T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARİHİ BİNALARIN YAPI YÜZÜ AYDINLATMASINDA LED AYDINLATMA TEKNOLOJİLERİNİN KULLANILMASI VE GALATA KULESİ İLE KIZ KULESİ UYGULAMASI

Yasin DEMİRÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Tesisleri Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Bora ACARKAN

Temmuz, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARİHİ BİNALARIN YAPI YÜZÜ AYDINLATMASINDA LED AYDINLATMA TEKNOLOJİLERİNİN KULLANILMASI VE GALATA KULESİ İLE KIZ KULESİ UYGULAMASI

Yasin DEMİRÖZ tarafından hazırlanan tez çalışması 23.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik Tesisleri Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Bora ACARKAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Bora ACARKAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Selim AY, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Osman KILIÇ, Üye
Marmara Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Bora ACARKAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan "Tarihi Binaların Yapı Yüzü Aydınlatmasında LED Aydınlatma Teknolojilerinin Kullanılması Ve Galata Kulesi İle Kız Kulesi Uygulaması" başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Yasin DEMİRÖZ

Doyamadığım Anneme,

TEŞEKKÜR

Öncelikle bütün yüksek lisans eğitimim süresince bilgisi, görgüsü, fikirleri ve yönlendirmeleri ile bana yol gösteren, vazgeçtiğim dönemlerde beni motive ederek hoşgörülü ve anlayışlı tavırlarıyla çalışmalarıma devam etmemi sağlayan çok değerli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Bora ACARKAN'a çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında kaynaklar konusundaki desteklerini esirgemeyen, teknik bilgileri ve yönlendirmeleri ile çalışmamın hem teorik hem de pratik anlamda değerini artıran Philips, Highlight, NAlight firmalarına, Galata Kulesi ve Kız Kulesi ile ilgili çok kıymetli teknik bilgilerin toplanmasında bana yardımcı olan İstanbul Büyükşehir Belediyesi Enerji Yönetimi ve Aydınlatma Müdürlüğü idarecilerine teşekkürü bir borç bilirim.

Bütün eğitim hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme, yüksek lisans eğitimi ve tez hazırlık çalışmaları sırasında büyük bir sabırla beni destekleyen her zaman yanımda olan, beni motive eden eşime ve tez çalışmamı bitirdiğim gün ailemize katılarak çifte sevinç yaşamama neden olan minik kızım Elâ'ya teşekkürlerimi sunarım.

Yasin DEMİRÖZ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ **xi**

KISALTMA LİSTESİ **xiii**

ŞEKİL LİSTESİ **xv**

TABLO LİSTESİ **xx**

ÖZET **xxi**

ABSTRACT **xxiii**

1 Giriş **1**

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 3

1.3 Bulgular 4

2 Aydınlatma İle İlgili Temel Kavramlar **5**

2.1 Aydınlatmanın Tanımı, Konusu ve Amacı 5

2.2 Işık, Renk ve Görme Olayı 6

2.2.1 Işık 6

2.2.2 Renk 7

2.2.3 Görme Fizyolojisi 8

2.3 Aydınlatma Tekniği ve Görsel Algı 11

2.3.1 Aydınlığın Niceliği 11

2.3.2 Aydınlığın Niteliği 12

2.3.2.1 Işığın Renksel Özellikleri 13

2.3.2.2 Işığın Doğrultusu 19

2.3.2.3 Gölge 19

2.3.2.4 Aydınlık Düzeyi Dağılımı 20

2.4 Aydınlatmanın Temel Kavramları 23
2.4.1 Işık Akısı (Φ) 24
2.4.2 Işık Şiddeti (I) 24
2.4.3 Aydınlık Düzeyi (E) 25
2.4.4 Işıksal Verim (η) 25
2.4.5 Işıksal Parıltı (L) 26
2.4.6 Kamaşma 26
2.4.7 Işık Şiddeti Dağılımı 26
2.4.8 Ömür 27
2.5 Işık Kaynakları 28
2.5.1 Işığın Üretim Şekline Göre Işık Kaynakları 28
2.5.2 Geometrik Şekline Göre Işık Kaynakları 28
2.5.3 Işığın Rengine Göre Işık Kaynakları 29
2.5.4 Işığın Kökenine Göre Işık Kaynakları 29
2.5.4.1 Doğal Işık Kaynakları 29
2.5.4.2 Yapay Işık Kaynakları 30
2.6 Aydınlatma Aygıtı ve Yardımcı Elemanları 45
2.6.1 Işığın Üretim Şekline Göre Işık Kaynakları 45
2.6.1.1 Aydınlatma Aygıtlarının İşlevleri 46
2.6.1.2 Aydınlatma Aygıtlarının Koruma Sınıflandırması. 47
2.6.1.3 Aydınlatma Aygıtlarının Kullanıldıkları Yere Göre Sınıflandırması 50
2.6.1.4 Aydınlatma Aygıtlarının Işık Dağılım Oranına Göre Sınıflandırması 52

2.6.1.5 Aydınlatma Aygıtlarının Işık Dağılım Eğrisini Kumanda Etme Şekline Göre Sınıflandırması 54
2.6.2 Aydınlatma Aygıtlarının Yardımcı Elemanları 55
2.6.2.1 Balast 55
2.6.2.2 Ateşleyiciler 56
2.6.2.3 Sürücü 56
2.7 Aydınlatma Kontrolü 57
2.7.1 Manuel Kontrol 57
2.7.2 Otomatik Kontrol 58
2.7.2.1 Meşguliyete Bağlı Kontrol 58
2.7.2.2 Zamana Bağlı Kontrol 58
2.7.2.3 Gün Işığına Bağlı Kontrol 58
2.7.2.4 Karma Kontrol 59
2.7.3 Otomatik Kontrol Teknolojileri 59
2.7.3.1 Hareket Algılayıcıları 60
2.7.3.2 Zaman Ayarlı Anahtarlar 61
2.7.3.3 Fotosel Anahtarlar 61
2.7.4 Aydınlatma Kontrol Sistemleri 61
2.7.4.1 Analog Kontrol 1-10 V 62
2.7.4.2 DALI Kontrol 62
2.7.4.3 DMX Kontrol 63
2.8 Kentlerin Yeni İmajı Yapı Yüzü Aydınlatması 64
2.8.1 Yapı Yüzü Aydınlatmasının Temel Amaçları 67
2.8.2 Yapı Yüzü Aydınlatmasının Standartları 68
2.8.3 Yapı Yüzü Aydınlatmasının Temel İlkeleri 71
2.8.3.1 Yapıların İşlevi 72

2.8.3.2 Yakın Çevre ve Arka Plan 72
2.8.3.3 Yapıların Geometrik Biçimleri 75
2.8.3.4 Yapıların Yükseklikleri 77
2.8.3.5 Çatı Biçimleri 79
2.8.3.6 Yapı Yüzeylerinin Mimari Biçimlenişi 80
2.8.3.7 Yapı Yüzeylerinin Malzeme Özellikleri 83
2.8.3.8 Su Kıyısındaki Yapılar 84
2.9 Yapı Yüzü Aydınlatma Teknikleri 85
2.9.1 Genel Işıklandırma Tekniği 85
2.9.2 Duvar Sıyırma Tekniği 86
2.9.3 Vurgu Aydınlatması Tekniği 88
2.9.4 Siluet Aydınlatması Tekniği 88
2.9.5 Geçen Işık Tekniği 89
2.9.6 Kontur Aydınlatma Tekniği 90
2.9.7 Medya Cephe Tekniği 91
3 Tarihî Yapılarda Led Aydınlatma Kullanılması 92
3.1 Tarihî Yapılarda Cephe Aydınlatması 92
3.2 Tarihî Yapıların Yapı Yüzü Aydınlatmasında Kullanılan Modern Aydınlatma Aygıtları 92
3.3 Tarihî Yapıların Cephe Aydınlatmasında Kullanılan Montaj Elemanları 94
3.3.1 Sıkıştırmalı Tip Montaj Elemanı 94
3.3.2 Kelepçe Tipi Montaj Elemanı 95
3.3.3 Askı Tipi Montaj Elemanı 96
3.3.4 Makas Tipi Montaj Elemanı 97
3.3.5 Yapıştırmalı Tip Montaj Elemanı 98
3.3.6 Ağırlıklı Tip Montaj Elemanı 99

3.4 Tarihî Yapıların Cephe Aydınlatmasında Tasarım Kriteleri 100
3.4.1 Estetik 100
3.4.2 Teknik Uygunluk 101
3.4.3 Ekonomiklik 101
3.4.4 Esere Saygı 101
3.4.5 Şehir Kimliğine Katkısı 102
3.5 Tarihî Yapıların Cephe Aydınlatması Mimari Kriterleri 102
3.6 Tarihî Yapıların Cephe Aydınlatması Teknik Kriterleri 103
3.7 Tarihî Yapılarda Cephe Aydınlatması Tasarım Aşamaları 105
4 Galata Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatması 109
4.1 Geçmişten Günümüze Kule Aydınlatması 109
4.2 Galata Kulesi'ninin Tarihî ve Mimari Yapısı 111
4.3 Galata Kulesi'ninin Eski Yapı Yüzü Aydınlatma Durumu 115
4.4 Aydınlatma Tasarımı Genel Yaklaşımı ve Uygulama Aşamaları 118
4.5 Aydınlatma Modeli ve Analizi 121
4.6 Malzeme ve Uygulama Analizi 123
4.7 Galata Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatmasının Yakın Çevre ve İstanbul Siluetindeki Yeri 138
4.8 Maliyet Analizi 145
5 Kız Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatması 153
5.1 Kız Kulesi'nin Tarihî, Mimari Yapısı ve Efsanesi 153
5.2 Kız Kulesi'nin Mevcut Yapı Yüzü Aydınlatma Durumu 157
5.3 Aydınlatma Tasarımı Genel Yaklaşımı ve Uygulama Aşamaları 160
5.4 Çevre Odaklı Aydınlatma ve Kız Kulesi Aydınlatma Tasarımı 164
5.5 Aydınlatma Modeli ve Analizi 171
5.6 Malzeme ve Uygulama Analizi 175

5.6.1 Kule Zemini Aydınlatması 176
5.6.2 Kâgir Yapı ve Kule Gövdesi Genel Aydınlatması 178
5.6.3 Kule Zemin Kat Pencere, Kule Gövde Pencere ve Burç Aralıkları Aydınlatması 179
5.6.4 Kule Üst Gövdesi Genel Aydınlatması 181
5.6.5 Balkon Katı Pencere Aydınlatması 183
5.6.6 Balkon Katı Pencere Arası Aydınlatması 185
5.6.7 Kurşun Çatı Aydınlatması 187
5.6.8 Çatı Penceresi Aydınlatması 189
5.6.9 Bayrak Direği Aydınlatması 191
5.7 Kız Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatmasının Senaryoları ve İstanbul Siluetindeki Yeri 192
5.8 Maliyet Analizi 197

6 Sonuç ve Öneriler **203**

Kaynakça **213**

Tezden Üretilmiş Yayınlar **222**

SİMGE LİSTESİ

A	Alan, m^2
af	Armatür fiyatı, TL
amf	Armatür montaj fiyatı, TL
bas	Saatte bakımı yapılan armatür sayısı, adet
BM	Bakım maliyeti, TL
C	Polar fotometrik eğrisinin ölçüm düzlemi
df	Direk fiyatı, TL
ds	Direk sayısı, adet
E	Aydınlık düzeyi, lx
ef	Elektrik birim fiyatı, TL
I	Işık şiddeti, cd
IM	İşletme maliyeti, TL
L	Parıltı, nt, sb
L_{70}	Lamba ömrünü belirleyen ışık akısı yüzdesi, %70
lkf	Linye kablosu fiyatı, TL
lkmf	Linye montaj fiyatı, TL
lku	Linye uzunluğu, m
mf	Montaj elemanı fiyatı, TL
mmf	Montaj elemanı montajı fiyatı, TL
ms	Montaj elemanı sayısı, adet
n	Armatür sayısı, adet
pf	Personel günlük yevmiye, TL
Pi	Armatür gücü, W

ps	Personel sayısı, adet
skmf	Sorti montaj fiyatı, TL
sku	Sorti uzunluğu, m
sku	Sorti uzunluğu, m
tç	Günlük çalışma saati, saat
ti	Günlük kullanım süresi, saat
TM	Toplam maliyet, TL
yf	Günlük kullanılan yakıt fiyatı, TL
YM	Yatırım maliyeti, TL
Φ	Işık akısı, lm
γ	Polar fotometrik eğrisinin ölçüm açısı, (°) derece
η	Işıksal Verim, lm/W
Ω	Uzay açı, sr
ρ	Yüzeyin yansıtma katsayısı

KISALTMA LİSTESİ

AC	Alternating Current
	Alternatif Akım
ATMK	Aydınlatma Türk Milli Komitesi
CCT	Correlated Color Temperature
	İlişkili Renk Sıcaklığı
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
	Avrupa Elektroteknik Standartlaştırma Komitesi
CIE	Commission Internationale de l'Éclairage
	Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CRI	Color Rendering Index
	Renksel Geriverim Endeksi
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
	Sayısal Adreslenebilir Aydınlatma Arayüzü
DC	Direct Current
	Doğru Akım
EN	European Standard
	Avrupa Standartı
IEC	The International Electrotechnical Commission
	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
	Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisleri Derneği
IP	Ingress Protection
	Giriş Koruma Kodu

IR	Infrared
	Kızılötesi Işınım
LED	Light Emitting Diode
	Işık Yayan Diyot
MH	Metal Halide Lamba
PIR	Passive Infrared Sensor
	Pasif Kızılötesi Algılayıcı
RGB	Red, Green, Blue
	Kırmızı, Yeşil, Mavi
RGBA	Red, Green, Blue, Amber
	Kırmızı, Yeşil, Mavi, Amber
RGBW	Red, Green, Blue, White
	Kırmızı, Yeşil, Mavi, Beyaz
RGB+TW	Red, Green, Blue, Tunable White
	Kırmızı, Yeşil, Mavi, Ayarlanabilir Beyaz
TS	Türk Standardı
TW	Tunable White
	Ayarlanabilir Beyaz
UGR	Unified Glare Rating
	Birleşik Kamaşma Endeksi
US	Ultrasonic
	Ultrasonik Algılayıcı
UV	Ultraviolet
	Morötesi Işınım

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Aydınlatmanın Konusu Göz, Işık Ve Görülecek Nesne 6
Şekil 2.2 Elektromanyetik Spektrum 7
Şekil 2.3 Farklı Yapay Işık Kaynakları Altındaki Nesnenin Renk Algısı 8
Şekil 2.4 Gözün Yapısı ve Görme Olayı 9
Şekil 2.5 Spektral Duyarlık Eğrisi 10
Şekil 2.6 Nesnelerin Renksel İzlenime Göre Sıralanışı 13
Şekil 2.7 Kruithof Eğrisi 15
Şekil 2.8 Temsili Kara Cismin Sıcaklığına Göre Renk Değişimi 15
Şekil 2.9 Planck'ın Geometrik Yeri 16
Şekil 2.10 Farklı Renksel Geriverim Endekslerinde Nesnelerin Görünümü 17
Şekil 2.11 Niteliklerine Göre Gölge Çeşitleri 20
Şekil 2.12 Örnek Aydınlık Düzeyi Değerleri ve Aydınlık Dağılımı Analizi 21
Şekil 2.13 Soldan Sağa Düzgün, Değişken ve Bölgesel Aydınlık Düzeyi Dağılımı 22
Şekil 2.14 Aydınlatmanın Temel Kavramları 24
Şekil 2.15 Işık Şiddeti 25
Şekil 2.16 Aydınlık Düzeyi 25
Şekil 2.17 Işıksal Parıltı 26
Şekil 2.18 Polar Fotometrik Eğri ve C Düzlemleri 27
Şekil 2.19 Solar Optik Sistemlerinden Işık Tüpü Örneği 29
Şekil 2.20 Elektrikli Yapay Işık Kaynakları 31
Şekil 2.21 Akkor Telli Lamba Çeşitleri 32
Şekil 2.22 Halojen Akkor Telli Lamba Çeşitleri 33
Şekil 2.23 Floresan Lamba Çeşitleri 35
Şekil 2.24 Kompakt Floresan Lamba Çeşitleri 36
Şekil 2.25 Metal Halide Lamba Çeşitleri 37
Şekil 2.26 Sodyum Buharlı Lamba Çeşitleri 39
Şekil 2.27 Fiberoptik Aydınlatma Sistemi 42
Şekil 2.28 LED'li Lamba Çeşitleri 44
Şekil 2.29 LED'li Lamba Çeşitleri 46
Şekil 2.30 İç Mekân Aydınlatma Aygıtları 51
Şekil 2.31 Dış Mekân Aydınlatma Aygıtları 51

Şekil 2.32 Aydınlatma Aygıtları Optik Sistemleri 54
Şekil 2.33 Aydınlatma Aygıtlarının Yardımcı Elemanları 55
Şekil 2.34 Manuel Kontrol Sistemi Bağlantı Şeması 57
Şekil 2.35 Gün Işığına Bağlı Kontrol Sistemleri 59
Şekil 2.36 Çalışma Prensiplerine Göre Hareket Algılayıcıları 60
Şekil 2.37 Kontrol Sistemlerinin Temel Bağlantı Şeması 62
Şekil 2.38 Dünya Kentlerine Ait Kent Aydınlatması Görüntüleri 65
Şekil 2.39 Gardens By The Bay Parkı Singapur 66
Şekil 2.40 Yakın Çevrenin Ve Arka Planın Karanlık Olması Durumu 73
Şekil 2.41 Yakın Çevrenin Aydınlık Olması Durumu 73
Şekil 2.42 Arka Planın Karanlık Olması Durumu 74
Şekil 2.43 Yakın Çevrenin Ve Arka Planın Aydınlık Olması Durumu 74
Şekil 2.44 Dikdörtgen Ve Çokgen Planlı Yapılarda Aydınlatma Aygıtı Konumu 76
Şekil 2.45 Silindirik Planlı Yapılarda Aydınlatma Aygıtı Konumu 76
Şekil 2.46 Az Katlı Yapılarda Aydınlatma 77
Şekil 2.47 Çok Katlı Yapılarda Farklı Mesafelerde Aydınlatma Aygıtı 78
Şekil 2.48 Çok Katlı Yapılarda Çok Sayıda Aydınlatma Aygıtı Kullanımı 79
Şekil 2.49 Çatı Yapılarına Göre Aydınlatma Aygıtı Kullanımı 79
Şekil 2.50 Düz Yüzeyli Yapıların Aydınlatması 81
Şekil 2.51 Düşey Hatlı Yapıların Aydınlatması 82
Şekil 2.52 Su Kenarındaki Yapıların Aydınlatması 85
Şekil 2.53 Genel Işıklandırma Tekniği 86
Şekil 2.54 Duvar Sıyırma İle Işıklandırma Tekniği 87
Şekil 2.55 Vurgu Aydınlatma Tekniği 88
Şekil 2.56 Siluet Aydınlatma Tekniği 89
Şekil 2.57 Geçen Işık Tekniği 90
Şekil 2.58 Kontur Aydınlatma Tekniği 91
Şekil 2.59 Medya Cephe Aydınlatma Tekniği 91
Şekil 3.1 Sıkıştırmalı Tip Montaj Elemanı 95
Şekil 3.2 Kelepçe Tipi Montaj Elemanı 96
Şekil 3.3 Askı Tipi Montaj Elemanı 97
Şekil 3.4 Makas Tipi Montaj Elemanı 98
Şekil 3.5 Yapıştırmalı Tip Montaj Elemanı 99

Şekil 3.6 Ağırlıklı Tip Montaj Elemanı 100
Şekil 3.7 Belli İstekliler Arasında İhale İş Akış Şeması 106
Şekil 3.8 Akshardam Tapınağı Aydınlatma Konsept Tasarımı ve Uygulaması ... 107
Şekil 4.1 Pisa, Eyfel, Elizabeth, Uzay İğnesi ve Kız Kulesi 109
Şekil 4.2 Macaristan Szeged Su Kulesi 110
Şekil 4.3 Vanassore'nin Gravürü 112
Şekil 4.4 1968 Restorasyonundan Önce Ve Sonra Galata Kulesi 113
Şekil 4.5 Galata Kulesi'ninin Etkileşim Alanı 114
Şekil 4.6 2015 Öncesi Galata Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatması 115
Şekil 4.7 Kule Yakın Çevresi ve Yapı Yüzü Aydınlatması 116
Şekil 4.8 Restoran Katı Kamaşma Problemi ve Işık Kesici 117
Şekil 4.9 Galata Kulesi'ninin Kent ve İnsan Ölçeğinde Görünen Bölümleri 119
Şekil 4.10 Galata Kulesi Aydınlatma Aygıtı Yerleşimi 120
Şekil 4.11 Galata Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatması Modeli 122
Şekil 4.12 Galata Kulesi Aydınlatma Analizi 123
Şekil 4.13 Direk Üstü Aydınlatma Aygıtları Yerleşimi 124
Şekil 4.14 Siteco-5NX722E1MB08 Modeli LED Armatürü Ve Işık Dağılım Eğrisi 125
Şekil 4.15 Bega-66491 Modeli Aydınlatma Aygıtı 126
Şekil 4.16 PHILIPS BCS419 Modeli LED Armatürü ve 10×60° Işık Dağılım Eğrisi 127
Şekil 4.17 Alt Pencere İçi Aydınlatması Montaj Detayı 127
Şekil 4.18 PHILIPS BCS459 Modeli LED Armatürü Ve Bağlantı Detayı 128
Şekil 4.19 Nişli Pencere İçi Aydınlatması Montaj Detayı 129
Şekil 4.20 Seyir Terası Aydınatma Aygıtı Yerleşimi Ve Montaj Elemanı 129
Şekil 4.21 Seyir Terası Aydınlatması Montaj Detayı 130
Şekil 4.22 PHILIPS BCP780 Modeli LED Armatürü Ve Işık Dağılım Eğrisi 131
Şekil 4.23 Seyir Terası Noktasal Aydınlatması Montaj Detayı 131
Şekil 4.24 PHILIPS BCP473 Modeli LED Armatürü ve Işık Dağılım Eğrisi 132
Şekil 4.25 Külah Aydınlatması Montaj Detayı 133
Şekil 4.26 PHILIPS BCS419 Modeli LED Armatürü ve 30x60°Işık Dağılım Eğrisi 134
Şekil 4.27 Külah Penceresi Aydınatma Aygıtı Yerleşimi Ve Mafsallı Ek Parça 134
Şekil 4.28 PHILIPS BCP463 Modeli LED Armatürü ve Işık Dağılım Eğrisi 135

Şekil 4.29 Galata Kulesi Aydınlatma Otomasyon Sistemi Prensip Şeması 136
Şekil 4.30 PHILIPS SSLCTR LRC9628/ IPLAYER3 EU(100-240) 137
Şekil 4.31 Bölgesel Kontrol Ünitesine Kablo Bağlantısı Prensip Şeması 137
Şekil 4.32 PHILIPS ZCX400 100-277V Data Enabler Pro EU 138
Şekil 4.33 Galata Kulesi Çevresi 139
Şekil 4.34 Büyük Hendek Caddesinden Galata Kulesi Görünümü 139
Şekil 4.35 Şahkapısı Sokaktan Galata Kulesi Görünümü 140
Şekil 4.36 Eminönü Sahilden Galata Kulesi Görünümü 141
Şekil 4.37 Unkapanı Sahilden Galata Kulesi Görünümü 142
Şekil 4.38 Salacak Sahilden Galata Kulesi Görünümü 143
Şekil 4.39 İstanbul Gençlik Festivali Kapsamında Galata Kulesi Aydınlatması 144
Şekil 4.40 Günün Anlam ve Önemine Göre Galata Kulesi Aydınlatması.....144
Şekil 5.1 Osmanlı Dönemi Kız Kulesi ve Galata Kulesi Tasviri 154
Şekil 5.2 1943 Restorasyon Dönemi Kız Kulesi 155
Şekil 5.3 Kız Kulesi'nin Konumu 156
Şekil 5.4 Kız Kulesi'nin Mevcut Yapı Yüzü Aydınlatması.....158
Şekil 5.5 Kız Kulesi'nin Yapı Yüzü Aydınlatması Işık Şiddeti ve Renk Farkı.....159
Şekil 5.6 Kız Kulesi'nin Yapı Yüzü Aydınlatması Işık Şiddeti ve Renk Farkı.....160
Şekil 5.7 Kız Kulesi'nin Kent ve İnsan Ölçeğinde Görünen Bölümleri.....161
Şekil 5.8 Kız Kulesi Aydınlatma Aygıtı Yerleşimi.....163
Şekil 5.9 Kentlerde Işık Kirliliği.....164
Şekil 5.10 Yıllara Göre Işık Kirliliği Durumu.....165
Şekil 5.11 Işık Kirliliğinin Doğal Yaşama Etkisi 166
Şekil 5.12 Sundial Köprüsü Aydınlatmasının Balık Göçüne Olumsuz Etkisi 168
Şekil 5.13 Süzülen Kuşların 2016 Yılı İlkbahar Göç Güzergahı.....169
Şekil 5.14 Süzülen Kuşların 2015 Yılı Sonbahar Göç Güzergahı 170
Şekil 5.15 Sarıkuyruk İstavritine Ait Göç Yolları.....171
Şekil 5.16 Kız Kulesi Klasik LED'li Aydınlatma Modeli 172
Şekil 5.17 Kız Kulesi Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Modeli 173
Şekil 5.18 Kız Kulesi Aydınlatma Analizi.....174
Şekil 5.19 Kız Kulesi Aydınlatma Aygıtı Yerleşimi.....175
Şekil 5.20 Kule Zemini Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi.....177
Şekil 5.21 Kule Zemini Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi ...177

Şekil 5.22 Kule Gövdesi Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 179
Şekil 5.23 Kule Gövdesi Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi .179
Şekil 5.24 Alt Pencere İçi Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 181
Şekil 5.25 Alt Pencere İçi Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 181
Şekil 5.26 Kule Üst Gövde İçi Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 183
Şekil 5.27 Kule Üst Gövde İçi Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 183
Şekil 5.28 Balkon Pencere Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi....184
Şekil 5.29 Balkon Pencere Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 185
Şekil 5.30 Pencere Arası Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 186
Şekil 5.31 Pencere Arası Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 187
Şekil 5.32 Kurşun Çatı Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 188
Şekil 5.33 Kurşun Çatı Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi....189
Şekil 5.34 Çatı Penceresi RGB LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 190
Şekil 5.35 Bayrak Direği Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi.....192
Şekil 5.36 Bayrak Direği Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi 192
Şekil 5.37 Kız Kulesi'ne Ait Birinci Senaryo 193
Şekil 5.38 İlkbahar Mevsiminde Kız Kulesi'ne Ait Birinci Senaryo 194
Şekil 5.39 Yaz Mevsiminde Kız Kulesi'ne Ait Birinci Senaryo 194
Şekil 5.40 Kız Kulesi'nin Göz Süzme Senaryosu 195
Şekil 5.41 Kuş Göç Mevsiminde Saatlere Göre Kız Kulesi Aydınlatması 196
Şekil 5.42 Balık Göç Mevsiminde Saatlere Göre Kız Kulesi Aydınlatması 196
Şekil 5.43 Gözlem Yoğun Saatlerde Kız Kulesi Dinamik Aydınlatması 197
Şekil 5.44 Yarı Loşlaştırılmış Kız Kulesi Dinamik Aydınlatması 197
Şekil 6.1 Galata Kulesi Maliyet Oranları Grafiği 206
Şekil 6.2 Kız Kulesi Maliyet Oranları Grafiği.....208

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 En Az Aydınlık Düzeyleri Tablosu 12
Tablo 2.2 Renksel Geriverimine Göre Standartlaştırılmış Kategoriler 18
Tablo 2.3 Işık Kaynaklarının Sınıflandırılması 28
Tablo 2.4 Elektriksel Darbelere Karşı Koruma Sınıflandırılması 48
Tablo 2.5 Toza ve Neme Karşı Koruma Sınıflandırılması 49
Tablo 2.6 Toza ve Neme Karşı Koruma Sınıflandırılması 50
Tablo 2.7 Toza ve Neme Karşı Koruma Sınıflandırılması 52
Tablo 2.7 CIE Yapı Yüzünde Asgari Aydınlık Düzeyi 68
Tablo 2.8 Yapı Yüzünde Önerilen Aydınlık Düzeyi 69
Tablo 2.9 Yapı Yüzünde Önerilen Parıltı Değerleri 70
Tablo 2.10 Yapı Yüzünde Önerilen Parıltı Değerleri 71
Tablo 2.11 Yapı Yüzü Malzemelerinin Yansıtma Çarpanları 83
Tablo 3.1 Farklı Lambaların Teknik Değerleri 93
Tablo 4.1 Konvansiyonel Aydınlatma Ürünlerinin Teknik Özellikleri 146
Tablo 4.2 LED'li Yapı Yüzü Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri 147
Tablo 4.3 Maliyet Analizi İçin Yıllara Göre Fiyat Değişimleri 150
Tablo 4.4 Galata Kulesi Maliyet Analizi Tablosu 151
Tablo 5.1 Zemin Kat Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri 176
Tablo 5.2 Zemin Kat Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri 178
Tablo 5.3 Alt Pencere ve Burç Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri 180
Tablo 5.4 Kule Üst Gövdesi Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri 182
Tablo 5.5 Balkon Penceresi Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri 184
Tablo 5.6 Balkon Penceresi Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri 186
Tablo 5.7 Kurşun Çatı Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri 188
Tablo 5.8 Çatı Penceresi Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri 190
Tablo 5.9 Bayrak Direği Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri 191
Tablo 5.10 Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtları Ürün Teknik Özellikleri 199
Tablo 5.11 Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtları Ürün Teknik Özellikleri 199
Tablo 5.12 Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtları Maliyeti 200
Tablo 5.13 Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtları Maliyeti 201

ÖZET

Tarihî Binaların Yapı Yüzü Aydınlatmasında LED Aydınlatma Teknolojilerinin Kullanılması ve Galata Kulesi ile Kız Kulesi Uygulaması

Yasin DEMİRÖZ

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Bora ACARKAN

Tarih boyunca insanlar yaşadıkları bölgelerde gün ışığının doğrudan ulaşmadığı zamanlarda doğal ya da yapay aydınlatmaya ihtiyaç duymuş, ateşin bulunmasından sonra yapay aydınlatma elemanları ile de bu ihtiyaçlarını karşılamışlardır. İnsanlar antik çağdan beri meşale, mum, kandil ve gaz yağı gibi aydınlatma elemanları ile yaşadıkları bölgeyi aydınlatmışlardır. 19. yy. sonlarına doğru ise dinamonun icat edilmesiyle birlikte aydınlatmada elektrikli aydınlatma elemanları kullanılmaya başlanmış ve insanlık gerçek manasıyla ''Aydınlatma Çağı''nı yaşamıştır. Modern dünyada aydınlatma artık istenilen bölgeye ışık kaynağını yönlendirme değil aydınlatma aygıtından yardımcı elemanlarına kadar her ince ayrıntının tasarlandığı, analiz edildiği, ileri hesaplama yöntemleri kullanılarak kararların verildiği bir bilim dalı haline gelmiştir. Bu nedenle başta kent kimliğinde söz sahibi olan eserler olmak üzere kent aydınlatması kavramında kendine yer bulan insanların sosyal, psikolojik ve fizyolojik ihtiyaçlarını konforlu bir biçimde sürdürebilme ihtiyacına hizmet eden işlevsel ve mimari aydınlatma

kavramlarını doğru tasarlamak, uygulamak ve işletmek gerekmektedir.

Bu çalışma aydınlatmaya ait temel kavramları, yapı yüzü aydınlatmasında kullanılan aydınlatma aygıtları, yardımcı elemanlar ve kontrol sistemlerine ait teknik bilgileri, kent aydınlatması konuları içinde bulunan yapı yüzü aydınlatmasına ilişkin mimari, teknik ve tasarım kritelerleri, Galata Kulesi ve Kız Kulesi yapı yüzü aydınlatmasına ait tasarım, malzeme, aydınlatma ve maliyet analizlerini kapsamaktadır.

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.

Maliyet analizleri sonucu yeni nesil aydınlatma sistemlerinin işletme maliyeti açısından avantajlı olsa da yatırım maliyetinin yüksek olduğunu anlaşılmaktadır. Ancak özellikle kent kimliğine katkısı olan yapılarda yanlış bir uygulamayla yapının tüm görsel dokusu, özgünlüğü, yapı özellikleri, varsa tarihî değerleri zarar görebileceğinden "mimari" ve "teknik" kriterler, ekonomik kriterlerden daha ön planda tutulması, çevre odaklı aydınlatma kavramı ise tasarım kriterleri çerçevesinde değerlendirilerek projelendirmeden uygulamanın bitimine kadar geçen süreçte doğru seçimlerin bu bilgiler ışığında yapılması büyük önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Aydınlatma, yapı yüzü aydınlatması, tarih eser aydınlatması, LED, çevre odaklı aydınlatma

ABSTRACT

Facade Lighting of Historical Buildings Using LED Lighting Technologies and The Application of Galata Tower and Maiden Tower

Yasin DEMİRÖZ

Department of Electric Engineering

Master's Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Bora ACARKAN

Throughout the historical ages, people needed natural or artificial lighting when daylight was not reached directly in the regions where they lived, and after the fire was found, they met these needs with artificial lighting elements. Since ancient times, people have illuminated the region where they live with lighting elements such as torch, candle, lamp and gas oil. Towards the end of the 19th century, with the invention of dynamo, electrical lighting elements were started to be used in illumination and humanity experienced the "lighting age" in its real sense. In the modern world, lighting has become an important discipline of science where every detail, from lighting device to system components are designed, analyzed and made decisions using advanced calculation methods. For this reason, it is necessary to design, implement and operate functional and architectural lighting concepts for buldings and places which have an effect upon the concept of urban illumination and city identity, and which serve the need to maintain the social, psychological and physiological needs of people in a comfortable manner.

This study includes the basic concepts of lighting, lighting devices used in building facade lighting, technical information of system components and control systems, architectural, technical and design criteria for building facade illumination, design, materials, lighting and cost analysis of facade illumination of Galata Tower and Maiden's Tower.

In the analysis, compliance with modern lighting devices to the illumination of historical buildings design, architectural and technical criteria were investigated. And at the same time, it aims to provide a new perspective on the lighting process in lighting design by multi-analysis of the conventional and LED lighting devices in Galata Tower and traditional LED lighting devices and the next generation LED lighting devices that consideration of the living life in the environment in Maiden's Tower.

As a result of cost analysis of new generation lighting systems, although it is advantageous in terms of operating cost, it is understood that the investment cost is expensive. However, because all the visual texture, originality, structure characteristics and historical values of the structure may be damaged by the wrong application in the buildings which contribute to urban identity, the "architectural" and "technical" criteria should be taken into consideration more than the economic criteria and the concept of environmental lighting is evaluated within the design criteri and it is of great importance that the right choices are made in the light of this information in the process from project to application.

Keywords: Lighting, facade lighting, historical buildings lighting, LED, environment-oriented lighting

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Akkor telli lambanın icadıyla başlayıp gaz deşarjlı lambayla devam eden elektrikli ışık kaynakları teknolojilerinin günümüzdeki son temsilcisi ve ikinci dönüm noktası olarak kabul edilen yarı iletken ışık kaynaklarının kent aydınlatmasında kullanılmaya başlanılması ile birlikte bu konudaki akademik çalışmaların sayısı da artmıştır. Yapılan çalışmalarda Aydınlatma Türk Milli Komitesi (ATMK), ilgili meslek odaları, aydınlatma tasarımcıları ve üreticileri, Enerji Yönetimi ve Aydınlatma Müdürlüğü gibi kamu kurum ve kuruluşları ile üniversitelerin desteğiyle kent aydınlatması kavramı temelden ele alınarak kent aydınlatmasına katkı sunulmuştur. Söz konusu çalışmalarda başta kent kimliğine katkısı olan yapıların yapı yüzü aydınlatması incelenirken sadece tasarım, mimari ve teknik kriterler açısından ele alınmış ancak ekonomik analizleri yapılmamıştır. Ayrıca çevreye olan etkisi sadece ışık kirliliği ile ilgili genel bilgiler verilerek sınırlı tutulmuştur.

Bu çalışmada ise günümüzde kullanılamaya devam eden konvansiyonel, LED'li ve yeni nesil LED'li aydınlatma kaynaklarının yapı üzerindeki tasarım, mimari ve teknik analizlerinin yapılması yanı sıra her bir sistem için ayrı ayrı yatırım, işletme ve bakım maliyetleri dikkate alınarak uzun dönem için maliyet analizleri yapılarak ekonomik kriterlerin özellikle tarihî yapıların aydınlatmasındaki etkisi incelenmiştir.

Kent kimliği ve estetiği açısından büyük önem taşıyan tarihî ve kültürel değere sahip eserlerde yapı yüzü aydınlatmasında kullanılabilecek montaj teknikleri analiz ve değerlendirmeleri yapılmış ve yeni önerilerin geliştirilmesine katkı sağlanmıştır.

Ayrıca tarihî eser aydınlatmasında ihale sürecinden uygulama kabul sürecine kadar tüm aydınlatma tasarım aşamaları anlatılarak konu hakkındaki genel bilgi eksikliğinin giderilmesi hedeflenmiştir.

Galata Kulesi ve Kız Kulesi özelinde ise kullanılan veya kullanılması planlanan aydınlatma aygıtlarının, montaj elemanlarının, kontrol sistemlerinin özellikleri, söz konusu eserlerin mimari ve estetik özelliklerine uygun olarak yapılan tasarımlarda kullanılan aydınlatma aygıtlarının cephe üzerindeki ışık ve renk etkisi ve çevre odaklı aydınlatma tasarımı incelenmiş, yapıların farklı aydınlatma sistemleriyle aydınlatılması durumunda ekonomik analizleri yapılarak bu durumun aydınlatma tasarımına etkisi araştırılmıştır.

Bu süreç içerisinde kent aydınlatması, tarihî eser aydınlatması, modern aydınlatma aygıtları, aydınlatma teknikleri ve aydınlatmanın çevreye olan etkisi ilgili kaynaklar taranmış, konuyla ilgili literatürde yer alan kitaplar, tezler, bildiriler incelenmiştir.

İstanbul Elektrik Mühendisleri Odası'nın düzenlediği sempozyumda "Kent, Elektrik ve Aydınlatma" başlıklı bildiri sunan Rengin ÜNVER bildirisinde kentlerin aydınlatma ve elektrifikasyon teknikleri, aydınlatmanın sosyal ve ekonomik yönlerini farklı açılardan ele alarak kentlerde ışık görme ve görünme, işlevsel ve mimari aydınlatmalar, iyi görme koşullarına değinmiş, aydınlatmada verimliliği; lambalar, aydınlatma aygıtları, aydınlığın niteliği, bakım ve aydınlatmanın evreleri gibi aydınlatmanın temel olguları açısından incelemiştir [1].

Nazife Tuğçe ONUK tarafından yazılan "Kentsel Dış Mekânların Aydınlatılması Kapsamında Işık Kirliliğinin İrdelenmesi" adlı yüksek lisans tezinde ışık kirliliği sebepleri ile birlikte incelenerek doğru kentsel dış mekân aydınlatma ilkeleri anlatılmış ve bu kriterler doğrultusunda örnekler verilmiştir [2].

Sümeyra Çam GÜN'e ait "LED Temelli Yapı Yüzü Aydınlatmalarının İncelenmesi" isimli yüksek lisans tezinde, yapı yüzü aydınlatmasında uygulanabilecek farklı aydınlatma teknikleri incelenmiştir. Bu çerçevede yapının dış mimari özelliklerine göre uygulanması gereken aydınlatma tekniği, yapı yüzünde kullanılan aydınlatma

aygıtları ve kullanım şekli gibi konulara değinilmiştir [3].

Seçkin Durmuş KORUCUOĞLU'nun "Cephe Aydınlatma Kriterleri Ve Safranbolu Fethi Toker Güzel Sanatlar Ve Tasarım Fakültesi Cephe Aydınlatmasının İrdelenmesi" isimli yüksek lisans tezinde cephe aydınlatma tasarımı konusu bahsedilmiş, Fethi Toker Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi bu kriterler doğrultusunda incelenmiştir [4].

Mustafa SEVEN, mimari aydınlatma tasarimi adlı blog sayfasındaki "Tarihî Yapılarda Mimari Aydınlatma Tasarımı Süreci" isimli yazısında tarihî yapıların mimari aydınlatmasında tasarımcıların yaşadığı sürece değinmiştir [5].

Sermin ONAYGİL vd., tarafından hazırlanan "Yol Aydınlatmasında LED'li Armatürlerin Ekonomik Analizi" başlıklı makalede M3 aydınlatma sınıflı yollar için LED'li yol aydınlatması armatürleri ile konvansiyonel armatürler teknik açıdan karşılaştırılmış farklı aydınlatma sistemleri için yatırım, işletme ve bakım maliyetleri dikkate alınarak uzun dönemli maliyet analizleri yapılmıştır [6].

Karolina M Zielinska-Dabkowska'nın "Aydınlatmak mı, Aydınlatmamak mı? Yüksek Bina Ve Köprülerin Dış Aydınlatması ve Bunun Kuş ve Balıkların Yaşamı Üzerindeki Olumsuz Etkisi" başlıklı makalesinde sanayinin gelişmesiyle birlikte yaşam tarzı ve tüketim alışkanlıklarının değişiminin yapay aydınlatmaya olan ihtiyacı artırdığı belirtilerek bu durumun bitki ve hayvan âlemi üzerindeki olumsuz etkileri olduğundan bahsedilmektedir. Dünyanın çeşitli yerlerindeki olumlu ve olumsuz örneklerin sıralandığı makalede, kuş ve balıkları gözeten aydınlatma sistemleri için kılavuz bilgiler de sunulmaktadır [7].

1.2 Tezin Amacı

Yapı yüzü aydınlatması kentin sosyal, kültürel, ekonomik ve sosyalojik yapısını yansıtmada önemli bir araçtır. Aydınlatma teknolojilerinin gelişmesi yapı yüzü aydınlatma sistemlerini de değiştirmekte ve konuya ilişkin uygulamalar her geçen gün artmaktadır. Yapı yüzü aydınlatmasının yaygınlaşması kent kimliğini ve kentin özgün yapısını sunma anlamında katkı sağlarken, yanlış uygulamaların getirdiği sosyolojik, ekonomik ve çevresel sorunlar bu konunun çok yönlü bir biçimde araştırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın amacı yapı yüzü aydınlatmasına ait temel bilgilerin verilerek, tarihî eser yapı yüzü aydınlatmasını tasarım, mimari, teknik ve ekonomik kriteleri açısından irdelemek, Galata Kulesi örneği üzerinden yapı yüzünde modern aydınlatma teknolojisi kullanımının tarihî yapılarda aydınlatma tasarımına etkisini anlatmak, Kız Kulesi örneği üzerinden ise çevreye duyarlı aydınlatma tasarımında yeni önerilerin geliştirilmesine katkı sağlamaktır.

1.3 Bulgular

Modern aydınlatma teoreminde yapı yüzü aydınlatması sadece aydınlatmanın bulunduğu yapıyı değil yapının bulunduğu bölgeyi, kenti, insanları ve çevresindeki diğer canlı yaşamı da yakından etkilemektedir. Bu nedenle yapı yüzünde kullanılması planlanan aydınlatma sistemini seçerken kullanılan tasarım, mimari, teknik ve ekonomik kriterlerin doğru belirlenmesi gerekmektedir. Özellikle bir kentin kimliğini yansıtan kültürel, sanatsal veya tarihî değeri olan eserlerin aydınlatmasında tasarım, mimari, teknik kriterler ekonomik kriterlerden daha ön planda tutulmalı çevre odaklı aydınlatma çalışmaları desteklenmelidir.

Mevcut literatürde kent aydınlatması üzerine yapılan çalışmalarda genelde mimari ve tasarım kriterleri bakımından incelenirken bu çalışmada yapı yüzü aydınlatmasında tasarım, mimari, teknik ve ekonomik kriterlerin tamamı bir bütün olarak ele alınarak Galata Kulesi ve Kız Kulesi özelinde örnek aydınlatma çalışmaları analiz edilmiş, söz konusu kriterlerin aydınlatma tasarımındaki etkisi değerlendirilmiştir.

2
Aydınlatma İle İlgili Temel Kavramlar

2.1 Aydınlatmanın Tanımı, Konusu ve Amacı

İnsanlar bulundukları ortamlarda kendilerini güvende hissetmek, bulunduğu fiziksel mekânları ve etrafındaki nesneleri rahat kullanmak, diğer bireylerle daha rahat iletişim kurmak kısacası yaşamlarını belli kalitede sürdürmek isterler. Işık insanların fiziksel ve psikolojik gereksinimlerini en iyi biçimde karşılanarak yaşam kalitesinin yükseltilmesini sağlayıcı çeşitli olanaklar sağlamaktadır. Aydınlatma kavramı, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından "nesnelere, bunların çevrelerine, ya da bir bölgeye, bir kent bölgesine, gereği gibi görülebilmeleri için ışık uygulaması" şeklinde tanımlanır. Aydınlatmanın tanımından anlaşılacağı üzere aydınlatma; görme olayının gerçekleşmesi için gerekli olan ışık, göz ve görülecek nesneyi konu edinmektedir. Aydınlatmanın amacı ise temel olarak insanın içinde bulunduğu fiziksel ortamı ve ortamda bulunan nesneleri iyi görme koşullarını oluşturarak en iyi biçimde algılanmasını sağlamak şeklinde tanımlanır [8],[9],[10].

Günümüzde aydınlatma içinde bulunulan fiziksel ortamı görünür kılan ışık uygulama yöntemi olmaktan çıkmış fiziksel ve psikolojik tüm konfor şartlarının oluşturulabildiği temel kuralları olan bir bilim haline gelerek aydınlatma tekniği kavramını doğurmuştur. Aydınlatma tekniği basit olarak ışığın üretimi, kullanımı, dağıtımı, ekonomisi, ölçülmesi için oluşturulan yol, yöntem ve beceriler olarak tanımlanabilir. Aydınlatma tekniğine uygun, uygulandığı alanda özgün, anlamlı ve uyumlu bir sistemin kurulması ise doğru aydınlatma tasarımı yapılması ile gerçekleştirilir. Aydınlatma tasarımı nesnelere ve bulunduğu çevrenin işlevine uyumlu, estetik, ekonomik, insan ve çevre odaklı aydınlatma düzeni kurma çalışmasıdır. Tanımlardan da anlaşılacağı üzere aydınlatma kavramınını anlamak için aydınlatmanın konusunu oluşturan kavramların çok daha detaylı incelenmesi gerekmektedir [1],[9],[10].

2.2 Işık, Renk ve Görme Olayı

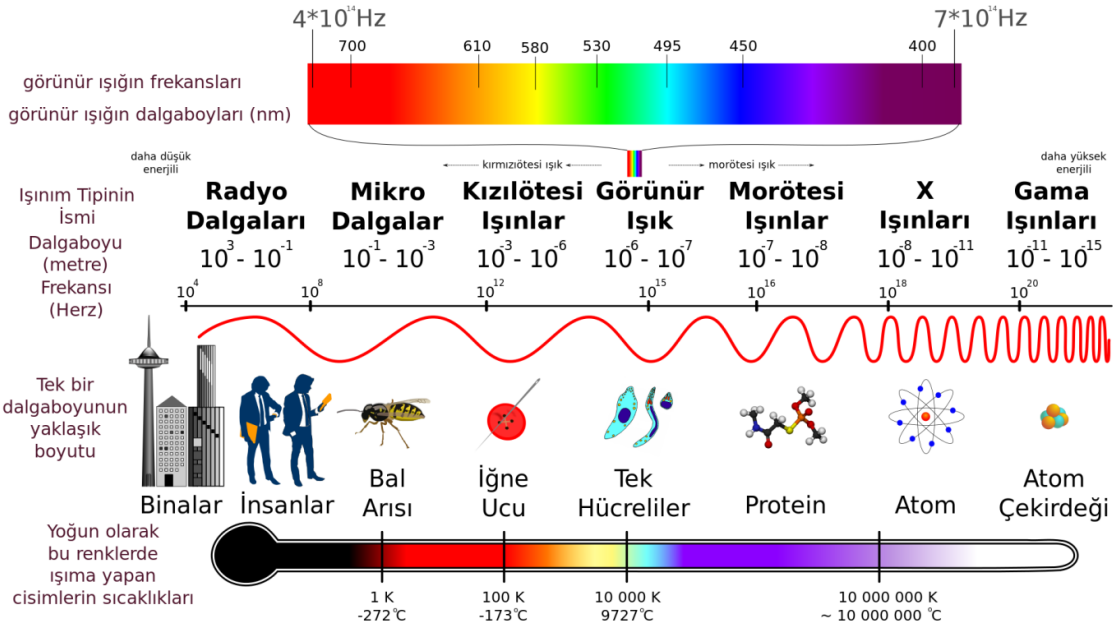
İnsanlar çevre ile olan ilişkilerini duyu organları ile sağlarlar. Işık, ses, renk, ısı, nem, hava ve koku insanların içinde bulunduğu fiziksel ortamı algılamak için kullandığı duyuları harekete geçiren uyaranlardır. İnsanın dış dünyayı anlamlandırmasında kullandığı en önemli duyu organı gözüdür. Görsel duyulama bütün algılamaların %95'inin kaynağı olması sebebiyle diğer duyulardan çok daha fazla ön planda bulunmaktadır. Görme duyusunun çalışabilmesi ortamda bulunan ışığa, aydınlığa bağlıdır. İyi bir görsel algılama ışığın doğal veya yapay herhangi bir kaynaktan gelişigüzel yansıtılmasından öte içinde bulunulan fiziksel ortama uygun görsel konfor koşullarını azami düzeyde sağlamaktan geçmektedir. Bu tanımlamaların tamamından anlaşılacağı üzere bir çevrenin doğru aydınlatılması için Şekil 2.1'de bağıntısı görülen aydınlatma konusunun temelini oluşturan göz, ışık ve görülecek nesne üçlüsünün doğru irdelenmesi gerekir [8],[9],[11],[12].



Şekil 2.1 Aydınlatmanın Konusu Göz, Işık Ve Görülecek Nesne

2.2.1 Işık

Işık, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından, görme organına bağlı ya da görme organı aracılığı ile olan bütün duyulama ve algıların verisi olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir deyişle 380 nm ile 780 nm dalga boyu arasındaki optik elektromanyetik ışınımların adıdır. Işık uzayda yol alırken dalga gibi, madde ile etkileşim halindeyken tanecik gibi davranır. Farklı dalga boylarına sahip kozmik ışınımlar, ısı ışınımları, optik ışınımlar, radar ışınımları gibi ışınımların dalga boylarına göre sıralanması durumunda Şekil 2.2'de görülen Elektromanyetik Spektrum oluşturulmaktadır [9],[13],[14],[15].



Şekil 2.2 Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik Spektrum'da bulunan farklı dalgaboylarına sahip ışınlardan iyonize olarak adlandırılan radyasyonlar tıbbi cihazlarda ve nükleer çalışmalarda iyonize olmayan olarak adlandırılan radyasyonlar ise cep telefonlarında, televizyon ve radyo sinyallerinde, AC enerji hatlarında kullanılır [14].

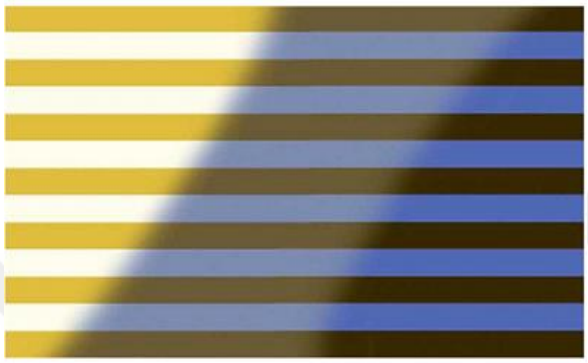
2.2.2 Renk

Renk, farklı dalga boylarındaki görünür ışığın gözün retina bölgesine ulaşmasıyla oluşan bir duyumdur. Bu algılama, ışığın maddeler üzerine çarpmasının ardından farklı dalga boylarındaki ışığın yansıma oranına göre çeşitlilik gösterir. Bu durum da renk veya renk tonu olarak adlandırılır. Renk algısı, beynin görme organında bulunan hücrelerden gelen bilgileri işlemesiyle algılanan, görece karmaşık bir süreçtir.

Elektromanyetik spektrumdaki görünür ışık olarak bahsedilen 380 nm ile 700 nm arası dalga boylarının tamamının aynı anda gözümüze ulaşması durumunda beyaz, hiç ulaşmaması durumunda siyah olarak algılanmasına neden olmaktadır. Görme organı ile duyulan renk, bilinç yolu ile algılara dönüşür. Bu nedenle renk aydınlatmanın önemli bir parçasıdır. Özellikle renk algılamasının önemli olduğu alanlarda renk ile aydınlatılması planlanan mekân veya nesne arasındaki uyum aydınlatma kalitesi bakımından büyük önem arz etmektedir. Renklerin doğru

algılanması gereken alanlarda nesneler ya da mekânlarda ışık seçimi özellikle spektrum özellikleri dikkate alınarak yapılmalıdır.

Nesnelere gün ışığı altında bakıldığında renkleri normal ışık rengindedir. Gün ışığından farklı yapay ışık kaynakları kullanılarak aydınlatılan nesnelerden algılanan renk ise ışık kaynaklarnın renksel özelliklerine göre değişmektedir. Şekil 2.3'de gün ışığından farklı yapay ışık kaynakları altında aynı nesnenin farklı algıları görülmektedir [16].



Şekil 2.3 Farklı Yapay Işık Kaynakları Altındaki Nesnenin Renk Algısı

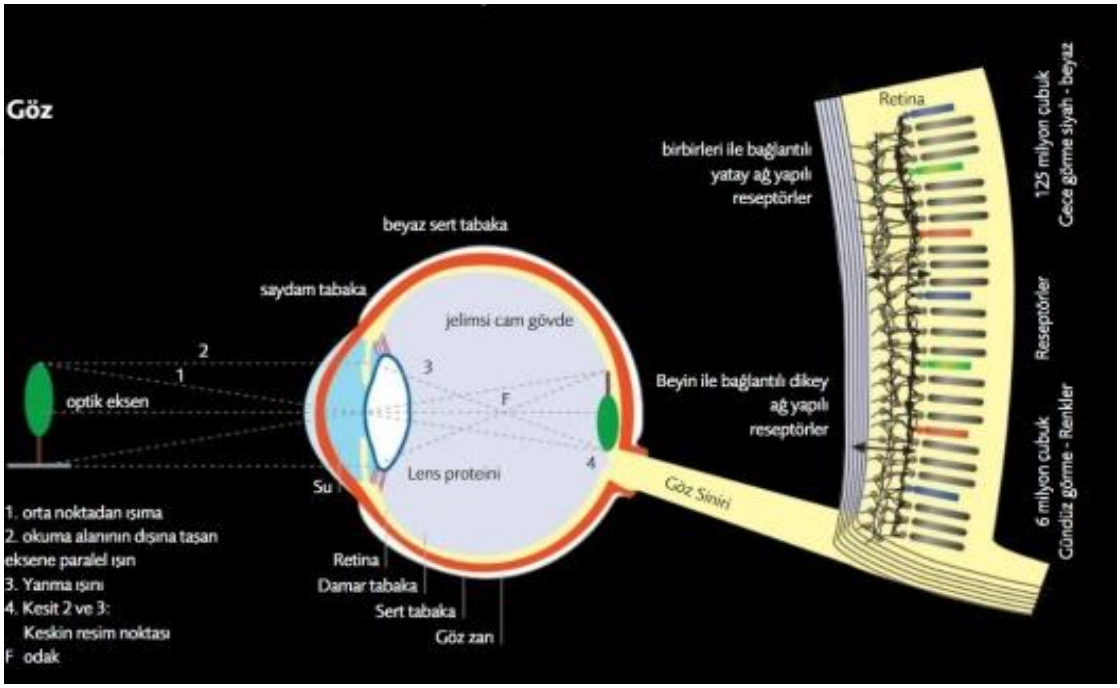
Mekânın ya da nesne yüzeylerinin gerçek renklerinde algılanması, aydınlığı oluşturan ışık kaynaklarının spektrum yapısına bağlıdır. Farklı renklerde yüzeylerin bulunduğu bir ortamda, tüm renklerin gerçek renklerinde görünmesi için ışığın renksel özelliklerinin doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Aydınlığı oluşturan ışığın renksel özellikleri; renksel izlenim, ışığın renk sıcaklığı ve ışığın renksel geriverim endeksi ile tanımlanmaktadır [17],[18],[19].

2.2.3 Görme Fizyolojisi

Göz aydınlatma tekniğinin üç temel konusundan biridir. Gözün yapısını ve çalışma sistemini bilmek aydınlatma tekniği açısından önem arz etmektedir. Sert tabaka, damar tabaka ve ağ tabaka diye adlandırılan iç içe geçmiş üç tabakadan oluşan göz ve fotoğraf makinesi yapı ve çalışma sistemi açısından önemli benzerlikler taşmaktadır. Gözler, ışığın girebileceği bir boşluk, odaklanmayı sağlayan bir lens ve gözün arka tarafında bulunan ışığa duyarlı bir zar ile kameralara çok benzer bir şekilde çalışır [9].

Görme olayının gerçekleşmesi için göze nesnelerden yansıyan ve geçen ışığın gelmesi gerekmektedir. Göze gelen ışık saydam tabakada kırılarak göz bebeğinden geçer ve merceğe ulaşır. Mercekte tekrardan kırılan ışık gözün arka bölümünde bulunan ağ tabaka yani retinada görüntü oluşturur (Şekil 2.4). Ağ tabakası adına çubuk ve koni denilen ışığa duyarlı milyonlarca alıcıdan oluşmaktadır. Parıltının seviyesine göre retinada bulunan görme hücreleri ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek görüntüyü beynin görme merkezine iletir ve bu sayede görme olayı gerçekleşir [9],[20],[21].



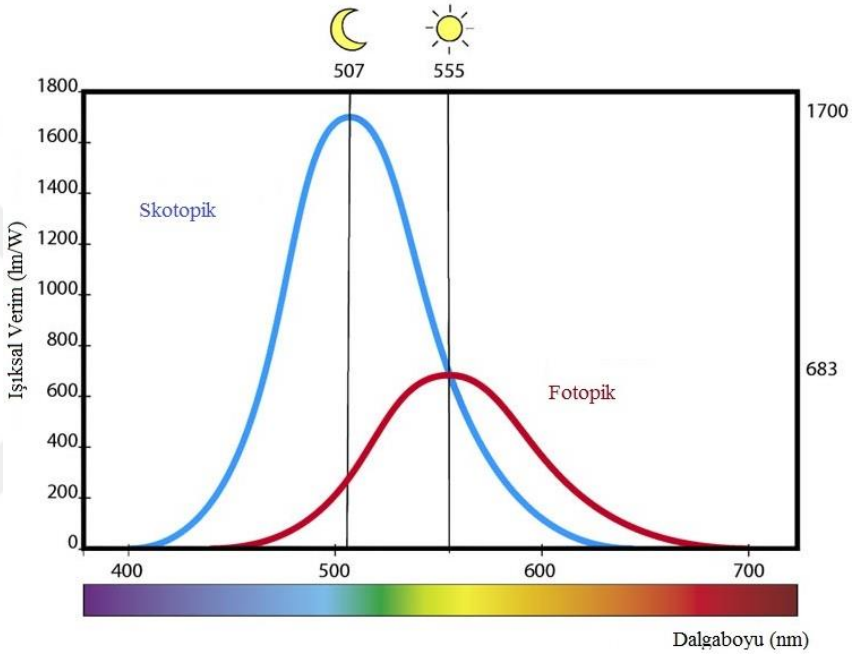
Şekil 2.4 Gözün Yapısı ve Görme Olayı

Görme organı ışık tarafından uyarıldığında elektromanyetik spektrumda bulunan farklı dalga boylarındaki renklerden sadece üç tanesini ayırt edebilir. Bunlar yeşil, mavi ve kırmızıdır. Ağ tabakasından beyine iletilen sinyallerin beyinde işlenmesi ile milyonlarca farklı renk tonu oluşur.

Normal bir insan gözündeki ağ tabakasında 6 ile 7 milyon arasında koni, yaklaşık 120 milyona yakın çubuk hücresi bulunur. Koni hücreleri ışığın dalga boyuna göre duyarlılık gösteren opsin adı verilen protein içerir. Fotonlar opsinlere çarptığında, opsinler yorumlanmak üzere beynin görme merkezine iletilecek sinyalin oluşmasında rol oynar. Koni hücrelerinin yarısından fazlası kırmızı ışığa

karşı, yaklaşık üçte bir kadarı yeşil ışığa karşı ve sadece yüzde ikisi mavi ışığa karşı duyarlıdır. Bu durum spektrumdaki 555 nm'deki sarı-yeşil bölgeye daha çok odaklanılmasına neden olur [20].

Retinanın kalan kısmı parıltıya duyarlı ancak renk algılamada duyarsız olan çubuk hücreleriyle kaplıdır. Işığı algılayabilen fakat renkleri algılayamayan çubuk hücreleri gece görmesinde rol alırlarken azami duyarlılığa 507 nm dalga boyundaki mavi-yeşil renk aralığındadır. Şekil 2.5'de gözün spektral duyarlılığını gösteren gündüz ve gece görmesine ait spektral duyarlık eğrisi görülmektedir [22].



Şekil 2.5 Spektral Duyarlık Eğrisi

Göz farklı dalga boylarındaki ışınımlara karşı farklı duyarlılık gösterir. Gözün çeşitli ışınımlara karşı gösterdiği duyarlılık derecesi, gözün spektral duyarlılığı ile belirlenir. Açık alandaki parıltı değerlerine göre normal insan gözü fotopik skotopik ve mezopik olmak üzere üç çeşit görme etkinliğine sahiptir. Parıltı değerinin 10 cd/m²'den büyük olduğu durumlarda gündüz (fotopik) görme durumu gerçekleşir ve görsel algıyı oluşturan hücreler yalnızca konilerdir. 0,01 cd/m²'den küçük parıltı değerlerinde ise gece (skotopik) görme durumu gerçekleşir ve görsel algıyı oluşturmada çubuklar aktif rol oynar. Bu değerlerin arasındaki parıltı seviyesinde ise hem çubukların hem de konilerin etkileşimde olduğu karma (mezopik) görme gerçekleşir [9],[11].

2.3 Aydınlatma Tekniği ve Görsel Algı

Görme organının duyumsadığı nesnelerden yansıyan veya geçen ışığı elektrokimyasal yöntemlerle beyinde bulunan görme merkezine iletmesinden sonra beyin görsel algılamayı oluşturur. Bu durum aydınlatmanın görsel algı oluşturulmasında çok önemli rol oynadığını göstermektedir. Bu nedenle yapay aydınlatmada kullanılan aydınlatma aygıtlarının ve bunların teknik özelliklerinin doğru seçilmesi içinde bulunulan fiziksel ortamda görsel konforun oluşturulması için çok önemlidir. İyi bir görsel algı bulunulan ortamda aydınlatma tekniğine göre bazı koşulların sağlanması ile elde edilebilir. Bunlar;

- Görsel algılamanın rahatça yapılabilmesi ve bu durumun uzun süre sürdürülebilmesi,
- Yüzeylerin biçim, boyut ve doku gibi özelliklerinin doğru algılanabilmesi,
- Renklerin doğru görülebilmesi, renk farklılıklarının ayırt edilebilmesi,
- Hareketin yön, hız, ivme gibi özelliklerinin kolaylıkla algılanabilmesi,
- Görülmek istenen nesne veya çevrenin tüm ayrıntılarının zorlanmadan anlaşılabilir olmasıdır [9].

Görsel algılamanın iyi olması için görsel konfor koşullarının sağlanması gerekmektedir. Görsel konfor koşullarının oluşturulmasında büyük payı olan ışığın nitelik ve niceliği; insanların psikolojilerinde, çevreyle ve diğer insanlarla olan iletişimlerinde ve mekân bütünlüğünün sağlanmasında çok büyük etkendir. Aydınlatmanın nicelik ve nitelik özellikleri bakımından doğru yapılması görsel algılamanın başarılı olmasında çok büyük öneme sahiptir. Bu sebeple aydınlatmaya ait her iki özelliğin de detaylı bir biçimde incelenmesi gerekmektedir.

2.3.1 Aydınlığın Niceliği

İyi görmenin belirleyicilerinden olan aydınlığın niceliği bir ortamdaki aydınlık düzeyini tanımlar. Görsel algılamanın temel verilerinden olan belirli yüzeydeki ışık akısı miktarının ne kadar olması gerektiği bulunan ortamda yapılacak eylemin niteliği başta olmak üzere çeşitli verilere göre belirlenmiştir. Her ne kadar göz aydınlık düzeyindeki değişimlere uyum sağlayabilse de kararlı bir aydınlatma

düzeyine sahip olamayan veya olması gerekenden az ya da çok aydınlatma düzeyine sahip olan ortamlarda görsel konfor sağlanamaz. Buna nedenle, görülmesi istenen nesnelerin boyutları, nesnelere ait yansıtma çarpanları, görme konusunun hareketi, nesneyle çevresi veya fon arasında parıltı karşıtlığı, ortamda bulunan insanların ağırlıklı yaşı, görsel algılama süresi gibi veriler baz alınarak en düşük ve en yüksek aydınlık düzeyleri belirlenmiştir. Değişik eylemler için sağlanması gerekenen az aydınlık düzeyi; "TS EN 12464-1: Işık ve Işıklandırma - İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri", "TS EN 12464-2 Işık ve Aydınlatma Çalışma Alanlarının Aydınlatılması - Yapı Dışındaki Çalışma Alanları", ISO 8995-1:2002 - 'Indoor', ISO 8995-3:2006 - 'Outdoor' başlıklı standartlarda yer almaktadır. Tablo 2.2'de TS EN 12464-1 : 2011 standardına göre bazı alanların en az aydınlık düzeyleri verilmiştir [23],[24].

Tablo 2.1 En Az Aydınlık Düzeyleri Tablosu

Alan-Görev Aktivite Türleri	**Aydınlık Düzeyi**	**UGR**	**U_0**	**R_a**
Bekleme Odaları	100 lx	22	0,4	80
Revir Odaları	500 lx	19	0,6	80
Sınıf	300 lx	19	0,6	80
Sanat İşlikleri	750 lx	16	0,7	90

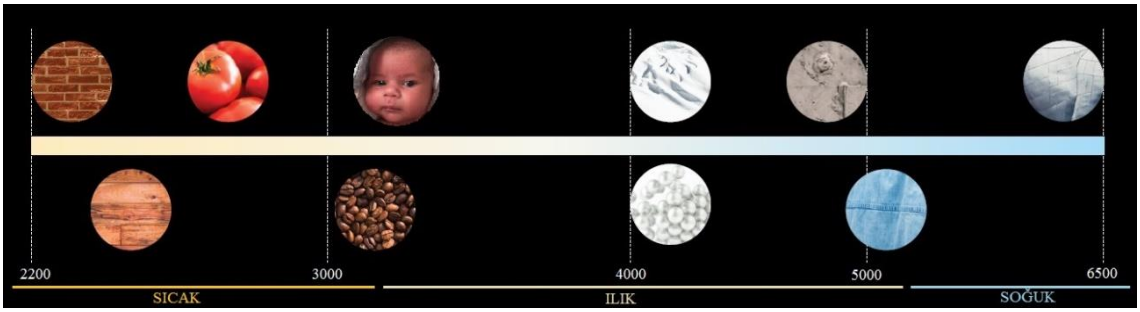
2.3.2 Aydınlığın Niteliği

Bir alana düşen ışık akısı miktarı değişmeksizin o alandaki aydınlığın değişen tüm özellikleri aydınlığın niteliği tanımı içerisindedir. Bir ortamda görsel algının iyi olması için çoğu zaman aydınlığın niteliği ile ilgili konular, nicelikten daha fazla önem taşır. Ortamdaki aydınlığın niteliği iyi değilse, aydınlık düzeyi artırılarak veya azaltılarak gerekli görme koşulları oluşturulamaz. Çünkü göz aydınlık düzeylerindeki değişime uyum sağlama yeteneğine sahipken nitelik açısından uygun olmayan koşullarda uyum sağlama yeteneğine sahip değildir. Bu nedenle bir ortamdaki iyi görmenin belirleyicisi ortamdaki aydınlığın nitelik özellikleridir denilebilir. Aydınlığın niteliği; ışığın renksel özelliklerini, doğrultusunu, gölgesini ve aydınlık düzeyi dağılımını kapsayan bir kavramdır [19].

2.3.2.1 Işığın Renksel Özellikleri

Aydınlatan ışığın renksel özelliği yani spektrumu nesnelerden yansıyan ışığın dolayısıyla nesnenin görünen renginin de belirleyicisi durumundadır. Alanı aydınlatan ışık kaynağının yaydığı ışık elektromanyetik spektrumdaki tüm dalga boylarını eşit derecede içeren yani beyaz ışık olması durumunda alanda bulunan nesnenin öz rengiyle algılanan rengi arasında fark bulunmamaktadır. Fakat doğal ve yapay tüm ışık kaynakları az çok renkli olduklarından nesnelerin rengi öz renginden daha farklı algılanabilir. Bu durumda aydınlatan ışığın renksel özelliklerinin değişmesi, algılanan renklerin de değişmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle iyi görme koşullarının oluşturulması için ışığın renksel özellikleri olarak nitelendirilen renk sıcaklığı, renksel izlenim ve renksel geriverim değerlerinin doğru belirlenmesi gerekir [25].

Renksel İzlenim: Işığın renginin sıcak, ılık ya da soğuk olarak nitelendirilmesine renksel izlenim denir. CIE'nin belirlediği standart aralıklara göre renk sıcaklığı 3300 K'den düşük düzeydeki ışınımlar turuncu-kırmızı arasında bulunan tonlarda bir renk olarak algılanırken bunlar sıcak renkli ışıklar olarak adlandırılır. Renk sıcaklığı 3300 K ila 5300 K arasında bulunan pembemsi sarı tonlardaki ışınımlar ılık renkli ışıklar, renk sıcaklığı 5300 K'den yüksek renk sıcaklığı sahip ışınımlar beyaz-mavi yönünde bir renk olarak algılanırken bunlar da soğuk renkli ışıklar olarak adlandırılır. Işığın rengi görsel algılamayı birebir etkileyen niteliklerden biri olduğundan tasarım yapılırken gerek ışığın spektrum yapısı gerek yüzeylerin öz rengi gibi konulara azami özen göstererek tasarımlar yapılmalıdır. Şekil 2.6'da bazı nesnelerin renksel izlenime göre sıralanışı gösterilmiştir [23],[26],[27].



Şekil 2.6 Nesnelerin Renksel İzlenime Göre Sıralanışı

Bu tasarımlarda ışık kaynağı seçiminde sahip olması gereken ışıksal niteliklerin belirlenmesinde aşağıda belirtilen birkaç genel geçer kural kullanılabilir [23],[26].

- Sıcak renkli yüzeylerin sıcak renkli ışıkla aydınlatılması durumunda;

Renksel doymuşlukları artar (griden uzaklaşırlar)

Işıklılıkları yükselir (daha çok aydınlanmış gibi görünürler)

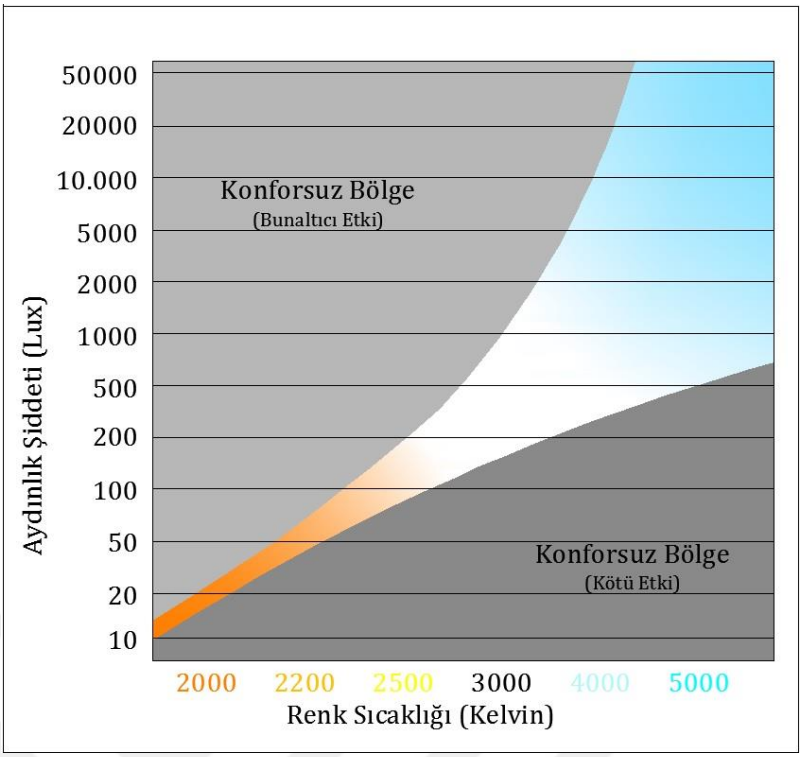
- Sıcak renkli yüzeylerin soğuk renkli ışıkla aydınlatılması durumunda;

Renksel doymuşlukları azalır (grileşirler)

Işıklılıkları düşer (daha az aydınlanmış gibi görünürler)

Soğuk renkli yüzeyler için de aynı kural tersine geçerlidir.

- İnsanlar yapısı gereği aydınlık, daha sıcak ve doymuş renkleri tercih ederler. Bu sebeple özellikle yapıların giriş bölümleri ve resepsiyon gibi bölümlerinin görece daha aydınlık ve daha sıcak renkli izlenim vermesi önemlidir.
- Ekvatora yaklaştıkça soğuk renkli ışıklar, ekvatordan kuzeye doğru gidildikçe sıcak renkli ışıklar bölge insanları tarafından daha çok tercih edilir.
- Fiziksel bir ortamdaki yapılan bölgesel aydınlatma genel aydınlatmayı sağlayan ışığın rengine göre daha sıcak seçilmelidir.
- Işığın rengi ile aydınlık düzeyi arasında da bir bağıntı vardır. Bir ortamdaki aydınlık düzeyi arttıkça ışığın rengi soğuğa kaymalıdır. Genel olarak sınıflandırılması gerekirse 250 lx altında aydınlık düzeyi ihtiyacı olan ortamlarda sıcak renkli ışık, 400 lx üzerinde aydınlık düzeyi ihtiyacı olan ortamlarda soğuk renkli ışık kullanılmalıdır. Daha net bilgileri Şekil 2.7'de verilen Kruithof Eğrileri incelenerek elde edilebilir [23],[26].
- Her ne kadar belirtilen genel geçer kurallar birçok alanda kullanılabilse de görsel algılamanın çok daha önemli olduğu yerlerde mutlaka detaylı etütler yapılmalıdır [23].



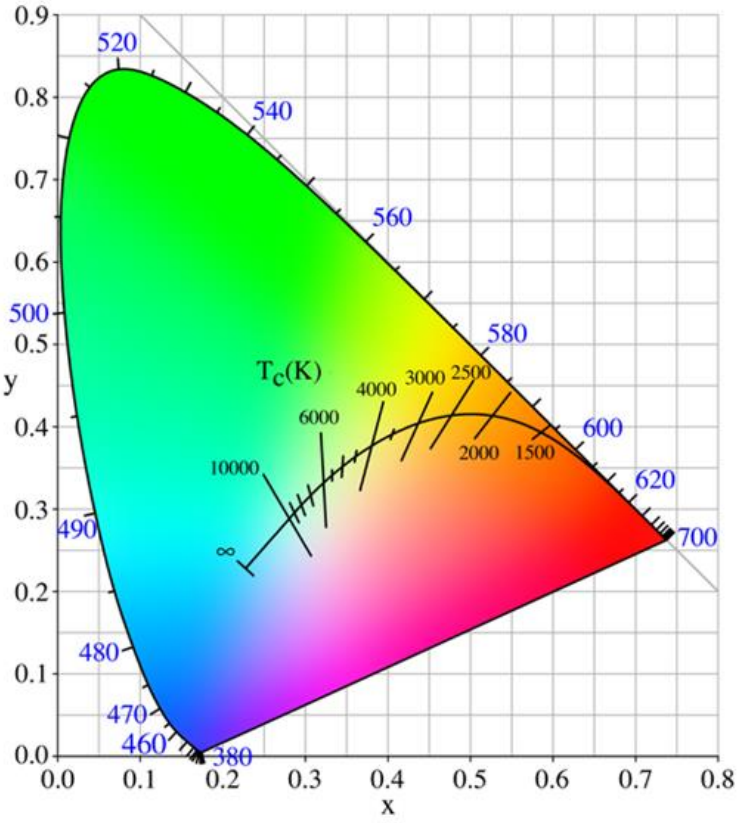
Şekil 2.7 Kruithof Eğrisi

Renk sıcaklığı (Tc): Renk sıcaklığı beyaz ışınım yapan bir ışık kaynağının mekânda yarattığı ışık rengi ortamıdır. Görünür ışık, kızılötesi ışık, ultraviyole ışık dâhil tüm radyasyonu emen bir nesne olan kara cismin ısıtıldığında verilen sıcaklık derecesine göre farklı dalga boylarındaki yaydığı ışınım referans alınarak belirlenen niteliksel bir yaklaşım biçimi olarak da tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım biçminde herhangi bir cismin renk sıcaklığı ısıtılarak aynı renge getirilen Şekil 2.8'deki gibi temsili kara cismin sahip olduğu Kelvin cinsinden sıcaklık derecesiyle anlatılmaktadır. Birimi K (0°C = 273°K) olup simgesi büyük "K" harfi ile gösterilir [10],[26].



Şekil 2.8 Temsili Kara Cismin Sıcaklığına Göre Renk Değişimi

Bir ışık kaynağının renk sıcaklığı, “Kara Cisim” ışıması ile tanımlanır ve Şekil 2.9’da verilen “Planck’ın geometrik yeri” ile gösterilir. Kara Cismin sıcaklığı arttığında, mavi rengin spektrum içerisindeki payı büyür, kırmızının payı azalır. Görünür ışınımlar dalga boyuna bağlı olarak kendi rengine sahiptirler [28],[29].



Şekil 2.9 Planck’ın Geometrik Yeri

Her rengin x,y koordinatları ile belirlendiği CIE 1931 renk diyagramında ısıl ışır kara cismin değişik sıcaklıklardaki renk noktaları işaretlendikten sonra bu noktalar birleştirildiğinde elde edilen eğriye “Plank Eğrisi” ya da “Kara Cisim Eğrisi” denir. Yapay ışık kaynaklarının doğal beyaz ışık izlenimi verebilmeleri için renk noktalarının olabildiğince plank eğrisine yakın olmaları ve renk sıcaklıklarının 5000 K’in üzerinde bulunması gerekmektedir. Sıcak beyaz bir ışığa sahip bir akkor lamba örneğin 2700 K renk sıcaklığı değerine sahipken, aynı değer bir gün ışığı floresan lambasında yaklaşık 6000 K olmaktadır. Renk sıcaklığını, ışık kaynağının verdiği toplam ışık içerisindeki renkli ışıkların oranları belirler. Örneğin güneşli havalarda gökyüzündeki atmosferin etkisiyle ışığın mavi bileşenleri artmakta ve Kelvin değeri yükselmektedir. Akkor ve halojen lambalarda

kırmızı ve sarı bileşenleri baskın olduğunda Kelvin değeri düşer. 2500 K ila 3300 K arasındaki renk sıcaklıkları "sıcak ışık" olarak kabul edilir. Kırmızı, turuncu, sarı ve kahverengi genellikle evlerde kullanılan toprak tonu renklerdir; bu mekânlar için sıcak ışık renkleri uygundur. Sıcak ışık genellikle parlak soğuk ışığa göre daha yumuşak, iyi bir görüş ve rahat bir atmosfer sağlar. Bunun için yatak odaları ve yaşam alanlarında kullanılır. Doğal beyaz ışık 4000 K ila 4500 K arasındaki renk sıcaklığındadır. Yeşil, beyaz ve mavi tonlarla dekore edilmiş ortamlarda doğal beyaz ışık tercih edilir. Kişilerde ve çalışanlarda enerjik ve ferahlatıcı bir ruh hali yarattığı için ofis ve ev-ofislerde kullaılması uygun olacaktır. Aynı zamanda, 4000 K ila 4500 K renk sıcaklığındaki ışık, ayrıntılı görmeyi destekler ve nesnelerdeki kusurların daha kolay algılanmasını sağlar. Örneğin temizliğin önemli olduğu yerler, nakış işleme gibi ince işlerin yapıldığı yerler ve makyaj odalarındaki aydınlatmada kullanılabilir. Teknik olarak ele alınırsa 5000 K ila 6500 K ışık yaz güneşinin Kelvin derecesidir. 6500 K ışıkta bulunan fazla mavi ışık gözler için risk oluşturmaya başlar. Bu nedenle bu ortamlarda çok uzun süreler kalınmaması uygun olacaktır. Çalışma ortamlarında soğuk beyaz ışık kullanımıyla iş verimliliği artırılabilir ve soğuk beyaz ışık kaynakları genellikle ofislerde, garajda, mücevher, deri ve ayakkabı mağazalarında, gümüş objelerin sergilenmesinde, spor alanlarında kullanılır [10],[30],[31].

Renksel Geriverim (Ra): Işık kaynağının bir cismin görünen rengini öz rengine hangi ölçüde yakın gösterdiğini belirten büyüklüktür. Işık kaynağının spektrumu gün ışığı spektrumuna ne kadar yakınsa, o kaynağın renksel geriverimi o kadar yüksek olur. Şekil 2.10'da farklı renksel geriverim endekslerine sahip ışık kaynakları altındaki nesnelerin görünümü bulunmaktadır [28],[30].



Şekil 2.10 Farklı Renksel Geriverim Endekslerinde Nesnelerin Görünümü

Yapay ışık kaynağından her ışığın her ışığın spektrum yapısına bağlı olarak, belirli bir renksel geriverim sınıfı ve renksel geriverim endeksi (Ra) değeri vardır. Işık kaynağının renksel geriverim endeksinin teorik olarak en büyük değeri 100 olarak belirlenmiştir. Bazı floresan lambalar ve gaz boşalmalı lambalar renksel geriverim değeri bakımında kötü performans gösterirken, LED lambalar, akkor telli lambalar, halojen lambalar, ksenon lambaları ve bazı özel floresan lambalar görece daha iyi performans göstermektedir. Renksel geriverim renksel algılamanın önemli olduğu ortamlarda daha yüksek değerde seçilmesi gerekirken renksel algılamanın önemsiz olduğu ortamlarda daha düşük değerlerde seçilebilir. Uygulama alanlarının özelliklerine bağlı olarak kullanılabilecek ışık kaynaklarının renksel geriverim endeks değeri TS EN 12464-1 standardında belirtilmiştir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) renksel geriverim özelliklerine göre uygulama alanlarını 6 gruba ayırmıştır. Tablo 2.2'de renksel geriverim özelliklerine göre standartlaştırılmış kategoriler verilmiştir [30],[32].

Tablo 2.2 Renksel Geriverime Göre Standartlaştırılmış Kategoriler

Renksel Geriverim Özellikleri	**Renksel Geriverim Grubu**	**Renksel Geriverim Endeksi (Ra)**	**Örnek Lamba Tipi**
Mükemmel	1A	≥90	Halojen, LED
Çok İyi	1B	80-89	Metal Halide
İyi	2A	70-79	Standart II Floresan
Elverişli	2B	60-69	Standart I Floresan
Orta	3	40-49	Yüksek Yoğunluklu Deşarj
Kötü	4	39	Yüksek ve Alçak Basınçlı Sodyum Deşarj

Renk algılamanın çok önemli olduğu tekstil, klinik inceleme, resim galerisi gibi konularda çalışılan ortamlarda ışık kaynaklarının Ra değeri 90 veya üzerinde olması gerekirken, renk algılamanın daha düşük olduğu kaba endüstriyel işlerin yapıldığı ortamlar için seçilecek lambaların Ra değeri çok daha düşük olabilir. Aydınlatma aygıtının kullanıldığı yerin işlevine bağlı olarak renk algılamanın önemi azaldığında Ra değerleri daha düşük olan lambalar kullanılabilmektedir [33],[34].

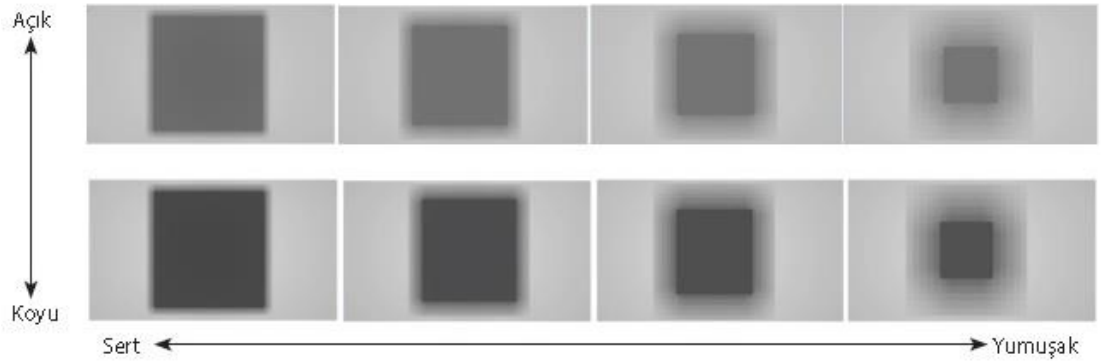
2.3.2.2 Işığın Doğrultusu

Belirli bir yüzeye düşen ışık tek bir doğrultudan, birden fazla doğrultudan, sonsuz sayıdaki doğrultudan ya da bunların çeşitli sayılarda değişik oranlarda karışımlarla gelebilir. Işığın doğrultusal yapısı mekânda oluşan gölgelerin niteliğini belirlemesi nedeniyle gerek görsel algılamanın kalitesinde gerekse estetik ve sanatsal değerlerin belirtilmesinde önemli rol oynamaktadır. Işığın doğrultusal özellikleri doğrultulu, yayınık ve baskın doğrultulu olarak üçe ayrılır. Bir yüzeye gelen ışığın tek bir doğrultudan gelmesi durumunda "doğrultulu ışık alanı", birçok ya da sonsuz doğrultudan gelmesi durumunda "yayınık ışık alanı", hem sonsuz hem de belli bir baskın doğrultudan gelmesi durumunda ise "baskın doğrultulu ışık alanı" oluşmaktadır [23], [25].

2.3.2.3 Gölge

Işık kaynaklarından yayılan ışınların saydam olmayan cisimlerin üzerine düşmeleri durumunda cisimlerin arkasında oluşturdukları aydınlanmamış bölgelere gölge denir. Saydam olmayan cisimlerde ışığın doğrultusuna bağlı olarak farklı özellikte gölgeler oluşur. Bir cismin gölgesi ışık kaynağının boyutuna ve bulunduğu yere göre sert ya da yumuşak, iç yüzeyinin rengi ve ışık kaynağı sayısına göreyse açık ya da koyu olmaktadır. Açık planlı ofisler gibi mekânın tamamında aydınlık gereksinimi benzerlik gösteren ortamlar yayınık ışık alanı oluşturularak gölgesiz bir aydınlık ya da yumuşak ve açık (aydınlanmış) gölgeler oluşturulması doğru olurken dramatik aydınlatma yapılan sanatsal veyahut mimari aydınlatma alanlarında sert geçişler daha uygun olabilir [23],[25].

Gölge niteliklerine göre sert ve yumuşak geçişli gölgeler, açık ve koyu nitelikli gölgeler şeklinde tanımlanabilir. Gölgenin sertlik yumuşaklık tanımı cismin arkasında oluşan karanlık bölgeden aydınlık bölgeye geçişin keskinliğine bağlıdır. Sert gölgenin sınırları kesin olup gölgeli alandan gölgesiz alana birdenbire geçiş yapar. Bu tür gölgeler daha çok noktasal ışık kaynakları denilen ışık kaynağının gölgesi oluşan nesneye göre boyutunun çok ufak olduğu durumlarda oluşmaktadır. Görece büyük boyutlu ışık kaynakları ile elde edilen yumuşak gölge ise gölgeli alandan gölgesiz alana gölgenin giderek azalmasıyla oluşan gölgedir. Şekil 2.11'de niteliklerine göre gölge çeşitleri görülmektedir [23],[35].



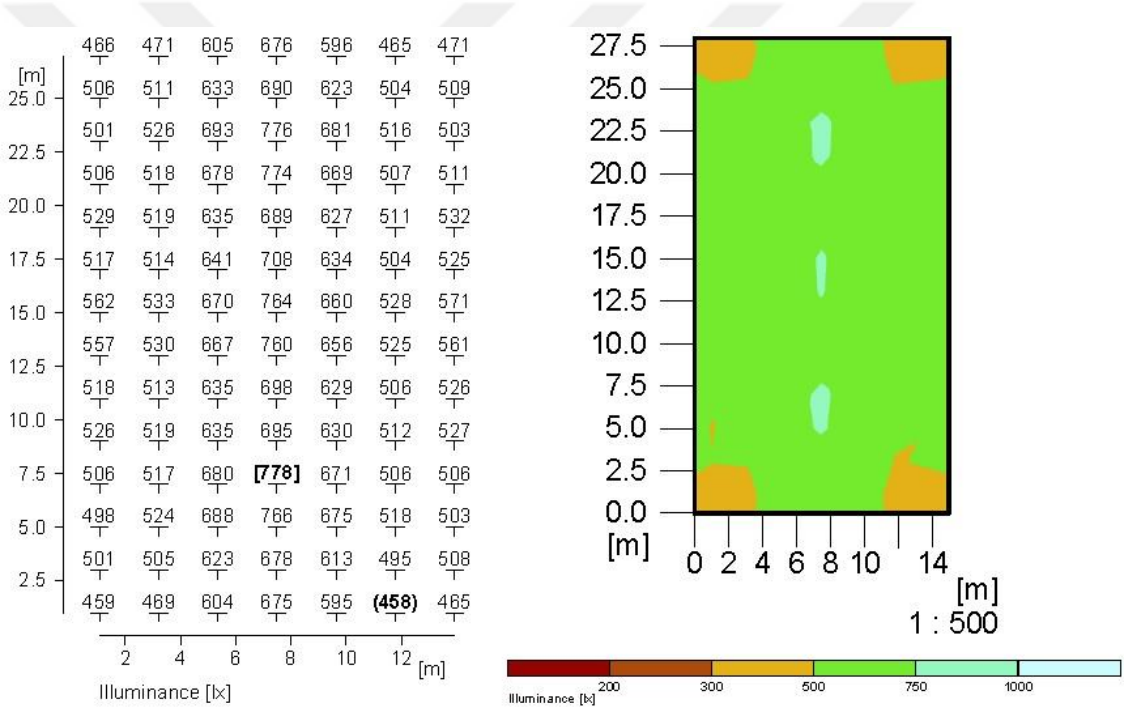
Şekil 2.11 Niteliklerine Göre Gölge Çeşitleri

Gölgenin bir diğer özelliği olan açıklık koyuluk kavramı ise gölgeli bölge ve aydınlık bölge arasındaki aydınlık düzeyinin farkı ile açıklanır. Aydınlık karanlık farkının belirgin olmadığı aydınlık biçimine ise gölgesiz aydınlık denir. Karanlık bölgedeki aydınlık düzeyinin çevresindeki aydınlık düzeyine oranı 1/20'den düşük gölgeler kara gölge olarak adlandırılır. Gölgeler üzerine düştükleri nesneleri ve yüzeyleri etkilediğinden aydınlatma tasarımında fiziksel ortama ve amaca uygun gölgeler oluşturulması görsel konfor açısından büyük önem taşımaktadır. Her ne kadar kullanım alanları bulunsa da normal şartlarda birbirinden uzakta bulunan birkaç noktasal ışık kaynağının oluşturduğu aydınlıkta, ortamdaki her nesne birkaç sert gölge oluşturup görsel algıda yanılgılara neden olacağından istenmeyen bir durumdur. Yumuşak gölgeli aydınlatma tasarımı her ne kadar genelde doğru ve doğal görünüm sağlasa da bir ortamda birden fazla yumuşak gölge oluşturulması tercih edilen bir durum değildir. Işığın doğrultusal yapısı bakımından en sakıncalı durum ise bir yüzeyde hem sert hem yumuşak gölgelerin oluşması durumudur. Bu durum görsel algılamanın yorucu ve yanıltıcı olmasına neden olur. Özel uygulamalar haricinde kara ve sert gölgeli aydınlıklardan kaçınmak dereceleri ayarlanmış yumuşak ve saydam gölgeli aydınlıklar oluşturmak görsel konfor açısından daha doğru olmaktadır [23],[25].

2.3.2.4 Aydınlık Düzeyi Dağılımı

Aydınlık düzeyi dağılımı kavramını anlayabilmek için basit olarak aydınlık düzeyini bilmek gerekir. Aydınlatmanın nicelik özelliklerinden olan aydınlık düzeyi birim yüzeye düşen ışık akısı miktarıdır. Bir ortamdaki ışık akısının değerini sabit kılarak yüzey üzerindeki dağılımı değiştirmek suretiyle aydınlığın niteliğini

değiştirmek mümkündür. Bu nedenle, aydınlık düzeyi bir nicelik konusu iken aydınlık düzey dağılımı aydınlatılan alanın konusuna göre değişim göstereceğinden aydınlığın nitelik konularındandır. Bir mekânın aydınlığın düzeyi dağılımı yüzeye düşen en düşük aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranıdır. Şekil 2.12'de düzgün aydınlık düzeyi dağılımı özelliklerine sahip basketbol sahasına ait aydınlık düzeyi değerleri ve aydınlık dağılımı analizi görülmektedir. Türkiye'de yürürlükte olan "TS EN 12464-1: Işık ve Işıklandırma - İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri" başlıklı standartta değişik işlev ve eylemler için sağlanması gereken aydınlık dağılımı değerleri verilmiştir. Tablo 2.2'de TS EN 12464-1 : 2011 Standardına göre bazı alanların en az aydınlık dağılımı değerleri verilmiştir [23],[32].



Şekil 2.12 Örnek Aydınlık Düzeyi Değerleri ve Aydınlık Dağılımı Analizi

Bir ortamdaki aydınlığın düzeyi dağılımı; düzgün, değişken ya da bölgesel özellikte olabilir. Aydınlık gereksinimi mekânın tamamında benzerlik gösteren ortamlar için düzgün yayılmış genel aydınlatma yapılması uygun olur. Ofisler, derslikler gibi mekânın tamamında benzer işlerin yapıldığı bu ortamlarda asgari ve azami aydınlık seviyeleri arasında fark edilebilir derecede büyük farklılıklar olmamalıdır. Bu tür tasarımlarda ışık kaynaklarının doğru seçilip, sert gölge oluşturmayacak şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Bir mekânın içinde bulunan alanların

tamamında farklı nitelikteki bölgelerin aydınlık düzeyinin ayrımlar göstermesi durumuna değişken yayılmış genel aydınlatma denilir. Mağaza vitrinleri, lobiler, oturma odaları gibi mekânlarda hem görsel konfor hem de ekonomi açısından değişken yayılmış genel aydınlatmanın tasarlanması daha uygundur [23].

Bölgesel aydınlatma, mekânın belli bir bölgesini vurgulamak, o bölgeye dikkati çekmek veya yönlendirmek amacıyla yapılan aydınlatma biçimidir. Bu aydınlatma genel olarak eğlence, dinlenme, sanatsal mekânların bazı bölgelerinde yüksek aydınlık düzeyi gerektiren eylemler, dikkat çekmek ve kullanıcıları yönlendirmeyi hedefleyen durumlar olması durumunda tercih edilir. Bölgesel aydınlatmada aydınlatılan yüzeyin bu karakteri taşıması için nesnenin ya da yüzeyin aydınlık düzeyi çevre aydınlık düzeyine göre en az 3 kat daha baskın olmalıdır. Ancak bu tür aydınlatmalarda göz yorgunluklarına engel olmak için vurgu aydınlatmasının etrafı mutlaka genel aydınlatma ile desteklenmelidir. Bu durum karşımıza aydınlatmanın düzgünlüğü kavramını çıkarmaktadır. Bir alanda aydınlatmanın yer bakımından ve zaman bakımından düzgünlüğüne dikkat edilmelidir. Şekil 2.13'de düzgün, değişken ya da bölgesel aydınlık düzeyi dağılımı özelliklerine sahip mekânların aydınlatmaları görülmektedir [10],[23],[32].



Şekil 2.13 Soldan Sağa Düzgün, Değişken ve Bölgesel Aydınlık Düzeyi Dağılımı

Aydınlatmanın Yer Bakımından Düzgünlüğü: Bölgesel aydınlatmayı destekleyen genel aydınlatmanın asgari düzeyi gözün görme alanı ile ilgilidir. Gözün görme alanı içerisinde; bakılan nesne, yakın çevre, genel çevre bulunmaktadır. En uygun aydınlatma için bu üç görme alanı bölgesi arasındaki aydınlık düzeyi oranları belirli sınırlar içinde olmalıdır ki bu duruma aydınlatmanın yer bakımından düzgünlüğü denir. Ortamdaki farklı aydınlık düzeyi değerlerinin görsel konforu

kötü etkilememesi için görme alanları arasındaki aydınlık düzeyi oranları aşağıda belirtilen sınırlar dâhilinde kalmalıdır.

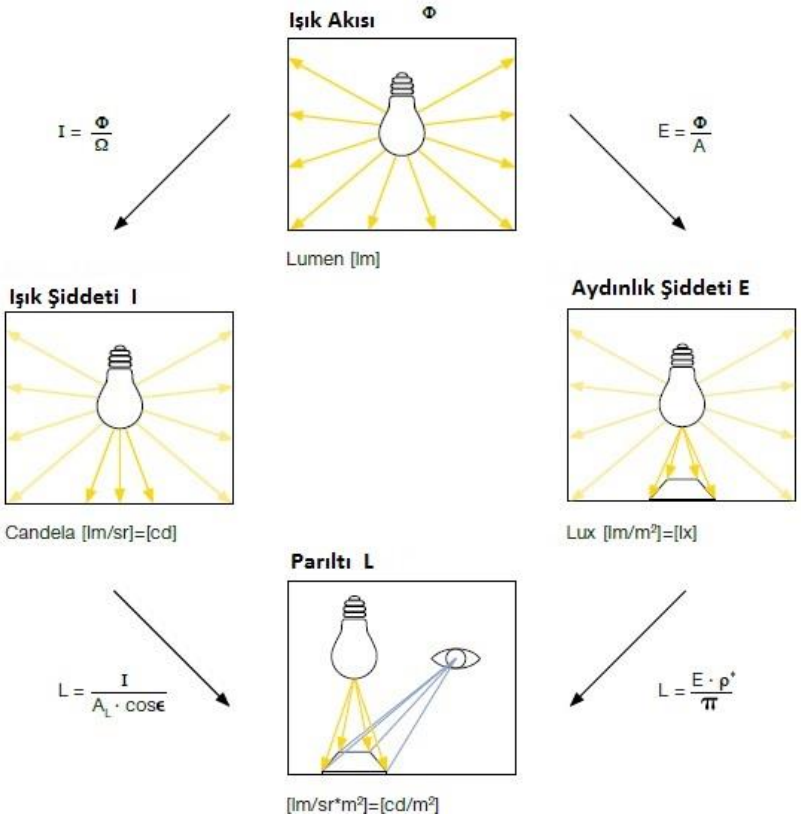
- Bakılan nesne / Yakın çevre 1/3 -1/5
- Bakılan nesne / Genel çevre 1/5 -1/10
- Birincil ışık kaynakları / Yakın çevre 1/20

Aydınlatmanın Zaman Bakımından Düzgünlüğü: Görsel konfor açısından aydınlatmanın yer bakımından düzgünlüğü ne kadar önemli ise aydınlığın zaman bakımından düzgünlüğü de bir o kadar önemlidir. Gözde rahatsız edici etki oluşmaması için aydınlığın zaman bakımından dalgalanmaları o kadar yavaş veya hızlı olmalıdır. Bulunulan ortamda bu durumun oluşması insanda huzursuzluk ve gözde yorulmaya neden olur. Frekansı 50 Hz olan şebekelerde, akkor telli lambalarda titreşim olmazken deşarj lambalarında ışık, akım değişimini neredeyse gecikmesiz izlediğinden, gözle görülür ışık titremeleri meydana gelir. Işıkta meydana gelen bu titremeler stroboskopik olaylara (hareket ve hız yanılmalarına) sebep olurlar. Bu durum birçok iş kazasına neden olabileceğinden stroboskopik olayların önüne geçmek için gerekli önlemler alınmalıdır. Stroboskopik olayların oluşmasını engellemek için en iyi çözüm yolu; aynı aydınlatma aygıtında bulunan farklı lambaların ayrı faza bağlanması veya elektronik balast kullanılmasıdır [23],[36],[37].

2.4 Aydınlatmanın Temel Kavramları

Doğru aydınlatma yapabilmek için kullanılan ışık kaynaklarına ait temel kavramların bilinmesi gerekmektedir. Işık kaynaklarının performanslarının ve verimliliklerinin öğrenilebilindiği bu kavramların birçoğu fotometrik ölçümler sonucu elde edilmektedir. Fotometri, ışık ölçme anlamına gelen laboratuvar ortamında ışık ile ilgili yapılan ölçmelerdir. Lüksmetre ve lüminansmetre bu tip ölçmelerde kullanılan ölçüm cihazlarıdır. Fotometrik ölçüm konuları olarak ışık şiddeti ölçümleri, ışık akısı ölçümleri, kamaşma tablosu, özel aydınlatma açıları, aydınlatma enerjisi ölçümleri, aydınlık düzeyi ölçümleri, bir iki üç boyutlu dağılım grafikleri ve parıltı ölçümleri belirtilmektedir. Yapılan ölçümler ve bu ölçümlerden elde edilen verilerin analizleri ile belirlenen ışık akısı, ışık şiddeti, aydınlık düzeyi,

ışıksal verim, parıltı, kamaşma, ışık şiddeti dağılımı ve ömür gibi ışığın niteliğini tanımlayan kavramlar ışık kaynaklarının fiziksel olarak tanımlanmasını sağlar. Şekil 2.14'de bazı temel kavramların birbiri ile olan bağlantısı gösterilmiştir [22],[38],[39].



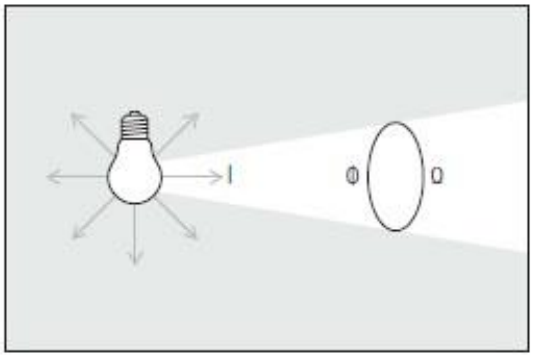
Şekil 2.14 Aydınlatmanın Temel Kavramları

2.4.1 Işık Akısı (Φ)

Işık akısı, ışık kaynağından çıkan ve normal gözün gündüz (fotopik) görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısı olarak tanımlanır. Işık kaynağının ışıksal gücünü ifade eden bu kavramın birimi lümen, simgesi ''lm'' olarak belirlenmiştir [26].

2.4.2 Işık Şiddeti (I)

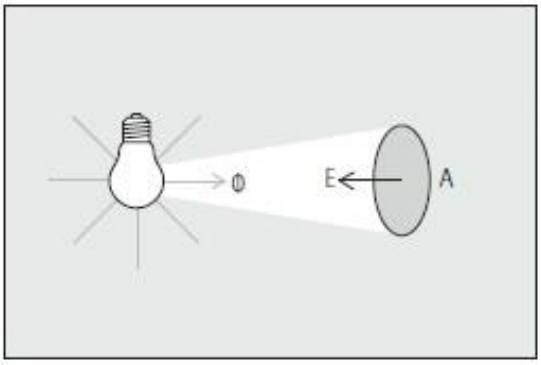
Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir doğrultusundaki ortalama ışık şiddeti, bu doğrultudaki birim uzay açı içinden çıkan ışık akısıdır (lümen/steradyan). Şekil 2.15'de görseli verilen doğrultuya bağlı bir büyüklük olan ışık şiddetinin birimi kandela olup, simgesi ise ''cd'' olarak belirlenmiştir (cd=lm/sr) [26],[40].



Şekil 2.15 Işık Şiddeti

2.4.3 Aydınlık Düzeyi (E)

Birim yüzeye düşen toplam ışık akısı miktarına aydınlık düzeyi denir. Işık kaynağından bir yüzeye düşen toplam ışık akısının bu yüzeyin toplam alanına oranı aydınlık düzeyini verir. Aydınlatılmak istenen nesne, ışık kaynağından uzaklaştıkça ışık şiddeti aradaki mesafenin karesiyle orantılı olarak azalır. Işık kaynağından nesnenin bulunduğu yere kadar ışık akısı sabit kalırken, ışık kaynağından uzaklaşıldıkça aydınlatma düzeyi değeri azalır. Aydınlık Düzeyinin birimi lümen/metrekare (lm/m^2), diğer bir deyişle "lüks", simgesi ''lx'' ($lx= lm/m^2$) olarak belirlenmiştir. Aydınlık düzeyini tanımlayan büyüklükler Şekil 2.16'da gösterilmiştir [40],[41].



Şekil 2.16 Aydınlık Düzeyi

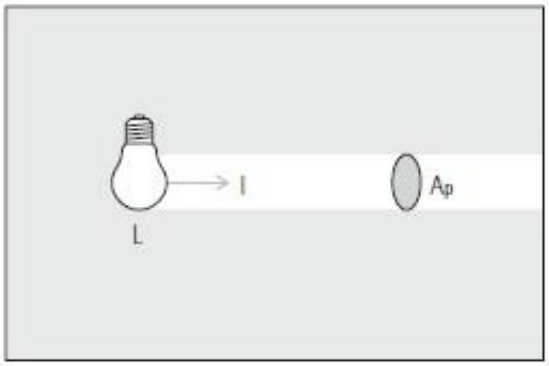
2.4.4 Işıksal Verim (η)

Işık kaynağının yaydığı ışık gücünün çektiği elektrik gücüne olan oranı ışıksal verim olarak adlandırılır. Işık kaynağı tarafından kullanılan elektrik gücünün ne kadar verimli bir şekilde ışığa dönüştürüldüğünü ifade eden ışıksal verimliliğin

diğer adı da etkinlik faktörü olup “lm/W” birimiyle tanımlanmaktadır. Elektrik şebekesinden çektiği gücün düşük, ışık akısının ise yüksek olduğu ışık kaynakları “verimli” olarak adlandırılır [41],[42].

2.4.5 Parıltı (L)

Parıltı yani lüminans ışık kaynağının ya da aydınlatılan yüzeyin aydınlatma yoğunluğudur. Şekil 2.17’de görüleceği üzere algılanan ışığın görme organındaki etkisini tanımlayan ışıksal parıltının birimi candela/metrekare (cd/m^2) ya da diğer bir deyişle “nit”dir ($nt=cd/m^2$). Birim yüzey alanının cm^2 olması durumunda “stilb” birimi tanımlanır ($sb=cd/cm^2$). Nit birimi genellikle ışık yansıtan yüzeyler ve düşük parıltı değerlerinde kullanılırken stilb birimi ışık kaynaklarının parıltısını belirtirken tercih edilir [40],[41],[42].



Şekil 2.17 Işıksal Parıltı

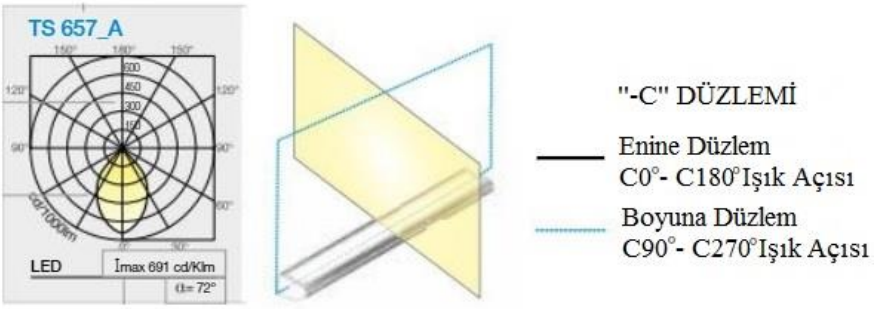
2.4.6 Kamaşma

Gözün görme alanındaki parıltının gözü rahatsız edecek derecede yüksek olması durumuna “Kamaşma” denir. Kamaşmaya neden olan kaynak gözün görme alanı içinde olması durumunda bu tip kamaşma “direkt kamaşma” olarak adlandırılırken kaynağın gözün görme alanı dışında olması durumundaki kamaşma tipine “endirekt kamaşma” denilir. Bir ortamda görsel konforun oluşturulabilmesi için kamaşmanın sınırlandırılması gerekir. Bir ortamdaki kamaşmanın değerlendirilmesi “Birleşik Kamaşma Endeksi” (UGR) değerlerine bağlı olarak yapılmaktadır [24],[43].

2.4.7 Işık Şiddeti Dağılımı

Işık kaynaklarının yansıtma açılarının anlaşılmasında etkili olan “Işık Şiddeti

Dağılım Eğrisi", bir diğer adıyla "Polar Fotometrik Eğri" noktasal ışık kaynağından geçen düzlem üzerinde kaynağın çeşitli doğrultulardaki ışık şiddetlerinin uç noktalarının birleştirilmesiyle oluşturulur. Şekil 2.18'de Polar Fotometrik Eğri ve oluşturulmasında kullanılan C düzlemi bilgileri verilmiştir [26],[44].



Şekil 2.18 Polar Fotometrik Eğri ve C Düzlemleri

C - γ koordinat sisteminde aydınlatma aygıtından geçen düşey eksen dönme ekseni olarak alınır. Işık şiddeti değerleri C düzlemlerindeki γ açıları için verilir. Işık şiddeti dağılım eğrisinde sabit aralıklarla çizilen dairesel çizimler 1000 lm için normalize edilmiş ışık şiddetini gösterirken, bunları çeşitli açılarda kesen çizgi ise ışık kaynağının söz konusu doğrultulardaki ışık şiddeti dağılımını gösterir [26],[45].

2.4.8 Ömür

Bir ışık kaynağı hakkında bilinmesi gereken en önemli özelliklerinden birisi de lamba ömrüdür. Uluslararası standartlarda belirtilen çalışma koşullarında lambanın ne kadar süre boyunca hizmet verebileceğini "Lamba Ömrü" gösterir. Fakat günümüzde lambalar ortam aydınlatmasında aydınlatma aygıtları ile birlikte kullanıldıklarından lamba ömrüne etki eden harici faktörler söz konusudur. Lamba ile birlikte kullanılan balast, ateşleyici gibi harici elemanların kalitesi, nem, toz, ortam sıcaklığı, açma kapama sıklığı gibi etmenler lamba ömrünü etkileyen faktörlerdendir. Bir ışık kaynağına ait lamba ömrünü ekonomik ömür ve servis ömrü olarak tanımlayabilen iki kavram üzerinden incelemek gerekmektedir. Ekonomik ömür bir ışık kaynağının ilk 100 saat kullanımından itibaren verdiği ışık akısından zamanla azalmalar meydana gelerek % 70 oranına düştüğü süre olarak tanımlanır. Servis ömrü ise ışık kaynaklarının % 50 oranında fonksiyonunu

kaybettiği süredir. Günümüzde birçok teknolojik ışık kaynağı bulunmakta ve her birinin farklı çalışma şartlarına göre ömürleri farklılık göstermektedir. Üreticilerin kataloglarında sunduğu ömür süreleri ideal çalışma koşulları için geçerli olup normal çalışma koşullarında farklılıklar gösterebilmektedir [46].

2.5 Işık Kaynakları

Işık, ışık kaynaklarından yayılarak cisimlerin görülmesini sağlayan ışınımlardır. Çok çeşitli ışık kaynakları olmakla birlikte ışık üretimleri bakımından ışık kaynakları; ışığın üretim yöntemine, geometrik şekline, ışığın kökenine ve ışığın rengine göre sınıflandırılmaktadır. Tablo 2.3'de ışık kaynaklarının özelliklerine göre sınıflandırılması gösterilmektedir [10];

Tablo 2.3 Işık Kaynaklarının Sınıflandırılması

Işık Üretim Yöntemine Göre	**Geometrik Biçimlerine Göre**	**Işığın Kökenine Göre**	**Işığın Rengine Göre**
Birincil Işık Kaynakları	Noktasal Işık Kaynakları	Doğal Işık Kaynakları	Sıcak Beyaz
İkincil Işık Kaynakları	Çizgisel Işık Kaynakları	Yapma(Yapay) Işık Kaynakları	Soğuk Beyaz
	Yüzeysel Işık Kaynakları		Gün Işığı Beyaz

2.5.1 Işığın Üretim Şekline Göre Işık Kaynakları

Üretim şekline göre ışık kaynakları birincil ışık kaynakları ve ikincil ışık kaynakları olarak ikiye ayrılır. Birincil ışık kaynakları güneş, mum, lambalar gibi kendi kendilerine ışık yayan ışık kaynaklarıdır. İkincil ışık kaynakları ise birincil ışık kaynaklarından aldıkları ışığı yansıtarak veya geçirerek ışık yayan ışık kaynaklarıdır. En çok bilinen ikincil ışık kaynakları ay, pencere ve parlak cisim yüzeyleridir [10].

2.5.2 Geometrik Şekline Göre Işık Kaynakları

Geometrik şekline göre ışık kaynakları noktasal ışık kaynakları, çizgisel ışık kaynakları ve yüzeysel ışık kaynakları olarak üçe ayrılır. Noktasal ışık kaynağının aydınlatacağı yüzeye olan uzaklığı kendi çapının asgari üç katı olan ışık kaynaklarıdır. Büyük bir oturma odasının merkezinde bulunan akkor telli lamba noktasal ışık kaynağına örnek verilebilir. Çizgisel ışık kaynakları boylarına göre

enleri daha kısa olan ışık kaynağı olup floresan lambalar bu tür ışık kaynaklarına örnek gösterilebilinir. Yüzeysel ışık kaynakları ise ışık kaynağının bir düzlem şeklinde olduğu durumlardaki ışık kaynağının anlatım biçimidir [10].

2.5.3 Işığın Rengine Göre Işık Kaynakları

Işığın rengine göre ışık kaynakları temel olarak sıcak beyaz, soğuk beyaz ve ılık beyaz ışık olarak üçe ayrılır. Bu konu Işığın Renksel İzlenimi başlığı altında daha ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

2.5.4 Işığın Kökenine Göre Işık Kaynakları

Işık kaynakları ışığın kökenine yani ışığın üretildiği yere göre doğal ışık kaynakları ve yapay ışık kaynakları olarak ikiye ayrılır.

2.5.4.1 Doğal Işık Kaynakları

Doğal aydınlatmanın temel ışık kaynağı güneştir. Gün ışığı, güneş ışığı ve bunların atmosferde yayılması ile oluşan gök ışığının birleşimidir. Gün ışığını yapay ışıklardan farkı iklimlerin, mevsimlerin, hava koşullarının gün ışığı oluşunda önemli yer tutmasıdır. Bu durum aydınlatılması düşünülen mekânda gerekli aydınlığın elde edilebilmesi için mimari planlamanın gerekli seçimlerin çok dikkatli yapılması gerekliliğini gösterir. Kapalı mekânlarda gün ışığı aydınlatması genel olarak Şekil 2.19'da da görülen pencereler, çatı fenerleri, çatı ışıklıkları, ışık tüpleri ve yapı kabuğundaki çeşitli optik toplama ve yayma sistemleri aracılığı ile gerçekleşir [10],[25],[47].



Şekil 2.19 Solar Optik Sistemlerinden Işık Tüpü Örneği

Yapıda bulunan pencere benzeri açıklıların tasarlanması sürecinde yapının bulunduğu coğrafi bölgenin temel özellikleri, iklim şartları, diğer yapıların konumları gibi parametler göz önünde bulundurulmalıdır. Gün ışığı daha etkin

kullanmaya yönelik mimari çalışmalar için ışık rafı veya anidolik sistemler benzeri planlamalar yapılmaktadır. Hiç penceresi bulunmayan tamamen kapalı mekânlarda ise ışık tüpleri ve optik toplama ve yayma sistemleri kullanılarak güneş ışığı ile aydınlatma yapılabilir [25],[48].

2.5.4.2 Yapay Işık Kaynakları

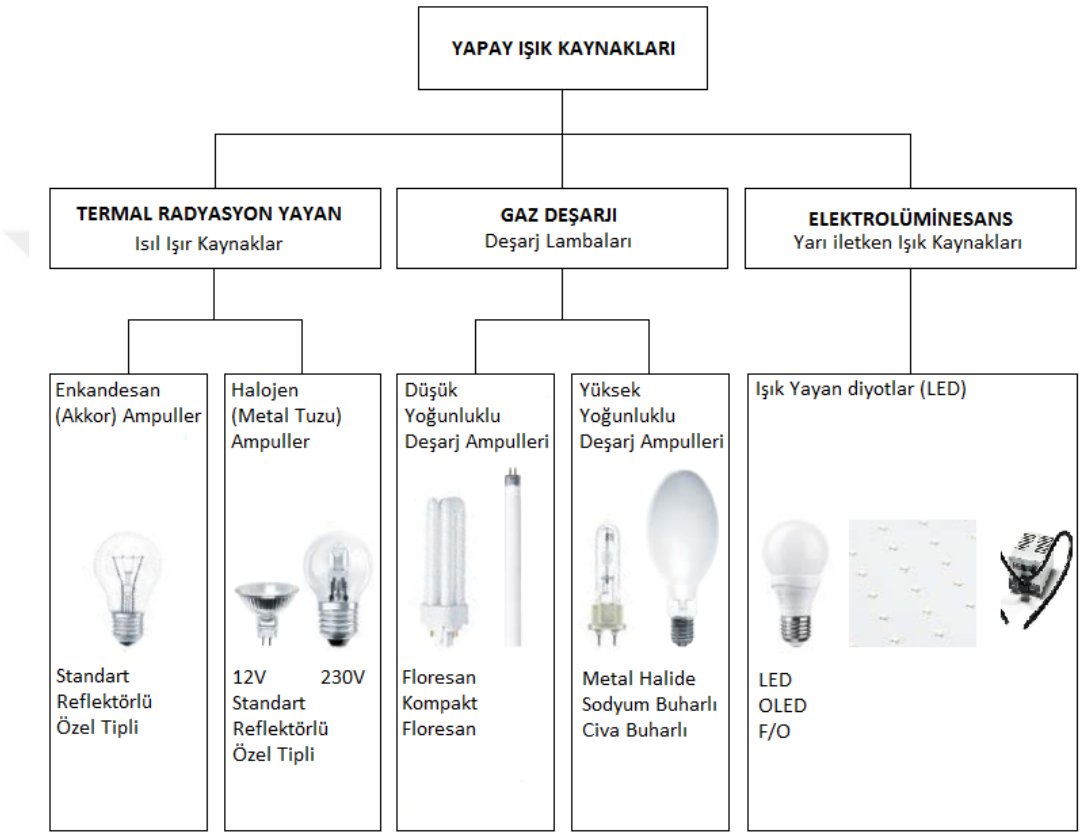
Bir mekânı gün ışığı dışında farklı teknolojiler kullanarak aydınlanmasını sağlayan aydınlatma elemanlarına yapay ışık kaynakları denir. Günümüzde yapay aydınlatmada neredeyse tamamen elektrikli ışık kaynakları kullanılır. Yapay aydınlatmada ışık kaynağı olarak lambalardan yararlanılır. Lamba belirli bir süre görünür bir ışınım üretmek üzere oluşturulmuş olan ışık kaynağıdır [9].

Elektrikli yapay ışık kaynaklarının gelişimi Thomas Alva Edison'un akkor telli lambayı icadı ile başlamış olup günümüzde elektronik çiplerin kullanıldığı LED teknolojilerinin gelişimiyle devam etmektedir. Elektrikli ışık kaynaklarının en yaygın kullanıma sahip ışık kaynaklarından biri olan akkor telli lambalar yalnız omik yük içerdiklerinden çektiği enerjinin sadece %5'ini ışık olarak yaymaktadır. Bu durum insanları daha verimli ışık kaynaklarını kullanmaya yöneltmektedir. Floresan, kompakt floresan, yüksek basınçlı cıva buharlı, alçak/yüksek basınçlı sodyum buharlı gibi deşarj lambalar ve LED lambalar kullanım açısından çeşitli üstünlükleri olsa da devrelerinde içerdikleri elektronik devre elemanlarından dolayı güç kalitesini etkilemesi gibi sakıncaları da mevcuttur. Bu nedenle iç ya da dış mekânlarda lamba seçimi yaparken kullanılması planlanan ışık kaynaklarının seçim kriterlerinin doğru belirlenmesi gerekir. Lamba seçimi yaparken dikkat edilmesi gereken seçim kriterleri aşağıda belirtilmiştir [49].

- Yüksek etkinlik faktörü
- Uzun ömür
- Düşük maliyet
- İşletmesinin basit olması
- Yüksek renk ayırt ettirme yeteneği (CRI)
- Biçiminin kompakt ve estetik çözümlere uygun olması
- Uygun renk sıcaklığına sahip olması (CCT)

- Çevreci olması
- Kontrol edilebilme
- IP ve IK değerlerinin aydınlatılacak yerin niteliğine uygun olması

Elektrikli yapay ışık kaynakları ışık üretim yöntemleri bakımından üçe ayrılır. Şekil 2.20'de görüleceği üzere bunlar termal radyasyon yayan ışık kaynakları, gaz deşarjlı ışık kaynakları ve elektrolüminesans ile ışık yayan ışık kaynaklarıdır.



Şekil 2.20 Elektrikli Yapay Işık Kaynakları

Termik ışık üretimi, katı cisimlerin kızgın duruma geldiklerinde ışık yayması şeklinde oluşur. Deşarja dayanan ışık üretiminde, uyarılmış atom ve moleküllerin temel hallerine geçerken daha önce uyarılmak için aldıkları enerjiyi ışıma şeklinde geri vermelerine dayanır. Elektrolüminesans ışık üretimi, elektriğin doğrudan ışığa dönüştürülmesi ile ışık üretilmesidir [50].

Akkor Telli Lambalar

Elektrik jeneratörünün keşfi ile birlikte elektrik yoluyla ışık üretmek mümkün olurken bu dönemde Heinrich Göbel, Hiram Maxim, Joseph Swan ve Thomas Alva

Edison gibi birçok bilim adamı da elektrik lambası üretmek için çeşitli çalışmalar yapmış ve nihayetinde Edison kapalı bir hücrede bulunan bir telin elektrik akımıyla ısıtılması sonucu, görülebilen bölgede elektromanyetik dalgalar yayan bir ışık kaynağı olan akkor telli lambayı icat etmiştir. Şekil 2.21'de çeşitleri görülen akkor telli lambalar en eski elektrikli ışık kaynaklarından olup; günümüzde de ucuz olmaları ve montajlarının kolay olması nedeniyle genelde iç mekânlarda kullanım süresi az, anahtarlaması yüksek sayıda olan yerlerde kullanım alanına sahiptir [39],[49].



Şekil 2.21 Akkor Telli Lamba Çeşitleri

Bu tip lambalarda elektrik akımı, ısıya dayanıklı ve direnci yüksek bir metal tel üzerinden, havası alınmış bir ortamda geçirildiğinde metal tel akkor hâle gelerek ısı üretirken aynı zamanda ışık yayarak çevresini aydınlatır. Cam tüp içerisindeki hava boşaltılıp yerine kripton, argon veya azot gibi asal gazlar kullanılırken ışıma metali olarak ise volfram (tungsten) adı verilen madde kullanılır. Akkor telli lambaların kullanım yönünden üstünlükleri ve sakıncaları aşağıda belirtildiği gibidir[49],[51].

Üstünlükleri

- Bağlantısı kolaydır
- Az yer kaplar
- Anında ışık verir
- Satın alma ve montaj maliyeti ucuzdur
- Doğru akımda ve alternatif akımda kullanılabilir
- Dim edilebilir
- Ortam sıcaklığından etkilenmez
- Renksel geriverimi yüksektir (%90-95)

- Ampül sık sık yakılıp söndürülmeye uygundur
- Harmonik problemlere yol açmaz

Sakıncaları

- Verimi düşüktür, ısınır
- Etkinlik faktörü düşüktür (10-20 lm/W)
- Ömrü kısadır (yaklaşık 1000 saat)
- Armatürsüz kullanıldığında göz kamaşmasına neden olur

Halojen Akkor Telli Lambalar

Halojen akkor telli lambalar ampüllerin içinin uygun bir halojen gaz ile doldurulduğu lambalardır. Lambadaki spiral şeklindeki akkor tel kuvars tüpünün içinde iyot veya brom halojenlerinin buharından oluşan gaz ile birlikte bulunmaktadır. Halojen gazlar akkor telden kopan tungsten atomları birleşerek bu atomları tekrar tungsten teli üzerine taşırlar. Şekil 2.22'de halojen akkor telli lambaların çeşitleri görülmektedir [39],[49],[51].



Şekil 2.22 Halojen Akkor Telli Lamba Çeşitleri

Bu durum lambanın ömrünün yaklaşık 2000 saat kadar olmasını sağlamaktadır. Halojen akkor telli lambalar akkor telli lambalara göre yaklaşık % 20 daha fazla ışık verir, daha parlak beyaz bir ışığa sahiptir ve tungsten atomları cama yapışmadığı için cam tüpleri kararma yapmaz. Halojen ampullerin birçok kullanım alanı bulunmasıyla birlikte en çok mağaza vitrinlerinde, fotokopi makinelerinde, dekoratif uygulamalarda ve taşıtlarda kullanılır. Renk sıcaklığı 2400 K - 3000 K arasındadır. Halojen akkor telli lambaların kullanım yönünden üstünlükleri ve sakıncaları aşağıda belirtildiği gibidir [9],[49],[51].

Üstünlükleri

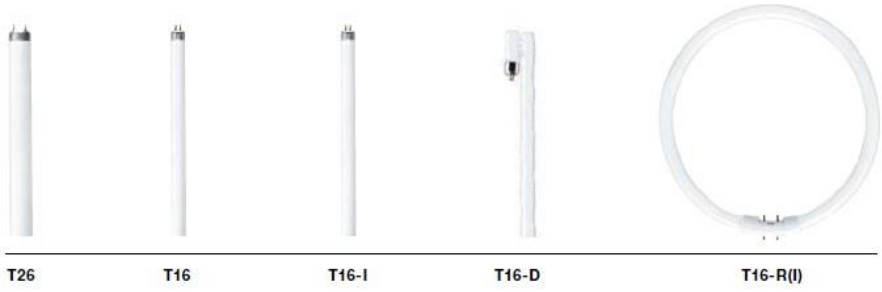
- Bağlantısı kolaydır
- Az yer kaplar
- Anında ışık verir
- Satın alma ve montaj maliyeti ucuzdur
- Doğru akımda ve alternatif akımda kullanılabilir
- Dim edilebilir
- Renksel Geriverim yüksektir (%90-95)
- Kararma yapmaz
- Harmonik problemlere yol açmaz

Sakıncaları

- Verimi düşüktür, ısınır
- Etkinlik faktörü düşüktür (10-20 lm/W)
- Ömrü kısadır (yaklaşık 2000 saat)
- Çalışırken fazla miktarda ısı açığa çıkar
- Şebekedeki dalgalanmalar ve gerilim artışları lamba ömrüne ciddi derecede etki eder
- Ampul yapıları daha küçük ve ısıya dayanıklı camdan yapılmalıdır

Floresan Lambalar

En önemli yapay ışık kaynaklarından birisi de "Floresan Lambalar"dır. 1929 ticari olarak üretilmeye başlayan floresan lambanın temel yapısını içi fosfor kaplı cam tüp, bazı soy gazlar ve cıva oluşturmaktadır. Lamba içerisindeki elektrotların ark oluşturmasıyla buharlaşan cıvanın ultraviyole ışığı oluşturması ve bu ışığın cam yüzeyinde bulunan fosforla reaksiyona girmesi sonucunda da gözle görülür ışık meydana gelmiş olur. Floresan madde olarak genelde silikatlar, fosfatlar ve volfram bileşikleri kullanılır. Geniş renk sıcaklığı aralığında hizmet verebilen floresan lambalar çalışması için balast gibi bir akım düzenleyiciye ve starter gibi başlatma danonımlara ihtiyaç duymaktadır. Şekil 2.23'de floresan lamba çeşitleri görülmektedir [39],[49].



Şekil 2.23 Floresan Lamba Çeşitleri

Renksel geriverim değerleri ve etkinlik faktörü değikenlik gösteren floresan lambanın ortalama ışık verimliliği 40-60 lm/W arasında olup teknolojik gelişmelerle birlikte bu değer her geçen gün yükselmektedir. Yapılan ölçümlerde floresan lambaların ışık akısı aynı güçteki akkor telli lambalara göre 3-4 kat fazla olduğu görülmüştür. Akkor telli lambalara göre daha az ısı enerjisi yayan, enerji tasarrufu sağlayan ve daha uzun ömürlü olan floresan lambaların kullanım yönünden üstünlükleri ve sakıncaları aşağıda belirtildiği gibidir [9],[32],[49].

Üstünlükleri

- Kullanılışı ekonomiktir
- Fazla ısınmaz
- Yüksek aydınlıklar elde edilir
- Armatürsüz kullanıldığında göz kamaştırmaz
- Ömrü uzundur (yaklaşık 10000 saat)
- Dim edilebilir.
- Renk sıcaklığı 2700 K – 6500 K arasındadır
- Renksel Geriverim yüksektir(%75-90)

Sakıncaları

- Yardımcı araçlara ihtiyaç gösterir (balast, starter)
- Hemen ışık vermezler
- Tesis maliyeti görece pahalıdır
- Verdiği ışığa göre boyu büyüktür
- Stroboskopik etki görülebilir
- Sık anahtarlamaya uygun değildir

Kompakt Floresan Lambalar

Elektronik balast, deşarj tüpü ve duyun küçük bir boyutta tümleşik bir biçimde bir sıraya getirilmesiyle oluşturulam Kompakt floresan lambalar alçak basınçlı cıva buharlı lambaların bir cinsidir. Küçük boyutlu, tasarruflu ve uzun ömürlü olan kompakt floresan lambalar floresan ve akkor telli lambalara iyi bir alternatif oluşturmaktadır. Soket duylu ve E27 duylu olarak üretilebilen kompakt floresan lambaların soket duylu çeşitleri Şekil 2.24'de verilmiştir [18],[39].



Şekil 2.24 Kompakt Floresan Lamba Çeşitleri

Duvar, tavan armatürleri, aplikler, masa armatürleri ile birlikte özellikle uzun ömre, tasarrufa ve bağlantıda sürekliliğe önem verilen yerlerde tercih edilmektedirler. Çok daha önce icat edilmesine rağmen ticari olarak 1990'lı yıllarda pazarda kendine yer bulan kompakt floresan lambaların çalışma sistemi floresan lambalara benzemektedir. Kompakt floresan lambalarda ateşlemeyi ve balastın görevini gören elektronik devre bulunur. Etkinlik faktörü 75 lm/W seviyelerinde olan kompakt floresan lambaların ömrü akkor telli lambalar göre yaklaşık 8 kat daha uzundur [20],[49],[50],[51].

Üstünlükleri

- Akkor telli lambalara göre %80 az enerji harcar
- Fazla ısınmaz
- Yüksek aydınlıklar elde edilir
- Armatürsüz kullanıldığında göz kamaştırmaz
- Ömrü uzundur (yaklaşık 5000 saat)
- Dim edilebilir
- Renk sıcaklığı 2700 K-6500 K arasındadır
- Renksel Geriverim yüksektir (%75-90)

Sakıncaları

- Elektronik devreye sahip olduklarından harmoniklere neden olabilir
- Hemen ışık vermezler
- Tesis maliyeti görece pahalıdır
- Stroboskopik etki görülebilir
- Sık anahtarlamaya uygun değildir

Metal Halide Lambalar

1960'lı yıllarda cıva buharlı lambaların çalışma prensibine dayanarak çalışan metal halide (MH) lambalar yeni ışık kaynakları olarak özellikle dış aydınlatmada kendine yer bulmuştur.

Metal Halide lambalar (metalik halojenürlü lamba) ışığın büyük bölümü, bir metal buharı ve halojenür ayrışması ürünleri karışımının ışınımından oluşan yüksek yoğunluklu boşalmalı lambalardır.

Metal halide lambaların yapısında kuvars deşarj tüpü ve bu tüpün içinde sodyum ve talyum ile birlikte kalay iyodur halojenleri bulunmaktadır. Kuvars deşarj tüpü tek veya çift uçludur. Çift uçlu olan ampuller saydam ve silindirik bir kuvars tüpün içine yerleştirilmiştir ve dış zarfının havası alınmıştır. Şekil 2.25'de metal halide lambaların çeşitleri görülmektedir [10],[39],[49].



Şekil 2.25 Metal Halide Lamba Çeşitleri

Metal halide lambanın çalışması için bir ateşleyici ve bir balasta ihtiyaç duyulur. Metal halide tip ampullerin güçleri 70-3500 W, balast kayıpları 19-60 W arasında değişir. Çektiği güce oranla 5500-45000 lm ışık akısı olan metal halide lambaların etkinlik faktörü 60-100 lm/W ekonomik ömürleri ise 6000-9000 saattir.

Lambaların rejime girmesi 3-5 dakika zaman alır. Işık veriminin %90'ını 3-5 dakika arasında vermiş olur. Tekrar ateşleme için 5-15 dakikalık bir süre gerekir. Çoğu lambanın kendine uygun yanma konumu mevcuttur ve yanlış kullanımda ışık renginin değişmesi ve ömrünün kısalması kaçınılmazdır. Genelde yatay pozisyonda çalıştırılır. Lamba aşırı güçte çalıştırıldığında ömrü kısalır. Düşük güçte ışığı mavileşir. Kaliteli bir ışık elde edilemez. Bu yüzden gerilim değişimi %5 oranını aşmamalıdır [32],[49],[51].

Üstünlükleri

- Gün ışığına çok yakın bir ışık verimliliği vardır
- Etkinlik faktörü büyüktür
- Renk sıcaklığı 3000 K – 5600 K arasındadır
- Renksel Geriverim yüksektir (%75-90)

Sakıncaları

- Gerilim dalgalanmaları renk bozulmasına neden olur
- Hemen ışık vermezler
- Işık spektrumları düzgün fakat sürekli değildir
- Sık açıp kapama lamba ömrünü olumsuz etkiler
- Lamba ömrü elektrotlarının hızlı buharlaşması nedeniyle görece daha kısadır

Sodyum Buharlı Lambalar

Sodyum buharlı lambalar sıcak katotla, alçak basınçlı ve alçak gerilimle çalışan deşarj ampulüdür. Bu lambalar, elektrotlar arasında elektrik akımının geçmesi ile çalışır. Deşarj tüpünün içine belli koşullarla doldurulmuş bir gazın, tüpün içinden elektrik akımı geçirilmesi ile, aldığı enerjiyi ışınıma dönüştürmesi yöntemiyle çalışır. Bir elektrottan ötekine giden elektronlar ışık kaynakları konusunda açıklandığı gibi, gazı ışılışır duruma sokar. Yayımlanan ışınımın rengi atom yapısına, yani atomun kaç elektronu olduğuna bağlıdır. Gaz ortamda elektriksel boşalmanın sağlanması için, durultucu (balast), başlatıcı (starter), ateşleyici (ignitor) gibi ek parçalar kullanılır. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar ve Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar olmak üzere ikiye ayrılabilir.



Şekil 2.26 Sodyum Buharlı Lamba Çeşitleri

1931 de geliştirilen bu lambalar kızgın elektrotlu alçak basınçlı ve alçak gerilimli deşarj lambalarıdır. Tüp içinde oda sıcaklığında katı halde bulunan sodyum madeni vardır. Tüp sıcaklığı 250-300 dereceye (°C) ulaştığında sodyum madeni buharlaşır ve tüpün basıncı düşer. Kararlı halde spektrumdaki dalga boyu 589 nm, renk olarak ise turuncu-sarıya tekabül eder. Engel ve pürüzlerin görülmesi için ideal olup siste de görüş sağlarlar görme keskinliği açısından mükemmeldir. 1960'larda geliştirilen bu lambalar kızgın elektrotlu yüksek basınçlı lambalarıdır. Işımaları oldukça geniş bir spektruma yayılır, dolayısıyla renk ayrımı bakımından alçak basınçlı sodyum buharlı lambalardan daha üstündür. Alçak basınçlı tiplerden farklı olarak yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda, yalnızca sodyum kullanıldığında oluşan ışık spektrumundaki dar ve tek renkli çizgilerin genişletilmesi amacıyla sodyumun yanı sıra cıva da kullanılmış ve lamba basıncı artırılmıştır. Böylece, daha geniş bir ışık spektrumu elde edilerek renk kalitesi iyileştirilmiştir. Lambanın ışık vermesi, deşarj tüpü içerisindeki sodyum-cıva karışımının yüksek basınç ve sıcaklıkta buharlaşması ve uygulanan elektriksel gerilim ile uyarılması yoluyla gerçekleşmektedir. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar sarı renkte olup, tek renkli bir ışıma yaptığı için, ışıkları tek bir filtre ile elimine edilebilmektedir. Bu sebeple astronomik gözlem koşulları için en uygun lamba tipleridir. Lambanın ömrü 8000-20000 saat arasındadır. Işıksal verimleri 70-150 lm/W arasındadır. Işık spektrumları düzgün ama sürekli değildir. Çalışırken ısınırlar. Dimmerlenebilme özelliğine sahiptir. Işık veriminin % 90'ını 2-5 dakika arasında verir. Tekrar ateşleme için 2-5 dakikalık bir süre gerekir. Dim edilebilme özelliğine sahiptir [9],[32],[51],[52].

Üstünlükleri

- Uzun ömürlüdür
- Etkinlik faktörü büyüktür
- Renk sıcaklığı 3000 K – 5600 K arasındadır
- Sisli havalarda görüşe yardım eder
- İşletme maliyeti görece düşüktür
- Gerilim değişimlerine karşı dayanıklıdır
- Çalışma pozisyonu evrenseldir

Sakıncaları

- İlk tesisi pahalıdır
- Hemen ışık vermezler
- Işık spektrumları düzgün fakat sürekli değildir
- Renksel Geriverim düşüktür
- Lamba ömrü elektrotlarının hızlı buharlaşması nedeniyle görece daha kısadır
- Sodyum, hava ile temas ettiği zaman (örneğin lamba çöpte kırılırsa) yanabilen tehlikeli bir malzemedir

Cıva Buharlı Lambalar

Yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar, ışığı, dolaylı veya dolaysız olarak en çok cıva buharının ışınımı ile oluşmuş lambalardır. Lamba içerisindeki kısmî basıncın 100000 Paskal değerinde olmasından dolayı bu lambalara yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar denmektedir. Ana ve yardımcı olmak üzere iki elektrot yapısı vardır. Yardımcı elektrot ateşlemeyi sağlarken ana elektrot da deşarjın devamlılığını sağlar. Ampulün içindeki çift elektrotlu deşarj tüpü kuvars camdan yapılır. Kuvars cam mor ötesi ve görünür ışınların bir kısmını yutan bir yapıya sahiptir. Deşarj tüpünün içinde damıtılmış cıva ve az miktarda asal gaz bulunur. Ayrıca ampulün içinde oluşabilecek parlamaları ve oksitlenmeyi önlemek için argon ya da argon-azot karışımı gaz bulunur.

Lambanın ışığı mavimsi beyazdır. Morötesi ışınların büyük kısmı lambanın dış

camında yutulur. Yüksek basınçlı cıva buharlı lambaların dış çeperinin iç kısmı renk seçiciliğini ve ışık çıkışını artırmak için beyaz fosforla kaplanır. Yüksek basınçlı cıva buharlı lamba çalışırken enerjisi kesildiğinde şebeke gerilimi deşarjı tekrar başlatmaya yetmez. Bu yüzden tüpün soğumasını ve basıncın düşmesini beklemek gerekir. Yüksek basınçlı cıva buharlı lambaların ömürleri yaklaşık 20000 saat, güçleri 50-1000 W'tır. Işık akısı 1800-58500 lm'dir. Renk sıcaklıkları 2900 K – 6000 K aralığındadır [52],[53].

Üstünlükleri

- Etkinlik faktörü büyüktür
- Ömrü uzundur
- Sarsıntıya ve darbelere dayanıklıdır
- Her konumda yanabilir
- Ateşleme sistemine ihtiyaç duymaz
- Isı değişimlerine ve gerilim yükselmelerine karşı dayanıklıdır
- Verdiği ışığa karşın lamba boyutu büyük değildir
- İşletme maliyeti düşüktür

Sakıncaları

- Yanma süresi uzundur (4-5 dk)
- Kırmızıya dönük renkleri iyi göstermez
- Kurulum maliyeti görece yüksektir

Fiber Optik Sistemler

Fiber optik, geleneksel aydınlatma sistemlerinden farklı oluşları nedeniyle sayısız uygulama alanında tercih edilen bir sistemdir. Fiber optik aydınlatma sistemlerini geleneksel aydınlatma sistemlerinden ayıran en onemli özelliği, kaynağın uzakta konumlandırılması ve ışığın fiber kablolar ile taşınmasıdır. Fiber, ışık kaynağından gelen sinyallerin (ışık) hedefteki kaynağa iletilmesidir. Bu ışık sinyaliyle module edilmiş bilgiler cam yuzey uzerinde taşınırlar. Fiberi kaplayan kablolar ise ışığı taşıyan camın kırılmasına ve sinyal kaybına karsı bir koruma görevi üstlenirler[23].



Şekil 2.27 Fiberoptik Aydınlatma Sistemi

Fiberler ortalama insan saçı boyutlarındadır. Kırılma ve sinyal kayıplarına karşı cok iyi korunmuş ve yapılandırılmıştırlar. Fiber optik aydınlatma sistemiyle değişik aydınlatma aygıtları kullanılarak ya da ışık çizgileri oluşturularak, ilginç mimari etkiler yaratılabilmektedir. Fiber optik aydınlatma sistemleri, aydınlatma amacıyla olduğu gibi, çeşitli uygulamalarda estetik amaçlı da kullanılabilmektedir [23]. Ulaşılması zor noktalarda veya bakımın çok masraflı hatta imkânsız olduğu noktalarda tek çözümdür. Fiberin çalışma prensibi temel optik kurallarına dayanır. Bir ışın demeti az yoğun bir ortamdan daha yoğun bir ortama geçerken geliş açısına bağlı olarak yansıması (tam yansıma) ya da kırılarak ortam dışına çıkması (bu istenmeyen durumdur) mantığına dayanır. Nemli ve soğuk ortamlarda, aydınlatmanın elektrik riski taşıması istenmeyen yerlerde tam bir güven içerisinde kullanılabilir. Işık kaynağında üretilen ve fiber optik kablolar ile taşınan ışık soğuk olduğu için yakınındaki canlılara ve malzemelere zarar vermez. Dolayısıyla, dış ortamlarda, insanların ve diğer canlıların birebir temasının olduğu yerlerde güvenle kullanılabilir. Fiberoptik aydınlatma sistemleri kullanılarak üretilen ışık, ışık kaynağı ışıklı alanda bulunmadığı için manyetik alan oluşturmaz böylece toz vb. partiküller harekete geçmediği için ortamın hijyenik olmasını sağlar. Bu sayede gıda vitrinlerinin aydınlatılmasında ve bakımında hijyen sağlanır. Geleneksel aydınlatma sistemlerinin sorun oluşturduğu ısıya duyarlı ve hassas, patlama riski olan ya da bakımı zor veya imkânsız olan noktalarda ışığın ısıyı taşımamasından dolayı çözüm üretir. Işık kaynağı, ışığın kullanıldığı yerden tamamen ayrı bir noktaya yerleştirildiği için bakımı kolaydır. Fiber optik aydınlatma sisteminin, ilk kurulum masrafının oldukça yüksek olmasına rağmen işletme açısından bakım ve diğer giderleri geleneksel aydınlatma yöntemlerine göre yok denecek kadar azdır. Fiber ışığının birçok uçla ulaştığı mekânlarda

gölgeler ortadan kaldırılarak objelerin ayrıntıları daha belirgin olarak seçilebilir ya da isteğe bağlı olarak gölgelendirme de yapılabilir. Işığın birçok doğrultudan görülmesi ya da isteğe bağlı olarak sadece belirli noktalardan görülmesi sağlanabilir [52],[53],[54].

Üstünlükleri

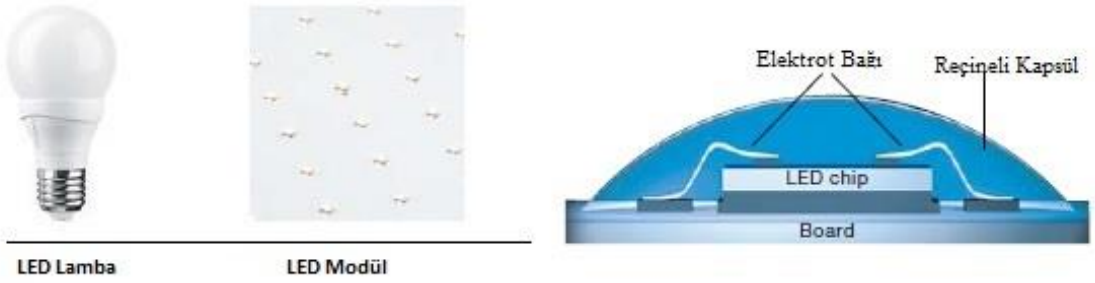
- Işık soğuktur ve ısı taşımaz
- Işık kaynağı ışığın gerektiği noktadan uzak bir noktaya yerleştirilebilir
- Boyutu küçüktür
- Manyetik alan oluşturmaz
- Bakımı kolaydır

Sakıncaları

- Kurulum maliyeti yüksektir
- Bazı standartları hâlâ tam belirli değildir
- Hassas yapısı

LED'li Lambalar

Geleneksel ışık kaynaklarının aksine ışık yayan diyotlar (LEDs) lamba olmayıp, özel yarı iletken malzemeden oluşan elektronik çiplerdir. LED (Işık Yayan Diyot) olarak adlandırılan sistem, biri elektron bakımından zengin diğeri ise elektron eksikliği olan iki ayrı tabakadan oluşmuş özel bir diyot şeklidir. İlk kurulum maliyetinin yüksek ancak işletme maliyetinin düşük olduğu, güç kaybının da az olduğu sistemlerdir. İlk olarak 1960'lı yıllarda Amerikalı bilim adamı Nick Holonyak tarafından geliştirilen kırmızı renkli LED ile küresel pazara giren LED 1990'lı yılların ortasına doğru ilk beyaz LED'ler geliştirilmesiyle kullanım alanlarını genişletmiş. Fakat esas sıçramasını 2000'li yıllarda gerçekleştirerek geleneksel ışık kaynaklarına alternatif olarak pazarda yerini almıştır. Çok uzun bir geçmişi olan LED, uzun zaman elektronik alanında, sinyalizasyon, durum belirtme ve gösterge gibi alanlarda kullanılmıştır [10],[39],[49].



Şekil 2.28 LED'li Lamba Çeşitleri

Son zamanlarda güçlü ışık çıkışı elde edilmesini sağlayan gelişmeler ve iki rengin karışımı ile elde edilen ve renksel geriverimi iyileştirilen beyaz ışık veren LED'ler ortaya çıkması ile, LED aydınlatma alanında da kullanılmaya başlanmıştır. RGB sisteminden esinlenerek, üç değişik renkli LED ile kurulmuş düzenler ile, her bir renkteki LED'in değişik ışık yeğinliğinde yakılarak elde edilen karışımlarla, kurulmuş olan tek bir düzen ile çok değişik renklerin elde edilmesi, zaman içinde ışık renginin değiştirilebilmesi gibi, daha çok atraksiyona yönelik olanaklar da, LED kullanımını körüklemiştir. Çok düşük enerji sarfiyatları, yüksek ışık verimliliği minimal boyutları, geniş renk yelpazesi, farklı renk sıcaklıkları gibi bir çok özelliğiyle yakın bir zamanda geleneksel aydınlatma sistemlerini geride bırakacak oldukça geniş uygulama alanına sahip olan bir teknolojidir. Nanosaniyeler mertebesinde hızlı bir ışık çıkışına sahiptir. Şok ve titreşimlere dayanıklıdır. Cam, filaman gibi kırılgan elemanlar ihtiva etmez. LED'li lambalar doğru akım kullandığı için çalışmaları tamamıyla sessizdir. LED ışık kaynakları yapısında cıva gibi ağır metallar ve halojen gazlar bulundurmadığından çevrecidir; titreşimsiz ışık verme özelliğine sahiptirler; ayrıca ısı üretmeyen ışık (cold light) yapısı sayesinde sağlık açısından daha güvenli kullanım olanağı vardır. Etkinlik faktörü bakımından beyaz LED'ler 140 lm/W'a ulaşarak diğer geleneksel özellikle beyaz ışık kaynaklarının etkinliklerinin üzerine çıkmıştır. LED ışık kaynakları diğer ışık kaynakları ile karşılaştırıldıklarında uzun bir kullanım ömrüne sahiptirler. LED 50000 saat ve üzeri çalışma ömrüne sahiptir, renksel geriverim değeri 85 ve üzerinde olup, geleneksel ışık kaynakları ile kıyaslandığında objeler gerçeğe yakın bir şekilde aydınlatılmış olurlar [9],[32],[49].

Üstünlükleri

- Uzun ömürlü olmaları (50000–100000 saat)
- Dim etme kolaylığı
- Geniş renk seçeneği
- Az ısı yaymaları
- Işıksal veriminin yüksek olması
- Boyutlarının küçük olması
- Düşük gerilim ile çalışmaları

Sakıncaları

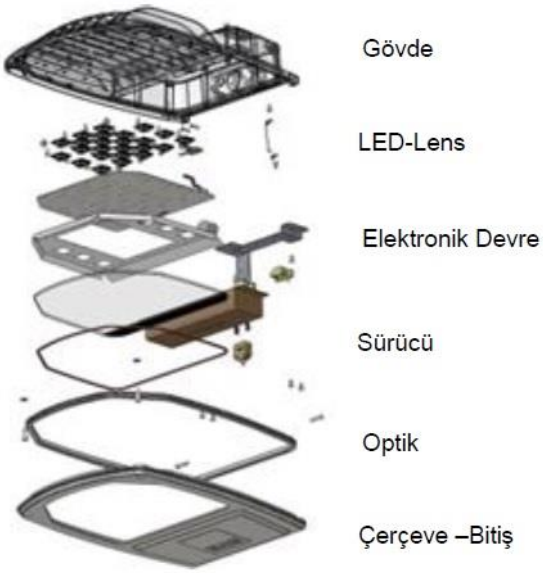
- İlk tesisi pahalıdır
- Hala bazı standartları tam belirli değildir
- Yeterince soğutulmamaları durumunda arızalanabilirler
- Zamanla armatürde kullanılan LED'lerin piyasada bulunamaması
- Armatürler için standart güç ve boyutlarda LED ampullerin olmaması

2.6 Aydınlatma Aygıtı ve Yardımcı Elemanları

Yapay aydınlatma aygıtları aydınlatma armatürü, lamba ve yardımcı elamanlardan oluşmaktadır. İyi görmenin koşullarından olan ışığın doğru yönlendirilmesinde aydınlatma aygıtının doğru belirlenmesi çok önemlidir. Bu bölümde aydınlatma aygıtları ve yardımcı elemanlar ile ilgili genel bilgiler paylaşılacaktır.

2.6.1 Aydınlatma Aygıtları

Lambanın yaydığı ışığı düzenleyerek dağıtımını sağlayan, uygun şekilde filtreleyen ve dönüştüren ayrıca dış etkilerden koruyup diğer yardımcı elemanlarla birlikte elektriksel bağlantısını sağlayan elemanların bütününe "Işıklık" ya da "Aydınlatma Aygıtı" denir. Aydınlatma aygıtları, kullanıldığı ortamın özelliklerine, ışık akısı dağılımına, tespit şekline, tespit konumlarına ışık yeğinlik dağılımına, yansıtıcı geometrik özelliklerine göre değişik türlerde olabilir. Aygıtlar, teknik özelliklerinin yanı sıra, dış görünüşleri ile de kullanılan ortamın mimari ve estetik özelliklerine uygun olmalıdırlar. Şekil 2.29'da örnek bir aydınlatma aygıtına ait detaylı görünüş verilmiştir [55].



Şekil 2.29 LED'li Lamba Çeşitleri

Aydınlatma sistemlerinde bu aygıtların kullanılmasının birçok faydası olmakla birlikte en önemlileri şunlardır [55];

- Lambaları sabitler ve dış etkilere karşı korur
- Yardımcı elemanları (balast, ateşleyici vb.) içerir
- Lambaların elektriksel bağlantısını sağlar
- Lambanın çalışması için gerekli ısıyı kontrol eder
- Işığı istenilen doğrultularda dağıtır
- Kamaşmayı önlemede yardımcı olur
- Estetik hislerin ve görsel konforun oluşmasına yardımcı olur
- Güvenli ve kolay montaj olanağı sunar
- Güvenli ve kolay bakım olanağı sunar

2.6.1.1 Aydınlatma Aygıtlarının İşlevleri

Genellikle lambalar bir ortamda asgari görsel konfor koşullarını tek başlarına karşılayamadıklarından armatür denilen cihazla birlikte kullanılırlar. Günümüzde armatürler sadece lambaların montajını kolaylaştıran parçalardan öteye geçmiş ve birçok işlev kazanmıştır. Armatür işlevleri aşağıda verildiği gibidir [53];

Mekanik İşlevleri

- Lambaların ve yardımcı elemanların güvenli bağlantısını sağlamak
- Işık kaynağının dış etkilerden korunması
- Montaj güvenilirliğini sağlamak

Elektriksel İşlevleri

- Lambaların çalışması için gerekli düzeneği sağlamak
- Elektriksel güvenliği sağlamak

Optik İşlevleri

- Işığı dağıtma, yönlendirme, filtreleme olanağı sağlamak
- Armatür verimini yükseltmek
- Kamaşmayı sınırlamak

Dekoratif İşlevleri

- Biçim, renk, boyut ve duruş olarak tasarımın bir parçası olmak
- Estetik hislere hitap etmek ve konfor ihtiyaçlarına cevap vermek

2.6.1.2 Aydınlatma Aygıtlarının Koruma Sınıflandırması

Armatürler kullanıldıkları yerlerdeki can ve mal güvenliğini sağlamak için çeşitli risklere karşı korumalara sahiptir. Armatürlerin koruma sınıflandırması dört ana başlık altında toplanabilir; elektriksel darbelere karşı koruma, yabancı katı cisimlere (toza) ve neme karşı koruma (IP Kodu), mekanik darbelere karşı koruma (IK Kodu), destekleyici yüzeylerin yanabilirliğine karşı koruma [56].

Elektriksel Darbelere Karşı Koruma: Armatürlere temas edilmesi durumunda elektrik çarpmalarına karşı insanların korunması amacıyla armatürlerde elektrik izolasyonu yapılır. IEC standartlarına göre armatürler yapılan izolasyon derecesine bağlı olarak dört güvenlik sınıfına ayrılır. Tablo 2.4'de elektriksel darbelere karşı koruma sınıfları verilmiştir [50].

Tablo 2.4 Elektriksel Darbelere Karşı Koruma Sınıflandırılması

Güvenlik Sınıfı	Koruma
0	Sadece Temel İzolasyon
I	Temel İzolasyon Artı Toprak Bağlantısı
II	Çift veya Güçlendirilmiş Yalıtım, Koruyucu Topraklama Yok
III	Ekstra-Alçak Gerilim Güvenliği

- Sınıf 0: Temel yalıtımlı armatür. Sadece fonksiyonel izolasyonu olan, çift yalıtım veya arasında güçlendirilmiş yalıtımı olmayan, toprak korumasının olmadığı armatürlerdir.
- Sınıf I: Fonksiyonel temel yalıtım ve topraklama bağlantı terminali bulunan armatürlerdir.
- Sınıf II: Çifte temel yalıtımı ve/veya zayıf toprak deşarja karşılığı güçlendirilmiş genel yalıtımı bulunan toprak korumasız armatürlerdir.
- Sınıf III: Ekstra düşük voltaj devrelerine bağlanacak şekilde tasarlanan, aynı zamanda armatür içerisindeki devrelerin ek bir yüksek gerilim üretmediği armatürlerdir.

Mekanik Darbelere Karşı Koruma: TS-EN 62262 tarafından belirlenen IK sistemi armatür gövdelerinin dışsal mekanik darbelere karşı direnç seviyesini tanımlar. IK kod harflerinden sonra gelen 00 ile 10 arasında iki haneli sayı grubundan oluşan IK kodları belirli yükseklikten düşen çeşitli ağırlıktaki nesnelere karşı koruma derecesini gösterir. Her sayı grubu, joule (J) cinsinden darbe enerjisi değerini ifade etmektedir (1J=0,101kg). Kullanılan armatürün IK koruma değeri ne kadar büyükse koruma değeri o kadar yüksektir. Armatür seçiminde kullanılacağı mekânın genel özelliklerine ve üzerine binecek yükün ağırlığı ve süresine uygun IK korumasına haiz armatürün belirlenmesi sistemin sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir. Tablo 2.5'de IK kodları, darbe altına koruma derecesi ve tanımı verilmiştir [50].

Tablo 2.5 Toza ve Neme Karşı Koruma Sınıflandırılması

IK Kodu	Şok Enerji (J)	Tanım
IK00	-	
IK01	0.15	
IK02	0.20	Standart
IK03	0.35	
IK04	0.50	Standart Artı
IK05	0.70	
IK06	1.00	
IK07	2.00	Güçlendirilmiş
IK08	5.00	Tahribat Korumalı
IK09	10.00	
IK10	20.00	Tahribata Dayanıklı

Toza ve Neme Karşı Koruma: Toza ve neme karşı koruma standartı IEC 60529 Degrees of Protection Provided by Enclosures, Avrupa Komisyonu, CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique), tarafından elektrikle çalışan aygıtların sağlayabildiği çevresel korumayı derecelendirebilmek için hazırlanmış bir standarttır. Türkiye'de TS-EN 60598 standartında belirtilen IP sistemi (Ingress Protection) mekanik şok, toz ve su koruma derecelerine göre armatürlerini sınıflandırır. Süreli mekanik şok koruması, enerji ileten parçalar ile temas halinde olan araçlar veya parmaklar gibi unsurları içermektedir. Koruma derecelerini göstermek için IP harflerinden sonra iki veya üç basamaklı sayı kullanılır. Bunlardan birinci rakam katı cisimlere karşı koruma, ikinci rakam suya karşı koruma, üçüncü rakam mekanik şoka karşı korumayı temsil eder. Kullanılan armatürün IP koruma değeri ne kadar büyükse koruma değeri o kadar yüksektir. Armatür seçiminde kullanılacağı mekânın fiziksel özelliklerine uygun IP korumasına haiz armatürün belirlenmesi sistemin sürdürülebilirliği açısından çok önemlidir. Tablo 2.6'de toza ve neme karşı koruma sınıfları verilmiştir [50].

Tablo 2.6 Toza ve Neme Karşı Koruma Sınıflandırılması

Değer	Birinci Rakam (Katı Madde Koruması)	İkinci Rakam (Sıvı Madde Koruması)
0	Korumasız	Korumasız
1	50 mm'den büyük cisimlere karşı koruma	Dikeyden gelen su damlalarına karşı korumalı
2	12 mm'den büyük cisimlere karşı koruma	Dikeyden 15 derece açıya kadar gelen su püskürmelerine karşı korumalı
3	2,5 mm'den büyük cisimlere karşı koruma	Dikeyden 60 derece açıya kadar gelen su püskürmelerine karşı korumalı
4	1 mm'den büyük cisimlere karşı koruma	Herhangibir yönden gelen su püskürmelerine karşı korumalı
5	Toz girişine karşı sınırlı korumalı	Herhangibir doğrultudan gelen düşük basınçlı su jetine karşı korumalı
6	Toz girişine karşı tamamen korumalı	Herhangibir doğrultudan gelen yüksek basınçlı su jetine karşı korumalı
7		15 cm ile 1 m arasında derinliktekis daldırmaya karşı korumalı
8		Uzun süreli ve 1 m derinlikteki suya daldırmaya karşı korumalı

Yanabilirliğe Karşı Koruma: TS EN 60695-2-10 / 60695-2-11 / 60695-2-12 / 60695-2-13/60695-11-5 standartları tarafından belirlenen montaj yüzeyinin yanabilirliğine karşı koruma derecelerine göre armatürler sınıflandırılır. Aydınlatma armatürlerinin herhangi bir yüzeye monte edilmesi mümkün değildir. Montaj yüzeyi yanıcılık özelliği ile armatür gövde ısısı bu konuya belirli kısıtlamalar getirir. TS-EN 60598 tarafından 200°C yanıcılık sınırı olarak tanımlanır, yanıcı yüzeylere bu sıcaklığın üzerine çıkmayan armatürler montaj edilebilir. Eğer armatür etiketi üzerinde hiçbir sembol yok ise armatür sadece yanmaz yüzeylere montaj edilebilir. Armatür üzerinde ters üçgen içinde F sembolü olması durumundaysa armatür yanıcı yüzeylere montaj için uygundur. Armatür seçiminde kullanılacağı mekânın yanıcılık özelliklerine uygun yanabilirliğe karşı korumasına haiz armatürün belirlenmesi can ve mal güvenliği açısından çok önemlidir [50].

2.6.1.3 Aydınlatma Aygıtlarının Kullanıldıkları Yere Göre Sınıflandırması

Aydınlatma aygıtları kullanıldıkları yere göre iç mekân aydınlatma aygıtları ve dış mekân aydınlatma aygıtları olarak ikiye ayrılır.

İç Mekân Aydınlatma Aygıtları: Ev, ofis, hastane, otel, mağaza gibi kapalı yerlerin aydınlatılması iç mekân aydınlatması olarak adlandırılır. Şekil 2.30'da örnekleri de görülen bu tip mekânlarda kullanılan armatürlere ise iç mekân armatürleri denilir. Bu aydınlatma türünde, armatür tipine ve yerleştirilmesine bağlı olarak, çalışma düzlemine direkt olarak ulaşan ışığa ilaveten tavan ve duvarlardan yansıma yolu ile de erişebilir [50],[57].



Şekil 2.30 İç Mekân Aydınlatma Aygıtları

Kapalı mekânlarda kullanılan armatürlere iç mekân armatürlerinin dış mekân armatürlerinden en büyük farkı IP, IK değerleridir. İç mekân armatürleri türleri bakımından; gömme montajlı armatürler, yüzeye montajlı armatürler, sarkıt armatürler, "downlights" armatürler, spot armatürler, dekoratif armatürler, bant tipi armatürler, ray tipi armatürler, duvar aplikleri ve "wallwasher" tipi armatürler olarak tanımlanabilir. Akkor ve floresan lambalı aplikler, abajurlar, LED spotlar, halojen lambalı sarkıtlar ve avizeler en çok kullanılan iç mekân armatürleridir [50].

Dış Mekân Armatürleri: Yol, meydan, park, bahçeler, anıt, tünel, geçit, köprü ve benzeri yerlerin aydınlatılması dış mekân aydınlatması olarak adlandırılır. Bu tip mekânlarda kullanılan armatürlere ise dış mekân armatürleri denilir. Bu aydınlatma türünde ışık aydınlatılacak yüzeye genel olarak direkt gelir. Şekil 2.31'de dış mekân aydınlatma aygıtlarının çeşitleri görülmektedir [50],[57].



Şekil 2.31 Dış Mekân Aydınlatma Aygıtları

Her ne kadar son dönemlerde armatür üzerine bir yansıtıcı yerleştirilerek endirekt aydınlatma uygulamaları yapılmış olsa da bakım, işletme zorluğu ve ekonomik

sebepler nedeniyle yaygınlaşmamıştır. Dış mekân armatürleri türleri bakımından; yere gömme armatürler, havuz armatürleri, direk tipi armatürler, bollard armatürler, yönlendirilebilir spot armatürler, dekoratif armatürler, duvar aplikleri, wallwasher tipi armatürler olarak tanımlanabilir. Sodyum, metal, cıva buharlı armatürler, LED projektörler, halojen lambalı projektörler en çok kullanılan dış mekân armatürleridir [50].

2.6.1.4 Aydınlatma Aygıtlarının Işık Dağılım Oranına Göre Sınıflandırması

Işığın dağılım oranına göre aydınlatma şekilleri; dolaysız, yarı dolaysız, yarı dolaylı, yarı dolaysız ve karma (homojen) olarak sınıflandırılmaktadır. Aydınlatma armatürünün istenilen işlevini yerine getirmesi için uygun aydınlatma aygıtlarının kullanılması gerekmektedir. İstenilen görsel konforu elde etmek için ışınların çalışma düzeyine yöneliş biçimini doğru şekilde tasarlamak gerekmektedir. Bu da aydınlatma aygıtlarından çıkan ışığın, aydınlatılacak yüzeye hangi oranda yollandığının doğru belirlenmesi ile olur. Aydınlatma aygıtları ışığı yönlendirme türlerine göre Tablo 2.7'de gösterildiği gibi beş grupta incelenebilir [10].

Tablo 2.7 Toza ve Neme Karşı Koruma Sınıflandırılması

Aydınlatma Tipi	Özellikleri	Kullanım Yerleri	Örnek Armatürler
Dolaysız	Işık akısının tamamına yakını doğrudan çalışma düzlemine yollanır.	Fabrika, atölye gibi tavanları yansıtmayan, duvarları az yansıtan yerler	Endüstriyel floresan, yüksek tavan armatürleri, spot armatürler
Yarı Dolaysız	Aygıttan çıkan ışık akısının bir kısmının yüzeylerden yansıyarak çalışma düzlemine ulaşması sonucu direk aydınlatmanın bazı etkileri de yumuşatılır.	Tavanı az orta yansıtan yerler	Altı açık, yansıtıcı geçirici malzemelerden yapılmış armatürler hol avizeleri
Homojen (Karma)	Gölgeler orta ve orta-yumuşaktır.	Tavan ve duvarların yansıtması en az orta olan yerler, konutlar	Tijli armatürler, opal camlı glop armatürler
Yarı Dolaylı	Üstü açık yansıtıcı geçirici malzemelerden yapılmış armatürler. Gölgeler yumuşak, kamaşma tehlikesi yoktur.	Tavan yansıtması orta-iyi ve duvar yansıtması en az orta olan yerler	Avizeler
Dolaylı	Gölgeler çok yumuşak, kamaşma tehlikesi yok	Tavan yansıtması iyi olan yerler	Işığı yukarıya yönlendiren, yansıtan malzemelerden yapılmış armatürler.

Dolaysız Aydınlatma Armatürleri: Işığın bir bölümü doğrudan çalışma yüzeyine doğru yönlendiren aydınlatma aygıtlarıdır. Lamba ile çalışma yüzeyi arasında hiçbir gereç bulunmaz. Atölye, sığınak, depo ve makine dairelerinin aydınlatılmasında yaygın olarak kullanılır. Bu tip aydınlatmalarda yararlı düzleme düşen ışığın dağılım oranı %90-100 dolaysız, %0-10 dolaylı şeklinde tanımlamıştır. Dolaysız aydınlatma armatürlerine endüstriyel floresan ve spot armatürler örnek olarak verilebilir [10],[58].

Yarı Dolaysız Aydınlatma Armatürleri: Işığın bir bölümü doğrudan çalışma yüzeyine, bir bölümünü de çevreye doğru yönlendiren aydınlatma aygıtlarıdır. Büro, hol, fuaye ve çalışma odalarının aydınlatılmasında kullanılması uygundur. Bu tip aydınlatmalarda yararlı düzleme düşen ışığın dağılım oranı %60-90 dolaysız, %10-40 dolaylı şeklinde tanımlamıştır. Yarı dolaysız aydınlatma armatürlerine abajur tipi armatürler örnek olarak verilebilir [10],[58].

Homojen (Karma) Aydınlatma Armatürleri: Aydınlatma aygıtından çıkan ışığın her yere eşit olarak yönlendiren aydınlatma aygıtlarıdır. Bu tip armatürlerde kamaşmanın asgari düzeyde olması nedeniyle derslik, kütüphane gibi yerlerin aydınlatılmasında kullanılması uygundur. Bu tip aydınlatmalarda yararlı düzleme düşen ışığın dağılım oranı %40-60 dolaysız, %40-60 dolaylı şeklinde tanımlamıştır. Karma aydınlatma armatürlerine tijli armatürler örnek olarak verilebilir [10],[58].

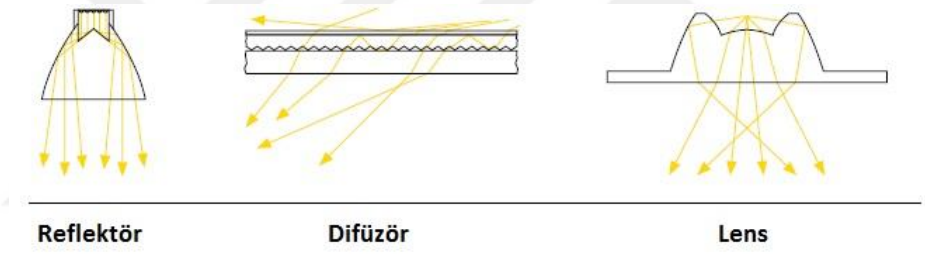
Yarı Dolaylı Aydınlatma Armatürleri: Işık akısının büyük bir bölümünü tavana, bir kısmı da çalışma yüzeyine doğru yönlendiren aydınlatma aygıtlarıdır. Tavan ve duvarları açık renkli olan dinlenme ve kabul salonları ile misafir odalarının aydınlatılmasında kullanılması uygundur. Bu tip aydınlatmalarda yararlı düzleme düşen ışığın dağılım oranı %10-40 dolaysız, %60-90 dolaylı şeklinde tanımlamıştır. Yarı dolaylı aydınlatma armatürlerine ters yönlü avizeler örnek olarak verilebilir [10],[58].

Dolaylı Aydınlatma Armatürleri: Aydınlatma aygıtının ışığın tamamını çalışma yüzeyinin dışına yönlendiği armatür tipleridir. Tavan ve duvarları açık renkte olan dinlenme misafir salonları, toplantı salonlarını ve eğlence yerlerinin aydınlatmasında kullanılması uygundur. Bu tip aydınlatmalarda yararlı düzleme

düşen ışığın dağılım oranı %0-10 dolaysız, %90-100 dolaylı şeklinde tanımlamıştır. Dolaylı aydınlatma armatürlerine ışığı yukarı yönlendiren armatürler örnek olarak verilebilir [10],[58].

2.6.1.5 Aydınlatma Aygıtlarının Işık Dağılım Eğrisini Kumanda Etme Şekline Göre Sınıflandırması

Aydınlatma Aygıtlarının Işık Dağılım Eğrisini Kumanda Etme Şekline Göre optik sistemler(Refraktör ve Lensler), ışığı dağıtıcı sistemler (ekranlama aygıtları), ışığı yansıtıcı sistemler (reflektör) olmak üzere üç grupta incelenebilir. Işığı yayma, yansıtma ve yönlendirmeye yarayan ve kamaşma gibi görsel konforu bozacak nitelikleri azaltmaya yardımcı olan bu tamamlayıcı parçaların doğru belirlenmesi hem aydınlatma tasarımında istenilen görsel etkiyi elde edebilmek hem de aydınlatma aygıtının verimliliğinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Şekil 2.32'de optik sistem çeşitleri görülmektedir [39],[45].



Şekil 2.32 Aydınlatma Aygıtları Optik Sistemleri

Işığı Yansıtıcı Sistemler (Reflektör): Reflektörde ışık kaynakları odak noktalarına göre farklı uzaklıklarda konumlandırılarak istenilen etki alınmaya çalışılır. Reflektörler dairesel, parabolik, eliptik ve hiperbolik yapılarda olabilir. Dairesel reflektörler ışık kaynağının etrafında küre veya silindirik bir yapıya sahip olan reflektörlerdir. Dairesel reflektörler genellikle noktasal ışık kaynaklarında kullanılmaktadır. Parabolik reflektörlerin dairesel reflektöre göre en önemli farkı ışık kaynağının pozisyonlandığı noktaya göre daha uzak noktalara ışık iletebilmesidir. Eliptik reflektörler iki odak noktasına sahip olup ışığın dar açılı olarak uzak mesafelere iletilmesinde kullanılmaktadır. Hiperbolik reflektörlerin de iki odak noktası bulunmaktadır ancak bir odak noktası reflektörün arkasındadır bu da ışığın armatürün iç gövdesine çarpmasına ve ışıksal kayıplar oluşmasına neden olur [45].

Işığı Dağıtıcı Sistemler (Difüzör): Işığın kırılması, yutulması, dağıtılması ve difüzyonu gibi etkilerle ışığı çeşitli yönlere dağıtan yarı saydam opal cam veya akrilik gibi malzemelerden imal edilen tamamlayıcı parçalardır. Difüzörler "düz louvre", "parabolik louvre" ve "prizmatik kırıcı panel" şeklinde olabilir. Difüzör kullanımının kamaşmayı azaltma, armatür yüzeyinde ışık düzgünlüğünün artması gibi faydaları olmakla birlikte özellikle yanlış difüzör seçilmesi gibi durumlarda armatür verimliliğinin azaltması, armatür içinde sıcaklık birikmesiyle diğer elemanların performansının düşmesi gibi sakıncaları olabilir [45].

Optik Sistemler (Lens): Işık kaynağından çıkan ışınları istenilen bölgeye yönlendirmeye yarayan yardımcı elemanlar olan lensler özellikle son zamanlarda LED'li ışık kaynaklarının kullanımının artmasıyla birlikte çok daha önemli hale gelmiştir. İç bükey, dış bükey veya her ikisinin de kullanıldığı lensler ışığı dağıtmak ya da toplamak suretiyle istenilen bölgeye yönlendirirler [45].

2.6.2 Aydınlatma Aygıtlarının Yardımcı Elemanları

Deşarj lambaları ve Yarı iletken ışık kaynakları sürdürülebilir bir performans gösterebilmeleri için yardımcı elemanlara ihtiyaç duyarlar. Özellikle deşarj lambaların kullanıldığı sistemlerde balast, ateşleyici ve yarı iletken ışık kaynaklarında kullanılan sürücüler gibi yardımcı elamanların doğru seçilmesinin önemi büyüktür. Şekil 2.33'de bazı yardımcı elemanlar görülmektedir [43],[45].



Şekil 2.33 Aydınlatma Aygıtlarının Yardımcı Elemanları

2.6.2.1 Balast

Deşarj tipi lambalar negatif direnç karakteristiği gösterdiğinden şebekeye doğrudan bağlandıklarında çekilen akım zamanla artar ve sisteme zarar verecek duruma gelir. Bu nedenle şebekeden gelen voltajı ve lambaların çektiği akımı ayarlamaya yarayan endüktif veya kapasitif etkili bir sistem olan balast kullanılır.

Balastlar manyetik ve elektronik balast olarak ikiye ayrılır. Manyetik balastlar manyetik indiksiyonu kullanarak görevlerini yaparken yapısı gereği endüktif enerji tüketirler. Bu durum manyetik balast kullanılan tesislerde kompanzasyon ihtiyacını artırdığından güç faktörünün yüksek olması nedeniyle ilave kompanzasyon gerektirmeyen elektronik balastlar birçok tesiste tercih edilen balast türü olmaktadır. Elektronik balastlar ateşleme için gerekli olan ateşleme gerilimi görevini de yerine getirdiğinden bu tip balastların olduğu sistemlerde ayrıca bir ateşleyiciye ihtiyaç duyulmaz [43].

2.6.2.2 Ateşleyiciler

Deşarj lambalarının negatif direnç karakteristiği nedeniyle ateşleme gerilimi kararlı çalışma geriliminden büyük olmaktadır. Bu nedenle deşarj lambaları ateşlemeye yardımcı elemana ihtiyaç duyarlar. Ateşleyiciler lambanın bir parçası ya da ek bir devre elemanı şeklinde görevini yaparlar. Floresan lambalarda ise tüpün içindeki filamanların ön ısıtmasını yaparak gazın iyonize olmasını sağlayan ateşleyciye starter denmektedir. Starterin elektrotlarına gerilim uygulandığında, starter elektrotları arasına ışıltılı boşalma başlar. Bu sırada boşalma direnci oldukça büyük olduğundan elektrotlar ısınır ve birbirine değerler. Starterin kısa devre olmasıyla birlikte devreden yüksek bir akım geçer ve bu yüksek akım floresan lambanın elektrotlarını kızgın duruma getirerek gazların iyonize olmasını sağlayacak elektron üretimine yol açar. Bu arada starterin elektrotları soğur, elektrotlar eski duruma gelir ve akım devresi açılmış olur. İyi bir starterin kontakları ani olarak açılabilmeli, kontakları biribirine yeteri kadar değmiş durumda olmalı ve ömrü uzun olmalıdır [43].

2.6.2.3 Sürücü

Yarı iletken ışık kaynakların beslenmesinde kullanılan sürücüler sistemin ihtiyacı olan optimal çalışma akımını ve standart sabit gerilimi sağlayarak ışık kaynağının uzun süre sorunsuz çalışmasını sağlarlar. Sürücüler bu tip sistemlerde meydana gelebilecek aşırı ısınma, kısa devre ve aşırı yüklenme gibi durumlara karşı koruyucu devrelere sahiptir. Kendi aralarında sabit gerilimli sürücüler ve sabit akım sürücüler olarak ikiye ayrılırlar. Bazı sürücüler ışığı loşlaştırma, rengini değiştirme ve dizi sağlama gibi özelliklere sahiptir. Özellikle LED'li aydınlatma

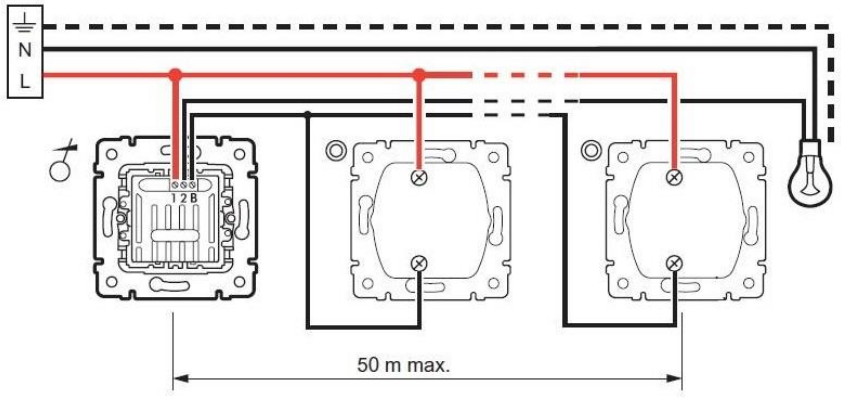
sistemlerinde kullanılan sürücülerin seçiminde sürücünün gerilimi, akımı, verimliliği ve kullanılacak yerin özelliklerine uygun olup olmadığına dikkat edilmesi gerekmektedir [45].

2.7 Aydınlatma Kontrolü

Aydınlatma sistemlerinde kullanılan ışık kaynaklarının tür, bulundukları yer ve sayılarının artması aydınlatmanın kontrol edilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Aydınlatma kontrol sistemleri sistemin verimliliğini artırmak, enerji tasarrufu sağlamak, esnek ve estetik aydınlatma sistemine sahip olmak amacıyla gerektiği süre boyunca gerekli miktarda aydınlığı sağlayacak düzenlemelerdir. Diğer bir deyişle aydınlatma kontrol sistemleri aydınlatma sisteminde bulunan aygıtların kullanım süresini, sıklığını, doğal aydınlatma ile kullanılabilirliğini kontrol ederek sistemdeki aydınlatma aygıtlarının çalışma aralığını belirler. Kontrol işlemi sistemde bulunan aydınlatma aygıtlarının aç-kapa şeklinde anahtarlanması ya da loşlaştırılması şeklinde yapılmaktadır. Aydınlatma kontrol sistemleri manuel veya otomatik kontrol temelleri üzerine oturmaktadır [25].

2.7.1 Manuel Kontrol

Manuel aydınlatma kontrol sistemleri insanların anahtar ve dimmer gibi araçları kullanarak mekanik yollarla aydınlatma aygıtlarını kontrol ettiği sistemlerdir. Adi anahtar, komütatör, vaevien, deviatör, darbe akım anahtarı ve dimmer anahtarları manuel kontrol sistemlerinde kullanılan anahtarlardır. Şekil 2.34'de vaevien ve darbe akım anahtarının kullanıldığı manuel kontrol sistemine ait bağlantı şeması gösterilmiştir [25].



Şekil 2.34 Manuel Kontrol Sistemi Bağlantı Şeması

2.7.2 Otomatik Kontrol

Otomatik aydınlatma kontrol sistemleri mekânın uygun noktalarına yerleştirilen alıcılar vasıtasıyla kontrol ünitesine gelen bilginin değerlendirilerek istenen aydınlık düzeyi ve diğer koşulları sağlamak üzere gerekli yerlere iletilmesi yolu ile aydınlatma aygıtlarının kontrol edildiği sistemlerdir. Otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinde dört farklı kontrol mantığından söz edilebilir [25].

2.7.2.1 Meşguliyete Bağlı Kontrol

Belirli alanın kullanımına bağlı çalışan kontrol sistemleridir. Varlık ve yokluk algılaması yaparak kontrol sağlanır. Okul koridorları, merdiven gibi genel kullanım alanlarında veya temizlik odaları, depolar gibi kısa süreli kullanımda aydınlatmaya ihtiyaç duyulan hacimlerde kullanılır. Varlık algılamasında algılayıcıların etki alanında gerçekleşen hareket sonucunda mekânda bulunan aydınlatma sistemi çalışır durumda tutulur. Belirlenmiş süre boyunca herhangi bir hareket algılanmadığı durumda mekândaki aydınlatmaları kapatır. Yokluk algılamasında ise aydınlatma öncelikle manuel olarak aktifleştirilir. Daha sonra algılayıcı hareketsizlik algıladığında aydınlatmaları tanımlanan süre sonunda kapatır [59].

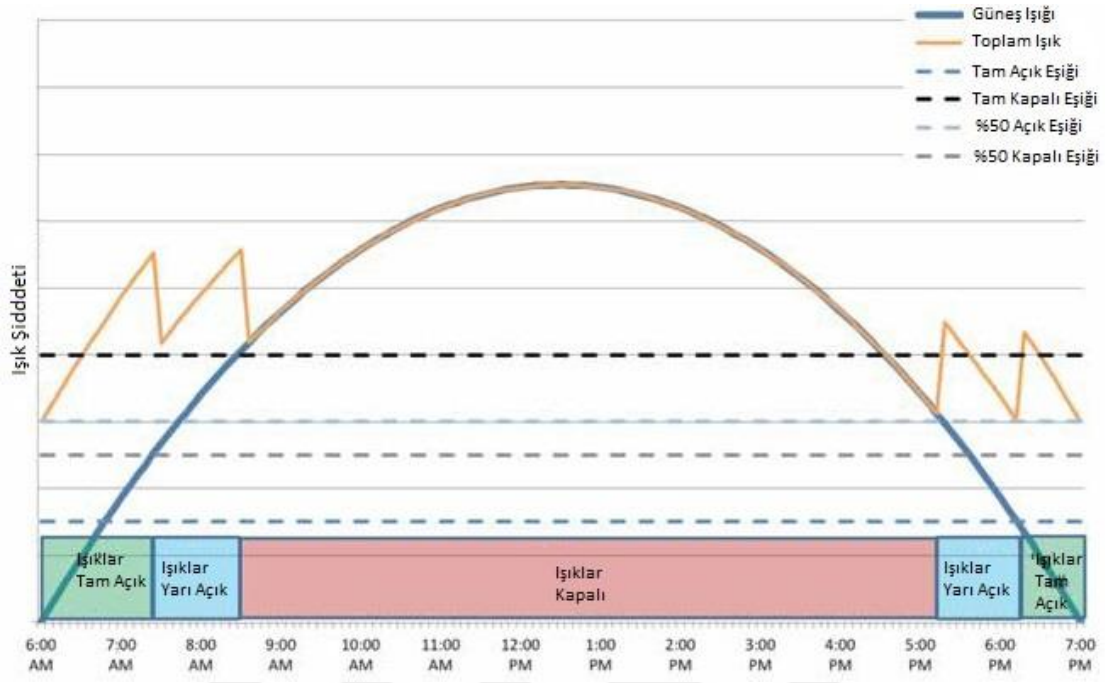
2.7.2.2 Zamana Bağlı Kontrol

Düzenli ve öngörülebilir kullanım süreleri olan alanlarda uygulanan kontrol sistemleridir. Düzenli çalışma saatine bağlı ofisler derslikler, park bahçe aydınlatmaları bu tür uygulamaya örnek olarak verilebilir. Zamana bağlı kontrollerde kullanılan zaman saati ile lambaların çalışmaya başlama saati ve açık kalması istenen süre belirlenerek gerekli kontroller yapılmaktadır [59].

2.7.2.3 Gün Işığına Bağlı Kontrol

Gündüz saatlerinde gün ışığında düzenli ve yeterli derecede yararlanabilen alanlarda uygulanan kontrol sistemleridir. Dış ortam aydınlatmaları veya gün ışığı alan iç mekân aydınlatmaları bu tür uygulamaya örnek olarak verilebilir. Enerji verimliliğinin optimum seviyelerde olduğu kontrol sistemidir. Şelik 2.35'de çalışma prensibi gösterilen gün ışığına bağlı kontrol sistemlerinde gün ışığı algılayıcısı tarafından alanda ölçülen ışık seviyesinin daha önce belirlenen eşik seviyesinin altında olması durumunda aydınlatma sistemini açma, eşik seviyesinin

üstünde olması durumunda aydınlatma sistemini kısma veya kapatma şeklinde çalışan kontrol sistemidir [59],[60],[61].



Şekil 2.35 Gün Işığına Bağlı Kontrol Sistemleri

2.7.2.4 Karma Kontrol

Farklı kontrol yaklaşımlarının bir arada kullanıldığı kontrol sistemleridir. Bu kontrol sistemleri kontrol stratejisi ve ihtiyaca göre; gün ışığı ile zaman, gün ışığı ile meşguliyet, zaman ile meşguliyet, zaman, gün ışığı ve meşguliyet olarak tasarlanabilir. Dış ortam aydınlatmalarında veya gün içinde kullanım amacı değişebilen iç mekân aydınlatmalarında bu tür kontrol uygulamaları tercih edilebilmektedir [59].

2.7.3 Otomatik Kontrol Teknolojileri

Aydınlatma sisteminin otomatik kontrolü için bir takım yardımcı algılayıcılara ve bunların verilerini işleyecek aktif pasif cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Işık algılayıcıları, hareket algılayıcıları, zaman saatleri ve otomasyon sistemleri kullanılarak mekândaki aydınlatma sistemi kontrolü yapılabilir [59],[61].

2.7.3.1 Hareket Algılayıcıları

Kontrol edilecek alandaki hareketi algılayarak uygun sinyalleri üreten algılayıcılara Hareket algılayıcıları denir. Bu tür algılayıcıların istenilen amaca hizmet edebilmesinde uygulama alanlarının doğru belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Uygulama alanının boyutları, aktivite yoğunluğu, kapı, pencere yerleşimi, ısıtma soğutma cihazlarının yerleşimi hareket algılayıcıların performansında etkilidir. Şekil 2.36'da çalışma prensiplerine göre; pasif kızılötesi algılayıcılar (PIR), ultrasonik algılayıcılar (US) ve hem pasif kızılötesi hem ultrasonik algılayıcılar olmak üzere üç gruba ayrılabilir [59],[60],[61].



Şekil 2.36 Çalışma Prensiplerine Göre Hareket Algılayıcıları

Pasif kızılötesi algılayıcılar (PIR): Vücut ısısı ve hareket gibi kızılötesi enerji kaynaklarını algılayıp alanların aydınlatmasını açmak için sinyal gönderebilen algılayıcılardır. Basit olarak enerji kaynağının küçük bölgelere bölünen algı alanına girmesi sonucu kızılötesi enerjideki değişimi algılayan cihazlardır. Pasif kızılötesi algılayıcılar verimli kullanım için doğrudan görüşe ihtiyaç duymaktadır [59],[61].

Ultrasonik algılayıcılar (US): Bu tip algılayıcılar algı alanındaki nesnelerden yansıyabilen ultrasonik ses dalgalarının geri dönüş sürelerini analiz ederek çalışırlar. Alanda hareket olması durumunda algılayıcılardan yayınlanan ultrasonik ses dalgalarının farklı sürelerde dönmesi sonucu hareket algısı sağlanır. Özellikle aktivite seviyesinin düşük olduğu alanlarda kullanım için uygundur [59],[61].

Dual algılayıcılar (PIR + US): Bu hibrit algılayıcılar pasif kızılötesi algılayıcılar ile ultrasonik algılayıcıların beraber kullanıldıkları algılayıcılardır. Aydınlatma sistemi

her iki algılayıcının da sinyal vermesi ile açılır ve en az bir algılayıcının sinyal almaya devam ettiği sürece açık kalır. Sistemdeki yanlış tetiklemelerin ortadan kalktığı bu sistem özellikle tek bir teknoloji ile çözümü zor olan uygulama alanlarında kullanım için uygundur [59],[61].

2.7.3.2 Zaman Ayarlı Anahtarlar

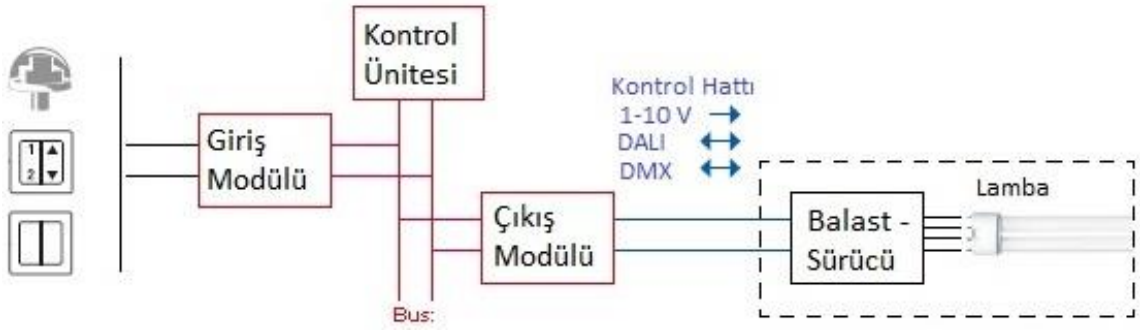
Kullanım zamanları düzenli olan alanlarda kullanılan zaman anahtarları elektronik ve mekanik olmak üzere ikiye ayrılır. Zaman ayarlı anahtarlar yapılan ayarlamaya göre açma kapama yapacak şekilde tetikleme yaparak sistemin kontrolünü sağlar [59].

2.7.3.3 Fotosel Anahtarlar

Işıyıcı gözcük yani fotosel üzerine düşen ışın şiddetiyle orantılı olarak gerilim üreten ışık algılayıcısıdır. Işığın çok ufak toz taneciklerinin çapından daha uzun olan dalga boyunun bu tanecikleri geçmesi olayından faydalanarak çalışan fotosel dış ışık kaynaklardan etkilenmemek için ışık kaynağı olarak genelde 880 nm kızılötesi ışık kullanır. Özellikle gün ışığına bağlı çalışma planlaması yapılacak alanlarda kullanılması uygundur [59],[61].

2.7.4 Aydınlatma Kontrol Sistemleri

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte aydınlatmanın kontrolü anlayışı da değişmiş özellikle insan odaklı aydınlatma kavramının da önem kazanmasıyla birlikte görsel konfor özellikleri önde tutan enerji verimi yüksek aydınlatma sistemlerinin kullanılması aydınlatma tasarım sürecini etkileyen bir konu haline gelmiştir. Işık renginden, ışık şiddetine kadar birçok niteliği kontrol edilebilen LED'li lambaların aydınlatma sistemlerinde kullanımının artmasıyla birlikte kontrol sistemleri ve bunların uygulanış biçimlerini bilmek artık zorunluluk haline gelmiştir. Şekil 2.37'de kontrol sistemlerinin temel bağlantıları görülmektedir. Aydınlatma kontrol sistemi olarak birçok kontrol protokolü kullanılsa da en çok rağbet gören kontrol protokolleri; 1-10 V analog kontrol, DALI ve DMX olarak sayılabilir.



Şekil 2.37 Kontrol Sistemlerinin Temel Bağlantı Şeması

2.7.4.1 Analog Kontrol 1-10 V

Aydınlatma aygıtlarında bulunan elektronik trafo, balast veya sürücülere 1 ile 10 V arasında değişen doğru gerilim uygulamak suretiyle loşlaştırma yapılan kontrol biçimidir. Bu tip kontrol biçimlerinde sistem girişine 1 V DC gerilim uygulandığında lamba asgari değerde, 10 V DC gerilim geldiğinde balast çıkış gerilimi azami değerde olacak şekilde ayarlanır. Balasta gelen gerilim seviyesi değiştikçe çıkış sinyali de doğrusal olarak değişmektedir. Kontrol hattı için polaritenin önemli olduğu bu sistemde özel kablo kullanılması gerekli değildir. 1-10 V analog kontrol sistemi günümüzde kullanılan en basit ve kurulum maliyeti en düşük yöntemlerdir biridir [46],[62].

2.7.4.2 DALI Kontrol

DALI (Digital Addressable Lighting Interface) yani Dijital Adreslenebilir Aydınlatma Arayüzü balast üreticilerinin elektronik balast kontrolünün standartlaştırılmasıyla ortaya çıkmış bir protokoldür. Elektronik balastların haberleşmesini sağlayan dijital arabirim olan DALI, DALI-AG tarafından patentlenmiş ve IEC 62386 ile standartlaştırılmıştır. Bir DALI kontrol sistemi değişkenlik göstermekle beraber genelde DALI Master Controller, DALI gateaway, DALI power supply, line coupler gibi bileşenlere sahiptir. DALI sisteminin özellikleri şunlardır; her DALI linyesi azami 64 adet adresten oluşur, özel veri kablosuna ihtiyaç duyulmadan standart iki damarlı kablo ile kontrol sağlanabilir, kablo mesafesi en fazla 300 m olabilir, DALI tekrarlayıcı kullanılarak hat uzunluğu 1200 m yapılabilir, grup ya da linyeden bağımsız olarak tek tek kontrol yapılabilir, adresleme balast veya sürücüler bazlı yapılır, veri transferi yolunda herhangi bir

kayıp oluşmaz, ışık senaryoları atanabilir, çift yönlü haberleşme yapabilir. Özellikle çok hızlı olmayan sahneler arası geçişler, açma kapatma zamanları, ortam ışık seviyeleri ve ışık rengi sıcaklıkları DALI kontrolü sayesinde istenilen nitelikte planlanabilir ve görsel konfor artırılabilir. Sürücü, balast ve acil aydınlatma kitleri gibi birçok parçanın izleme ve kontrolü sağlayan DALI kontrol sistemi kolay kullanılabilir, sağlam ve esnek çözüm oluşturulabilir olması sayesinde birçok kullanıcı tarafından tercih edilen bir sistemdir [46],[62].

2.7.4.3 DMX Kontrol

DMX (Digital Multiplex) kontrol sistemleri özellikle endüstride, sahne ve profesyonel aydınlatma ekipmanlarının bulunduğu sistemlerde ışık ile ilgili cihazları, parçaları, dimmerları kontrol etmek için tasarlanmış asenkron seri dijital data protokolüdür. RGB uygulamalarda, renk ve ışık sıcaklığı kontrolünün hızlı olduğu aydınlatma tasarımcılara büyük kolaylık sağlamaktadır. Mimari aydınlatma, cephe aydınlatması gibi ışığın tasarım unsuru olarak kullanıldığı yerlerde, mimari özelliklerin vurgulamak istendiği dış aydınlatma sistemlerinde, özel aydınlatma efektlerinin etkili olarak kullanıldığı alanlarda yoğun kullanım alanı bulmaktadır. Bir DMX kontrol sistemi değişkenlik göstermekle beraber genelde DMX Master Controller, DALI decoder, signal amplifier gibi bileşenlere sahiptir. 512 kanala sahip bu sistemler 512 cihazı, her biri azami 32 kanaldan oluşan 16 üniteye kadar kontrol imkânı sağlamaktadır. DMX kontrollü sistemler bilgi aktarımı için 3 veya 5 damarlı XLR jaklı özel kabloya ihtiyaç duymaktadır. 250 kHz iletim hızına sahip DMX protokolü saniyede asgari 44 DMX paketi gönderilmektedir. Işık kontrol masası ile aydınlatma aygıtları arasına monte edilen dimmer cihazları bir veya birden fazla aydınlatma cihazının parlaklığını ayarlayarak hem aydınlatma sahasında farklı kompozisyonlar oluşturarak ışık konforu sağlar hem de çok fazla aydınlatılmasına ihtiyaç duyulmayan kısımlarda parlaklığı azaltarak tasarruf edilmesine olanak verir [63].

2.8 Kentlerin Yeni İmajı Yapı Yüzü Aydınlatması

Dünyada hızla artan küreselleşeme hareketi ile birlikte her geçen gün kentlerin birbirlerine göre farklı nitelikleri azalmakta benzer nitelikli kent görünümleri ortaya çıkmaktadır. Bu durum aynı zamanda kentlere özgü farklılıkların ve özgün kent imajının korunması kavramını öne çıkarmaktadır. Bu konuda özellikle yerel yönetimler farklı iletişim ve sosyalleşme kanalları kullanarak kurumsal markalaşma konusunda önemli adımlar atmaktadır. Birçok yönetim kurumsal markalaşma konusunda çeşitli teknikler uygulamaktaysa da bu konuda doğru adımları atamayan özel işletmeler ve kamu kuruluşları olumlu bir imaj oluşturamadıkları durumda varlıklarını yeterince etkili bir biçimde sürdüremedikleri gözlemlenmektedir. Örneğin kamu nezdinde olumlu bir imaja sahip bir kent genel bütçeden, turist gelirlerinden veya çeşitli fonlardan çok daha fazla pay alabilirken tam tersi durumda kentsel değerler yeterli ilgi görememekte hatta zaman zaman yok olmaktadır. Bu nedenle birçok kent kurumsal imajını yaratmanın en etkili yolarından biri olan kent aydınlatmayla ilgili çalışmalar yapmaktadır. Şekil 2.38'de çeşitli dünya kentlerine ait kent aydınlatması görüntüleri verilmiştir. Kentleri gün boyu güvenli, emniyetli, ilgi çekici ve özgün kılmayı amaçlayan yeni dönem kent yönetim anlayışında "Aydınlatma Master Planları" ile birlikte kent planlamasına dâhil olan aydınlatma sistemlerinin kent imajını belirleyen kent siluetleri, öngörünüm, arka plan görünüm, etkilenme bölgeleri üzerindeki etkisi gün geçtikçe artmaktadır [64],[65],[66],[67],[68],[69].

Modern çağda büyük kentler demografik, sosyolojik, teknolojik ve ekonomik olarak önemli gelişmeler yaşamış bunun sonucunda da farklı alışkanlıklar edinilmiştir. Bu alışkanlıklarından biri de kentlerin gece gündüz canlı ve işlevsel halde bulunmasıdır. Gün ışığının olmadığı saatlerde estetik kaygılar barındırarak insanların sosyal, psikolojik ve fizyolojik ihtiyaçlarını konforlu bir biçimde sürdürebilmesini sağlama isteği kent aydınlatmasının öneminin daha da artmasına neden olmuştur. Bu durumda kent aydınlatması kenti kullanım ve görsel açıdan güzelleştiren aydınlatma türü olarak tanımlanır [64],[65].



Şekil 2.38 Dünya Kentlerine Ait Kent Aydınlatması Görüntüleri

Kent aydınlatma konuları işlevsel aydınlatma ve mimari aydınlatma olarak iki grupta ele alınmaktadır. Araç ve yaya yolları, tüneller, altgeçit ve üstgeçitler, kavşaklar, köprüler, bazı cadde ve meydanlar gibi kentsel kullanım, ulaşım, güvenlik gibi temel gereksinimlerin karşılandığı aydınlatmalar işlevsel aydınlatma olarak tanımlanmaktadır. İşlevsel aydınlatmanın amacı; emniyet ve güvenliğin sağlanması, spor, eğitim, sosyalleşme gibi açık hava etkinliklerinin rahat bir biçimde gerçekleştirilebilmesi, yol yön bulmak, bulunulan ortamı tanıma gibi ihtiyaçlara cevap verebilecek niteliği ve niceliği doğru görsel konforu yüksek aydınlık düzeyini oluşturmaktır. Kent imajının sergilenmesi, akıllarda kalması, sosyal kültürel ve sanatsal etkileşimin artması ve kent çekiciliğinin artırılması kılınması, estetik duyguların oluşması gibi amaçlarla havuz ve göletler gibi su öğeleri, anıtlar ve heykeller gibi kültürel ve sanatsal öğeler, modern ve tarihî

yapılar gibi simgesel öğelerin aydınlatılması mimari aydınlatma olarak adlandırılır. Mimari aydınlatma fizyolojik ve fonksiyonel ihtiyaçların karşılanmasına ek olarak kente özgü maddi ve manevi güzellikleri ortaya çıkartarak kentin çekiciliğini artıran aynı zamanda insanlarda estetik duygular uyandıran aydınlatma türüdür. Şekil 2.39'da Singapurda bulunan Gardens By The Bay parkına ait gece aydınlatması görülmektedir [2],[70],[71],[72].



Şekil 2.39 Gardens By The Bay Parkı Singapur

Kentin çekiciliğinin artmasıyla beraber insanların ilgisi ve dikkati o bölgelerde toplanır ve bu da beraberinde sosyalleşmeyi, kültürel bilinçlenmeyi getirerek karşılıklı etkileşimi artırır. Bu durum belleklerde oluşan kent imajını olumlu yönde etkiler [2],[72].

Mimari aydınlatmanın konuları içinde bulunan yapı yüzü aydınlatması yapıların işlevsel ve mimari özelliklerini vurgulayarak ve bunların gece görünürlüğünü sağlayan, kent kimliğini belirleyen, insanlarda estetik duyguların oluşmasını sağlayarak bölgeye yönelimi artıran aydınlatma uygulamasıdır. Özellikle bir kente ilk defa gelen insanların bulunduğu o kent ile ilgili kafasında oluşturacağı ilk imaj etrafında gördüğü büyük yapıların gözlemcide hissettirdiği estetik duyguların

olumlu ya da olumsuz olmasıyla ilişkilidir. Dolaysıyla herhangi bir bölgedeki görece baskın yapının gece aydınlatmasının, yapının ve bölgenin genel mimarisi ile uyumlu ve estetik olması gözlemcinin o bölge için olumlu duygulara sahip olmasına neden olmaktadır. Binaların mimari ve estetik bütünlüğünü etkilemede büyük önemi olan yapı yüzü aydınlatması birçok şehir gece siluetini belirlemede başrol oynamaktadır. Bu sebepledir ki yapı yüzü aydınlatması aydınlatma konuları içinde önemli bir yer tutar [71],[72].

2.8.1 Yapı Yüzü Aydınlatmasının Temel Amaçları

Eski tarihlerde tapınaklar, saraylar, kaleler önemli yapılarda güvenliği sağlamak ve görkemli görünüşlerini ortaya çıkarmak amacı ile zengin yapı yüzü aydınlatması yapılmış olsa da elektrikli aydınlatma aygıtlarının kullanılmasının artmasıyla birlikte günümüzde birçok amaca hizmet etmektedir. Yapıların Yüzü Aydınlatmasının Temel Amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir [72];

- Uygulandığı yapının mimari, estetik, tarihsel özelliklerini ortaya çıkarmak
- Yapının tarihini ve mimari mirasını görünür kılmak
- Yapıların ve çevresinin güvenliğini sağlamak
- Kentsel değerlere katkıda bulunmak
- Gece sosyal etkileşimi artırmak
- Bölgeye yönelimi sağlayarak ekonomiye katkıda bulunmak
- Yapıların çekici ve güzel görünmesini sağlamak
- İnsanların duygularını harekete geçirmek
- Yapıyı ve bulunduğu bölgeyi tanıtmak
- Bellekte gündüz olduğundan farklı bir yer bırakmak
- İnsanlarda sahiplenme duygusu hissettirmek
- İnsanlarda merak duygusu uyandırmak

Yapı yüzü aydınlatmasının özellikle kent imajına, kentler için simgesel önemi olan yapıların aydınlatılmasıyla birlikte kentlerin kendine özgü kimliğinin yansıtılmasına katkı sağlamak amacıyla kentlerin sahip olduğu tarihi, kültürel ve doğal değerleri doğru aydınlatmak yapı yüzü aydınlatma kriterlerini bilmek ve doğru analiz etmekten geçmektedir.

2.8.2 Yapı Yüzü Aydınlatmasının Standartları

Aydınlatılması planlanan her yapının kendine özgü özellikleri vardır. Bu nedenle her yapı kendi işlevsel, sanatsal ve mimari özelliklerine göre değerlendirilerek aydınlatma tasarımı yapılması önerilmektedir. Yapı yüzü aydınlatması her ne kadar estetik aydınlatma kapsamında hazırlanan projelerden olsa da yapı yüzünde olması gereken aydınlatma değerlerinin belirli standartlara göre olması gerekmektedir. Yapı yüzeyi malzemesi ve rengine göre, yapının bulunduğu yerin ve yakın çevrenin özellikleri de göz önünde bulundurularak yapı yüzünde aydınlatma uygulamalarında sağlanması gereken asgari aydınlık düzeyi CIE tarafından belirtilmiştir. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu "CIE 94-1993 Floodlighting" kılavuzunda belirttiği yapı yüzeylerinde sağlanması tavsiye edilen değerler Tablo 2.7'de verilmiştir [3],[72].

Tablo 2.7 CIE Yapı Yüzünde Asgari Aydınlık Düzeyi

Yapı Yüzey Malzemesi Ve Rengi	**Yakın Çevrenin Durumu**		
	Düşük	**Orta**	**Yüksek**
Açık Renk Taş, Beyaz Mermer	20 lx	30 lx	60 lx
Orta Açık Taş, Beton, Açık Renkli Mermer	40 lx	60 lx	120 lx
Koyu Taş, Gri Granit,Koyu Mermer	100 lx	150 lx	300 lx
Açık Sarı Tuğla	35 lx	50 lx	100 lx
Açık Kahverengi Tuğla	40 lx	60 lx	120 lx
Koyu Kahverengi Tuğla, Kırmızı	55 lx	80 lx	160 lx
Kırmızı Tuğla	100 lx	150 lx	300 lx
Koyu Tuğla	120 lx	180 lx	360 lx
Beton	60 lx	100 lx	200 lx
Doğal Alüminyum	200 lx	180 lx	600 lx
Koyu Renkli Yüzeyler (Yansıtma Çarpanı, %10)	120lx	180 lx	360 lx
Orta Koyulukta Yüzeyler (Yansıtma Çarpanı, %30-40)	40lx	60 lx	120 lx

Tabloda verilen tüm değerler uzaklığa bağlı olarak %30'a kadar artırılabilir. Bakım faktörü ayrıca dikkate alınmalıdır. Bu tip yapılardaki düzgünlük oranı yani ortalama aydınlık düzeyi değerinin asgari aydınlık düzeyi değerine veya azami aydınlık düzeyi değerinin asgari değere oranı 8:1 veya 6:1 arasında olmalıdır. Yapı yüzündeki aydınlatma düzeyi değerlerini etkileyen bir başka parametre de yapı yüzünde kullanılan malzemenin yansıtma çarpanıdır. Yapı yüzü malzemesinin yansıtma çarpanına ters oran ile yapı yüzünde istenilen ışıklığın ulaşılabilmesi için harcanması gereken olan enerji değişmektedir. Buna göre temiz açık renkli bir yüzeyde yansıtma çarpanı olarak %75-80 değerleri alınabilirken, kirli ve koyu renkli bir yüzeyde bu oran %5'lere kadar düşmektedir. Bu durum aydınlatma tasarımında yapı yüzünde istenilen parıltı değerlerinin alınabilmesi için yapı malzemesi ile ilgili ön çalışma yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır [3],[72].

IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) ise sadece yapı yüzeyi rengi ve yapı çevresine göre sağlanması gereken ortalama Tablo 2.8'de verilen aydınlık düzeyi değerleri belirlemiştir.

Tablo 2.8 Yapı Yüzünde Önerilen Aydınlık Düzeyi

Çevrenin Tanımı	Aydınlık Düzeyi
Aydınlık Çevre, Açık Renk Yüzey	50 lx
Aydınlık Çevre, Orta Açıklıkta Yüzey	70 lx
Aydınlık Çevre, Orta Koyulukta Yüzey	100 lx
Aydınlık Çevre, Koyu Yüzey	150 lx
Karanlık Çevre, Açık Renk Yüzey	20 lx
Karanlık Çevre, Orta Açıklıkta Yüzey	30 lx
Karanlık Çevre, Orta Koyulukta Yüzey	40 lx
Karanlık Çevre, Koyu Yüzey	50 lx

Aydınlık düzeyine göre aydınlatma tasarımı yapılması durumunda ise IESNA'nın "Guideline for Security Lighting for People, Property and, Public Spaces" isimli el kitabında belirttiği insanlar ve binalar için güvenlik sağlayan 5-20 lx'lük aydınlık düzeyi değerlerinin sağlanması her yapının yerinde değerlendirilmesi doğru

olacağı unutulmaması şartıyla çoğu uygulama için yeterli olmaktadır. Bu tür uygulama ile başta ışık kirliliği ve enerji israfı gibi sorunlar önlenebilirken aynı zamanda bir alanda oluşabilecek aydınlatma yönünden düzensiz veya kötü görüntüler de önlenebilecektir. Yapı yüzü aydınlatmasında belirli sınırlara sahip diğer nitelik de parıltıdır. CIE tarafından belirlenen objelerin konumuna göre yüzeylerinde ortalama olarak sağlanması önerilen parıltı Tablo 2.9'da yer almaktadır [72].

Tablo 2.9 Yapı Yüzünde Önerilen Parıltı Değerleri

Objenin Konumu	**Parıltı (cd/m²)**
Tek duran obje	3-6,5
Bitişik nizam, karanlık çevre	6,5-10
Bitişik nizam, orta aydınlık çevre	10-13
Bitişik nizam, aydınlık çevre	13-16

CIE aynı zamanda yüzeylerin bulunduğu bölgeye göre de parıltı değerleri sınırlamalarını belirtmiştir. Bunun için kentlerdeki aydınlık değerlerine göre bölgeler oluşturulmuş her bir bölge için cephe yüzeyi parıltı değeri önerilmiştir. CIE'nin belirlediği bölgeleme sisteminde, E1, ulusal parkları ve koruma altındaki alanları; E2, endüstri ya da yerleşim alanlarını; E3, şehir cıvarı endüstri ve yerleşim alanlarını; E4 ise kent merkezleri ve ticari alanları göstermektedir. Tablo 2.10'da her bir dört bölgeye açıklamlar ve cephe yüzeyinde aşılmaması gereken parıltı değerleri verilmiştir.

Aydınlatma tasarımı sırasında tasarımcılar parıltı ve aydınlık düzeyi değerlerini baz alarak tasarımlarını şekillendirebilirler. Parıltı düzeylerine göre aydınlatma tasarımı yapılması durumunda kent merkezleri için tüm cephelerde parıltı değeri 25 cd/m² alınması durumunda yapı yüzünde 100 lx veya daha yüksek ortalama aydınlık düzeyi değerleri elde edilmesi olasıdır [72].

Tablo 2.10 Yapı Yüzünde Önerilen Parıltı Değerleri

Bölge	Açıklama	Cephe Yüzeyi Parıltı Değeri (cd/ m^2)
E1	Doğa Alanları: Karanlık Alanlar	0
E2	Kırsal Alanlar: Az Aydınlık Alanlar	5
E3	Kent Çevresi: Orta Aydınlık Alanlar	10
E4	Kent Merkezi: Aydınlık Alanlar	25

2.8.3 Yapı Yüzü Aydınlatmasının Temel İlkeleri

Yapı yüzü aydınlatmasının birçok farklı anlatımı vardır. Yapıların mimari, sosyal ve işlevsel özelliklerine göre bu anlatım dili değişmektedir. Aydınlatma tasarımı sırasında yapı özelliklerine göre yapılan bu seçimler aydınlatmanın başarılı görsel etkiye sahip olmasında önemli rol oynamaktadır.

Yapı yüzü aydınlatmasında yapı yüzeyi özelliklerine göre geniş açılı aydınlatma aygıtlarıyla genel kütle algısı sergilenebilir veya daha dar açılı ışıklıklar kullanılarak cephe üzerinde bulunan herhangi bir motif gözler önüne serilebilir. Çok sayıda armatür kullanılarak tüm detaylar gösterilebilir, ancak bu durum aynı zamanda gereksiz parlamalara da neden olabilir. Bu nedenle her seçim belirli ilkeler ışığında yapılmalı; armatür sayısından konumlarına, ışık açısı değerlerinden montaj detaylarına birçok konu aydınlatma tasarımında doğru öngörülebilmelidir. Bu durum yapı yüzü aydınlatması tasarlanırken yapıya özgü bazı temel özelliklerin detaylı biçimde irdelenmesiyle yapılabilinir. Yapı yüzü aydınlatmasının temel ilkelerini oluşturan bu özellikler şunlardır [4];

- Yapıların işlevi
- Yakın çevre ve arka plan
- Yapıların geometrik biçimleri
- Yapıların yükseklikleri
- Çatı biçimleri
- Yapı yüzeylerinin mimari biçimlenişi
- Yapı yüzeylerinin malzeme özellikleri

- Aydınlatma aygıtlarının yerleştirilebileceği yerler
- Su kıyısındaki yapılar

2.8.3.1 Yapıların İşlevi

Yapılar işlevlerine göre karakter sergilerler bu durumda mimari özelliklerini etkiler. Farklı işlevlere sahip yapıların gerek iç planlaması gerekse cephe planlaması farklı özellikler taşımaktadır.

Yapı yüzü aydınlatmasında da yapının işlevine bağlı kalarak mimari özellikleri ön plana çıkarmak amaç edinilmelidir. Bu nedenle yapının işlevsel ve mimari anlatımını güçlü bir şekilde aktarabilen tasarım başarılı olur. Yapının mimari anlatımına ters düşen, yapının işlevine uygun olmayan aydınlatma hem yapının özgünlüğünü bozmakta hem de enerji israfı ortaya çıkmaktadır [73].

2.8.3.2 Yakın Çevre ve Arka Plan

Aydınlatma tasarımında yapıyı yakın çevresinden bağımsız düşünmek görsel algıda problemlere yol açmaktadır. Yapı çevresiyle bir bütün olarak düşünülmeli yapı yüzeyi aydınlık düzeyi, lamba, aydınlatma aygıtı ve aygıt konumları yapının yakın çevresi ve arka planı göz önünde bulundurularak belirlenmelidir [4].

Görme alanı içinde bulunan nesnelerin ayırt edilebilmesi bu alan içindeki fark edilmesi istenen yüzeyler ve nesneler arasındaki renk, kontrast ve aydınlık düzeyi farklılıklarına bağlıdır. Bu alan içindeki aydınlık düzeyinin belirlenen değerlerden yüksek olması kamaşmaya, gözün yorulmasına kısacası görsel konforun yok olmasına sebep olmaktadır. Yapı yüzü aydınlatmasında belirlenmesi gereken aydınlık düzeyi ve ışık rengi gibi nitelikler muhakkak yapının yakın çevresi ve arka plan ile birlikte düşünülmelidir. Yakın çevre ya da arka planın aydınlık düzeyi, yapı yüzünün aydınlık düzeyinin aydınlık düzeyi belirlenmesinde temel öğedir. Bu nedenle, yakın çevre ya da arka planın aydınlık düzeyi ile ilgili bir belirleme yapmadan, yapı yüzünün aydınlık düzeyini saptamak doğru değildir. Yapı, yakın çevre ve arka plan aydınlık düzeyi ilişkisi üç durumda incelenmektedir. Bunlar, yakın çevrenin ve arka planın karanlık olması durumu, yakın çevrenin ya da arka planın aydınlık olması durumu, yakın çevrenin ve arka planın aydınlık olması durumu olarak sıralanabilir [2],[4].

Yakın çevrenin ve arka planın karanlık olması durumu

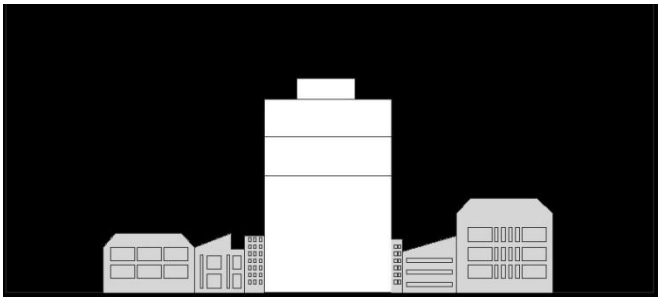
Yapı yüzü yakın çevresi ve arka planı çok az aydınlık veya karanlık olması durumunda yapı yüzü ile aydınlık düzeyi çok düşük olan yakın çevre ve arka plan arasındaki aydınlık düzeyi arasında büyük farklılıklar olmamalıdır. Yapının arka planın ve yakın çevresinin karanlık olması durumunda parıltı farkının yüksek olması hem görsel konforu bozmakta hem de enerji israfı olmaktadır. Şekil 2.40'da yakın çevrenin ve arka planın karanlık olması durumu görselleştirilmiştir [2],[4].



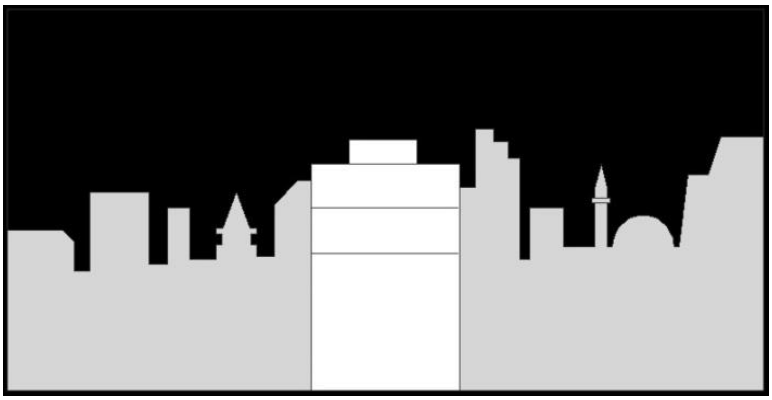
Şekil 2.40 Yakın Çevrenin Ve Arka Planın Karanlık Olması Durumu

Yakın çevrenin ya da arka planın aydınlık olması durumu

Yapı yakın çevresi ya da arka planından herhangi birisinin aydınlatılmış olması durumunda yapı yüzeyi yakın çevre ya da arka plandan kolay ayırt edilebilecek şekilde aydınlatılmalıdır. Bu durumda yapının daha rahat algılanabilmesi için parıltı düzeyi Şekil 2.41 ve Şekil 2.42'de görüleceği gibi fark edilebilir düzeyde yüksek olmalıdır. Dış aydınlatması yapılmamış ancak içinde gece faaliyet olan yapıların pencerelerinde aydınlık olması durumunda buradaki aydınlık düzeyi incelenmeli ve ışıklılığın yüksek olması durumunda bu yapılara dış aydınlatmaları yapılmış olan yapılar gibi davranılmalıdır [2],[4].



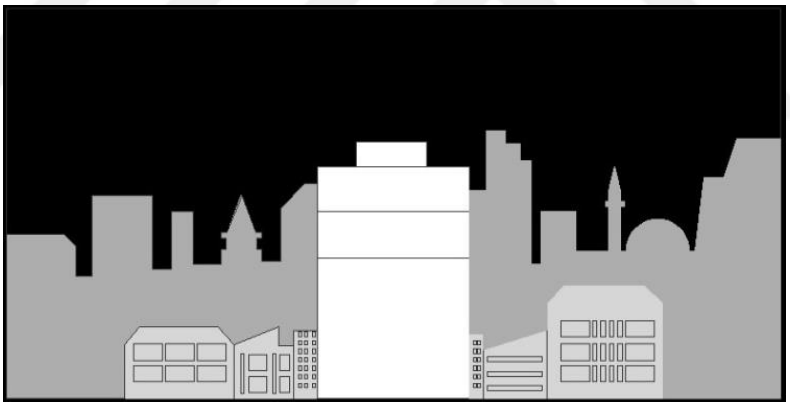
Şekil 2.41 Yakın Çevrenin Aydınlık Olması Durumu



Şekil 2.42 Arka Planın Karanlık Olması Durumu

Yakın çevrenin ve arka planın aydınlık olması durumu

Yapı yakın çevresi ve arka planının her ikisinin de aydınlık olması durumunda yapı yüzü daha aydınlık olanın duruma göre aydınlatılmalıdır. Fark edilebilir bir yapı yüzü aydınlatması için, yakın çevre ya da arka plandan parıltı düzeyi yüksek olan belirlenip Şekil 2.43'de görüldüğü üzere yapı yüzü aydınlık düzeyi aydınlık olanın parıltı oranından daha yüksek tutulmalıdır.



Şekil 2.43 Yakın Çevrenin Ve Arka Planın Aydınlık Olması Durumu

Her ne kadar yakın çevre ya da arka planın aydınlık düzeyi, yapı yüzünün aydınlık düzeyinin aydınlık düzeyi belirlenmesinde temel öğe olmuş olsa da yapı yüzü rengi, yüzeyin yansıtma çarpanı gibi değerler yapı yüzünde olması gereken aydınlık düzeyini belirlemede önemli yer tutar. Dolaysıyla yapı yüzü parıltı değerini belirlerken tüm değerleri göz önünde bulundurmak gerekmektedir [2],[4].

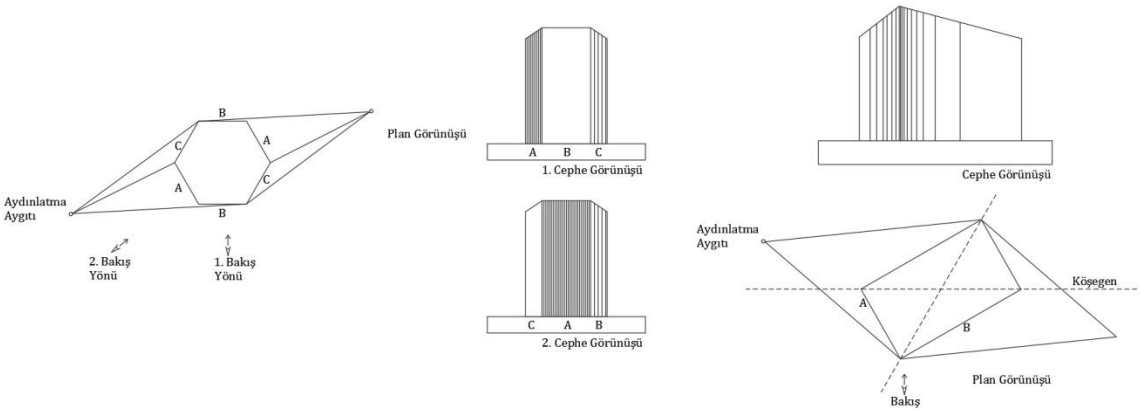
2.8.3.3 Yapıların Geometrik Biçimleri

Yapıların cephe planları diğer bir deyişle formları aydınlatma tasarımında önemli girdilerdendir. Bir yapıda yansıtma çarpanı aynı olan iki yüzü arasında aydınlığın niceliği bakımından farklı bir yaklaşım ortaya konulmadığı durumlarda yapının iki boyutlu algılanması gibi bir problem ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yapıların formu aydınlatma tasarımında büyük önem taşımaktadır. Yapıyı üç boyutlu algılamanın yolu bitişik iki yüzde aydınlık düzeyi ayrımı yaratmaktan geçer. Yapı formunun kolaylıkla anlaşılmasını sağlayacak biçimde planlanan parıltı farkında görece daha önemli olan yüzün ışıklığı daha yüksek olmalıdır. Yapının önemli yüzünü saptayabilmek adına; girişin bulunduğu yapı yüzü, cadde, meydan, rıhtım gibi ana yaklaşım güzergâhında bulunan yapı yüzü, tarihî veya sanatsal tarzda özel önemi olan yapı yüzü önceden belirlenmelidir. Bu yüzlerin tamamının aynı yapı içerisinde farklı yüzlerde bulunması durumunda tasarımcı yapıya özgünlük katacak, kendi kimliğini sergileyebilecek yüzün ışıklılığının daha yüksek olması sağlamalıdır [3],[4].

Yapıların geometrik biçimlerine göre bitişik iki yüzü arasındaki ışıklılık ayrımı yapmak için kullanılması gereken prensipler değişmektedir. Bu durum yapıların geometrik biçimlerine aydınlatma aygıtlarının yerleştirileceği yerleri belirlemektedir. Yapılar, geometrik biçimleri açısından üç ayrı grupta toplanabilir. Bunlar, kare ve dikdörtgen, silindirik veya diğer biçimleri olan yapılardır [3],[4].

Kare, dikdörtgen ve çokgen planlı yapılar

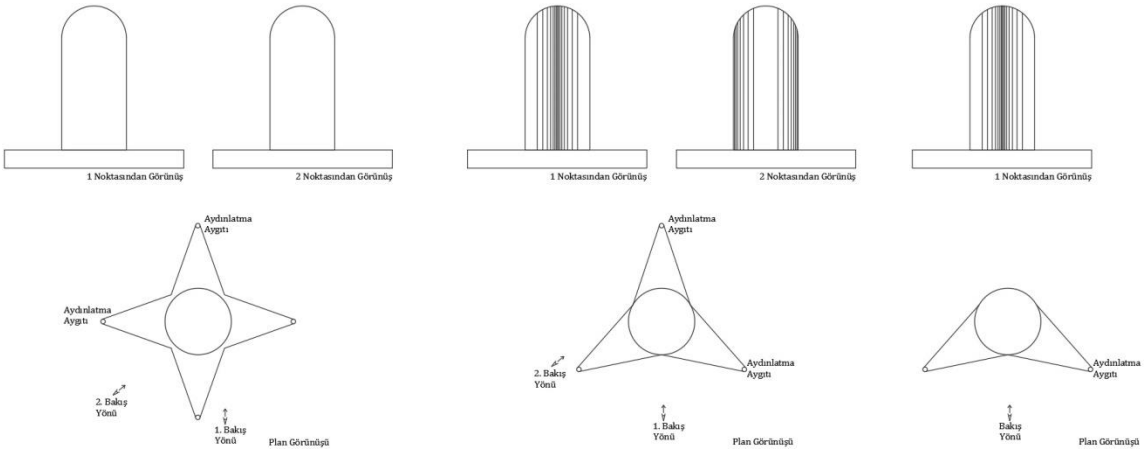
Kare ve dikdörgen plana sahip yapılarda yapıya bakış doğrultusuna bağlı olarak görme alanı içinde bulunan bitişik iki yüzünde aydınlık düzeyi farkı oluşturabilmek için önce yapının planı üzerinde köşegenler çizilmelidir. Aydınlatma aygıtları, yapının daha önemli olan yüzünün ışıklılığının, yapının öteki yüzünün ışıklılığından daha yüksek olmasını sağlayacak biçimde, köşegenlerin dışına yerleştirilir. Şekil 2.44'de yapının A yüzünün B yüzünden daha çok ışık aldığı, buna bağlı olarak da yapının A yüzünün ışıklılığının B yüzünün ışıklılığından daha yüksek olduğu görülmektedir [3],[4].



Şekil 2.44 Dikdörtgen Ve Çokgen Planlı Yapılarda Aydınlatma Aygıtı Konumu

Silindirik planlı yapılar

Silindir şeklindeki yapılarda eşit güçlü ve Silindir biçimindeki yapıların, güçleri ve yerleşim açı aralıkları eşit üç ışık kaynağı kullanılması durumunda yapı yüzünde homojen bir ışık dağılımı olmayacağından silindirik yapının döndüğü rahat fark edilir. Güçleri ve yerleşim açı aralıkları eşit dört ışık kaynağı kullanılması durumunda ise, yapı yüzünün tüm noktalarındaki parıltı aynı olacağından, algı yönünden tercih edilmeyen bir yöntemdir. Çeşitli nedenlerden dolayı dört ışık kaynağı kullanılması gerekli olan durumlarda güçleri farklı olan ışık kaynakları tercih etmek gerekmektedir [3],[4].



Şekil 2.45 Silindirik Planlı Yapılarda Aydınlatma Aygıtı Konumu

Üç ışık kaynağı yerine silindirin çapı doğrultusunda iki ışık kaynağı kullanılması durumunda silindirik yapının döndüğü rahat fark edilmekle birlikte yapı yüzündeki ışıklılık karşıtlığının istenen değerlerin çok üstünde olmaktadır. Bu tip

iki ışık kaynağının kullanılması durumu çeşitli nedenlerden ötürü bakış açısının sınırlanmış olması durumunda, Şekil 2.45'de görüldüğü gibi kullanılabilir [3],[4].

Diğer biçimleri olan yapılar

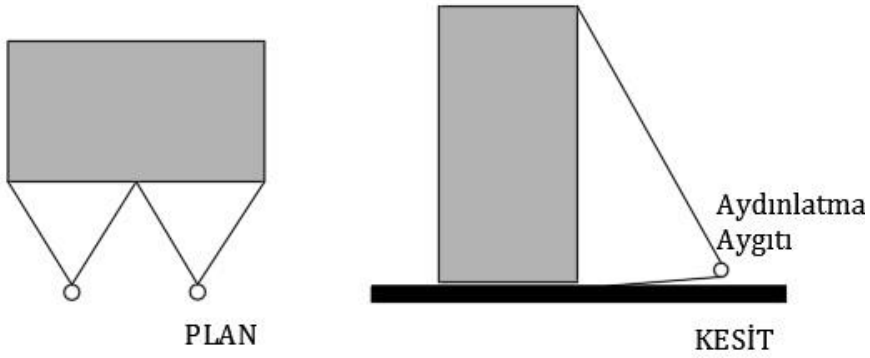
Mimari planlaması kare, dikdörtgen veya silindir biçimindeki yapıların dışındaki yapı yüzüne sahip binalarda da yapının plan üzerinde belirlenmiş olan en önemli yüzünün ışıklılığı, yapının öteki yüzlerinin ışıklılığından daha yüksek olacak biçimde yerleştirilme kuralı geçerliliğini korumaktadır. Bu yapılar özellikle mimari planlarına göre irdelenip her biri için ayrı özel çözümler sunulmalıdır [3],[4].

2.8.3.4 Yapıların Yükseklikleri

Yapıların görsel algı açısından uygun olması için sadece geometrik şekillerine göre aydınlatma çözümleri üretmek yeterli olmayabilir. Yüksekliği ve yapıya uzaklığı sabit bir ışık kaynağı yapı yüksekliklerine göre farklı etkiler göstermekte ve aydınlatma tasarımını etkilemektedir. Yapıların yükseklikleri yapı yüzü aydınlatma tasarımlarında aydınlatma aygıtı sayısından gücüne, lens açısından bağlantı şekline kadar birçok özelliği belirlemektedir. Yapılar yüksekliklerine göre az katlı yapılar ve çok katlı yapılar olmak üzere ikiye ayrılır [4],[73].

Az katlı yapılar

Az katlı yapılarda belirli bir uzaklıkta ve yükseklikteki ışık kaynağından gelen ışığın yapı yüzünün alt bölümleriyle üst bölümlerinde oluşturduğu aydınlık düzeyi arasındaki fark çoğu kez düzgün yayılmış bir aydınlık için kabul edilebilir sınırlar içinde kalır. Şekil 2.46'da az katlı yapıların aydınlatılması gösterilmiştir [4],[72].

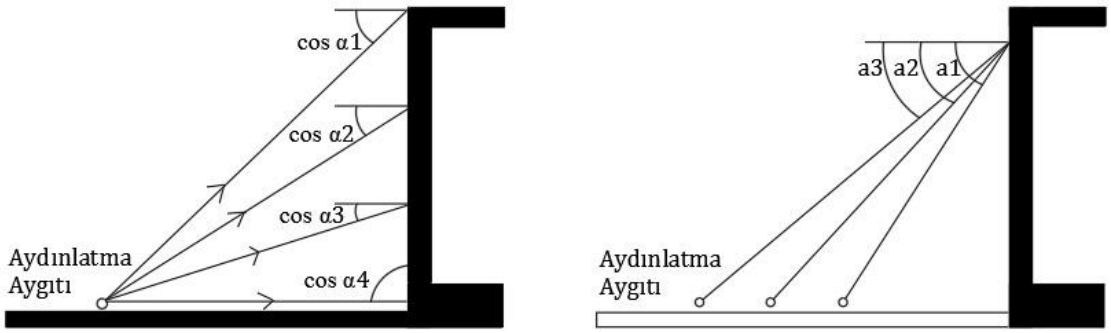


Şekil 2.46 Az Katlı Yapılarda Aydınlatma

Çok katlı yapılar

Çok katlı yapılarda dikey yönlü aydınlığın düzgün yayılması az katlı yapılardaki kadar basit olmayabilir. Aydınlık düzeyinin yapı yüzeyinin alt ve üst bölümlerinde homojen dağılmamasının nedeni iki şekilde açıklanabilir [4],[72].

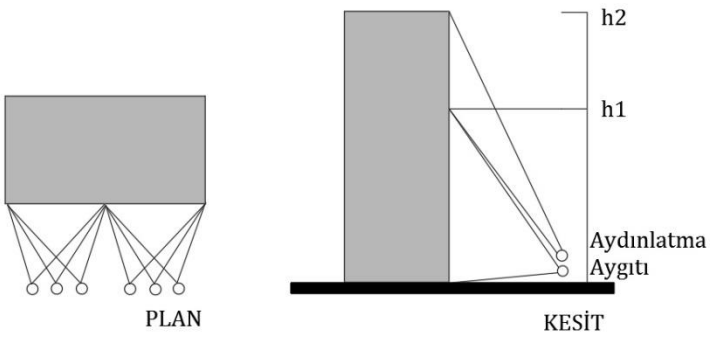
- Yapı yüzünde bulunan her bir noktanın aydınlık düzeyi aydınlatma aygıtına olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak değişmektedir. Bu nedenle yapı yüzünde bir nokta aydınlatma aygıtından uzaklaştıkça aydınlatma düzeyi üstel biçimde azalmaktadır.
- Bir noktaya gelen ışık şiddeti gelen ışığın eğimine bağlıdır. Yapı üzerindeki her bir noktaya gelen ışık da cosα oranında azaldığından, yapı yüksekliği arttıkça aydınlatılan noktanın aydınlatma aygıtıyla yaptığı açıya göre aydınlatma düzeyi azalır. Bu nedenle çok katlı yapı yüzeyi aydınlatması için aydınlatma aygıtları Şekil 2.47'de gösterildiği gibi farklı mesafelere yerleştirilebilir.



Şekil 2.47 Çok Katlı Yapılarda Farklı Mesafelerde Aydınlatma Aygıtı

Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı yapının üst bölümlerine doğru aydınlık düzeyi hem aydınlatma aygıtına olan uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak hem de ışığın söz konusu noktaya geliş doğrultusunun, yüzeyin o noktadaki normali ile yaptığı açısı büyüyeceğinden, yapının üst katlarındaki aydınlık düzeyi giderek düşecektir. Bunun için Şekil 2.48'de gösterildiği gibi aynı noktaya daha çok sayıda ve tepe açısı daha küçük olan aydınlatma aygıtları kullanılarak düşeyde de düzgün yayılmış bir aydınlık elde edilebilir [4].

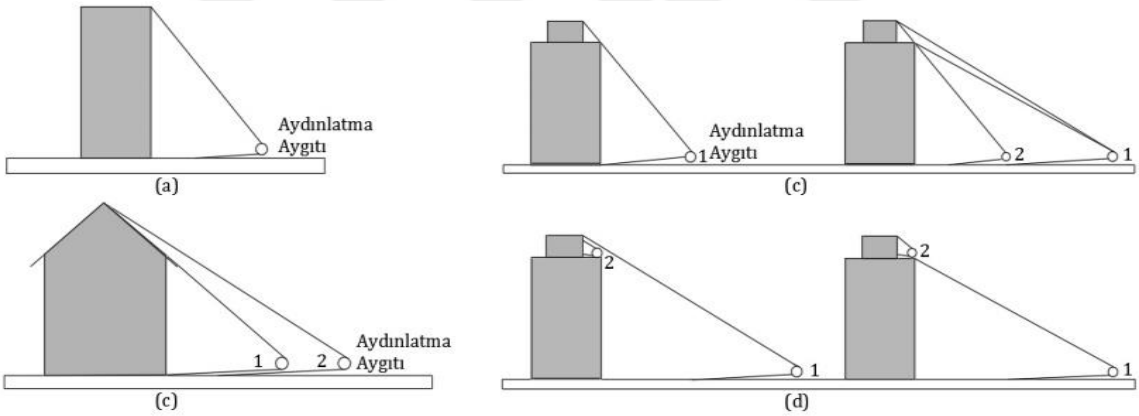
Bu tür durumlar için diğer bir seçenek de yapılarda üst bölgelerin karanlık kalmaması için yapı yüksekliğine bağlı olarak yapı yüzünün değişik yükseklikteki bölümlerini aydınlatma aygıtı yerleştirilmesi uygun görülmektedir [2].



Şekil 2.48 Çok Katlı Yapılarda Çok Sayıda Aydınlatma Aygıtı Kullanımı

2.8.3.5 Çatı Biçimleri

Mimarinin yeni yüzü çatılar artık gelenekselleşmiş görevlerinden sıyrılmış çoğu modern yapılarda çok farklı fonksiyonlara sahiplik ederek bulunduğu yapıya kimlik kazandıran öğe haline gelmiştir. Çatı yapıları temel olarak, teras çatı, eğik çatı ve en üst katı geri çekilmiş taç yapılı çatı olarak üç grupta incelenebilir. Şekil 2.49'da çatı yapılarına göre aydınlatma aygıtı yerleşim önerileri gösterilmektedir [3],[4].



Şekil 2.49 Çatı Yapılarına Göre Aydınlatma Aygıtı Kullanımı

Teras çatılı yapılarda çatı kısmı görme alanına dâhil olmadığından bu tür yapıların çatıları için aydınlatma tasarımı yapılmasına genelde gerek görülmemektedir. Ancak özellikle son dönemlerde çok katlı yapılarda yapının mimari boyutunu ifade eden yaklaşımlar sergileyen tasarımlarda çizgisel aydınlatma aygıtları kullanılarak çatı konturları belirten uygulamalar yapılmaktadır [3],[4].

Eğik çatıya sahip yapılarda ise yapının gece ve gündüz görünüşünün mümkün olduğunca ayrı görünmemesi için yapı yüzü ile birlikte çatıların da kendi

özelliklerine uygun olarak aydınlatılması gerekmektedir. Çatı aydınlatması farklı formlardaki çatılar için kontur aydınlatması, uzaktan dar açılı aygıtlarla aydınlatma, kubbe gibi çatı yapılarda daha yakından homojen aydınlatma gibi çeşitli teknikler kullanılarak yapılabilir ancak hepsinde en çok dikkat edilmesi gereken konu uzaya kaçan ışığın asgari seviyede tutulmasıdır [3],[4].

Bir diğer çatı yapısı ise en üst katı geri çekilmiş taç yapılı çatıya sahip yapılarda ise çatı aydınlatması yapı yüzeyi ve çatı bölümü ayrı ayrı aydınlatma aygıtlarının kullanılması daha doğru olmaktadır. Teras kısmını konulacak aydınlatma aygıtları ile sağlanabilir. Aydınlatma aygıtının sadece yerde bulunması yapının taç kısmına düşmemesi karanlık kalmasına neden olabilir. Yerdeki aydınlatma aygıtının geri çekilmesi ve taç kısmına ayrı ışık kaynağı düşünülmesi taç kısmına düşen karanlığı azaltacak olsa da bu tip yapılarda en uygun yöntem her yapıya özgün tasarımı uygulamak olacaktır [3],[4].

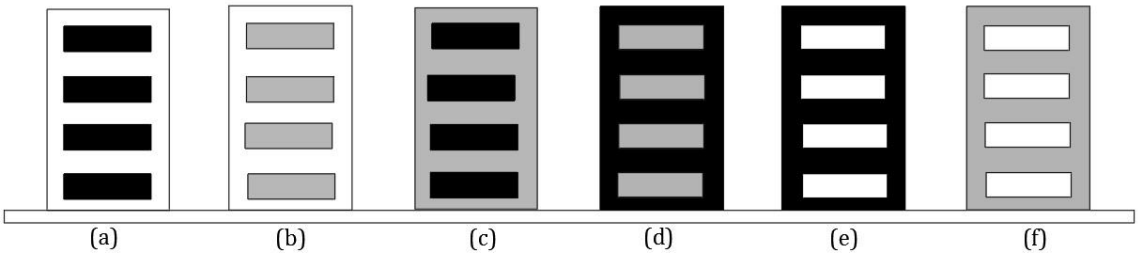
2.8.3.6 Yapı Yüzeylerinin Mimari Biçimlenişi

Yapı dış yüzeyleri çok farklı biçimlerde oluşturulmuş olabilir. Yapı yüzeylerinin yüzey özelliklerini vurgulamak için cephe için planlanan aydınlatmanın prensiplerini yapının mimari biçimlenişine göre de değerlendirmek gerekmektedir. Yapılar yüzey biçimleniş özelliklerine göre; düz cepheler, yatay ya da düşey çizgili cepheler, girintili çıkıntılı cepheler ve kabartmalı cepheler olarak ayrılabilir [4].

Düz yüzeye sahip cepheler düzgün yayılmış aydınlık altında algılanır. Bu tür yüzeylerde pencere gibi boşlukların olması durumunda bu boşluklar ışıklandırılarak yapıya hareketlilik katılabilir. Bunun için iki farklı yöntem uygulanmaktadır. Birincisi yapının yüzeyinin karanlıkta bırakılarak pencerelerin bulunduğu boşlukların aydınlatılması ikincisi ise pencere boşluklarının karanlıkta bırakılarak yapı yüzeyinin aydınlatılmasıdır. Hangi bölümün öne çıkarılması gerektiğine yapının daha güçlü olan özelliğine göre, yakın ve uzak çevrenin aydınlık durumu da incelenerek karar verilmelidir. Şekil 2.50'de yapı yüzeyi ve pencere boşluklarının farklı aydınlatma senaryoları verilmiştir [4],[73].

Yapı yüzünün karanlıkta bırakılarak pencerelerin bulunduğu boşlukların

aydınlatılması özellikle cephesi veya çevresi aydınlatma aygıtı konulmasına imkân tanımayan, ya da tamamen cam cepheye sahip yapılarda uygulaması görülen aydınlatma biçimidir. Eğer yapı tamamen cam cepheye sahip yapılardan ise yaşanılan veya çalışılan hacimlerin içindeki aydınlığı oluşturan lambalar belirlenen aydınlatma kriterlerine uygun düşecek biçimde açık bırakılarak pencere kısmında aydınlık sağlanabilir. Bu durum yaşam kısmında bulunan pencerelerin, yapı yüzünün diğer bölümlerinden ayrılmasına neden olur. Pencere boşluklarının olduğu bir cephede ise bu tür aydınlatma iç hacimden gelen aydınlık kullanılarak ya da pencere boşluğuna konulacak bir aydınlatma aygıtıyla yapılabilir. Yapı yüzeyinin karanlık bırakılarak pencere içlerinin aydınlatılması uygulamalarında aydınlık ve karanlık bölge arasındaki ışık karşıtlık oranı yüksek olabilir. Bu durumda içerde bulunan armatürlerin loşlaştırılması, pencere yüzeyine mat perdeler çekilmesi ya da mümkünse pencere içi aydınlatma ile karşıtlık oranının azaltacak biçimde karanlık bölgelerin aydınlatması söz konusu problemin çözümüne yardımcı olacaktır [4],[72].

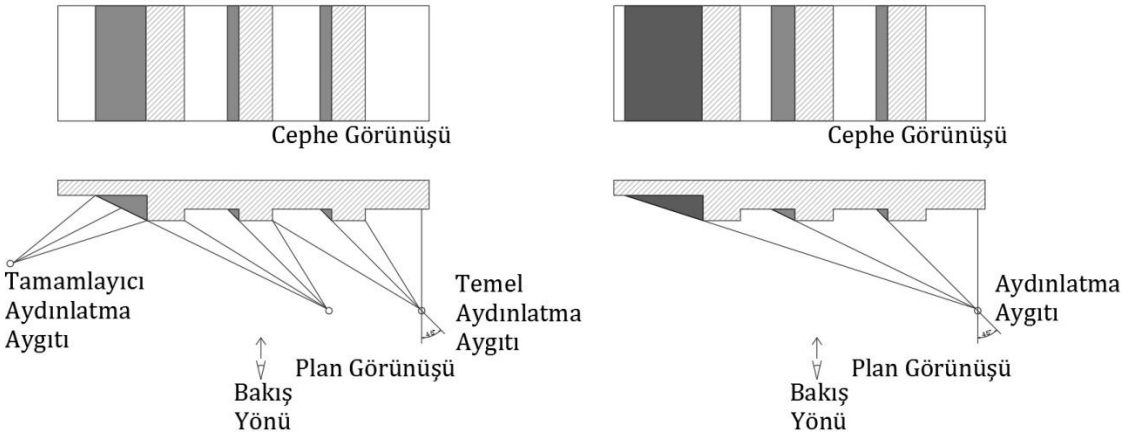


Şekil 2.50 Düz Yüzeyli Yapıların Aydınlatması

Yapı yüzünün aydınlatılarak pencerelerin bulunduğu boşlukların karanlıkta bırakıldığı durumlarda cam yüzey üzerine gelen ışık düzgün geçme yaptığından pencere bölümündeki aydınlığı sağlayan lambalar yakılmadığı sürece pencere yüzeylerindeki aydınlık düzeyi çok düşük seviyelerde kalmaktadır. Bu tip aydınlatmalarda yüzeyin yansıtma çarpanı ile yakın ve uzak çevre aydınlatma düzeyi aydınlatma tasarımında seçimleri etkilemektedir. Yapı yakın çevresi veya arka planı aydınlık düzeyinin yüksek olması durumunda yapının ayırt edilebilmesi için cephe aydınlık düzeyinin çevre aydınlık düzeyinden yüksek olması gerekmektedir. Bu durum pencere boşluğu ile cephenin diğer kalan bölümleri arasındaki karşıtlık oranının istenilen değerlerden yüksek olmasına neden

olabilmektedir. Cephe üzerindeki iki bölge ışıklılık karşıtlığı oranını belirlenen değerlerde tutabilmek için pencerelere yapı yüzünün yansıtma çarpanından daha düşük bir yansıtma çarpanı değeri olan perde konulabilir. Bu tür durumlarda pencerelerin boşluğunu aydınlatarak ışıklılık karşıtlığını azaltmak ya da renk karşıtlıkları kullanarak yapıların farklı şekillerde algılatılması yoluna gidilebilir [4],[73].

Yapı yüzünde sütun, sütunçe gibi düşey mimari elemanların ya da kat silmesi, saçak silmesi, pervaz, korniş gibi yatay mimari elemanların olması durumunda bu karakterler aydınlatma ile vurgulanmalıdır. Düşey elemanların hâkim olduğu cephelerde ışık yapı yüzüne düşey elemanların gölge atmasını sağlayacak açıdan uygulanması gereklidir. Şekil 2.51'de düşey hatlı mimari öğelere sahip yapılarda aydınlatma aygıtı yerleşim önerileri verilmiştir. Yapı yüzü yatay çizgilerin vurgulanması gereken plana sahip cephelerde ise olabildiğince yüksek bir yerden ışıklandırma yapılmalıdır. Böylece yatay mimari elemanlarının yukarı doğru gölge atması engellenmiş olur [3],[4].



Şekil 2.51 Düşey Hatlı Yapıların Aydınlatması

Girintili çıkıntılı özelliğe sahip yapı yüzeyleri ışıklılık veya renk karşıtlıkları yaratılarak yapı yüzünde istenilen görüntü elde edilebilir. Balkon, cumba, kafes, heykel gibi üç boyutlu mimari öğelerin bulunduğu cephelerin aydınlatılmasında derinlik vurgulanmalı ancak aşırı gölge oluşumundan kaçınılmalıdır. Bu tür yapılarda çok sayıda ışıklılık veya renk karşıtlıkları yapı yüzünde karmaşaya yol açacağından yapılan çalışmada karşıtlıkların yüzey farklılıklarının kolayca algılanabilecek düzeyde tutulması, uzaktan algılanabilecek yükseklikteki yapılarda

üst elemanların aydınlatılmasına dikkat edilmesi tasarımın başarısını artıracak etkenlerdendir [3],[4].

2.8.3.7 Yapı Yüzeylerinin Malzeme Özellikleri

Yapı yüzeyleri çok çeşitli malzemelerden seçilmiş olabilir. Betondan taşa, camdan farklı renkteki boyalı cephelere kadar çeşitliliğe sahip cephe yüzeyleri aydınlatma tasarımını etkileyen unsurlardandır.

Tablo 2.11 Yapı Yüzü Malzemelerinin Yansıtma Çarpanları

Malzeme	Durumu	Yansıtma Çarpanı (%)
Sarı Tuğla Yüzeyi	Temiz	35
Kırmızı Tuğla Yüzeyi	Temiz	25
Kırmızı Tuğla Yüzeyi	Kirli	5-10
Granit Yüzey	Temiz	10-15
Açık Renk Beton veya Taş Yüzeyi	Temiz	40-50
Koyu Renk Beton veya Taş Yüzeyi	Temiz	25
Koyu Renk Beton veya Taş Yüzeyi	Kirli	5-10
Yapay Beton Boya	Temiz	50
Beyaz Mermer Yüzeyi	Temiz	65-75
Su Mermeri Yüzeyi	Temiz	45-67
Açık Sarı Sıva	Temiz	50
Beyaz Kireç Badana	Temiz	80
Beyaz Kireç Badana	Kirli	60-70
Beyaz Yağlı Boya	Temiz	75-80
Normal 3mm Cam	Temiz	7-8
Renkli Camlar	Temiz	57-69
Parlak Alüminyum	Temiz	65-75
Ayna	Temiz	90

Tablo 2.11'de verilen yapı yüzünde kullanılan bu malzemelerin yansıtma çarpanları kullanılması gereken ışık kaynağının niceliksel ve niteliksel özelliklerini belirlemede önemli yer tutmaktadır. Yapı yüzünde kullanılan malzemenin yansıtma çarpanı büyüdükçe kullanılan aydınlatılması için harcanması gerekli olan güç azalır. Yapı yüzü aydınlatma uygulamalarında cephe yüzü rengine göre ışık kaynağı renk seçimi yapılmalıdır. Cephesinde taş ya da benzer özelliklerde malzemeler kullanılan kale, köprü, saray gibi tarihî yapılar sıcak renkli ışık kaynaklarıyla; cephesinde metal, cam gibi yüzeylere sahip çağdaş yapılar soğuk renkli ışık kaynaklarıyla; yeni taş yapılarsa beyaz ışık kaynaklarıyla aydınlatılmalıdır. Cephe malzeme rengi sıcak olan yapılar sıcak renkli ışık kaynakları ile soğuk olan yapılar soğuk renkli ışık kaynakları ile aydınlatılarak yapıların renk doymuşlukları artırılabilmektedir [3],[4],[73].

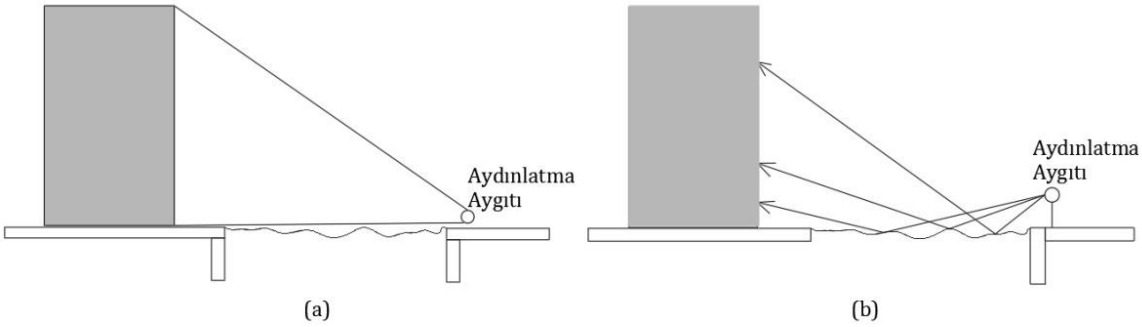
Yapı yüzünün tamamen cam olması durumunda bu tür yüzeylerin düzgün yansıma özelliği taşımasından dolayı yapılar; Bölüm 2.8.2.6'da anlatıldığı gibi, ya yapının dışı karanlıkta bırakılıp pencerelerin yer aldığı hacimlerin içindeki aydınlığı sağlayan lambaları yakmak, ya da pencerelerin bulunduğu hacimlerin içini karanlıkta bırakıp yapıyı dıştan çizgisel aydınlatmak yolu ile vurgulanabilir.

2.8.3.8 Su Kıyısındaki Yapılar

Aydınlatma tasarımını etkileyen bir diğer unsur da yapıların bulunduğu ortam koşullarıdır. Su kıyısında veya su üzerinde bulunan yapıların aydınlatmasında, su üzerinden yansıyan ışığın yapı üzerinde su yüzeyindeki dalgalanmaya bağlı olarak hareket eden ışık lekeleri oluşturmasını önleyecek tasarımların yapılması gereklidir. Deniz, göl, kanal ya da havuz gibi su öğelerinin etrafında bulunan yapıların yapı yüzü aydınlatmasında aşağıda belirtilen durumlara dikkat edilmelidir [4],[73];

- Su üzerine belirli açılar yaparak gelen ışığın yüzeyin normali doğrultusunda gelen ışıktan daha çok yansımasından kaynaklı bu tarz bir ışığın cepheye gelmesini önlemek amacı ile Şekil 2.52'de görüleceği gibi ışık kaynakları zemin üzerine ya da zemine çok yakın yerlere yerleştirilmelidir.
- Karanlık su öğesi aydınlatılmış yapı için ayna etkisi yapacağından bu etkiyi kullanabilmek adına ışık kaynakları suya yönlendirilmemelidir.

- Su öğesinin yansıtma özelliğini sürdürebilmesini sağlamak için yüzeyinin temiz olması sağlanmalıdır.



Şekil 2.52 Su Kenarındaki Yapıların Aydınlatması

2.9 Yapı Yüzü Aydınlatma Teknikleri

İlk olarak 1889 Paris Dünya Fuarı'nda Eyfel Kulesi'ninin cephesinin aydınlatılmasıyla başlanan modern yapı yüzü aydınlatması elektrikli aydınlatma aygıtlarının teknolojisinin gelişmesiyle birlikte yapı yüzü aydınlatma teknikleri de çeşitlilik kazanmıştır. Yapıların kullanım amacına, tasarım özelliğine ve bulunduğu bölgenin yoğunluğuna göre yapı yüzü aydınlatmasının temel ilkelerine bağlı olarak dış cephe aydınlatmasında kullanılan ışık kaynaklarının farklı tekniklerle konumlandırılması yapının değişik özelliklerinin algılanmasına neden olabilmektedir. Gün ışığı altında ilgi çekmeyen bir yapı, uygun aydınlatma tekniklerinin kullanılarak aydınlatılması durumunda gece dikkat çekici bir hal alabilmektedir. Yapı yüzünde doğru aydınlatma tekniğini kullanabilmek için yapının mimari özelliklerini yansıtacak öğeler, yüzeylerin renk ve doku gibi malzeme özellikleri, yapıların işlevi, yapının bulunduğu yakın çevrenin aydınlatma koşulları, yapıların ve mimari biçimlenişi gibi aydınlatma tasarımını etkileyen temel unsurları belirlemek gerekir. Temel ilkelerin analiz edilmesinin ardından tasarımcı yapının kimliğini ortaya çıkaracak doğru teknikleri belirlemektedir [3],[74].

2.9.1 Genel Işıklandırma Tekniği

Genel ışıklandırma tekniği (Total floodlighting) yapının çevresine göre renksel veya parıltı oranları bakımından farklılıklar yaratarak yapılan aydınlatma biçimidir. Bağımsız yapıların heybetli görünümünü ve bütünsel algının korunması

sağlamada ideal uygulamadır. Şekil 2.53'de genel ışıklandırma tekniği kullanılarak aydınlatılmış yapı olan Sagrada Familia görülmektedir. Bu tip aydınlatmalarda tasarım yapılmadan önce yakın çevre ve arka planın aydınlatma düzeyi özellikle dikkate alınmalıdır. Cam cephelerin ışık geçirgenliği çok yüksek olduğundan masif yapıya sahip yapı yüzeylerinde kullanılır. Oteller, iş merkezleri, konutlar gibi gece kullanımına sahip yapılarda ışığın pencerelerden geçerek iç mekânı aydınlatma ihtimaline karşı dikkatli olunmalıdır. Bu tip bir ışıklandırma için genellikle dar, orta ya da geniş açılı, ışık yeğinlik dağılımı simetrik veya asimetrik yönlendirilebilir projektör kullanılmaktadır [3],[74],[75].



Şekil 2.53 Genel Işıklandırma Tekniği

2.9.2 Duvar Sıyırma Tekniği

Duvar sıyırma tekniği (wall grazing) yapı malzemesinin dokusal özelliğinin vurgulanması istenen yapılarda kullanılan aydınlatma tekniğidir. Şekil 2.54'de duvar sıyırma tekniği kullanılan aydınlatma çalışması görülmektedir [76].



Şekil 2.54 Duvar Sıyırma İle Işıklandırma Tekniği

Yapı yüzüne çok yakın konulan aydınlatma aygıtı özellikle homojen dokusu olmayan yapı yüzünde pürüzlerin veya küçük girinti ve çıkıntıların gölge oluşturmasına neden olarak yapı yüzünün etkileyici bir görünüme kavuşmasına neden olabilir. Ancak bu tekniğin büyük çıkıntılı yüzeylerde koyu ve geniş gölgeler oluşturması, düz duvarlarda olası hataları göstermesi ve parlak yüzeylerde puslu yansımalar oluşturabilmesi nedeniyle kullanım alanlarını doğru belirlemek gerekmektedir. Duvar sıyırma tekniğinde aşağıdan yukarıya, yukarıdan aşağıya veya her ikisinin aynı anda kullanıldığı sistemler kullanılabilir. Aşağıdan yukarıya doğru aydınlatma yapı yüzünde gün ışığı etkisinin tersi bir etki yaratacağından ve aydınlatma aygıtı konumu gereği kamaşmaya neden olarak görsel konforu bozma ihtimali olacağından çok dikkatli uygulaması yapılmalıdır. Yukarıdan aşağıya doğru aydınlatma yapılması durumunda yüzeyler üzerinde oluşan etki, gün ışığının oluşturduğu etkiye benzemektedir. İnsan psikolojisinin alışık olduğu ışık etkisine sahip olan bu teknik diğer tekniklere göre daha az vurgulayıcıdır. Duvar sıyırma tekniğinde ağırlıklı olarak dar açılı ve yüksek ışık yeğinlikli projektör, spot veya doğrusal aydınlatma aygıtları tercih edilmektedir [2],[3].

2.9.3 Vurgu Aydınlatması Tekniği

Vurgu aydınlatması tekniği (accent lighting) yapı üzerinde özellikle algılanması istenilen sanatsal ya da mimari öğelerin vurgulanması için kullanılan aydınlatma tekniğidir. Şekil 2.55'de vurgu aydınlatma tekniği kullanılan aydınlatma çalışması görülmektedir [77].



Şekil 2.55 Vurgu Aydınlatma Tekniği

Işığın doğrusal ya da noktasal olarak yapı üzerindeki herhangi bir objeye veya bölgeye yönlendirilmesiyle vurgu aydınlatması yapılabilir. Yapı üzerindeki herhangi bir objenin çevresindeki bölümlerden ayırt edilebilmesi için çevre ile söz konusu obje arasında parıltı veya renk kontrastının oluşturulması gerekmektedir. Vurgu aydınlatması tekniğinde küçük boyutlu ve dar açılı spot veya doğrusal aydınlatma aygıtları tercih edilmektedir [3],[78].

2.9.4 Siluet Aydınlatması Tekniği

Siluet aydınlatması tekniği (silhoutte lighting) arka plandaki yüzeyin aydınlatılarak ön plandaki yüzeyin karanlıkta bırakılması yoluyla yapının siluetinin ortaya çıkarılmasını sağlayan aydınlatma tekniğidir. Bu teknikte amaç ön yapının herhangi bir bölümünü değil mimari biçimlenişini ortaya çıkarmaktır. Şekil 2.56'da görüldüğü gibi özellikle ön yüzünde sütun ve sütunçe gibi dikey mimari öğelere sahip yapılarda ön yüzeyle arka yüzey arasında parıltı kontrastı oluşturulmak suretiyle yapılabilir [79].



Şekil 2.56 Siluet Aydınlatma Tekniği

Bu teknikte arka planın teras balkon veya giriş holü olması durumunda aydınlatma aygıtı konumu gereği buradaki ziyaretçiler için kamaşmaya neden olabileceğinden uygulaması çok dikkatli yapılmalıdır. Siluet aydınlatması tekniğinde yakın çevresinin parıltı değerlerine bağlı olarak orta ya da geniş açılı, ışık yeğinlik dağılımı simetrik veya asimetrik yönlendirilebilir projektör, spot veya doğrusal aydınlatma aygıtları tercih edilmektedir [3],[78].

2.9.5 Geçen Işık Tekniği

Geçen ışık tekniği yapı üzerinde yapı yüzündeki pencere benzeri ışığı geçirebilen açıklıklardan gelen ışığın algılanması ile oluşur. Bir çeşit siluet algısı veren geçen ışık tekniğinde sistem, yapı kabuğunda bulunan cam yüzeylerin arkasındaki hacimlerin aydınlatılması üzerine kuruludur. Şekil 2.57'de geçen ışık tekniğine örnek aydınlatma sistemi görülmektedir [80].



Şekil 2.57 Geçen Işık Tekniği

Geçen ışık tekniği yani yapı yüzeyinin karanlık bırakılarak pencere görülen hacimlerin aydınlatılması uygulamalarında aydınlık ve karanlık bölge arasındaki ışık karşıtlık oranı dikkat edilmesi gereken hususlardandır [3].

2.9.6 Kontur Aydınlatma Tekniği

Kontur aydınlatma tekniği yapının algılanması istenilen hatlarını öne çıkarır. Şekil 2.58'de görüldüğü üzere kontur aydınlatma tekniğinde yapının kenarları, köşeleri veya belirlenen genel hatlarında lineer aydınlatma aygıtları ile aydınlatılarak yapı yüzünde yumuşak bir izlenim bırakılır. Bu aydınlatma tekniğinde amaç yapı yüzünü aydınlatmaktan öte ışıklı aydınlatma aygıtlarının kendisinin görünmesini sağlayarak yapının mimari hatlarını ortaya çıkarmaktır. Yapının genel biçimini gözler önüne seren bu aydınlatma tekniği belirli hatlara sahip çağdaş yapılar, köprü ve kemerler üstünde uygulanabilir. Kontur aydınlatma tekniğinde noktasal modüller veya doğrusal aydınlatma aygıtları tercih edilmektedir [3],[81].



Şekil 2.58 Kontur Aydınlatma Tekniği

2.9.7 Medya Cephe Tekniği

Medya cephe tekniği yapı yüzlerinde hareketli resim, grafik yazı ve video gibi görsellerin yayınlanabildiği aynı zamanda yapı yüzünde genel aydınlatma yapan aydınlatma tekniğidir. Şekil 2.59'da bir örneği görülen yapı yüzünün ekran olarak kullanıldığı bu sistemde iki ya da üç boyutlu görseller LED'li aydınlatma aygıtları kullanılarak sunulur. Genellikle LED modüllerin kullanıldığı bu sistemde hem cephe öğesi hem de cephe aydınlatma aygıtı olarak kullanılan LED'li aydınlatma aygıtlarının yapı yüzünde olumsuz bir görüntü oluşturmadan mümkün olduğunca sık olarak konumlandırılması görüntü kalitesi bakımından büyük önem taşımaktadır [3],[82].



Şekil 2.59 Medya Cephe Aydınlatma Tekniği

3
Tarihî Yapılarda Led Aydınlatma Kullanılması

3.1 Tarihî Yapılarda Cephe Aydınlatması

Kent kimliği çevresel ve toplumsal kimliğin alt açılımı olan kentlerin kendine özgü doğal, yapay, kültürel, sanatsal, tarihî ve sosyal özelliklerinden oluşur. Tarihî yapıların bulunduğu bölgede geçmişte yaşanılan tarihî kültürel ve sosyal olayları koruyarak günümüze aktarmasıyla kent kimliğinin oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle tarihî eseleri aydınlatarak bu eserleri belirgin hale getirmek, bölgenin bu eserlerle beraber anılması sağlamak gerek tarihî eserlerin korunması gerekse kent kimliğine katkısı açısından büyük önem taşımaktadır. Aydınlatılarak gece kent siluetinde kendine yer bulan bir tarihî eser gündüz olduğu gibi gece de görünür hale gelecek böylece kullanıcılar ve ziyaretçiler için çekim merkezi haline gelerek bulunduğu bölgeye sosyal, psikolojik ve ekonomik anlamda katkıda bulunacaktır [71],[73].

Ancak tarihî yapıların aydınlatılmasında dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Tarihî yapıların aydınlatılmasında yapının geçmişteki ve mevcut işlevine, yüzey şekli, malzemesi ve renk özelliklerine dikkat edilmeli, uygulamada yoğun biçimde ışığa maruz kalması veya kullanılan montaj elemanları nedeniyle yapı yüzeyinde kalıcı hasar bırakmayacak en uygun aydınlatma teknikleri ve teknolojileri tercih edilmelidir.

3.2 Tarihî Yapıların Yapı Yüzü Aydınlatmasında Kullanılan Modern Aydınlatma Aygıtları

Yapı yüzü aydınlatmasında estetik hislerin uyarılması, fizyolojik ve psikolojik gereksinimlerinin karşılanması kısacası iyi aydınlatmanın gereksinimlerin karşılanmasındaki en önemli unsurlardan biri de doğru aydınlatma aygıtlarının kullanılmasıdır. Tarihten bugüne yapı yüzü aydınlatmasında çok çeşitli aydınlatma aygıtları kullanılmış olsa da günümüzde en çok projektör, spot, wallwasher,

doğrusal ve şerit tipi aydınlatma aygıtları tercih edilmektedir. Işık dağılım eğrilerine göre simetrik, asimetrik, dönel simetrik olarak ayrılabilen aydınlatma aygıtları kullanılması düşünülen cephe yüzeylerinin özelliklerine bağlı olarak seçilmektedir [72].

Doğru aydınlatma aygıtı seçiminin en önemli faktörlerinden biri de ışık kaynağının doğru seçilmesidir. Işık kaynaklarının niteliksel ve niceliksel özelliklerinin çok önemli olduğu günümüzde aydınlatma tasarımlarında en çok Konvansiyonel ve LED'li aydınlatma aygıtları kullanılmaktadır [73].

Tüm dünyanın ortak kültürel mirası olan tarihî yapıların aydınlatılmasında bu eserler üzerinde yapılan tüm diğer uygulamalarda olduğu gibi çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle kullanılacak aydınlatma aygıtlarının restorasyon ilkelerine uygun, yapının özgünlüğünü bozmayan, gündüz görünümünü kötü etkilemeyen, kolay montaj edilebilen, uygun elektriksel, mekaniksel ve fotometrik karakteristiğe sahip, düşük ısı taşınımlı, UV (Morötesi) ve IR (Kızılötesi) ışınımı olmayan, yapısında ağır metaller ile yanıcı gazlar bulundurmayan, yüksek verimli ve ekonomik olması büyük önem arz etmektedir. Tablo 3.1'de farklı lambalara ait teknik değerler verilmiştir [72],[83].

Tablo 3.1 Farklı Lambaların Teknik Değerleri

Lamba Türü	**Işık Etkinliği (lm/W)**	**Ömür (Saat)**	**CRI**	**Renk Sıcaklığı (K)**
LED	100-150	35000-50000	50-90	2000-10000
Cıva Buharlı	20-60	8000-24000	15-60	2900-6700
Metal Halide	40-100	12000-20000	60-80	3000-4200
Sodyum Buharlı	74-100	9000-40000	20-70	1900-2200

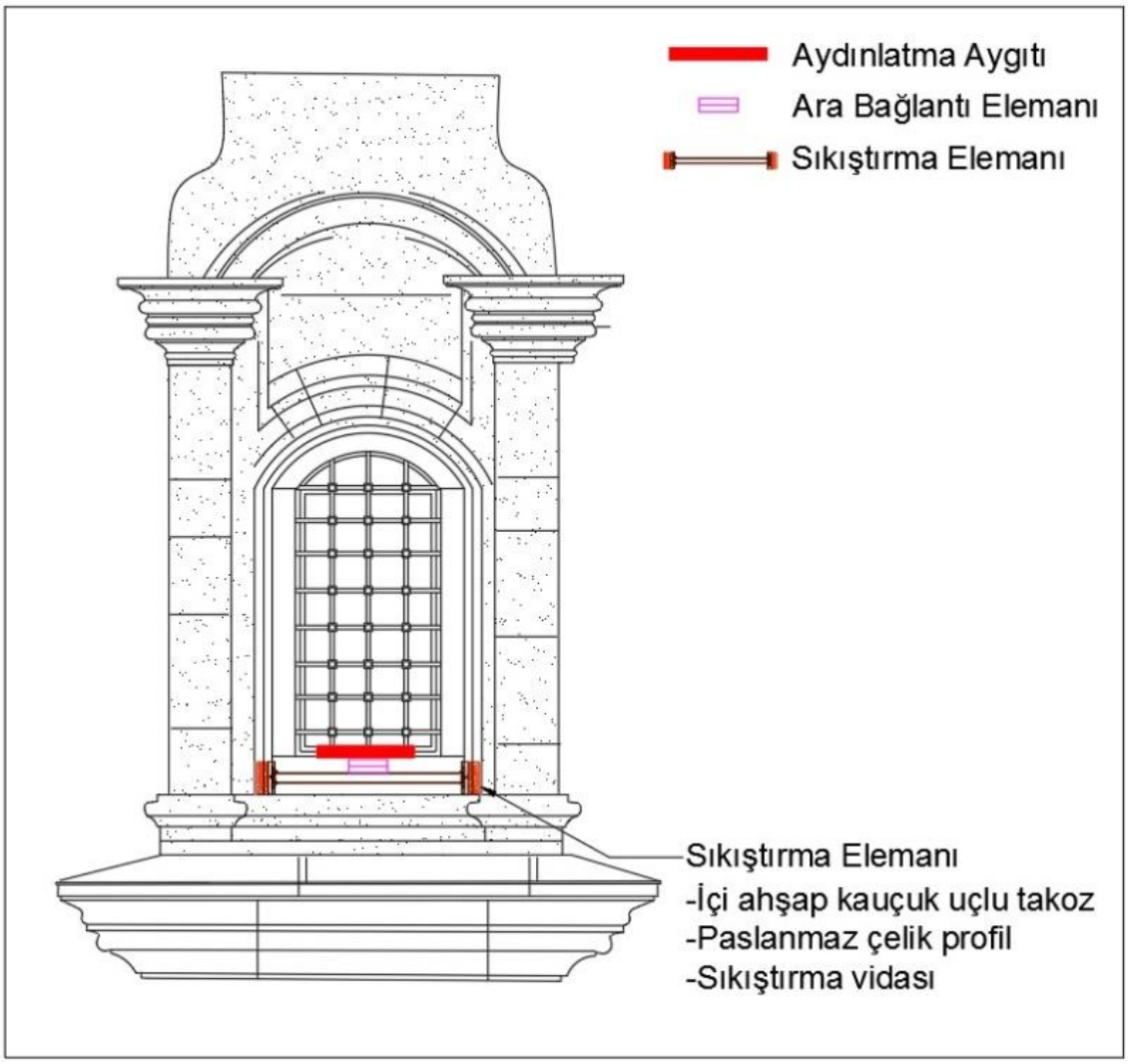
3.3 Tarihî Yapıların Cephe Aydınlatmasında Kullanılan Montaj Elemanları

Tarihî yapıların aydınlatılması ile ilgili en önemli noktalardan birisi de yapının özgünlüğünü bozmadan, aydınlatma sisteminin korumayı destekleyen bir unsur haline getirilerek yapının yapılan aydınlatma uygulamaları neticesinde hiçbir şekilde zarar görmemesini sağlamaktır. Bu nedenle yapı yüzünde kullanılması tasarlanan aydınlatma aygıtları yapıya herhangi bir kalıcı iz bırakmayacak şekilde istenildiğinde basit uygulamalarla sökülebilecek montaj elemanları kullanılarak sabitlenirler. Seçilecek montaj elemanları yapıya zarar vermeyecek aynı zamanda gece ve gündüz kötü bir görüntüye neden olmayacak özellikte olmalıdır. Montaj elemanları aydınlatma aygıtının yapı yüzünde monte edileceği yere uygun olarak biçimlendirilir. Farklı yüzey özelliklerine göre montaj elemanları; sıkıştırmalı tip, kelepçe tipi, askı tipi, makas tipi, yapıştırmalı ve ağırlıklı tip montaj elemanları olarak sınıflandırılabilir.

3.3.1 Sıkıştırmalı Tip Montaj Elemanı

Pencere ve kubbe içlerinde kullanılması planlanan aydınlatma aygıtları, yapıya zarar vermemek amacıyla, ‘sıkıştırma’ tipi bağlama elemanları kullanılarak, monte edilebilirler. Şekil 3.1’deki gibi bir sistemde aydınlatma aygıtı pencere sınırlarına sıkıştırılarak sabitlenen montaj elemanına sabitlenir.

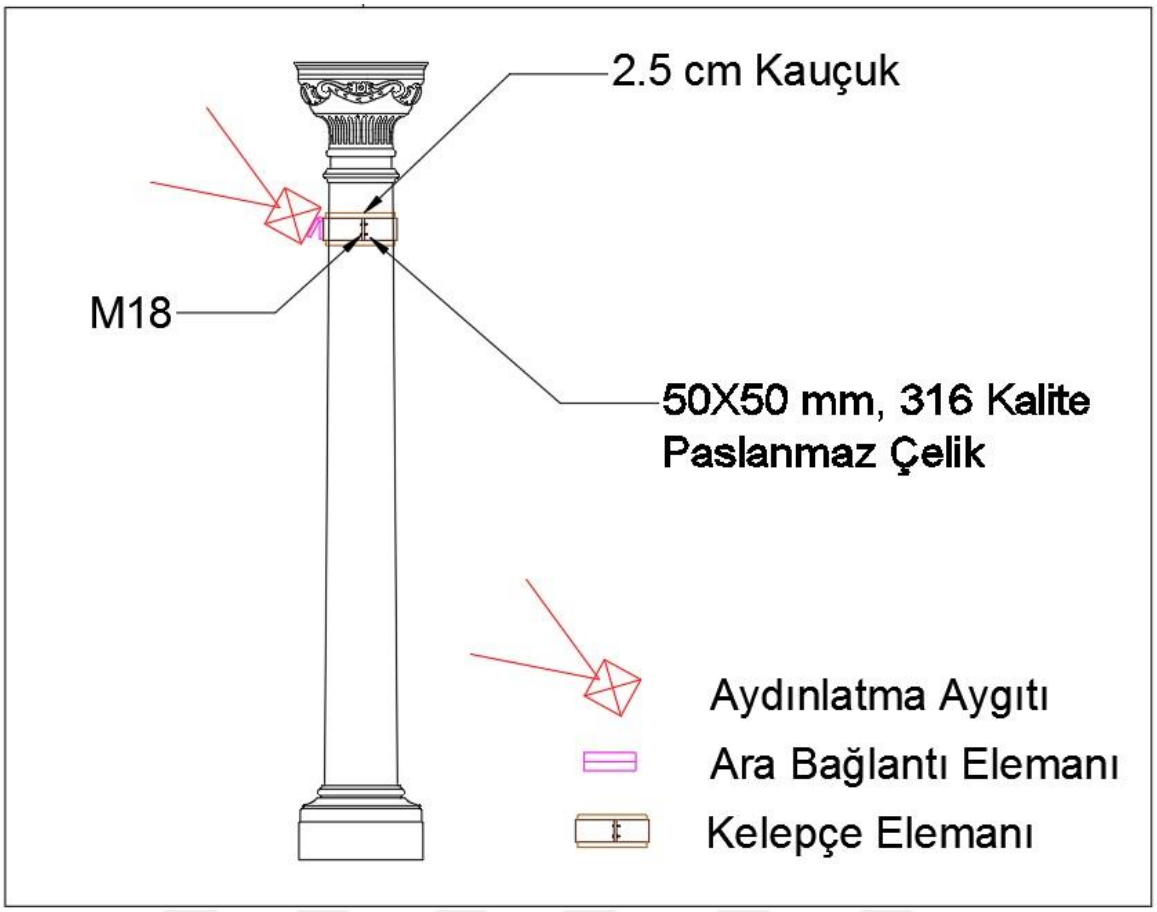
Montaj elemanının yapıyla temas eden yerleri içi ahşap dışı asgari 25 mm kalınlığında kauçukla kaplı takozlar kullanılarak koruma altına alınmalıdır. Aydınlatma aygıtının açı ayarları varsa armatürün kendi ayakları üzerinden sağa sola ve öne arkaya dönebilen oynar eklemli bağlantı aparatı kullanılarak yapılabilir. Bu şekildeki bir montajla, aşağıdan yukarıya ve/veya yukarıdan aşağıya doğru aydınlatma yapılabilir.



Şekil 3.1 Sıkıştırmalı Tip Montaj Elemanı

3.3.2 Kelepçe Tipi Montaj Elemanı

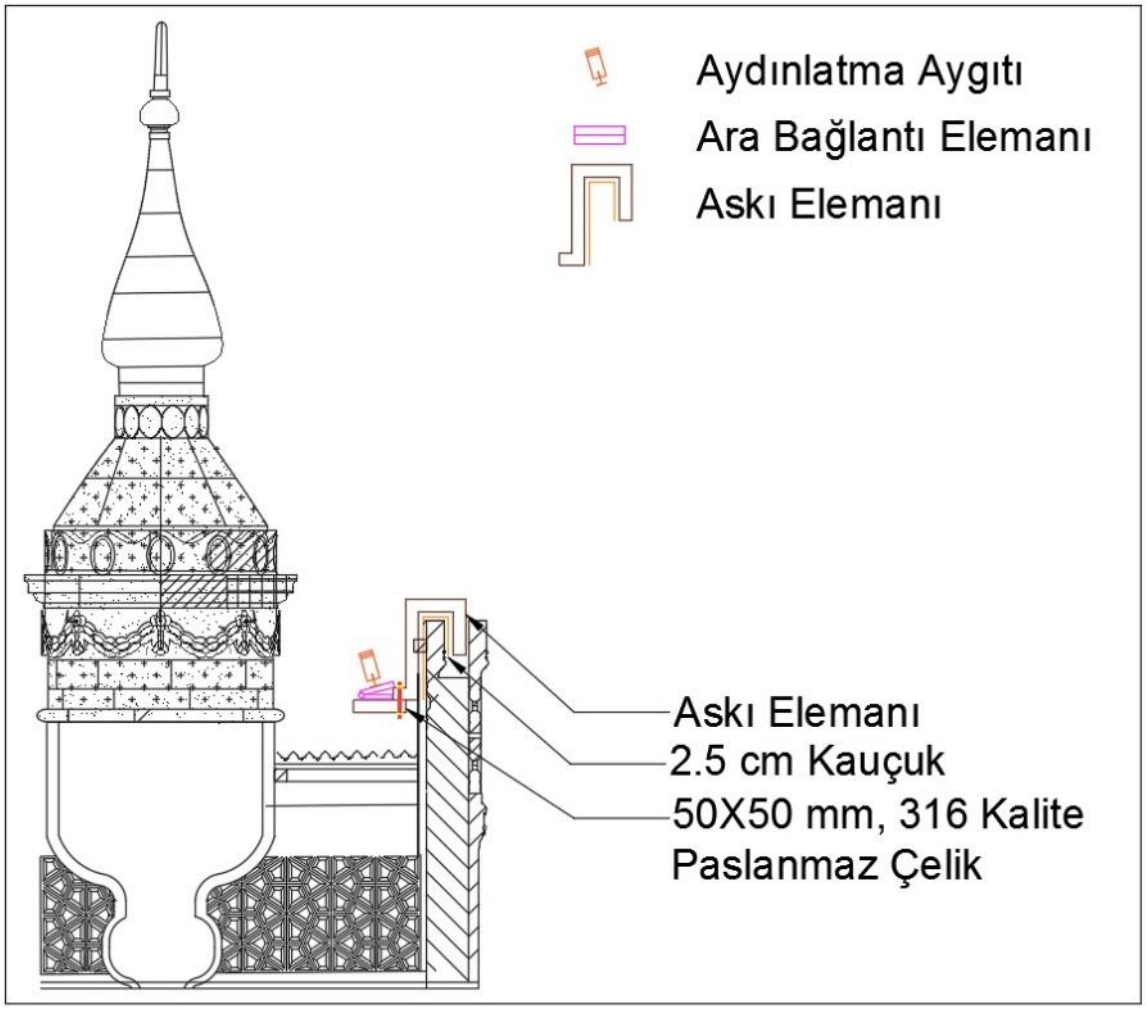
Sütun, sütunçe, gergi demiri gibi mimari öğelerin aydınlatmalarında, armatürler, 'kelepçe' tipi bağlama elemanları aracılığı ile monte edilebilirler. Şekil 3.2'deki gibi bir sistemde aydınlatma aygıtı sütunun etrafını saran, iki kısımdan oluşan ve birbirlerine paslanmaz çelik vidalarla birleştirilen 316 kalite paslanmaz çelik profillerden oluşturulan iskelete monte edilir. Oluşturulacak kelepçenin iç kısımları asgari 25 mm kalınlığında kauçuk kaplanarak kelepçenin metal yüzeyi yapıya zarar veremez duruma getirilmelidir. Aydınlatma aygıtı kelepçeye ayarlanabilir kol üzerinden paslanmaz vida ile monte edilebilir. Bu şekildeki bir montajla, aşağıdan yukarıya ve/veya yukarıdan aşağıya doğru aydınlatma yapılabilir.



Şekil 3.2 Kelepçe Tipi Montaj Elemanı

3.3.3 Askı Tipi Montaj Elemanı

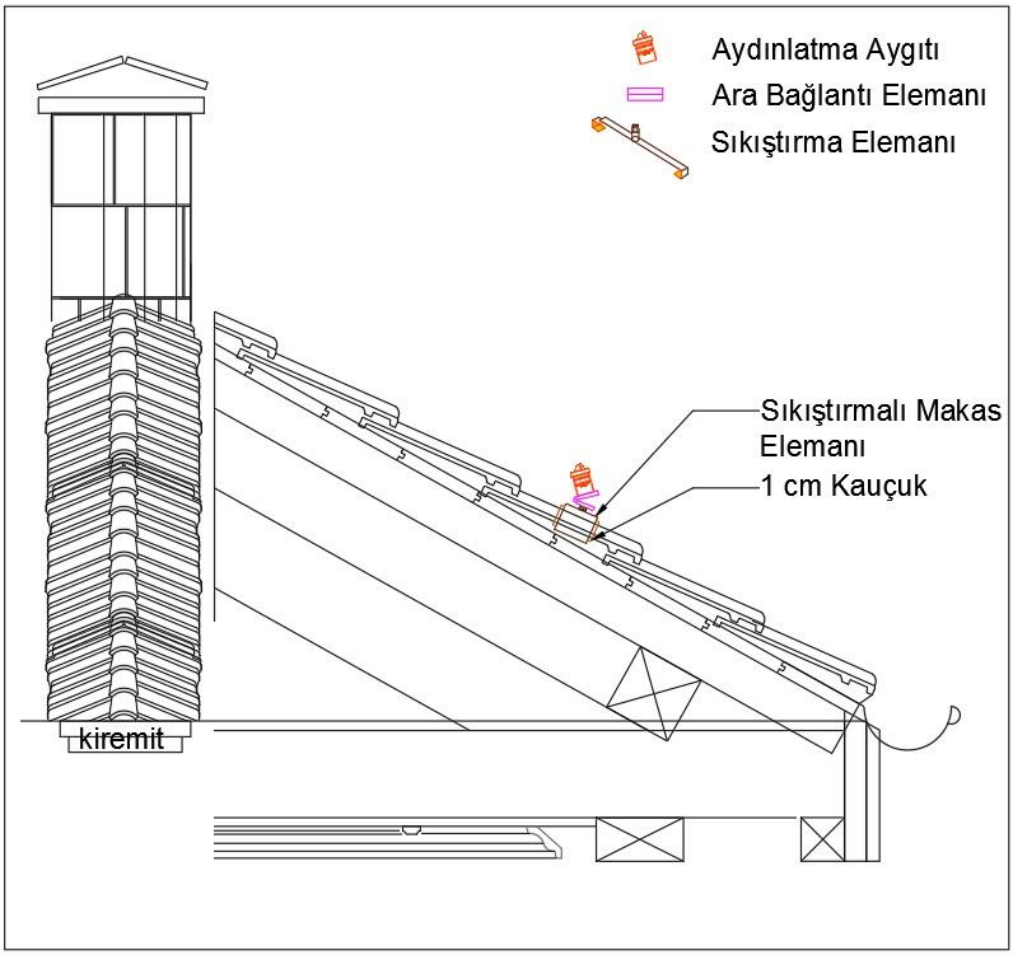
Arkası sağır cephelerde aydınlatma aygıtlarının kendi ağırlıkları kullanılarak ışık kaynağının aşağıdan yukarıya ya da yukarıdan aşağıya yönlendirilmesine olanak sağlar. Şekil 3.3'deki gibi bir sistemde aydınlatma aygıtı duvarın önünden arkasına kadar askı halinde duran 316 kalite paslanmaz çelik profillerden oluşturulan iskelete monte edilir. Bu iskeletin iç kısımları asgari 25 mm kalınlığında kauçuk kaplanarak askı elemanının metal yüzeyi yapıya zarar veremez duruma getirilmelidir. Aydınlatma aygıtı kelepçeye ayarlanabilir kol üzerinden paslanmaz vida ile monte edilebilir. Bu şekildeki bir montajla, aşağıdan yukarıya ve/veya yukarıdan aşağıya doğru aydınlatma yapılabilir.



Şekil 3.3 Askı Tipi Montaj Elemanı

3.3.4 Makas Tipi Montaj Elemanı

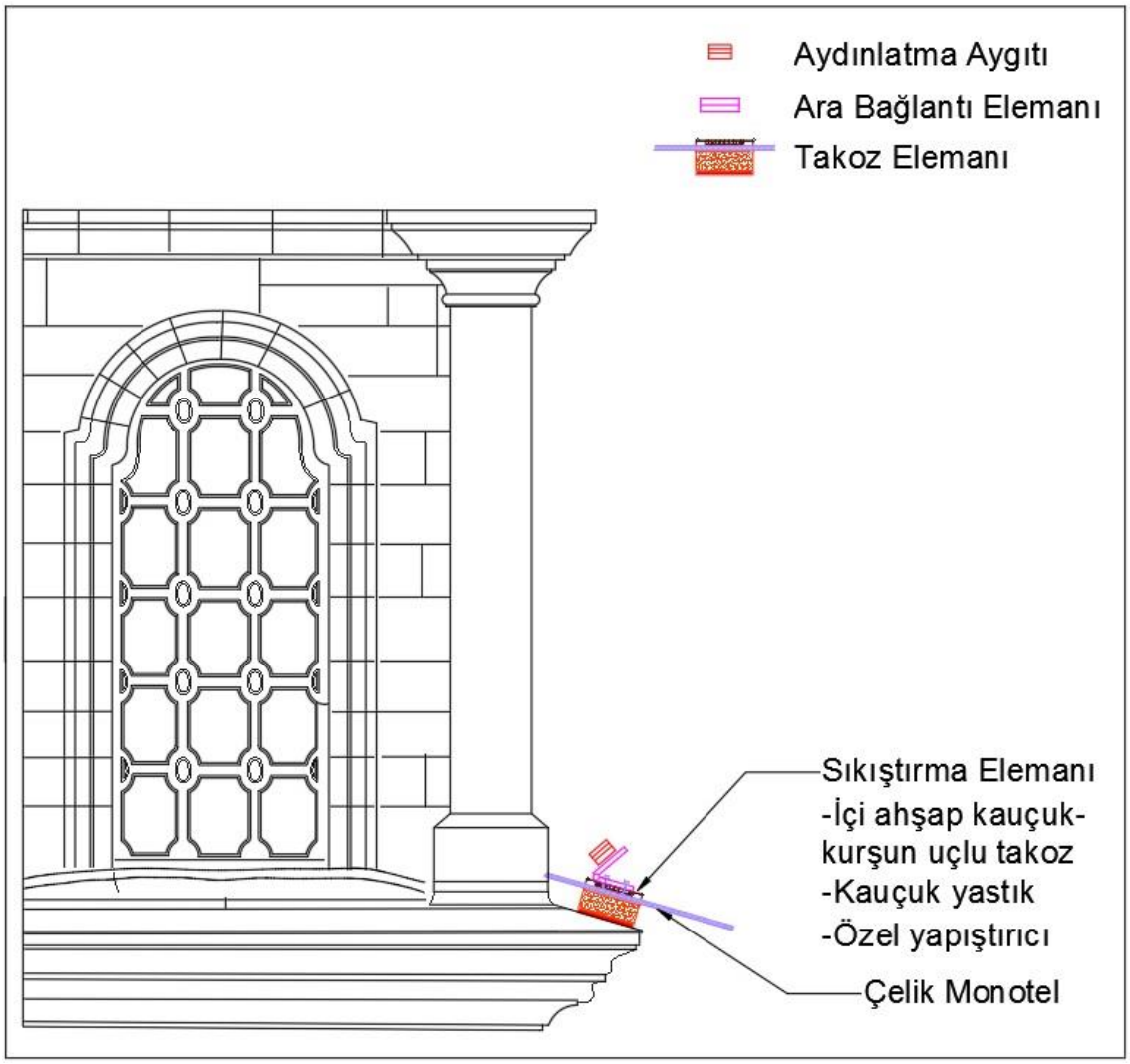
Kelepçe tipi montaj elemanı gibi yapı yüzü öğesinin tamamen sarılamadığı durumlarda aydınlatma aygıtları makas tipi montaj elemanı kullanılarak yüzeye monte edilebilir. Şekil 3.4'deki gibi bir sistemde aydınlatma aygıtı kiremitli çatıya yapıya zarar vermeden montaj edilebilmesi için makas tipi kiremite bağlantı tabanı kullanılabilir. Montaj tabanı ayakları ile kiremiti sıkıştırırken vida ile içi ahşap kauçuk uçlu takozu sabitleyecektir. Açı ayarları varsa armatürün kendi ayakları üzerinden yoksa sağa sola ve öne arkaya dönebilen oynar eklemli bağlantı elemanı kullanılarak yapılabilir. Bu şekildeki bir montajla, yukarıya, aşağıya, sağa, sola doğru aydınlatma yapılabilir.



Şekil 3.4 Makas Tipi Montaj Elemanı

3.3.5 Yapıştırmalı Tip Montaj Elemanı

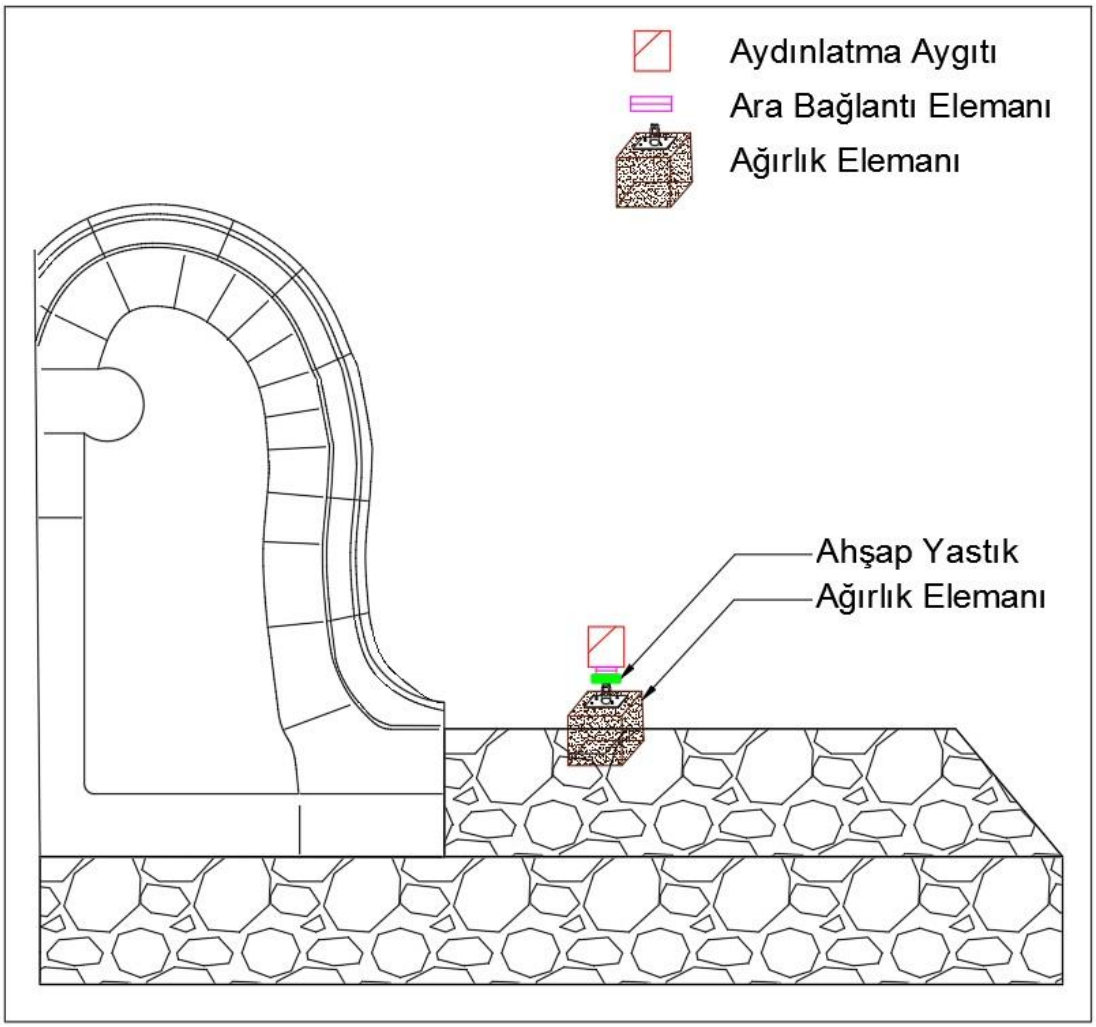
Herhangi sıkıştırma askı tipi gibi montaj elemanlarının kullanılamadığı kurşun ya da pürüzsüz taş, mermer gibi yüzeylere aydınlatma aygıtları ahşap takozlar üzerinden yapıştırılarak monte edilebilir. Şekil 3.5'deki gibi bir sistemde aydınlatma aygıtı içi ahşap dolgu, dışı kurşun veya kauçuk kaplama ile imal edilmiş bir montaj yastığına oynar eklemli bağlantı aparatı üzerinden vidalanarak sabitlenir. Böylece yapı yüzeyi delinmemiş ve zarar görmemiş olacaktır. Ahşap takoz ısı veya kimyasal solüsyon ile sökülebilme özelliği olan özel yapıştırıcılar ile yapı yüzeyine monte edilebilir. Gerektiğinde ahşap takozlar içerisinden çelik monotel geçirilerek birbirine bağlanacak böylece herhangi bir takozun yapışkanının gevşemesi sonucunda aydınlatma aygıtı pozisyon kaybetmeyecektir. Bu şekildeki bir montajla, yukarıya, aşağıya, sağa, sola doğru aydınlatma yapılabilir.



Şekil 3.5 Yapıştırmalı Tip Montaj Elemanı

3.3.6 Ağırlıklı Tip Montaj Elemanı

Yapıştırma işleminin de uygulanamadığı pürüzsüz taş gibi yüzeylere aydınlatma aygıtları ahşap takozların bağlandığı ağırlıklar üzerinden monte edilebilir. Şekil 3.6'daki gibi bir sistemde aydınlatma aygıtı ahşap takoza oynar eklemli bağlantı elemanı üzerinden monte edilirken takoz ise yapı yüzünün ve yapının bulunduğu coğrafi koşulların özelliklerine göre belirlenmiş ağırlıklara monte edilir. Bu sistemde de gerektiğinde ahşap takozlar içerisinden çelik monotel geçirilerek birbirine bağlanarak herhangi bir takozun ağırlıktan kopması durumunda aydınlatma aygıtı pozisyon kaybetmeyecektir. Bu şekildeki bir montajla, yukarıya, aşağıya, sağa, sola doğru aydınlatma yapılabilir.



Şekil 3.6 Ağırlıklı Tip Montaj Elemanı

3.4 Tarihî Yapıların Cephe Aydınlatmasında Tasarım Kriterleri

Tarihî yapıların aydınlatma tasarımı çağdaş yapılarınkine göre çok daha fazla zorlu süreçlere sahiptir. Tarihî yapıların özgünlüğünü bozmadan etkili yapı yüzü aydınlatmasını ortaya koyabilmek için aydınlatma tasarımı yaparken uyulması gereken genel kurallar bulunmaktadır. Tarihî yapıların aydınlatma tasarımında dikkate alınması gereken temel kriterler; estetik, teknik uygunluk, ekonomiklik, eserin işlevselliği ve şehir kimliğine katkı olarak sayılabilir [71],[84].

3.4.1 Estetik

Yapı yüzünde planlanan tasarım tüm anlamıyla gözlemcinin estetik kaygılarını gidermeli yapının gündüz ve gece görünümünün estetik duyguları harekete geçirecek şekilde olmalıdır. Yapı yüzünde ve çevresinde kullanılan aydınlatma

aygıtları ve yardımcı elemanları gündüzleri yapı ve çevresinin görüntüsünü olumsuz etkilememesi gerekirken, gece ise yapının mimari karakterinin doğru yansıtılmasına ve yapının yüklediği işlevin gerektirdiği görsel konfor koşullarını sağlanmasına katkıda bulunmalıdır [72],[84].

3.4.2 Teknik Uygunluk

Yapı yüzü aydınlatmasında çok çeşitli aydınlatma aygıtları ve yardımcı elemanları kullanılmaktadır. Kullanılması planlanan aydınlatma aygıtları ve yardımcı elemanların tercih edilmesinde bazı unsurlar ön plana çıkmaktadır. Aydınlatma tasarımı yaparken yapı yüzüne teknik, boyut ve teknolojik anlamda en uygun sistemler tercih edilmelidir. Söz konusu aydınlatma aygıtlarının uygulama kolaylığına sahip olması, koruma sınıfı (IP) ve mekanik dayanımı (IK) bakımından eserin bulunduğu koşullara uygun olması gerekmektedir. Dolayısıyla kurulacak sistemde işletme aşamasında en az sayıda ürün değişimi yapılmalı, aydınlatma elemanları kolay ulaşılabilir yerlere monte edilmeli ve ortaya çıkabilecek olası arızalarda müdahaleye imkân sağlamalıdır [72],[84].

3.4.3 Ekonomiklik

Aydınlatma tasarımında en önemli kriterlerden biri de ekonomikliktir. Fakat sistemler sadece ilk satın alma maliyeti ile değil uygulama, işletme ve bakım onarım maliyetleri de göz önünde bulundurularak yapıya en uygun aydınlatma sistemi seçilmelidir. Aydınlatma sisteminin sürdürülebilir şekilde işletilebilmesi uygulama, işletme ve bakım onarım maliyetlerinin en düşük seviyede kalmasını sağlamak için gerekli maliyet analizleri tasarım aşamasında yapılmalıdır [72],[84].

3.4.4 Esere Saygı

Tarihî eser yapılarda uygulama yapılırken en çok dikkat edilmesi gereken konulardan biri de yapının özgünlüğüne ve işlevine uygun çalışmalar yapmaktır. Bu tür yapılarda uygulama, işletme ve bakım onarım esnasında eserde kalıcı bozulmalara yol açacak çözüm önerilerinden kaçınılmalı; yapının özgünlüğünü bozmadan aydınlatma sistemini korumayı destekleyen bir unsur haline getirerek yapının yapılan aydınlatma uygulamaları neticesinde hiçbir şekilde zarar görmemesi sağlanmalıdır [72],[84].

3.4.5 Şehir Kimliğine Katkısı

Aydınlatma tasarımı yapılırken dikkate alınması gereken bir diğer unsur da yapılan aydınlatmanın esere, yapının bulunduğu bölgeye dolayısıyla şehir kimliğine katkısıdır. Doğru aydınlatma tercihlerinin yapılabilmesi için yapı, bulunduğu bölgeye sosyal, psikolojik ve fizyolojik etkileri ile birlikte ele alınarak analiz edilmelidir [72],[84].

3.5 Tarihî Yapıların Cephe Aydınlatması Mimari Kriterleri

Yapı yüzü aydınlatma tasarımı birtakım ilkeler doğrultusunda yapılmalıdır. Yapının tarihî eser olması durumunda aydınlatma tasarımında bazı ilkeler özellikle öne çıkmaktadır. Tarihî yapıların cephe aydınlatması tasarımında yapının tarihi, geçmişteki ve mevcut işlevi, konum özellikleri, yüzey formu, malzemesi ve rengi gibi aydınlatma verileri analiz edilmeli, eldeki bilgilere göre tasarım şekillendirilmelidir. Yapı için tasarlanan aydınlatma projesi yapının özgün mimari ve işlevsel özelliklerini öne çıkartacak özellikler taşımalıdır. Bunu için yapının formu ve detayları gün ışığı altında ve gece çevresiyle birlikte değerlendirilerek, en uygun görüntünün hangi şartlar altında oluşabileceği belirlenmelidir. Doğru bir aydınlatma analizi için aşağıda söz edilen durumlar göz önüne alınmalı ve söz konusu kriterler ışığında yüzeylerdeki aydınlık düzeyi, ışık şiddeti ve renk sıcaklığı gibi teknik değerler belirlenmelidir [71],[85],[86].

Aydınlatma tasarımı yapılmadan önce atılacak ilk adım yapının tarihçesini öğrenmek olmalıdır. Yapının tarihteki yeri ve önemi, mimari özellikleri, şehir ve bölge için önemi, eski ve yeni işlevi gibi detayları bilerek yapının köklerinden kopmadan ancak güncel işlevine de uygun konsept çalışmaları mümkünse mimari sanat tarihi uzmanlarının ve şehir planlamacılarının desteğiyle birlikte tüm detaylarıyla birlikte bir sistem tasarlanmalıdır [20].

Tasarım sırasında öncelikle binanın formu göz önünde bulundurulmalı yapının formunun tam algılanabilmesi için derinlik vurgusu yapılarak cephedeki girinti ve çıkıntıların etkili bir biçimde vurgulanması gerekmektedir. Yapının cephesi üzerinde yatay ve düşey hâkim hatların olması durumunda düşey mimari detayların dar açılı aydınlatma elemanları ile yatay mimari detayların ise geniş

açılı aydınlatma elemanları ile belirginleştirerek söz konu cephe üstündeki mimari detaylar öne çıkartılabilir. Yapının, cephesinde üç boyutlu öğeler bulundurması durumunda ise cephelerin aydınlatılmasında ışık gölge oyunları ile cepheye derinlik kazandırılarak yüzey hareketleri ön plana çıkarılabilir [72].

Aydınlatma tasarımı yaparken yapının cephe malzemesi ve rengi seçilecek aydınlatma elemanını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Söz konusu yüzeyin taş, tuğla, ahşap veya mermer olması, renginin koyu ya da açık olması gibi faktörler malzemenin ışığı yansıtma özelliğini değiştirdiğinden kullanılacak aydınlatma elemanlarının ışık rengi ve şiddetinin de değişmesine neden olur. Seçilen aydınlatma elemanlarının ışık rengi ve ışık şiddeti, yapıdaki cephe malzemesinin rengine ve cinsine uygun olmalıdır [72].

Doğru bir gece aydınlatması için yapının form, malzeme ve renk analizi kadar çevrenin aydınlık durumunun belirlenmesi de önemlidir. Aydınlatma tasarımı yaparken yapının içinde bulunduğu doğal ve yapay çevresiyle birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Çevre koşullarının yarattığı etkenler; yapının arka fonu, yapının çevresindeki doğal ve yapay çevre elemanları ve yapıya hangi yönden yaklaşıldığının belirlenmesiyle birlikte söz konusu özelliklere göre yapıda çevreye göre parıltı kontrastı veya renk kontrastı yaratılır. Aynı zamanda yapının şehir içinde referans noktaları arasında bütünlük sağlaması, ana yaklaşım aksında yer alan diğer önemli yapılarla arasında ışık dengesi ve sürekliliğinin sağlanması gibi etkenler aydınlatma tasarımında göz önünde bulundurulması gerekmektedir [73].

3.6 Tarihî Yapıların Cephe Aydınlatması Teknik Kriterleri

Çekici aydınlatma tasarımı yapılması için sadece mimari unsurları göz önünde bulundurmak yeterli değildir. Konforlu ve estetik aydınlatma elde etmek için aydınlatılması planlanan tarihî yapıların belirtilen özelliklerinin göz önünde bulundurulması yanında aydınlatma sisteminde kullanılacak aydınlatma aygıtları, yardımcı elemanları, kontrol cihazları, kablo ve panolarının da teknik açıdan uyumlu, enerji verimliliği yüksek, işletme ve bakımı kolay olması gerekmektedir. Bu nedenle bu tür yapılarda kullanılacak her bir aydınlatma sistemi elemanının dikkatli seçilmesi gerekmektedir [71],[73].

Genel olarak yapı yüzü aydınlatmasında kullanılan aydınlatma elemanları; aydınlatma aygıtları, enerji ve sinyal kabloları, montaj elemanları, kontrol cihazları, pano ve şalt malzemeleri olarak sayılabilir. Bu konularla ilgili yapılacak her tercih yapıya zarar vermeyecek ve yapının gündüz, gece görüntüsünü olumsuz etkilemeyecek özellikte olmalıdır [71],[73].

Tarihî eser aydınlatmasında önemli bir adımda seçilen aydınlatma aygıtlarının niteliğidir. Aydınlatma tasarımında aydınlatma aygıtlarının seçimi yapılırken yapının dokusuna zarar vermeyecek şekilde morötesi ve kızılötesi ışık bileşenleri olmayan, enerji verimliliği yüksek, estetik görünümlü, işletme ve bakımı kolay ihtiyaç duyulan fotometrik, mekanik, elektriksel ve diğer karakteristikleri yeteri kadar karşılayabilen, ekonomik sistemlerin olması göz önünde bulundurulmalıdır. Aydınlatma aygıtları ile beraber kullanılan yardımcı elemanların ise beraber kullanıldıkları ışık kaynakları ile uyumlu, etkin enerji kullanımlı olması gerekmektedir [72],[73].

Aydınlatma sistemlerinde kullanılan kontrol cihazları beraber kullanıldıkları aydınlatma aygıtları ile uyumlu, kolay programlanabilir ve güncellenebilir alt yapıya sahip olması aynı zamanda görsel açıdan estetik ve küçük boyutlara sahip olması gerekir.

Yapı üzerinde bulunan diğer elektriksel malzemeleri de enerji ve sinyal kablolarıdır. Enerji kablolarına bağlı aydınlatma aygıtlarının gücü ve panoya olan mesafesi kablo kesitini değiştirmektedir. Kabloda herhangi bir gerilim düşümü veya ısı etkisi oluşmaması için uygun kesit ve cinste kablo seçimi yapılmalıdır. Bunun için her ayrı linye için gerilim düşümü ve akım kontrolü hesapları yapılmalı kablo güzergâhı yapının cephe özelliklerine uygun olarak belirlenmelidir. Kablo yapı yüzünden yürütülüyorsa çıplak olarak çekilmemeli, yaz ve kış sıcaklık değişimlerine ve haşerelerin etkilerine karşı dayanıklı uygun kesitteki boru veya kablo kanalı içerisinden yürütülmelidir.

Bu sistemlerin altyapısında kullanılan pano ve şalt malzemelerinin kaliteli ve sistemle uyumlu olması gerek yapı gerekse sistemin güvenliği bakımından çok önemlidir. Pano ve şalt malzemeleri sistemin çektiği güce uygun akım aralığında ve sayıda olmalı, genel olarak hem yapı hem de aydınlatma sistemi sigorta ve kaçak

akım şalterleri ile korunmalıdır.

Aydınlatma aygıtlarının yapıya zarar vermeden montaj edilmesi için kullanılan montaj elemanları ise söküldüğünde iz bırakmayan, kullanımı sırasında da yapıya kir, pas veya kötü görüntü oluşturmayacak yapıda olmalıdır.

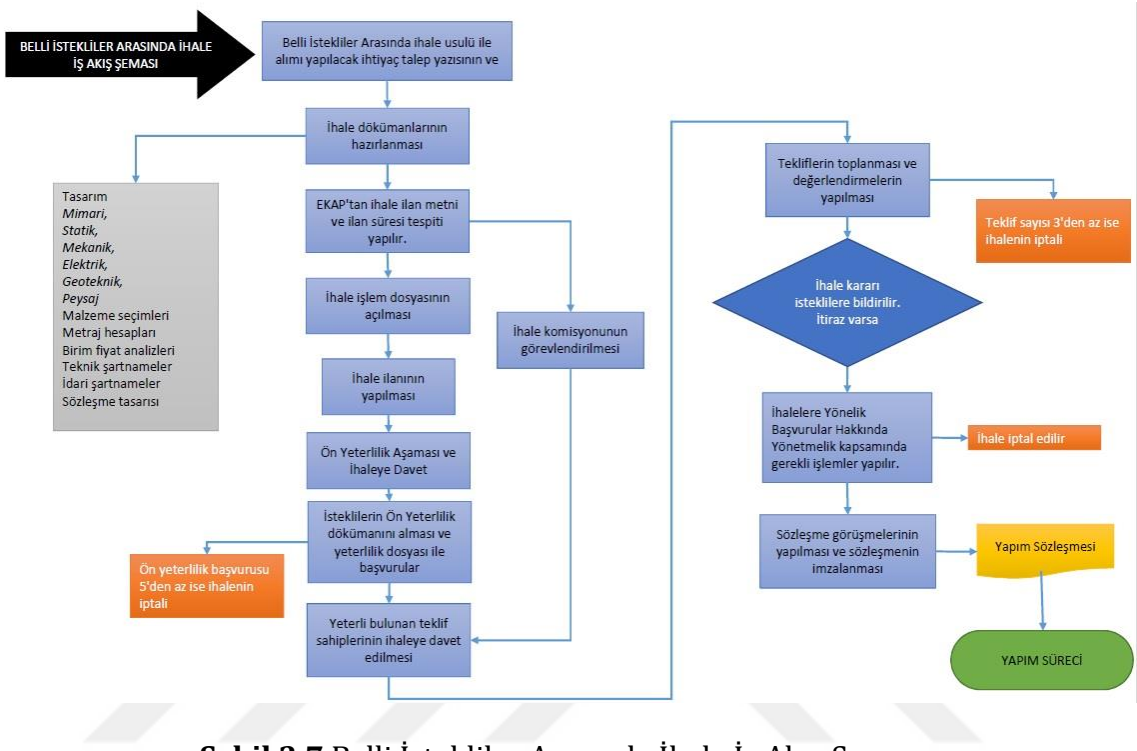
3.7 Tarihî Yapılarda Cephe Aydınlatması Tasarım Aşamaları

Tarihî yapılar geçmişten günümüze taşıdıkları değerler ile kent kimliğini belirleme, bulunduğu bölgenin siluetine etki etme ve tanıtımına katkıda bulunup cazibe merkezi olması yolunda katkıda bulunmakla birlikte ait olduğu döneme ait sosyal kültürel, sanatsal ve mimari anlayışı günümüze aktarmada köprü vazifesi görürler. Tarihî yapıların aydınlatılması eserlere ve çevresine estetik, ekonomik, sosyal ve fiziksel yönlerden katkıda bulunurken, bir yandan yanlış uygulamalar yapılması durumunda ise eserlerde geri dönülemez kalıcı hasarların oluşmasına da vesile olmaktadır. Bu nedenle tarihî yapı aydınlatması ihale aşamasından uygulama aşamasına kadar uzman kişilerin kontrolünde yürütülen bir süreç olmalıdır. İhale sürecinden uygulama sürecine kadar çeşitli kamu kurum ve kurulları tarafından kontrol altında tutulan aydınlatma tasarım sürecinin aşamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir [5],[71],[73].

Yapı belirleme süreci: Tarihî olan tüm yapıların aydınlatılmasından çok belirli kıstaslar doğrultusunda belirlenen yapıların aydınlatılmasının yapılması, tüm tasarımcıların kente veya bölgeye ait "Aydınlatma Master Planı" çerçevesinde yapıları değerlendirmesi gerekmektedir. Bu durum özellikle İstanbul Tarihî Yarımada başta olmak üzere birbirinden güzel tarihî eserlerle dolu tüm bölgelerde çok daha fazla önem kazanmaktadır. Hangi yapıların aydınlatılmasının uygun olacağı genel olarak yapının ait kamu kurumu ve konu ile ilgili uzman danışmanları tarafından belirlenmektedir. Uzman kişilerce yapılan değerlendirme de yapıların tarihî kimlikleri, mimari ve sanatsal özellikleri, sosyal-kültürel nitelikleri, işlevleri, bulundukları bölge, görünürlükleri, kent görüntüsüne etkileri, simgesel özellikleri ve çevre özellikleri gibi veriler dikkate alınmaktadır [5],[87].

Tasarım ihale süreci: İlgili kamu kurumunda uzmanlar tarafından belirlenen eserler para harcama yetkilisine sunulur. Bütçesi oluşturulan eserler ise

aydınlatma tasarım projesi çizilebilmesi için ihale birimine gönderilir. Çok farklı ihale tipleri olmakla birlikte tarihî eserle ilgili uygulamalar uzmanlık gerektirdiğinden en çok Şekil 3.7'de iş akış şeması verilen belli istekliler arasında ihale usulü tercih edilir [88].

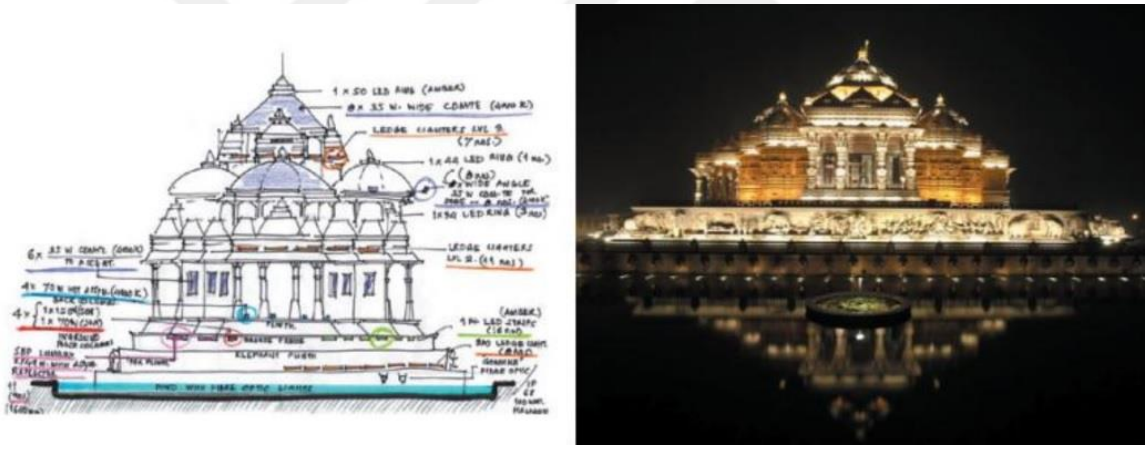


Şekil 3.7 Belli İstekliler Arasında İhale İş Akış Şeması

Belli istekliler arasında ihale usulü, işin özelliğinin sadece uzmanlık, sadece ileri teknoloji veya uzmanlık ve ileri teknoloji gerektirdiği durumlarda yapılacak ön yeterlik değerlendirmesi sonucunda idarece davet edilen isteklilerin teklif verebildiği usuldür. İhale Kanununun 10'uncu maddesine uygun olarak belirlenen ve ön yeterlik dokümanı ile ön yeterlik ilanında belirtilen değerlendirme kriterlerine göre adayların ön yeterlik değerlendirmesi yapılır. Yeterlikleri tespit edilenler adaylar arasından dokümanda belirtilen kriterlere göre sıralanarak listeye alınan belli sayıda istekli veya yeterli bulunan isteklilerin tamamı teklif vermeye davet edilebilir. Asgari üç isteklinin teklif vermesi gereken bu ihale usulünde işin niteliğine göre rekabeti engellemeyecek şekilde 40. maddeye uygun olarak belirlenen ve ihale dokümanı ile mektubunda belirtilen değerlendirme kriterlerine göre tekliflerin değerlendirmesi yapılarak ihale sonuçlandırılır [5],[88].

Ön inceleme: Tarihî eser aydınlatma tasarım ihalesi yapıldıktan sonra ilgili kamu kurumunun denetçileri, genelde içlerinde sanat tarihçileri, aydınlatma uzmanı öğretim görevlileri, şehir planlamacıların gibi uzmanların bulunduğu danışman grubu ve aydınlatma tasarımcısı tarafından yapıyla ilgili ön incelemelerde bulunarak yapının tarihi, geçmiş ve mevcut işlevi, mimari ve sanatsal özellikleri, çevreyle olan ilişkisi, kent kimliğine olan katkısı gibi veriler değerlendirerek ön tasarım raporu oluşturulur. Burada elde edilen bilgiler aydınlatma tasarımı için ön bilgileri oluşturur [5].

Projelendirme: Ön incelemede elde edilen bilgiler ışığında aydınlatma tasarım çalışmaları çeşitli bilgisayar programları kullanılarak tamamlanır. Bu sırada kullanılacak ışık kaynaklarının sayısı, türü, konumu, ışık açıları, lümen büyüklükleri ve ışık rengi gibi özellikleri belirlenmektedir.



Şekil 3.8 Akshardam Tapınağı Aydınlatma Konsept Tasarımı ve Uygulaması

Tercih edilen aydınlatma aygıtları simülasyon programları kullanılarak yapı üzerindeki etkisi ölçülmektedir. Simülasyon programları ile aydınlatma hesaplarının yapılması, ışığın yapı üzerindeki iki ve üç boyutlu görüntüsü, aydınlık düzeyi ve ışık izleri gibi bilgiler kolaylıkla elde edilebilir. Simülasyon programlarının gösterdiği veriler doğrultusunda uygun modelleme aygıtları kullanılarak yerinde uygulama testleri yapılması uygulama öncesi büyük önem taşımaktadır. Son kontrolün ardından sahada ölçülen değerlerin istenilen değerler aralığında olması durumunda aydınlatma tasarımı; elektrik besleme ve kontrol

sistemleri ve detay projesi, yaklaşık maliyet, şartname, tasarım raporu ile birlikte ilgili kamu kurumuna sunulmaktadır [5],[73].

Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu: Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulları sorumluluk alanları içerisinde bulunan bölgelerde ilgili kanun kapsamına giren korunması gerekli taşınmaz kültür varlıkları ile ilgili hizmetlerin bilimsel esaslara göre yürütülmesini sağlamak üzere uygulamaya yönelik kararlar almaya görevli ve yetkili birimlerdir. Dolayısıyla tarihî eser üzerinde yapılması planlanan her türlü uygulama için yapının bulunduğu bölgeden sorumlu Koruma Bölge Kurulu'ndan izin almak gerekmektedir. Bunun için uygulamayı yapmayı planlayan kamu kurumu tarihî eserin aydınlatma, elektrik, tüm detay projeleri ve raporlar ile birlikte ilgili bölge kuruluna başvuruda bulunmalıdır. Genellikle mimar, restoratör, şehir planlamacısı gibi uzmanlık alanlarına sahip yetkililerce özellikle yapının korunması, genel işlevine ve çevreye etkisi yönünden incelenen proje onaylanması durumunda uygulama ihalesi aşamasına geçilebilir [5].

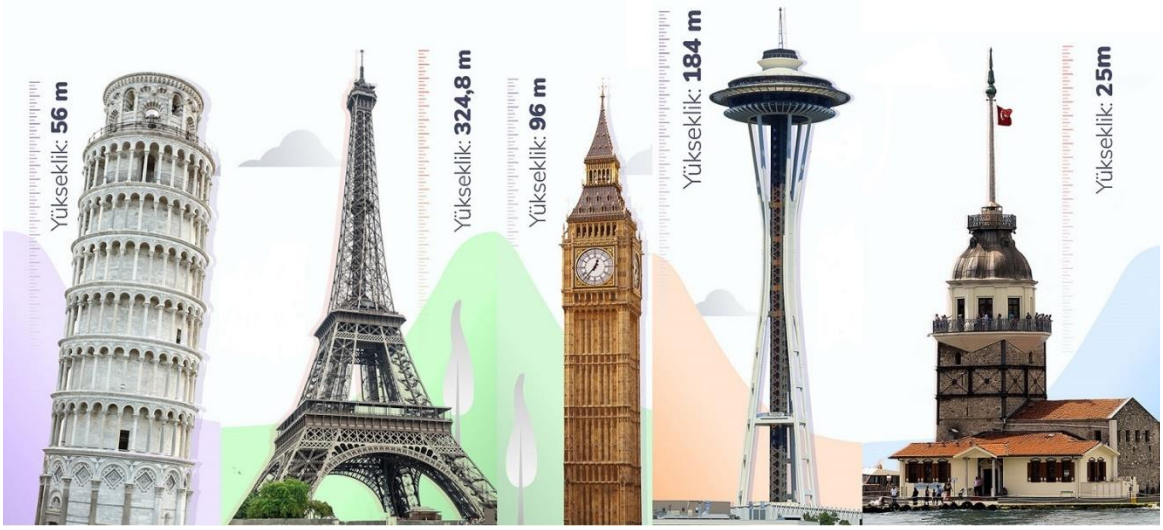
Uygulama ihalesi süreci: Uygulama ihale süreci tasarım ihale süreci ile benzer ayak izlerine sahiptir. Bu ihale öncesinde de Koruma Bölge Kurulu tarafından onaylanan proje üzerinden güncel fiyatlara göre yaklaşık maliyet hazırlanır. Tarihî eserle ilgili uygulamalar uzmanlık gerektirdiğinden ilgili ihalelere genelde Kültür ve Turizm Bakanlığına Kayıtlı belirli tecrübeye sahip uzman firmalar davet edilir. İhale aşamasında asgari beş firmanın ihaleye girip en az üç firmanın teklif vermesi sonucu en uygun teklifi veren firma uygulama yapmaya hak kazanır [5],[88].

Uygulama süreci: Tasarlanan, kuruldan onay alan ve ihalesi yapılan tarihî eser aydınlatma çalışmasının son adımı ise yerinde uygulamadır. Uygulama öncesi ilgili kamu kurum denetçileri, danışma heyeti ve aydınlatma tasarımcısı ile birlikte uygulamayı yapan firma yetkilileri tarihî eserde uygulamayı düşündüğü şartnameye ve projeye uygun farklı markalara ait aydınlatma aygıtlarının yerinde son testi yapılır. Yapılan testler sonucunda aydınlatma aygıtlarının istenilen tüm değerleri yerine getirmesi durumunda yüklenici anıtlar kurulundan onaylanan proje doğrultusunda çalışmasını tamamlar [5].

4
Galata Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatması

4.1 Geçmişten Günümüze Kule Aydınlatması

Geçmişten günümüze en önemli mimari unsurlardan biri olan kuleler tarih boyunca çok çeşitli amaçlara hizmet etmek için inşa edilmiş, kullanım şekillerine göre biçimlenmiş genellikle dar yapılı yüksek binalardır. Çoğu zaman hisarlarda burç görevi gören kuleler; tarih boyunca saat kulesi, çan kulesi, yangın kulesi, su kulesi, gözetleme kulesi, haberleşme kulesi olarak insanlığa hizmet etmiş olan bu yapılar günümüzde gökdelen, havaalanı haberleşme kuleleri, radyo ve televizyon yansıtıcı kulesi olarak görev yapmaya devam etmektedir. Eski dini yapılardan olan Babil Kulesi, çan kulesi olarak Pisa Kulesi, saat kulesi olarak Elizabeth Kulesi (Big Ben), yangın kulesi olarak Beyazıt Kulesi, televizyon yansıtıcı kulesi olarak Eyfel Kulesi, rasat kulesi olarak Galata Kulesi, karantina kulesi olarak Kız Kulesi, modern gökdelen olarak Space Needle (Uzay İğnesi) en çok bilinen kulelerdir. Şekil 4.1'de günümüzde hala varlık gösteren kule örnekleri bulunmaktadır [73],[89],[90].



Şekil 4.1 Pisa, Eyfel, Elizabeth, Uzay İğnesi ve Kız Kulesi

Bu yapıların bulundukları bölgelerde röper yapılar olması aydınlatmalarının en belirgin algının sağlanacağı şekilde tasarlanmasını gerektirir. Genelde etrafında bir

meydan veya işlevine göre hisar ya da kale kurgusuna sahip olan kulelerin yapı yüzü aydınlatması çevre özelliklerinin de tasarıma dâhil olduğu biçimde kurgulanmaktadır. Çoğu örneklerinin yüksek olduğu bu yapı tipinde dikey yönlü vurgu yaratılırken yapının kent ve insan ölçeğindeki karakteristik özellikleri çeşitli aydınlatma yöntemleriyle ifade edilmelidir. Yapı üzerinde bulunan farklı mimari öğeler üzerinde ışık ve renk kontrastı oluşturularak yapının daha iyi algılanması sağlanabilir. Yapının insan ölçeğinde bulunan gövde kısmı insanların sosyal ve fizyolojik ihtiyaçları da göz önünde bulundurularak yapının formunu ve kütlenin kesintisiz algılanmasını sağlayacak biçimde homojen ışık şiddeti ve gün ışığı beyaz ışık renginde tercihler yapılması uygun olurken yapının kent ölçeğinde fark edilir kısmı olan taç bölümünde ise ışık ve renk kontrastı oluşturacak tercihlerde bulunulması doğru bir ifade biçimi olmaktadır. Şekil 4.2'de çevresi ile birlikte Szeged Su Kulesi'ninin gece aydınlatması görülmektedir [73],[91].



Şekil 4.2 Macaristan Szeged Su Kulesi

Özellikle güvenlik amaçlı kulelerin önlerine kandil asılmasıyla başlayan dış mekân aydınlatması, zamanla kandillerin belediye çalışanlarınca akşam yakılıp sabah söndürülmesi şekline dönüştürülmesiyle belediye hizmeti haline gelmiştir. Osmanlı döneminde ise Ramazan aylarında, bayramlarda ve diğer özel günlerde bu

günlere has aydınlatma uygulamaları planlanmış, yapıların geceleri de algılanmasını sağlamak amacıyla zamanının teknolojisine uygun çözümler üretilmiştir. Günümüzde ise yapı yüzü aydınlatması modern aydınlatma teknolojisi ile daha kolay ve güvenilir boyutlara ulaşmıştır. Çağdaş yapı yüzü aydınlatması anlayışında güvenlik aydınlatması dışında birçok amaca hizmet eden aydınlatma sistemleri modern ya da tarihî kulelerin kent siluetinde gece de kendilerine yer bulmasında önemli rol almaktadır [73],[92].

4.2 Galata Kulesi'ninin Tarihi ve Mimari Yapısı

İstanbul'un en eski ve en güzel kulelerinden biri olan Galata Kulesi'nin, Bizans İmparatoru Anastasius tarafından 528 yılında Fener Kulesi olarak inşa edildiği iddia edilmektedir. 1204 yılındaki 4. Haçlı Seferi'nde büyük oranda yıkılan kule, 1348 yılında "İsa Kulesi" (Christea Turris) adıyla yığma taşlar kullanılarak Cenevizliler tarafından Galata surlarına ek olarak kentin en yüksek binası olacak şekilde günümüzdeki haliyle yeniden yapılmıştır. Kule, kentsel düzenleme faaliyetleri sırasında 1864-65'de önemli bir bölümü ortadan kalkan Galata surlarının en üst noktasında yükselmektedir. Beyoğlu bölgesinde geniş bir yerleşkesi olan bu yapıdan günümüze yalnızca Galata Kulesi ile mahalle aralarında küçük bir kısmı kalan surlar kalmıştır [93].

Birçok kaynakta Galata Kulesi'nin değişik tasvirleri bulunmakla birlikte, Fatih Sultan Mehmed devrinde Venedik'li editör Giouanni Andréa Vanassore'nin 1520-1530 yıllarında yayınlanan kuşbakışı İstanbul manzarasında Galata ve surları gerçeğe çok uygun şekilde tasvir edilmiştir. Şekil 4.3'de gösterilen bu gravürde, kulenin yuvarlak gövdeli, külahlı, diğer burçlardan büyüklük itibariyle çok az farklı olduğu ve kulenin eteğini çeviren yarım yuvarlak çevre duvarının varlığı görülür [93],[94],[95].

17. yy.'ın ilk yarısında IV. Murat döneminde Hezarfen Ahmet Çelebi, Okmeydanı'nda rüzgârları kollayıp uçuş talimleri yaptıktan sonra, tahtadan yaptırdığı kartal kanatlarını sırtına takarak 1638 yılında Galata Kulesi'nden Üsküdar-Doğancılar'a uçtuğu rivayet edilmektedir. Bu uçuş Avrupa'da ilgi ile karşılanmış, İngiltere'de bu uçuşu gösteren gravürler yapılmıştır.



Şekil 4.3 Vanassore'nin Gravürü

17. yy.'a doğru mehterhane takımına ev sahipliği de yapan Kule; 1717'den sonra artan İstanbul yangınlarıyla baş edebilmek için yangın gözetleme kulesi olarak da kullanılmıştır. 25 Temmuz 1794 günü çıkan yangında Galata kulesi tamamen yanmış, duvarlar iki metre kadar indirildikten sonra dört yana çıkıntılı ve pencereli bir kat yapılarak üstü yeniden sivri bir külah ile örtülmüştür. Kule 1831 yılında geçirdiği yangından sonra tekrar restore edilmiş, yapılan restorasyonda en üst katın biçimi değiştirilerek, buraya kemerli, on dört büyük pencereli bir kat yapılmış, bunun üstüne kurşun kaplı sivri bir külah yerleştirilmiş, pencerelerin önüne çepeçevre demir bir korkuluk takılarak, İstanbul'u her yönden görme imkânı sağlayan bir gezinti yeri yaratılmıştır. 1875 yılında fırtınada bu külah zarar gördüğü için tamamen kaldırılmış yerine sekiz köşeli ahşap iki kat eklenmiş ve Galata kulesi bu şekli ile 1964 yılına kadar gelmiştir. Tarih boyunca çok farklı işlevlere sahip olan kule farklı restorasyon dönemlerinde Şekil 4.4'de görüleceği üzere çeşitli külah biçimlerine sahip olmuştur. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 1964-1968 yılları arasında restore edilirken 1832-1875 yılları arasındaki biçimine uygun olacak şekilde projelendirilmiştir. Günümüzde, Kule belediye iştirak şirketi tarafından sadece turistik amaçlı işletilmektedir [94],[96].



Şekil 4.4 1968 Restorasyonundan Önce Ve Sonra Galata Kulesi

Dinler ve diller mozaiği olan her dönem aykırı ve farklı yapısıyla dünyanın en önemli metropollerinden olan İstanbul kentinde Haliç girişine, Boğaz'a ve Marmara'ya hâkim bir konumda bulunan Galata Kulesi farklı zamanlarda çeşitli mimari özelliklere sahip olarak inşa edilmiş olmakla birlikte günümüzdeki yığma moloz taş örgü sistemli halini 14. yy'da Cenevizlilerin zamanında elde etmiştir. Beyoğlu'nun Galata semtinde bulunan Haliçten Marmara Denizine ve Beyoğlu sırtlarına kadar çok geniş bir bakış açısına sahip olan kule Şekil 4.5'de görüldüğü üzere bulunduğu bölge ile hem Şişhane Karaköy ticari bölgesi hem Unkapanı ve Galata Köprüleri üzerinden tarihî yarımada turizm bölgesi hem de Taksim eğlence bölgesi ile etkileşim içerisindedir [94],[96],[97].

Denizin 425 m uzağında ve 35 m yüksekliğe sahip bir noktasında bulunan yapının yüksekliği 69,90 m olan kulenin duvar kalınlığı 3,75 m, iç çapı 8,95 m, dış çapı da 16,45 metredir. Yapılan statik hesaplamalara göre ağırlığı yaklaşık 10000 ton, taş cephesi ise işlenmemiş moloz taşındandır.



Şekil 4.5 Galata Kulesi'ninin Etkileşim Alanı

Ortaçağ şatolarının donjonlarının (Baş Kule) üslubunda olduğu gibi, dış zeminden yüksekte bulunan giriş katından sonra 9 kata sahip yapının 7 katı asansörle, 2 katı da yürüyerek çıkılıp, Kule'nin en üst katındaki restoranın içinden geçtikten sonra, Kule'yi çepeçevre saran balkona ulaşılır. Galata Kulesi'ninin işlenmemiş moloz taşlardan örülen dış duvarlarında herhangi bir süsleme bulunmamaktadır. Bu masif silindirik kütlenin tekdüze formunu içerdeki merdiveni aydınlatmak için yer yer açılmış dar pencereler bozmaktadır. Kapı eşiği hizasından itibaren 13,20 m'de 2. kat hizasında ve bunun üzerinde 17,17 m'de, 3. kat hizasında muayyen bir motif dizisi oluşturacak sade bir kuşağın gövdeyi dolandığı görülür. Günümüzde yapının üçüncü kata (17,17 m) kadar olan kısmının Ceneviz, diğer katlarının Osmanlı mimari üslubunu taşıdığı gözlenmektedir. İddiasız bir gövde üzerinde taş merdivenlerle ulaşılan giriş kapısının üzerindeki yuvarlak kemerli pencere askerlerin gözetleme yeri olarak kullanılırken üst kat silindirik gövde üzerinde tuğla örgülü yuvarlak kemerli pencereler genel amaçlı kullanılmaktadır. Bu pencerelerin üst katında ise derin nişli payeleri oturan yuvarlık kemerler ve içerisinde ateş tuğla örgülü yuvarlak kemerli pencereler bulunmaktadır. Nişli pencerelerin üstündeki katı sarmalayan metal süslemeleri bulunan şebekeli seyir

balkonu bulunmaktadır. Bu iki kat birbirinden silindirik gövdeyi çevreleyen profilli silmelerle ayrılmıştır. Son olarak kurşun kaplı sivri külah biçiminde olan ünlü dam örtüsüyle kulenin tepesi kapatılır. Kuleyi örten sivri külahın eteğinde dört adet çatı penceresi bulunmaktadır. Kurşun kaplı külahın tepesinde ise bakırdan yapılarak dış yüzü altın varakla yaldızlanan iki parçalı alem vardır. Çeşitli dönemlerde farklı aydınlatma sistemlerine sahip Galata Kulesi yapı yüzü ve çevresi en son 2015 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından aydınlatma kontrol sistemi ile birlikte LED aydınlatma aygıtları kullanılarak İstanbulûn gece siluetine kazandırılmıştır [94],[96].

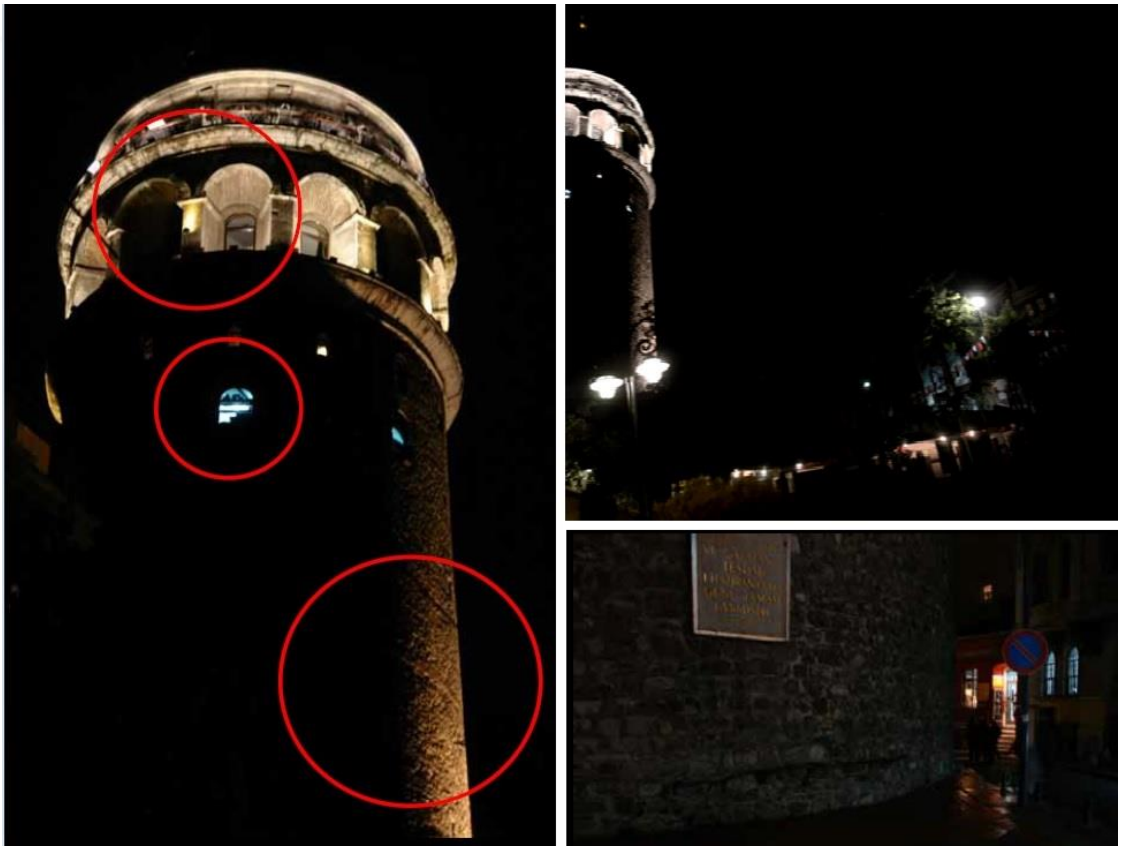
4.3 Galata Kulesi'ninin Eski Yapı Yüzü Aydınlatma Durumu

Galata Kulesi ve çevresi konumu itibariyle ilk inşa edildiği tarihten bu güne kadar kentin vitrininde bulunan eserlerden birisidir. Dolayısıyla her dönemde kendi çağına uygun olan dış aydınlatma ile aydınlatılmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından 2015 yılında gerçekleştirilen son çalışma öncesi eser konvansiyonel aydınlatma aygıtlarının ağırlıkta olduğu bir aydınlatma istemiyle aydınlatılmaya çalışıldığı belirlenmiştir. Şekil 4.6'da 2015 öncesi Galata Kulesi yapı yüzü aydınlatması görülmektedir [97],[98],[99].



Şekil 4.6 2015 Öncesi Galata Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatması

Mevcut aydınlatma sisteminde genelde ışık rengi sarı olan konvansiyonel tip projektörlerin kullanıldığı belirlenmiştir. Yapının çevresindeki direklere ve yapı yüzüne düzensiz bir anlayışla yerleştirilen aydınlatma aygıtlarının montaj detayları tarihî esere montaj usullerine uygun yapılmamıştır. 2015 öncesi aydınlatmada kulenin yakın çevresi ve silindirik formunun göz ardı edildiği, kule etrafında turistik ve sosyal potansiyeline uygun aydınlatmanın olmadığı, gövdesinde ise kesintisiz ve homojen bir aydınlatma yapılamadığı görülmektedir. Kule alt pencerelerinde mekânsal kullanım gereği aydınlık ve karanlık bölgeler oluşturulmuş Şekil 4.7'de görüldüğü üzere kulenin diğer katlarında olduğu gibi bu katta da aydınlatma bütünlüğü sağlanamamıştır [98],[99].



Şekil 4.7 Kule Yakın Çevresi ve Yapı Yüzü Aydınlatması

Taç kısmında restoran katı ve balkon katı aydınlatılmış olsa da kullanılan aydınlatma aygıtlarındaki ışık rengi farklılıkları yapı yüzünde istenmeyen aydınlatma sonuçlarının elde edilmesine neden olmuştur. Restoran katında bulunan aydınlatma aygıtları yanlış yönlendirilmesinden dolayı pencere kenarında oturanlarda kamaşma problemine yol açmakta ve İstanbul manzarasının

izlenmesine engel olmaktadır. Bu problemin ortadan kaldırılması için kullanılan ışık kesici plakalar ise Şekil 4.8'de görüldüğü üzere yapı yüzünde kötü görüntüye neden olmaktadır [98],[99].

Külah kısmında bulunan aydınlatma aygıtlarının ise birçoğu bozulmuş bu nedenle kulenin önemeli mimari öğeleri yeterli düzeyde aydınlatılamayarak gece siluetinden silinmiştir [98],[99].

Sonuç olarak 2015 öncesi aydınlatma kulenin ve yakın çevresinin mimari, estetik ve fizyolojik ihtiyaçlarına uygun değildir, kullanıcı ve ziyaretçiler için yeterli görsel konfor koşullarını taşımamaktadır, aydınlatma gece siluetinde belli olmamaktadır, montaj elemanları tarihî eserlere uygun olarak seçilmemiştir bundan kaynaklı uygun sabitlenemeyen aydınlatma aygıtları tehlike arz etmektedir, kablolar bir kablo kanalı içinde toplanmamış spiral borular içinden veya duvarlara açıktan monte edilerek taşınmıştır bu durum eser üzerinde hoş olmayan görüntülerin oluşmasına sebep olmaktadır.



Şekil 4.8 Restoran Katı Kamaşma Problemi ve Işık Kesici

Yapılan analizler sonucunda söz konusu aydınlatma sisteminin esere, çevresine ve ziyaretçilere yarardan çok zarar verdiği, yakın evresinde sosyal yaşam alanı oluşturamadığı, eserin mevcut şartlarda İstanbul'un gece siluetine yeterince etki edemediği belirlenmiş olup yapı yüzü aydınlatmasının mimari, teknik ve tasarım kriterlerine uygun detaylı çalışmalarının yapılması gerekli görülmektedir.

4.4 Aydınlatma Tasarımı Genel Yaklaşımı ve Uygulama Aşamaları

Galata Kulesi konumu nedeniyle gerek İstanbul'un Eminönü, Üsküdar, Taksim, Karaköy gibi birçok farklı noktasından görülebilmesi gerekse yakın çevresinde meydan bulunması hasebiyle tasarım sürecinde hem yakın mesafede insan ölçeğinde hem de uzak mesafede kent ölçeğindeki yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle tasarım sürecinde esere ait her ayrı bölüm tek tek ele alınmalı insan ölçeğindeki yaklaşımda kulenin alt gövdesini aydınlatılması, kent ölçeğindeki yaklaşımda ise kulenin taç kısmı olan üst pencere, balkon ve külah kısmı alınmalıdır. Şekil 4.9'da kent ve insan ölçeğinde kulenin hangi bölümlerinin görülebileceği işaretlenmiştir.

İnsan ölçeğinde yapılması planlanan aydınlatma bir yandan kulenin masif yüzeye sahip gövdesinin algısını artırırken bir yandan da yakın çevresindeki meydanda ziyaretçilerin güvenlik, sosyal ve kültürel ihtiyaçlarını karşılayabilecek ortamı sağlamalıdır. Taç kısmındaki aydınlatma ise sadece kulenin bu bölümündeki mimari özeliklerini ortaya çıkarmaktan öte İstanbul'un kent siluetine etki edecektir. Bu nedenle taç kısmının aydınlatması kent siluetinde bulunan diğer eserler ve şehrin genel aydınlatma durumu ile uyum içerisinde olmalıdır [97],[99].

Galata Kulesi'ninin yaklaşık 1500 yaşında bir tarihî eser olması burada yapılacak her uygulamada çok özenli ve hassas olunması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle planlamalar daha önce belirtilen aydınlatma, tasarım ve mimari kriteler ışığında gerçekleştirilmelidir. Yapılacak hiçbir uygulama eserde kalıcı tahribata neden olmamalı, kullanılan tüm aydınlatma aygıtı ve yardımcı elemanları bu amaca hizmet edecek nitelikte olacak şekilde projelendirme yapılmalıdır.

Galata kulesi özelinde bakıldığında ise; gövde aydınlatması için kullanılacak direkler yapının genel görünümünü kötü etkilemeyecek şekilde konumlandırılmalı, mevcutta bulunan işlevini yitirmiş olan direkler ise yerinden kaldırılmalıdır. Aydınlatma aygıtlarıysa gövdenin ilk boğumuna kadar yapının silindirik formunu ortaya çıkaracak biçimde atış yapabilmelidir.

Üst kat pencerelerinde ve nişli pencerelerde, balkonda ve külahta kullanılan aydınlatma aygıtları ise yapının duvarına veya çatısına herhangi kalıcı hasar

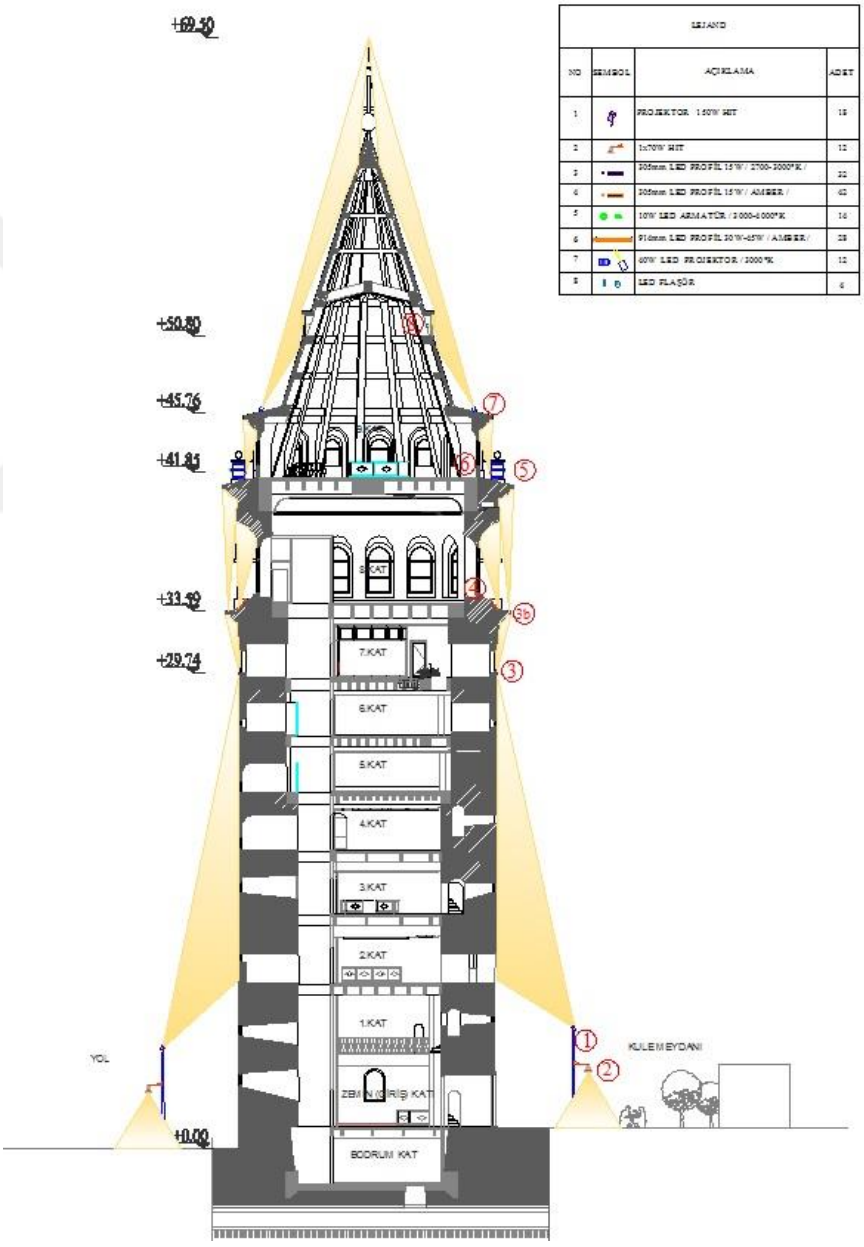
bırakmadan, kırmadan, delmeden bulunduğu yerin özelliklerine uygun montaj elemanları kullanılarak monte edilmelidir.



Şekil 4.9 Galata Kulesi'ninin Kent ve İnsan Ölçeğinde Görünen Bölümleri

Alt kat pencerelerde bulunan aydınlatma aygıtları ile bu kattaki pencere içinden çıkan kontrolsüz ışıkların görüntü bütünlüğünü bozması engellenmesi planlanmalıdır. Nişli pencerelerde yüzey malzeme özelliklerine uygun ışık renginde aydınlatma aygıtları kullanılması aynı zamanda restoran bölümündeki ziyaretçilerde görsel konforsuzluk yaşanmaması için gerekli önlemler alınmalıdır. Balkon katında ise nişli pencere bölümüyle olan bütünlüğü sağlayacak aydınlatma aygıtları burada bulunan derinlik algısını da verebilecek şeklide planlanmalıdır. Çatı örtüsü olarak kullanılan kurşun külahta ise konik geometriyi öne çıkartacak aydınlatma aygıtları seçilmelidir. Kullanılması planlanan aydınlatma aygıtları

mümkün olduğunca küçük boyutlu seçilmeli, kullanıldığı yerin özelliklerine uygun renkte olmalı ve yapının gündüz görünümünü ve ziyaretçilerin görsel konforunu kötü etkilemeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Kısaca Galata Kulesi'nin yapı yüzü aydınlatma tasarımı estetik değerlerin önde olduğu, uygulama, işletme ve bakım-onarım kolaylığı olan ürünlerin ve esere zarar vermeyecek montaj elemanların kullanıldığı, İstanbul siluetine katkıda bulunan, ekonomik bir sistem olmalıdır. Şekil 4.10'da Galata Kulesi yapı yüzü aydınlatma tasarımına ait aydınlatma aygıtlarının yerleşim planı görünmektedir.



Şekil 4.10 Galata Kulesi Aydınlatma Aygıtı Yerleşimi

Aydınlatma tasarımını etkileyen bir diğer unsur ise yakın çevre ve arka plan özelliğidir. Konumu itibarı ile yakın çevresi ve arka planında aydınlatılmış herhangi bir kentsel değer bulunmaktadır. Fakat farklı bölgelerden yapılan gözlemlerde siluette beraber bulunduğu diğer kentsel değerler ile uyumlu olabilmesi gerekmektedir. Galata Kulesi gerek konumu gereği gerekse hakkında bulunan efsaneler gereği, Beyazıt Kulesi, Kız Kulesi, tarihî yarımadada bulunan camiler ve diğer kentsel değerler ile uyumlu olmalıdır. Söz konusu eseler incelendiğinde ağırlıklı olarak 2200 K ila 4000 K renk sıcaklığında aydınlatmanın hâkim olduğu görülmektedir. Bu nedenle Galata Kulesi aydınlatma tasarımı yapılırken de hem bu eserler ile bir bütünlük sağlayacak hem de zaman zaman onlardan ayrışacak bir planlamaya gidilmelidir [99].

4.5 Aydınlatma Modeli ve Analizi

Bir yapının aydınlatma tasarımında genel tasarım esasları belirlendikten sonraki aşama eserde eserde algılatılması istenilen görüntünün tasarımda kullanılması palanlanan aydınlatma aygıtları ve yardımcı elamanları ile yapılıp yapılamayacağının yazılım üzerinden kontrolüdür.

Tasarım aşamasında; yani her bölümün tek tek ele alınarak ışık şiddetinden ışık rengine, montaj şeklinden aydınlatma aygıtı boyutuna kadar birçok farklı girdinin ele alındığı süreçte bir diğer aşama da yapının modellenmesidir. Şekil 4.11'de Galata Kulesi'nine ait uygulama sonrası yapının nasıl görüneceğine dair modelleme görülmektedir.

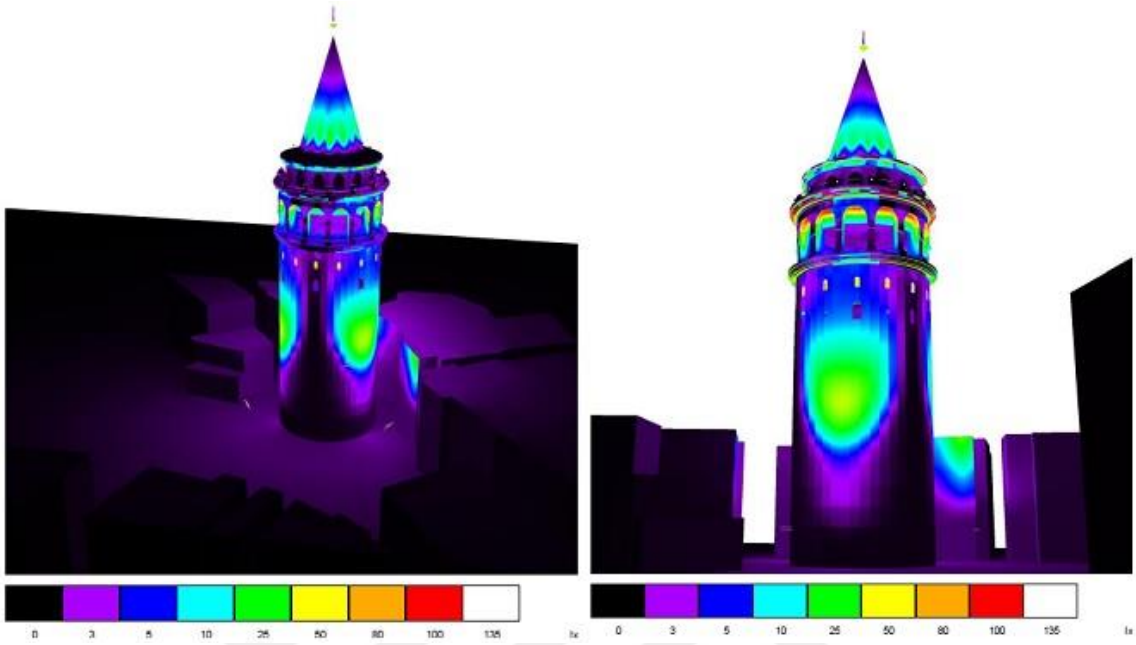
Modelleme aydınlatma aygıtı yerini ve yapı yüzü üzerinde planlanan ışık rengini iyi bir şekilde görselleştirmiş olsa da yapı yüzündeki ışık şiddetine ait bilgiyi net olarak veremez. Yapı yüzündeki farklı bölgelere ait ışık şiddeti bilgisi aydınlatma analizlerinden okunmaktadır. Aydınlatma analizleri ile yapılan tasarımının daha önceden belirlenen sınır koşullarının neresinde olduğunu gösterir.



Şekil 4.11 Galata Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatması Modeli

İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülen projede Galata Kulesi için yapılan aydınlatma tasarımında kule gövdesi ve külah için 2700 K renk sıcaklığı ve ortalama 30 lx aydınlık düzeyi, alt pencere içlerinde 2700 K renk sıcaklığı ve ortalama 50 lx aydınlık düzeyi, nişli pencere içlerinde ve balkonda ise normalde 2200 K renk sıcaklığı ve ortalama 20 lx aydınlık düzeyi özel günlerde ise RGB sistemin kullanılabileceği bir sistem referans alınmıştır. Galata Kulesi'nde daha önce tasarımcı tarafından hem yakın mesafe insan ölçeğinde hem de uzak mesafe kent ölçğeinde kule gövdesi, yakın mesafe çevresi, alt ve üst pencereler, teras ve

külah kısmı olarak ele alınan yapının bu bölümlerde olması gereken azami aydınlık düzeyi belirlenmiş ve seçilen aydınlatma aygıtları üzerinden yapılan aydınlatma analizleri sonucu Şekil 4.12'de görsellerde görülen değerler elde edilmiştir [99].



Şekil 4.12 Galata Kulesi Aydınlatma Analizi

4.6 Malzeme ve Uygulama Analizi

Yapı yüzü aydınlatmasında en önemli aşamalardan biri de tasarımı yapılan eserin malzeme seçimi ve uygulama tekniğinin doğru yapılmasıdır. Projelendirme sırasında öngörülen aydınlatma aygıtları ve yardımcı elemanlarının uygulama aşamasında tasarlanan projeyle uyum sağlaması, yapıya kalıcı hiçbir zarar vermemesi ve istenilen görüntünün elde edilebilmesi bu aşamada büyük önem arz etmektedir. Aydınlatma tasarımda eser sekiz farklı açıdan aydınlatılmıştır. Kule yakın çevre zemin aydınlatması, genel kule gövdesi aydınlatması, boğum altı pencere aydınlatması, nişli pencere aydınlatması, seyir terası aydınlatması, balkon önü aydınlatması, külah aydınlatması ve külah pencereleri aydınlatması tasarımdaki bölümleri oluşturmaktadır. Projenin tamamında aydınlatma aygıtları ve yardımcı elemanları harici direkler kullanılarak, montaj donanımı ile bina yüzeyine aralarında kauçuk olacak şekilde sıkıştırılarak, özel kimyasal yapıştırıcılarla ve askı aparatları ile eserde kalıcı iz bırakmayacak şekilde monte edilmesine özellikle dikkat edilmiştir.

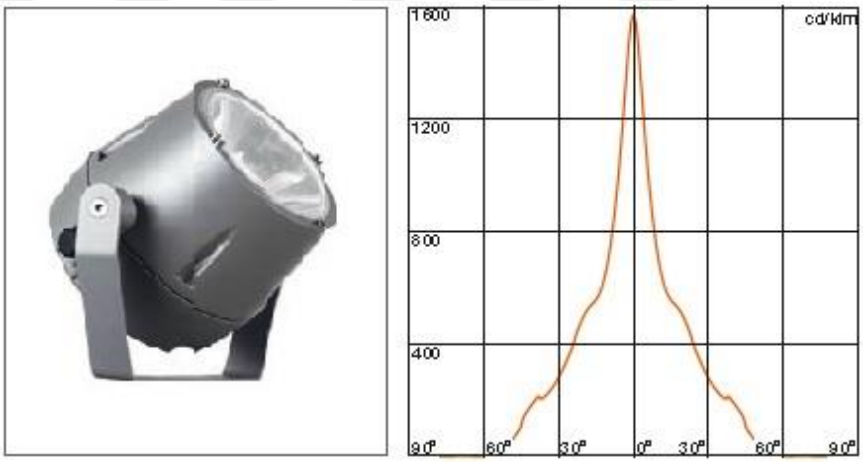
Zemin ve Kule Gövdesi Genel Aydınlatması: Zemin kotunda kule yakın çevresini ve gövdesini aydınlatmak için iki farklı aydınlatma aygıtı planlanmıştır. Kule gövdesini aydınlatmak için yere sabitlenen direk tipi taşıyıcıların üzerine monte edilen projektörler, yakın çevresini aydınlatmak içinse yaya yolu aydınlatma aygıtı kullanılmıştır. Kule çevresi ve gövdesinin aydınlatılması için kule çevresinde 4 m boyunda, çelik konik gövdeli, yüzeyi sıcak daldırma galvanizle kaplanmış, dış etkenlere dayanıklı, dayanıklılığı sağlayan ve izolasyon özeliği olan siyah renkte elektrostatik toz boya ile boyalı direkler kullanılmıştır. Direkler yapı çevresine aydınlatma hesabına uygun olacak şekilde zemine uygun ankraj saplamaları kullanılarak monte edilmiştir. Armatür ve direk seçiminde bölgedeki insan popülasyonu, eserin gündüz görünümüne olan etkisi, bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ve nem değerleri göz önünde bulundurulmuştur. Aydınlatma aygıtlarının montajı, bu aygıtlarla birlikte gelen özel montaj elemanları ile her direk üzerine projede belirtilen sayıda monte edilmiştir. Şekil 4.13'de görüldüğü üzere montaj elemanının sağladığı oynanabilir açı özelliği ile açısı ayarlanarak kule gövdesinde istenen tarama sağlanabilmiştir [99].



Şekil 4.13 Direk Üstü Aydınlatma Aygıtları Yerleşimi

Kule gövdesi için tasarlanan ışık seviyelerini yakalamak için aşağıda teknik özellikleri ve Şekil 4.14'de ışık dağılım eğrisi verilen 3000 K gün ışığı renk sıcaklığına sahip 70 W dar açılı metal halide lambalı aydınlatma aygıtı kullanılmıştır. Aydınlatma tasarımında kule gövdesinde ortalama 30 lx seviyelerinde bir aydınlık düzeyi hedeflenmiştir [100].

- HIT-CE 70 W
- 230V, 50 Hz
- Dar açılı, simetrik
- IP65
- G12 Soket
- 18903 lm
- Lider kablo vasıtası ile enerji verilecektir



Şekil 4.14 Siteco-5NX722E1MB08 Modeli LED Armatürü Ve Işık Dağılım Eğrisi

Kule yakın çevresindeki meydanı aydınlatmak için aşağıda teknik özellikleri verilen 2700 K renk sıcaklığına sahip 7 W E27 duylu Şekil 4.15'de görülen harici aydınlatma aygıtı kullanılmıştır [101].

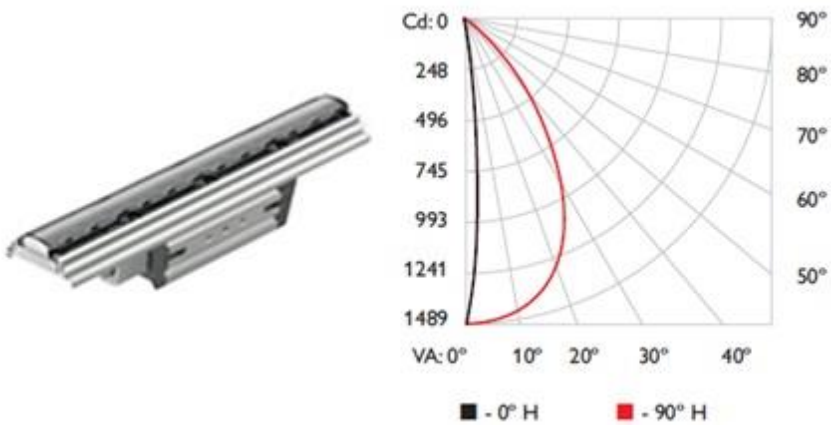
- LED 7 W
- 230V, 50 Hz
- Lens yok
- IP65
- 805 lm
- 3×2,5 mm kesitli kablo vasıtası ile enerji verilecektir



Şekil 4.15 Bega-66491 Modeli Aydınlatma Aygıtı

Alt Pencere İçi Aydınlatması: Hem kent hem de insan ölçeğinde algılanabilen bölüm olan alt pencere içlerinde gerek masif gövdeye hareket katmak gerekse bu bölgelerde kule içindeki farklı yanan aydınlatmanın dışarıda oluşturduğu karmaşayı engellemek adına dim edilebilir dâhili sürücülü wallwasher tipi aydınlatma aygıtları kullanılmıştır. Pencerelerin iç kısımlarını aydınlatmak amaçlı kullanılan 2700 K LED aydınlatma aygıtları ile parıltı kontrastı yapılarak pencere detaylarının bina yüzeyindeki detaylardan ayrılması planlanmıştır. Şekil 4.16'da ışık dağılım eğrisi görülen aydınlatma aygıtının teknik özellikleri aşağıdaki gibidir [99],[102].

- 305 mm 15 W 2700 K
- IP66, IK10
- 10×60° lensli
- 384 lümen
- 100000 saat ömür
- Dim edilebilir dâhili sürücü
- Lider kablo vasıtası ile enerji verilecektir



Şekil 4.16 PHILIPS BCS419 Modeli LED Armatürü ve 10×60° Işık Dağılım Eğrisi

Aydınlatma aygıtının montajı, montaj elemanı ile bina yüzeyi arasında kauçuk olacak şekilde yerleştirilen projeye özel sıkıştırılabilir montaj elemanı ile yapılmıştır. Şekil 4.17'de montaj detayları görülen aydınlatma aygıtının açı ayarları için sağa, sola, öne ve arkaya hareket eden ortadan mafsallı ek parça kullanılmıştır. Aydınlatma tasarımında ilk boğumun altında kalan pencerelerde ortalama 50 lx seviyelerinde bir aydınlık düzeyi hedeflenmiştir [99].

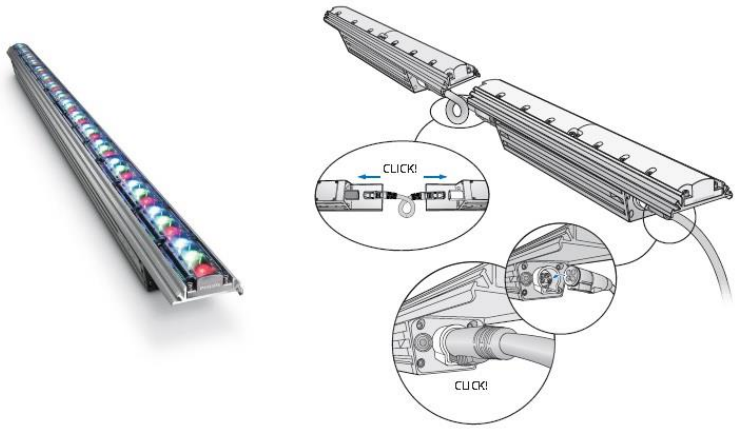


Şekil 4.17 Alt Pencere İçi Aydınlatması Montaj Detayı

Nişli Pencere İçi Aydınlatması: Çeşitli özel günlerde genel aydınlatma prensiplerine aykırı olmayacak biçimde aydınlatmada kullanılan ışık renkleri değiştirilerek aydınlatmanın estetik algısı artırılabilir. Aydınlatılan eserin bulunduğu bölgedeki insanların esere karşı farkındalığı artırılabilir ve ilham kaynağı olabilir. Bu nedenle yapı yüzünde malzeme rengi olarak farklı özelliğe sahip ve kent ölçeğinde etki edebilecek geniş nişli büyük kemerli pencere içlerinde

RGB LED'li dâhili sürücülü wallwasher tipi aydınlatma aygıtları kullanılmıştır. RGB LED'li aydınlatma aygıtı yapısında bulunan üç ayrı renk çipi ve bir kontrol devresi sayesinde geniş bir renk skalası oluşturabilir aynı zamanda 2000 K ile 6500 K renk sıcaklığı arasında ışık yayabilir. Bu bölümdeki pencerelerde normal şartlarda yapı malzemesi olan ateş tuğlasına yakın bir renk tercih edilmiş olup özel günlerde pencere içlerindeki aydınlatma rengi temaya uygun olarak değişmektedir. Bu sayede dış cepheyle renk kontrastı sağlanmış, yapının uzaktan algılanabilirliği artırılmıştır. Şekil 4.18'de bağlantı detayı görülen aydınlatma aygıtının teknik özellikleri aşağıdaki gibidir [99],[103].

- 305 mm 17,5 W RGB
- IP66, IK10
- 30×60° lensli
- 384 lümen
- 100000 saat ömür
- Dim edilebilir dâhili sürücü
- Lider kablo vasıtası ile enerji verilecektir



Şekil 4.18 PHILIPS BCS459 Modeli LED Armatürü Ve Bağlantı Detayı

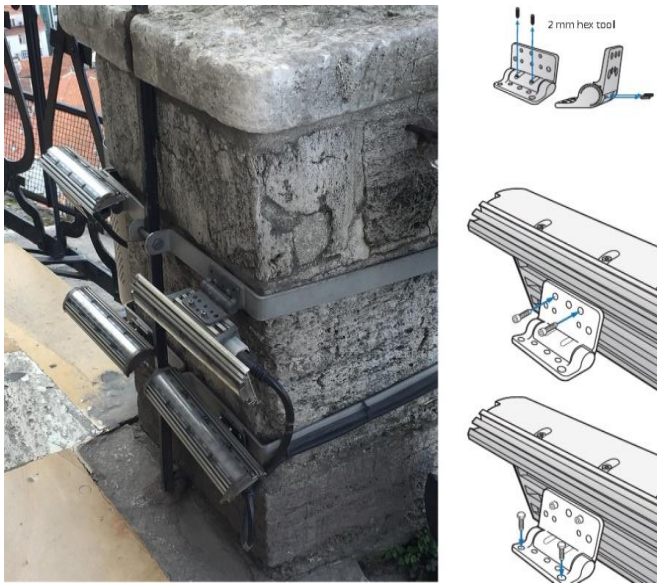
- Bu bölümde bulunan pencereler restoran olarak kullanıldığından söz konusu aydınlatma aygıtları; içerideki atmosferi ve görsel konforu bozmadan aydınlatma yapabilmesi için Şekil 4.19'da görüldüğü üzere özel metal bir donanımla ışığın restoran içine girmesini engelleyecek şekilde montaj yapılmıştır. Nişli pencerelerde bulunan aydınlatma aygıtları uçları kauçuk takozlu sıkıştırılabilir montaj elemanı

kullanılarak sabitlenmiştir. Işığın katta bulunan ziyaretçileri rahatsız etmemesi için ışıklık arkalarında özel metal perdelikler kullanılmıştır. Normal zamanlarda nişli pencerelerde ortalama aydınlık düzeyi 20 lx seviyelerinde bir hedeflenmiştir [99].



Şekil 4.19 Nişli Pencere İçi Aydınlatması Montaj Detayı

Seyir Terası Aydınlatması: Kulenin teras kat aydınlatılması bu bölümdeki derinlik hissini algılatmak için arka fonda bulunan duvar aydınlatılmıştır. Yapıda ilk boğumun üstünde kalan nişli pencerelerde kullanılan RGB tipi LED aydınlatma aygıtları, Şekil 4.20'de görüldüğü üzere seyir terası bölümünde de kullanılarak iki alan arasındaki mimari bütünlük yapılan armatür seçimleriyle tasarımlara da yansıtılmıştır.



Şekil 4.20 Seyir Terası Aydınatma Aygıtı Yerleşimi Ve Montaj Elemanı

Bu nedenle seyir terası aydınlatması için de nişli pencere içlerinde tercih edilen RGB LED'li dâhili sürücülü wallwasher tipi aydınlatma aygıtları kullanılmıştır. Korkuluk demirleri arasındaki babalara tutturulacak olan RGB LED'li aydınlatma aygıtları nişli pencerelere konulan aynı tip armatürlerle ışık şiddeti ve ışık rengi bütünlük içerisinde çalışacaktır [99].

Bu bölümde bulunan balkon mevcut işletmeci firma tarafından seyir terası olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle söz konusu armatürler zaman zaman vandalizme maruz kalmaktadır. Bu sorunu asgariye indirgeme adına burada bulunan armatürlerin IK değerleri özellikle yüksek seçilmiş, kablo bağlantıları özel korumaya alınmış ve Şekil 4.21'de görülen armatür montaj aparatı 4 mm'lik özel sacdan imal edilmiştir [99].

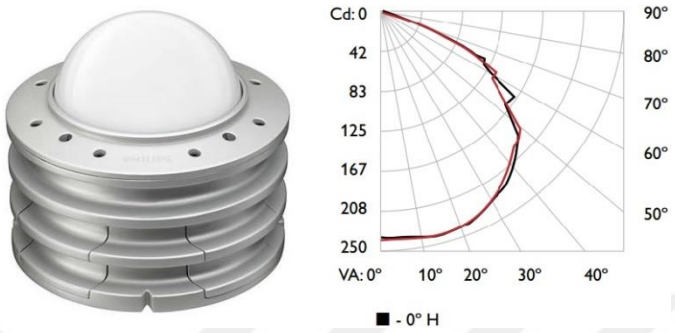


Şekil 4.21 Seyir Terası Aydınlatması Montaj Detayı

Seyir Terası Noktasal Aydınlatması: Gerek seyir terasında derinlik algısını yaratabilme gerekse ışık rengi bütünlüğü korunulan nişli pencere ve seyir terası bölümlerinin arasında ışıktan perde oluşturarak seyir terasının önemli mimari öğelerinden balkon bablarını gözler önüne sermek adına seyir terası balkon demirlerinin tutunduğu babaların ön alınlarında sıva üstü armatürler kullanılmıştır. 2700 K – 6500 K arasında renk sıcaklığı sunabilen bu noktasal LED ürünler ile normal günlerde 2700 K – 3000 K renk sıcaklığında kullanılırken özel günlerde armatür rengi yapıdaki diğer armatürlerle uyumlu olarak değiştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Şekil 4.22'de ışık dağılım eğrisi görülen aydınlatma aygıtının teknik özellikleri aşağıdaki gibidir [99],[104].

- 139-164 mm, 25 W, 2700 K

- IP66, IK10
- 150° lensli
- 100000 saat ömür
- Dim edilemez dâhili sürücü
- Lider kablo vasıtası ile enerji verilecektir



Şekil 4.22 PHILIPS BCP780 Modeli LED Armatürü Ve Işık Dağılım Eğrisi

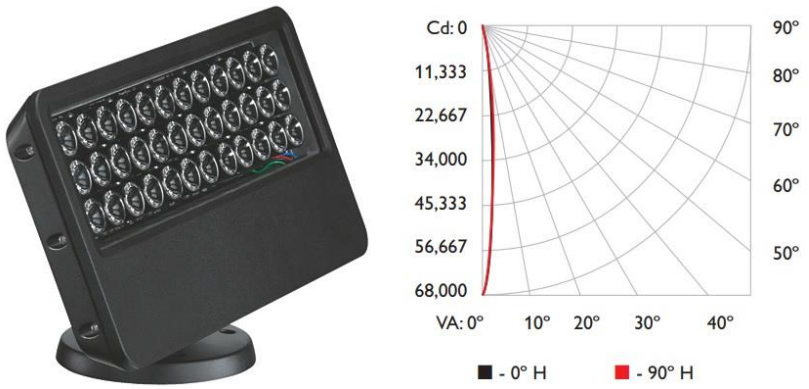
Noktasal sıva üstü armatürler balkonun dış tarafında kalmakta ve bu durum herhangi bir arıza durumunda üzerine montajı yapılan metal aparattan çıkarılmasını zorlaştırmaktadır. Şekil 23'de görüldüğü üzere seyir terası balkon babalarında konumlandırılan özel metal bir donanımla sabitlenen noktasal aydınlatma aygıtlarının ürün tamirat ve demontajını kolaylaştırmak adına aydınlatma aygıtı ile balkon babası arasında çalışma alanı kalacak şekilde tasarlanmıştır [99].



Şekil 4.23 Seyir Terası Noktasal Aydınlatması Montaj Detayı

Külah Aydınlatması: Külah kısmını aydınlatmak için, kurşun kaplı bölgenin üstünde dim edilebilir dâhili sürücülü LED projektörler kullanılmıştır. Külahın başladığı noktanın az eğimli kısmına yerleştirilecek olan 2700 K LED ürünler ile külahın ve yapının uzaktan da algılanabilmesi planlanmıştır. Kurşun yüzeylere monte edilecek armatürler, altlarına yerleştirilen ve terazide durmalarını sağlayacak biçimde şekillendirilen kurşun kaplı veya kauçuk takozlar ile birlikte monte edilmiş olup, Kurşun yüzeylerin birbirine tutturulması, özel kimyasal yapıştırıcı kullanılarak sağlanmıştır. Eserin külah kısmında 2700 K renk sıcaklığına sahip LED projektörler kullanılarak eserin tepe kısmı uzak bölgelerden de görülebilecek hale getirilmiş, bir zamanlar rasathane olarak kullanıldığı bilinen eserin zirveye ulaştığı, gökyüzüyle ve yıldızlarla buluştuğu nokta sıcak renklerle bezenerek eserin hem manevi güzelliklerini ortaya çıkarmak hem de estetik duygulara da hitap edilmek istenilmiştir. Şekil 4.24'de ışık dağılım eğrisi görülen aydınlatma aygıtının teknik özellikleri aşağıdaki gibidir [99],[105].

- 182-317 mm, 50 W, 2700 K
- IP66, IK10
- 10° lensli
- 70000 saat ömür
- Dim edilebilir dâhili sürücü
- Lider kablo vasıtası ile enerji verilecektir



Şekil 4.24 PHILIPS BCP473 Modeli LED Armatürü ve Işık Dağılım Eğrisi

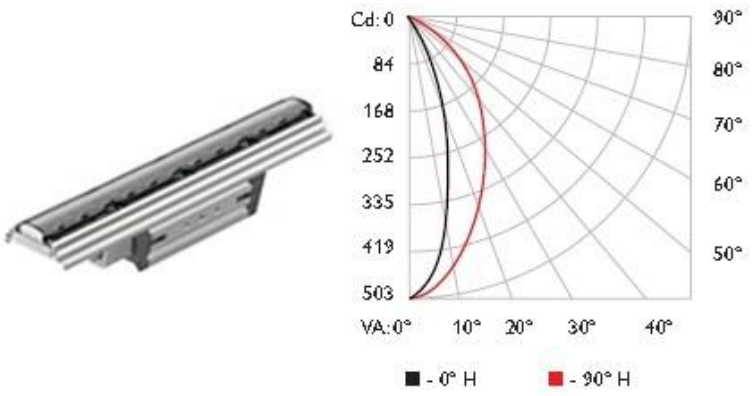
Külah kısmını aydınlatan armatürler değişken açılı oynar başlıklı, tabanı kurşun kaplı veya kauçuk takozlarla ile monte edilecektir. Kurşun yüzeylere montaj için

yüksek ısı değişimlerine, mekaniksel ve elektriksel şoklara, suya ve çeşitli kimyasallara karşı dayanıklı özel yapıştırıcı kullanılmıştır. Herhangi nedenle yapıştırıcının kendini bırakması durumunda aydınlatma aygıtlarının birbirini tutması için aralarına 10 mm kesitli çelik monotel çekilmiştir. Böylece istenilen zamanda söz konusu montaj elemanları esere zarar vermeden rahatlıkla sökülebilir. Şekil 4.25'de aydınlatma aygıtlarının konumu görülmektedir [99].



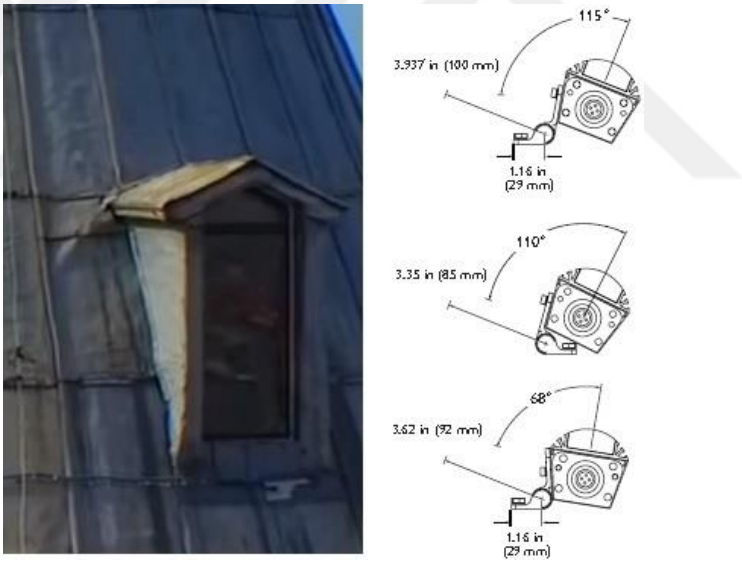
Şekil 4.25 Külah Aydınlatması Montaj Detayı

Külah Penceresi Denizliği Aydınlatması: Kulenin sivri külah aydınlatması dar açılı projektörler kullanılarak yapılmış ve külahın konik biçimi gözler önüne serilmiştir. Külahta bulunan pencereler gün ışığının iç mekâna alınmasının haricinde yapı yüzündeki konik biçimli çatıya hareket katarak yapı görseline katkıda bulunmaktadır. Bu mimari öğenin gece de algılanması için külahta bulunan pencere denizliğinde dim edilebilir dâhili sürücülü wallwasher tipi aydınlatma aygıtları kullanılmıştır. Yapıda ilk boğumun altında kalan pencerelerde kullanılan LED aydınlatma aygıtları, külah penceresi bölümünde de kullanılarak pencereler arasındaki mimari bütünlük yapılan armatür seçimleriyle tasarımlara da yansıtılmıştır. Külah penceresi denizliğine tutturulacak olan Şekil 4.26'da ışık dağılım eğrisi görülen LED'li aydınlatma aygıtları ilk boğum altı pencerelere konulan aynı tip armatürlerle ışık şiddeti ve ışık rengi bütünlük içerisinde çalışacaktır ancak külah yüzeyindeki aydınlatma ile ışık şiddeti kontrastı oluşturacaktır [99],[105].



Şekil 4.26 PHILIPS BCS419 Modeli LED Armatürü ve 30x60°Işık Dağılım Eğrisi

Külah penceresi denizliğinin kurşun kaplı olması nedeniyle aydınlatma aygıtı takoz üzerinden yapıştırma yöntemiyle bu bölgeye sabitlenmiştir. Ayrıca montaj takozları arası 10 mm kesitli çelik monotel çekilmiş olup aydınlatma aygıtının açı ayarları için Şekil 4.27'de görülen sağa, sola, öne ve arkaya hareket eden ortadan mafsallı ek parça kullanılmıştır [99].



Şekil 4.27 Külah Penceresi Aydınatma Aygıtı Yerleşimi Ve Mafsallı Ek Parça

Külah Penceresi Çakar Aydınlatması: Eserin külah pencereleri kısmında ikinci olarak 2700 K renk sıcaklığına sahip çakar LED projektörler kullanılmıştır. Galata Kulesi ile ilgili efsanelerde geçen Galata Kulesi ve Kız Kulesi aşkının bir simgesi olarak çakar efekti insanın göz kırpmasına benzetilmiş ve eserin külahında bulunan dört pencereden üçü sabit şekilde yanıp söndürülürken Kız Kulesi'nine bakan penceredeki aydınlatma aygıtı zamansal olarak mors alfabesinde

‘‘seni seviyorum’’ anlamına gelecek şekilde yanıp sönmesi sağlanarak Galata Kulesi’nin Kız Kulesi’ne aşkı ilanı şeklinde tasarlanmıştır. Şekil 4.28’de ışık dağılım eğrisi görülen aydınlatma aygıtının teknik özellikleri aşağıdaki gibidir [99],[106].

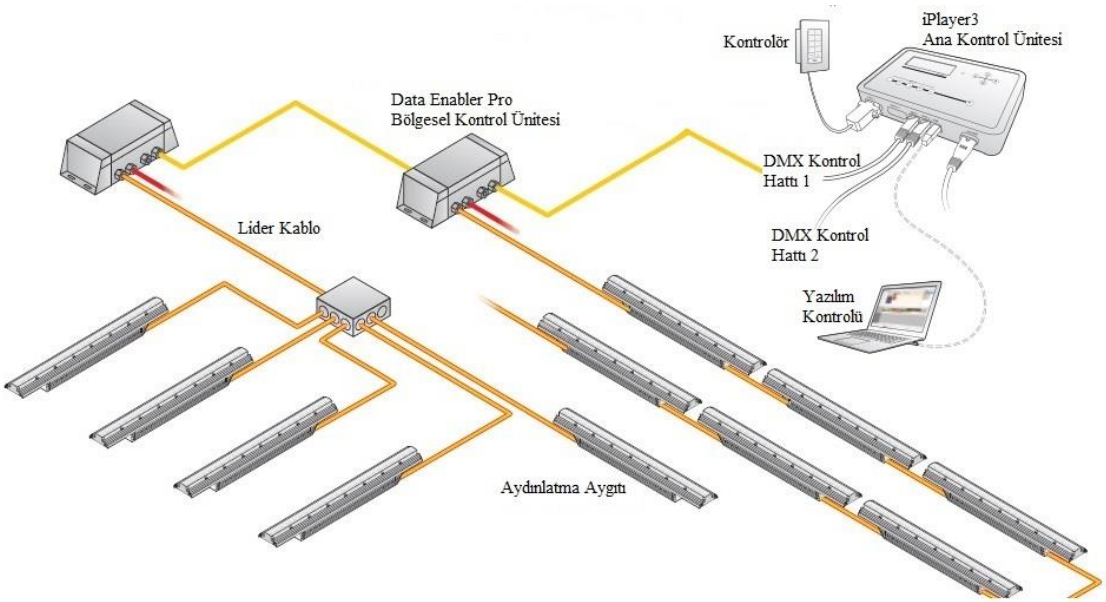
- 163-175 mm, 30 W, 2700 K
- IP66, IK10
- 8° lensli
- 90000 saat ömür
- Dim edilebilir dâhili sürücü
- Lider kablo vasıtası ile enerji verilecektir



Şekil 4.28 PHILIPS BCP463 Modeli LED Armatürü ve Işık Dağılım Eğrisi

Kendi montaj aparatı bulunan aydınlatma aygıtı esere hiç bir zarar vermeden kelepçe tipi montaj yöntemi kullanılarak pencere içine sabitlenmiştir.

Aydınlatma Sistemi Ana Kontrol Ünitesi: Galata Kulesi yapı yüzü aydınlatma sistemi sadece aydınlatma aygıtlarından oluşan bir sistem olmayıp içinde standart DMX512A protokolü üzerine tasarlanan DMX kontrol ünitesi, aşırı gerilim koruma modülü, anahtarlama modülü, arayüz modülü ve sinyal güçlendirici birimlerinden oluşan aydınlatma otomasyon sistemini barındırır. Şekil 4.29’da aydınlatma otomasyon sisteminin prensip şeması görülmektedir [107].



Şekil 4.29 Galata Kulesi Aydınlatma Otomasyon Sistemi Prensip Şeması

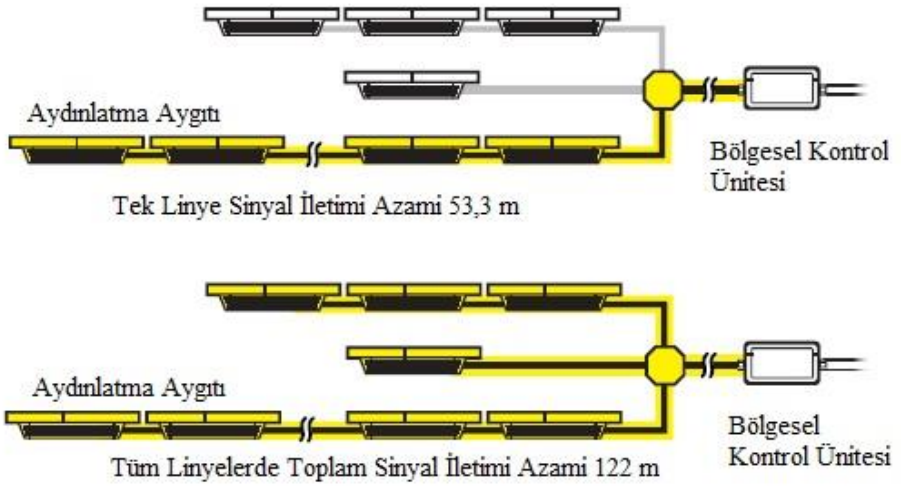
Sistemdeki tek renk armatürlerin ışık şiddetini kontrol etmek ve RGB LED'li aydınlatma aygıtlarının ise renk değişimlerini ayarlamak ışık gösterilerini veya ön tanımlı programlarını oynatabilmek amacıyla DMX kontrol ünitesi kullanılmıştır. Üzerinde bulunan dokunmatik buton ve LCD arayüzü ile daha önceden yüklenen programlar arasında geçiş yapılmasını sağlayan ana kontrol ünitesi mimari ve dekoratif aydınlatmaları, stant ve tabela aydınlatmaları, basit sahne aydınlatma uygulamalarında kullanılmaktadır. Şekil 4.30'da fotoğrafı görülen ana kontrol ünitesinin temel özellikleri aşağıdaki gibidir [107].

- Kolay kablolama sayesinde kolay kurulum
- Üst düzey güvenlik
- 340 RGB ışık kaynağına kadar kontrol
- 100-240 V çalışma aralığı
- 5 W güç ihtiyacı
- 512 DMX adresli 2 üniversal girişli
- IP20



Şekil 4.30 PHILIPS SSLCTR LRC9628/ IPLAYER3 EU(100-240)

Aydınlatma Sistemi Bölgesel Kontrol Ünitesi: DMX bilgilerini tek bir ana merkezden alarak seri bağlantılarla diğer bütün bağlı aydınlatma armatürlerine iletir. Böylelikle RGB ve dim edilebilir tek renkli armatürün kontrolü sağlanır. Bu ünite hem DMX hem de ethernet bağlantılarında kullanılabilir. Aydınlatma otomasyon sistemi kablolaması tasarlanırken aydınlatma aygıtlarının enerji beslemelerindeki azami çalışma uzunluklarına ek olarak Bölgesel Kontrol Ünitesinin de azami çalışma uzunluğuna dikkat edilmelidir. Bölgesel Kontrol Ünitesinden aydınlatma aygıtlarına sinyal iletiminin sorunsuz olması için üniteye bağlanan aydınlatma aygıtlarının en uzun linyesi azami 53,3 m bir Bölgesel Kontrol Ünitesine bağlı linyelerin toplam uzunluğu azami 122 m olmalıdır. Şekil 4.31'de Bölgesel Kontrol Ünitesine bağlanan aydınlatma aygıtları kablolamalarının azami uzunluklarına ait prensip şema görülmektedir [108].



Şekil 4.31 Bölgesel Kontrol Ünitesine Kablo Bağlantısı Prensip Şeması

RGB veya ayarlanabilir beyaz, DMX veya ethernet kontrollü, iç veya dış mekân armatürü olmasına bakılmaksızın powercore tabanlı çalışan tüm aydınlatma aygıtları otomasyonu için Bölgesel Kontrol Ünitesi tek çözüm yöntemidir. Şekil 4.32'de fotoğrafı görülen bölgesel kontrol ünitesinin temel özellikleri aşağıdaki gibidir [108].

- Kolay kablolama sayesinde kolay kurulum
- DMX, Ethernet, enerji hattından sinyal iletimi
- Üst düzey güvenlik
- 20 W güç ihtiyacı
- 100-277 VAC çalışma aralığı
- IP66



Şekil 4.32 PHILIPS ZCX400 100-277V Data Enabler Pro EU

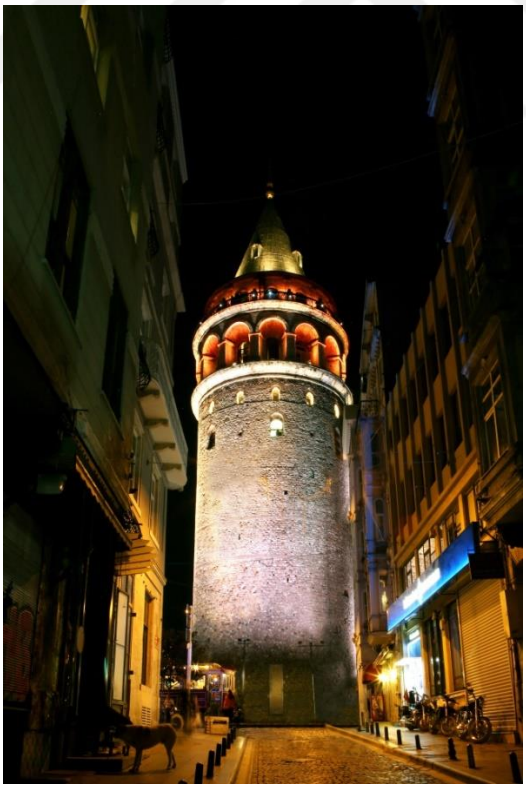
4.7 Galata Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatmasının Yakın Çevre ve İstanbul Siluetindeki Yeri

İstanbul gibi tarihî yönden ağırlık taşıyan kentler için tarihî yapıların aydınlatılması gece kent siluetinin oluşmasında büyük önem arz etmektedir. Galata Kulesi aydınlatma tasarımında yapının tarihî, mimari, çevre ve bulunduğu konum özellikleri dikkate alınarak yapıya en uygun teknik ve estetik yaklaşımlarla insan ölçeği olarak betimlenen gövde kısmında statik, kent ölçeğinde algılanabilen üst kısımlarda ise dinamik aydınlatma sistemleri ile çözüm getirilmeye çalışılmıştır. İstanbulu'un en önemli kültürel miraslarından biri olan Galata Kulesi yapı yüzü aydınlatmasının farklı açılardan yakın çevresinde diğer bir deyişle insan ölçeğindeki algısı Şekil 4.33'de, Şekil 4.34'de, Şekil 4.35'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.33 Galata Kulesi Çevresi

Galata Kulesi aydınlatması insan ölçeği yaklaşımdaki en çok dikkat edilen hususlardan biri de meydan çevresinde oturan ya da dolaşan ziyaretçilerin güvenlik ve sosyal ihtiyaçlarını karşılamakatır. Tepe noktası görülmeyen ama taş gövde olarak algılanabilen silindirik kütlenin burada yapılan aydınlatma ile estetik olarak algılanma imkânı bulmaktadır.



Şekil 4.34 Büyük Hendek Caddesi'nden Galata Kulesi Görünümü

Büyük Hendek Caddesi'nden Galata Kulesi'nin neredeyse tamamı görülebilmektedir. Yerli ve yabancı turistlerin en çok fotoğraf çektikleri açılardan biri olan bu görünümde yapı yüzünde parlamaya ya da yakında bulunan otel odalarına ışık girişine neden olabilecek herhangi bir ışık kaynağının olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.35 Şahkapısı Sokak'tan Galata Kulesi Görünümü

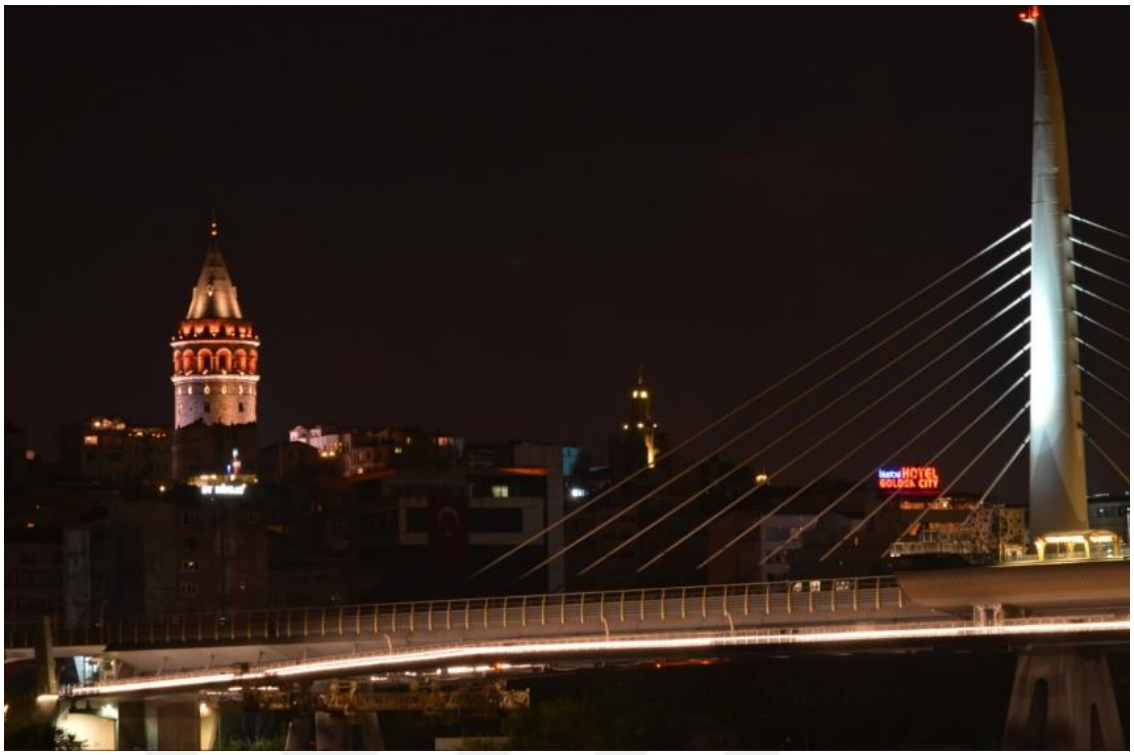
Kafe ve restoranların bulunduğu Şahkapısı Sokak'tan Galata Kulesi'nin gövdesinin yarısı üst kısmının ise tamamı görülmektedir. Galata Kulesi'ninin hemen ön tarafında bulunan taş duvarlar ise tarihî eser niteliği taşımayıp güvenlik amaçlı genel aydınlatma yapılmış olsa da ışık şiddeti ve renk kontrastı oluşturularak genel algı dışında bırakılmaya çalışılmıştır.

Konumu itibari ile hem tarihî yarımada olarak adlandırılan Eminönü bölgesinden hem de Üsküdar bölgesinden izlenebilen Galata Kulesi bakış açısına birçok eserle birlikte aynı fotoğraf karesi içine girebilmektedir. Topkapı sarayından Beyazıt Kulesi'nine, Galata Köprüsü'nden Haliç Metro Köprüsü'ne, Şemsipaşa Camisinden Kız Kulesi'ne kadar birçok eserle birlikte aynı bakış açısına girebilen Galata Kulesi'nin İstanbul siluetinde Şekil 4.36'da, Şekil 4.37'de, Şekil 4.38'de görüldüğü gibi iz bırakmaktadır.



Şekil 4.36 Eminönü Sahil'den Galata Kulesi Görünümü

Eminönü sahilden Galata Kulesi'nin ilk boğumu ve yukarısı görülebilmektedir. Bu açıda Galata Köprüsü ve Karaköy Meydanı ile görülebilen Galata Kulesi'nin yakın çevresi ve arka planından rahatlıkla ayrıldığı görülebilmektedir.



Şekil 4.37 Unkapanı Sahil'den Galata Kulesi Görünümü

Haliç hattının en önemli bölgelerinden olan olan Unkapanı sahilden Galata Kulesi'nin üst kısmının ise tamamı görülmektedir. Çağdaş mimari yapı olan Haliç Metro köprüsüyle aynı bakış açısında bulunan Galata Kulesi ışık şiddeti ve ışık rengi kontrastıyla rahatlıkla algılanmaktadır.

Galata Kulesi aydınlatması kent ölçeği yaklaşımdaki dikkat edilen diğer bir noktada Üsküdar Salacak'tan olan görünümdür. Bu görünümde Sarayburnu'ndan Tophane'ye İstanbul siluetinde bulunan birçok eseri görmek mümkündür. Salacaktan bakıldığında özellikle tarihî yarımadadan başlayarak Tophaneye giden hatta birçok eserin aydınlatıldığı ancak bu eserler arasında herhangi bir önem sırası gözetilmeksizin kimisinin gereğinden fazla kimisinin ise olması gerekenden az aydınlatıldığı görülmektedir. Bu durum kent kimliğini yansıtacak ve kent aydınlatmasında bütünlüğü sağlayacak Aydınlatma Master Planı'nın hazırlanması gerekliliğini bir kez daha ortaya koymaktadır. Bu açıdan gözlemin bir diğer önemi ise Galata Kulesi aydınlatma tasarımında büyük önemi olan Kız Kulesiyle aşkının simgeleştirildiği göz kırpma efektinin rahat bir biçimde farkedilebilmesidir.



Şekil 4.38 Salacak Sahil'den Galata Kulesi Görünümü

Tarihî yapılarda kimliğinden bağımsız olarak sanatsal etki yaratma veya ilgi çekme amacıyla yapı yüzlerinde ışık ve ses gösterileri yapılabilmektedir. Her ne kadar doğru olan uygulama doğal aydınlatmaya benzer aydınlatma sistemlerinin kullanılması olsa da mesaj verme veya kamuoyu oluşturma amacıyla dinamik aydınlatma ile çeşitli görüntüler elde edilmesi adına farklı uygulamalar da tercih edilebilir. Dinamik aydınlatma uygulamasında renkli ışık yayan aydınlatma aygıtları, çeşitli aydınlatma şablonlarının kullanılabildiği "gobo projektörler", resim video ve animasyonların yapılabildiği video projeksiyon cihazları kullanılabilmektedir. Galata Kulesi'nde de zaman zaman gerek sanatsal etki yaratma gerekse kamuoyu oluşturma amacıyla birçok dinamik aydınlatma uygulamaları hayata geçirilmektedir. Galata Kulesi'nde uygulanan birçok tema aydınlatmasından birkaçı Şekil 4.39'da ve Şekil 4.40'da görülmektedir.



Şekil 4.39 İstanbul Gençlik Festivali Kapsamında Galata Kulesi Aydınlatması

2018 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından organize edilen İstanbul Gençlik Festivali tanıtımları kapsamında Galata Kulesi üzerinde video projeksiyon yöntemiyle "video mapping" uygulaması yapılmıştır [109].



Şekil 4.40 Günün Anlam ve Önemine Göre Galata Kulesi Aydınlatması

Milli Bayramlar, Enerji Tasarrufu Günü, Yeşilay Haftası gibi kamuoyunun ilgisinin yönlendirilmesi ya da topluma herhangi bir mesaj verme amacıyla Galata Kulesi'nde birçok dinamik aydınlatma uygulaması yapılmıştır. Bunun için zaman zaman gövde istenilen renkte aydınlatılıp büyük pencere ve teras sabit renkte bırakılırken, zaman zamanda gövde sabit renkte bırakılıp balkon ve pencereler farklı renklerde aydınlatılmaktadır.

4.8 Maliyet Analizi

Enerji; ekonominin en önemli girdisi, dünya siyaset politikasını yönlendiren bir meta ve iklim değişikliği etkileri dolayısıyla dünyanın ekonomik, sosyal ve coğrafik düzeninin gelecekteki en etkin belirleyicisi konumundadır. Türkiye enerji konusunda gittikçe artan ve önem arz eden bir taleple karşı karşıyadır. 2010 yılında birincil enerji tüketimi 109,3 milyon TEP olarak gerçekleşmiş olup, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) birincil enerji ihtiyacının 2020 yılında 222 MTEP seviyesine erişeceğini tahmin etmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın hazırladığı son elektrik revize talep tahmini (2009-2018); 2019 yılında, Yüksek Talep Senaryolarına göre yaklaşık 390 milyar kWh, Düşük Talep Senaryolarına göre ise 367 milyar kWh düzeyine ulaşılacağını göstermektedir. Türkiye'de 2010 yılında birincil enerji tüketimini, ithalata bağımlığı %90'ın üzerinde belirlenmiş bu senaryoya göre 2020 yılında Türkiye'nin ithal enerji faturasına ödeyeceği rakam 85-100 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. Bu durum Türkiye'de özellikle de kamuya ait bina ve işletmelerde enerji verimliliği çalışmalarıyla ilgili tedbirler alınmasını zorunlu hale getirmektedir [110],[111].

Konuya aydınlatma penceresinden bakıldığında aydınlatmada enerji verimliliği ortamdaki aydınlatmanın temel kalite kriterlerini azami düzeyde sağlayarak hiç bir görsel konfordan ve kişilerin görme performansından ödün vermeden verimli aydınlatma elemanları ve otomasyon sistemleri gibi teknolojik yenilikleri kullanarak asgari enerji tüketimini sağlamaktır. Günümüzde enerji verimliliği yüksek aydınlatma sistemleri denilince akla ilk olarak otomasyon sistemi ile birlikte LED'li aydınlatma aygıtlarının kullanıldığı aydınlatma sistemleri gelmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte optik, eleketriksel ve termal kayıpların gittikçe düştüğü, boyutlarının küçüldüğü, kontrolünün kolaylaştığı LED'li aydınlatma aygıtları yapı yüzü aydınlatmasındaki kullanım oranı gün geçtikçe artmaktadır. Son yapılan çalışmaların ardından 50000 saatin üzerinde çalışma ömrü olduğu bilinen LED'li aydınlatma aygıtları; işletme ve bakım maliyetleri bakımından konvansiyonel aydınlatma sistemlerine göre başarılı bir performans sergilerken yatırım maliyetinin yüksek olması LED'li aydınlatma aygıtlı sistemlerin kullanım alanlarını kısıtlamaktadır. Bu nedenle konvansiyonel

aydınlatma aygıtlarının da kullanılabileceği tasarımlarda maliyet açısından doğru karşılaştırmalarının yapabilmesi için yapı yüzü aydınlatmasında kullanılabilecek LED'li ve konvansiyonel aydınlatma aygıtlarının işletme ve bakım maliyetlerininin yanında ilk yatırım maliyetlerini de kapsayan yıllara yayılı detaylı analizlerinin yapılması gerekmektedir [6],[110],[111].

Tarihî yapılarda sadece LED ya da sadece konvansiyonel sistemlerle yapılan aydınlatma çalışmaları olabileceği gibi eserin konumu, çevresel etkiler ve maliyet analizleri gibi değerlendirmeler yapılarak, Galata Kulesi'ndeki gibi esere özgü "karma sistemler" de uygulanabilir. Doğru maliyet analizinin yapılabilmesi için aydınlatma sisteminde kullanılan tüm aydınlatma aygıtı ve yardımcı elemanlarının teknik özellikleri iyi bilinmelidir. Galata Kulesi'nin konvansiyonel aydınlatma sistemine ait teknik değerler Tablo 4.1'de, mevcut LED'li aydınlatma sistemine ait teknik değerler ise Tablo 4.2'de görülmektedir.

Tablo 4.1 Konvansiyonel Aydınlatma Ürünlerinin Teknik Özellikleri

No	Ürün Tanımı	Konum	Lamba Gücü	Balast Gücü	Miktar	Renk Sıcaklığı
1	Meydan Aydınlatma Armatürü	Direk Üstü	42W	46W	9	3000 K
2	250 W HIT-CE E40 Projektör	Direk Üstü	250W	275W	18	4000 K
3	70 W Rx7s Projektör	+29.74	70W	77W	14	3000 K
4	150 W HIT-CE G12 Fl 30 Projektör	+33.59	150W	165W	28	3000 K
5	30 W G9 Projektör	+41.85	30W	33W	14	3000 K
6	150 W HIT-CE G12 Fl 60 Projektör	+41.85	150W	165W	28	3000 K
7	70 W HIT-CE G12 Fl 30 Projektör	+45.76	70W	77W	8	3000 K
8	70 W Rx7s Projektör	+50.80	70W	77W	4	3000 K
9	35 W HIT-CE G12 Sp 10 Projektör	+50.80	35W	39W	4	3000 K
10	Çelik Konik Aydınlatma Direği	+00.00	-	-	-	-

Maliyet analizi yapılacak bu iki durumun birbirinden en belirgin farkı birinci durumun konvansiyonel aydınlatma aygıtları ve zaman saaatli açma/kapama anahtarlı kontrol sistemine, ikinci durumun ise LED'li aydınlatma aygıtları ve

otomatik anahtarlı kontrol sistemine sahip olmasıdır. Seçilen aydınlatma aygıtları temel olarak ilk yatırım maliyetini büyük oranda etkilerken kontrol sistemi ise işletme maliyetinin üzerinde etkilidir.

Tablo 4.2 LED'li Yapı Yüzü Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri

No	Ürün Tanımı	Ürün Adı Ve Kodu	Konum	Güç	Miktar	Montaj Türü	Renk Sıcaklığı
1	Meydan Aydınlatma	Bega-66491 Duvar Armatürü	Direk Üstü	7W	9	Direk Üstü	2700 K
2	HIT-CE Projektör	Osram R1MINI-S 1X150W HIT-CE	Direk Üstü	150W	18	Direk Üstü	2700 K
3	305 mm Lıneer LED Armatür	Philips BCS419 10X60/2700 L305	+29.74	15W	14	Sıkıştırma	2700 K
4	305 mm Lıneer LED Armatür	Philips BCS419 10X60/2700 L305	+33.59	15W	14	Sıkıştırma	2700 K
5	305 mm Lıneer LED Armatür	Philips BCS459 10X60 RGB L305	+33.59	15W	42	Sıkıştırma	RGB
6	Yuvarlak LED Armatür	Philips BCP780 LED-HB/RGB100-240V	+41.85	25W	14	Kelepçe	RGB
7	305 mm Lıneer LED Armatür	Philips BCS459 10X60 RGB L305	+41.85	15W	28	Kelepçe	RGB
8	305 mm Lıneer LED Armatür	Philips BCS459 30X60 RGB L305	+41.85	15W	28	Kelepçe	RGB
9	LED Projektor	Philips BCP473 36XLED-HB-2700	+45.76	50W	8	Yapıştırma	2700 K
10	305 mm Lıneer LED Armatür	Philips BCS419 30X60/2700 L305	+50.80	15W	4	Yapıştırma	2700 K
11	Çakar LED Armatür	Philips BCP46319X LED-HB-2700	+50.80	30W	4	Asma	2700 K
12	Bölgesel Kontrol Ünitesi	Philips ZCX400 DATA Enabler Pro	Kontrol Odası	20W	4	-	-
13	Ana Kontrol Ünitesi	Philips SSLCTR LRC9628/ Iplayer3	Kontrol Odası	5W	1	-	-
14	Çelik Konik Aydınlatma Direği	-	+00.00	-	12	Ankraj	-

Bir binanın yapı yüzü aydınlatma toplam maliyetinin (*TM*) belirlenebilmesi için; aydınlatma aygıtı, lamba, montaj elemanı, besleme kablolarının satınalma ve montaj fiyatlarından oluşan yatırım maliyeti (*YM*), sistemin belirli sürede tükettiği toplam enerji miktarından işletme maliyeti (*IM*) ve rutin ve genel bakım giderlerinden ise bakım maliyeti (*BM*) hesaplanmalıdır. Buna göre toplam maliyet; yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve bakım maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır. Aşağıdaki hesaplamlarda; *ds*, direk sayısını; *df*, direk fiyatını; *n*, armatür sayısını; *af*, armatür fiyatını; *amf*, armatür montaj fiyatını; *ms*, montaj elemanı sayısını; *mf*, montaj elemanı fiyatı; *mmf*, montaj elemanı montajı fiyatını; *lku*, linye uzunluğunu; *lkf*, linye kablosu fiyatını; *lkmf*, linye montaj fiyatını; *sku*, sorti uzunluğunu; *skf*, sorti kablo fiyatını; *skmf*, sorti montaj fiyatını; *Pi*, armatür gücünü; *ef*, elektrik birim fiyatını; *ti*, günlük kullanım süresini; *ps*, personel sayısını; *pf*, personel günlük yevmiyesini; *yf*, günlük kullanılan yakıt fiyatını; *bas*, saatte bakımı yapılan armatür sayısını; *tç*, günlük çalışma saatini ifade eder [6].

$$TM = YM + IM + BM \tag{4.1}$$

$$YM = ds.(df + dmf) + n.(af + amf) + ms.(mf + mmf) + ls.(lf + lmf) + lku.(lkf + lkmf) + sku.(skf + skmf \tag{4.2}$$

$$IM = n.Pi.ef.10 - 3.365.ti \tag{4.3}$$

$$BM = ls.(lf + lmf) + [(ps.pf + yf).n / bas.tç] \tag{4.4}$$

Formüllerden de anlaşılacağı gibi maliyet analizini etkileyecek en önemli değişkenler yatırım maliyetinin en önemli faktörü olan aydınlatma aygıtlarının fiyatı ve işletme maliyetinin en önemli faktörü olan aydınlatma aygıtı gücüdür. LED'li aydınlatma aygıtlarının fiyatlarında üreticiden üreticiye büyük farklılıkların bulunması, LED paketlerine ait ömür ve performans özellikleri arasında büyük değişkenliklerin olması gibi birçok nedenden dolayı LED'li aydınlatma aygıtları için maliyeti etkileyen değerlerin belirlenmesi bir hayli karmaşık olmaktadır. Bununla birlikte gerçekçi değerlerin elde edilebilmesi için ilgili parametrelerin doğru belirlenmesi çok önemlidir. Bu nedenle 2015 yılı ile 2019 yılları arasında her yıl için ayrı ayrı maliyet analizi yapılacak olan bu çalışmada yatırım maliyeti hesaplamasında aydınlatma aygıtlarının fiyat bilgileri, işletme maliyeti açısından teknik bilgileri, bakım maliyetleri açısından ise personel ve yakıt giderleri bilgileri

güncel fiyatlar dikkate alınarak belirlenmiştir. Böylece teknik açıdan RGB LED'li armatürlerin renk ve ışık şiddeti gibi bir kısım teknik özelliklerine sahip olmayan konvansiyonel sistem temel esaslar çerçevesinde değerlendirilerek maliyet analizi hesapları gerçekleştirilmiştir. LED'lerin ekonomik ömrü ortalama 50000 saat ve günlük kullanım süresi de ortalama 10 saat kabul edilerek hesap periyodu 13 yıl olarak alınmış böylelikle LED ışık kaynaklarının değişim maliyetleri ihmal edilmiştir. Aydınlatma aygıtı, montaj elemanı, boru ve kablo, kontrol cihazları ve bunların montaj fiyatları için yıllık güncel fiyatlar alınarak her yıl için ayrı ayrı maliyet hesabı oluşturulmuştur. Personel günlük ücreti için asgari ücretin bir günlük tutarı, yakıt için o yılın ocak ayına ait yakıt ücreti baz alınmıştır. Tablo 4.3'de aydınlatma aygıtlarının ve yardımcı elemanların yıllara göre fiyat değişimleri Türk Lirası (TL) bazında sunulmuştur [6],[112],[113],[114].

Bakım maliyetleri için LED ışık kaynaklarının değişim maliyetlerinin ihmal edilebildiği 50000 saatlik ömür süresi hesap periyodu olarak kabul edilmiştir. Galata Kulesi bakım işinde bu süre boyunca ortalama 10000 saatlik lamba ömrü olan metal halide lambaların 5 kere değiştirilmesi gerekeceği görülmektedir. Galata Kulesi bakım işinde kullanılabilecek 18 adet 30-35 W, 26 adet 70 W, 28 adet 150 W ve 18 adet 250 W konvansiyonel aydınlatma aygıtında kullanılabilecek metal halojen lambalar için piyasadan toplanan fiyatlar baz alınmıştır. Bakım maliyetlerinde armatürlerin lamba değişimleri ve bunun için kullanılan araç gereç ve personel baz alınmış, temizleme, reflektör, sürücü gibi diğer parçaların değişimleri analize dâhil edilmemiştir [6].

Tablo 4.3 Maliyet Analizi İçin Yıllara Göre Fiyat Değişimleri

No	ÜRÜN TANIMI	2015	2016	2017	2018	2019
1	Meydan Aydınlatma Armatürü	400	440	484	535	585
2	HIT-CE Projektör	2500	3110	4000	5830	7315
3	305 mm Lineer LED Armatür	1100	1385	1790	2592	3170
4	305 mm Lineer LED Armatür RGB	1150	1410	1815	2655	3230
5	Yuvarlak LED Armatur	1420	1765	2275	3310	4040
6	LED Projektor	1760	2190	2820	4105	5000
7	Çakar LED Armatür	1970	2550	3480	5060	6140
8	Bölgesel Kontrol Ünitesi	3500	4390	5720	8330	10150
9	Ana Kontrol Ünitesi	6200	7900	10500	15300	18650
10	Çelik Konik Aydınlatma Direği	600	760	1000	1460	1770
11	Meydan Aydınlatma Armatürü	360	395	440	450	486
12	250 W HIT-CE E40 Nsp 5 Projektör	2520	3944	5040	6840	8184
13	70 W Rx7s Projektör	960	1500	1520	2050	2640
14	150 W HIT-CE G12 Fl 30 Projektör	996	1550	1560	2360	3000
15	30 W G9 Projektör	675	890	945	1500	1730
16	35 W HIT-CE G12 Fl 30 Projektör	890	1300	1420	2100	2800
17	250 W HIT-CE E40 Lamba	35	39	62	84	117
18	150 W HIT-CE G12 Lamba	42	48	63	87	120
19	70 W Rx7s Lamba	33	41	51	72	93
20	35 W HIT-CE G12 Lamba	30	36	47	65	90
21	Enerji Kablo ve Borusu	5,5	6,5	8	10	11,5
22	Sinyal Kablo ve Borusu	2,8	3,3	4,2	4,8	5,5
23	Ocak Dönemi Günlük Asgari Ücret	32	43	47	53	67
24	Ortalama Motorin Fiyatları	4,1	3,8	4,3	6,3	6,4

Galata Kulesi yapı yüzü aydınlatma tasarımında LED'li aydınlatma sistemi ve konvansiyonel aydınlatma sistemi kullanılması durumunda elektrik tüketim değerleri ve işletme maliyeti tablosu Tablo 4.4'de belirtilmiştir.

Yapılan hesaplara göre LED'li aydınlatma aygıtlarının kullanılması durumunda Galata Kulesi'ninin yıllık işletme maliyeti söz konusu yatırımın 2015 yılında yapılması durumunda %57,6; 2016 yılında yapılması durumunda %57,9; 2017 yılında yapılması durumunda %58,8; 2018 yılında yapılması durumunda %58,1; 2019 yılında yapılması durumunda %59,0 oranında düştüğü görülmektedir. Ancak her beş yılda da 13 yıllık kullanım ömrü periyodunda toplam maliyetin konvansiyonel sistemlere göre ekonomik olmadığı özellikle dövizle ile ilgili dalgalanmaların yoğun olduğu dönemlerde yatırım maliyeti oranındaki makasın daha da açıldığı belirlenmiştir.

Tablo 4.4 Galata Kulesi Maliyet Analizi Tablosu

Yıl	Aydınlatma Sistemi	Sistem Gücü (kW)	Birim Elektrik Enerjisi Maliyeti (TL/kWh)	1 Yıllık Tüketim Tutarı (TL)	13 Yıllık Toplam İşletme Maliyeti (TL)	Yatırım Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
2015	Konvansiyonel Aydınlatma	12,604	0,394	18126	268156	236927	505083
	LED'li Aydınlatma	5,668	0,394	8151	113682	427115	540798
2016	Konvansiyonel Aydınlatma	12,604	0,415	1.092	286430	340518	626948
	LED'li Aydınlatma	5,668	0,415	8586	120475	532872	653347
2017	Konvansiyonel Aydınlatma	12,604	0,412	18954	297041	388159	685200
	LED'li Aydınlatma	5,668	0,412	8524	122283	673842	796125
2018	Konvansiyonel Aydınlatma	12,604	0,715	32893	496934	522356	1019291
	LED'li Aydınlatma	5,668	0,715	14792	207963	951329	1159292
2019	Konvansiyonel Aydınlatma	12,604	0,715	32893	521866	660226	1182092
	LED'li Aydınlatma	5,668	0,715	14792	213879	1182338	1396217

Galata Kulesi ile ilgili yapılan çalışma konvansiyonel ve LED'li aydınlatma aygıtları arasındaki maliyet analizini göstermekte ve bu analizde LED'li aydınlatma aygıtları

toplam maliyet açısından ekonomik olmadığı görülmektedir. Ancak tarihî yapıların aydınlatma tasarım ve uygulama aşamalarında, aydınlatmanın niteliğinin, niceliğinin doğru yapılmasının yanında tarihî ve estetik özelliklerin ön planda bulundurulması oldukça önemlidir. Dolayısıyla bu tür yapılarda "mimari" ve "teknik" kriterler, ekonomik kriterlerden daha ön planda tutulmalıdır. Bir bölgenin, bir kentin hatta bir milletin geçmişten gelen sesi olan bu eserlerde yapılan aydınlatmaların tarihî esere zarar vermemesi (uygun montaj elemanlarının bulunması, kızılötesi, morötesi, ısı maruziyetinin önlenmesi), yüksek verimli, uzun ömürlü, esnek ışık ve renk seçeneklerinin bulunması ve ürün yelpazesinin geniş olması bu tür yapılarda LED'li aydınlatma aygıtlarının kullanımı hızla artırmaktadır. Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile birlikte LED'li aydınlatma aygıtlarının özellikleri gelişmiş, çeşitleri artmış ve kullanım alanları yaygınlaşmıştır. Dünya pazarında LED fiyatlarındaki düşüş trendi, operasyonel maliyet avantajları, tasarım ve uygulama kolaylığı nedeniyle özellikle aydınlatmanın çok daha uzun saatler boyunca kullanıldığı, ışık, renk ve yoğunluğunun önemli olduğu alanlarda LED aydınlatma aygıtlarının geleneksel aydınlatma aygıtların yerini aldığı görülmektedir. Hernekadar mevcut durumda aydınlatma sistemleri seçiminde fiyat en belirleyici faktörlerin başında gelse de, LED'li aydınlatma aygıtlarının pazara tamamen hâkim olacağı yakın gelecekte satın alımlara asıl yön verecek faktör akıllı sistemlerle entegre olabilen, hızlı tedarik edilebilen, kaliteli ve satış sonrası hizmetleri bulunan sistemler olacaktır. Türkiye toplam aydınlatma aygıtı pazarı her geçen gün büyümesine devam ederken, LED'li aydınlatma ürünlerinin de pazardan aldığı pay her geçen yıl katlanarak arttığı görülmektedir. 2012 yılı itibariyle %10 pazar payı bulunan LED'li aydınlatma ürünlerinin 2018 yılında pazar payında konvansiyonel aydınlatma aygıtlarının önüne geçerek %50'nin üzerine çıktığı belirtilmekte olup 2020 yılı itibariyle ise söz konusu oran %65'ler dolayında öngörülmektedir [115].

Bu bilgiler ışığında tarihî eserlerdeki yapı yüzü aydınlatmasında konvansiyonel ve LED'li aydınlatma sistemlerini karşılaştırmadan öte tarihî eserin çevresinde bulunan diğer canlıların da dikkate alındığı çevre odaklı yeni nesil LED'li aydınlatma sistemleri ile klasik LED'li aydınlatma sistemlerinin karşılaştırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

5
Kız Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatması

5.1 Kız Kulesi'nin Tarihi, Mimari Yapısı ve Efsanesi

Kentsel tarihi yaklaşık 3000 yılı bulan, üç medeniyete başkentlik yapan ve çağlar boyunca farklı uygarlık ve kültürlere ev sahipliği yapmış İstanbul'la neredeyse yaşıt olan 2500 yıllık eşsiz eser Kız Kulesi; antik çağdan günümüze birçok medeniyete görgü şahitliği yapmıştır. Birçok efsaneye konu olan Kız Kulesi ilk kez M.Ö. 410'da Atinalı komutan Alkibiades'in Asya sahillerinin bir çıkıntısı olan kara parçasının zamanla sahilden koparak oluşturduğu adacık üzerine Boğaz'a girip çıkan gemileri denetlemek ve vergi almak amacıyla bir kule inşa ettirdiği söylenir. Bundan yaklaşık 69 yıl sonra ise Yunan Komutan Chares kulenin bulunduğu adacığa mermer sütunlar üzerine eşi için anıt mezar yaptırarak kulenin bu zamana kadar gümrük istasyonu işlevini değiştirir. Tarih yaklaşık M.S. 1110'u gösterdiğinde ise İmparator Manuel Comnenos tarafından küçük adacığın üzerine ilk belirgin yapı inşa ettirilir. İmparator Manuel, hem düşman gemilerini Boğaz'a sokmamak, hem de ticaret gemilerinin gümrük vergisi vermeden geçişine engel olmak için Sarayburnu'nun bulunduğu yerden, kuleye zincir bağlatmıştır. Bizans döneminde zaman zaman harap olan ve yeniden onarımlar geçiren kule bu dönemde de gözetleme ve denetleme kulesi olarak kullanılmıştır [116],[117].

Osmanlı İmparatorluğu'nun İstanbul'u fethetmesinin ardından Fatih Sultan Mehmet'e adacıkta bulunan kaleyi yıktırarak yerine taştan etrafı mazgallarla çevrili kale benzeri bir yapı inşa ettirir. Ancak Kule, Osmanlı döneminde savunma kalesi olmaktan çok bir gösteri platformu olarak kullanılmış ve Mehterler burada top atışları ile birlikte nevbet (bir çeşit İstiklal Marşı) okumuşlardır. Kule Osmanlı döneminde de zaman zaman onarımlar görmüş çevresinin sığ olması sebebiyle 17. yy.'dan sonra kuleye bir de fener konulmuştur. Bu tarihten itibaren fener kimliği kazanan kule artık savunma kalesi işlevini tamamen yitirerek içinde bulunan toplar özellikle tahta geçiş ve selamlama merasimlerinde kullanılmak

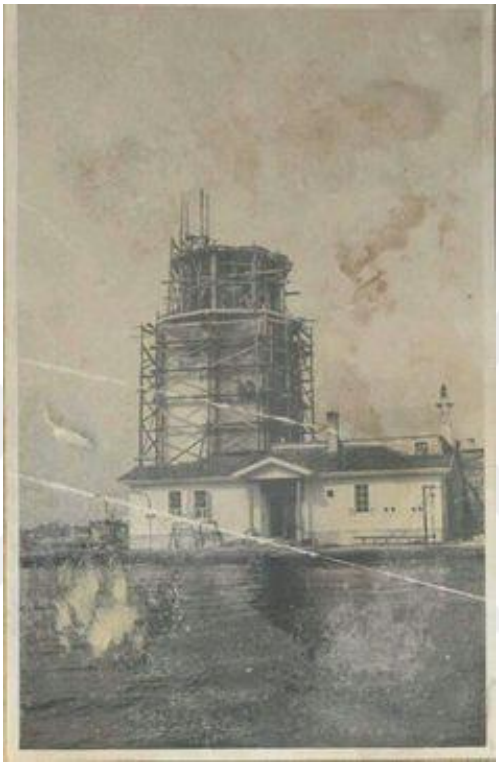
üzere sembolik olarak bırakılmıştır. Kız Kulesi ve hemen karşısında bulunan Galata Kulesi'nin bu döneme ait olduğu düşünülen görünümlerini barındıran tasvir Şekil 5.1'de görülmektedir [116],[117],[118].



Şekil 5.1 Osmanlı Dönemi Kız Kulesi ve Galata Kulesi Tasviri

1719 yılında fenerdeki yağ kandilinin etrafı tutuşturmasıyla çıkan yangında içi ahşap olan kule tamamen yanmış, 1725 yılında şehrin Baş Mimarı Nevşehirli Damat İbrahim Paşa tarafından kurşun kubbeli ve fener bölümü de kâgir ve camlı olarak onarımdan geçirilmiştir. Osmanlının duraklama döneminde tekrar savunma kalesi olarak kullanılan kule 1830-1831'de ise kolera salgınının şehre yayılmaması için karantina hastanesine dönüştürülür. 19. yy'daki veba salgınında da tecrit hastanesi olarak kullanılan kule burada uygulanan karantina ile salgının yayılmasını önlemeye yardımcı olmuştur. Osmanlı dönemindeki Kule'nin bugünkü şeklini de veren son büyük onarımı II. Mahmud döneminde yapılmış olup Osmanlı-Barok mimari tarzında yapılan bu onarımda kuleye dilimli kubbe ve kubbe üzerinden yükselen bayrak direği ilave edilir. Cumhuriyet döneminde ise çeşitli dönemlerde kuleyi koruma amaçlı Şekil 5.2'de de görüldüğü üzere genel bakım onarımdan geçen Kule 1959-1983 yılları arasında Deniz Kuvvetleri Komutanlığı tarafından Deniz Kuvvetleri Tesisi Mayın Gözetleme ve Radar

İstasyonu olarak, 1983-1992 yılları arasında ise Denizcilik İşletmeleri tarafından ara istasyon olarak kullanılmıştır. Küçük Kale, Dana Yavrusu, Leandros'un Kulesi ve günümüzde ise Kız Kulesi adıyla bilinen bu küçük Kule son olarak 1995 yılında kendine özgü kimliğine ve geleneksel mimarisine bağlı kalınarak restore edilmiş, sosyal tesis olarak yerli ve yabancı ziyaretçilerin hizmetine sunulmuştur [116],[117].



Şekil 5.2 1943 Restorasyon Dönemi Kız Kulesi

İstanbul Boğazı'nın simgelerinden biri olan Kız Kulesi, Sarayburnu ile Üsküdar'ın Salacak semtinin arasında Marmara Denizi'nin İstanbul Boğazı'yla birleştiği yerde konumlandırılmıştır. Konumu itibariyle Avrupa yakası ve Anadolu yakasının birçok sahil semtinden görülebilen Kız Kulesi'ne Üsküdar ve Beşiktaş sahilden yapılan tekne seferleri ile ulaşım sağlanır. Şekil 5.3'de görüldüğü üzere Kule; Salacak'a yaklaşık 200 m uzaklıktaki 1253 m^2 yüzölçümlü bir adacığın üzerindedir. Toplam kapalı alanı 927 m^2 yüksekliği ise bayrak direği hariç 25 m olan Kule zemin katla beraber 6 katlıdır. Binanın ve mazgal deliklerinin konumundan boğazı koruma ve gözetim altına almak amaçlı olarak yapıldığı anlaşılan Kule'nin giriş kapısı Üsküdar tarafına bakmakta ve doğu tarafı hariç her

üç tarafında da uzeyde ve batıda üçer tane, güneyde ise bir tane olmak üzere toplam yedi adet top mazgalı bulunmaktadır. Kule'nin doğu ve güney tarafındaki iki adet kapısı ve kule tepesinde pencereli ve etrafı balkonlu barok tarzı bir köşkü bulunmaktadır. Balkonlu bölümündeki camlı yapısı sayesinde deniz feneri olarak da kullanılabilmektedir [119].



Şekil 5.3 Kız Kulesi'nin Konumu

Boğaz'ın kenarında yükselen kaya parçasına konumlanan Kız Kulesi iki parçalı yapıya sahiptir. Üsküdar sahile bakan dikdörtgen yapılı kâgir yapıya iki sütun arasındaki ahşap kapıdan giriş yapılır. Kapının sağında ve solunda üçer adet ahşap pencere bulunmaktadır. Sarayburnu yönüne bakan işlenmemiş moloz taşlardan örülen dış duvarlarında herhangi bir süsleme bulunmamaktadır. Balkona kadar yükselen dikdötgen biçimli kütle 3. ve 4. kat hizasında aynı zamanda motif de oluşturan hatıllarla çevrilidir. Hatılların üstünde bulunan katta metal süslemeleri bulunan seyir balkonu bulunmaktadır. Bu iki kat birbirinden geniş bir balkon silmesiyle ayrılmıştır. Kulenin tepesi ise kurşun kaplı soğan biçimli dam örtüsüyle kapatılır. Kuleyi çatısının eteğinde dört adet çatı penceresi bulunmaktadır. Kurşun kaplı çatının en üstünde ise bayrak direği bulunmaktadır. Coğrafi konumu itibariyle de Karadeniz'den gelen akıntının en kuvvetli olduğu noktada bulunan

Kız Kulesi önündeki boğaz akıntısı mevsim ve kuzey rüzgârlarının durumuna göre 3 ile 6 mil arasında seyretmektedir. Bu süratli akıntı nedeniyle Kız Kulesi önü deniz trafiğinde tehlikeli bir nokta olarak kabul edilmektedir [117],[119].

Kız Kulesi hakkında en çok efsanesi bulunan tarihî eserlerden birisidir. Bunlarda en çok ilgi çekeni ve bu aydınlatma tasarımına da ilham olanı Galata Kulesi ve Kız Kulesi'nin aşkının anlatıldığı efsanedir.

Bu efsaneye göre yıllarca kendini yalnız hisseden Kız Kulesi, Beyoğlu sırtlarında yükselen Galata Kulesi'ni görmüştür ve bu iki kule birbirlerini görür görmez âşık olmuşlardır. Ama ne yazık ki bu efsanevi âşıkların kavuşmasını engelleyen koca bir deniz varmış. Ne kadar aşklarını birbirine haykırsalar da boğazın dalgaları ve rüzgârı sözlerin karşıya ulaşmasına, âşıkların birbirine açılmasına engel oluyormuş. Nihayetinde bir gün Hezarfen Ahmet Çelebi Üskadar'a kuşlar gibi uçmak için Galata Kulesi'ne çıkmış. Galata Kulesi Çelebi'yi görür görmez Kız Kulesi'ne yazdığı mektupları ve ona olan aşkını anlatmış. Hezarfen Ahmet Çelebi büyük bir keyifle Galata Kulesi'nden mektupları alıp Kız Kulesi'ne ulaştırmak için Üsküdar'a doğru süzülmeye başlamış. Ancak haşin rüzgârın hışmına uğrayan Çelebi, tüm mektupları heybesinden düşürmüş ve bu güzel aşk sözleri Kız Kulesi'ne ulaşamadan boğazın serin sularında kaybolmuş. Fakat Kız Kulesi bu yakışıklı adamın da ona âşık olduğunu anlamış ve martılarla şarkı söylemeye başlamış. Aşklarının karşılıksız olmadığını gören iki kule, günden güne güzelleşip, İstanbul'da daha da parlak durmuşlar [119].

5.2 Kız Kulesi'nin Mevcut Yapı Yüzü Aydınlatma Durumu

Gerek konumu gerekse birbirinden ilginç efsaneleriyle yerli, yabancı ziyaretçilerin en çok ilgi duyduğu tarihî eserlerden biri olan Kız Kulesi, farklı dönemlerde çeşitli yöntemlerle aydınlatılmakla beraber mevcut aydınlatması 1995'deki restorasyon sırasında yapılmıştır. Konvansiyonel tip aydınlatma aygıtlarının kullanıldığı mevcut Kız Kulesi yapı yüzü aydınlatması Şekil 5.4'de görülmektedir [118].



Şekil 5.4 Kız Kulesi'nin Mevcut Yapı Yüzü Aydınlatması

Mevcut yapı yüzü aydınlatma sisteminde gün ışığı rengi konvansiyonel tip aydınlatma aygıtları kullanılmıştır. Zemin kat ve balkon katı bölümlerinin yere gömme spotlar ile kule gövdesi ve kurşun çatı bölümlerinin ise metal halide projektörler ile aydınlatıldığı Kız Kulesi'nde aydınlatma aygıtlarının montaj detayları tarihî esere montaj usullerine uygun yapılmadığı gözlenmektedir. Mevcut yapılan yapı yüzü aydınlatmasında özellikle zemin kat ve balkon katında bulunan gömme aydınlatma aygıtlarının Kule'nin bulunduğu konumu gereği sık sık su aldığı, deniz suyundan etkilenerek kısa sürede korozyona uğradığı görülmektedir. Zemin kat aydınlatmasında spotların sık arızalanmasından kaynaklı karanlık bölgeler oluşmuş, lamba değişimlerinin yapıldığı bazı bölgelerde ise aynı katta bile ışık şiddeti ve rengi bakımından aydınlatma bütünlüğü sağlanamamıştır. Kule gövdesi kısmını aydınlatan bölümde ise bazı kısımlarda parıltı değerlerinin yüksek olduğu Şekil 5.5'de görülmektedir [118],[120].

Balkon kısmında pencere araları aydınlatılmış olsa da kullanılan aydınlatma aygıtlarındaki ışık rengi farklılıkları yapı yüzünde istenmeyen aydınlatma sonuçlarının elde edilmesine neden olmuştur. Bu katta bulunan aydınlatma aygıtlarının bulunduğu yere uygun darbe dayanımı (IK) değerinde olmadığından

bazı aydınlatma aygıtlarında kırılma veya montaj edildiği yerden çıkarılması gibi problemlerle karşılaşılmıştır.



Şekil 5.5 Kız Kulesi'nin Yapı Yüzü Aydınlatması Işık Şiddeti ve Renk Farkı

Kurşun çatı kısmında bulunan aydınlatma aygıtlarının ise bir kısmı bozulmuş bu nedenle kulenin önemli mimari öğelerinden kurşun çatı yeterli düzeyde aydınlatılmayarak kötü görüntüye neden olmuştur. Şekil 5.6'da kurşun çatıdaki renk değişiklikleri görülmektedir [121].

Sonuç olarak mevcut yapı yüzü aydınlatması kulenin mimari, estetik ve fizyolojik ihtiyaçlarına uygun değildir. Gerek kullanıcıların gerekse ziyaretçiler yeterli görsel konfor koşullarını taşımamaktadır. Aydınlatma aygıtlarının IP ve IK değerleri ve montaj usülleri yapının fiziksel durumuna ve tarihî eserlere uygun olarak seçilmemiştir, bu durum içine su alan ve iyi sabitlenemeyen aydınlatma aygıtlarının tehlike arz etmesine neden olmaktadır.

Yapılan analizler sonucunda söz konusu aydınlatma sisteminin Kule'nin genel hatlarını ortaya çıkardığı genel anlamda ışık şiddeti kontrastı uygulanarak yapının algılanması gereken öğelerinin öne çıkarıldığı görülmektedir.



Şekil 5.6 Kız Kulesi'nin Yapı Yüzü Aydınlatması Işık Şiddeti ve Renk Farkı

Bu durum tasarım kriterleri açısından önemli problemleri olmadığını ancak seçilen aydınlatma aygıtlarının Kule'nin fiziksel durumuna uygun olmadığından mevcut aydınlatmanın esere istenilen seviyede katkı sunamadığı, konumu itibariyle bakım onarım çalışmalarının kısıtlı olduğu, ışık şiddeti, rengi ve yönü nedeniyle başta göçmen kuşlar ve balıklar olmak üzere çevresindeki canlı yaşamın dikkate alınarak yapılmış bir uygulama olmadığı, eserin mevcut şartlarda İstanbul'un gece siluetine yeterince etki edemediği belirlenmiş olup Kız Kulesi'ne ait yapı yüzü aydınlatmasının mimari, teknik ve tasarım kriterlerine uygun detaylı çalışmalarının yapılması gerekli görülmektedir.

5.3 Aydınlatma Tasarımı Genel Yaklaşımı ve Uygulama Aşamaları

İstanbul'un en çok etkileşimi olan tarihî eserlerinden biri olan Kız Kulesi birçok açıdan kent siluetinde yer alan konuma sahiptir. Kule'nin hem Avrupa hem de Asya yakasında görünüme sahip olması kent ölçeğinde, bulunduğu ufak kayalığın etrafında kendine has etkinlik alanının bulunması ise insan ölçeğinde aydınlatma tasarım planının yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle aydınlatma tasarımındaki genel yaklaşım Kule'nin kent ölçeğinde ve insan ölçeğindeki görsel konfor ve estetiği barındıran her bölümün kendine has özelliklerini ele almak olmalıdır. Şekil 5.7'de kent ve insan ölçeğinde kulenin hangi bölümlerinin

aydınlatılması gerektiği belirtilmiştir.

İnsan ölçeğinde yapılması planlanan aydınlatma bir yandan Kule'nin çevresindeki alanda yapılan etkinliklerde veya gece yapılan turistlik gezilerde ziyaretçilerin güvenlik, sosyal ve kültürel ihtiyaçlarını karşılayabilecek ortamı sağlarken bir yandan da kulenin taş ve kâgir olmak üzere iki farklı yüzeye sahip gövdesinin algısını artırmalıdır.



Şekil 5.7 Kız Kulesi'nin Kent ve İnsan Ölçeğinde Görünen Bölümleri

Kule'nin tamamı kent ölçeğinde izlenebileceğinden kent ölçeğindeki aydınlatmada ise sadece kulenin ana mimari öğelerinin özeliklerini ortaya çıkaracak aydınlatma tasarımı planlanmalıdır. Bu nedenle Kız Kulesi'nin tamamı kent siluetinde bulunan diğer eserler ve şehrin genel aydınlatma durumu ile uyum içerisinde olmalıdır aynı zamanda Kız Kulesi ile Galata Kulesi arasındaki efsaneye atıfta bulanacak bir hikâyesi bulunmalıdır.

Kız Kulesi'nin yaklaşık 2500 yıllık bir tarihî eser olması burada yapılacak en küçük uygulamanın bile eseri korumaya yönelik önlemleri içeren tarzda olmasını gerektirmektedir. Planlanan her bir aydınlatma aygıtı ve yardımcı elemanlarının özellikleri ve konumu daha önce belirtilen tasarım, teknik ve mimari kriterler ışığında seçilmeli her bölüm tek tek ele alınmalıdır. Zemin kattan itibaren bakıldığında kule alt gövdesi ve kâgir bölüm aydınlatması için kullanılacak aydınlatma aygıtları yapının genel görünümünü kötü etkilemeyecek boyutta,

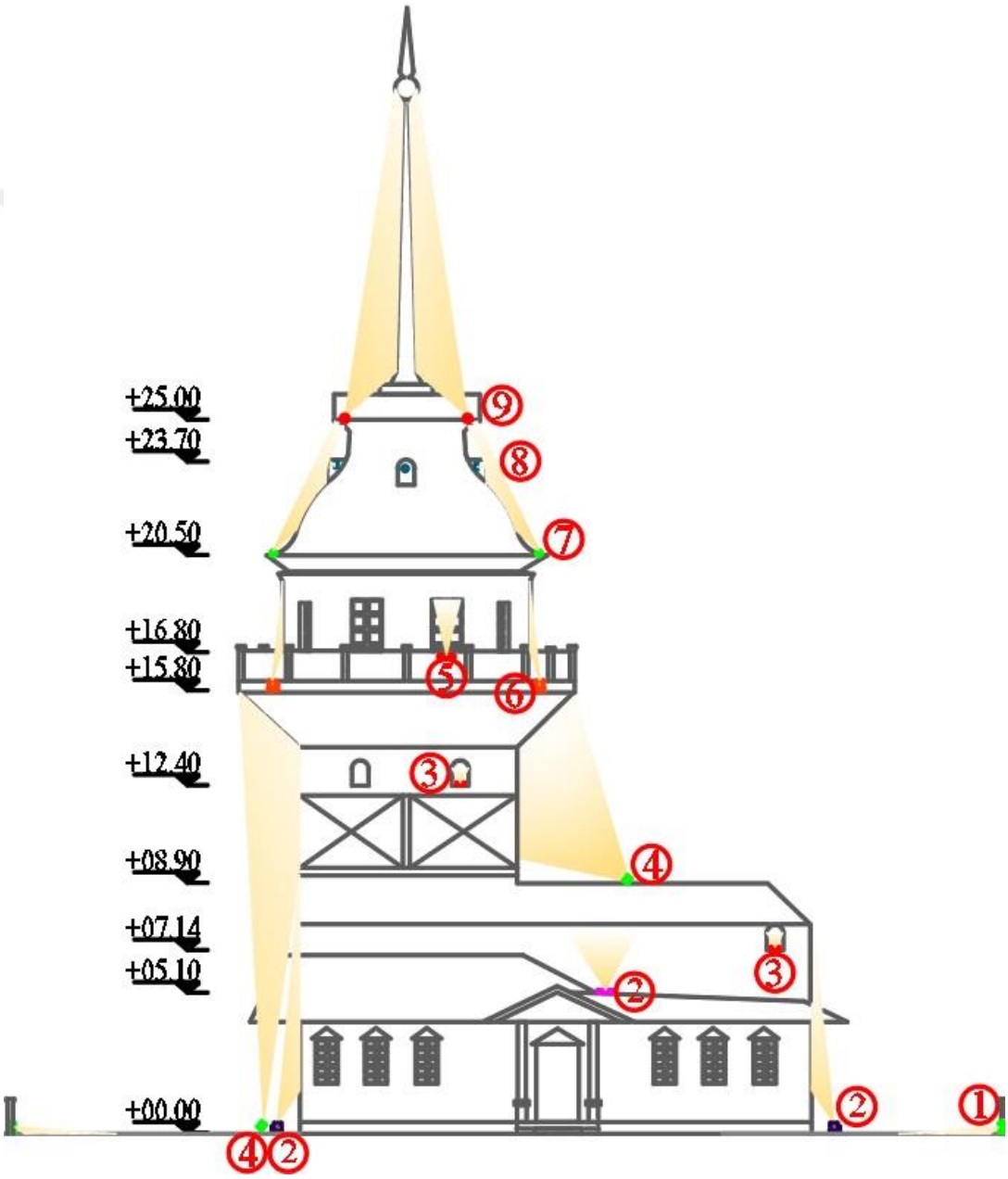
şiddetli rüzgâr ve deniz suyundan etkilenmeyecek IP ve IK değerlerine sahip ve ziyaretçilerin sosyal ve fiziksel etkinliklerini olumsuz etki etmeyecek şekilde konumlandırılmalı, mevcutta bulunan işlevini yitirmiş olan gömme spotlar ise yerinden kaldırılmalıdır. Burada bulunan aydınlatma aygıtları gerek gövdenin alt bölümünü gerekse kâgir bölümün formunu ve cephe malzeme özelliklerini ortaya çıkaracak biçimde konumlandırılmalıdır. Üst kat pencerelerinde, balkonda ve külahta kullanılan aydınlatma aygıtları ise yapının duvarına veya çatısına herhangi kalıcı hasar bırakmadan, kırmadan, delmeden bulunduğu yerin özelliklerine uygun montaj elemanları kullanılarak monte edilmelidir.

Kule üst gövdesi ise çatıya zarar vermeyecek şekilde özel bağlantı elemanları ile kiremit çatıya yerleştirilecek aydınlatma aygıtları ile aydınlatılmalıdır. Balkon katında ise hem pencere hemde pencere aralarındaki bölmeler yapının altta kalan gövdesiyle bütünlüğü sağlayacak biçimde ve pencere ile pencere aralarında derinlik algısını da verebilecek şeklide planlanmalıdır. Çatı örtüsü olarak kullanılan kurşun damda ise ilgi çekici şeklini öne çıkartacak aydınlatma aygıtları seçilmelidir. Her bir aydınlatma aygıtı renginden boyutuna kadar yapıya özel olarak seçilmeli hem gündüz hem de gece görünümü eserin görünümünü ziyaretçilerin ise görsel konforunu kötü etkilemeyecek aynı zamanda etrafındaki canlı yaşama da saygılı olacak şekilde yerleştirilmelidir. Özetle Kız Kulesi'nin yapı yüzü aydınlatma tasarımı estetik, uygulama, işletme ve bakım-onarım kolay, esere yeni bir işlev veya anlam katmaktan öte mevcut anlamını vurgulayacak, uygun montaj elemanların kullanıldığı, siluette bulunan diğer yapılarla uyumlu ve ekonomik bir sistem olmalıdır. Şekil 5.8'de Kız Kulesi yapı yüzü aydınlatma tasarımına ait aydınlatma aygıtlarının yerleşim planı görünmektedir.

Kız Kulesi'nde yapılması planlanan aydınlatma tasarımını etkileyen unsurlardan biri de yakın çevre ve arka plan ile bağlantısıdır. Kule'nin deniz ortasında olması itibarı ile yakın çevresi ve arka planının görece daha karanlık olmasına neden olmuştur.

Kule yakın çevresine bakıldığında etrafında kayda değer büyüklükte kara parçası bulunmadığı buna rağmen özellikle yaz aylarında insanların bu alanda sosyalleşip iletişim kurduğu, eğlendiği organizasyonların yapıldığı bilinmektedir. Bu nedenle

burada yapılacak aydınlatma tasarımında bu dönemlerde insanların rahatsız olabileceği bir tasarım anlayışından kaçınmak gerekir. Ayrıca Kız Kulesi'ninin denizin ortasında olması başta deniz canlıları olmak üzere göçmen kuşlarında göç yollarının üzerinde bulunması aydınlatma tasarımında dikkate alınması gereken en önemli konulardan biridir. Bulunduğu konum itibariyle kuvvetli boğaz akıntısının ve kuzey rüzgârlarının hâkim olması seçilen aydınlatma aygıtları ve yardımcı elemanların özelliklerini belirlemede pay sahibi olmaktadır.



Şekil 5.8 Kız Kulesi Aydınlatma Aygıtı Yerleşimi

Arka plan özelliklerine bakıldığında farklı bölgelerden yapılan gözlemlerde siluette beraber bulunduğu önemli kentsel değerler bulunmaktadır. Salacak tarafından bakıldığında Topkapı Sarayı, Galata Kulesi, Beyazıt Kulesi ve yarımadada bulunan camiler; Sarayburnu tarafından gözlemlendiğinde ise Mihrimah Camii, Büyük Çamlıca Camii ve Yeni Çamlıca Televizyon Kulesi, gece beraber izlenebildiği bazı kentsel değerlerdir. Avrupa yakasında bulunan eserler incelendiğinde ağırlıklı olarak 2200 K ile 4000 K renk sıcaklığında, Anadolu yakasında ise Çamlıca camisinde ayarlanabilir beyaz; Yeni Çamlıca Televizyon Kulesi'nde ise RGB aydınlatma aygıtlarının da bulunduğu aydınlatmanın hâkim olduğu görülmektedir. Bu nedenle Kız Kulesi aydınlatma tasarımı yapılırken aydınlatmanın bir yandan İstanbul'un genel aydınlatma rengiyle uyumlu olmasına, bir yandan da kent siluetinde farkedilebilir ve etkileyici olmasına dikkat edilmelidir.

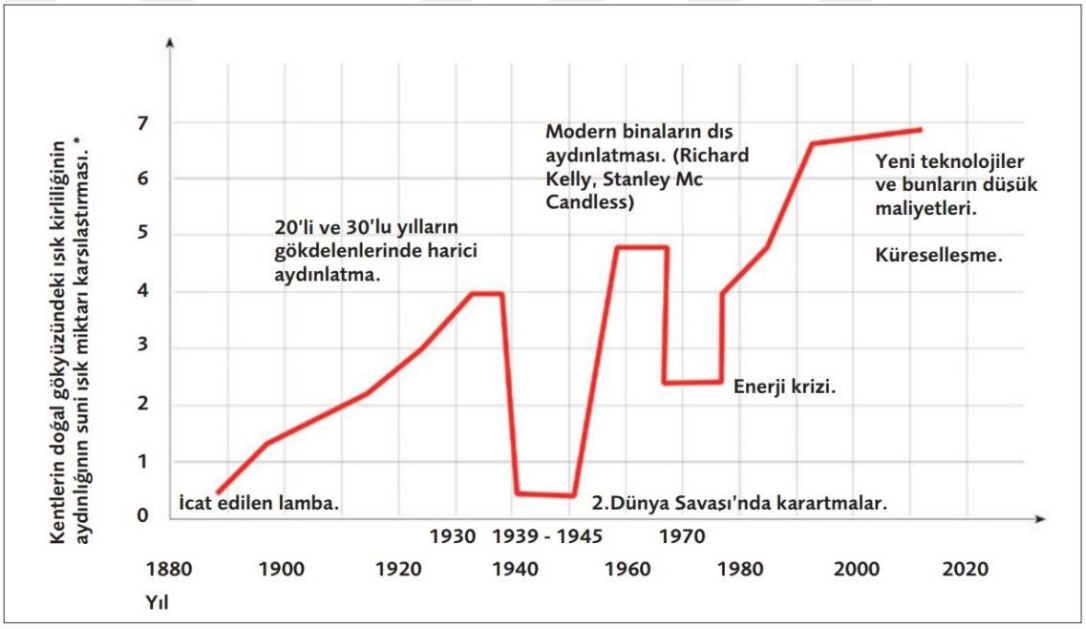
5.4 Çevre Odaklı Aydınlatma ve Kız Kulesi Aydınlatma Tasarımı

Son yüzyıldaki teknolojik gelişmeler beraberinde kentsel yaşam tarzının da değişimine neden olmaktadır. Özellikle büyük kentlerde gecenin gündüz gibi yaşanması isteği kentlerde doğal karanlık alanların gittikçe azalmasına neden olmaktadır. Birçok kentte aydınlatmanın ihtiyaçtan çok ihtiras nedeniyle yapılması, yerel yöneticilerin "değer" ayrımı yapmaksızın gerekli gereksiz tüm yapıları ve alanları aşırı derecee aydınlatılması, özellikle inşaat sektöründe her yeni projenin birbiriyle yarışırcasına abartılı ve yanlış aydınlatılması kentlerde Şekil 5.9'da görüldüğü gibi ışık kirliliğine yol açmaktadır [122].



Şekil 5.9 Kentlerde Işık Kirliliği

Yanlış uygulamalar nedeniyle üst yarı uzaya direk veya dolaylı olarak yönlenen ışıklar, ışık kirliliğinin sebeplerini oluşturmakta, insanlara, doğal yaşama ve ekonomiye ciddi zararları vermektedir. Şekil 5.10'da yıllara göre atmosferdeki artan ışık kirliliği açısından kentlerde, sanayi ülkelerinde ve de gelişmekte olan ülkelerde dış alan aydınlatmasının gelişimini göstermektedir. Bu grafikte elektrikli aydınlatma aygıtlarının icadıyla birlikte ışık kirliliği 1940'lardaki dünya savaşı ve 1970'lerdeki enerji krizi hariç büyük bir ivmeyle artış gösterdiği görülmektedir. 2000'li yılların başından itibaren enerji verimliliği yüksek aydınlatma aygıtlarının kullanımının artması ve sosyal bilinçlendirme ile ile her nekadar ışık kirliliği artış hızı yavaşlasa da nihayetinde ışık kirliliği halen artış eğilimi göstermektedir [7],[123].



Şekil 5.10 Yıllara Göre Işık Kirliliği Durumu

Yapay ışık miktarının yılda ortalama %6 oranında arttığı günümüzde ışık kirliği oluşturup doğadaki canlı yaşamı olumsuz etkileyen en önemli kaynaklar olarak yol, park ve bahçe, reklâm tabelaları ve büyük yapılardan dışarı taşan aydınlatmalar sayılırken teknolojinin ilerlemesiyle birlikte hızla artan yapı yüzü aydınlatması da bu büyük probleme katkıda bulunmaktadır. Kentsel alanlarda yapılan aydınlatma çalışmaları günümüzde yanlış uygulamalar nedeniyle güvenlik, sosyal, psikolojik ihtiyaç olmaktan çıkmış çevresinde bulunan canlı hayata zarar verecek etken haline gelmiştir. Yapılan araştırmalarda yapay aydınlatmanın başta kuş, balık,

böcek gibi kentsel yaşamın içinde bulunan hayvanların ve bitkilerin üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu göstermektedir [7],[123].

Kent aydınlatmasında kullanılan aydınlatma sistemlerinin ışık şiddetinin, renginin, yönünün ve süresinin yanlış olması sonucu oluşan ışık kirliliği nedeniyle kentlerde ağaçların daha erken tomurcuk yaptığı ve erken tomurcuklanmanın yapraklar ve kuşlar üzerinde beslenen böcekler için sorunlara neden olduğu bilinmektedir. Işık kirliliği aynı zamanda göçmen kuşların yolculukları sırasında yüksek katlı yapılara çarparak ölmelerine, göç zamanını değiştirmelerine ve yönlerini bulmakta zorlanmalarına neden olarak av ve avcı ilişkisinin bozulmasına sebebiyet vermektedir. Bu durum denize ulaşmak için kara ile deniz arasındaki aydınlık farkını kullanan deniz kaplumbağaları yavrularında yumurtasından çıktıktan sonra yapay ışıklandırması bulunan karaya yönelerek kayıpların oluşması şeklinde görülmektedir. Bu ve bunun gibi birçok örnek göstermektedir ki Şekil 5.11'de resmedildiği üzere kentlerdeki yanlış aydınlatma uygulamaları doğal yaşamın dengesini bozmaktadır [7],[123].



Şekil 5.11 Işık Kirliliğinin Doğal Yaşama Etkisi

Işık kirliliğinin birçok alanda olumsuz yansımaları olsa da özellikle doğal yaşam üzerindeki olumsuz etkilerinin küresel bir sorun haline geldiği görülmektedir. Aydınlatmada kullanılan ışığın dalgaboyu, şiddeti, rengi ve süresi kentte bulunan canlı hayatın doğma, büyüme ve gelişmesinde etkili olmaktadır. İnsan dâhil tüm canlılar doğanın ışık ve karanlık döngüsüne uyumlu bir biçimde yaşamlarını sürdürürler. Işık kirliliği sonucu bu döngü bozulabileceğinden herhangi bir aydınlatma tasarımı yapılırken bu döngünün denge ve uyum içinde devam ettirilebilmesi en önemli amaçlardan olmalıdır. Bunun için aydınlatma yapılması planlanan alanda bölgenin bitki örtüsü, bölgede yuvalan veya göç eden hayvanların özellikleri ve yapılan aydınlatmanın bu canlılar üzerindeki etkileri araştırılmalı bu aydınlatmanın sonucu ise aydınlatma tasarımı ve uygulamalarında dikkate alınmalıdır [7],[123].

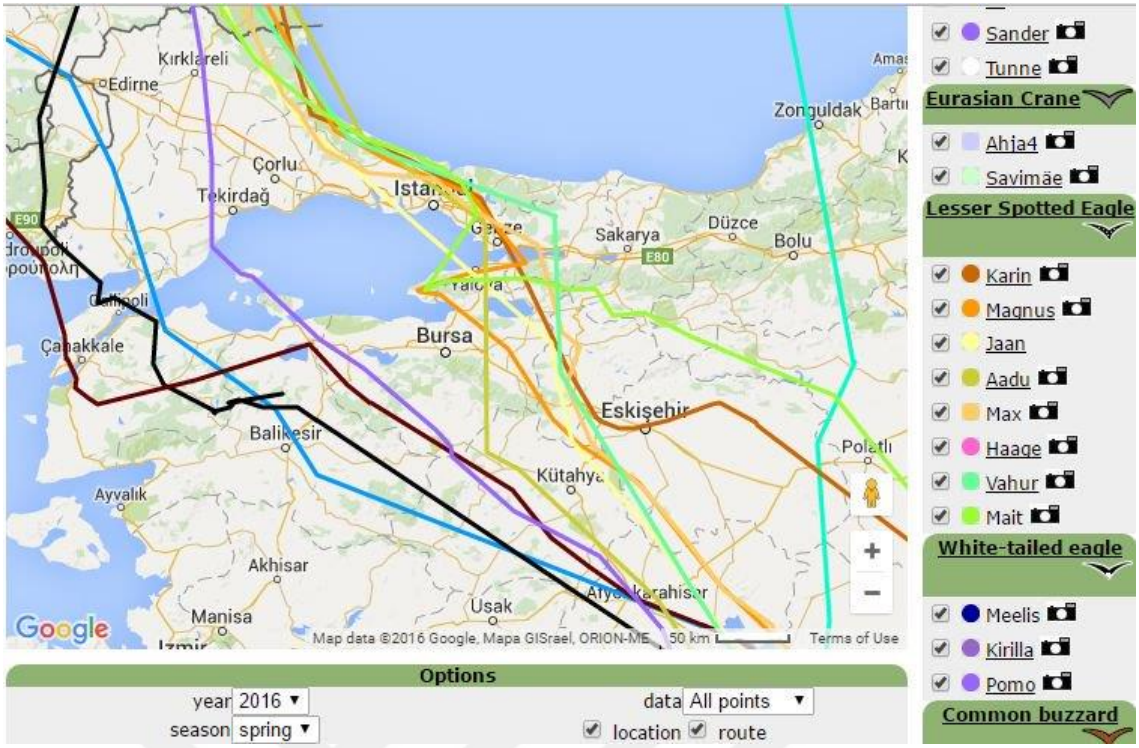
Kız Kulesi özelinde bakıldığında konumu gereği çevresinde kara hayvanlarının ve bitkilerin olmaması aydınlatma tasarımında ağırlıklı olarak dikkat edilmesi gereken canlıların göçmen kuşlar ve balıklar olduğunu göstermektedir. Hayvanlardaki fotopik görüş insanlardaki gibi koni hücreleri aracılığıyla renk algısının oluşmasına neden olmaktadır. Yerel ve göçebe kuşların yapay ışığa verdiği tepkiler ışık kaynağının dalgaboyu özelliklerine bağlıdır. Yıldızların veya ayın bulutlarla kapatıldığı, gökyüzünde pusula görevi görecek öğelerin bulunmadığı günlerde göçebe kuşalar yönlerini bulmak için manyetik oryantasyondan faydalanmaktadır. Renk görme kapasitesi çok yüksek olan kuşların başta kırmızı ve beyaz olmak üzere uzun dalga boyuna sahip ışıklarda oryantasyon kabiliyetinin kaybolduğu bilinmektedir. Mavi, mor ve yeşil gibi kısa dalga boylarında ise kuşların oryantasyonu etkileyecek bir veriye ulaşılamamıştır. Bu nedenle aydınlatma tasarımında farklı spektral özelliğe sahip ışık kaynaklarının canlılarda farklı biylojik etkiye sahip oldukları göz önünde bulundurulmalıdır. Kız Kulesi'nde yapay ışık kaynaklarından etkilenebilecek bir diğer canlı türü de boğazda yaşayan balıklardır. Işığın balığın üremesi, büyümesi, göç davranışları ve renkleri üzerinde büyük etkisi olduğunu bilinmektedir. Bu nedenle su kenarlarında yapılan aydınlatmalarda deniz canlılarının üreme ve göç dönemlerinin takip edilerek aydınlatma tasarımlarının buan uygun olarak yapılması gerekmektedir. Suyun ışık geçirgenliği çeşitli dalga boyundaki ışıklara karşı farklılık

göstermektedir. Işığın kırmızı gibi daha uzun dalga boylarının %25'inden fazlası suyun ilk metresinde emilirken, mavi ve yeşil rengi de barındıran kısa boylu dalgalar neredeyse hiç emilmemektedir. Yumurtlamak ve kışlamak için göç eden balıklar yırtıcı hayvanlardan, daha büyük balıklardan kurtulabilmek için geceleri daha çok yol kat ederler ancak beyaz, mavi veya yeşil gibi kısa dalga boylarının ağırlıkta olduğu aydınlatmalar balıkların yön kabiliyetini bozarak göçün istenilen zamanda istenilen bölgeye ulaşmasını engellemektedir. Şekil 5.12'de Amerika'da bulunan Sundial Köprüsü'nün aydınlatması görülmektedir. Köprü yüzeyinden yansıyarak suya yönlenen ışık bölgedeki balık göçünü olumsuz etkilemektedir.



Şekil 5.12 Sundial Köprüsü Aydınlatmasının Balık Göçüne Olumsuz Etkisi

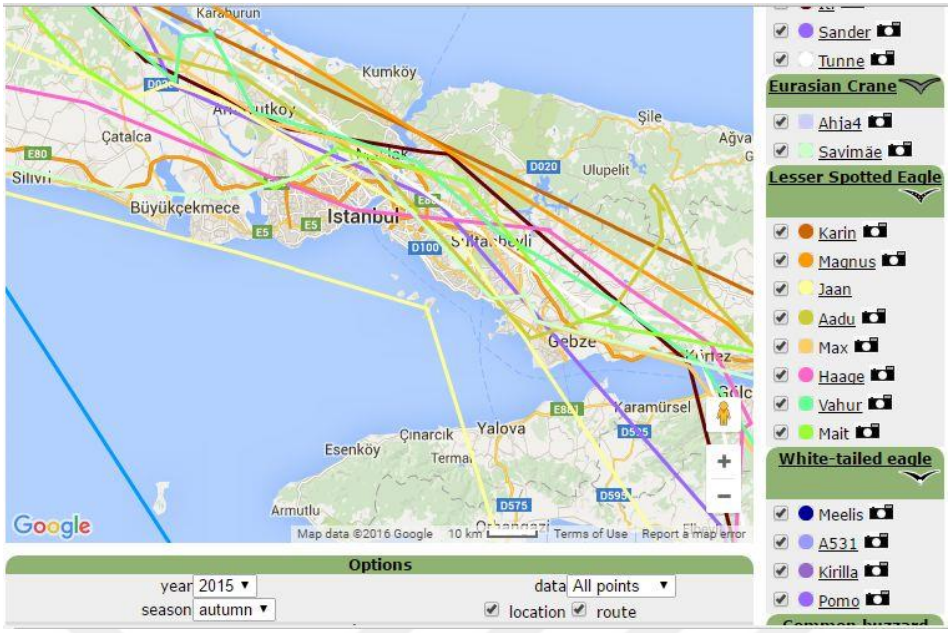
Bu duruma İstanbul özelinde bakıldığında kentin Batı Palearktik bölgede yer alan en önemli kuş göç yollarından biri olduğu görülmektedir. Avrupa ve Afrika arasında mevsimlere göre yer değiştiren göçmen kuşların önemli bir kısmı İstanbul Boğazı'nın üzerinden geçerler. Şekil 5.13'de ve Şekil 5.14'de İstanbul üzerinden göç eden süzülen kuşların 2016 yılı İlkbahar ve 2015 yılı Sonbahar mevsimlerindeki uçuş güzergâhları görülmektedir [7],[124].



Şekil 5.13 Süzülen Kuşların 2016 Yılı İlkbahar Göç Güzergahı

İstanbul'daki göç yolunu ilkbahar ve sonbaharda leylekler, yırtıcı kuşlar ve ötücü kuşları kullanmaktadır. Süzülen kuşlar olarak da geçen bu kuşların göç dönemleri ilkbaharda Mart, Nisan ve Mayıs ayları, sonbaharda ise Ağustos, Eylül ve Ekim ayları olarak bilinmektedir. Bu kuşların ilkbahar göçleri İstanbul'un kuzeyinde yoğunlaşırken sonbahar göçlerinde ise Marmara Denizi'ni çoğunlukla Büyükçekmece, Küçükçekmece, Yeşilköy, Zeytinburnu, Eminönü ve Adalar üzerinden aşmaya çalıştıkları görülmektedir [124].

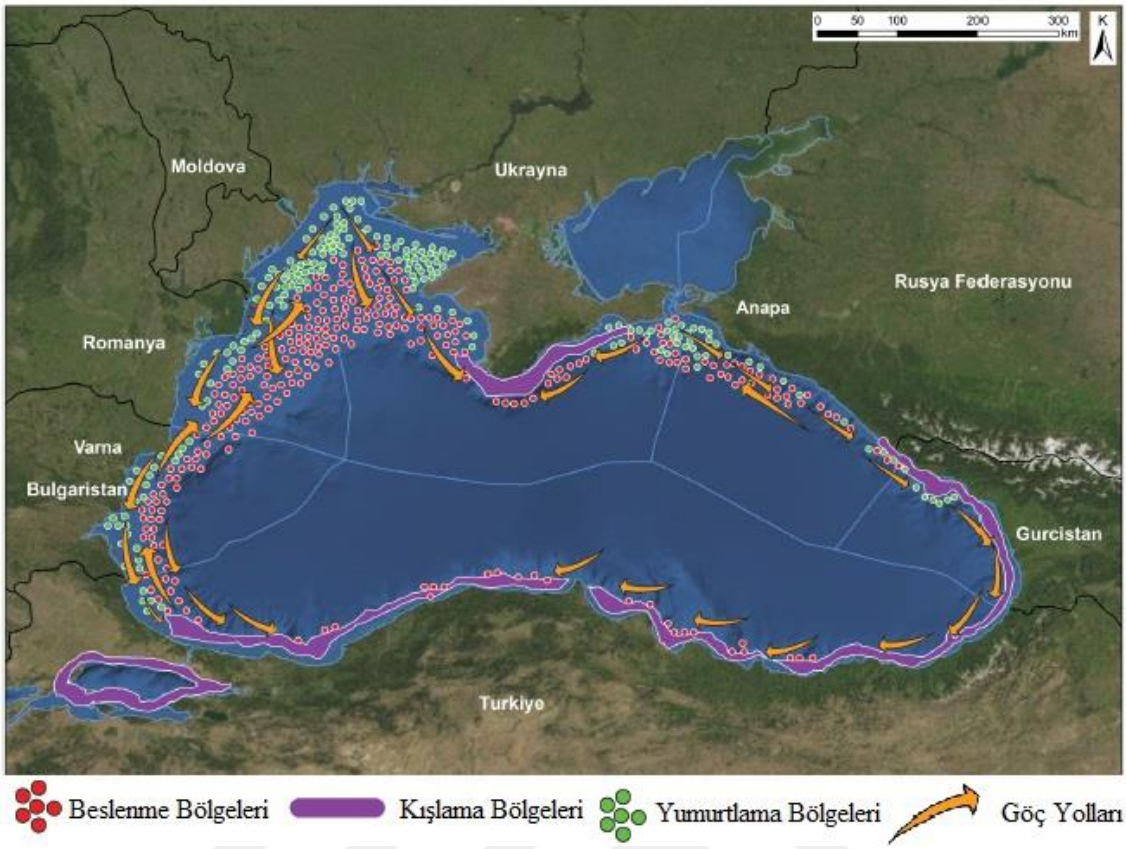
Deniz canlıları yönünden bakıldığında boğaz hattı ise farklı özelliklere sahip iki denizi biribirine bağlayan İstanbul Boğazı'nın balık çeşitliliğinin yüksek olduğu bölgelerden olduğu görülmektedir. Günümüzde bazı türler tükenmiş bazıları da sayıca oldukça azalmış olsa da bu bölge balıklar için hala önemli kışlama, beslenme, üreme ve göç yolu merkezlerindendir. Boğazın serin suları lüfer, palamut, uskumru, istavrit, izmarit gibi özellikle sonbahar sonundan itibaren karadeniz üzerinden göç eden birçok balığa ev sahipliği yapmaktadır. Boğazda yılın farklı aylarında çeşitli balık türlerine rastlanmakla birlikte sonbaharın sonlarına doğru balıkların yazın karadenizden beslenip Marmara Denizi'ne dönüşe başladığı mevsim olarak bilinir.



Şekil 5.14 Süzülen Kuşların 2015 Yılı Sonbahar Göç Güzergahı

Balık türüne göre bu durum değişmekle birlikte boğaz içindeki göç hareketliliği Eylül sonu Ekim başı gibi başlarken, Karadeniz'e göç ise Nisan ayında başlayarak Haziran başına kadar devam eder. Sonbahar mevsiminde Karadeniz ve boğaz hattından geçerek Marmara Denizi kıyıları boyunca uzanan kışlama yataklarına göç eden sarıkuyruk istavriti ilkbaharda beslenme ve yumurtlama yataklarına geri göç etmektedir. Sarıkuyruk istavritine ait göç yolları, yumurtlama, beslenme ve kışlama yatakları Şekil 5.15'de görüldüğü gibidir [125].

Bu bilgiler ışığında Kız Kulesi yapı yüzü aydınlatmasını etkileyen üç farklı dönem vardır. Bunlardan birincisi Ağustos, Eylül ve Ekim aylarını kapsayan süzülen kuşların sonbahar göçü, ikincisi balıkların Karadenizden, Marmara'ya veya Ege'ye göç veya kışlamaya geldiği Ekim, Kasım ve Aralık ayları, üçüncüsü ise yine balıkların Marmara'dan Karadeniz'e göç etiği Mayıs ve Haziran aylarıdır. Süzülen kuşların ilkbahar göçü ağırlıklı İstanbul'un kuzeyinden olduğu için Kız Kulesi yapı yüzü aydınlatmasında dikkate alınmasına gerek görülmemektedir. Süzülen kuşlar açısından bakıldığında ise göç dönemi olan Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında Kız Kulesi yapı yüzü aydınlatmasında başta kırmızı, turuncu ve beyaz olmak üzere uzun dalga boyuna sahip aydınlatma tasarımından kaçınılmalı, beyazın gün ışığı tonlarında ve renk seçimlerinde ise kısa dalgaboyu ışık yansıtan ışık kaynakları tercih edilmelidir.



Şekil 5.15 Sarıkuyruk İstavritine Ait Göç Yolları

Balıkların üreme ve göç dönemlerini kapsayan Ekim, Kasım, Aralık ile Mayıs ve Haziran aylarında ise su tarafından emilmeyen macenta, mavi, yeşil renkleri gibi kısa dalga boylu ışık yayan aydınlatma tercihlerinden uzak durulmalıdır. Bu dönemde dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise göç dönemlerinde yapı yüzündeki aydınlık düzeyidir. Göç dönemlerinde göçün yoğun olduğu saatler olan gece yarısı ile sabah saatleri arasında yapı yüzü aydınlık düzeyi güvenlik problemi oluşturmayacak düzeyde azaltılmalıdır.

5.5 Aydınlatma Modeli ve Analizi

Aydınlatma modellemesi, uygulama tasarımına uygun aydınlatma aygıtlarının belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Belirlenen kriterler ışığında Kız Kulesi için biri klasik LED'li aydınlatma aygıtlarının diğeri ise yeni nesil RGB'li ayarlanabilir beyaz LED'li aydınlatma aygıtlarının kullanıldığı iki farklı aydınlatma tasarımı yapılmış olup her biri için ayrı modeller oluşturulmuştur. Birinci modelde kule pencereleri ve bayrak direği RGB özellikli olup diğer bölglerde kullanılan tüm

aydınlatma aygıtları tek renklidir. Şekil 5.16'da Kız Kulesi'nin Klasik LED'li aydınlatma ile aydınlatılması durumunda nasıl görüneceğine dair modellemesi görünmektedir.



Şekil 5.16 Kız Kulesi Klasik LED'li Aydınlatma Modeli

İkinci modelde ise yapı üzerindeki tüm aydınlatma aygıtları hem beyazın farklı tonlarını hem de diğer renklerin farklı tonlarını (RGB+TW) akıllı aydınlatma sistemleri ile yansıtabilirler. Bu durum yapı yüzü aydınlatmasınn, bulunduğu mevsimin, günün, saatin veya çevresindeki diğer canlıların ihtiyaçlarına göre değiştirebilme imkânı tanımaktadır. Şekil 5.17'de Kız Kulesi'nin Ağustos, Eylül ve Ekim ayların süzülen kuşların göç zamanında olabilecek çevre odaklı yeni nesil LED'li aydınlatma ile aydınlatılması durumunda nasıl görüneceğine dair modellemesi görünmektedir.

Kullanılması planlanan aydınlatma aygıtlarının yapı üzerindeki genel görünümü model çalışmasında görülmüş olsa da yapı yüzündeki farklı bölgelere ait ışık şiddeti bilgisi aydınlatma analizlerinden okunmalıdır. Böylece tasarlanan aydınlatmanın görsel konfor koşullarına sahip olup olmadığı, gece kent siluetindeki görünürlüğü, hatta siluete etki eden kentsel değerlerin önemine göre

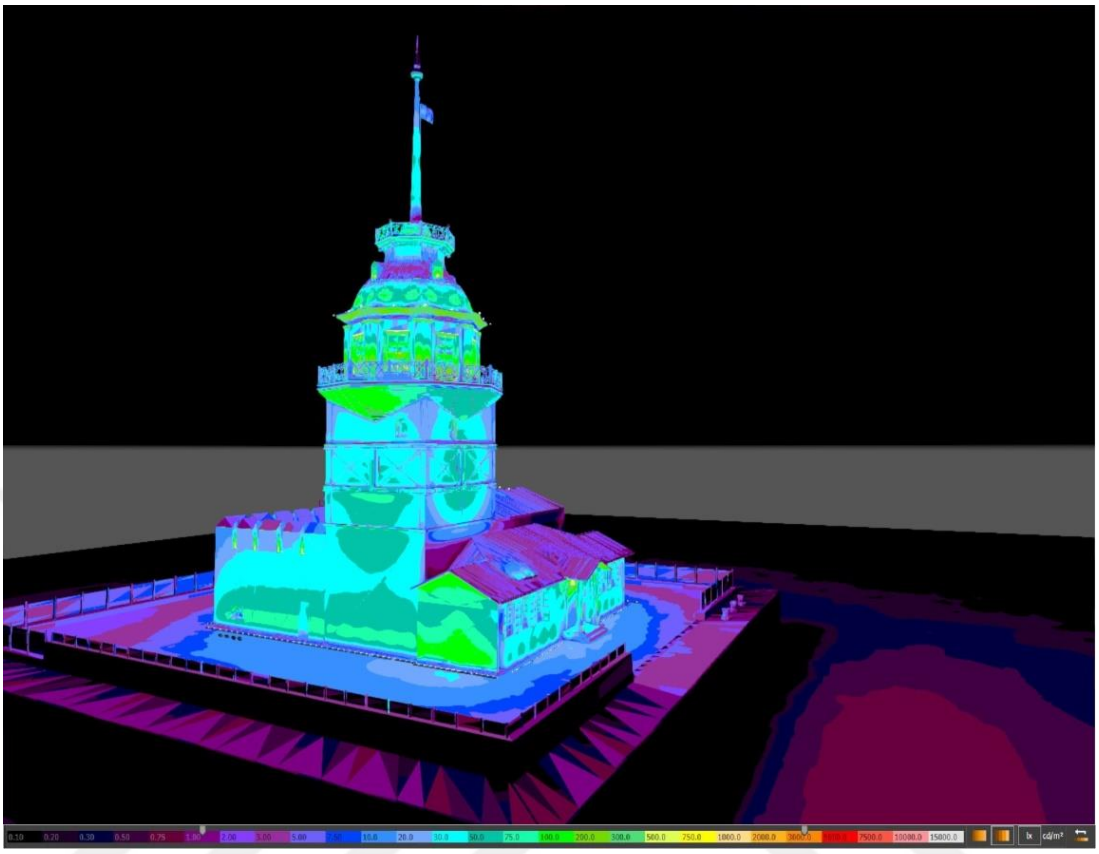
protokol sırasına konulması durumunda, aydınlatılan yapının bu protokoldeki yerine uygunluğu aydınlatma analizlerinden okunmalıdır.



Şekil 5.17 Kız Kulesi Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Modeli

Kız Kulesi'nde insan ölçeğinde ve kent ölçeğinde her bölüm tek tek ele alınarak yakın çevre ve arka plan parıltı değerleri göz önüne alınarak ışık şiddeti değerleri belirlenmiştir. İlk tasarımda zemin kattaki kâgir yapılı dikdörtgen giriş 5500 K ve ortalama 50 lx aydınlık düzeyi, yığma taşlı kule gövdesi ise 3000 K renk sıcaklığı ve ortalama 30 lx aydınlık düzeyi olacak şekilde planlanmıştır. Kule üzerindeki burç aralarında ise 5500 K renk sıcaklığında 50 lx'lük aydınlık düzeyi uygulanarak renk kontrastı ile farkedilir hale getirilmiştir. Kule alt pencere içleri için 3000 K renk sıcaklığı ve ortalama 50 lx aydınlık düzeyi, balkon pencere kenarları ve kurşun çatı içinse 3000 K renk sıcaklığı ve ortalama 30 lx aydınlık düzeyi, balkon pencereleri ve bayrak direği içinse normalde 5500 K renk sıcaklığı ve ortalama 50 lx aydınlık düzeyi özel günlerde ise RGB sistemin kullanılabileceği bir sistem referans alınmıştır. Kız Kulesi'nde yukarıda belirtilen kriterler ışığında kule gövdesi, yakın mesafe çevresi, alt pencereler, balkon ve çatı kısmı olarak ele alınan yapının bu bölümlerde olması gereken azami aydınlık düzeyi belirlenmiş ve seçilen

aydınlatma aygıtları üzerinden yapılan aydınlatma analizleri sonucu Şekil 5.18'deki görselde görülen değerler elde edilmiştir.



Şekil 5.18 Kız Kulesi Aydınlatma Analizi

İkinci tasarımda zemin kattaki kâgir yapılı dikdörtgen giriş ve yığma taşlı kule gövdesi günün saatlerine, ziyaretçi durumuna, günün anlam ve önemine, kulede yapılması planlanan etkinliğe ve en önemlisi denizde ve havada yaşaşan canlıların üreme ve göç zamanlarına göre 3000 K ile 6500 K renk sıcaklığı ve ortalama 30 lx-50 lx aydınlık düzeyi veya milyonlarca doymuş renk tonlarını yansıtacak şekilde planlanmıştır. Kule üzerindeki burç aralarında ve kule alt pencerelerinde ise yapı gövdesindeki renge kontrast oluşturabilecek biçimde 3000 K ile 6500 K renk sıcaklığı ile farkedilir hale getirilecektir. Balkon pencere kenarları, kurşun çatı içinse 3000 K ile 6500 K renk sıcaklığı ve ortalama 30 lx-50 lx aydınlık düzeyi aydınlatma planlanarak yapının taç kısmının algılanabilirliği artırılacak aynı zamanda kent silueti ile uyumlu olması sağlanacaktır. Balkon pencereleri ise yapı gövdesiyle bütünlük oluşturacak biçimde 3000 K ile 6500 K renk sıcaklığı ve ortalama 30 lx-50 lx aydınlık düzeyi milyonlarca doymuş renk tonlarını yansıtacak

şekilde planlanmıştır. Bu planlamada akıllı aydınlatma sistemi; yapı yüzeyi aydınlık düzeyini göç dönemlerinde gece yarısı ile güneşin doğuşu arasındaki zamanda güvenlikle ilgili herhangi bir probleme neden olmayacak düzeyde azaltacak, ışık rengini ise göç dönemlerine göre otomatik olarak belirleyecek senaryolara sahip olacaktır.

5.6 Malzeme ve Uygulama Analizi

Kız Kulesi yapı aydınlatması için tasarlanan iki farklı senaryo için farklı aydınlatma aygıtları kullanılmaktadır. Her iki aydınlatma tasarımında da eser, Şekil 5.19'daki görsellerde görüldüğü üzere dokuz farklı noktadan aydınlatılmaktadır. Aydınlatma tasarımı kule çevresi zemin aydınlatması, genel kule gövdesi aydınlatması, kule alt pencere aydınlatması, balkon pencereleri aydınlatması, balkon pencereleri araları aydınlatması, kurşun çatı aydınlatması, çatı pencereleri aydınlatması ve bayrak direği aydınlatması bölümlerinden oluşmaktadır.

Uygulama sırasında aydınlatma aygıtları ve yardımcı elemanlarının eserde kalıcı iz bırakmayacak şekilde monte edilmesi için montaj edilecek bölgeye özel montaj elemanları belirlenecektir.



Şekil 5.19 Kız Kulesi Aydınlatma Aygıtı Yerleşimi

5.6.1 Kule Zemini Aydınlatması

Yapı aydınlatması yakın çevresi ile birlikte düşünülmelidir. Özellikler bir meydana sahip kulelerde ziyaretçilerin güvenlik ihtiyaçlarını karşılamak adına yakın çevresini aydınlatmak büyük önem taşımaktadır. Yapının yakın çevresiyle olan bütünlüğünü ve ziyaretçilerin güvenli bir biçimde sosyal ihtiyaçlarını karşılayacak aydınlığı sağlama ayrıca deniz ile kule meydanı arasındaki sınırları belirleme adına sanal bir perdeleme görevi görme adına iki farklı senaryo için kule zemini aydınlatmasında doğrusal aydınlatma aygıtları kullanılmıştır.

Zemin aydınlatmasında sınır duvarlarına sabitlenen montaj elemanlarının üzerine monte edilen dim edilebilir dâhili sürücülü doğrusal aydınlatma aygıtı kullanılmıştır. Sınır duvarlarına monte edilen doğrusal aydınlatma aygıtları ile kule zemini aydınlatması amaçlanırken aydınlatma aygıtında kullanılacak perdeleme aparatı ile ışığın hem ziyaretçilerin gözlerine gelerek görsel konforu bozması hem de doğrudan kule gövdesine ulaşarak istenmeyen parıltılar oluşturması engellenecektir.

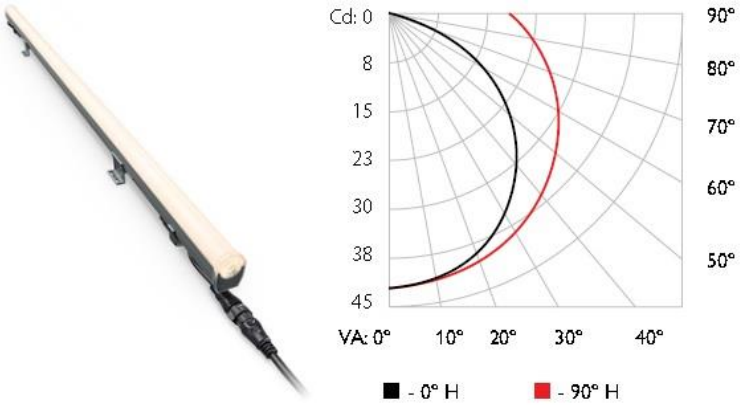
Tablo 5.1 Zemin Kat Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri

Ürün Özellikleri	Klasik LED	Yeni Nesil LED
Ürün Adı	Vaya Tube White-Mono 350-000014-05	Vaya Tube RGB 316-000014-03
Gücü	12 W	24 W
Giriş Voltajı	24 V DC	24 V DC
Renk Sıcaklığı	3000 K	RGB
Işık Şiddeti (lm)	760 lm	303 lm
Lens Açısı	165°×110°	165°×110°
CRI	81	-
IP	66	66
IK	09	09
Ömür(L_{70}, 25° C) (Saat)	60000 saat	60000 saat

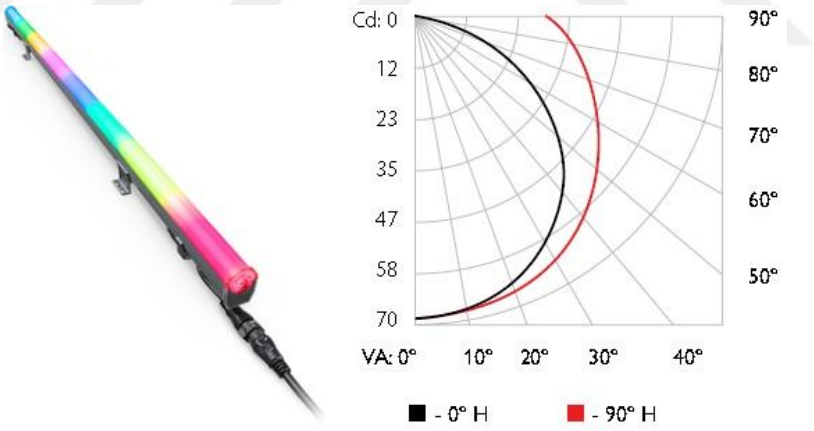
Klasik LED'li alternatifte seçilen aydınlatma aygıtı tek renk beyaz iken, yeni nesil

LED'li alternetifte kullanılan aydınlatma aygıtı hem beyazın tonlarını hem de doygun renk tonlarının görülebildiği RGB+TW tipi aydınlatma aygıtlarıdır. Tablo 5.1'de her iki durum için kullanılan aydınlatma aygıtlarının teknik özellikleri verilmektedir [126].

Kule zemininin aydınlatılması için kullanılması planlanan klasik LED'li aydınlatma aygıtlarının görseli ve ışık dağılım eğrisi Şekil 5.20'de, yeni nesil LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım ise Şekil 5.21'de görülmektedir.



Şekil 5.20 Kule Zemini Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi



Şekil 5.21 Kule Zemini Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi

Kule zemininde ortalama 15 lx seviyelerinde bir aydınlık düzeyi planlanarak hem ziyaretçilerin güvenlik duygusuna sahip olması hedeflenmiş hem de karanlık denizden kule gövdesine geçiş yumuşatılmıştır [126]. Montaj elemanı olarak kule çevresindeki duvara bir metre aralıklarla çelik dübeller vasıtasıyla sabitlenen profiller kullanılmıştır. Montaj elemanı seçiminde aydınlatma aygıtının özellikleri yanı sıra yapının çevresel özllikleri de dikkate alınmıştır.

5.6.2 Kâgir Yapı ve Kule Gövdesi Genel Aydınlatması

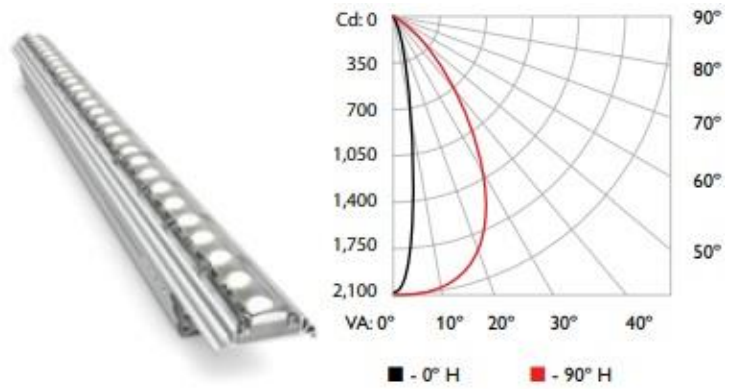
Zemin kotunda kâgir yapıyı ve kule gövdesini aydınlatmak için iki farklı senaryo için iki farklı aydınlatma aygıtı planlanmıştır. Kule gövdesini aydınlatmak için yere sabitlenen montaj elemanlarının üzerine monte edilen dim edilebilir dâhili sürücülü "wallwasher" tipi aydınlatma aygıtı kullanılmıştır. Duvar kenarına monte edilen bu aygıtlar duvar sıyırma yöntemiyle kule gövdesinin malzeme özelliklerini yansıtırken, kâgir kısmında ise yapı malzemesi gereği daha fazla aydınlık oluşturarak bu kısmın Kule'nin taşlı yapısından ayrılmasına nden olmaktadır. Klasik LED'li alternatifte seçilen aydınlatma aygıtı tek renk beyaz iken, yeni nesil LED'li alternetifte kullanılan aydınlatma aygıtı hem beyazın tonlarını hem de doygun renk tonlarının görülebildiği RGB+TW tipi aydınlatma aygıtlarıdır. Tablo 5.2'de her iki durum için kullanılan aydınlatma aygıtlarının teknik özellikleri verilmektedir [126].

Tablo 5.2 Zemin Kat Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri

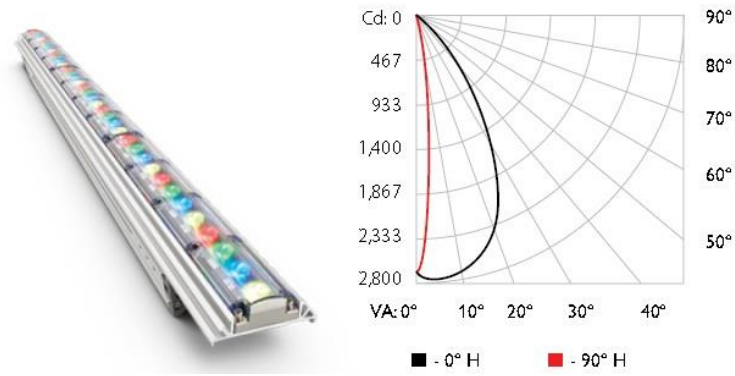
Ürün Özellikleri	**Klasik LED**	**Yeni Nesil LED**
Ürün Adı	eW Graze MX Powercore 523-000080-76	ColorGraze IntelliHue P.core 423-000016-16
Güç	60 W	74 W
Giriş Voltajı	100 - 277 V AC	100 - 277 V AC
Renk Sıcaklığı	3000 K	2700 K - 4000 K, RGB
Işık Akısı	2692 lm	2768 lm
Lens Açısı	10°×60°	10°×60°
CRI	83	81,2 – 86,6
IP	66	66
IK	10	10
Ömür (L_{70}, 25°C)	60000 saat	70000 saat

Kâgir yapı ve kule gövdesi için tasarlanan aydınlatma düzeyini yakalamak için Tablo 5.2'de teknik özellikleri verilen aydınlatma aygıtlarından klasik LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım eğrisi Şekil 5.22'de, yeni nesil LED'li

aydınlatmanın görseli ve ışık dağılımı ise Şekil 5.23'de görülmektedir. Aydınlatma tasarımında kule gövdesinde ortalama 30 lx seviyelerinde bir aydınlık düzeyi hedeflenmiştir [126].



Şekil 5.22 Kule Gövdesi Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi



Şekil 5.23 Kule Gövdesi Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi

Montaj elemanı olarak kule çevresinde zemine bir metre aralıklarla çelik dübeller vasıtasıyla sabitlenen yüzeyi sıcak daldırma galvanizle kaplanmış, dış etkenlere dayanıklı, dayanıklılığı sağlayan ve izolasyon özeliği olan yapı yüzü taş renginde elektrostatik toz boya ile boyalı profiller kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtı ve montaj elemanı seçiminde bölgedeki insan popülasyonu, eserin gündüz görünümüne olan etkisi, bölgedeki ortalama rüzgâr hızı ve nem değerleri, deniz suyunun durumu göz önünde bulundurulmuştur.

5.6.3 Kule Zemin Kat Pencere, Kule Gövde Pencere ve Burç Aralıkları Aydınlatması

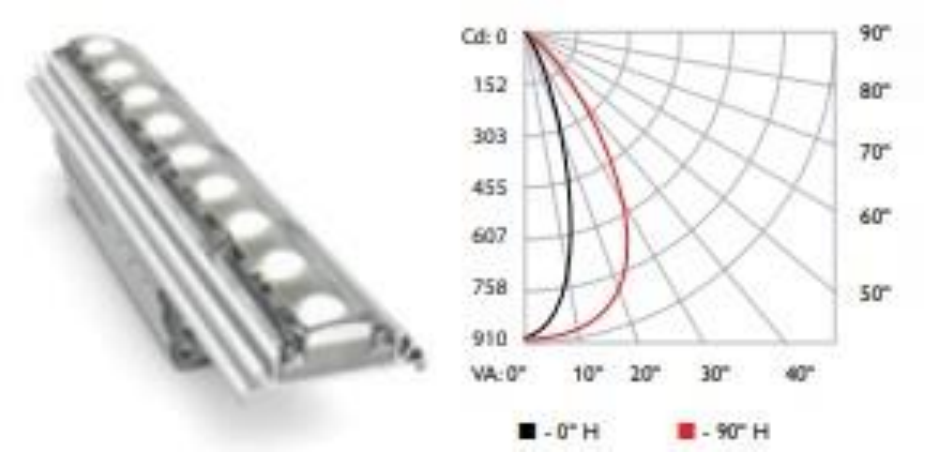
Kulenin bu bölümlerinde yapı yüzeyine hareketlilik katan bölüm olan zemin kat ve kule gövdesi pencere içleri ile burç aralıklarında kulenin genel yapısını gece daha

net ortaya çıkarmak adına dim edilebilir dâhili sürücülü “wallwasher” tipi aydınlatma aygıtları kullanılmıştır. Klasik LED’li seçenekte pencerelerin iç kısımlarında 3000 K, burç aralıklarında 5500 K LED aydınlatma aygıtları ile renk ve parıltı kontrastı yapılarak bu detayların gece de algılanması planlanmıştır. Bu üç noktada klasik LED’li alternatifte seçilen aydınlatma aygıtı tek renk beyaz iken, yeni nesil LED’li aydınlatmada ise renk sıcaklığı 2700 K ile 6500 K aralığındaki beyazın tonlarını sunabilen aydınlatma aygıtları kullanılacaktır. Tablo 5.3’de her iki durum için kullanılan aydınlatma aygıtlarının teknik özellikleri verilmektedir [126].

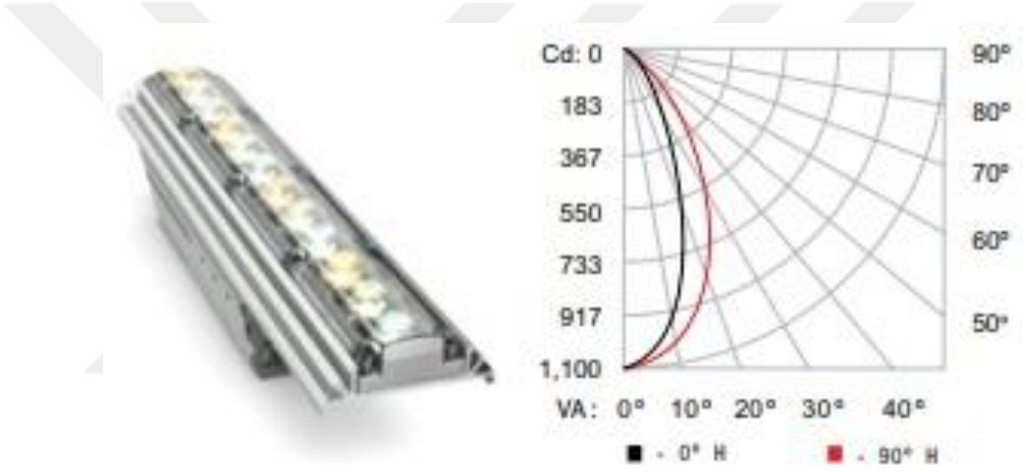
Tablo 5.3 Alt Pencere ve Burç Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri

Ürün Özellikleri	**Klasik LED**	**Yeni Nesil LED**
Ürün Adı	eW Graze MX Powercore 523-000080-63	iW Graze MX Powercore 523-000079-03
Güç	15 W	20 W
Giriş Voltajı	100 - 277 V AC	100 - 277 V AC
Renk Sıcaklığı	3000 K & 5500 K	2700 K – 6500 K
Işık Akısı	672 lm	855 lm
Lens Açısı	30°×60°	30°×60°
CRI	83	82
IP	66	66
IK	10	10
Ömür (L_{70}, 25°C)	60000 saat	60000 saat

Tablo 5.3’de teknik özellikleri verilen alt pencere içleri ve burç aralıkları aydınlatma aygıtlarından klasik LED’li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım eğrisi Şekil 5.24’de, yeni nesil LED’li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım ise Şekil 5.25’de görülmektedir. Aydınlatma tasarımında bu kısımlarda ortalama 50 lx seviyelerinde bir aydınlık düzeyi hedeflenmiştir [126].



Şekil 5.24 Alt Pencere İçi Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi



Şekil 5.25 Alt Pencere İçi Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi

Tarihî eserlerde en önemli konulardan biri de aydınlatma aygıtının yapıya zarar vermeyecek bir biçimde montaj edilemesidir. Her iki bölgenin yanlarında da duvar olması burası için yapıyı koruyan, gündüz ve gece kötü görünüme sebebiyet vermeyecek olan çözüm sıkıştırma yöntemidir. Bu nedenle aydınlatma aygıtının montajı, montaj edilecek bölgeye özel sıkıştırılabilir montaj elemanı ile yapılacaktır. Montaj elemanı ile bina yüzeyi arasında kauçuk olacak şekilde yerleşim yapılarak montaj elemanının yapıya zarar vermesi engellenecektir.

5.6.4 Kule Üst Gövdesi Genel Aydınlatması

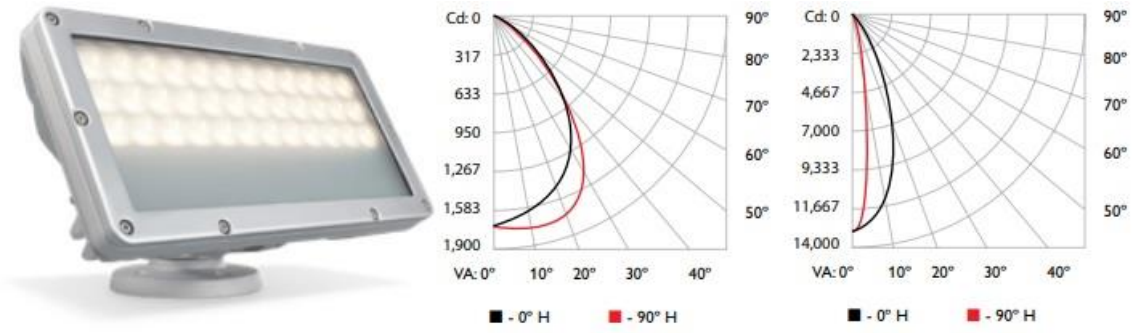
Kule üst gövdesinin aydınlatması zemin kotunda kâgir yapıyı ve kule gövdesinde yapılan aydınlatmanın devamı şeklindedir. Kule üst gövdesini aydınlatmak için

yere ve çatı üzerine sabitlenen montaj elemanlarının üzerine monte edilmiş dim edilebilir dâhili sürücülü projektör tipi aydınlatma aygıtının kullanılması uygun görülmüştür. Yapının bu bölümünde bulunan güçlendirme kayıtlarının aşırı gölgeleme yapmasınık engelleme için yapı yüzünden uzaklaştırılarak monte edilen projektörler kullanılmıştır. Bu bölümde de klasik LED'li alternatifte seçilen aydınlatma aygıtı tek renk beyaz iken, yeni nesil LED'li alternetifte kulanılan aydınlatma aygıtı hem beyazın tonlarını hem de doygun renk tonlarının görülebildiği RGB+TW tipi aydınlatma aygıtlarıdır. Tablo 5.4'de bu bölümde kullanılabilecek aydınlatma aygıtlarının teknik özellikleri paylaşılmaktadır [126].

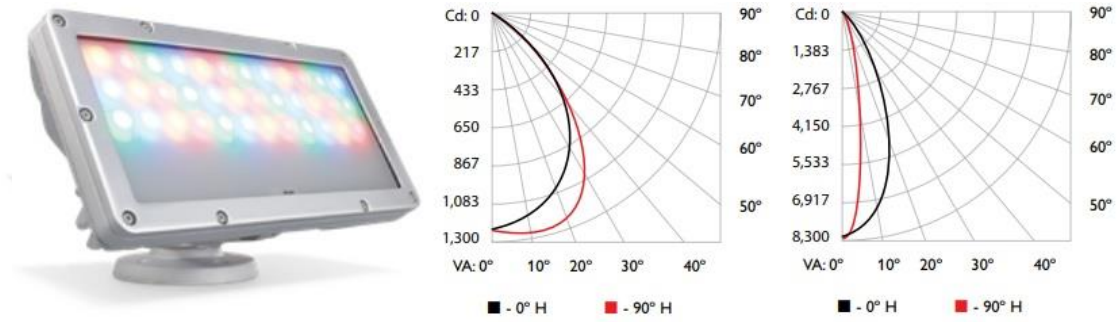
Tablo 5.4 Kule Üst Gövdesi Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri

Ürün Özellikleri	**Klasik LED**	**Yeni Nesil LED**
Ürün Adı	eW Blast Powercore gen4 523-000100-26	ColorBlast IntelliHue P.core 423-000011-04
Güç	50 W	50 W
Giriş Voltajı	100 - 277 V AC	100 - 277 V AC
Renk Sıcaklığı	3000 K	2700 K – 4000 K, RGB
Işık Akısı	2701 lm	2012 lm
Lens Açısı	10°×40° – 80°	10°×40° – 80°
CRI	81	86,2– 91,6
IP	66	66
IK	10	10
Ömür (L_{70}, 25°C)	51000 saat	46100 saat

Bu bölümde kullanılması planlanan aydınlatma aygıtlarından klasik LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım eğrisi Şekil 5.26'da, yeni nesil LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım ise Şekil 5.27'de görülmektedir. Aydınlatma tasarımında kule üst gövdesinde ortalama 30 lx seviyelerinde bir aydınlık düzeyi hedeflenmiştir [126].



Şekil 5.26 Kule Üst Gövde İçi Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi



Şekil 5.27 Kule Üst Gövde İçi Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi

Zemindeki projekörler için montaj elemanı olarak kule çevresinde boyalı profiller kullanılmıştır. Çatı katında ise aydınlatma aygıtları çatı kiremitine sıkıştırılarak bağlanabilen montaj elemanları tercih edilecektir. Ancak bölgedeki ortalama rüzgâr hızının yüksek değerlerde olması nedeniyle kullanılan montaj elemanları aynı zamanda birbirine çelik monoteller ile de bağlanacaktır.

5.6.5 Balkon Katı Pencere Aydınlatması

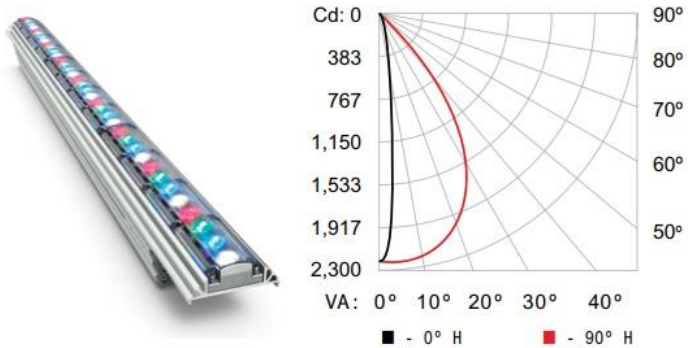
Balkon bölümü mimari anlamda yapıya hareketlilik katan aynı zaman yapının fener olarak kullanıldığı zamanlar pencerelerinden ışık yayarak insanlara hizmet ettiği bölümdür. Bu nedenle gerek insanların yapıya karşı farkındalığını artırmak gerekse kulenin fener kimliğine atıfta bulunmak adına balkon pencerelerini kulenin genel aydınlatma tekniğinden bağımsız düşünülerek farklı ışık renklerini yansıtabilecek özellikte aydınlatma aygıtlarının kullanılması planlanmıştır. Bu nedenle kent ölçeğinde de her iki tasarımda da bu bölümde farklı renk skalasında ışık yayabilen dim edilebilir dâhili sürücülü "wallwasher" tipi aydınlatma aygıtları kullanılmıştır. Klasik LED'li seçenekte üç ayrı renk çipi artı beyaz renk çipi ve bir

kontrol devresi bulunan RGBW LED'li aydınlatma aygıtı kullanılırken, yeni nesil LED'li aydınlatmada ise RGB ile birlikte renk sıcaklığı 2700 K ile 6500 K aralığındaki beyazın tonlarını da sunabilen aydınlatma aygıtları kullanılacaktır. Balkon pencerelerinde kullanılan Klasik LED'li ve yeni nesil LED'li aydınlatma aygıtlarının teknik özellikleri Tablo 5.5'de verilmektedir [126].

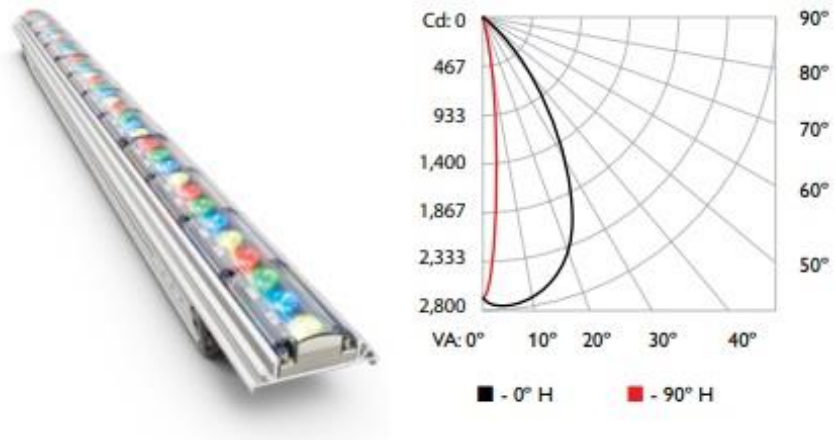
Tablo 5.5 Balkon Penceresi Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri

Ürün Özellikleri	**Klasik LED**	**Yeni Nesil LED**
Ürün Adı	ColorGraze MX4 Powercore 423-000001-11	ColorGraze IntelliHue P.core 23-000016-01
Güç	55,5 W	55,5 W
Giriş Voltajı	100 - 277 V AC	100 - 277 V AC
Renk Sıcaklığı	RGBW	2700 K – 4000 K, RGB
Işık Akısı	1857 lm	2076 lm
Lens Açısı	10°×60°	10°×60°
CRI	81	81,2 – 86,6
IP	66	66
IK	10	10
Ömür (L_{70}, 25°C)	70000 saat	70000 saat

Balkon penceresinde kullanılması planlanan aydınlatma aygıtlarından klasik LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım eğrisi Şekil 5.28'de, yeni nesil LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım ise Şekil 5.29'da görülmektedir [126].



Şekil 5.28 Balkon Pencere Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi



Şekil 5.29 Balkon Pencere Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi

Günümüzde bu bölüm seyir terası olarak kullanılmakta ziyaretçiler balkona çıkarak 360 derece İstanbul manzarasını seyredebilmektedir. Bu durum turistik açıdan iyi bir durum olsa da katta herhangi bir güvenlik görevlisinin olmaması burada bulunan aydınlatma aygıtlarının zaman zaman vandalizm ile karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle burada kullanılacak montaj elemanlarına seçiminde dikkatli davranılmalıdır. Burada bulunan pencere denizliklerinde boşluk olması, yapıya zarar vermeden aydınlatma aygıtının sabitlenebilmesi için en uygun seçeneğin sıkıştırma aparatı olduğu görülmektedir. Ancak montaj elemanını ve aydınlatma aygıtı vandalizmden korumak için her ikisinin etrafı elle müdahale edilemeyecek kadar sık, ışık efektini kesmeyecek kadar geniş aralıkları olan tel kafesle kapatılmalıdır.

5.6.6 Balkon Katı Pencere Arası Aydınlatması

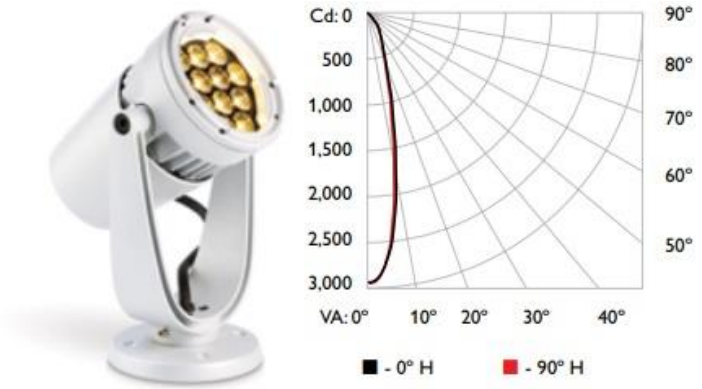
Balkon aydınlatması iki bölümden oluşmaktadır. Birincisi kulenin fener işlevine uygun olarak pencere içlerinin aydınlatılması diğeri de balkondaki derinlik hissini algılatmak için pencere aralarınının aydınlatılmasıdır. Kule izleyenlerin kent ölçeğinde en çok dikkatinin cezbedildiği bölüm olan balkonda penecerelerin aksine pencere aralarınında kule gövdesi ile mimari bütünlük sağlama adına kule gövdesiyle aynı renk ışık yayan aydınlatma aygıtı kullanılmıştır. Bu bölümde her iki tasarımda da kulenin balkon katındaki detayları daha anlaşılır hale getirmek adına dim edilebilir dâhili sürücülü spot tipi aydınlatma aygıtları kullanılmıştır. Klasik LED'li seçenekte pencerelerin aralarındada 3000 K ile balkonda renk kontrastı yapılarak bu detayların gece de algılanması planlanmıştır. Pencere

aralarında klasik LED'li alternatifte seçilen aydınlatma aygıtı tek renk 3000 K beyaz olurken, yeni nesil LED'li aydınlatmada ise RGB ve renk sıcaklığı 2700 K 4000 K aralığındaki değişebilen aydınlatma aygıtları kullanılacaktır. Tablo 5.6'da Balkon pencerelere aralarında kullanılan Klasik LED'li ve yeni nesil LED'li aydınlatma aygıtlarının teknik özellikleri verilmektedir [126].

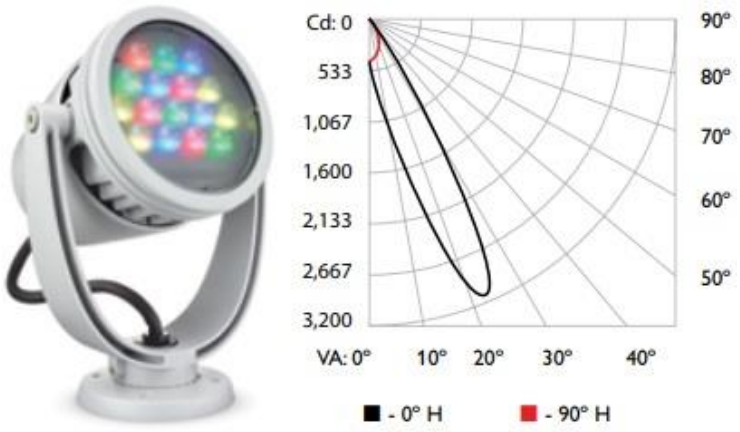
Tablo 5.6 Balkon Penceresi Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri

Ürün Özellikleri	**Klasik LED**	**Yeni Nesil LED**
Ürün Adı	eW Burst Compact Powercore 523-000059-20	ColorBurst IntelliHue Powercore 423-000003-36
Güç	15 W	30 W
Giriş Voltajı	100 - 277 V AC	100 - 277 V AC
Renk Sıcaklığı	3000 K	2700 K – 4000 K, RGB
Işık Akısı	540 lm	827 lm
Lens Açısı	23°	23°
CRI	83	88 – 80
IP	66	66
IK	07	08
Ömür (L_{70}, 25°C)	90000 saat	51000 saat

Balkon penceresi aralarında kullanılması planlanan aydınlatma aygıtlarından klasik LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım eğrisi Şekil 5.30'da yeni nesil LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım ise Şekil 5.31'de görülmektedir [126].



Şekil 5.30 Pencere Arası Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi



Şekil 5.31 Pencere Arası Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi

Ziyaretçilerin en sık bulunduğu bölümlerden biri olan balkona sıva üstü aydınlatma aygıtı kullanmak vandalizm açısından oldukça riskli bir durumdur. Bu tür durumlarda hem aydınlatma sistemini hem de ziyaretçileri koruyacak doğru önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu kattaki pencere araları armatürleri sekizgen şeklindeki balkon üstü kütleyi çepeçevre saran profillerin üstüne vidalanarak sabitlenmelidir. Aydınlatma aygıtları ise uygun boyutlu tel kafeslerle korumaya alınmalıdır.

5.6.7 Kurşun Çatı Aydınlatması

Kız Kulesi'nin en çok ilgi çeken bölümlerinden birisi de soğan kubbe olarak bahsedilebilecek kurşun kaplı çatısıdır. Burada yapılan aydınlatma aygıtlarının seçiminde çatı şeklinin gözlemciler tarafından rahatça algılanabilmesine dikkat edilmiştir. Kuş bakışı bakıldığında da geniş bir görülme yüzeyine sahip bu alanın çatının az eğimli uç kısımlarına sabitlenecek aydınlatma aygıtları ile aydınlatılması planlanmıştır. Eserin çatı bölümündeki aydınlatmada çatı biçimi gereği alt kısımlar ve tepe kısmı aydınlatılacak şekilde aydınlatma aygıtları konumlandırılmış olup bunun için dim edilebilir dâhili sürücülü projektör tipi aydınlatma aygıtları kullanılmıştır. Her iki konseptte de yapının bu bölümü normal zamanlarda 3000 K renk sıcaklığına sahip aydınlatma aygıtları ile aydınlatılacaktır. Çatıda klasik LED'li planlamada 3000 K beyaz tonu ışık yayabilen aydınlatma aygıtı kullanılırken, yeni nesil LED'li aydınlatmada ise RGB ve ayarlanabilir beyaz özelliği olan aydınlatma

aygıtları kullanılacaktır. Tablo 5.7'de çatıda kullanılan Klasik LED'li ve yeni nesil LED'li aydınlatma aygıtlarının teknik özellikleri verilmektedir [126].

Tablo 5.7 Kurşun Çatı Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri

Ürün Özellikleri	Klasik LED	Yeni Nesil LED
Ürün Adı	eW Blast Powercore gen4 523-000100-25	ColorBlast IntelliHue Powercore Gen4 423-000011-01
Güç	50 W	50 W
Giriş Voltajı	100 - 277 V AC	100 - 277 V AC
Renk Sıcaklığı	3000 K	2700 K – 4000 K, RGB
Işık Akısı	2723 lm	2039 lm
Lens Açısı	60°	60°
CRI	81	86,2 – 91,6
IP	66	66
IK	10	10
Ömür (L_{70}, 25°C)	51000 saat	46100 saat

Balkon penceresi aralarında kullanılması planlanan aydınlatma aygıtlarından klasik LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım eğrisi Şekil 5.32'de, yeni nesil LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım ise Şekil 5.33'de görülmektedir [126].



Şekil 5.32 Kurşun Çatı Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi



Şekil 5.33 Kurşun Çatı Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi

Kız Kulesi'nde kurşun çatı yapısı gereği aydınlatma aygıtlarının en zor monte edilebileceği yerlerden birisidir. Çatının eğimli yüzeyi, denizin ortasında olması nedeniyle sert rüzgâr ve denizin nemi ile tuzu bu tip yerlerde yapıştırma yoluyla montajı kullanışlı bir tercih olmaktan çıkarmaktadır. Bu nedenle Kız Kulesi gibi yapıştırma yönteminin fiziksel şartlar nedeniyle başarılı olamayacağı yerlerde askı yöntemi kullanılabilmektedir. Aydınlatma aygıtları iki kısımdan oluşan dairesel paslanmaz çelik profillerden oluşturulan iskelete monte edilmelidir. Dairesel kelepçe ise kurşun çatıya oturtulacaktır. Kelepçenin çatıyla temas eden noktaları kauçuk kaplanmalı, böylece kelepçenin yapıya zarar verme ihtimali ortadan kaldırılmalıdır.

5.6.8 Çatı Penceresi Aydınlatması

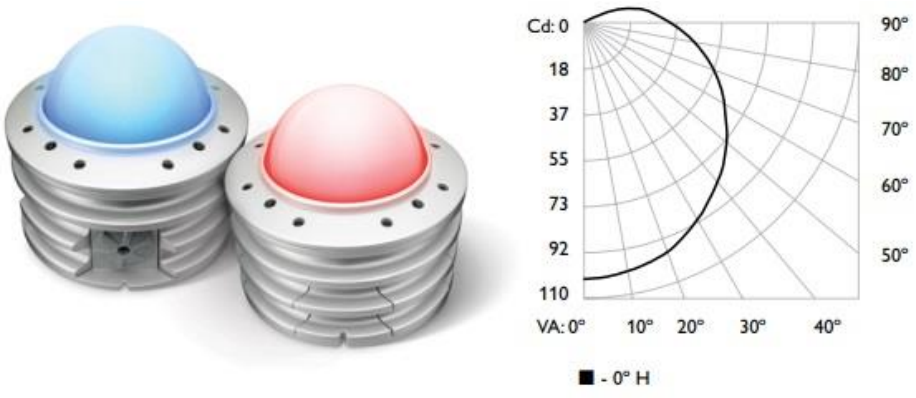
Kız Kulesi ve Galata Kulesi arasındaki efsanelere konu olan aşk Galata Kulesi'nin aydınlatma tasarımına ilham olmuş Kurşun külahta bulunan pencerelere konulan çakar LED'ler ile Galata Kulesi, Kız Kulesi'nine aşkını ilan edebilmişti. Bu tasarımın devamı niteliğindeki Kız Kulesi bölümünde de kurşun çatıda bulunan pencerelerde aydınlatma yapılması planlanmıştır. Her iki konseptte de yapının bu bölümü insanlardaki göz süzme efektini verebilecek yavaş yavaş açılıp kapanabilen RGB aydınlatma aygıtları ile aydınlatılacaktır. Normal zamanlarda soğuk beyaz renk sıcaklığına ayarlanırken özel günlerde RGB çipleri ile elde edilebilen herhangi bir renge dönüştürülebilecektir. Kız Kulesi'nin çatısında bulunan dört pencereden üçü sabit şekilde yanıp söndürülürken Galata Kulesi'ne bakan penceredeki aydınlatma aygıtı zamansal olarak mors alfabesinde "seni seviyorum" anlamına gelecek şekilde yanıp sönmesi sağlanarak Galata Kulesi'ninin Kız Kulesi'nine aşk-ı ilânına karşılık

verecek şekilde programlanması tasarlanmıştır. Tablo 5.8'de çatı pencerelerinde kullanılan RGB LED'li aydınlatma aygıtının teknik özellikleri verilmektedir [126].

Tablo 5.8 Çatı Penceresi Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri

Ürün Özellikleri	Klasik LED	Yeni Nesil LED
Ürün Adı	ArchiPoint iColor Powercore 123-000022-00	ArchiPoint iColor Powercore 123-000022-00
Güç	25 W	25 W
Giriş Voltajı	100 - 277 V AC	100 - 277 V AC
Renk Sıcaklığı	RGB	RGB
Işık Akısı	501 lm	501 lm
Lens Açısı	150°	150°
CRI	81	81
IP	66	66
IK	08	08
Ömür (L_{70}, 25°C)	70000 saat	70000 saat

Çatı penceresinde klasik LED'li ve yeni nesil LED'li aydınlatma sistemlerinde kullanılması planlanan aydınlatma aygıtının görseli ve ışık dağılım eğrisi Şekil 5.34'de görüldüğü gibidir [126].



Şekil 5.34 Çatı Penceresi RGB LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi

Kendi montaj elemanı bulunan aydınlatma aygıtı pencere içine yapıya zarar vermeden kelepçe tipi montaj yöntemi kullanılarak pencere içine sabitlenmiştir.

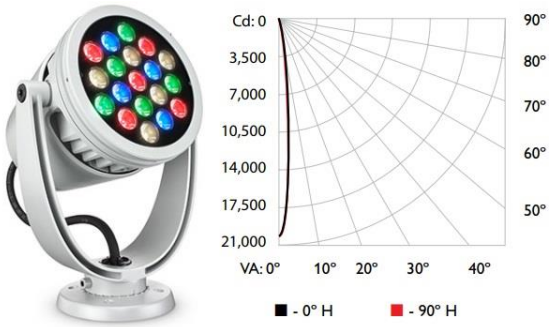
5.6.9 Bayrak Direği Aydınlatması

Bayrak direğini aydınlatmak için bayrak direğinin bulunduğu bölgenin zeminine dim edilebilir dâhili sürücülü spot tipi aydınlatma aygıtları kullanılmıştır. Klasik LED'li seçenekte bayrak direği için RGBW tipi aydınlatma aygıtı kullanılarak balkon pencereleri ile bütünlük sağlayacak anlatımın oluşturulması planlanmıştır. Pencere aralarında klasik LED'li alternatifte seçilen aydınlatma aygıtı tek renk 3000 K beyaz olurken, yeni nesil LED'li aydınlatmada ise RGB ve renk sıcaklığı 2700 K ile 4000 K aralığındaki değişebilen aydınlatma aygıtları kullanılacaktır. Tablo 5.9'da balkon pencereleri aralarında kullanılan Klasik LED'li ve yeni nesil LED'li aydınlatma aygıtlarının teknik özellikleri verilmektedir [126].

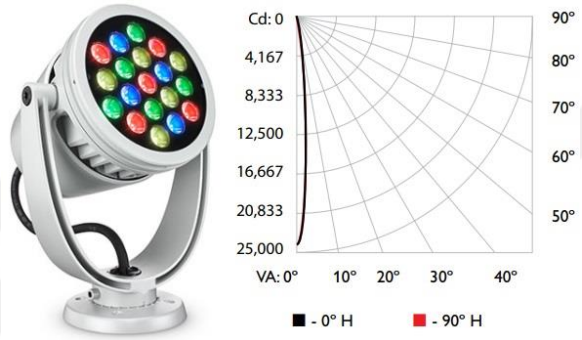
Tablo 5.9 Bayrak Direği Aydınlatması Ürün Teknik Özellikleri

Ürün Özellikleri	**Klasik LED**	**Yeni Nesil LED**
Ürün Adı	ColorBurst Powercore gen2 423-000004-21	ColorBurst IntelliHue Powercore 423-000003-21
Güç	33 W	33 W
Giriş Voltajı	100 - 277 V AC	100 - 277 V AC
Renk Sıcaklığı	RGBW	2700 K – 4000 K, RGB
Işık Akısı	1150 lm	1322 lm
Lens Açısı	10°	10°
CRI	83	83
IP	66	66
IK	08	08
Ömür (L_{70}, 25°C)	51000 saat	51000 saat

Balkon penceresi aralarında kullanılması planlanan aydınlatma aygıtlarından klasik LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım eğrisi Şekil 5.35'de, yeni nesil LED'li aydınlatmanın görseli ve ışık dağılım ise Şekil 5.36'da görülmektedir [126].



Şekil 5.35 Bayrak Direği Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi



Şekil 5.36 Bayrak Direği Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtı Işık Dağılım Eğrisi

Boğazın sert rüzgârına ve deniz suyuna en çok maruz kalan bölüm olan bayrak direği zemininde sıva üstü aydınlatma aygıtı kullanmak aydınlatma aygıtlarının uzun süreli çalışır şekilde tutulması açısından oldukça zor bir durumdur. Bu tür durumlarda hem aydınlatma sistemini koruyacak doğru önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu bölümdeki aydınlatma aygıtları bayrak direği zeminini çepeçevre saran yüzeyi sıcak daldırma galvanizle kaplanmış, dış etkenlere dayanıklı profiller üstüne vidalanarak sabitlenmelidir.

5.7 Kız Kulesi Yapı Yüzü Aydınlatmasının Senaryoları ve İstanbul Siluetindeki Yeri

LED'li aydınlatma aygıtlarının gelişmesiyle birlikte kentlerde yapı yüzü aydınlatmasının hızlı bir biçimde artış gösterdiği görülmektedir. Gerek uygulama kolaylığı gerekse esnek yapısı LED'li aydınlatma aygıtlarının yapı yüzü aydınlatmasında kullanım oranını artırmış yapıya özgün, estetik ve teknik yaklaşımlar üretmek çok daha kolay hale gelmiştir. Ancak bununla birlikte kent

kimliğinin, yapının özgünlüğünün, tarihi, mimari ve çevresel özelliklerinin dikkate alınmadığı bilinçsiz aydınlatma planlamasıyla hem yapıya ve bulunduğu kente hem de çevresindeki canlı yaşama zarar verilmektedir. Kız Kulesi aydınlatma tasarımında iki farklı tasarım öngörülmüştür. Her iki tasarımda yapının tarihi mimari ve bulunduğu konum özellikleri dikkate alınırken ikinci tasarımda yapı çevresindeki ekolojik hayatın sağlıklı bir biçimde devamlılığınını dikkate alan bir yaklaşım sergilenmiştir. İlk senaryoda insan ölçeğinde daha net algılanabilen kâgir yapı ve kule gövdesinde tek renk 3000 K renk sıcaklığında aydınlatma aygıtları kullanılırken, kent ölçeğinde daha çok dikkat çeken balkon pencere kısmı ve bayrak direğinde ise dinamik aydınlatma sistemi kullanılmıştır. Şekil 5.37'de ilk senaryoya ait görsel görülmektedir.



Şekil 5.37 Kız Kulesi'ne Ait Birinci Senaryo

Klasik aydınlatmada mevsimlere göre dinamik aydınlatma kısımlarının renkleri değişecek şeklinde tasarım yapılmıştır. Şekil 5.38'de ilkbahar aylarında İstanbul'un rengi olan erguvan renginin Kız Kulesi'nde yansıtıldığı görsel görülmektedir. Senaryoya göre yaz aylarında Boğaz'ın rengi olan turkuaz, kışın soğuk beyaz, sonbaharda ise Galata Kulesi ile uyumlu olarak ateş tuğlası turuncusu renklerinin yansıtılması planlanmıştır. Şekil 5.39'da Kız Kulesi'nin yaz aylarındaki görünümü bulunmaktadır.



Şekil 5.38 İlkbahar Mevsiminde Kız Kulesi'ne Ait Birinci Senaryo



Şekil 5.39 Yaz Mevsiminde Kız Kulesi'ne Ait Birinci Senaryo

Bu senaryoda ayrıca özel günlerde bu alanda istenilen renk değişimleri yapılabilecektir. İlk senaryoda bulunan diğer bir özellik ise Galata Kulesi bölümünde anlatılan Galata Kulesi ve Kız Kulesi arasındaki aşkın simgeleştirildiği çatı kısmındaki göz kırpma efektinin bu senaryoda karşılık bulması planlanmıştır. Bunun için Galata Kulesi'nin göz kırpma efektine karşılık olarak Kız Kulesi çatısındaki pencerelerde bulunan aydınlatma aygıtlarının yavaş yavaş yakılıp söndürülmesiyle göz süzme efekti verilmesi planlanmıştır. Kız Kulesi yapı yüzü aydınlatması senaryosunda kullanılan göz süzme efektine ait görsel Şekil 5.40'da verilmiştir.



Şekil 5.40 Kız Kulesi'nin Göz Süzme Senaryosu

Yeni nesil LED'li aydınlatma aygıtlarının kullanıldığı tasarımda ise her farklı durum için farklı senaryo oluşturulması imkânı bulunmaktadır. Bu senaryoda yapının tamamında hem RGB LED çipleri hem de 2700 K ile 4000 K arasında değişebilen beyaz tonlarını sunabilen LED çiplerini barındıran yeni nesil dinamik aydınlatma sistemi kullanılmıştır. Temel amacı çevredeki canlı yaşamın korunması olan bu aydınlatma türünde en çok dikkat edilen durum yılın belirlenen zamanlarında göçmen kuşların ve balıkların durumlarına göre aydınlatma şiddeti ve renginin

değişmesidir. Yapı yüzü aydınlatmasının rengi çevresel faktöre bağlı olarak kısa dalgaboyuna sahip veya uzun dalgaboyuna sahip renklerin ağırlıkta olduğu cephe aydınlatması tercih edilirken aydınlatma şiddeti ise gecenin farklı zaman dilimlerinde dim edilmiştir. Bu durum güneşin batışından saat 23:00'e kadar tam kapasiteli, 23:00'den sabah 02:00'ye kadar yarı loşlaştırılmış ve sabah 02:00'den güneşin doğuşuna kadar zemin kat ve kule gövdesinin tamamen kapandığı sadece taç aydınlatmasının yarı loşlaştırılmış biçimde kaldığı üç farklı senaryo planlanmıştır. Şekil 5.41 ve Şekil 5.42'de çevresel faktörlere göre Kız Kulesi yapı yüzü aydınlatması senaryolarının görselleri verilmiştir.



Şekil 5.41 Kuş Göç Mevsiminde Saatlere Göre Kız Kulesi Aydınlatması



Şekil 5.42 Balık Göç Mevsiminde Saatlere Göre Kız Kulesi Aydınlatması

Özel aydınlatmanın olmadığı diğer zamanlarda ise yapının zemin katı ve kule gövdesi güneşin batışından saat 23:00'e kadar 2700 K ile 4000 K arasında değişebilen beyaz tonlarında aydınlatılarak gözlemin en yoğun olduğu bu saatlerde ilgiyi yapının üzerinde olması planlanmıştır. Bu saatler arasında balkon penceresi ve bayrak direği ise klasik LED'li aydınlatmada belirtildiği üzere mevsimlere özel renklerde olması öngörülmektedir. Gözlem yoğun saatlerde yapı yüzü aydınlatma planlaması Şekil 5.43'de gösterilmiştir.



Şekil 5.43 Gözlem Yoğun Saatlerde Kız Kulesi Dinamik Aydınlatması

Özel aydınlatmanın olmadığı dönemlerde de enerjiden tasarruf etmek ve CO_2 emisyonunu azaltmak için 23:00'den sabah 02:00'ye kadar yarı loşlaştırılmış ve sabah 02:00'den güneşin doğuşuna kadar zemin kat ve kule gövdesi aydınlatmasının tamamen kapandığı aydınlatma senaryosunun uygulanması önerilmektedir. Şekil 5.44'de yarı loşlaştırılmış görseller verilmiştir.



Şekil 5.44 Yarı Loşlaştırılmış Kız Kulesi Dinamik Aydınlatması

Her iki senaryoda da yapının genel görünümü gerek yakın çevre gerekse arka plan ile uyum içerisinde olmasına dikkat edilmiş renk değiştirebilen bölümler klasik LED'li aydınlatma sisteminde mevsimlere ve özel günlere göre, yeni nesil LED'li aydınlatma sisteminde çevresinde yaşayan canlıların durumlarına göre tasarlanmıştır.

5.8 Maliyet Analizi

Yapı yüzü aydınlatmasında, doğru aydınlatma sisteminin seçilmesine karar vermek için birçok farklı faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Bunların en önemlilerinden biri de ekonomik faktörler yani uygulanacak sistemin yatırım, işletme ve bakım maliyetleridir. Galata Kulesi bölümünde konvansiyonel ve LED'li aydınlatma sistemlerinin karşılaştırmalı maliyet analizi yapılmış sonuç olarak LED'li

aydınlatma sistemlerinin işletme ve bakım maliyetleri açısından ekonomik olduğu, yatırım maliyetinin ise konvansiyonel aydınlatma sistemlerine göre bir hayli yüksek olduğu belirlenmişti. Ancak gerek yeterli derece kaliteli konvansiyonel aydınlatma sistemlerinin piyasada bulunma oranının çok düşük olması diğer bir deyişle LED'li aydınlatma sistemlerinin piyasaya hâkim olması gerekse LED'li aydınlatma sistemlerinin tasarım, mimari ve teknik kriterleri karşılama olasışığının çok yüksek olması başta tarihî eserler olmak üzere kent kimliği üzerinde katkısı bulunan ayapılarda bu tür aydınlatma sistemlerinin kullanılmasının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Bu bölümde ise tek renk ağırlıklı klasik LED'li aydınlatma sistemi kullanılan tasarım ile çevresel faktörlerin dikkate alındığı RGB ve ayarlanabilir beyaz LED çipleri sayesinde yılın farklı zamanlarında senaryo değiştirebilen aydınlatma sistemlerinin karşılaştırılması yapılmaktadır. Her iki tasarımında LED tabanlı aydınlatma sistemi olması nedeniyle ömürlerinin ve çıkış güçlerinin, kullanılan montaj elemanları ve besleme kablo maliyeti farkının tasarımlardaki işletme, bakım ve toplam maliyeti önemli derecede etkileyecek kadar değişken olmaması nedeniyle sadece armatür maliyetlerinin dikkate alındığı yatırım maliyetleri karşılaştırılması yapılmıştır. Farklı markaların fiyat politakasının maliyet analizinde bir etken oluşturmaması ve gerçekçi değerlendirmenin yapılabilmesi adına her iki sistemi de aydınlatma ürün gamında bulunduran, erişilebilir tek bir marka üzerinden çalışmalar sürdürülmüştür.

Bu çerçevede Kız Kulesi'nin klasik LED'li aydınlatma sistemine ait teknik değerleri Tablo 5.10'da görülmektedir. İki farklı aydınlatma sisteminde farklı teknolojilere sahip aydınlatma aygıtları ve kontrol sistemleri ilk yatırım maliyetini etkilemektedir. Çevre odaklı aydınlatma tasarımında kullanılması planlanan yeni nesil LED'li aydınlatma sistemine ait teknik değerler Tablo 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.10 Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtları Ürün Teknik Özellikleri

No	Ürün Tanımı	Konum	Lamba Gücü	Lens Açısı	Miktar	Renk Sıcaklığı
1	Meydan Aydınlatma Armatürü	Sıva Altı	42W	-	9	3000 K
2	eW Graze MX P.core 523-000080-76	+00.00 +05.10	60W	10°×60°	50	3000 K
3	eW Graze MX P.core 523-000080-63	+07.14 +12.40	15W	30°×60°	26	5500 K
4	eW Blast Powercore gen4 523-000100-26	+08.90	50W	10°×40° &80°	16	3000 K
5	ColorGraze MX4 P.core 423-000001-11	+16.80	55,5W	10°×60°	8	RGBW
6	eW Burst Compact P.core 523-000059-20	+15.80	15W	23°	8	3000 K
7	eW Blast Powercore gen4 523-000100-25	+20.50	50W	60°	16	3000 K
8	ArchiPoint iColor P.core 123-000022-00	+23.70	25W	150°	4	RGB
9	ColorBurst P.core gen2 423-000004-21	+25.00	33W	10°	3	RGBW

Tablo 5.11 Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtları Ürün Teknik Özellikleri

No	Ürün Tanımı	Konum	Lamba Gücü	Lens Açısı	Miktar	Renk Sıcaklığı
1	Meydan Aydınlatma Armatürü	Sıva Altı	42W	-	9	3000 K
2	ColorGraze IntelliHue P.core 423-000016-16	+00.00 +05.10	74W	10°×60°	50	RGB+TW
3	iW Graze MX P.core 523-000079-03	+07.14 +12.40	20W	30°×60°	26	TW
4	ColorBlast IntelliHue P.core 423-000011-04	+08.90	50W	10°×40° &80°	16	RGB+TW
5	ColorGraze IntelliHue P.core 423-000016-01	+16.80	55,5W	10°×60°	8	RGB+TW
6	ColorBurst IntelliHue P.core 423-000003-36	+15.80	30W	23°	8	RGB+TW
7	ColorBlast IntelliHue P.core 423-000011-01	+20.50	50W	60°	16	RGB+TW
8	ArchiPoint iColor P.core 123-000022-00	+23.70	25W	150°	4	RGB
9	ColorBurst IntelliHue P.core 423-000003-21	+25.00	33W	10°	3	RGB+TW

Kız Kulesi maliyet analizinde sadece aydınlatma aygıtlarının ilk yatırım maliyeti göz önünde bulundurulduğundan normalde toplam maliyet hesabına katılan

montaj elemanı, boru ve kablo, kontrol cihazları ve bunların montaj fiyatları, bakım personeli günlük ücreti, yakıt ücreti gibi değerler dikkate alınmamıştır. Tablo 5.12'de klasik LED'li aydınlatma sisteminin 2019 yılı birim fiyatları ve toplam maliyeti görülmektedir [114].

Tablo 5.12 Klasik LED'li Aydınlatma Aygıtları Maliyeti

No	Ürün Tanımı	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
1	Vaya Tube, White-Mono 350-000014-05	Adet	40	10210	408424
2	eW Graze MX P.core 523-000080-76	Adet	50	11244	562215
3	eW Graze MX P.core 523-000080-63	Adet	26	4709	122439
4	eW Blast Powercore gen4 523-000100-26	Adet	16	13872	221963
5	ColorGraze MX4 P.core 423-000001-11	Adet	8	10168	81344
6	eW Burst Compact P.core 523-000059-20	Adet	8	5735	45882
7	eW Blast Powercore gen4 523-000100-25	Adet	16	13872	221963
8	ArchiPoint iColor P.core 123-000022-00	Adet	4	4082	16328
9	ColorBurst P.core gen2 423-000004-21	Adet	3	8800	26401
10	ZCX400 Data Enabler Pro EU 106-000004-01	Adet	5	4613	23069
11	SSLCTR LSM GEN5 15000 103-000042-15	Adet	1	39681	39681
12	Lider Kablo C15250P BK CE	Adet	40	2693	107748
13	Jumper Kablo C3050P-M-F BK CE	Adet	103	966	99509
			Toplam Tutar		1976969

Kız Kulesi yapı yüzü aydınlatma tasarımında yeni nesil LED'li aydınlatma sistemi kullanılması durumunda 2019 yılı birim fiyatları ve toplam maliyeti Tablo 5.13'de belirtilmiştir.

Tablo 5.13 Yeni Nesil LED'li Aydınlatma Aygıtları Maliyeti

No	Ürün Tanımı	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL)
1	Vaya Tube, RGB 316-000014-03	Adet	40	11216	448673
2	ColorGraze IntelliHue P.core 423-000016-16	Adet	50	12658	632933
3	iW Graze MX P.core 523-000079-03	Adet	26	4749	123483
4	ColorBlast IntelliHue P.core 423-000011-04	Adet	16	14109	225752
5	ColorGraze IntelliHue P.core 423-000016-01	Adet	8	10623	84987
6	ColorBurst IntelliHue P.core 423-000003-36	Adet	8	8800	70404
7	ColorBlast IntelliHue P.core 423-000011-01	Adet	16	14109	225752
8	ArchiPoint iColor P.core 123-000022-00	Adet	4	4082	16328
9	ColorBurst IntelliHue P.core 423-000003-21	Adet	3	8800	26401
10	ZCX400 Data Enabler Pro EU 106-000004-01	Adet	16	4613	73821
11	SSLCTR LSM GEN5 15000 103-000042-15	Adet	1	39681	39681
12	Lider Kablo C15250P BK CE	Adet	40	2693	107748
13	Jumper Kablo C3050P-M-F BK CE	Adet	103	966	99509
			Toplam Tutar		2175475

Tablo 5.12 ve Tablo 5.13'de klasik LED'li aydınlatma sisteminin ve yeni nesil LED'li aydınlatma sisteminin kullanılması durumunda Kız Kulesi'nin ilk yatırım maliyeti görülmektedir. Tablolardan yeni nesil LED'li aydınlatma sisteminin ilk yatırım maliyetinin klasik LED'li aydınlatma sistemine göre %10 oranında daha yüksek olduğu dolayısıyla da maliyet açısından ekonomik olmadığı görülmektedir. Ancak bu maliyet farkının en büyük nedeninin aydınlatma aygıtı elemanlarının değil, kontrol elemanlarının olduğu belirlenmiştir. Yapılan pazar araştırmalarında RGB+TW aydınlatma sistemlerinin yeni bir teknoloji olması ve bu teknolojik hizmeti sunabilen firma sayısının az olması nedeniyle bu teknolojiyi barındıran aydınlatma sistemlerinin maliyetinin görece yüksek olduğu görülmektedir. Farklı firmaların RGB+TW aydınlatma sistemlerini ürün gamına eklemeleriyle birlikte iki

farklı istem arasındaki maliyet farkının daha da azalabileceği dolayısıyla kent aydınlatma sistemlerinde kullanılabilirliğinin artacağı öngörülmektedir.

Günümüzde kent aydınlatma sistemleri her zaman son kullanıcıların diğer bir deyişle insanların ihtiyaçlarına göre tasarlanmaktadır. Her ne kadar yapı yüzü aydınlatmasında aydınlatmanın niteliğinin, niceliğinin doğru belirlenmesinde gerek kamu yöneticilerinin gerekse aydınlatma tasarımcıları ve araştırmacıların bilinçlenmesiyle birlikte mimari, teknik ve tasarım kriterleri eskisine göre çok daha fazla önem kazanmış olsa da yapı yüzü aydınlatmasında çevreye duyarlı aydınlatma çalışmaları yeterince önemsenmemektedir. Kentlerin siluetinde önemli yere sahip yapı yüzü aydınlatmasında, yapıların bulunduğu bölgedeki canlı hayata zarar vermeyecek bir biçimde aydınlatma tasarımı yapılması sürdürülebilir aydınlatma sistemleri için büyük önem arz etmektedir. Aydınlatmanın yapıldığı bölgede çevreye duyarlı aydınlatma sistemlerinin tasarlanması ve uygulanması ekolojik dengenin korunması ve canlı hayatının devamlılığı açısından çok önemlidir. Aydınlatma aygıtı üreticilerinin bu amaca yönelik geliştirdiği ürünlerin piyasada etkin bir biçimde yer almasıyla birlikte aydınlatma teknolojisinin çevreye duyarlı biçimde kullanımı artacak, başta kamu yöneticileri, araştırmacılar ve aydınlatma tasarımcılarında oluşan farkındalıkla birlikte bu tip uygulamalar gittikçe yaygınlaşacaktır.

6
Sonuç Ve Öneriler

İnsanoğlu içgüdüsel olarak bulunduğu her ortamda kendini güvende hissetmek istemektedir. Işık, insanlarda çevresindekileri rahatça algılama olanağı sağlayarak güvenlik hissi uyandırır. Bu nedenle ateşin insanlar tarafından kontrol edilmeye başlandığı tarihten günümüze gün ışığının olmadığı ya da doğal ışığın yeterli olmadığı alanlarda insanlar çeşitli yapay aydınlatma aygıtları kullanmışlardır. Geçen yüzyılda elektrikli aydınlatma aygıtlarının kullanılmaya başlanması ile birlikte aydınlatma teknolojisi hızla ilerlemiş ve kullanım alanları artmıştır. Bu durum beraberinde bazı olumsuzluklar da getirmiştir. Bilinçsizce yapılan aydınlatma tasarımları diğer bir deyişle ışığın şiddetini ve rengi yönlendirme çalışmaları bulunduğu bölgede mimari, estetik ve teknik sorunların yanı sıra başta insan sağlığı olmak üzere çevresel, kentsel ve ekonomik sorunların da ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Günümüzde aydınlatmanın sadece insan sağlığı, psikolojisi, yaşam standartı değil kentlerin özgün kimliğinin oluşması, çekiciliğinin artması, ekonomisinin gelişmesi, toplumların sosyolojik anlayışı ile kentlerdeki hayvan ve bitkilerin yaşamları gibi birçok konuda etkili olduğu bilinmektedir. Bu durumda bir kenti, bölgeyi, yapıyı ya da bir bölgede var olan canlıları etkileyen her türlü kent aydınlatmasında yapılan aydınlatma tasarımı ve uygulamaları öncelikle aydınlatma yapılan bölgenin veya yapının özgün kimliğini vurgulayacak, kullanıcıların temel güvenlik, psikolojik ve estetik ihtiyaçlarını karşılayacak ve başta çevresel ve ekonomik sorunlar olmak üzere mimari, teknik ve biyolojik olumsuzluklara yol açmayacak şekilde yapılmalıdır.

Kentin aydınlatması gerek kentte yaşayan insanların doğal ışığın yeterli olmadığı bölgelerde ihtiyaç duyduğu fiziksel aktiviteleri emniyetli bir biçimde yapabileceği rahat bir biçimde sosyalleşebileceği ortamların yaratılmasına katkıda bulunarak gerekse kentin özgün değerlerini ve gece kent siluetini estetik bir biçimde görünür kılarak çağdaş kent anlayışının oluşmasında ve kentlerdeki yaşam kalitesinin

yükseltilmesinde büyük rol oynamaktadır. Ancak bu durum yalnızca kent aydınlatması için belirlenen mimari, teknik, estetik, ekonomik ve çevresel kriterlerin uygulandığı tasarımlarda gerçekleşmektedir.

Kentlerin yeni imajı yapı yüzü aydınlatmasında ise bu kriterlerin doğru şekilde analiz edilerek tasarımların yapılması çok daha önemlidir. Bu süreçte tasarımcı, yapının geçmişteki ve mevcut işlevini, faaliyet zamanlarını, kullanıcı ve ziyaretçilerin ihtiyaçlarını, yapının mimari özelliklerini, gece görüntüsünü, yakın çevresi ve arka plan özelliklerini, bulunduğu bölgenin coğrafik ve mevsiller özelliklerini, çevredeki diğer canlılara etkisini başta işletme, bakım ve ilk yatırım maliyeti analizlerini yaparak tasarımına buna göre yön vermelidir. Yapılan tasarım sonucunda yapı yüzü aydınlatması, yapının özgün kimliğini yansıtan, esere kalıcı hiçbir zarar vermeden yapının mimari ve işlevsel özelliklerini öne çıkaran, estetik duyguları harekete geçiren, kullanıcıların ve çevresindeki canlıların yaşam konforunu artıran en ekonomik çözümü sunmalıdır. Aydınlatılacak yapının tarihî eser olması durumunda ise yapının tarihî ve mimari özelliklerine karşı hassas davranılmalı; yapının tarihî dokusuna zarar verebilecek her türlü uygulamadan kaçınarak yapının özgün mimari özelliklerini asgari müdahale ile algılatan çevreye duyarlı aydınlatma sistemleri planlanlanarak tasarım kriterlerinin optimum değerlere ulaştırılmış olması gerekmektedir.

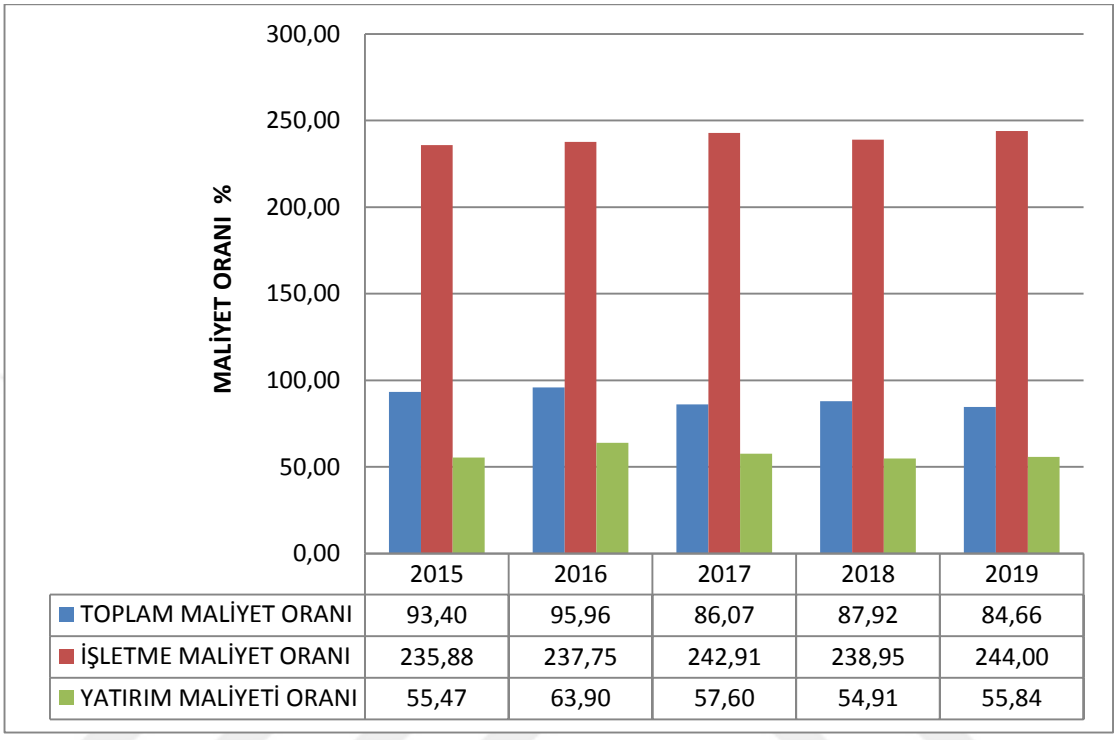
Tarihî eser yapı yüzü aydınlatmasında modern aydınlatma aygıtlarının kulanılmasının mimari, teknik ve ekonomik açıdan analiz edildiği tez çalışmasında dördüncü ve beşinci bölümerde yapılan analizlerin doğru anlaşılabilmesi için ikinci bölümde ışık, renk, görme, aydınlatmanın niceliği ve niteliği, aydınlatmanın temel kavramları, ışık kaynakları, aydınlatma aygıtlarının yardımcı elemanları ve kontrol yöntemleri ile yapı yüzü aydınlatmasının temel ilkeleri ve modern yapı yüzü aydınlatma teknikleri ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Üçüncü bölümde ise tarihî eser yapı yüzü aydınlatmasında tasarım, mimari ve teknik kriterler araştırılmış, tarihî eser yapı yüzü aydınlatmasında kullanılabilecek montaj teknikleri ve aydınlatma tasarımının projelendirmeden uygulamasına kadar geçen her aşaması detaylı bir biçimde sunulmuştur. Dördüncü ve beşinci bölümlerde ise tarihî eserlerde yapı yüzü aydınlatmasında modern aydınlatma teknolojilerinin etkisi incelenerek

Galata Kulesi üzerinden LED'li yapı yüzü aydınlatması mimari, teknik, ekonomik kriteler ışığında analiz edilmiş, Kız Kulesi üzerinden ise çevre odaklı yapı yüzü aydınlatması için aydınlatma tasarımları yapılarak yeni nesil aydınlatma aygıtları ile yapı yüzü aydınlatma önerileri sunulmuştur. Bunun için konvansiyonel aydınlatma sistemleri ile statik ve dinamik LED'li aydınlatma sistemlerinin tarihî eser aydınlatmasında kullanılması durumundaki aydınlatma modellemeleri ve analizleri, malzeme ve uygulama analizleri ile maliyet analizleri yapılmış; yapı yüzünde çevre odaklı aydınlatma sistemlerinin kullanılarak kent aydınlatmasında yeni bir anlayışın oluşması hedeflenmiştir. İnsan haricindeki diğer canlıların yapı yüzü ve kent aydınlatması karşısındaki eğilimlerinin araştırıldığı, yapı yüzü aydınlatma kriterlerinin diğer canlıların yaşam hakkını koruma boyutuyla incelendiği bu çalışmanın tarihî eserlerde estetik aydınlatma anlayışının yanında yapıyı, kullanıcıyı ve çevresindeki diğer canlıları koruyan aydınlatma anlayışının da geliştirilmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Galata Kulesi üzerinde yapılan çalışmada konvansiyonel aydınlatma sistemleri ile LED'li aydınlatma sistemleri mimari, teknik, estetik ve ekonomik olarak analiz edilmiş ve farklı teknolojiye sahip aydınlatma aygıtlarının tarihî eser yapı yüzü aydınlatmasındaki etkileri araştırılmıştır. Yapılan analizlerde; uygulama kolaylığı, kontrol edilebilirliği, zengin renk seçeneği, cıva gibi sağlığa zararlı maddeler içermemesi, ısı ve morötesi, kızılötesi gibi zararlı ışınlar yaymaması ve piyasaya hâkim olan ürün grubu olarak yardımcı elemanlarının kolay bulunması nedeniyle gece algılanılması istenen görüntüyü tarihî esere asgari zarar ile sunabilen LED'li aydınlatma sistemlerinin uygulamacılara önemli avantajlar sağladığı görülmektedir.

Ancak LED standartlarının henüz tam oturmamış olması, ürünlerin üretim sürekliliğinin olmaması diğer bir deyişle ürünlerin sürekli özellik ve biçim değiştirmesi, piyasada mevcut standartlara dahi uymayan kalitesiz ürünlerin bulunması ve yatırım maliyetinin görece yüksek olması LED teknolojisine sahip aydınlatma aygıtlarının en önemli olumsuzlukları olarak görülmektedir. Galata Kulesi'nde LED'li aydınlatma sistemi ve konvansiyonel aydınlatma sistemi için gerçekçi veriler kullanılarak yapılan yıllara göre maliyet analizlerinin sonucu

Tablo 4.4'de detaylandırılmıştır. Tablolardan da okunabilen klasik aydınatma sistemlerinin LED'li aydınlatma sistemlerine göre yıllık işletme maliyeti oranı, yatırım maliyeti oranı ve toplam maliyet oranı Şekil 6.1'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



	2015	2016	2017	2018	2019
TOPLAM MALİYET ORANI	93,40	95,96	86,07	87,92	84,66
İŞLETME MALİYET ORANI	235,88	237,75	242,91	238,95	244,00
YATIRIM MALİYETİ ORANI	55,47	63,90	57,60	54,91	55,84

Şekil 6.1 Galata Kulesi Maliyet Oranları Grafiği

Tablo 4.4'deki verilerin analizi sonucu yapı yüzü aydınlatmasında LED'li aydınlatma sistemleri yerine konvansiyonel aydınlatma sistemleri ile kullanılması durumunda LED'li donanım maliyetleri baz alınarak Galata Kulesi'nin yıllara göre yıllık işletme maliyetinin Şekil 6.1'de görüldüğü gibi uygulamanın 2015 yılında %236; 2019 yılında %244 daha yüksek maliyetli olduğu görülmektedir. Ancak yatırım maliyetleri karşılaştırıldığında konvansiyonel aydınlatma sisteminin LED'li aydınlatma sistemine göre asgari %44,53; azami %36,10; oranında, toplam maliyetlerde ise asgari %4,04; azami %15,34 oranında daha düşük maliyetli olduğu görülmüştür. Bu durumda toplam maliyet açısından bakıldığında LED'li aydınlatma sistemlerinin maliyet etkin tercih yapılması gereken uygulamalarda doğru seçenek olmadığını göstermektedir. Ancak tarihî eser aydınlatılmasında aydınlatmanın niteliğinin, niceliğinin doğru belirlenmesiyle birlikte, eserin tarihî ve özgün kimliğine zarar vermeyen, estetik kaygıların ön planda olduğu, yapının

bütünlüğünü korumaya esas tercihlerin yapılması oldukça önemlidir. Bu nedenle tarihî yapılarda "mimari" ve "teknik" kriterler, "ekonomik" kriterlerden daha ön planda tutulmalıdır. Ayrıca ileri düzeydeki maliyet analizleri için "Mühendislik Ekonomisi Analizleri" de gerçekleştirilebilir.

Yapı yüzü aydınlatması kullanıcıların fiziksel, sosyolojik, psikolojik ve ekonomik açıdan etkilemenin yanında yapının bulunduğu bölgeyi ve bu bölgedeki diğer canlıları da etkileyen bir kavramdır. Bu nedenle yapı yüzü aydınlatması, yapının bulunduğu konuma, kullanıcılara ve çevresindeki diğer canlılara göre değişen ve teknolojiyle birlikte her geçen gün gelişen bir olgu haline gelmiştir.

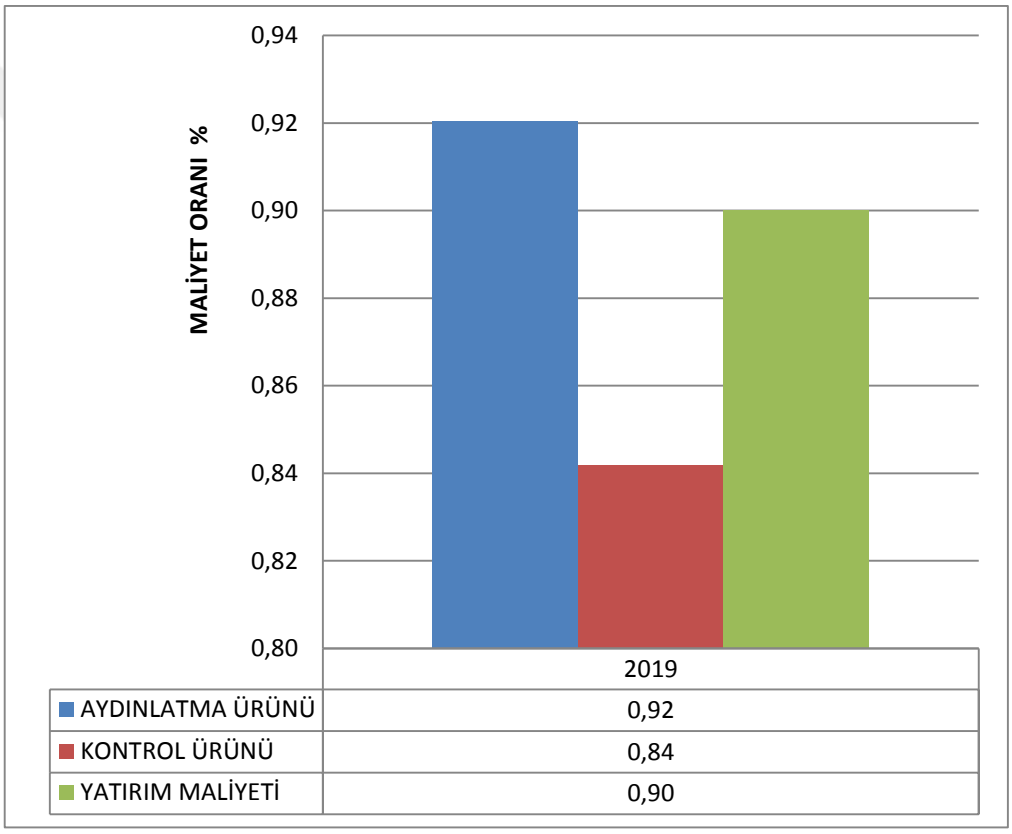
Yapılan araştırmalar başta ışık şiddeti ve rengindeki değişimlerin insanlar dâhil tüm canlıların üzerinde biyolojik etkileri olduğunu göstermektedir. Bu durum aydınlatma tasarımında günün ya da yılın farklı zamanlarında canlıların yaşamını olumlu yönde etkileyecek ya da en azından olumsuzları azaltacak çözümlerin üretilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Günümüzde istenilen bu tip çalışmaların yapılabileceği en ekonomik sistemler kontrol edilebilir RGB ve ayarlanabilir beyaz teknolojilerini tek bir aydınlatma aygıtında toplayan dinamik aydınlatma sistemleridir.

Kız Kulesi ile ilgili yapılan çalışmada ayrıca yapı yüzü aydınlatmasının insanlar dışındaki diğer canlılara olan etkileri araştırılmış, gün içinde ve yılın belirlenen zamanlarında canlıların evrimsel gelişimine ve biyolojik yapısına uygun dinamik aydınlatma sistemleri modellenmiştir. Bunun için hem mevsimsel olarak hem de gün içinde yapı yüzü aydınlatmasından etkilenebilecek canlılar araştırılarak aydınlatma simülasyonu programı ile klasik LED'li aydınlatma sistemi ve yeni nesil LED'li aydınlatma sisteminin kullanıldığı durumlarda farklı senaryolara göre özel aydınlatma çözümlerinin üretildiği yapı yüzü aydınlatma önerilerinde bulunularak her bir yöntem için karşılaştırmalı aydınlatma, malzeme ve uygulama analizleri ile maliyet analizleri yapılmıştır. Tezin bu bölümünde yer verilen yapı yüzü aydınlatma tasarımında "Çevre Odaklı Aydınlatma" kavramının yapının işlevi, mimari ve teknik özellikleri, konumu, maliyetleri, kullanıcı ihtiyaçları gibi teknik ve mimari tasarım kriterleri ile birlikte ele alınması ve yapı yüzü aydınlatma tasarımlarında göz önünde bulundurulması aydınlatma tasarımının sürdürülebilir

olması açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu bölümde yapılan maliyet analizlerinde Kız Kulesi yapı yüzü aydınlatmasında kullanılabilecek klasik LED'li aydınlatma sistemi ve yeni nesil LED'li aydınlatma sistemi yatırım maliyetleri için güncel, gerçekçi veriler araştırılmış ve bunun sonucunda hazırlanan maliyet analizlerinin sonucu Tablo 5.12 ve Tablo 5.13'de ayrıntılı sunulmuştur.

Tablolardaki verilerin analizi sonucu yapı yüzü aydınlatmasında yeni nesil LED'li aydınlatma sistemlerin klasik LED'li aydınlatma sistemlere göre ilk yatırım maliyetinin Şekil 6.2'de görüldüğü gibi % 10 daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 6.2 Kız Kulesi Maliyet Oranları Grafiği

Sadece kontrol ürünleri bazında karşılaştırıldığında bu oran %16; sadece aydınlatma aygıtları karşılaştırıldığında ise %8; olduğu görülmektedir. Bu durum aydınlatma aygıtları arasındaki maliyetin çok düşük olduğunu göstermekte olup bu teknolojiye sahip firma sayısı, ürünlerin piyasadaki bulunabilirliği ve bilinirliği arttıkça maliyet farkının gün geçtikçe azalacağı aşikârdır. Ayrıca tasarımlarda

sadece yapıyı, kentin kimliğini veya insanı değil, diğer canlıları da fiziksel veya psikolojik anlamda korumayı planlayan, ekolojik dengeye zarar vermeyecek planlamaların desteklenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Tez kapsamında incelenen Galata Kulesi ve Kız Kulesi ile ilgili yapılan araştırma, analizler sonucunda kentlerde sürdürülebilir yapı yüzü aydınlatması için ilgili kamu yöneticileri, meslek odaları, üniversiteler ve aydınlatma tasarımcılarının değerlendirmesi gereken prensipler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Teknik, mimari, estetik, ekonomik ve ekolojik olarak yapılan yanlış aydınlatma uygulamalarının doğuracağı olumsuzlukları önlemek için başta İstanbul olmak üzere yoğun yapı yüzü aydınlatması bulunan tüm kentlerde "Aydınlatma Master Planı" hazırlanarak uygulamaya konulmalıdır.

Bunun için yerel yönetimler bazındaki karar vericiler başkanlığında kent planlamacıları, mimarlar, mühendisler, meslek odaları, üniversiteler ve aydınlatma tasarımcılarının iş birliği ile kente ait bölgesel ve genel kapsamda ışık ve renk master planları geliştirilmeli, oluşturulan kılavuz bilgiler aydınlatma tasarımı yapan profesyonellere dağıtılmalı, ilgili kurum ve kuruluşlarda paneller düzenlenerek kamuoyu bu konuda bilgilendirilmelidir.

Master plan kapsamında özgün mimarisi, tarihi veya işleviyle kent kimliği oluşumuna katkıda bulunabilecek yapılar belirlenerek aydınlatma kriterleri açısından incelenmeli; yakın çevresi, arka planı ve kentin gece siluetini etkileyen diğer yapılarla birlikte değerlendirilmeli; gerekliyse kentin ana akslarının aydınlatılması yapı yüzü aydınlatmasıyla bir kompozisyon içerisinde tutularak ışık ve renk master planı şekillendirilmelidir.

Günümüzde aydınlatma; elektrik mühendisinden mimarına, şehir plancısından sanat tarihçisine birçok farklı teknik disiplinin beraber çalışması gereken bir bilim dalı haline gelmiştir. Dolayısıyla kent kimliğine etki edecek bir binanın yapı yüzü aydınlatma tasarımında yerel yönetimler, üniversiteler, meslek odaları, aydınlatma tasarımcıları ve kullanıcılar birlikte çalışma kültürünü oluşturmalı, normalin dışında farklı hassasiyete sahip bölgelerde ise yapı yüzü aydınlatmasının çevredeki diğer canlılara etkileri araştırılmalı bunun için ilgili uzmanlar aydınlatma tasarım

ekibinin bir parçası haline getirilmelidir.

İstanbul'daki mevcut aydınlatma uygulamalarına bakıldığında çoğu aydınlatma tasarımının çevredeki bitki ve hayvanlar üzerindeki etkilerine dikkat edilmeden yapıldığı ve bu durumun canlı hayatını olumsuz etkilediği görülmektedir. Bunu engellemek adına yapı yüzü aydınlatması planlanan alandaki canlılar belirlenerek bitkilerde çiçek açma, hayvanlarda ise göç, konaklama ve üreme zamanları tanımlanarak ışık şiddeti ve rengi, ışığın hangi saatlerde loşlaştırılması veya tamamen kapatılması gerektiği gibi kararlar bu bilgilere göre değerlendirilmelidir.

Tarihî yapıların aydınlatması bir kentin özgün kimliğinin, toplumsal bilincinin, insanların sosyal, psikolojik ve estetik anlayışının oluşmasında ve gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Tez çalışmasında görüldüğü gibi bir tarihî eser yapının konumuna, işlevine, tarihî ve mimari özelliklerine göre farklı tasarım ve teknikte aydınlatılabilir. Bunun için her yapı kendine has bir biçimde detaylı incelenmeli ve yapıların özgün kimliğine en uygun, yapıya restorasyon kurallarına göre kalıcı hiçbir zarar vermeyen tasarım ve teknikte karar kılınmalıdır. Tarihî eser aydınlatma tasarımında amaç maliyet etkin bir sistemden öte estetik, işlevsel, kent ile uyumlu, çevre odaklı ve her şeyden önemlisi korumaya esas sonuçlara ulaşmak olmalıdır.

Aydınlatma tasarımını etkileyen bir diğer konu da aydınlatma aygıtlarının seçimidir. Aydınlatma aygıtları seçiminde aydınlatma sisteminin kurulacağı yapı değerlendirilmeli; ihtiyaç dışı özellikler eklenerek maliyet yükseltilmemeli, sistemler sadece ilk yatırım maliyeti üzerinden değil bakım ve işletme maliyetlernin de dâhil olduğu toplam maliyet üzerinden değerlendirilmelidir.

Teknolojik gelişmeler doğrultusunda yapı yüzü aydınlatmasında mimari, teknik ve aydınlatma kriterlerini en üst düzeyde LED'li aydınlatma aygıtlarının sağlayabildiği görülmektedir. Ancak tez kapsamında yapılan maliyet analizleri sonucunda LED'li aydınlatma sistemlerinin ilk yatırım maliyetinin konvansiyonel aydınlatma sistemlerine göre daha pahalı olduğu görülmüştür. Bu durum özellikle yatırım maliyetinin önemli olduğu projelerde tüm teknik ve mimari eksikliklerine rağmen konvansiyonel aydınlatma sistemlerinin alternatif olarak görülmesine neden olmaktadır. LED'li aydınlatma sistemlerinin tüm koşullarda toplam maliyet

analizlerinde maliyet etkin alternatif olabilmesi için satın alma fiyatlarının düşmesi, etkinlik faktörlerinin yükselmesi, sadece LED çipinin nihai aydınlatma ürününe ait standartların belirlenmesi ve yerli üretimin gelişmesi gerekmektedir. Bunun için aydınlatma ile ilgili kurum ve kuruluşlarca temel standartların belirlendiği çalışmaların yapılması, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı başta olmak üzere kamu kurumlarınca gerekli yasal denetlemelerin yapılması ürün kalitesinin devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır.

Aydınlatma tasarım süreci yapının farklı özelliklerinin göz önünde bulundurularak tamamlanan bir süreçtir. Her sistem her alanın aydınlatması için uygun ve yeterli olamayacağından bu süreçte yapıyı mimari, teknik, estetik ve maliyet özelliklerine göre değerlendirmek ve önem derecelerine göre tasarımı şekillendirmek gerekmektedir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle bu alanlarda kullanılacak en uygun sistem belirlenmelidir. Bunun için "Kalite Fonksiyon Göçerimi" gibi veri analiz yöntemleri ile yapıların değerlendirmeler yapılmalıdır. Aydınlatmaya özel olarak geliştirilmesi gereken bu analiz yöntemi ile aydınlatma sistemlerinin hangi yapıda ne ölçüde yapılması ya da hiç yapılmaması gerekliliği ortaya çıkartılarak, karar verici kişi, kurum ya da kuruluşa yapı yüzü aydınlatmasının yapılıp yapılmaması ile ilgili yardımcı olunmalıdır. Gerçekleştirilecek analizde yapı yüzü aydınlatması yapılan eserin mimari, teknik ve fonksiyonel özellikleri, konumu, kent kimliğine ve ekonomisine katkısı, turizm değeri, doğal yaşama etkisinin yanı sıra estetik, emniyet, enerji verimliliği ve maliyet gibi aydınlatma tasarımını etkileyen etkenler de dikkate alınarak değerlendirme yapılmalıdır. Gerek ilk yatırım gerekse işletme maliyeti ile özellikle kamu harcamalarında önemli yer tutan bu tip harcamalara güvenilir bir analiz sonucunda karar verilmeli, sonuçları bağlayıcı olmalıdır.

Aydınlatmanın geleceği ile ilgili aydınlatma tasarımından uygulamasına, üretimden pazarlamasına kadar bir vizyonun geliştirilmesi de önemli ve gerekli bir unsurdur. Aydınlatma tasarımda "sanal gerçeklik" (virtual reality) barındıran sistemlerin tasarım aracı olarak kullanılması, uygulama öncesi yapının yakın çevre ve arka plan özelliklerinin de bulunduğu üç boyutlu görseller oluşturularak kullanıcının beğenisine sunulması tasarım aşamasında verilen bazı yanlış kararların önüne

geçerek uygulama sırasında oluşabilecek zararların önüne geçebileceği; dolayısıyla yakın gelecekte birçok kamu ve özel yatırımcının aydınlatma tasarım ve projelendirme sırasında sanal gerçeklikle aydınlatma tasarımı talep edeceği öngörülmektedir. Küresel çapta aydınlatma sistemleri üzerine hizmet veren birçok firmanın bu konuda çalışmalarının olduğu bilinmektedir. Bu durum ülkemizde de aydınlatma alanında hizmet veren firmaların altyapı çalışmalarının hazırlanması konusunda harekete geçmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Aydınlatma aygıtları, yardımcı elmanları ve kontrol sistemleri konusunda ise her geçen gün yeni bir anlayış sunulurken özellikle çevre dostu çözümler sunan, insanların ve diğer canlıların fiziksel ve psikolojik konforunu ön planda tutan yaklaşımların hâkim olacağı sistemlerin benimsenmesi kaçınılmazdır. Aydınlatma aygıtlarında geri dönüştürülebilme oranı yüksek, bünyesinde cıva gibi doğaya zararlı malzemelerin bulunmadığı, kontrol sistemleri ile birlikte insan ve diğer canlıların doğasına uyumlu akıllı aydınlatma sistemlerinin kullanımı her geçen gün artmaktadır. Kendi kendine öğrenen akıllı teknolojilerin günlük hayatın birçok alanında kullanıma girmesiyle birlikte aydınlatma sistemleri de bu teknolojik gelişmelerin ışığında sezgisel kumandalama, veri işleme, işlenen verilere göre aksiyon alma, alınan aksiyonları raporlama ve geri bildirimlere göre yeni çözümler sunma gibi yetenekler kazanacaktır. Bu durum akıllı aydınlatma sistemlerinin geleceğin akıllı şehirlerinin ayrılmaz bir bileşeni haline geleceğini göstermektedir.

Türkiye ölçeğinde bakıldığında özellikle turizm potansiyeli yüksek, kültürel, sanatsal, tarihsel ve doğal zenginlikleri bulunan İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa, Antalya gibi kentler her geçen gün gelişmekte, göç almakta ve çok daha büyük kentlere dönüşmektedir. Bu durum her geçen gün birbirine daha çok benzeyen kentlerin oluşmasına neden olmakta ve kentlerin özgün kimliklerini yansıtmasına engel olmaktadır. Bunun için birçok kentte yerel yönetimlerin kentin kimliğini orta çıkaracak yapı yüzü aydınlatma sistemlerini daha da önemsediği görülmektedir. Türkiye'de de bu alandaki zenginliklerin sunulabilmesi adına özellikle yukarıda belirtilen kentlerden başlamak üzere ''değer'' ayrımı gözetilerek tarihî, kültürel, sanatsal ve doğal zenginlikler belirlenmeli, kentlerin özgün kimliğini yansıtacak uluslararası standartlarda aydınlatma çalışmaları yapılmalıdır.

Kaynakça

[1] R. Ünver, "Kent, Elektrik ve Aydınlatma", EEMKON 2017 - Kent ve Elektrik Sempozyumu, İstanbul, 2017.

[2] T. N. Onuk, "Kentsel Dış Mekânların Aydınlatılması Kapsamında Işık Kirliliğinin İrdelenmesi", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2008.

[3] S. Ç. Gün, "LED Temelli Yapı Yüzü Aydınlatmalarının İncelenmesi", Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2015.

[4] S. D. Korucuoğlu, "Cephe Aydınlatma Kriterleri ve Safranbolu Fethi Toker Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi Cephe Aydınlatmasının İrdelenmesi", Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2008.

[5] M. S. Seven, "Tarihi Yapılarda Mimari Aydınlatma Tasarımı Süreci", [Online]. https://www.lightworld.com.tr/tarihi-yapilarda-mimari-aydinlatma-tasarimi-sureci/ [Erişim: 20 Temmuz 2016].

[6] S. Onaygil, Ö. Güler ve E. Erkin, "Yol Aydınlatmasında LED'li Armatürlerin Ekonomik Analizi", VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, 2011.

[7] Z. Dabkowska ve M. Karolina, "Aydınlatmak mı Aydınlatmamak mı?", [Online]. https://issuu.com/pldturkiye/docs/sayi-50 [Erişim: 16 Nisan 2018].

[8] L. Ö. Dokuzer, "Kent Aydınlatma İlkeleri", Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1992.

[9] Ş. Sirel, "Aydınlatma Tekniği Seminer Notları", YFU Yayınları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2007.

[10] V. Erdemir, "Aydınlatma Konusu Amacı Türleri", Bilgisayar Destekli Proje I, Kırıkkale Üniversitesi, 2015.

[11] Ş. Sirel, "Mimarlık Öğretiminde Aydınlatma Dersleri", YFU Yayınları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1981.

[12] Ü. Sözbilir, "Işık Nasıl Oluştu? Nasıl Görürüz?", [Online]. https://www.bilimtreni.com/isik-nasil-olustu-nasil-goruruz/ [Erişim: 19 Şubat 2018].

[13] MEB, "Aydınlatma Projeleri", [Online]. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Ayd%C4%B1nlatma%20Projeleri.pdf [Erişim: 19 Temmuz 2018].

[14] "Işık ve Elektromanyetik Spektrum", [Online]. http://www.kuark.org/2013/05/isik-ve-elektromanyetik-spektrum/ [Erişim: 20 Ocak 2019].

[15] Ç. M. Bakırcı, “Bu Giysi Beyaz-Altın Renkte Mi? Mavi-Siyah Renkte Mi?”, [Online]. https://evrimagaci.org/bu-giysi-beyazaltin-renkte-mi-mavisiyah-renkte-mi-3314 [Erişim: 16 Şubat 2018].

[16] G. Cinsler, “Görmek ve Algılamak”, [Online]. https://issuu.com/pldturkiye/docs/sayi-10 [Erişim: 11 Şubat 2018].

[17] D. S. Erde ve F. Pakdamar, “Investigation of Effects of Colors on Human Psychology and Physiology”, International Advanced Researches Engineering Congress, Osmaniye, 2017.

[18] Ş. Sirel, “Müzelerde ve Bürolarda Aydınlatma”, YFU Yayınları, İstanbul, 1997.

[19] Ş. Y. Aydın ve M. S. Şerefhanoğlu, “Dersliklerde Görsel Konfor ve İç Yüzeylerin Etkisi”, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 2016.

[20] H. Dokuzcan, “Işık Kirliliği Açısından Kent Aydınlatması ve Taksim Meydanı Örneği", Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.

[21] Prismalence, “Efficient Lighting Solutions Superior, Economic CDM and LED Light”, [Online]. http://www.prismalenceuk.com/image_display?cid=11 74&blid=8&ppid=936&k=1 [Erişim: 11 Mart 2019].

[22] Lumenpulse, “Downloads Online Katalog”, [Online]. https://www.lumenpulse.com/support/downloads [Erişim: 05 Ekim 2017].

[23] Ş. Sirel, “Aydınlığın Niteliği”, YFU Yayınları, İstanbul, 1992

[24] EMO, “En Az Aydınlık Düzeyleri Tablosu”, [Online]. http://www.emo.org.tr/ekler/2cf8d98dca2b9de_ek.xls?tipi=34&turu=X&sube=0 [Erişim: 16 Aralık 2018].

[25] M. Okutan, “Aydınlatmanın Tasarım, Uygulama ve Kullanım Evreleri Üzerine Bir Araştırma”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2012.

[26] S. Onaygil, “Aydınlatma Tekniği, verimlilik, Planlama ve Yönetim”, Aydınlatmada Planlama ve Yönetimin Önemi Semineri, Gaziantep, 2016.

[27] Terma Ledcouture, “Aydınlatma Birimleri ve Teknik Bilgiler-2”, [Online]. https://www.terma.com.tr/2018/06/21/aydinlatma-birimleri-ve-teknik-bilgiler-2/ [Erişim: 25 Eylül 2018].

[28] “Güneşin Işık Sıcaklığı. LED Parlayan Sıcaklık”, [Online]. https://electriced.ru/tr/lighting/the-light-temperature-of-the-sun-led-glowing-temperature/ [Erişim: 09 Ekim 2018].

[29] Vikipedi, “Renk Sıcaklığı”, [Online]. https://tr.wikipedia.org/wiki/Renk_s%C4%B1cakl%C4%B1%C4%9F%C4%B1 [Erişim: 09 Ekim 2018].

[30] LED Portalı, “Işıkta Renk ve Renk Sıcaklığı (CCT) Kavramı”, [Online]. http://www.aydinlatma.org/isikta-renk-ve-renk-sicakligi-cct-kavrami.html [Erişim: 25 Ekim 2018].

[31] Ö. Can, “Aydınlatma İçin Işık Renk Sıcaklığı Seçimi”, [Online]. http://www.ledportali.com/aydinlatma-icin-isik-renk-sicakligi-secimi/ [Erişim: 26 Ekim 2018].

[32] “Aydınlatma Bölüm-1. 1.1 Aydınlatmanın Niceliği. 1.2 Aydınlatmanın Niteliği”, [Online]. https://docplayer.biz.tr/1181947-1-aydinlatma-bolum-1-1-1-aydinlatmanin-niceligi-1-2-aydinlatmanin-niteligi.html [Erişim: 23 Temmuz 2018].

[33] Y. B. Özbudak, B. Gümüş ve F. D. Çetin, “İç Mekân Aydınlatmasında Renk ve Aydınlatma Sistemi İlişkisi”, II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Diyarbakır, 2003.

[34] D. Şahin, “Aydınlatma Tasarımının Kullanıcı Üzerindeki Fizyolojik ve Psikolojik Etkileri Açısından İncelenmesi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2012.

[35] Ş. A. Yağmur, ve L. D. Öztürk, “Lamba Işığı ile Aydınlatmada Gölge Özelliklerinin Belirlenmesine İlişkin Bir Yaklaşım”, Megaron, cilt 10, sayı 2, s. 162-168, 2015.

[36] K. Çelik, E. Ö. Küçükkılıç ve R. Ünver, “Hacim ve Aygıt Özelliklerinin Aydınlığa Etkisinin Açık Planlı Ofis Örneğinde İncelenmesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 2014.

[37] P. Tümer, “Ofis Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Giriş Verilerinin Bulanık Mantık İle Belirlenmesi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2001.

[38] O. Sirel, “Fotometrik Ölçmeler”, Teknolüks Semineri, İstanbul, 2004.

[39] ZUMTOBEL, “The Lighting Handbook”, 6th Edition, Dornbirn, Avusturya, 2018.

[40] R. Ganslandt ve H. Hofmann, “Handbook of Lighting Design”, Erco Edition, Almanya, 1992.

[41] Lamp83, “Online Katalog”, [Online]. http://www.lamp83.com.tr/teknik-bilgiler/ [Erişim; 25 Temmuz 2016].

[42] Ş. Sirel, “Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar”, YFU yayınları, İstanbul, 1996.

[43] C. Yavuz, “Şehir Aydınlatmacılığı, Işık kirliliği ve Aydınlatmada Enerji Verimliliği”, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2004.

[44] Targetti, “Targetti Catalogue In 2013”, [Online]. https://dokumen.tips/download/link/targetti-catalogue-in-2013 [Erişim: 14 Ekim 2018].

[45] T. Sönmezocak, “Aydınlatma LED Kaynaklarının Enerji Verimliliğinin İncelenmesi”, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2015.

[46] Y. Taş, "Aydınlatma Sistemlerinde Enerji Verimliliği ve Dış Aydınlatma Kontrolü", Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2013.

[47] "Işık Tüpüyle Doğal Aydınlatma Sistemlerinin İskenderun Bölgesine Uygulanabilirliği ve Tasarımı", [Online]. https://www.tes isat.org/isik-tupuyle-dogal-aydinlatma-sistemlerinin-iskenderun-bolgesine-uygulanabilirligi-ve-tasarimi.html [Erişim: 05 Kasım 2018].

[48] H. İmert, "İleri Aydınlatma Tekniklerinin Bir Mekân Örneği Üzerinde İrdelenmesi ve Tasarıma Etkileri", Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2008.

[49] D. Yüce, C. Perdahçı ve H. Ünsalan, "Aydınlatmada Geleneksel Işık Kaynaklarından LED'e Kadar Uzanan Tarihçe", VIII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, 2015.

[50] V. Erdemir, "Işık Üretimi ve Aydınlatma Armatürleri, Aydınlatma Teknikleri IV. Sunu", [Online]. https://docplayer.biz.tr/5084987-Isik-uretimi-ve-aydinlatma-armaturleri.html [Erişim; 19 Nisan 2018].

[51] MEB, "Mesleki ve Teknik Açık Öğretim Okulu Elektrik Tesisatçılığı Ders Notları-Meslek Resmi Ünite4: Aydınlatma Tekniği", [Online]. https://hbogm.meb.gov.tr/MTAO/1MeslekResmi/unite4.pdf [Erişim; 19 Temmuz 2018].

[52] "Lambalar Hakkında Teknik Bilgiler", [Online]. http://www.fotonelektroteknik.com.tr/lambalar-hakkinda/ [Erişim: 10 Ağustos 2018].

[53] Z. Çekmen, "Işık Kaynakları, Aydınlatma Tekniği Ders Notları", Gazi Üniversitesi, 2015.

[54] B. Dursun ve I. Ulusoy, "Fotovoltaik ve Fiber Optik Sistemlerin Aydınlatma Sistemlerinde Kullanılması", III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Ankara, 2005.

[55] S. Onaygil, "Aydınlatma Armatürleri (Aygıtlar), Enerji Verimli Aydınlatma Teknolojileri Ders Notları", İstanbul Teknik Üniversitesi, 2015-2016 Eğitim Öğretim Yılı, Bahar Yarıyılı.

[56] S. Onaygil, "Armatürler ve Fotometrik Özellikleri,, Enerji Verimli Aydınlatma Teknolojileri Ders Notları", İstanbul Teknik Üniversitesi, 2015-2016 Eğitim Öğretim Yılı, Bahar Yarıyılı.

[57] PHILIPS, "Ürün Kataloğu", [Online]. https://www.lighting.philips.com.tr/prof [Erişim: 16 Temmuz 2018].

[58] MEB, "Aydınlatma Aksesuarlarının Seçimi, Sanat ve Tasarım", [Online]. http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Ayd%C4%B1nlatma%20Aksesuarlar%C4%B1n%C4%B1n%20Se%C3%A7imi.pdf [Erişim: 19 Temmuz 2018].

[59] D. Özdeniz, "Ofislerde Aydınlatma Otomasyonu", II. Yapı Elektronik Sistemleri Sempozyumu, İzmir, 2015.

[60] M. Hastaoğlu, "Dekoratif Aydınlatma El Kitabı", [Online]. https://issuu.com/mustafahastaoglu/docs/dekoratif_aydinlatma_el_kitabi [Erişim: 19 Haziran 2018].

[61] BUSİAD, "Verimli Aydınlatma El Kitabı", [Online]. https://www.busiad.org.tr/img/files/VERI%CC%87MLI%CC%87%20AYDINLATMA%20EL%20KI%CC%87TABI%20%20BUSI%CC%87AD%20Enerji%20Uzmanl%C4%B1k%20Grubu%20II_%20Kitap.pdf [Erişim: 22 Haziran 2018].

[62] "Aydınlatma Kontrol Sistemleri", [Online]. http://bestdergisi.com.tr/arsiv-eski/aydynlatma-kontrol-sistemleri/ [Erişim: 21 Mart 2018].

[63] MEB, "Işıklandırma Sistemi Montajı ve Arızaları, Elektrik-Elektronik Teknolojisi", [Online]. http://temelelektronik.info/ders/download/I%C5%9F%C4%B1kland%C4%B1rma%20Sistemi%20Montaj%C4%B1%20ve%20Ar%C4%B1zalar%C4%B1.pdf [Erişim: 26 Eylül 2018].

[64] M. E. Güneş, "Halkla İlişkilerde İmaj Oluşturma", [Online]. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/68441/mod_resource/content/0/13.%20%C4%B0MAJ%20OLU%C5%9ETURMA.pdf [Erişim: 26 Ocak 2019].

[65] S. Karagüler ve B. Korgavuş, "Kent Kimliğinin Kent Peyzajı Üzerinde Oluşturduğu Etkiler, Silüetler, Görünümler ve Dengeleri", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, vol. 2, no. 2, pp. 203-212, 2014.

[66] "Pembe Cami", [Online]. https://bilgim.net/pembe-cami [Erişim: 10 Şubat 2019].

[67] "Tokyo Hakkında Bilinmesi Gerekenler", [Online]. https://gezimanya.com/japonya/tokyo-hakkinda-bilinmesi-gerekenler [Erişim: 10 Şubat 2019].

[68] "Moskova'da Görülmesi Gereken Yerler", [Online]. http://www.gezialemi.com/Yazdir.asp?ID=421&SAYFA=2 [Erişim: 10 Şubat 2019]

[69] "Fransa'da Işık Kirliliği Hükümeti Zora Soktu", [Online]. http://www.aydinlatma.org/fransada-isik-kirliligi-hukumeti-zora-soktu.html [Erişim: 10 Şubat 2019].

[70] "Dünyanın en görkemli bina aydınlatmaları", [Online]. https://tr.sputniknews.com/foto/201801231031937782-binaaydinlatmasi-isik-gosterisi-burc-halife-alev-kuleleri-gokdelen/ [Erişim: 10 Şubat 2019].

[71] Y. Demiröz ve B. Acarkan, "Tarihi Yapılarda Dış Cephe Aydınlatması ve Galata Kulesi Uygulaması", ELECO'2016, Elektrik-Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı, Bursa, 2016.

[72] B. Alişan, "İstanbul'daki Tarihi Vapur İskelelerinin Dış Cephe Aydınlatması Açısından Değerlendirilmesi ve Ortaköy Vapur İskelesi Örneği", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2013.

[73] B. Erdoğmuş, "Tarihi Eserlerde Aydınlatma Tasarımının Kent Kimliğindeki ve Algısındaki Yeri", Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2008.

[74] N. Salo, "Desing Principles For Facade Lighting", [Online]. https://www.slideshare.net/noursalo/facade-lighting [Erişim: 16 Kasım 2018].

[75] "La Sagrada Família", [Online]. http://travelingworld27.blogspot.com/ 2018/ 05/antoni-gaudis-most-ambitious-proj ect-is.html [Erişim: 12 Şubat 2019].

[76] R. Gökhan ve M. Gülaydın, "Onsekizinci Yüzyılın Renk Değiştiren Gizemi", PLD Türkiye, cilt 4, s. 48-49, 2005.

[77] BBC Universal, "Amber Lights Illuminate An Arched Pediment On The Exterior Of The Teatro Amazonas", [Online]. https://www.gettyimages.ca/detail/video/amber-lights-illuminate-an-arched-pediment-on-the-stock-video-footage/1B011860_018 [Erişim: 15 Şubat 2019].

[78] N. Demir, "Peyzaj Aydınlatması: Antalya Mardan Palace Örneği", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2012.

[79] B. Eren, "Müze Mimarisindeki Değişim", [Online]. https://www.istanbulburda.com/kultur-sanat/muze-mimarisindekidegisimh9746.html [Erişim: 13 Şubat 2019].

[80] R. Halbe, "Stuttgart Museum of Art", [Online]. https://www.miesarch.com/work/202 [Erişim: 13 Nisan 2019].

[81] "Boat House Lighting Exposed Beam Ceiling Lighting Ideas Boat", [Online]. http://opt31.info/boat-house-lighting/boat-house-lighting-exposed-beam-ceiling-lighting-ideas-boat-house-ideas-boathouse-row-lighting-boathouse-row-lights/ [Erişim: 09 Şubat 2019].

[82] Bartenbach Lighting Design, "Bina cephesi-Clubbing", [Online]. https://pldturkiye.com/bina-cephesi-clubbing/ [Erişim: 19 Şubat 2019].

[83] U.S. Department Of Energy, "Exterior Lighting Guide For Federal Agencies", FEMP, ABD, 2010.

[84] N. Arifoğlu, "Işığı ile Daha da Masalımsı: Galata Kulesi", [Online]. https://pldturkiye.com/isigi-ile-daha-da-masalimsi-galata-kulesi-istanbul/ [Erişim; 16 Kasım 2016].

[85] N. Köşkülük, "Kentsel Değerlerin Aydınlatılması İtalya'dan Uygulama Örnekleri", IV. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, 2007.

[86] F. Ö. Koca, "Tarihi Yapılarda Aydınlatma Kriterleri Nedir?", [Online]. http://www.lighting.philips.com.tr/profhttps://www.lightworld.com.tr/tarihi-yapilarda-aydinlatma-kriterleri-nedir/ [Erişim: 20 Temmuz 2016].

[87] M. S. Şerefhanoğlu, "Kent Aydınlatma Tarihi Yapılar", [Online]. http://www.lightworld.com.tr/kent-aydinlatma-tarihi-yapilar [Erişim: 22 Temmuz 2018].

[88] M. Meşe, "İhale Usulleri ve Uygulaması", [Online]. http://www.dkbb.gov.tr/upload/dosyalar/__HALE_USULLER__.ppt [Erişim: 02 Kasım 2018].

[89] "Kule Nedir", [Online]. http://kule.nedir.org/ [Erişim: 07 Ocak 2019].

[90] "Dünyanın En Ünlü Kuleleri ve Özellikleri", [Online]. https://blog.flypgs.com/dunyanin-en-unlu-kuleleri-ve-ozellikleri/ [Erişim: 12 Ocak 2019].

[91] Noskft, "Szeged Su Kulesi", [Online]. http://noskft.hu/partnereink/ [Erişim: 21 Ocak 2019].

[92] İBB, "Beyazıt Camii Dış Mekân Mimari Aydınlatma Tasarımı ve Uygulama Revizyon Projesi Raporu", İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Şehir Aydınlatma ve Enerji Müdürlüğü, İstanbul, 2010.

[93] "Galata Kulesi Tarihi", [Online]. https://www.galatakulesi.gen.tr/galata-kulesi-tarihi.html [Erişim: 06 Ocak 2019].

[94] İstanbul İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, "Galata Kulesi", [Online]. http://www.istanbulkulturturizm.gov.tr/TR-165615/galata-kulesi.html [Erişim: 20 Aralık 2016].

[95] B. Eren, "Yüzyıllar Boyu İstanbul Panaromaları", [Online]. https://www.istanbulburda.com/kultur-sanat/yuzyillar-boyu-istanbul-panaromalari-h5022.html [Erişim: 10 Mart 2019].

[96] D. Aral, "Galata Kulesi Tarihi", [Online]. https://www.restorasyonforum.com/index.php?topic=2557.0 [Erişim: 21 Aralık 2016].

[97] "Galata Kulesi Foto Galeri", [Online]. http://www.beltur.istanbul/tr/mekan/galata-kulesi [Erişim: 14 Nisan 2019].

[98] EPLD, "Galata Kulesi Mimari Aydınlatma Konsepti", [Online]. https://docplayer.biz.tr/30190028-Galata-kulesi-mimari-aydinlatma-konsepti.html [Erişim: 16 Nisan 2019].

[99] N. Arifoğlu, "Galata Kulesi Mimari Aydınlatma Tasarım Projesi Uygulama Raporu", NA Light Design, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Şehir Aydınlatma ve Enerji Müdürlüğü, İstanbul, 2010.

[100] Siteco, "Sicompact R1 Mini-S", [Online]. http://www.siteco.com/fileadmin/downloads/catalogues/International/Luminaire Solutions Outdoor 2014_en.pdf [Erişim: 10 Aralık 2016].

[101] "Bega Duvar Armatürü", [Online]. https://www.bega.com/en/products/wall-luminaires-66411/#66491 [Erişim: 10 Aralık 2016].

[102] "eW Graze Powercore BCS419", [Online]. https://www.voltimum.com.tr/katalog/ew-graze-powercore?flippage=1&id=105 [Erişim: 10 Aralık 2016].

[103] "ColorGraze Powercore BCS459", [Online]. https://www.voltimum.com.tr/ katalog/colorgraze?flippage=1&id=107 [Erişim: 10 Aralık 2016].

[104] "ArchiPoint iColor Powercore BCP780", [Online]. https://www.assets.lighting.philips.com/is/content/PhilipsLighting/fp910503702579-pss-global [Erişim: 10 Aralık 2016].

[105] "eW Blast Powercore BCP473", [Online]. http://www.lighting.philips.com.tr/prof/dis-mekân-aydinlatma-armatuerleri/projektoerler-/mimari-projektoerler/ew-blast-powercore-bcp473/910503702388_EU/product [Erişim: 10 Aralık 2016].

[106] "eW Blast Powercore BCP463", [Online] .http://www.lighting.philips.com.eg/prof/outdoor-luminaires/architectural-floodlighting/floodlighting/ew-burst-powercore/910503701807_EU/product [Erişim: 10 Aralık 2016].

[107] IPLAYER3 EU, "SSLCTR LRC9628", [Online]. http://www.slc.philips.com/prof/lighting-controls/color-kinetics-controls/LED-lighting-systems-controllers/910503700392_EU/product [Erişim: 10 Aralık 2016].

[108] Data Enabler Pro, "ZCX400 100-277V", [Online]. https://www.docs.colorkinetics.com/support/datasheets/Data_Enabler_Pro_SpecSheet.pdf [Erişim: 10 Aralık 2016].

[109] Y. Aras, "Galata Kulesi'nde Video Mapping Gösterisi", [Online]. https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/galata-kulesinde-video-mapping-gosterisi-/1129062 [Erişim: 30 Mayıs 2018].

[110] MMO, "Dünyada ve Türkiyede Enerji Verimliliği", MMO Oda Raporu, 3.Baskı, Yayın No:MMO/589, Ankara, 2012.

[111] Y. Demiröz ve B. Acarkan, "Kamu Binalarında Led ve Floresan Aydınlatma Elemanlarının Kullanılması ve Karşılaştırmalı Performans Analizi", XI. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 2017.

[112] Muhasebe Dersleri, "Asgari Ücretler", [Online]. https://www.muhasebedersleri.com/pratik-bilgiler/asgari-ucret.html [Erişim: 30 Ocak 2019].

[113] "Yakıt Fiyatları Arşiv Fiyat Listesi", [Online]. https://www.aytemiz.com.tr/faaliyet-alanlari-hizmetler/istasyonlar-hakkinda/akaryakit-ve-pompa-fiyatlari/arsiv-fiyat-listesi [Erişim: 22 Şubat 2019].

[114] M. Mete, "Armatür, Lamba, Montaj Elemanı, Yardımcı Elemanların Yıllık Fiyatları", ASM Aydınlatma, İstanbul, 2019.

[115] I. Giray, "Aydınlatma Sektörünün Geleceğini LED Ürünler Işıklandırıyor", [Online]. https://insaatyatirim.com/haber/20549/aydinlatma-sektorunun-gelecegini-LED-urunler-isiklandiriyor.html [Erişim: 18 Şubat 2017].

[116] D. Neşeli, "Kız Kulesi'ne nasıl gidilir?", [Online]. http://yumurtaliekmek.com/kiz-kulesine-nasil-gidilir/ [Erişim: 09 Mart 2019].

[117] "Kız Kulesi Tarihçesi ve Efsaneleri", [Online]. http://www.seren ti.org/kiz-kulesi-tarihcesi-ve-efsaneleri/ [Erişim: 09 Mart 2019].

[118] "Yaşayan Tarih - Kız Kulesi", [Online]. http://tarihvemedeniyet.org/2010/09/yasayan-tarih-programi-kiz-kulesi.html [Erişim: 09 Mart 2019].

[119] "Kız Kulesi", [Online]. http://www.istanbuldelisi.net/kiz-kulesi/ [Erişim: 09 Mart 2019].

[120] Ö. Bilgili, “Kızkulesi Gece”, [Online]. https://www.nihatkaradag.com.tr/tag/gece [Erişim: 15 Şubat 2019].

[121] A. Mandelik, “Kız Kulesi Fotograflari”, [Online]. https://www.fotografturk.com/kiz-kulesi-p473538 [Erişim: 09 Mart 2019].

[122] E. Güneş, “Işık Kirliliği Nedir? Türkiye’deki Çalışmalar”, [Online]. https://pldturkiye.com/isik-kirliligi-nedir-turkiyedeki-calismalar/ [Erişim: 06 Haziran 2018].

[123] İ. Fitoz, “Kent ve Yapay Işık”, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, s. 25-36, 2019.

[124] A. Gündoğdu, “Mega Projeler ve Kuş Göç Yolları”, [Online]. https://tr.boell.org/tr/2015/11/06/mega-projeler-ve-kus-goc-yollari [Erişim: 12 Ağustos 2018].

[125] H. Polat ve H. Ergün, “Karadeniz'in Pelajik Balıkları”, Yunus Araştırma Bülteni, cilt 1, s. 1-5, 2008.

[126] C. Kardaş, “Renk Bilimi & Renk Evreni”, [Online]. http://www.cezmikardas.com/blog/2016/4/20/renk-bilimi-renk-evreni [Erişim; 22 Ocak 2019].

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: yasin.demiroz@ibb.gov.tr

Konferans Bildirileri

1. Y. Demiröz ve B. Acarkan, "Tarihi Yapılarda Dış Cephe Aydınlatması ve Galata Kulesi Uygulaması", *ELECO'2016, Elektrik - Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı*, 01-03 Aralık 2016, s.110-114, Bursa, 2016.