şiddeti elde edilirken yaklaşık olarak %80 daha az enerji tüketimi olmaktadır. Kompakt flüoresan lambaların ömürleri akkor filamanlı lambalara göre 8 kat daha fazladır aynı zamanda akkor filamanlı lambaların %20'si kadar enerji harcamaktadır. Bu nedenlerden ötürü kompakt flüoresan lambalar sıklıkla tercih edilmektedir [28].



Şekil 2.38. Kendinden balastlı ve starterli kompakt flüoresan bölümleri [85].

Televizyon çekimlerinde de belirli programlarda kullanılan flüoresan lambalar içerisinde ayna özelliği bulunan cihazların içine yerleştirilerek kullanılmaktadır. Genel olarak homojen, soft ışığın istendiği programlarda kullanılmaktadır. Zamanla rengindeki değişimlerden ötürü televizyon çekimlerine çok uygun olduğu söylenemez. Resim 2.7'de televizyon stüdyolarında kullanılan flüoresan lamba türü gösterilmektedir.



Resim 2.7. Televizyon çekimlerinde kullanılan flüoresan lamba örneği.

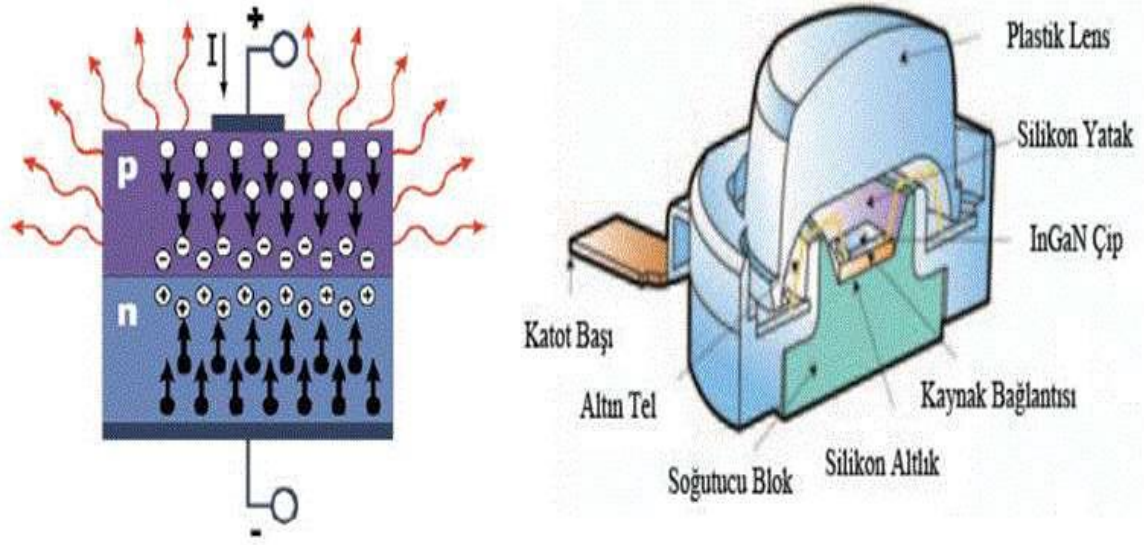
LED teknolojileri

Son yıllarda çok popüler olan ve birçok lamba türünü geride bırakan LED teknolojileri, halen gelişimi ve ticari olarak tanıtımları devam eden bir teknolojidir. Ampulün bulunmasından bu yana kadar üretilen ışık kaynaklarının aksine LED bir lamba değildir.

İngilizce “Light Emmiting Diode” kelimelerinin baş harflerinin birleşimi ile oluşan ve “ışık yayan diyot” anlamına gelen LED, özel yarı iletken bir malzemedan oluşan elektronik çiplere verilen isimdir [86].

Bir LED oluşturmaının yolu, üç tane yarı iletken tabakanın bir alt tabaka üzerinde yerleştirilmesiyle olur. P tipi ve N tipi silikon malzemeler arasında, bir elektron ve bir delik yeniden birleştiğinde oluşan yeni aktif bölge ışık yaymaya başlar.

P-N birleşimini bir diyot oluşturur ve sonra bu diyot ileri doğru tetiklenir, bu sayede p tipi silikon malzeme, n tipi silikon malzeme ve elektronların her ikisi de aktif bölgeye doğru sürüklenir. Delikler elektronlarla birleştiğinde yeniden birleştirilebilir, enerji fotonlara dönüştürülebilir. Bu elektron-delik çiftinin enerji açığa çıkararak daha kararlı hale gelmesi demektir. Yarı iletken malzemenin enerji bandı boşluğu yayılan fotonun dalga boyunu etkilemektedir [84].



Şekil 2.39. LED yapısı ve çalışma prensibi [27].

1891 yılında silisyum karbid sentezlendiği sırada LED'lerin temelleri atılmış oldu. İngiliz mühendis Henry Joseph Round bu deneyleri yaparken, bu sentez üzerinden akım geçirdiğinde sarı ışık elde etmiştir. İlk LED ise 1907 yılında yapılan çalışmalar sonucu elde edilmiştir. İlk üretilen LED'ler mavi renge sahiptiler. Bu ilk LED'lerin verimleri çok düşüktü bu nedenle 1960'lı yıllara kadar saha kullanımı olan LED üretilmemiştir [90].

1960'lı yıllara gelindiğinde Amerikalı bilim adamı Nick Holonyak tarafından ilk saha kullanımı olan kırmızı renkli LED üretilmiştir. Teknolojinin sürekli gelişmesi ve yeni yarı iletken maddelerin de geliştirilmesi ile 1970 ve 1990 yılları arasında turuncu, sarı, mavi ve yeşil renklerde LED aydınlatma teknolojileri üretilmiş ve LED teknolojilerinin de etkinlikleri hızla artmaya devam etmiştir. İlk beyaz LED'ler 1990'lı yılların ortasına doğru geliştirilmiş olmakla birlikte yetersiz kalmış ve etkili olamamıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde ise LED teknolojileri hızlı bir gelişim göstererek, eski aydınlatma teknolojilerine ciddi bir alternatif olarak piyasaya çıkmışlardır [48].

LED aydınlatma günümüzde dünyanın en hızlı büyüyen pazarlarından biri olmuştur. LED lambalar gün geçtikçe bütün alanlarda akkor lamba, flüoresan lamba ve metal halojen lambalar gibi geleneksek ışık kaynaklarının yerine kullanılmaya devam etmektedir. Bunun sebebi LED teknolojilerinin birçok avantajının bulunmasıdır. Bu avantajlar aşağıda sıralanmıştır;

Verimlilik: Diğer bütün aydınlatma kaynaklarına göre Watt başına daha fazla ışık çıkışı sağlarlar. LED'ler 160 lm / W ile 255 lm / W arasında etkinlik faktörüne sahiptirler.

Renk: LED'lerde geleneksel ışık kaynaklarında olduğu gibi ışığın rengini değiştirmek için renk filtreleri kullanılmaz. Renk kalitesi çok yüksektir.

Boyut: Muadillerine göre çok küçük yapıdadırlar. Hem küçük hem de hafif olduklarından aydınlatma kaynakları arasında harika bir seçenektir.

Açma-kapama zamanı: LED'ler enerji verildiğinden itibaren 170 ila 200 mili saniye gibi kısa bir sürede ışık vermeye başlarlar. Bu hızlı açılıp kapanmanın LED'lerin ömrüne olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır.

Uzun ömürlüdürler: LED'lerin faydalı ömür saati genel olarak 35000 ila 50000 saat arasında değişmektedir. Diğer ışık kaynaklarına göre bariz bir şekilde fazla ömürleri vardır.

Darbelere karşı dayanıklıdır: LED'lerin üzeri titreşime dayanıklı cam ve filaman ile kaplıdır. Geleneksel lambalar darbelere karşı oldukça hassas ve dayanıksızken LED'ler oldukça dayanıklı cihazlardır.

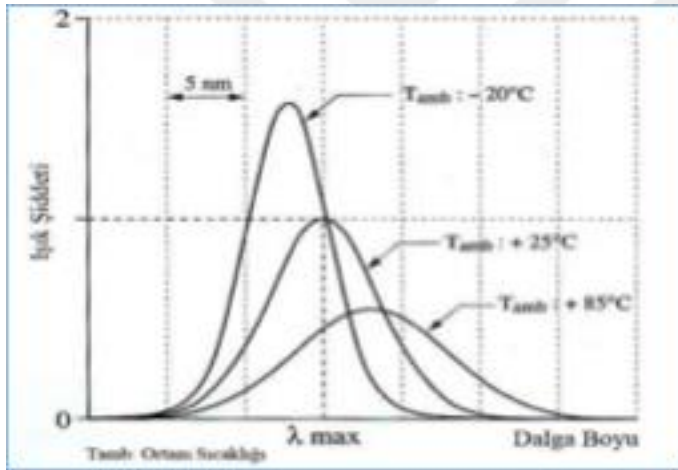
Kızılötesi ve Ultraviyole Işık yaymazlar: Diğer ışık kaynaklarında ısı oluşumu fazla olduğu için kızılötesi ve ultraviyole ışık yaymaktadırlar fakat LED'ler bu tarz ışımaları yapmamaktadır bu da sağlık açısından önemli bir faktördür.

Işık yayma: LED'ler geleneksel ışık kaynaklarının aksine yönlü ışık yaymaktadırlar. Yani geleneksel ışık kaynakları her yöne ışık yayarken, LED'ler istediğimiz tarafa yönlendirilebilecek şekilde ışık yaymaktadırlar.

Soğuk ışık: LED'ler hassas obje ve ürünlere zarar veren ısı üretmezler. Performansı düşük sıcaklıklarda artan LED'lerin buzdolabı, derin dondurucu gibi soğuk tutulması gereken cihazlarda kullanılması avantaj sağlamaktadır. Bunların dışında cam, filament, cıva ve farklı gazlar içermemesi de LED'lerin avantajları arasındadır [28,90].

Sıcaklık, LED'lerin ömürlerini etkileyen en önemli faktördür. Ortam sıcaklığı T_a , LED'in jonksiyon noktası sıcaklığı T_j , ışık kaynağına bağlı olan sürücünün sıcaklığı ise T_c veya T_d olarak tanımlanmaktadır. LED'lerin ışık akılarını, ömürlerini ve renk özelliklerini, çalışma sıcaklığı (T_j) etkilemektedir. Bu sebeple LED tasarlanırken modül kartı üzerinde bakır soğutma alanları düşünülmeli ve analizler çok iyi şekilde yapılmalıdır. Bununla birlikte baskı devre kartı seçiminde de dikkat edilmelidir [91].

Tek renk (monokromatik) ışık yayan LED'lerin verimliliği genel olarak, yaydıkları ışık ışınlarının dalga boyları ile alakalıdır. Günümüzde kullanılan LED'ler ise görülebilir spektrumdaki tüm dalga boylarında ışık üretebilmektedir bu nedenle verimlilikleri ve ışık akıları monokromatik LED'lere göre düşüş göstermektedir. Yapılan araştırmalara göre sıcaklık artışıyla birlikte LED'lerin ürettiği ışığın dalga boyunun uzadığı anlaşılmıştır [92].



Şekil 2.40. Ortam sıcaklığına bağlı olarak ışık şiddeti ve dalga boyundaki değişim [27].

Sokak, cadde, meydan gibi dış ortamda bulunan yerlerin aydınlatmaları yüksek ışık isteyen bir iştir. Bu tarz yerleri aydınlatırken yıllık ortalama 4000 saat harcanmaktadır. LED lambaların ömürlerinin ortalama 50000 saat olduğu düşünüldüğünde 10 yıldan fazla kullanmak mümkün olacaktır. Şartların zor olduğu, köprüler, viyadükler, tüneller ve dağlık bölgelerde sürekli lamba değiştirmek zahmetli ve masraflı olacağı için bu tarz yerlerde LED'ler tercih edilerek uzun bir süre sorunsuz bir şekilde kullanım sağlanabilir [93].

LED'lerin CRI değerleri yüksektir. Bu sayede renk skalası çok geniş bir alana yayılmaktadır. LED'ler yüksek saflıkta renklendirilmiş, milyonlarca renk seçeneği sunan ışık kaynaklarıdır. İstenilen rengi oluşturmak için renk filtrelerine ihtiyaç duymayan

LED’ler ışık şiddetinde ve renklerin netliğinde bir kayıp olmadan ışık verebilirler. Bu sayede enerji kaybı yaşanmadan, daha net, daha güçlü ve daha canlı renkler elde etmek mümkün olmaktadır [85].



Şekil 2.41. LED türleri [27].

LED’lerin bir referans akım ve gerilim değeri ile beslenmeleri gerekmektedir. Referans alınan bu değer seri dirençler ve akım regülatörlü SMPS güç kaynakları ile sağlanmaktadır. LED’lerin bulundukları ortamdaki sıcaklık, performanslarını büyük oranda etkilemektedir. Ortam sıcaklığının çok yüksek olması LED’lerin ısınmasına dolayısıyla arızalanmalara sebep olmaktadır [89].



Şekil 2.42. Güç kaynağı [27].

Günümüzde ticari LED’ler için iki ana ürün sınıfı bulunmaktadır. Birincisi kubbe şeklinde olan ve kimi zaman “5 mm LED” olarak isimlendirilen düşük güçteki LED’ler. Bu tip LED’lerde ortaya çıkan ışık akısı 5 lümen den fazla olmamaktadır ve emilen güç en fazla 1

Watt'a kadardır. Genellikle tabela aydınlatmalarında, dekoratif aydınlatmalarda ve festival tarzı ortamlarda kullanılır. İkinci LED türü yüksek güçlü LED'ler olarak nitelendirilmektedir. Bu tür LED'ler farklı geometrilere sahiptir, tekli veya çoklu yongalar içerebilir ve bu yongalar çoklu kullanıldığında çok yüksek şiddette ışık üretebilirler. Bu LED'ler tek bir yongada 1 W ile 5 W arasında güç tüketmektedirler. Yüksek güçlü LED'ler aydınlatma uygulamaları için çok uygun ışık kaynaklarıdır. Ticari olarak kullanılan bu tür LED'lerin etkinlik faktörleri 116 lm / W civarındadır ve renk sıcaklığı aralığı 2800K ile 12000K'dir. Bu tür LED'lerin nesnelerin gerçek rengini gösterme özellikleri mükemmeldir. Nominal değerler düşünüldüğünde, yani 25° C ortam sıcaklığı ve uygulanan normal değerli akımlarda LED'lerin ömrü 50000 saati bulmaktadır [84].

Şekil 2.43'te 250 W sodyum buharlı lamba (solda) ile 120 W LED armatürlerin (sağda) kullanıldığı sokak aydınlatmasının renksel geriverim farkı gösterilmiştir.



Şekil 2.43. Sodyum buharlı lamba ile LED'li armatürlerin görsel farkı [41].

Yapay aydınlatma araçlarından olan LED'ler, son dönemin en son teknolojisi olup, aydınlatma tarihinde bir çığır açan Edison'un bulduğu ilk lambasından sonra aydınlatma adına en önemli buluşlardan birisi olarak görülmektedir. LED'ler şimdiye kadar kullanılan tüm geleneksel ışık kaynaklarından daha uzun süre yanan ve aynı zamanda tüm ışık kaynaklarına göre en az enerji tüketen ışık kaynağı olmayı başarmıştır [41].

LED teknolojileri günlük yaşantımızın birçok alanında; cadde, sokak, meydan aydınlatmalarında, bina aydınlatmalarında, televizyonların içerisinde, müzelerde, kuyumcularda, stadyumlarda ve bunun gibi birçok alanda sıklıkla kullanılmaya başladığı gibi televizyon çekimlerinde de artık vazgeçilmez aydınlatma teknolojilerinden biri

olmuştur. Ergonomik, kompakt, hafif yapılarından ötürü aynı zamanda mükemmel denilebilecek seviyede renk özelliklerinden ötürü ve çok az güç harcayan ışık kaynakları olmalarından ötürü LED'ler televizyon çekimleri için ideal araçlardır.

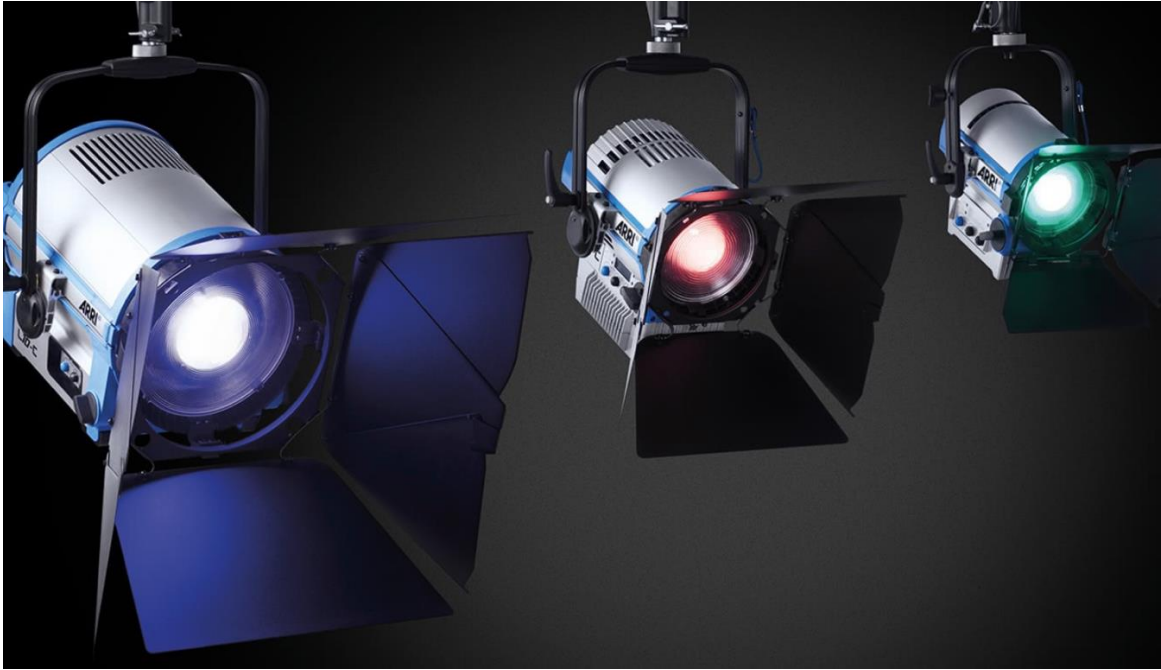


Resim 2.8. LED projektör örneği.

Enerji kaynaklarının hızla tükendiği, maliyetlerin çok yükseldiği ve teknolojinin de hat safhada geliştiği günümüzde aydınlatma endüstrisinde de hızla gelişmelerin olması kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu tarz büyük bir pazarın olduğu yerde rekabet ortamı da haliyle artmaktadır. Bu rekabet ortamındaki büyük firmalar aydınlatma sektöründe bir devrim olan LED teknolojilerini sürekli geliştirme çabası içerisindeyler. Her gün yeni bir ürün ya da özelliğin çıktığı LED teknolojileri dur durak bilmeden gelişimine devam edecek gibi gözükmemektedir.

Son yılların popüler aydınlatma araçlarından olan LED teknolojileri televizyon çekimlerinde de vazgeçilmez olmaya başlamıştır. Özellikle film ve dizi çekimlerinin olduğu platolarda, ışık sistemlerinin 24 saat açık olması gereken stüdyo ortamlarında, düşük enerji kullanıp güçlü aydınlatmaların yapılması istenen dış ve iç çekimlerin hepsinde LED aydınlatma teknolojilerinin kullanımı hızla artmaktadır.

Geleneksel ışık kaynaklarına bakıldığında projektörler genel olarak içinde kullanılan ampul çeşidine göre değerlendirilmekteydi. LED aydınlatma teknolojilerindeyse LED armatürler hemen hemen bütün projektör çeşitlerine uyum sağlayabilmektedir. Mesela tungsten lambaların kullanıldığı fresnel projektörlere LED teknolojileri entegre edilebilmektedir. Bununla ilgili LED aydınlatma endüstrisindeki büyük firmaların ciddi çalışmaları olmuş ve LED fresnel teknolojisi ile büyük adımlar atılmıştır. Geleneksel fresnel lambaları değiştirip içerisine LED armatürleri yerleştirerek, minimum bozulma ve maksimum tasarruf sağlamaktadır [94].



Şekil 2.44. Fresnel LED projektörler [94].

Teknolojik açıdan düşünecek olursak LED aydınlatma endüstrisine çok büyük firmalar ciddi yatırımlar yapmaktadırlar. Bu da LED teknolojilerini her geçen gün bir adım daha öteye taşımaktadır. Bu firmaların başında Arri, Desisti ve Dedolight gibi firmalar gelmektedir.

Arri firması Skypanel adını verdiği, aydınlatma endüstrisi için yeni bir standart oluşturan kompakt, ultra parlak ve yüksek kaliteli ışığa sahip olan LED aydınlatma teknolojisini pek çok alanda geliştirmeyi başarmıştır. On yılı aşkın bir ar-ge sonucu ortaya çıkan bu mükemmel ürün, form, renk, ışın alanı ve çıktıya odaklanan bir tasarıma sahip olmayı ön planda tutmaktadır.

LED panellerin sıfırdan yüze dimmerlenebilir olması ve C serisi (renkli) olanların renk sıcaklığının 2800K-10000K aralığında değiştirilebiliyor olması büyük avantajları arasındadır. S30, S60, S120 derken en son S360 serisine kavuşan Skypanel LED piyasasına damgasını vurmuş durumdadır [94].



Şekil 2.45. Skypanel ailesi [94].

Çok fazla projekte uyum sağlayabilen LED aydınlatma teknolojisi, müzik eğlence programlarında kullanılan robotik ışıklarda (akıllı spot), çeşitli efektler yapmaya yarayan efektif spotlarda, takip spotlarında ve aktüel çekimlerde kullanılan akülü spotlarda da sıklıkla kullanılmaya başlamıştır.

Renk sıcaklığının tek bir düğme ile geniş bir aralıkta değiştirilebiliyor olması, bakıldığında çok ciddi seviyede tasarruf sağlaması, amperi düşük sigortaların kullanıldığı yerlerde ise çok az miktarda amper çektiği için rahatça kullanılabilir olması, diğerlerine göre daha uzun ömürlü olması, genel olarak geleneksel lambalara göre portatif ve kompakt bir yapıya sahip olması gibi birçok avantajı bulunmaktadır.

LED’lerin üretim aşamasında maliyetinin nispeten daha fazla olması ve zamanla renk sapmalarının yaşanması gibi dezavantajları da bulunmaktadır.



Şekil 2.46. Farklı tür ve markalardaki LED aydınlatma araçları [94,95,96].

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tez çalışmasının bu bölümünde, ışık, aydınlatma, aydınlatma teknolojisinin televizyon çekimlerinde kullanımı ile ilgili bugüne kadar yapılmış çalışmaların bazılarına değinilmiştir. Bu çalışmalar ile ilgili özetler aşağıdaki gibidir;

Bayram'ın 2009 yılında yapmış olduğu ışık ve aydınlatma isimli çalışmasında genel olarak ışık ve aydınlatma kavramlarına değinildikten sonra ışığın ve aydınlatmanın televizyon ve sinemada işlevsel kullanıma ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda aydınlatmanın, televizyon sisteminin gereklerini yerine getirmesinin yanı sıra, görüntüde derinlik oluşturmak, ekrandaki önemli öğelere dikkat çekmek, görüntüye duygusallık katmak, zaman belirlemek, çevreyi tanıtmak ve anlamlandırmak gibi etkilerinin de olduğu belirlenmiştir [1].

Sunal'ın 2011 yılında yapmış olduğu sinemada ve televizyonda aydınlatmanın rolü isimli tez çalışmasında ışık ve aydınlatmanın işlevsel yapısı ve dramatik bir öğe olarak kullanımı araştırılmıştır. Bu bağlamda aydınlatmanın sadece görünürlüğü sağlamak için değil, görüntüye estetik bir boyut katmak ve anlatımı anlamlandırmak gibi rollerinin de olduğu, film ve televizyon yapımlarından karşılaştırmalı örneklerle incelenmiştir. Bu tez çalışması sonucunda, ışık olmadan hayat, hayat olmadan hayatın tasvirini yapan sinema ve televizyon var olamaz. İnsanın ve hayatının beyaz ekrandaki doğru tasviri de atmosfer yaratacak, psikolojiyi yansıtacak aydınlatma teknikleri olmadan düşünülemez. Işık var oldukça hayat, hayat var oldukça sinema ve televizyon, sinema ve televizyon var oldukça da yine var oluşun doğru tasviri için aydınlatma ve ışık var olacak; hayata ve insana dair sırlar ve olgular; gölgeler, kontrastlar, parlak ışıklar, silüetler, aydınlık ve karanlık ile ekrana yansımaya devam edecektir [3].

Demiröz'ün 2019 yılında yapmış olduğu tarihi binaların yapı yüzü aydınlatmasında LED aydınlatma teknolojilerinin kullanılması ve Galata Kulesi ile Kız Kulesi uygulaması isimli tez çalışmasında, yapılan analizlerle modern aydınlatma aygıtlarının tarihî yapıların aydınlatmasında tasarım, mimari ve teknik kriterlere uygunluğu araştırılmış aynı zamanda Galata Kulesi'nde konvansiyonel ve LED'li aydınlatma aygıtlarının, Kız Kulesi'nde ise klasik LED'li aydınlatma aygıtları ile çevredeki canlı yaşamın göz önünde bulundurulduğu

yeni nesil LED’li aydınlatma aygıtlarının kullanılmasının çok yönlü analizleri yapılarak bu tür eserlerde aydınlatma tasarımında karar verme süreçlerine yeni bir bakış açısı kazandırmayı amaçlamıştır. Yapılan deneyler sonucunda LED aydınlatma araçlarının ilk maliyetlerinin diğer aydınlatma araçlarına göre yüksek olduğu fakat tarihi yapılarda mimari ve teknik kriterler ekonomik kriterlerden daha önemli olduğu için LED aydınlatma araçlarının kullanımı uygun görülmüştür [8].

Kocaman’ın 2019 yılında yapmış olduğu farklı geometrilere sahip LED dizelerinin aydınlatma özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi isimli tez çalışmasında, konforlu bir aydınlatma için kullanılması gereken LED aydınlatma teknolojilerinin genel özelliklerinden ve ideal ışık şiddeti ve aydınlatma konforu için gerekli olan LED aydınlatma teknolojilerinden bahsedilmiştir. Farklı LED tasarımları ile aydınlatılacak ortamda etkin ışık dağılımı gözlenmiştir. Her bir LED tasarımının farklı akımlarda sürülmesi sonucu elde edilen verilerin analiz sonucu düzgün ve etkin ışık dağılımı kare içi dolu LED tasarımında gözlenmiştir. İçi dolu kare tasarımı ile birim yüzey başına düşen ışık şiddeti değerine karşılık ortam içerisinde gölgelerin azaldığını ve ışığın alan içerisinde daha etkin yayılım yaptığı da görülmüştür. Aydınlatmada görsel konfor ve ideal aydınlatma için de ışık şiddeti değeri ile birlikte gölge değerlerinin ve ortam içerisinde hakim olunacak dalga boyunun önemine de yapılan deneyler sonucunda ulaşılmıştır [27].

Şahin’in 2012 yılında yapmış olduğu aydınlatma tasarımının kullanıcı üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkileri açısından incelenmesi isimli tez çalışmasında, ışık, aydınlatma kavramları, çeşitli ışık kaynakları ve aydınlatmanın insan psikolojisine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda yeterli aydınlık düzeyine sahip, doğru ışık renginde ve kamaşmaları önleyecek şekilde yapılan aydınlatma ile insanlara kendilerini güvende ve iyi hissettirecek, göze hoş gelecek, iş performansına olumlu katkı sağlayacak ve mekan memnuniyetini artıracak ortamlar sunulabileceği ortaya konulmuştur [28].

Yüce, Perdahçı ve Ünsalan’ın 2015 yılında yapmış oldukları aydınlatmada geleneksel ışık kaynaklarından LED’e kadar uzanan tarihçe isimli çalışmada LED’lerin gelecekte etkinliklerini hızlı bir şekilde arttırmaya devam ettirmeleri ile beraber pazardaki paylarının diğer ışık kaynaklarına göre giderek artacağı öngörülmektedir. Günümüzde enkandesen tip lambalar yalnız omik yük içerdiklerinden enerjinin %95’ini ısı %5’ini ışık olarak tüketmektedirler. Bu nedenle günümüzde düşük enerji verimliliği nedeniyle tercih

edilmemektedirler. Bunun yerine yaygın olarak kullandığımız klasik Flüoresan, kompakt Flüoresan, yüksek basınçlı civa buharlı, alçak/yüksek basınçlı sodyum buharlı gibi deşarj lambalar ve LED lambalar devrelerinde içerdikleri elektronik devre elemanlarından dolayı güç kalitesini etkilemektedirler. LED ışık kaynaklarının dünya pazarında yerini almasına kadar aydınlatma tarihinde geleneksel ışık kaynaklarının teknolojik gelişimini incelememiz ve LED ışık kaynaklarının gelecekte hangi noktalara geleceği bu çalışmada incelenmiştir. LED teknolojisinin aydınlatma tarihinde ikinci dönüm noktası niteliğinde olup, aydınlatma pazarındaki yerini giderek artırdığı sonucuna varılmıştır [41].

Büyükbıçakçı'nın 2010 yılında yapmış olduğu bilgisayar destekli aydınlatma programlarının aydınlatma tekniğindeki yeri ve önemi isimli tez çalışmasında, aydınlatmacılığın temel konusunun ışığın üretimi, dağıtımı, ekonomisi ve ölçülmesi olduğunu, aynı zamanda insanın ışığa karşı davranışlarını ve bilgisayar destekli aydınlatma programlarının aydınlatma tekniğindeki yeri ve önemi incelenmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise Sakarya Üniversitesi Karasu Meslek Yüksekokulu Konferans Salonuna ait aydınlatma sistemi tasarımları bilgisayar programı aracılığı ile yapılarak en doğru lamba seçimleri, ışıklık ayarları, duvar renkleri gibi özellikler seçilerek gerekli hesaplamalar DIALux programı aracılığı ile yaptırılmıştır. Aynı zamanda yapılan literatür çalışması neticesinde gerçek ortamdaki bir görüntünün ya da bir fotoğraf görüntüsünün bilgisayarda simülasyonunun yapılarak ne kadar gerçeğe yakın sonuçlar elde edebileceği görülmüştür [45].

Varhan'ın 2019 yılında yapmış olduğu tarihi mekanlarda LED aydınlatması ve uygulamaları isimli çalışmasında, aydınlatma kavramı, aydınlatmanın faydaları, iyi bir aydınlatmada olması gereken özellikler, ışık ve ışık kaynakları, aydınlatma türleri ve tarihi mekanlarda ne tür aydınlatma yapılması gerektiği gibi konular incelenmiştir. Bu çalışmalar yapılırken en son teknoloji aydınlatma elemanı olan Ledler kullanıldı. Karşılaştırma yapmak için eski sistem ve yeni Led sistemi beraber kullanılıp termal kamera ile ölçüm yapıldı. Led sisteminin hem görüntü olarak estetik durduğu hem de taş üzerinde ısınma yapmadığı görüldü. Ayrıca Led sistemi ile halojen sistem için hesaplama yapılarak enerji tasarrufunun miktarı ortaya konulmuştur [48].

Marangoz'un 2018 yılında yapmış olduğu iç mimaride aydınlatmanın tanımı ve ofis mekanlarında aydınlatma kriterlerinin incelenmesi isimli tez çalışmasında, aydınlatmanın

tarihçesi ve tanımı, aydınlatmanın çeşitleri, amaçları bakımından aydınlatma çeşitleri ve ışığın yönlendirilmesine göre aydınlatma çeşitleri, ışık nedir? ışığın algılanması, ışık kaynakları ve ışık psikolojisi ve ışığın insan üzerinde bırakmış olduğu psikolojik etkiler gibi konular incelenmiştir. doğru tasarımı ortaya çıkaran, istenen özellikleri vurgulayan ve gerektiğinde sınırlayan en güçlü öğelerden biri olan ışık sayesinde görsel konfora ulaşmak mümkündür. İyi bir aydınlatma ile görsel konfor sağlandığında, çalışanlarda verimliliğin arttığı, kalitenin arttığı ve ikili ilişkilerin daha üst düzeye çıktığı gözlemlenmiştir [75].

Akıllı'nın 2019 yılında yapmış olduğu farklı çalışma ortamlarında kullanılan yapay aydınlatma kaynaklarının spektral analizi ve çalışanlar üzerindeki etkileri isimli tez çalışmasında, çalışma hayatında kullanılan yapay ışık kaynaklarının bir kısmının spektral analizlerinin yapılması ve piyasada bulunan ürünlerin gerçekten de istenen değerlere ulaşip ulaşmadığının ve bunun çalışanların sağlığına olan etkileri, yapay ışık kaynaklarının sınıflandırılması, sınıflandırılan bu kaynakların her birinin beklenen spektral dağılım grafiklerinin paylaşılması ve numune olarak seçilen kaynakların spektral analiz ölçümlerinin yapılarak karşılaştırılması ve değerlendirme sonuçlarının hangi sonuçlar doğuracağı incelenmiştir. Numune olarak flüoresan ve LED ürünler seçilmiştir ve şu sonuçlara ulaşılmıştır. (a) numunesi olarak deneyde kullanılan 4x14W çift parabolik reflektörlü flouresan armatürler için, TS EN 62471 standardına göre RG0 olarak sınıflandırılmakta, bunun anlamı da risk unsurları için herhangi bir foto biyolojik tehlike ortaya çıkarmamasıdır. Bununla birlikte, teknik dokümanında belirtilen, spektral ölçüm grafiği ile TSE IEC TR 62778 standardına göre yaptığımız deney sonucu elde ettiğimiz spektral ölçüm grafiği tam bir uyum içinde gözükmektedir. (b) numunesi olarak deneyde kullanılan 50W LED projektör için, TS EN 62471 standardına göre RG1 olarak sınıflandırılmakta, bunun anlamı da maruz kalmadaki normal davranış sınırlamalarından dolayı lambanın bir tehlike ortaya çıkarmamasıdır. Bununla birlikte, teknik dokümanında bulunmamasına rağmen, genel değerlendirme ölçümlerinde gösterilen spektral ölçüm grafiği ile TSE IEC TR 62778 standardına göre yaptığımız deney sonucu elde ettiğimiz spektral ölçüm grafiği genel bir uyum içinde gözükmektedir [84].

Bilici'nin 2019 yılında yapmış olduğu LED lambalarla verimli bir aydınlatma sisteminin gerçekleştirilmesi isimli tez çalışmasında, LED aydınlatma araçları ve gün ışığından faydalanılarak aydınlatma kalitesinin artırılması ve elektrik enerjisinin daha verimli kullanılması amacıyla bir akıllı aydınlatma sistemi gerçekleştirilmiştir ve LED lambaların

verimliliği incelenmiştir. Gün ışığının da aydınlatmaya dâhil edilmesi sayesinde, mevsimsel dönemlere ve aydınlatma işleminin yapıldığı ortamın konumuna göre değişiklikler göstermekle birlikte aydınlatma cihazlarının 8,5 saat açık kalması ile elde edilen verimlilik değerleri, akıllı aydınlatma sisteminin manuel açma kapama yapılan sistemlere göre %47,78 ile %97 oranlarına varan elektrik enerjisi tasarrufu sağladığı görülmektedir [85].

Göçmen'in 2014 yılında yapmış olduğu aydınlatma aygıtlarının enerji verimliliği ve güç kalitesine etkileri isimli tez çalışmasında, iç ve dış aydınlatma aygıtlarından oluşturulan farklı deney düzenekleri bir güç analizörü yardımı ile ölçülmekte ve aydınlatma elemanlarının şebekeden çektiği akım-gerilim dalga şekli, şebekeye olan harmonik etkileri ve güç kalitesi bileşenleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İç aydınlatma aygıtlarından alınan harmonik akım ölçüm sonuçlarına göre 11W'lık LED lamba dışındaki tüm aydınlatma aygıtları TS EN 61000-3-2 C sınıfı harmonik standartlarına uymaktadır. Aktif giriş gücü 25 W'ın altında olan 11W'lık LED lamba'nın 3.harmoniği %93, 5.harmoniği %80 değeri ile standartlarda belirtilen azami izin verilebilir harmonik akım değerini aşmıştır. THD'si yüksek olan kompakt flüoresan lamba ise standartta belirtilen izin verilebilir harmonik akım değerlerinin altındadır. Ayrıca 10W'lık güç faktörü düzeltme özelliğine sahip LED lambanın akım harmonik sonuçları ise standartlarda belirtilen izin verilebilir harmonik akım değerlerinin altındadır. Ölçüm sonuçlarına göre dış aydınlatmada kullanılan LED lambanın harmonik etkisi diğer aydınlatma aygıtlarına göre oldukça yüksektir. LED lambanın $\cos\phi$ değeri 0,95 iken alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın $\cos\phi$ değeri 0,25 gibi çok küçük bir değerdedir. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın $\cos\phi$ değeri 0,48 yüksek basınçlı civa buharlı lambanın $\cos\phi$ değeri 0,58 ve halojen lambanın $\cos\phi$ değeri 0,51'dir. Dış aydınlatma aygıtlarından alınan harmonik akım ölçüm sonuçlarına göre LED lamba dışındaki tüm dış aydınlatma aygıtları TS EN 61000-3-2 harmonik standartlarına uymaktadır. Dış aydınlatma da kullanılan aktif giriş gücü 25 W'ın üzerinde olan LED lamba'nın 3.harmoniği %92, 5.harmoniği %78,5, 7.harmoniği %62,5, 9.harmoniği %48,4 değeri ile standartlarda belirtilen azami izin verilebilir harmonik akım değerini aşmıştır [89].

Yılmaz'ın 2019 yılında yapmış olduğu LED ışık kaynaklı, enerji tasarruflu ve yüksek verimli ofis aydınlatma armatürü tasarımı isimli tez çalışmasında, hali hazırda genel aydınlatma armatürü olarak kullanılan 4x18 ve 4x14 floresan ışık kaynaklı armatürler

yerine geçebilecek ve bu armatürlere göre %40-%60 enerji tasarrufu sağlayan LED ışık kaynaklı ofis aydınlatma armatürü tasarlanmıştır. Ofis aydınlatma armatürü tasarımında, dekoratif görünümünden öte işlevsellik, yüksek performans ve düşük maliyet esaslarının göz önünde bulundurulması temel ilke edinilmiştir. Çalışma sonucunda performans değerleri akredite tarafından laboratuvar onaylanmış, yüksek performanslı 108 lm/W etkinlik faktörüne sahip, uzun ömürlü 36 000 saatten fazla ekonomik ömre sahip LED ışık kaynaklı ofis aydınlatma armatürü elde edilmiştir [91].

Gündüz'ün 2012 yılında yapmış olduğu LED ışık kaynaklı enerji verimli endüstriyel aydınlatma armatürü optik tasarımı isimli tez çalışmasında, endüstriyel tesislerde aydınlatma tasarım kriterleri açıklanmış ve LED ışık kaynakları ile geleneksel lambalardan endüstriyel tesislerde özellikle yüksek tavanlı üretim hollerinde kullanılmaları en uygun lamba tipleri olan metal halojen ve flüoresan lambalar incelenmiştir. LED ışık kaynaklı armatür tasarım süreçleri ve optik ışık kontrolünün temel prensipleri verilip, optik ışık kontrolünde kullanılan malzemeler de incelenerek optik tasarım anlatılmıştır. Daha sonra, enerji verimli çözümler üretebilmek için LED ışık kaynaklı armatürler tasarlanmıştır. Endüstriyel üretim holünü temsil edebilecek taban alanı sabit, yükseklikleri 6, 8, 10 ve 12 m olarak değişen bir hacimde 200, 300 ve 500 lx ortalama aydınlık düzeyleri için ortalama düzgünlüğü sağlanacak şekilde, tez kapsamında tasarlanan armatürler kullanılarak aydınlatma tasarım hesapları yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, iyi tasarlanmış LED ışık kaynaklı armatürlerle gerçekleştirilen tesisatlarda, baz alınan 150W ve 250W metal halojen lambalı armatürlere göre %26,6 ile %32,9 arasında, 2x58W ve 4x58W flüoresan lambalı armatürlere göre ise %9,1 ile %23,9 arasında enerji tasarrufu sağlanabildiği belirlenmiştir [92].

Kılıç'ın 2013 yılında yapmış olduğu kentsel dış mekanlarda LED aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi üzerine örnek bir çalışma isimli tez çalışmasında, konvansiyonel ışık kaynakları olan Metal Halide ve Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı sokak lambalarının, yüksek güçlü LED lambalar karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemeler ve hesaplamalar sonucunda, LED'lerin, enerji tüketimi açısından daha yüksek güçlü olan eski tip aydınlatma ekipmanlarına göre yüzde 62'ye kadar enerji tasarrufu sağladığı sonucuna varılmıştır [93].

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Çalışmanın bu bölümünde TRT’de gerek stüdyolarda gerek dış çekimlerde kullanılan, ölçümlerini gerçekleştireceğimiz çeşitli marka ve modellerdeki aydınlatma kaynaklarının neler olduğundan ve bu aydınlatma kaynaklarının genel teknik özelliklerinden bahsedilmiştir.

Ölçümlerde kullanılan bütün aydınlatma kaynakları 220 Volt monofaze elektrik enerjisi kullanılarak çalıştırılmıştır.

Ölçümler Resim 4.1’de gösterilen “KONICA MINOLTA CL-200” marka ve modelinde renk sıcaklığı ve ışıksal aydınlık ölçümü yapan cihaz ile yapılmıştır. Bu cihaz, ışık kaynaklarının tristimulus değerlerini, kromatikliğini, renk farkını, ilişkili renk sıcaklığını ve aydınlatmasını ölçmek ve görüntülemek için tasarlanmış bir olay renk ölçerdir. Otomatik sıfır ayarı özelliği, cihazın açıldıktan hemen sonra ölçüme hazır olmasını sağlar. CL-200 reseptörü, LAN kablosuyla ölçüm gövdesinden 100 m uzağa ayrılabilir ve bağlanabilir bu sayede uzaktan ölçüm yapmak mümkündür. Ölçülen verilerin çıktısının alınması gerektiği durumlarda, termal yazıcı bağlantısı da mümkündür. Bu cihazın ana gövdesine 2 ila 30 ilave alıcı bağlanabilmektedir.



Resim 4.1. Renk sıcaklığı ve ışıksal aydınlık ölçen cihaz.

Ölçümler üç farklı kategoride üzer projektör kullanılarak yapılmıştır. Her grupta bir adet tungsten halojen, bir adet gaz deşarjlı ve bir adet de LED aydınlatma kaynağı kullanılmıştır. Birinci kategoride aktüel ışık olarak adlandırabileceğimiz düşük güç ve küçük hacme sahip projektörler kullanılmıştır. İkinci kategoride orta seviyede güç ve kasa oranına sahip projektörler kullanılmıştır. Üçüncü kategoride ise yumuşak ışık kaynakları, dağınık ışık veren projektörler kullanılmıştır.

4.1.1. Düşük Güç ve Küçük Kasaya Sahip Projektörler

ARRI 300 plus fresnel

İlk ölçüm yaptığımız aydınlatma kaynağı “ARRI 300 Plus fresnel” tungsten halojen lambalı, çoğu yerde “Mizar” olarak adlandırılan bir projektör çeşidi. Bu ışık kaynağı sert ışık kaynağı olup toplama ve dağıtma özelliğine sahiptir. Yani spot ve flood özellikleri sayesinde ışık tamamen bir noktaya odaklanabildiği gibi tamamen dağıtılarak daha geniş bir alana ışık yayması da sağlanabilir. Bu aydınlatma kaynağı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



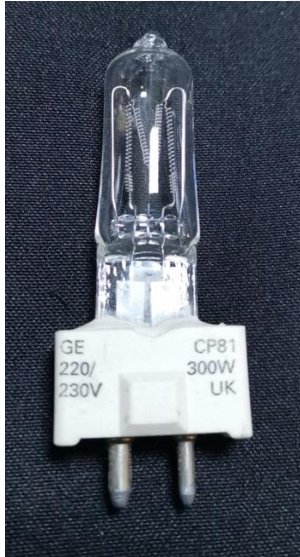
Şekil 4.1. ARRI 300 plus fresnel spot [94].

ARRI markasının resmî sitesinden alınan verilere göre ARRI 300 plus fresnel ışık kaynağının bazı teknik özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. ARRI 300 plus fresnel spotun teknik özellikleri [94].

Kategori	Tungsten halojen
Marka Model	ARRI 300 Plus
Spot Türü	Fresnel
Maksimum Güç	300 W
Renk Sıcaklığı	3200 K

Ölçüm sonuçlarını, kullanılan spot çeşitleri etkilediği gibi kullanılan lambanın markası da etkilemektedir. Ölçümü yapılan bu aydınlatma kaynağında “GE” marka 300 W’lık tungsten halojen lamba kullanılmıştır. Resim 4.2’de bu lamba gösterilmektedir.



Resim 4.2. GE marka 300 W tungsten halojen lamba.

ARRI compact 200

Ölçümleri yapılan ikinci aydınlatma kaynağı, “ARRI compact 200” gaz deşarjlı, ark lamba olarak adlandırılan bir projektördür. Bu aydınlatma kaynağı da sert bir ışık kaynağıdır ve spot, flood özelliğine sahiptir. Bu tür aydınlatma kaynakları balast denilen harici bir cihaza bağlanarak çalışabilmektedir.

ARRI markasının resmî sitesinden alınan verilere göre “ARRI compact 200” adlı ışık kaynağının bazı teknik özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. ARRI compact 200 spotun teknik özellikleri [94].

Kategori	Gaz Deşarjlı
Marka Model	ARRI compact 200
Spot Türü	Fresnel
Maksimum Güç	200 W
Renk Sıcaklığı	5600 K

Ark lambalar genellikle HMI olarak adlandırılırsalar da farklı markaların üretmiş olduğu ark lambalar farklı şekillerde adlandırılmaktadır. Örneğin Osram marka bir lambada bu HMI olarak adlandırılırken Philips marka bir lambada MSR olarak adlandırılmaktadır. Ark lambaların kullanılma süreleri ve çeşitleri de ölçümleri etkilemektedir. Yapılan ölçümlerde kullanılan ark lambası, kullandığımız “ARRI compact 200” ve balastı Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. ARRI compact 200 spot ve Osram HMI 200 W lamba [94].

Dedolight DLED4-BI

Ölçümü yapılan diğer bir aydınlatma kaynağı Dedolight firmasının üretmiş olduğu LED modeli. LED teknolojisi kullanılarak üretilmiş olan bu model son derece portatif ve kullanışlı bir sert ışık kaynağıdır. Ayrı aparatlar kullanılarak direk enerjiden beslenebildiği gibi harici bir akü yardımı ile de çalışabilmektedir. Bu projektör 0’dan 100’e dimmerlenebilme ve çeşitli renk sıcaklıklarında (filtre kullanmadan) çalışabilme özelliklerine sahiptir.

Dedotech firmasının sitesinde Dedolight LED aydınlatma kaynağının bazı teknik özellikleri Çizelge 4.3'teki gibi verilmiştir.

Çizelge 4.3. Dedolight LED aydınlatma kaynağı teknik özellikleri [96].

Kategori	LED
Marka Model	Dedolight DLED4-BI
Spot Türü	Fresnel
Maksimum Güç	40 W
Renk Sıcaklığı	2700-6500 K

Dedolight marka LED aydınlatma kaynağının görseli Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Dedolight DLED4-BI model LED aydınlatma kaynağı [96].

4.1.2. Orta Seviyede Güç ve Kasaya Sahip Projektörler

De sisti leonardo 1kw

Ölçümü yapılan sıradaki aydınlatma kaynağı De sisti firmasının üretmiş olduğu sert bir ışık kaynağı olan “De sisti fresnel Leonardo 1 kw” isimli tungsten halojen lamba kullanan, 1 kw olduğu halde 1,2 kw lamba ile de çalışabilen bir aydınlatma aracı.

De sisti markasının resmi internet sitesinden alınan ‘‘De sisti Leonardo 1 kw’’ ile ilgili bazı teknik özellikler Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4. De sisti leonardo 1 kw aydınlatma kaynağının teknik özellikleri [95].

Kategori	Tungsten halojen
Marka Model	De sisti Leonardo 1 Kw
Spot Türü	Fresnel
Maksimum Güç	GX 9,5 soket ile 1000 W – G22 soket ile 1200 W
Renk Sıcaklığı	3200 K

Yapılan ölçümlerde kullanılan De sisti Leonardo 1 kw projektör görseli ve kullanılan 1 kw Philips marka lamba Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. De sisti leonardo 1 kw spot ve philips 1 kw lamba görseli [95].

De Sisti Rembrandt Piccolo 575 W MK2

Ölçümü yapılan diğer aydınlatma kaynağı yine De Sisti markasına ait olan gaz deşarjlı ark lambalar sınıfında yer alan ‘‘De sisti Rembrandt Piccolo 575 W MK2’’ modeli.

De sisti firmasının resmî sitesinden alınan bilgilere göre “De sisti Rembrandt Piccolo 575 W MK2” modelinin bazı teknik özellikleri Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.5. De sisti Rembrandt 575 W spotun teknik özellikleri [95].

Kategori	Gaz Deşarjlı
Marka Model	De sisti Rembrandt Piccolo 575 W MK2
Spot Türü	Fresnel
Maksimum Güç	575 W
Renk Sıcaklığı	5600 K

Yapılan ölçümlerde kullanılan “De sisti Rembrandt Piccolo 575 W MK2” model projektör, balastı ve Osram marka HMI model 575 W lambanın görseli Şekil 4.5’te gösterilmiştir.



Şekil 4.5. De sisti 575 W spot ve balastı ve osram HMI 575 W lamba [95].

ARRI L5-DT LED Fresnel

Bu aydınlatma kaynağı ARRI markasının üretmiş olduğu fresnel LED aydınlatma aracı olan “ARRI L5-DT” modelidir. Odaklanabilme yeteneğine sahip olan bu LED aydınlatma kaynağı 0’dan 100’e dimmerlenebilir özelliğe ve belirli aralıklarda renk sıcaklıklarına geçiş yapabilme özelliklerine sahiptir.

ARRI markasının resmî sitesinden alınan ‘‘ARRI LED fresnel L5-DT’’ ile ilgili bazı teknik özellikler Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. ARRI LED L5-DT modelinin teknik özellikleri [94].

Kategori	LED
Marka Model	ARRI LED L5-DT
Spot Türü	Fresnel
Maksimum Güç	115 W
Renk Sıcaklığı	5000-6500 K

ARRI LED fresnel L5-DT ile ilgili görsel Resim 4.3’te gösterilmiştir.



Resim 4.3. ARRI fresnel LED L5-DT modelinin görseli.

4.1.3. Dağınık Işık Veren Projektörler

De sisti botticelli 2 kw

Bu kategoride ölçümü yapılan ilk aydınlatma aracı De sisti markasının üretmiş olduğu yumuşak ışık kaynaklarından olan ‘‘De sisti Tungsten Quartz Halojen Softlights Botticelli 2 kw’’ modeli. İsminden anlaşılacağı gibi dağınık ve homojen ışık yayan bu aydınlatma kaynağında lambalar ışığı spotun içerisinde bulunan aynalardan yansıtarak vermektedir. Bu sayede yumuşak bir ışık yayılmaktadır.

De sisti'nin resmi internet sitesinde ‘‘De sisti Tungsten Quartz Halojen Softlights Botticelli 2 kw’’ modeli ile ilgili bazı teknik özellikler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. De sisti botticelli 2 kw teknik özellikleri [95].

Kategori	Tungsten Halojen
Marka Model	De sisti Botticelli 2 kw
Spot Türü	Softlights (Yumuşak Işık)
Maksimum Güç	118 mm sokette 2000 W (1000 W X 2) 189 mm sokette 2500 W (1250 W X 2)
Renk Sıcaklığı	3200 K

Yapılan ölçümlerde kullanılan De sisti botticelli 2 kw aydınlatma kaynağı ve kullanılan Radium marka 1000 W (1000 W’lık 2 adet lamba kullanılmıştır) lambanın görseli Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. De sisti botticelli 2 kw yumuşak ışık ve radium marka 1 kw lamba [95].

Balcar quadlite

BALCAR markasının üretmiş olduğu Balcar Quadlite isimli flüoresan lamba kullanan aydınlatma kaynağı, lambanın renk sıcaklığına göre 3200 K veya 5600 K olarak

kullanılabilmektedir. Yumuşak ışık kaynakları arasında olan bu projektör 4 adet flüoresan lamba soketine sahiptir.

Balcar’ın resmi internet sitesinden alınan bazı teknik özellikler Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Balcar quadlite flüoresan lamba teknik özellikleri [97].

Kategori	Flüoresan
Marka Model	Balcar Quadlite
Spot Türü	Softlihgt (Yumuşak Işık)
Maksimum Güç	200 W
Renk Sıcaklığı	3200 K veya 5600 K

Yapılan ölçümler 5600 K değerinde Osram marka 55 W’lık 4 adet Flüoresan lamba ile yapılmıştır. Projektör ve lambanın görseli Resim 4.4’te verilmiştir.



Resim 4.4. Balcar Quadlite spot ve osram flüoresan lamba.

ARRI skypanel S60-C LED

Ölçümleri yapılan son aydınlatma kaynağımız ARRI markasının üretmiş olduğu devrim niteliğinde özelliklere sahip olan “ARRI Skypanel S60-C” adlı LED yumuşak ışık kaynağı. Birçok özelliği bünyesinde barındıran Skypanel S60-C, 0’dan 100’e

dimmerlenebilir. Böylece, çok geniş bir aralıkta bile renk sıcaklığı değiştirilebilir ve bütün renklerin elde edilebilir olması sebebiyle de sıklıkla kullanılmaya başlayan aydınlatma kaynaklarından biri olmaya başlamıştır.

Bu aydınlatma kaynağının görseli Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. ARRI Skypanel S60-C LED aydınlatma kaynağı.

ARRI’nin resmi internet sitesinden alınan bilgilere göre Skypanel S60-C isimli aydınlatma kaynağının bazı teknik özellikleri Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. ARRI Skypanel S60-C LED spot teknik özellikleri [94].

Kategori	LED
Marka Model	ARRI Skypanel S60-C
Spotun Türü	Soft Diffusion Panel (Yumuşak Işık Panel)
Maksimum Güç	420 W nominal – 450 W maksimum
Renk Sıcaklığı	2800 – 10000 K

4.2. Yöntem

Ortam olarak TRT ışık servisi deposu kullanılmış olup, ölçümler dışarıdan başka bir ışık almayacak şekilde tamamen izole edilerek yapılmıştır. Fakat bu ölçümler profesyonel bir laboratuvar ortamında yapılmamıştır.

Bu ölçümleri yaparken Resim 4.5’te görülen televizyon çekimlerinde de referans olarak kullanılan, televizyon renk test kartı bir A4 kâğıt üzerine bastırılıp, aydınlatılacak obje olarak bu kâğıt kullanılmıştır.



Resim 4.5. Ölçümde kullanılan televizyon renk test kartı.

Yapılan ölçümlerin her birinde aydınlatma kaynakları, televizyon renk test kartı objemize 3 metre mesafeden uygulanmıştır. Aydınlatma kaynakları objenin tam karşısından verilmiştir ve ışık ışınları yere paralel olarak tam dik açıyla objeyi aydınlatmaktadır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

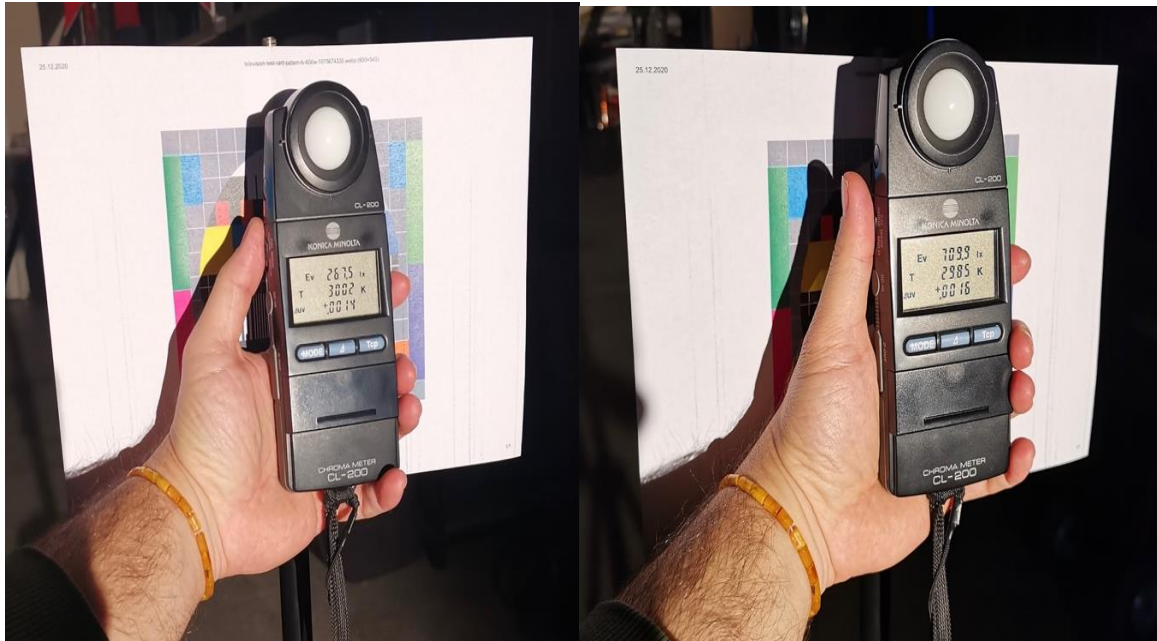
Çalışmanın bu bölümünde TRT’de kullanılan, üç ayrı kategoride üçer tane aydınlatma kaynağı ile yapılan ölçüm sonuçları ve bu aydınlatma kaynaklarının özellikleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Karşılaştırmalar her bir kategoride kendi içinde yapılmıştır. Bütün aydınlatma kaynakları ile yapılan ölçümler her bir kaynak için ayrı ayrı ve aynı şartlar altında yapılmıştır.

Yapılan ölçümlerde aydınlatma kaynaklarının 3 metre mesafeden verdikleri ışıksal aydınlık (lx) miktarı ve renk sıcaklığı (K) değerleri elde edilmiştir. Bütün uygulamalar objenin tam karşısından, ışık yere paralel olacak şekilde, dik açıyla yapılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir.

5.1. Düşük Güç ve Küçük Kasaya Sahip Projektörlerin Ölçüm Sonuçları

5.1.1. ARRI 300 plus fresnel ölçüm sonuçları

Bu aydınlatma kaynağı sert ışık kaynağı olduğu için ölçümlerimiz odaklı ve dağınık olarak iki ayrı şekilde yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Resim 5.1’de verilmiştir.



Resim 5.1. ARRI 300 plus fresnel solda dağınık, sağda odaklı haldeki ölçüm verileri.

Resim 5.1’de görüldüğü üzere ARRI 300 plus fresnel projektör ile yapılan iki ölçüm sonucunda dağınık halde 267,5 lüks ve 3002 K değeri, odaklı halde ise 709,9 lüks ve 2985 K değeri elde edilmiştir.

5.1.2. ARRI compact 200 ölçüm sonuçları

Aynı şekilde bu projektörde de dağınık ve odaklı olmak üzere iki farklı ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Resim 5.2’de verilmiştir.



Resim 5.2. ARRI compact 200 lamba solda dağınık, sağda odaklı ölçüm verileri.

Resim 5.2’deki ölçüm sonuçlarına göre ARRI compact 200 ark projektörün dağınık halde 637.8 lüks ve 5104 K değeri, odaklı halde ise 5647 lüks ve 5236 K değeri elde edilmiştir.

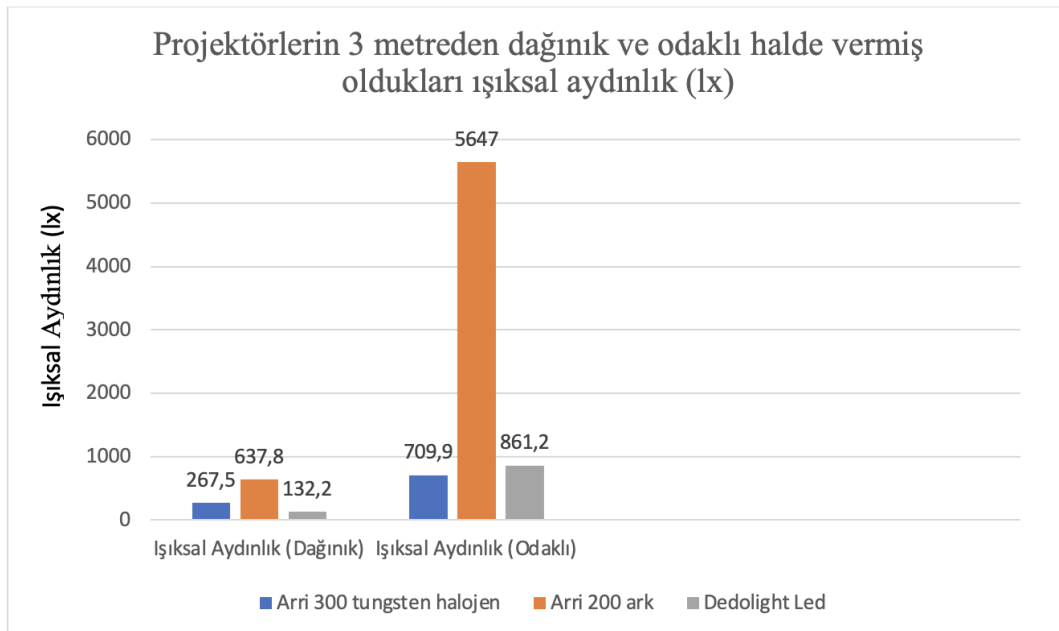
5.1.3. Dedolight dled4-bi ölçüm sonuçları

İlk iki aydınlatma kaynağında olduğu gibi bu aydınlatma kaynağı da odaklanabilme özelliğine sahip olduğu için dağınık ve odaklı olmak üzere iki farklı ölçüm yapılmıştır. Ayrıca bu projektör de renk sıcaklığı değiştirilebilmektedir ve ölçümler 5600 K renk sıcaklığında yapılmıştır. Çıkan ölçüm sonuçları Resim 5.3’te verilmiştir.



Resim 5.3. Dedolight LED projektör solda dağınık, sağda odaklı ölçüm verileri.

Resim 5.3'teki verilere göre bu aydınlatma kaynağının dağınık halde verdiği değer 132,2 lüks ve 5322 K iken odaklı halde verdiği değer 861,2 lüks ve 5622 K'dir.

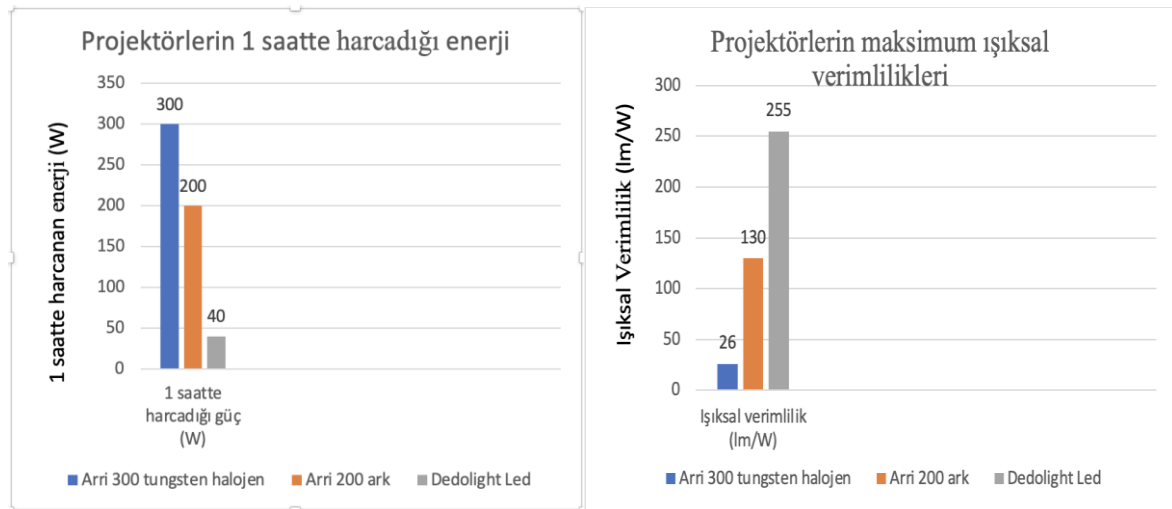


Şekil 5.1. 1. kategorideki projektörlerin dağınık ve odaklı haldeki ışıksal aydınlık değerleri.

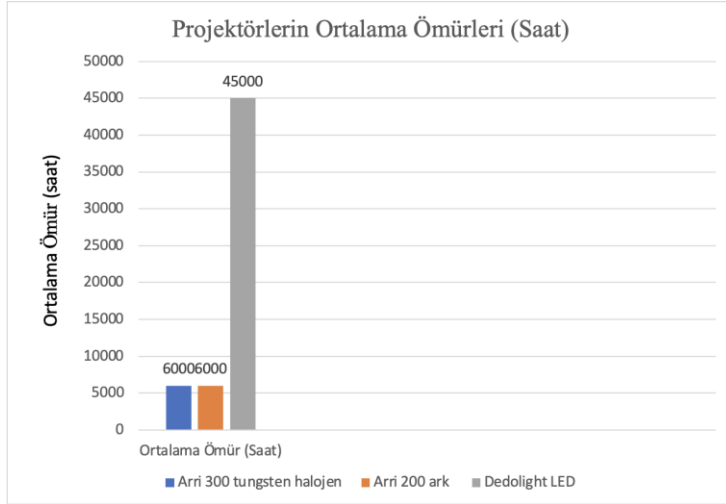
İlk kategorideki ölçüm sonuçları sırayla verilmiştir. Bu ölçüm sonuçları ve kullanılan projektörlerin özelliklerini içeren karşılaştırmalı veriler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Birinci kategorideki projektörlerin karşılaştırmalı verileri.

	ARRI 300 Plus 	ARRI 200 Compact 	Dedolight DLED4-BI 
3 m'den verdiği lüks (Dağınık)	267,5 lx	637,8 lx	132,2 lx
3 m'den verdiği lüks (Odaklı)	709,9 lx	5647 lx	861,2 lx
Renk Sıcaklığı (Dağınık)	3002 K	5104 K	5322 K
Renk Sıcaklığı (Odaklı)	2985 K	5236 K	5622 K
1 Saatte harcadığı enerji	300 W	200 W	40 W
Lamba Türü	Tungsten halojen	Gaz deşarjlı	LED
Lamba Ömrü	2000-10000 saat	~6000 saat	35000-50000 saat
Işıksal Verimlilik (Etkinlik Faktörü)	12-26 lm/W	70-130 lm/W	160-255 lm/W



Şekil 5.2. 1. kategorideki projektörlerin 1 saatte harcadığı enerji (solda) ve maksimum ışıksal verimlilikleri (sağda).



Şekil 5.3. 1. kategorideki projektörlerin ortalama ömürleri.

Yapılan ölçümler ve elde edilen bilgiler ışığında birinci kategoride karşılaştırmalı çizelge ve grafikler oluşturulmuştur. Bu bilgilere göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

İlk olarak Şekil 5.1'deki grafik incelendiğinde, bütün projektörlerin odaklı halde vermiş oldukları ışıksal aydınlık (lüx) değerleri dağınık halde vermiş oldukları ışıksal aydınlık değerlerinden fazladır. Grafiğe bakıldığında, Arri 300 plus tungsten halojen projektör odaklı halde, dağınık haldeki durumunun yaklaşık 2,65 katı ışıksal aydınlık üretmiştir. Arri compact 200 gaz deşarjlı ark projektör ise odaklı halde, dağınık halinin yaklaşık 8,85 katı ışıksal aydınlık üretmiştir. Dedolight LED projektör de odaklı halde, dağınık haline göre yaklaşık 6,5 katı ışıksal aydınlık üretmiştir.

Projektörlerin dağınık halde vermiş oldukları ışıksal aydınlık değerleri karşılaştırıldığında, Arri compact 200 gaz deşarjlı projektör, Arri 300 plus tungsten halojen projektörün yaklaşık 2,4 katı, Dedolight LED projektörün ise yaklaşık 4,8 katıdır. Arri 300 plus tungsten halojen projektör de Dedolight LED projektörün yaklaşık 2 katı ışıksal aydınlık üretmiştir. Odaklı halde vermiş oldukları ışıksal aydınlık değerleri karşılaştırıldığında, Arri compact 200 gaz deşarjlı projektör, Arri 300 plus tungsten halojen projektörün yaklaşık 8 katı, Dedolight LED projektörün ise yaklaşık 6,5 katıdır. Dedolight LED projektör, Arri 300 plus tungsten halojen projektörün yaklaşık 1,2 katı ışıksal aydınlık üretmiştir.

Şekil 5.2'de (solda) projektörlerin 1 saatte harcadıkları güç incelendiğinde Arri 300 plus tungsten halojen projektör, Arri compact 200 gaz deşarjlı projektörün 1,5 katı kadar enerji

tüketmekte iken Dedolight LED projektörün 7,5 katı kadar enerji tüketmektedir. Arri compact 200 gaz deşarjlı projektör ise, Dedolight LED projektörün 5 katı kadar enerji tüketmektedir.

Televizyon çekimlerindeki aydınlatma için önemli kriterlerden biri olan ışıksal verimlilik, Şekil 5.2'deki grafik (sağda) incelendiğinde, Dedolight LED projektör, Arri compact 200 gaz deşarjlı projektörün yaklaşık 2 katı ışıksal verimliliğe sahip iken, Arri 300 plus tungsten halojen projektörün yaklaşık 10 katı ışıksal verimliliğe sahiptir. Arri compact 200 gaz deşarjlı projektör de Arri 300 plus tungsten halojen projektörün 5 katı ışıksal verimliliğe sahiptir.

Şekil 5.3'teki grafiğe bakıldığında Arri compact 200 gaz deşarjlı projektör ile Arri 300 plus tungsten halojen lambaların ortalama ömürleri eşittir. Dedolight LED projektör ise diğer iki projektörün yaklaşık 7,5 katı ömre sahiptir.

Renk sıcaklıkları lambaların türüne göre değişmektedir. Arri 300 plus tungsten halojen lambanın nominal renk sıcaklık değeri 3200 K'dir. Bu projektörün ölçüm değerleri dağınık halde 3002 K, odaklı halde 2985 K'dir. Bu değerlere göre yaklaşık olarak %6'lık bir renk sıcaklığı kaybı bulunmaktadır.

Arri compact 200 gaz deşarjlı projektörün ise nominal renk sıcaklığı değeri 5600 K'dir. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında dağınık halde 5104 K, odaklı halde ise 5236 K'dir. Dağınık halde yaklaşık %9'luk, odaklı halde de yaklaşık %6,5'lik bir renk sıcaklığı kaybı bulunmaktadır.

Dedolight LED projektörün nominal renk sıcaklığı 2700 ila 6500 K arasında değiştirilebilmektedir. Ölçümlerimizi yaparken 5600 K değeri seçilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre renk sıcaklığı dağınık halde 5322 K, odaklı halde ise 5622 K'dir. Dağınık halde yaklaşık %5'lik bir renk sıcaklığı kaybı varken, odaklı halde renk sıcaklığı kaybı gözlemlenmemiştir.

Bu kategoride kullanılan bütün projektörler, küçük boyutlu ve pratik oldukları için ve az enerji tükettikleri için genellikle aktüel çekimlerde ve küçük mekanlarda yapılan çekimlerde tercih edilmektedir. Arri 300 plus tungsten halojen projektör, güneş ışığı

almayan küçük iç mekanlarda kullanılmaktadır. Objeye kısa mesafede kullanıldığında anahtar ışık ve geri ışığı olarak kullanılabilir. Ayrıca etraftaki dekoratif objelerin aydınlatılmasında da kullanılmaktadır.

Arri compact 200 gaz deşarjlı projektör gün ışığı renginde olduğu için ve nispeten daha yüksek ışıksal aydınlık ürettiği için hem iç mekanlarda hem de dış mekanlarda kullanımı mümkündür. Aynı şekilde Arri compact 200 gaz deşarjlı projektör de genellikle anahtar ışığı ve geri ışığı olarak kullanılmaktadır. Bu projektör harici bir balast yardımıyla çalıştırılabilir. Bu balast üzerinden belirli aralıklarda dimmerlenebilme (ışıksal aydınlığın azaltılıp artırılabilmesi) özelliği bulunmaktadır.

Arri 300 plus tungsten halojen ve Arri compact 200 gaz deşarjlı projektörün her ikisinde de renk sıcaklığını filtreler yardımıyla değiştirmek mümkündür fakat filtre kullanımı ışıksal aydınlıkta düşüşe sebep olmaktadır.

Dedolight LED projektör ise ışıksal aydınlıkta kayıp olmadan, renk sıcaklığının kendi üzerinden değiştirilebilir olması sayesinde gün ışığı alan veya almayan iç mekanlarda rahatlıkla kullanılabilir. Kısa mesafeli kullanımlarda anahtar ışığı ve geri ışığı olarak değerlendirmek mümkün olmaktadır. Bu projektör 0'dan 100'e dimmerlenebilme (ışıksal aydınlığın azaltılıp artırılabilmesi) özelliğine sahiptir. Elektrik enerjisinin olmadığı mekanlarda harici bir akü ile kullanılabilmesi Dedolight LED projektörü çok avantajlı bir hale getirmektedir.

5.2. Orta seviyede güç ve kasaya sahip projektörlerin ölçüm sonuçları

Bu kategorideki üç projektörde sert ışık kaynağıdır, bu sebeple ölçümlerimiz yine dağınık ve odaklı olmak üzere iki şekilde yapılmıştır.

5.2.1. De sisti leonardo 1kw ölçüm sonuçları

İkinci kategoride değerlendirilen ilk aydınlatma kaynağı De sisti leonardo 1 kw fresnel tungsten halojen projektördür. Bu aydınlatma kaynağı flood, spot özelliklerine sahip olduğu için dağınık ve odaklı halde ölçümler yapılmıştır. Bu aydınlatma kaynağı ile yapılan ölçüm sonuçları Resim 5.4'te verilmiştir.



Resim 5.4. De sisti 1 kw projektörün solda dağınık, sağda odaklı ölçüm verileri.

Resim 5.4'te görüldüğü üzere De Sisti 1 kw fresnel ile yapılan ölçüm sonuçları dağınık halde iken 1359 lüks ve 3100 K değerinde, odaklı halde iken ise 8333 lüks ve 3135 K değerindedir.

5.2.2. De sisti rembrandt piccolo 575 w mk2 projektör ölçüm sonuçları

De sisti 575 W ark projektör ile yapılan ölçümlerin sonuçları Resim 5.5'te gösterilmiştir.



Resim 5.5. De sisti 575 W projektörün solda dağınık, sağda odaklı ölçüm verileri.

Resim 5.5'te görüldüğü üzere De Sisti 575 W ark projektör ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre dağınık halde iken 1856 lüks ve 5998 K değeri, odaklı halde iken ise 17330 lüks ve 6078 K değeri elde edilmiştir.

5.2.3. ARRI L5-DT led fresnel projektör ölçüm sonuçları

ARRI'nin LED fresnel modeli olan bu aydınlatma kaynağı ile dağınık ve odaklı halde yapılan ölçüm sonuçları Resim 5.6'da verilmiştir.



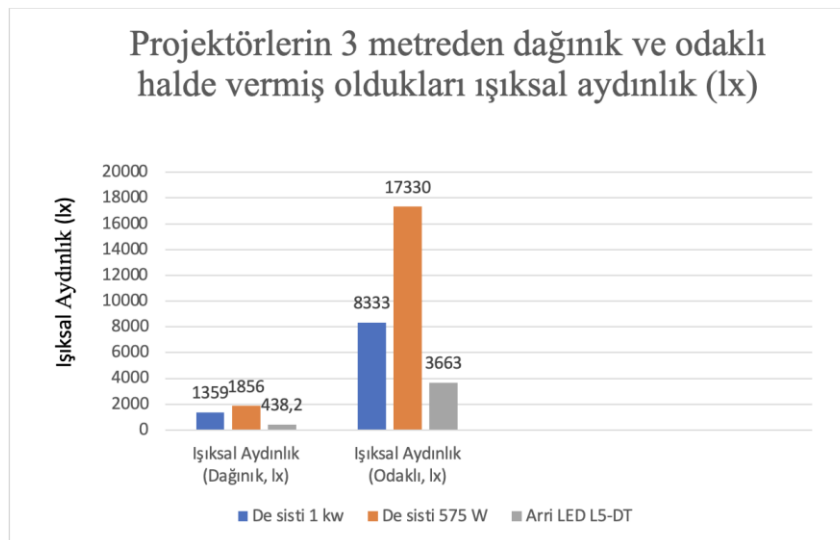
Resim 5.6. ARRI LED L5-DT spotun solda dağınık, sağda odaklı ölçüm verileri.

Resim 5.6'da elde edilen bilgilere göre ARRI LED L5-DT fresnel projektörün dağınık halde ölçüm sonuçları 438,2 lüks ve 5001 K iken, odaklı haldeki ölçüm sonuçları 3663 lüks ve 5002 K'dir.

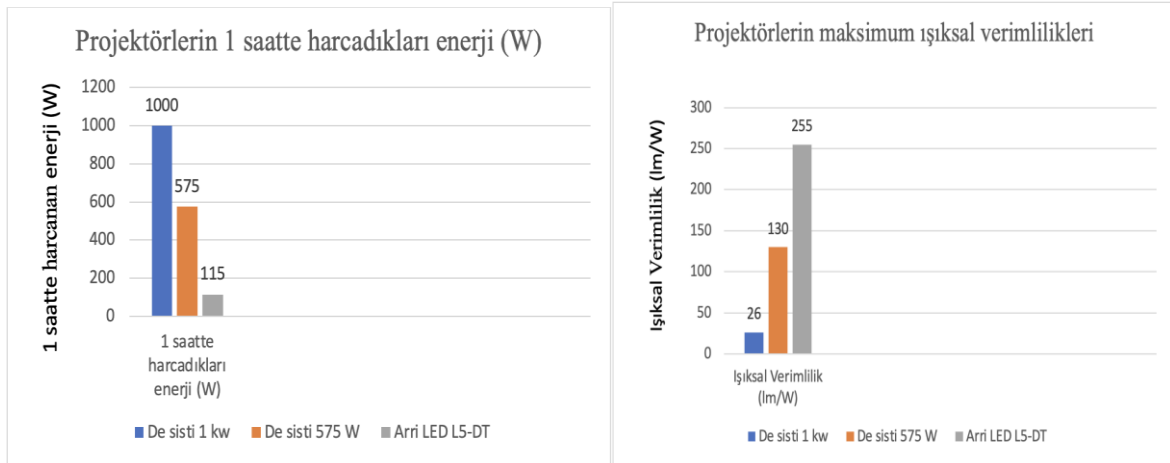
İkinci kategorideki ölçüm sonuçları sırasıyla verilmiştir. Bu ölçüm sonuçları ve kullanılan projektörlerin özelliklerini içeren karşılaştırmalı veriler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. İkinci kategorideki projektörlerin karşılaştırmalı verileri.

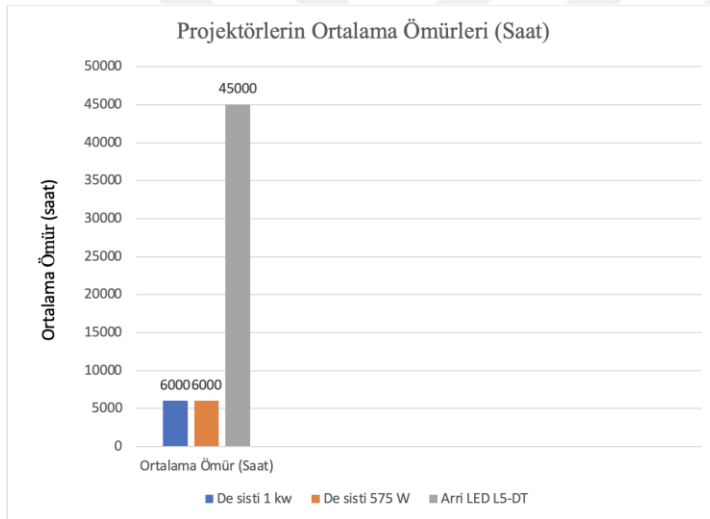
	De Sisti 1 kw 	De sisti 575 W 	ARRI L5-DT LED 
3 m'den verdiği lüx (Dağınık)	1359 lx	1856 lx	438,2 lx
3 m'den verdiği lüx (Odaklı)	8333 lx	17330 lx	3663 lx
Renk Sıcaklığı (Dağınık)	3100 K	5998 K	5001 K
Renk Sıcaklığı (Odaklı)	3135 K	6078 K	5002 K
1 Saatte harcadığı enerji	1000 W	575 W	115 W
Lamba Türü	Tungsten halojen	Gaz Deşarjlı	LED
Lamba Ömrü	2000-10000 saat	~6000 saat	35000-50000 saat
Işıksal Verimlilik (Etkinlik Faktörü)	12-26 lm/W	70-130 lm/W	160-255 lm/W



Şekil 5.4. 2. kategorideki projektörlerin dağınık ve odaklı haldeki ışıksal aydınlık değerleri.



Şekil 5.5. 2. kategorideki projektörlerin 1 saatte harcadığı enerji (solda) ve maksimum ışıksal verimlilikleri (sağda).



Şekil 5.6. 2. kategorideki projektörlerin ortalama ömürleri.

Yapılan ölçümler ve elde edilen bilgiler ışığında ikinci kategoride karşılaştırmalı çizelge ve grafikler oluşturulmuştur. Bu bilgilere göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 5.4'teki grafik incelendiğinde, bütün projektörlerin odaklı halde vermiş oldukları ışıksal aydınlık (lüks) değerleri dağınık halde vermiş oldukları ışıksal aydınlık değerlerinden fazladır. Grafiğe bakıldığında, De sisti 1 kw tungsten halojen projektör odaklı halde, dağınık haldeki durumunun yaklaşık 6 katı ışıksal aydınlık üretmiştir. De sisti 575 W gaz deşarjlı ark projektör ise odaklı halde, dağınık halinin yaklaşık 9,3 katı ışıksal aydınlık üretmiştir. Arri LED L5-DT projektörde odaklı halde, dağınık haline göre 8,35 katı ışıksal aydınlık üretmiştir.

Projektörlerin dağınık halde vermiş oldukları ışıksal aydınlık değerleri karşılaştırıldığında, De sisti 575 W gaz deşarjlı ark projektör, De sisti 1 kw tungsten halojen projektörün yaklaşık 1,35 katı, Arri LED L5-DT projektörün ise yaklaşık 4,25 katıdır. De sisti 1 kw tungsten halojen projektör de Arri LED L5-DT projektörün yaklaşık 3 katı ışıksal aydınlık üretmiştir. Odaklı halde vermiş oldukları ışıksal aydınlık değerleri karşılaştırıldığında, De sisti 575 W gaz deşarjlı ark projektör, De sisti 1 kw tungsten halojen projektörün yaklaşık 2 katı, Arri LED L5-DT projektörün ise yaklaşık 4,75 katıdır. De sisti 1 kw tungsten halojen projektör, Arri LED L5-DT projektörün yaklaşık 2,25 katı ışıksal aydınlık üretmiştir.

Şekil 5.5'te (solda) projektörlerin 1 saatte harcadıkları enerji incelendiğinde, De sisti 1 kw tungsten halojen projektör, De sisti 575 W gaz deşarjlı ark projektörün yaklaşık 1,75 katı, Arri LED L5-DT projektörün ise yaklaşık 8,7 katı enerji tüketmektedir. De sisti 575 W gaz deşarjlı ark projektör de, Arri LED L5-DT projektörün 5 katı enerji tüketmektedir.

Televizyon çekimlerindeki aydınlatma için önemli kriterlerden biri olan ışıksal verimlilik, Şekil 5.5'teki grafik (sağda) incelendiğinde, Arri LED L5-DT projektör, De sisti 575 W gaz deşarjlı projektörün yaklaşık 2 katı ışıksal verimliliğe sahip iken, De sisti 1 kw tungsten halojen projektörün yaklaşık 10 katı ışıksal verimliliğe sahiptir. De sisti 575 W gaz deşarjlı projektör de De sisti 1 kw tungsten halojen projektörün 5 katı ışıksal verimliliğe sahiptir.

Şekil 5.6'daki grafiğe bakıldığında de sisti 575 W gaz deşarjlı projektör ile De sisti 1 kw tungsten halojen lambaların ortalama ömürleri eşittir. Arri LED L5-DT projektör ise diğer iki projektörün yaklaşık 7,5 katı ömre sahiptir.

Renk sıcaklıkları lambaların türüne göre değişmektedir. De sisti 1 kw tungsten halojen lambanın nominal renk sıcaklık değeri 3200 K'dir. Bu projektörün ölçüm değerleri dağınık halde 3100 K, odaklı halde 3135 K'dir. Bu değerlere göre yaklaşık olarak %3'lük bir renk sıcaklığı kaybı bulunmaktadır.

De sisti 575 W gaz deşarjlı projektörün ise nominal renk sıcaklığı değeri 5600 K'dir. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında dağınık halde 5998 K, odaklı halde ise 6078 K'dir. Dağınık halde yaklaşık %7'lik, odaklı halde de yaklaşık %8,5'luk bir sapma belirlenmiştir.

Arri LED L5-DT projektörün nominal renk sıcaklığı 5000 ila 6500 K arasında değiştirilebilmektedir. Ölçümlerimizi yaparken 5600 K değeri seçilmiştir. Ölçüm sonuçlarına göre renk sıcaklığı dağınık halde 5001 K, odaklı halde ise 5002 K'dir. Her iki ölçümde de yaklaşık olarak %9'luk bir renk sıcaklığı kaybı gözlemlenmiştir.

Bu kategorideki projektörlerin tümü sert ışık kaynağıdır ve çoğu çekimde anahtar ışık olarak tercih edilmektedir. Duruma göre geri ışık olarak da kullanılabilir. Geniş iç mekanlarda, projektörlerin daha uzun mesafeden verilmesi gereken programlarda, 2 veya daha fazla kişinin aydınlatılması gereken çekimlerde bu kategorideki projektörler kullanılmaktadır. De sisti leonardo 1 kw tungsten halojen projektör genellikle iç mekanlarda, stüdyo ortamlarında (stüdyo tipi olanlar), gece çekimlerinde, gün ışığının olmadığı çekimlerde kullanılmaktadır. Bu projektörü gün ışığını çevirmek filtreler aracılığıyla mümkün olmakla birlikte filtre kullanımı ışıksal aydınlık seviyesini düşürmektedir. De sisti 575 W gaz deşarjlı projektör gün ışığı rengindedir (5600 K), dış çekimlerde ve güneş ışığı alan iç mekanlarda kullanılmaktadır. Bu projektör harici bağlanan bir balast aracılığıyla çalışmaktadır. Balast üzerindeki kontrol düğmesi sayesinde belirli aralıklarda dimmerlenebilme özelliğine sahiptir. Bu tür projektörlerin renk sıcaklığını değiştirmek için de filtre kullanmak gerekmektedir ve filtre kullanımı ışıksal aydınlık seviyesini düşürmektedir. Arri L5-DT LED projektör genel olarak iç mekanlarda ve stüdyo ortamlarında kullanılmaktadır. Düşük amperli sigortaların kullanıldığı mekanlarda, düşük enerji tüketmesi sebebiyle sıklıkla tercih edilmektedir. Bu projektör 0'dan 100'e dimmerlenebilme özelliğine sahiptir. Belirli aralıklarda renk sıcaklığı değişimi de yapılabilir.

5.3. Dağınık ışık veren projektörlerin ölçüm sonuçları

Bu kategorideki aydınlatma kaynakları yumuşak ışık kaynakları olarak değerlendirilmektedirler ve dağınık ışık vermektedirler.

5.3.1. De sisti botticelli 2 kw ölçüm sonuçları

Son kategorimizin ilk aydınlatma kaynağı De Sisti markasının yumuşak ışık kaynağı olan Botticelli 2 kw dağınık ışık veren bir aydınlatma kaynağıdır bu sebeple tek ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Resim 5.7'de verilmiştir.



Resim 5.7. De sisti Botticelli 2 kw ölçüm verileri.

Resim 5.7’de görüldüğü üzere De Sisti Botticelli 2kw ile yapılan ölçüm sonucuna göre 589,3 lüks ve 2940 K değeri elde edilmiştir.

5.3.2. Balcar quadlite ölçüm sonuçları

İkinci yumuşak ışık kaynağımız Balcar Quadlite 4 adet Flüoresan lamba ile çalışmaktadır ve elde edilen ölçüm sonuçları Resim 5.8’de verilmiştir.



Resim 5.8. Balcar quadlite flüoresan lamba ölçüm verileri.

Resim 5.8’de elde edilen sonuca göre Balcar Quadlite flüoresan projektörün ölçüm verileri 490,8 lüks ve 5481 K değerindedir.

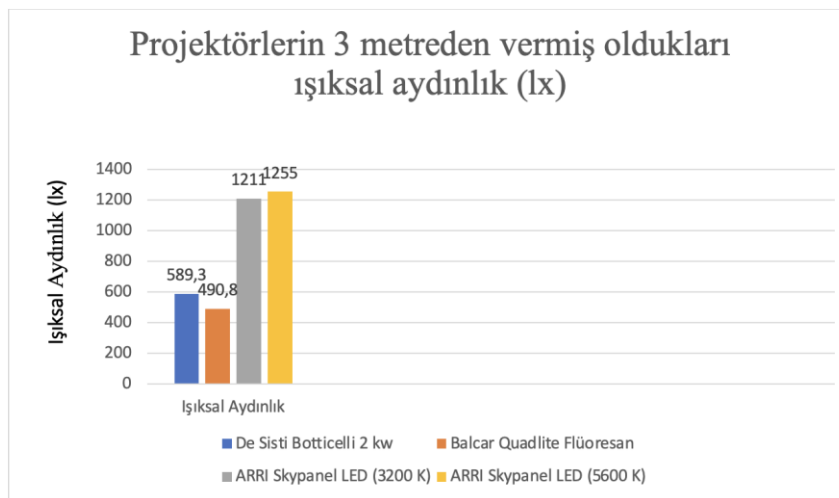
5.3.3. ARRI skypanel s60-c led projektör ölçüm sonuçları

Bu projektör ile iki farklı renk sıcaklığında ölçümler yapılmış olup, elde edilen ölçüm sonuçları Resim 5.9’da verilmiştir.



Resim 5.9. ARRI Skypanel S60-C solda 3200 K, sağda 5600 K ölçüm verileri.

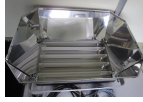
Resim 5.9’da görüldüğü gibi Skypanel ile iki farklı ölçüm yapılmıştır ve 3200 K’de ölçülen veriler 1211 lüks ve 3162 K değerinde iken 5600 K’de yapılan ölçümlerde 1255 lüks ve 5286 K değerleri elde edilmiştir.

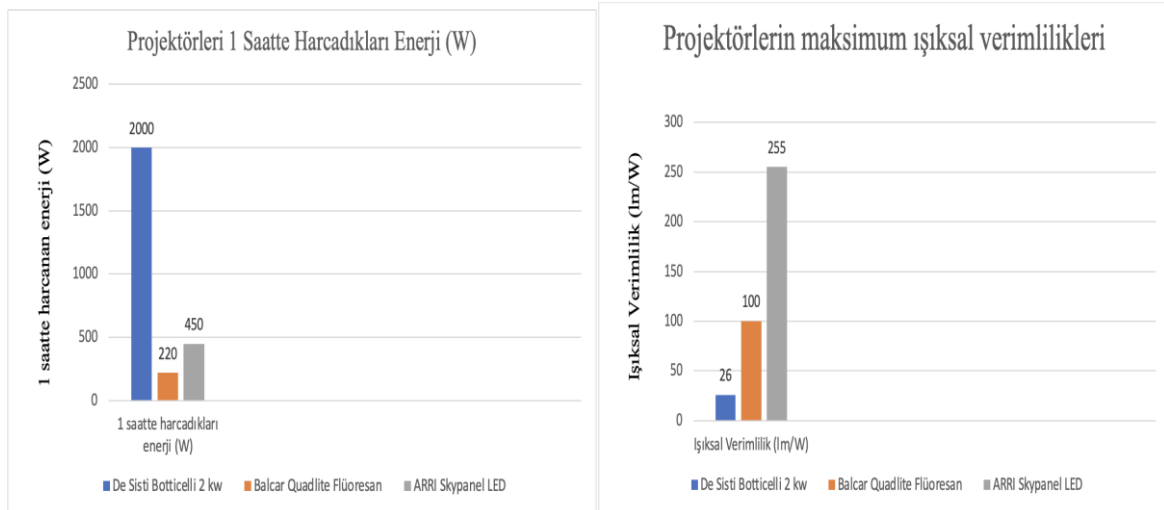


Şekil 5.7. 3. kategorideki projektörlerin ışıksal aydınlık değerleri.

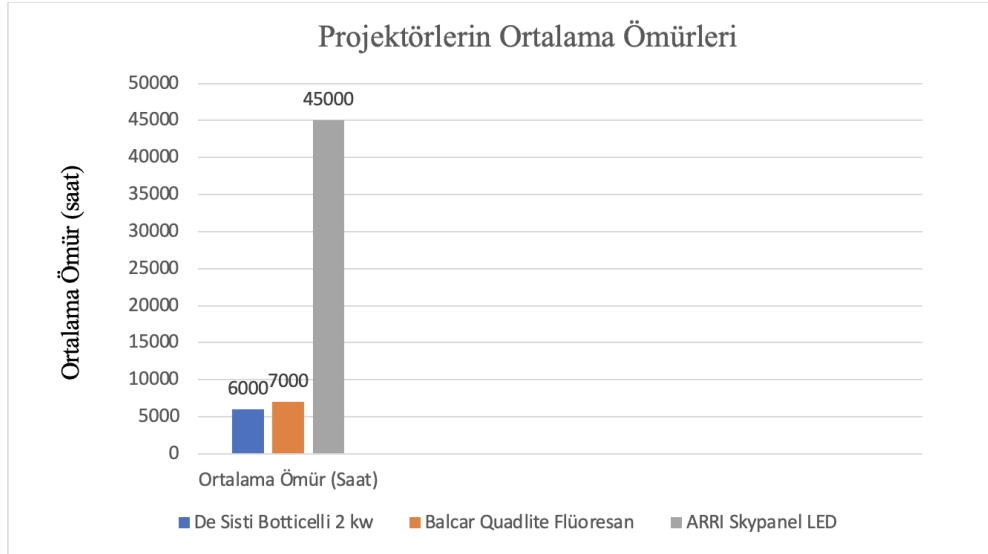
Üçüncü kategorideki ölçüm sonuçları ve kullanılan projektörlerin özelliklerini içeren karşılaştırmalı veriler Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Üçüncü kategorideki projektörlerin karşılaştırmalı verileri.

	De Sisti Botticelli 2 kw 	Balcar Quadlite Flüoresan 	ARRI Skypanel LED 
3 m'den verdiği lüx	589,3 lx	490,8 lx	3200 K'de 1211 lx 5600 K'de 1255 lx
Renk Sıcaklığı	2940 K	5481 K	3162 K- 5286 K
1 Saatte harcadığı enerji	2000 W	220 W	450 W
Lamba Türü	Tungsten halojen	Flüoresan	LED
Lamba Ömrü	2000-10000 saat	4000-10000 saat	35000-50000 saat
Işıksal Verimlilik (Etkinlik Faktörü)	12-26 lm/W	50-100 lm/W	160-255 lm/W



Şekil 5.8. 3. kategorideki projektörlerin 1 saatte harcadığı enerji (solda) ve maksimum ışıksal verimlilikleri (sağda).



Şekil 5.9. 3. kategorideki projektörlerin ortalama ömürleri.

Şekil 5.7'deki grafik incelendiğinde Arri skypanel LED projektörün ölçümleri 2 ayrı renk sıcaklığında yapılmıştır ve çıkan sonuçlarda hemen hemen eşit ışıksal aydınlık üretmiştir. Arri skypanel LED projektör, De sisti botticelli tungsten halojen projektörün yaklaşık 2 katı, Balcar quadlite flüoresan projektöründe yaklaşık 2,5 katı ışıksal aydınlık üretmiştir. De sisti botticelli tungsten halojen projektör de, Balcar quadlite flüoresan projektörün yaklaşık 1,2 katı ışıksal aydınlık üretmiştir.

Şekil 5.8'de (solda) projektörlerin 1 saatte harcadıkları enerjiler incelendiğinde, De sisti botticelli tungsten halojen projektör, Arri skypanel LED projektörün yaklaşık 4,45 katı, Balcar quadlite flüoresan projektörün de yaklaşık 9,1 katı enerji tüketmektedir. Arri skypanel LED projektör de, Balcar quadlite flüoresan projektörün yaklaşık 2 katı enerji tüketmektedir.

Şekil 5.8'de (sağda) projektörlerin ışıksal verimlilikleri incelendiğinde, Arri skypanel LED projektör, De sisti botticelli tungsten halojen projektörün yaklaşık 10 katı, Balcar quadlite flüoresan projektörün de yaklaşık 2,5 katı ışıksal verimliliğe sahiptir. Balcar quadlite flüoresan projektör de, De sisti botticelli tungsten halojen projektörün yaklaşık 4 katı ışıksal verimliliğe sahiptir.

Şekil 5.9'daki grafik incelendiğinde Arri skypanel LED projektörün ortalama ömrü, De sisti botticelli tungsten halojen projektörün yaklaşık 7,5 katı, Balcar quadlite flüoresan

projektörün de yaklaşık 6,4 katıdır. Balcar quadlite flüoresan projektörün ortalama ömrü de De sisti botticelli tungsten halojen projektörün yaklaşık 1,2 katıdır.

Renk sıcaklıkları lambaların türüne göre değişmektedir. De sisti botticelli tungsten halojen lambanın nominal renk sıcaklık değeri 3200 K'dir. Bu projektörün ölçümünde çıkan sonuç 2940 K'dir. Bu değere göre yaklaşık olarak %8'lik bir renk sıcaklığı kaybı bulunmaktadır.

Balcar quadlite flüoresan projektörün renk sıcaklığı kullanılan lambaya göre değişmektedir. Ölçümü yapılan lambanın renk sıcaklığı değeri 5600 K'dir. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında çıkan sonuç 5481 K'dir. Bu değere göre renk sıcaklığında yaklaşık %2'lik bir sapma gözlemlenmiştir.

Arri skypanel LED projektörün nominal renk sıcaklığı 2800 ila 10000 K arasında değiştirilebilmektedir. Ölçümlerimizi yaparken hem 3200 K hem de 5600 K değeri kullanılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre 3200 K renk sıcaklığında 3162 K, 5600 K renk sıcaklığında ise 5286 K değerleri elde edilmiştir. 3200 K renk sıcaklığında yaklaşık %1'lik bir renk sapması, 5600 K renk sıcaklığında da yaklaşık %5'lik bir renk sapması gözlemlenmiştir.

Bu kategorideki projektörler yumuşak ışık veren aydınlatma kaynaklarıdır. Genel aydınlatmanın yapıldığı stüdyo ortamlarında, gündüz iç mekanlarda, gece dış mekanlarda daha homojen ve yumuşak bir aydınlatma yapılmak istendiğinde bu kategorideki projektörler kullanılmaktadır. Bu projektörler dolgu ışığı olarak da kullanılmaktadır. Kalabalık bir insan grubunun ya da geniş yüzeylerin aydınlatılmasında da kullanılmaktadır. Genel olarak hacimleri büyüktür ve ağır projektörlerdir. De sisti botticelli tungsten halojen projektör genel olarak stüdyolarda genel aydınlatma gerektiren programlarda kullanılmaktadır. Önüne takılacak filtre sayesinde renk sıcaklığı değiştirilebilir fakat her zamanki gibi ışıksal aydınlık seviyesi düşecektir. Üretmiş olduğu ışıksal aydınlığa oranla harcadığı enerji çok yüksektir.

Balcar quadlite flüoresan projektörler de genel olarak stüdyolarda ve düşük enerjiyle çalışmak zorunda olunan iç mekanlarda kullanılmaktadır. Kimi zaman gece çekimlerinde de kullanılmaktadır. Renk sıcaklığı lambasının türüne göre değişen bu projektöre 3200 ve 5600 K lamba takılarak renk sıcaklığını değiştirmek mümkün olduğu gibi filtre

kullanımıyla da mümkündür. Filtre kullanımının ışıksal aydınlık seviyesini düşüreceği unutulmamalıdır. Bu projektör 0'dan 100'e dimmerlenebilme özelliğine sahiptir.

Arri skypanel LED projektör stüdyolarda, iç ve dış çekimlerde, gece ve gündüz çekimlerinde, hemen hemen bütün programlarda kullanılmaktadır. Çok geniş bir renk sıcaklığı skalasına sahip olan bu projektörün, üzerindeki kontrol düğmeleri sayesinde çok kolay bir şekilde renk sıcaklığı değiştirilebilmektedir. Bunun yanında incelemiş olduğumuz skypanel s-60c modeli bütün renkleri içerisinde barındırdığı için yine çok kolay bir şekilde istenilen renk elde edilebilmektedir. Bu özelliği sayesinde fon ışığı olarak da kullanılabilmektedir. 0'dan 100'e dimmerlenebilme özelliğine sahip olan bu projektör vermiş olduğu ışıksal aydınlık miktarına göre çok az enerji tüketmektedir. Kasa olarak büyük ve ağır bir yapıya sahiptir.

Üç farklı kategoride üçer tane farklı projektör ile yapılan ölçüm sonuçları çizelgeler halinde karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Elde edilen bu veriler ve çalışmanın ikinci bölümünde daha önceki çalışmalardan elde edilen bilgiler harmanlandığında televizyon çekimlerinde hangi aydınlatma kaynaklarının kullanılması gerektiği, hangi tür lambaların ne tür avantaj ve dezavantajları olduğu genel olarak aşağıdaki gibi nitelendirilebilir.

Bütün verilere bakıldığında tungsten halojen lamba kullanan aydınlatma kaynaklarının; Belirli seviyede ışık verebilmesi için yüksek güç harcaması gerektiği görülmektedir. Yüksek güç kullanımı beraberinde yüksek enerji tüketimini getirmektedir. Hem enerji tüketiminin fazla olması sebebiyle hem de jeneratörün olmadığı bir dış çekim düşünüldüğünde yüksek güç verecek bir enerji kaynağı bulamama gibi dezavantajları olacaktır. Ayrıca televizyon çekimlerinde kullanılan tungsten halojen lambaların ömürleri diğer aydınlatma kaynaklarına göre daha düşüktür. Bu tür lambalar enerjinin çoğunu ısı olarak yaydıkları için çabuk ısınırlar bu da ömürlerini azaltmaktadır. Bu tür lambaların ışıksal verimlilikleri de çok düşüktür. Aydınlatma sektöründe devleşen bazı büyük firmaların sitelerine bakıldığında artık bu tür aydınlatma kaynaklarını üretmediği görülmektedir.

Ölçümleri yapılan diğer aydınlatma kaynağı da gaz deşarjlı lamba türlerinden kullanan ark ismi verilen aydınlatma kaynaklarıdır. Bu türe bakıldığında günümüzde hala en yüksek ışık veren aydınlatma kaynaklarıdır. Tungsten halojen lambalara göre daha uzun ömürlü olan

bu tür aydınlatma kaynakları aynı zamanda daha yüksek ışıksal verimliliğe sahiptirler. Verimlilikleri yüksek olan bu aydınlatma kaynakları harici bir cihaza (balast) bağlanarak çalışabilmektedirler. Yüksek güçteki bu projektörlerin kasaları büyük ve ağırdır, balast faktörü de göz önünde bulundurulunca ekstra bir yük, ağırlık ve yer kaplama söz konusu olacaktır. Ayrıca bu tür projektörlerin lambalarının ciddi maliyetleri vardır ve bu lambalarda zamanla performans düşüklüğü yaşanıp, renk sapmaları olabilmektedir.

Flüoresan lambalar düşük güç tüketerek istenilen seviyelerde ışık verebilmektedirler. Lamba ömürleri ortalama seviyelerdedir. Aynı şekilde ışıksal verimlilikleri de ortalama düzeydedir. Özellikle yumuşak ve genel ışığın kullanılması gereken çekimlerde hala kullanılan bu aydınlatma kaynağının lambalarında zamanla renk sapmaları yaşanabilmektedir.

Son inceleme konumuz olan LED aydınlatma kaynakları, Edison'un ampülü icadından sonra aydınlatma sektöründeki ikinci devrim olarak kabul edilmektedir. Ölçüm sonuçları ve diğer veriler de göz önünde bulundurulduğunda bu gerçek aşikâr olmaktadır. LED aydınlatma kaynakları çok uzun ömürlü, çok yüksek ışıksal verimliliğe sahip, çok düşük güç tüketerek çok yüksek ışık veren, verimli ve hiçbir filtreye gerek kalmadan menüsünden istenilen renk ve renk ısıısına dönüştürülebilmek gibi özellikleri sayesinde son yılların popüler aydınlatma kaynağı olmuştur. Televizyon çekimleri için önemli kriterler olan CRI ve TLCI değerleri ilk çıkan LED kaynaklarında düşüktü ve bu da bir dezavantajdı. Son teknoloji LED kaynaklarında ise artık CRI ve TLCI değerleri televizyon çekimleri için ideal olan 90 değerinin üzerindedir. Sektörde isim yapmış birçok firma kendi sitelerinde bu değerleri vermektedir. LED aydınlatma kaynakları için diğer bir dezavantajda ısınma sorunudur. Birçok firma bu sorunu ideal bir soğutma sistemiyle çözmeye çalışmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında ışığın doğası, aydınlatma kavramı, bu kavramların günlük yaşantımızda son derece büyük bir öneme sahip olduğu, aydınlatma türleri, kullanım alanları, estetik, sanatsal ve teknik açıdan aydınlatma ve buna benzer aydınlatma ile ilgili geniş çaplı bir araştırma yapılmıştır.

Aydınlatmanın günlük yaşantımızda gerekliliği kadar televizyon çekimleri için de son derece büyük bir öneme sahip olduğu incelenmiştir. Televizyonculuk tarihinin başından beri, kameraların iyi görüntü aktarabilmeleri için kaliteli bir aydınlatmaya hep ihtiyaç duyulmuştur. Bu sektördeki teknoloji hızlı bir şekilde geliştiği için, aydınlatma teknolojileri de bu gelişime ayak uydurmak zorunda kalmıştır. Bu çalışmada incelemiş olduğumuz diğer önemli bir konu da aydınlatma teknolojilerinin tarihsel gelişimidir.

Birinci ve ikinci kategoride sert ışık kaynakları ile yapılan ölçümler sonucunda ışıksal aydınlık miktarının en yüksek olduğu aydınlatma kaynağının gaz deşarjlı lambalar olduğu görülmektedir. Gaz deşarjlı lambalardan sonra ışıksal aydınlık miktarı en fazla olan aydınlatma kaynağı genel olarak tungsten halojen lambalardır. LED aydınlatma kaynaklarının ışıksal aydınlık miktarı diğerlerine göre düşük görünmektedir fakat aynı güçlerde projektör kullanıldığında LED aydınlatma kaynakları tungsten halojen lambalardan daha fazla ışık verecektir. Halihazırda en yüksek ışıksal aydınlık miktarına ulaşan aydınlatma kaynakları gaz deşarjlı, ark lambalardır.

Projektörlerin harcadığı enerjilere bakıldığında en çok enerji harcayan tungsten halojen lamba olurken, ikinci olarak gaz deşarjlı lamba en fazla enerji harcamaktadır. LED aydınlatma kaynaklarının diğer aydınlatma kaynaklarına oranla çok düşük enerji harcadığı bulgular ve tartışma kısmında ayrıntılı olarak değerleriyle verilmiştir.

Lamba ömürlerine bakıldığında LED aydınlatma kaynaklarının diğer aydınlatma kaynaklarına göre çok daha uzun ömürlü olduğu görülmektedir.

Önemli kriterlerden biri olan ışıksal verimlilik karşılaştırıldığında yine LED aydınlatma kaynaklarının bariz bir şekilde ön plana çıktığı görülmektedir. Çekimler için önemli olan

çok fazla ışıksal aydınlık olması değil, görüntünün oluşabilmesi için yeterli ışıksal aydınlığın sağlanması ve en yüksek verimle kullanılmasıdır, bu noktada ışıksal verimliliği en yüksek olan LED aydınlatma kaynakları cazip hale gelmektedir.

Üçüncü kategoride yumuşak ışık kaynakları olarak nitelendirebileceğimiz aydınlatma kaynakları ile yapılan ölçümlerde LED aydınlatma kaynağının diğer iki aydınlatma kaynağının iki katından fazla ışıksal aydınlık ürettiği görülmektedir.

Harcadıkları enerjilere bakıldığında yine tungsten halojen lambanın diğer iki aydınlatma kaynağına göre çok fazla enerji tükettiği görülmektedir. Diğer kategorilerdekinden farklı olarak LED aydınlatma kaynağı flüoresan lambadan daha fazla enerji tüketmektedir.

Lamba ömürlerine bakıldığında LED aydınlatma kaynağının, diğer aydınlatma kaynaklarına göre çok daha fazla uzun ömre sahip olduğu görülmektedir. LED aydınlatma kaynağını flüoresan lamba takip ederken, en düşük lamba ömrüne sahip aydınlatma kaynağı tungsten halojen lamba kullanan projektördür.

İşıksal verimliliklerine bakıldığında LED aydınlatma kaynağı en yüksek ışıksal verimliliğe sahipken, bu aydınlatma kaynağını flüoresan lamba takip etmektedir, en düşük ışıksal verimliliğine sahip olan aydınlatma kaynağı da tungsten halojen lambalı projektördür.

Bütün bu araştırma konuları çerçevesinde TRT’de yapmış olduğumuz deneysel ölçümler sonucunda, aydınlatma teknolojilerinin özellikle son yıllarda çok ciddi bir şekilde geliştiği, aydınlatma da 2. devrim olarak kabul edilen LED teknolojileri ile hat safhaya ulaştığı gözlemlenmiştir.

Teknolojinin, pratikliğinin, zamanın, enerji kaynaklarının bu denli öneme sahip olduğu bu dönemde televizyonda aydınlatma teknolojilerinde LED teknolojileri ön plana çıkmaktadır. LED teknolojilerini ön plana çıkaran ve büyük firmaların artık neredeyse tamamen bu teknolojilere yönelmesini sağlayan en büyük avantajları aşağıdaki gibidir;

- Düşük güç tükettikleri halde yüksek seviyede ışık verebilmektedirler.
- Geleneksel aydınlatma kaynaklarına göre çok uzun ömürlüdürler.
- Işıksal verimliliği (etkinlik faktörü) çok yüksektir.

- Bazı türlerinin geniş renk ve renk sıcaklığı skalası bulunmaktadır.
- Geleneksel ışık kaynaklarına göre daha küçük boyutta ve daha kompakt yapıdadırlar.
- Darbelere karşı dayanıklıdırlar.
- Kızılötesi ve ultraviyole gibi zararlı ışınları yaymamaktadırlar.
- Geleneksel lambalarda olan gazları içermemektedirler.
- Özellikle son yıllarda üretilen LED aydınlatma kaynakları televizyonda kaliteli resim standardını belirleyen CRI ve TLCI değerlerini (>90) karşılamaktadırlar.

Her ne kadar diğer bazı aydınlatma kaynakları halen kullanılmaya devam etse de LED aydınlatma kaynakları büyük ölçüde kullanım önceliğine sahip olmuştur.

Televizyon çekimlerinde aydınlatma kullanılırken, yapılacak programın içeriğine, verilmek istenen etkiye, bulunulan mekâna ve ortamın teknik şartlarına göre seçim yapılmaktadır. Bu yüzden çok çeşitli aydınlatma kaynakları bulunmaktadır. Bu çalışmada 9 farklı projektör kullanılmış olup bundan sonraki çalışmalarda karşılaştırma için daha farklı projektör çeşitleri kullanılabilir. Ayrıca benzer özelliklere sahip farklı markaların LED aydınlatma kaynakları da karşılaştırma konusu olabilir.



KAYNAKLAR

1. Bayram, F. (2009). Işık ve Aydınlatma. *Akademia Dergisi*, 1(2), 122-131.
2. Pamir, H. (2000). *Mimari Tasarım Kurgularında Işık*. 21(2), 33.
3. Sunal, G. (2011). *Sinema'da ve Televizyon'da Aydınlatmanın Rolü*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
4. Steffy, G. (2001). *Architectural Lighting Design*. Wiley; 2 edition, 2.
5. Sezer, Y. (2008). Işık/Gölge/Aydınlatma. *Broadcaster İnfö Dergisi*, 136-141.
6. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP). (2012). *Işık ve Renk Oluşumu*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, 3-7, 12-16, 21-28.
7. Şerefhanoglu, M. (1972). *Konutlarda Aydınlatma*. Karaca Offset Basımevi, İstanbul, (3).
8. Demiröz, Y. (2019). *Tarihi Binaların Yapı Yüzü Aydınlatmasında Led Aydınlatma Teknolojilerinin Kullanılması ve Galata Kulesi ile Kız Kulesi Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
9. Işık ve Elektromanyetik spektrum (2013). Erişim adresi: <http://www.kuark.org/2013/05/isik-ve-elektromanyetik-spektrum/>
10. Millerson, G. (2007). *Sinema ve Televizyon için Aydınlatma Tekniği*. (Çev. S. Taylaner) 3. Baskı. İstanbul: ES Yayınları. (Eserin orijinali 1991'de yayımlandı), 20, 46, 78, 296-307.
11. Işık, U. (2009). *Aydınlatma Programlarının Gelişmiş Işık Simülatörleri ile Olan İlişkisinin Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
12. Acenbach, J. (2001). Işığın Gücü. *National Geography Dergisi*, 6, 107-115.
13. Işık (2009). Erişim adresi: <http://www.kameraarkasi.org/>
14. Ünsal, M. S. (2008). Renk ve Televizyon-1. *Broadcaster İnfö Dergisi*, 52, 108.
15. Balabanlar, A. (2009). *TV Programcılığı*. Yayımlanmamış Derslerin Notları, Marmara Üniversitesi, İletişim Fakültesi, Radyo Televizyon Bölümü, İstanbul.
16. Vardar, B. (2000). *Sinema ve Televizyon Görüntüsünün Temel Öğeleri*. 1. Baskı. İstanbul: Beta Yayınları.
17. Algan, E. (1999). *Görüntü Yönetmenliğine Giriş*. Eskişehir: Çözüm İletişim Hizmetler, 45.

18. Sözbilir, Ü. (2018). *Işık Nasıl Oluşturdu? Nasıl Görürüz?* Erişim adresi: <https://www.bilimtreni.com/isik-nasil-olustu-nasil-goruruz/>
19. Güven, N. H. (1996). *Resimde Görsel Algılama*. Yayımlanmış Sanatta Yeterlilik Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
20. Sirel, Ş. (2007). *Aydınlatma Tekniği Seminer Notları*. YFU Yayınları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
21. Dokuzcan, H. (2006). *Işık Kirliliği Açısından Kent Aydınlatması ve Taksim Meydanı Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
22. Gombrich, E. H. (2000). *Düşen Gölgenin Özellikleri*. (Çev. Ü. Tamer). İstanbul: YKY/Sanat Dünyamız, 77, 177-191.
23. Genç, A. ve Sipahioğlu, A. (1990). *Görsel Algılama Sanatta Yaratıcı Süreç*. İzmir: Sergi Yayınları.
24. Tarhan, D. (2020). Goethe’de Renk Fenomeni. *Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi*, (29), 219-246.
25. Göz ve görme duyusu; Gözün yapısı, tabakaları, kısımları, görevleri (2017), Erişim adresi: <https://www.yenibiyoloji.com/goz-ve-gorme-duyusu-gozun-yapisi-tabakalari-kisimlari-gorevleri-3563/>
26. Sirel, O. (2004). *Fotometrik Ölçmeler*. Teknoloji Semineri, İstanbul.
27. Kocaman, A. (2019). *Farklı Geometrilere Sahip Ledli Dizelerinin Aydınlatma ile Özelliklerinin Deneyisel Olarak İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
28. Şahin, D. (2012). *Aydınlatma Tasarımının Kullanıcı Üzerindeki Fizyolojik ve Psikolojik Etkileri Açısından İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
29. Işık şiddeti, ışık akısı ve aydınlanma şiddeti nedir? (2017). Erişim adresi: <https://fizikdersi.gen.tr/isik-siddeti-isik-akisi-aydinlanma-siddeti-nedir/>
30. Ganslandt, R. ve Hofmann, H. (1992). *Handbook of Lighting Design*. Erco Edition, Almanya, 30-34.
31. Sirel, Ş. (1996). *Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar*. İstanbul: YFU yayınları.
32. CRI (renksel geriverim indeksi) nedir? (2017). Erişim adresi: <https://www.aydinlatma.org/cri-renksel-geriverim-indeksi-nedir.html>
33. Renksel geriverim ve hayatın renkleri (2019). Erişim adresi: <https://sarnikon.com/tr/blog/renksel-geriverim-indeksi-cri-18-ba>

34. Özkaya, M. (1998). *Aydınlatma Tekniği*. İstanbul: Birsen Yayınevi, Yedinci baskı, 48, 67.
35. Yener, A.K. (2010). *Bina Tipolojinse Bağlı Aydınlatma Sorunları*. Ders notları.
36. Televizyonda aydınlatma tutarlılık endeksi (2016). Erişim adresi: <https://tech.ebu.ch/docs/r/r137.pdf>
37. Özenç, S. (2007). *Aydınlatma Sistemlerinde Kalite, Enerji Verimliliği ve Modelleme*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
38. Erdemir, V. (2015). *Aydınlatma Konusu Amacı Türleri*. Bilgisayar Destekli Proje I, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
39. Can, Ö. (2015). *Aydınlatma İçin Işık Renk Sıcaklığı Seçimi*. Erişim adresi: <http://www.ledportali.com/aydinlatma-icin-isik-renk-sicakligi-secimi/>
40. Norton, W. (2003). BBC Training&Development. *Televizyonda Kamera, Aydınlatma ve Ses Tekniği*. (Çev. V. Öztopçu). Ankara: Türkiye Radyo Televizyon Kurumu. (Bu eserin orijinali 1999’da yayımlandı), 43,50.
41. Yüce, D. Perdahçı, C. Ünsalan, H. (2015). Aydınlatmada Geleneksel Işık Kaynakların LED’e Kadar Uzanan Tarihçesi. *VIII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, İzmir.
42. Sirel, Ş. (1993). *Yapı Fiziği Konuları 1*. Erişim adresi: <http://www.yfu.com/booklets/booklet-05.pdf>.
43. Zettl, H. (1999). *Sight, Sound Motion. Applied Media Aesthetics*. USA: Wadsworth Publication, 55, 78.
44. Ünal, A., Özenç, S. (2004). *Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları*. İstanbul: Birsen Yayınevi, 24.
45. Büyükbıçakçı, Z. (2010). *Bilgisayar Destekli Aydınlatma Programlarının Aydınlatma Tekniğindeki Yeri ve Önemi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
46. Ekren, N. (2007). Sanal Aydınlatma Tekniklerinin Aydınlatma Eğitimindeki Önemi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, (2), 204-211.
47. Yavuz, C. (2004). *Şehir Aydınlatmacılığı, Işık Kirliliği ve Aydınlatma Enerji Sistemleri Verimliliği*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi.
48. Varhan, D. (2019). *Tarihi Mekanlarda Ledlerin Aydınlatma ve Uygulamaları*. Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi.
49. Taş, Y. (2013). *Aydınlatma Sistemleri Enerji Verimliliği ve Dış Aydınlatma Kontrolü*. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
50. Arpad, A. (1992). *Uygulamalı Yapı Tesisatı Bilgisi Aydınlatma ve Elektrik*. İstanbul: Birsen Kitabevi, 93.

51. Atak, İ. (2005). TV Yayıncıları İçin Işık Teknikleri. *Broadcaster İnfö Dergisi*, (15), 110-112.
52. Parsa, S. (1994). *Televizyon Estetiđi*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, 56.
53. Gökçe, G. (1997). *Televizyon Program Yapımcılığı ve Yönetmenliği*. İstanbul: Der-Yayınları, 53.
54. Wurtzel, A. (1979). *Television Production*. 2. Baskı. Newyork: Mc. Graw – Hill, 100.
55. Demircan, K. (2006). *Video Kamera Fotoğrafçılık ve Televizyon Yapımcılığı*. 2. Baskı, Ankara: Güldikenî Yayınları, 61.
56. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP). (2011). *Işık Uygulamaları*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, 18-19.
57. Erçetin, B. (2010). Işıklama Genliđi ve Dolgu Işık Gereksinimi. *Broadcaster İnfö Dergisi*, (76), 100-103.
58. Combes, P, Tiffin, J. (1978). *TV Production for Education*. London: Focal Press, 33.
59. Şener, M.G. (1986). *Televizyon Yapımlarında Aydınlatma Yöntemleri*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
60. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP). (2011). *Ön Yapım Aşamaları-2*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı, 54.
61. Millerson, G. (1982). *The Technique of Lighting*. 2. Baskı, Scotland: Focal Pres, 77.
62. Kafalı, N. (1990). Ussal Işık Yönlendirmesi ve Efekt Aydınlatması. *Kurgu Dergisi*, 149(7), 169-171.
63. Zettl, H. (1981). *Television Production Handbook*. 4. Baskı. California: Wadsworth Publising Company, 99.
64. İnce, F., Nalbant, M. (2020). Aydınlatmanın Televizyon Çekimlerinde Kullanımı, *Ssdjournal dergisi*, 5(19), 44-54.
65. Bellman, F.W. (1974). *Lighting the Stage: Art and Practice*. New York:Chandler Pub. Co, 112.
66. Güngör, Ş. (1994). *Sinemada Görüntü Yönetmeni*. Ankara: Kitle Yayınları, 38-45.
67. Arnheim, R. (2002). *Sanat Olarak Sinema*. İstanbul: Öteki Yayınevi, 40.
68. Ertike Serttaş, A. (2009). *Televizyonda Görüntülerin Düzenlenmesi*. Ankara:Detay Yayıncılık, 65.
69. Brown, B. (2005). *Sinematografi: Kuram ve Uygulama*. (Çev. S. Taylaner). İstanbul: Hil Yay, 192-193.

70. Gerçekçi resim yapmanın altın kuralı: Perspektif (2018). Erişim adresi: <https://www.narsanat.com/gercekci-resim-yapmanin-altin-kurali-perspektif/>
71. Fotoğrafta Perspektif (2017). Erişim adresi: <http://www.fotografya.gen.tr/yazdir?C1E6BC7A89F6658F519581C3E3C7BF2D>
72. Algan, E. (1996). *Görüntü Yönetmenliği ve Görüntü Yönetmenine Özgü Biçimin Sinematografik Yapıta Yansıması*. Yayımlanmamış, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
73. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP). (2011). *Dramatik Aydınlatma Yöntemleri*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı, 11-19.
74. Cameo aydınlatma nedir? nasıl kullanılır? (2018). Erişim adresi: <https://www.videomaker.com/how-to/lighting/comeo-lighting-explained-what-it-is-and-how-to-use-it/>
75. Marangoz, E. (2018). *İç Mimaride Aydınlatmanın Tanımı ve Ofis Mekanlarında Aydınlatma Kriterlerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, İstanbul.
76. Yağabasan, M. S. (2019). *Urartu Krallığında Aydınlatma Araçları*. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi.
77. Çokay, S. (2000). *Antik Çağlarda Aydınlatma Araçları*. İstanbul: Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü Yayınları:10, 2. Baskı, 14.
78. Çokay, S. (1998). *Antik Çağlarda Aydınlatma Araçları*. İstanbul: Eskiçağ Bilimleri Enstitü Yayınları, 42.
79. Soysal, M. (1997). *Kandil*. Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi, C: II, İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları.
80. Çoruhlu, T. (2008). Adramytteion Antik Kent Kazısı Buluntusu Pismiş Toprak Kandiller (2001–2006). Mimar Sinan Güzel Sanatlar üniversitesi, *Fen Edebiyat Fakültesi Dergisi*, (6), İstanbul.
81. Antik çağda aydınlatma aracı; Kandil (2018). Erişim adresi: <http://www.antiktarih.com/2018/05/15/antik-cagda-aydinlanma-araci-kandil/>
82. Şamdan (2018). Erişim adresi: <https://www.urartular.com.tr/alticerik/77/samdan.html>
83. Çolak, İ., Bayındır, R., Sefa, İ., Demirbaş, Ş., Ergen, H. (2005). Alternatif Enerji Kaynaklarının Kullanımı. *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Mersin.
84. Akıllı, A. B. (2019). *Farklı Çalışma Ortamlarında Kullanılan Yapay Aydınlatma Kaynaklarının Spektral Analizi ve Çalışanlar Üzerindeki Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara.

85. Bilici, A. (2019). *Led Lambalarla Verimli Bir Aydınlatma Sisteminin Gerçekleştirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
86. Sirel, Ş. (2012). *Aydınlatma Terimleri Sözlüğü*. İstanbul: YFU yayınları, 67, 103.
87. CIE Pub.12.2. (1977). *Recommendations for the Lighting of Roads for Motorized Traffic*. 2nd. ed.
88. Özkaya, M. (2000). *Aydınlatma Tekniği*. İstanbul: Birsen Yayınevi, 70.
89. Göçmen, E. (2014). *Aydınlatma Aygıtlarının Enerji Verimliliği ve Güç Kalitesine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi.
90. Sezer, M. (2018). *Kablosuz Haberleşmeli Fotovoltaik Modüllü Ledli Aydınlatma Sistemi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
91. Yılmaz, E. (2019). *Ledli Işık Kaynaklı, Enerji Tasarruflu ve Yüksek Verimli Ofis Aydınlatma Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
92. Gündüz, N. (2012). *LED Işık Kaynaklı Enerji Verimli Endüstriyel Aydınlatma Armatürü Optik Tasarımı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
93. Kılıç, A. (2013). *Kentsel Dış Mekanda Led Aydınlatma Sisteminin Değerlendirilmesi Üzerine Örnek Bir Çalışma*. Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.
94. Vizyonumuza ilham veren yüz yıl; Işık (2020). Erişim adresi: <https://100.arri.com/timeline/filter/59877b6626c23577bc8a7880>
95. Desisti ışık kaynakları (2020). Erişim adresi: <https://www.desisti.it>
96. Dedolight LED projektör (2020). Erişim adresi: <http://www.dedotec.net/?yap=urun&id=80&m=11>
97. Balcar yumuşak ışık kaynakları (2015). Erişim adresi: <http://teledigital.fortunecity.ws/balcar/softlight-e.html>



GAZİ GELECEKTİR...