

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPILARIN DIŞ AYDINLATMASINDA  
ENERJİ ETKİN TASARIM ÖLÇÜTLERİ  
VE BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ**

**Mimar Aysun ŞENTÜRK**

**F.B.E. Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı: Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN**

**İSTANBUL, 2010**

# İÇİNDEKİLER

|                                                                           | Sayfa |
|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| İÇİNDEKİLER.....                                                          | ii    |
| KISALTMALAR.....                                                          | iv    |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                        | v     |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                                     | ix    |
| ÖNSÖZ .....                                                               | x     |
| ÖZET .....                                                                | xi    |
| ABSTRACT .....                                                            | xii   |
| 1.GİRİŞ .....                                                             | 1     |
| 2.KENT AYDINLATMA .....                                                   | 2     |
| 2.1 İşlevsel Aydınlatma.....                                              | 2     |
| 2.2 Mimari Aydınlatma .....                                               | 2     |
| 3.ENERJİ ETKİN AYDINLATMA TASARIMI.....                                   | 4     |
| 3.1 Kent Ölçeğinde Enerji Etkin Aydınlatma Tasarımı.....                  | 4     |
| 3.1.1 Aydınlatma Master Planı .....                                       | 4     |
| 3.1.1.1 Aydınlatma Yönünden Önemli Yapılar.....                           | 6     |
| 3.1.1.2 Aydınlatma Yönünden Öncelikli Olan Yapılar .....                  | 9     |
| 3.2 Yapıların Dış Aydınlatmasında Enerji Etkin Tasarım .....              | 9     |
| 3.2.1 Ön Tasarım Çalışmaları.....                                         | 13    |
| 3.2.2 Temel Tasarım İlkeleri .....                                        | 14    |
| 3.2.2.1 Bakış Doğrultusu - Yönü.....                                      | 14    |
| 3.2.2.2 Uzaklık.....                                                      | 16    |
| 3.2.2.3 Aydınlığın Niceliğinin Belirlenmesi .....                         | 19    |
| 3.2.2.3.1 Yapı Dış Yüzeylerinde Kullanılan Gereçler .....                 | 19    |
| 3.2.2.3.2 Yapının Yakın Çevresi İle İlişkisi .....                        | 20    |
| 3.2.2.4 Aydınlığın Niteliğinin Belirlenmesi.....                          | 21    |
| 3.2.3 Yapım Aşaması .....                                                 | 23    |
| 3.2.3.1 Işık Kaynakları.....                                              | 24    |
| 3.2.3.1.1 Akkor Lambalar .....                                            | 25    |
| 3.2.3.1.2 Boşalmalı Lambalar.....                                         | 26    |
| 3.2.3.1.3 LED'ler (Yarı İletkenler) .....                                 | 28    |
| 3.2.3.2 Aydınlatma Aygıtları.....                                         | 31    |
| 3.2.4 Aydınlatma Aygıtlarının Yerleşimi.....                              | 36    |
| 3.2.4.1 Yapıların Geometrik Biçimleri .....                               | 36    |
| 3.2.4.2 Yapıların Dış Mimari Biçimlenişi (Cephe - Çatı Özellikleri) ..... | 41    |
| 3.2.4.2.1 Cephe Özellikleri.....                                          | 41    |
| 3.2.4.2.2 Çatı Biçimlenişleri.....                                        | 47    |
| 3.2.4.3 Siluet Etkisi.....                                                | 48    |
| 3.2.4.4 Su Etkisi.....                                                    | 49    |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.5 Aydınlatmada Enerji Kayıpları .....                                                      | 49  |
| 3.2.5.1 Yapma Işık Elde Edilirken Oluşan Kayıplar (Elektrik Enerjisinin Boşa Harcanması) ..... | 50  |
| 3.2.5.2 Yararlı Işık Niceliği Elde Edilirken Oluşan Kayıplar .....                             | 50  |
| 3.2.5.3 Aydınlik Niteliğinin Boşa Harcanması .....                                             | 52  |
| 3.2.5.4 Değer Düşmesi ve Bakıma Bağlı Oluşan Kayıplar .....                                    | 53  |
| 3.3 Aydınlatmada Kullanım Süreleri .....                                                       | 54  |
| 3.3.1 Aydınlatma Kontrol Sistemleri .....                                                      | 57  |
| 3.3.2 Kullanım Süre Programlaması .....                                                        | 58  |
| 4.ETKİN ENERJİ KULLANIM İÇİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ .....                                          | 63  |
| 4.1 Uygulama 1 - Işık Kaynaklarının Veriminin Karşılaştırılması .....                          | 63  |
| 4.2 Uygulama 2 - Aydınlatma Aygıtlarının Geriveriminin Karşılaştırılması .....                 | 81  |
| 4.3 Uygulama 3 - Yapı Dış Yüzeylerinin Yansıtıcılıklarının Karşılaştırılması .....             | 88  |
| 5.SONUÇ .....                                                                                  | 99  |
| KAYNAKLAR .....                                                                                | 101 |
| EKLER .....                                                                                    | 105 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                                                                 | 112 |

## KISALTMALAR

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| asb            | Apoştilb                          |
| CIE            | Uluslararası Aydınlatma Komisyonu |
| cd             | Candela                           |
| dk             | Dakika                            |
| E              | Enerji                            |
| E              | Aydınlık Düzeyi                   |
| Em=Eort        | Ortalama Aydınlık Düzeyi          |
| G              | Gözlemci                          |
| IKO            | Işıklılık Karşıtlığı Oranı        |
| K              | Kelvin                            |
| Kwh            | Kilowatt saat                     |
| L              | Kullanım ömrü                     |
| lm             | Lümen                             |
| lx             | Lux                               |
| m              | Metre                             |
| m <sup>2</sup> | Metrekare                         |
| P              | Güç                               |
| P              | Aydınlatma Aygıtı                 |
| r              | Yansıtma Çarpanı                  |
| Ra             | Renksel Geriverim Değeri          |
| sa             | Saat                              |
| t              | Zaman                             |
| T              | Sıcaklık                          |
| W              | Watt                              |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1 Aydınlatma master planı aşamaları .....                                          | 5  |
| Şekil 3.2 İçerdeki aydınlıkla görünürlük .....                                             | 11 |
| Şekil 3.3 Yapı yüzünden aydınlatma .....                                                   | 12 |
| Şekil 3.4 Yapının çok yakınından aydınlatma .....                                          | 12 |
| Şekil 3.5 Yapıdan uzakta konumlandırılan aygıtlarla aydınlatma .....                       | 13 |
| Şekil 3.6 Bitişik konum yapısı - Ayrık konum yapısı .....                                  | 15 |
| Şekil 3.7 Bitişik konum yapısı - Ayrık konum yapısı .....                                  | 15 |
| Şekil 3.8 Alçak yapıda düşeyde düzgün yayılmış aydınlatma .....                            | 17 |
| Şekil 3.9 Yüksek yapıda düşeyde düzgün yayılmış aydınlatma .....                           | 17 |
| Şekil 3.10 Yapı yüksekliği - aygıt uzaklığı ilişkisi .....                                 | 18 |
| Şekil 3.11 Düzgün yayılmış aydınlatmada aygıt yerleşimi .....                              | 18 |
| Şekil 3.12 Işık kaynaklarının türleri .....                                                | 25 |
| Şekil 3.13 Klasik akkor lamba - Çift dipli akkor halojen lamba .....                       | 26 |
| Şekil 3.14 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba - Metalik halojenürlü lamba .....          | 26 |
| Şekil 3.15 Alçak basınçlı sodyum lamba - Flüoresan lamba - Kompakt flüoresan lamba .....   | 27 |
| Şekil 3.16 LED ışık kaynakları .....                                                       | 30 |
| Şekil 3.17 Aydınlatma aygıtlarına örnekler .....                                           | 32 |
| Şekil 3.18 LED Aydınlatma aygıtlarına örnekler .....                                       | 32 |
| Şekil 3.19 Aygıttan çıkan ışık akısının yönlendirilmesi .....                              | 33 |
| Şekil 3.20 Simetrik Projektör - Asimetrik Projektör - Dönel Projektör .....                | 33 |
| Şekil 3.21 Dar, orta ve geniş açılı projektörler .....                                     | 34 |
| Şekil 3.22 Dar, orta ve geniş açılı projektörlerin ışık dağılım diyagramları .....         | 35 |
| Şekil 3.23 Kare planlı yapıda aydınlatma .....                                             | 37 |
| Şekil 3.24 Dikdörtgen planlı yapıda aydınlatma .....                                       | 37 |
| Şekil 3.25 Silindirik biçiminde yapının iki yönden aydınlatması .....                      | 38 |
| Şekil 3.26 Silindirik biçiminde yapının üç yönden aydınlatması .....                       | 39 |
| Şekil 3.27 Silindirik biçiminde yapının dört yönden aydınlatması .....                     | 40 |
| Şekil 3.28 Silindirik biçiminde yapının iki yönden aydınlatması .....                      | 40 |
| Şekil 3.29 Penceresiz cephelerde aydınlatmalar .....                                       | 42 |
| Şekil 3.30 Cam cepheli yapıda, yapı içerisindeki aydınlatmayla görünürlük sağlanması ..... | 43 |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.31 Parlak yüzeylerde aynalaşma .....                                             | 43 |
| Şekil 3.32 Girinti-çıkıntılı yapılarda projektörlerin konumu .....                       | 45 |
| Şekil 3.33 Bakış noktası-ışık doğrultusu arasındaki ilişki .....                         | 46 |
| Şekil 3.34 Baskın aydınlatmanın oluşturduğu kara gölgeyi aydınlatma.....                 | 46 |
| Şekil 3.35 Eğik çatılı yapıların aydınlatması.....                                       | 48 |
| Şekil 3.36 En üst katı geri çekilmiş yapıların aydınlatması .....                        | 48 |
| Şekil 3.37 Siluet aydınlatması .....                                                     | 49 |
| Şekil 3.38 Su kenarındaki yapının aydınlatması .....                                     | 49 |
| Şekil 4.1 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğnlik diyagramı .....                 | 64 |
| Şekil 4.2 Aydınlatma aygıtlarının konumu .....                                           | 64 |
| Şekil 4.3 Seçenek 1a .....                                                               | 64 |
| Şekil 4.4 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                              | 65 |
| Şekil 4.5 Aydınlatılan cephede oluşan gri skala.....                                     | 65 |
| Şekil 4.6 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları .....  | 66 |
| Şekil 4.7 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğnlik diyagramı .....                 | 67 |
| Şekil 4.8 Aydınlatma aygıtlarının konumu .....                                           | 67 |
| Şekil 4.9 Seçenek 1b .....                                                               | 67 |
| Şekil 4.10 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                             | 68 |
| Şekil 4.11 Aydınlatılan cephedeki gri skala .....                                        | 68 |
| Şekil 4.12 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları ..... | 69 |
| Şekil 4.13 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğnlik diyagramı .....                | 71 |
| Şekil 4.14 Aydınlatma aygıtlarının konumu .....                                          | 71 |
| Şekil 4.15 Seçenek 2a .....                                                              | 71 |
| Şekil 4.16 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                             | 72 |
| Şekil 4.17 Aydınlatılan cephedeki gri skala .....                                        | 72 |
| Şekil 4.18 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları ..... | 73 |
| Şekil 4.19 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğnlik diyagramı .....                | 74 |
| Şekil 4.20 Işık kaynaklarının konumu .....                                               | 74 |
| Şekil 4.21 Seçenek 2b .....                                                              | 74 |
| Şekil 4.22 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                             | 75 |
| Şekil 4.23 Aydınlatılan cephedeki gri skala .....                                        | 75 |
| Şekil 4.24 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları ..... | 76 |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.25 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğİnlik diyagramı .....               | 78 |
| Şekil 4.26 Işık kaynaklarının konumu .....                                               | 78 |
| Şekil 4.27 Seçenek 3 .....                                                               | 78 |
| Şekil 4.28 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                             | 79 |
| Şekil 4.29 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                             | 79 |
| Şekil 4.30 Aydınlatılan cephedeki değİr grafiğı ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları ..... | 80 |
| Şekil 4.31 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğİnlik diyagramı .....               | 82 |
| Şekil 4.32 Işık kaynağının konumu .....                                                  | 82 |
| Şekil 4.33 Seçenek 1 .....                                                               | 82 |
| Şekil 4.34 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                             | 83 |
| Şekil 4.35 Aydınlatılan cephedeki gri skala .....                                        | 83 |
| Şekil 4.36 Aydınlatılan cephedeki değİr grafiğı ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları ..... | 84 |
| Şekil 4.37 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğİnlik diyagramı .....               | 85 |
| Şekil 4.38 Işık kaynağının konumu .....                                                  | 85 |
| Şekil 4.39 Seçenek 2 .....                                                               | 85 |
| Şekil 4.40 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                             | 86 |
| Şekil 4.41 Aydınlatılan cephedeki gri skala .....                                        | 86 |
| Şekil 4.42 Aydınlatılan cephedeki değİr grafiğı ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları ..... | 87 |
| Şekil 4.43 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğİnlik diyagramı .....               | 89 |
| Şekil 4.44 Işık kaynaklarının konumu .....                                               | 89 |
| Şekil 4.45 Seçenek 1 .....                                                               | 89 |
| Şekil 4.46 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                             | 90 |
| Şekil 4.47 Aydınlatılan cephedeki gri skala .....                                        | 90 |
| Şekil 4.48 Aydınlatılan cephedeki değİr grafiğı ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları ..... | 91 |
| Şekil 4.49 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğİnlik diyagramı .....               | 92 |
| Şekil 4.50 Işık kaynaklarının konumu .....                                               | 92 |
| Şekil 4.51 Seçenek 2 .....                                                               | 92 |
| Şekil 4.52 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                             | 93 |
| Şekil 4.53 Aydınlatılan cephedeki gri skala .....                                        | 93 |
| Şekil 4.54 Aydınlatılan cephedeki değİr grafiğı ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları ..... | 94 |
| Şekil 4.55 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğİnlik diyagramı .....               | 95 |
| Şekil 4.56 Işık kaynaklarının konumu .....                                               | 95 |

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4.57 Seçenek 3 .....                                                               | 95 |
| Şekil 4.58 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri .....                             | 96 |
| Şekil 4.59 Aydınlatılan cephedeki gri skala .....                                        | 96 |
| Şekil 4.60 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları ..... | 97 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 3.1 Yapı yüzeylerinde kullanılan bazı malzemeler için önerilen aydınlık düzeyleri ..   | 19 |
| Çizelge 3.2 Çevre ve aydınlatma özellikleri .....                                              | 20 |
| Çizelge 3.3 Değişik kentsel bölgeler için önerilen yapı yüzü ışıklılık değerleri .....         | 21 |
| Çizelge 3.4 Işıklılık karşıtlığı oranlarının (IKO) etkileri .....                              | 21 |
| Çizelge 3.5 Yapı yüzü aydınlatmasında kullanılan ışık kaynakları.....                          | 28 |
| Çizelge 3.6 Çeşitli gereçlerin yansıtma çarpanları .....                                       | 52 |
| Çizelge 3.7 Yapma aydınlatmada kayıplar .....                                                  | 54 |
| Çizelge 3.8 Yapılan hesaplamalarla bulunan İstanbul için ortalama günlük karanlık süreleri     | 59 |
| Çizelge 3.9 Öneri 1 için hesaplanan sonuçlar .....                                             | 60 |
| Çizelge 3.10 Öneri 2 için hesaplanan sonuçlar.....                                             | 60 |
| Çizelge 3.11 Öneri 3 için hesaplanan sonuçlar.....                                             | 61 |
| Çizelge 4.1 Uygulamalarda kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve yüzey yansıtıcılığı değerleri .... | 63 |
| Çizelge 4.2 Seçenek 1a ve seçenek 1b hesap sonuçlarının karşılaştırılması.....                 | 70 |
| Çizelge 4.3 Seçenek 2a ve seçenek 2b hesap sonuçlarının karşılaştırılması.....                 | 77 |
| Çizelge 4.4 Seçenek 1a, seçenek 2a ve seçenek 3 hesap sonuçlarının karşılaştırılması .....     | 81 |
| Çizelge 4.5 Seçenek 1 ve seçenek 2 hesap sonuçlarının karşılaştırılması .....                  | 88 |
| Çizelge 4.6 Seçenek 1, seçenek 2 ve seçenek 3 hesap sonuçlarının karşılaştırılması .....       | 98 |

## **ÖNSÖZ**

Bu tezi yazmamda bana destek olan, sonsuz bilgi ve yorumları ile çalışmalarına yön veren değerli hocam sayın Prof. Müjgan Şerefhanoglu SÖZEN'e, yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi birikimime katkıda bulunan YTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Fiziği Bilim Dalının çok değerli öğretim üyelerine, paylaşımlarını hiçbir zaman esirgemeyen yüksek lisans dönem arkadaşlarıma ve yaşamımın her döneminde bana destek veren sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

Kentlerin geceleri emniyet ve güvenlik içinde kullanılabilmesi için yapılan işlevsel aydınlatmaların yanı sıra, günümüzde kent görüntülerinin geceleri çekici kılınması, park, bahçe, yeşil alanların, kentte önemli olan tarihi ve çağdaş yapıtların yerli-yabancı gezginlere tanıtılması gibi nedenlerle mimari aydınlatmaların yapılması da önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, yapay ışık ile, kent içinde göstermek istediğimiz yapılarda, enerjinin en etkin şekilde kullanılarak, en iyi aydınlatma koşullarının oluşturulması amaçlanmaktadır.

Tez çalışması, yapı yüzlerinin, enerjinin etkin kullanımı ile aydınlatılması ve kullanım planlaması yapılarak en az enerji kullanımı ile aydınlatma ölçütlerinin neler olması gerektiği konularını içermekte olup, bu alanda yapılacak çalışmalara örnek oluşturması yönünden önem taşımaktadır.

Yapı dış aydınlatması ve enerji etkin aydınlatma konuları üzerinde literatür araştırması ve bilgisayar programı üzerinde bir uygulama yapılması çalışmanın yöntemini oluşturmaktadır.

Bu çalışma kapsamında,

- Birinci bölümde, çalışmanın amacı anlatılmıştır.
- İkinci bölümde, kent aydınlatma ile ilgili bilgi verilmiştir.
- Üçüncü bölümde, enerji etkin yapı yüzü aydınlatma ölçütleri, kent ölçeği ve yapı ölçeğinde ele alınıp, aydınlatmada kullanım süreleri konusunda bilgi verilip, bazı örnek çalışmalar yapılmıştır.
- Dördüncü bölümde, bilgisayar programı ile örnek aydınlatmalar yapıp, enerji yönünden karşılaştırılmıştır.
- Beşinci ve son bölümde, tez hakkında genel değerlendirme yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Dış aydınlatma, yapı yüzü aydınlatması, enerji etkin aydınlatma.

## **ABSTRACT**

Besides being used for safety and security at nights, exterior lighting is used for night silhouette of urban places. Parks, grounds, open areas, important historical and contemporary buildings are better to be emphasized both habitants and foreigners. Exterior lighting of various buildings are important for the silhouette of the city.

The purpose of this study, is to create the best artificial lighting conditions on the buildings by using the energy in most effective way.

This study includes criteria to minimize losing energy in lighting and to implement lighting more efficient in exterior lighting design of buildings. The importance of this study is being an example work for subsequent studies.

The methods of this study are literature researching on exterior lighting of buildings and energy efficient lighting and an application of a lighting study on a computer program.

This study consists of following phases;

- In the first chapter, aims of the study have been explained.
- In the second chapter, basic knowledge about urban lighting has been given.
- In the third chapter, energy efficient lighting design criteria have been explained in urban scale and in building scale, some knowledge about the usage of time and duration in lighting has been given and some examples have been done.
- In the forth chapter, energy consumptions in different cases of lighting a building has been compared by using a computer program.
- In the last chapter, general evaluations of the study have been conducted.

**Keywords:** Exterior lighting, facade lighting, energy efficient lighting.

## 1. GİRİŞ

İnsanın değişik algılar yolu ile çevresini tanınması, büyük ölçüde görsel algılama yolu ile olur. Herhangi bir nesneyi veya bir bölgeyi görüp algılayabilmek, eylemler gerçekleştirebilmek için, görsel algılamanın verisi olan, doğal veya yapay ışık kaynaklarınca yayımlanan ışığa gereksinim vardır. Doğal ışık olan günışığının olmadığı ya da görsel algılama için yetersiz olduğu durumlarda, yapay ışık kaynaklarından yararlanılarak, kent kimliğini sergilemede büyük rol oynayan önemli yapılar, meydan ve parklar gibi açık alanların görülebilirliği sağlanıp, geceleri de kullanılabilen yaşamsal alanlar yaratmak olanaklıdır.

Kent görüntüsü yönünden en etkili öğelerden biri çeşitli nitelikte yapılardır. Yapıların aydınlatılmasında amaç yapı yüzünün gece görünürlülüğünün sağlanmasıdır. Yapıların aydınlatılmasında, mimari özellikler, çevre koşulları gibi birçok etken önemli rol oynamaktadır. Yapılacak aydınlatmaların etkin enerji kullanımlı olmaları ise günümüzde sürdürülebilirlik bağlamında önem taşıyan bir başka konudur.

Bu çalışmada, yapıların dış aydınlatmasında, öncelikli aydınlatılması önemli olan yapıların seçimi, uygun nitelik ve nicelik değerlerinin belirlenmesi, kullanılacak ışık kaynağı ve aygıt seçimi, aydınlatmada zaman ve süre kullanımının belirlenmesi gibi çeşitli etkenler ele alınarak, optimum enerji kullanımı ile en iyi görsel etkinin oluşturulmasındaki ölçütler belirlenip, bilgisayar programı aracılığı ile bir yapı üzerinde değişik durumlarla ilgili aydınlatma uygulamalarının enerji yönünden değerlendirilmesi yapılacaktır.

## 2. KENT AYDINLATMA

Dış aydınlatma konusu olan kent aydınlatması, kapalı alanların dışında kalan tüm açık mekanların, günışığı olmadığı ya da yetersiz olduğu durumlarda, yapay ışık kaynakları ile aydınlatılmasını kapsamaktadır.

Kent aydınlatmanın temel amacı, öncelikle, çevreyi rahatlıkla algılamak, araç ve yaya dolaşımına olanak sağlayabilecek nitelikteki bir aydınlatmayla emniyet ve güvenliği sağlamaktır. Bu temel amacının yanında, özellikle kent kimliğini sergilemede büyük rol oynayan önemli yapılar, park ve meydan gibi açık alanların görülebilirliğinin ve kentin gece kullanımının sağlanmasında en önemli etkeni oluşturmaktadır.

Kent aydınlatma konuları, bu amaçlar ve uygulanan aydınlatma tekniği doğrultusunda iki gruba ayrılabilir;

- ulaşım, yönlendirme, emniyet,-güvenlik, sportif faaliyetlerin yapılması gibi amaçlarla yapılan “işlevsel aydınlatmalar” ve
- yaşamsal alanların ve kentsel değer niteliğinde olan yapıların tarihi, sosyal, kültürel, mimari ve sanatsal değerlerini göstermek amacıyla yapılan “mimari aydınlatmalar” (Sözen, 2005).

### 2.1 İşlevsel Aydınlatma

Kentin geceleri de yaşanabilir hale getirilmesi, insanların ulaşım, zorunlu eylem ve spor etkinliklerini güvenli ve rahat bir ortamda gerçekleştirebilmesi amacıyla yapılır.

İşlevsel aydınlatma, araç ve yaya trafik yolları, otoparklar, tünel, altgeçit ve köprüler, demiryolları, havaalanı, açık depolar, açık spor alanları gibi konuları kapsamaktadır.

### 2.2 Mimari Aydınlatma

Geceleri insanların, bir arada bulunduğu, toplandığı, yaşadığı, tarihi, mimari, yaşamsal, sanatsal, kültürel değer taşıyan öge, yapı ve mekanların geceye yansıtılması amacıyla yapılır.

Tarihi yapılar, sur, anıt, kalıntılar, önemli çağdaş yapılar, sosyal ve kültürel kuruluşlar, tarihi veya çağdaş özellik taşıyan mühendislik yapıları, sanat eserleri, yeşil alanlar, su öğeleri, yerli ve yabancı kullanıcılar için gece etkili bir görünüm sağlayabilecek kent bölümleri mimari

aydınlatmanın konularını oluşturmaktadır.

Yaya bölgeleri, meydan alışveriş alanları, fuar, festival eğlence alanları ve reklam aydınlatmaları işlevsel ve mimari aydınlatmaların arasında yer almaktadır. (Sözen, 2005)

Mimari aydınlatmada, teknik yönün yanı sıra, mimari, sanatsal ve estetik kaygılar büyük bir önem taşır. Amaç kentsel değerlerin görülebilirliğini sağlayabilmenin dışında, kentin geçmişini ve bugünü simgeleyen değerlerin sanatsal ve/ya tarihi önemini ışık aracılığı ile vurgulayarak, işlevini, biçimini, üç boyutsal özelliklerini en doğru ve en etkileyici biçimde gösterebilmektir.

Kentsel değerlerin her biri tek başına bir sanat ve/ya mimari ürün olduğundan, her bir öge, yapı veya mekan birbirine benzemez. Bunun için her konunun tek tek ele alınarak, tüm özellik ve çevre koşulları gibi etkenler dikkate alınarak ayrı ayrı incelenmesini gerektirir.

Mimari aydınlatma, bu çalışma doğrultusunda iki ana bölüme ayrılabilir;

- yapıların dış aydınlatması
- yapıların dışında kalan çeşitli nitelikte üç boyutlu kentsel değerlerin ve peyzajın aydınlatması.

Çalışma konusunu oluşturan yapıların dış aydınlatmasında enerji etkin tasarım ölçütleri üzerinde durulacaktır.

### 3. ENERJİ ETKİN AYDINLATMA TASARIMI

Aydınlatma tasarımı, planlı ve sistemli olarak ele alınması gereken, önemli bir konudur. Elektrik enerjisi tüketiminde önemli bir paya sahip olan aydınlatma alanında uygulanacak aydınlatma sistemlerinin, doğru tasarlanması kadar, sürdürülebilirlik açısından etkin enerji kullanımlı olmalarını sağlamak da kaçınılmazdır. Enerji etkin aydınlatma tasarımı konusu,

- Kent ölçeğinde ve
- Yapı ölçeğinde ele alınabilir.

#### 3.1 Kent Ölçeğinde Enerji Etkin Aydınlatma Tasarımı

Yapıların dış aydınlatmasında, enerjinin etkin kullanımında ilk adım, bir kentte veya kent bölgesinde aydınlatma yönünden önemli olan yapıların seçimidir. Kentin gece kullanımında çevremizi algılayabilmemiz için, aydınlatılması gerekli olan öğelerin seçimi aydınlatma master planlarında belirlenmelidir.

Aydınlatma tasarımı kent ölçeğinde ele alındığında, kentsel değerlerin birbirinden bağımsız uygulamalar yerine, kent bütününe kapsayan aydınlatma master planları doğrultusunda, planlı ve birbiri ile uyumlu aydınlatılması gereklidir.

##### 3.1.1 Aydınlatma Master Planı

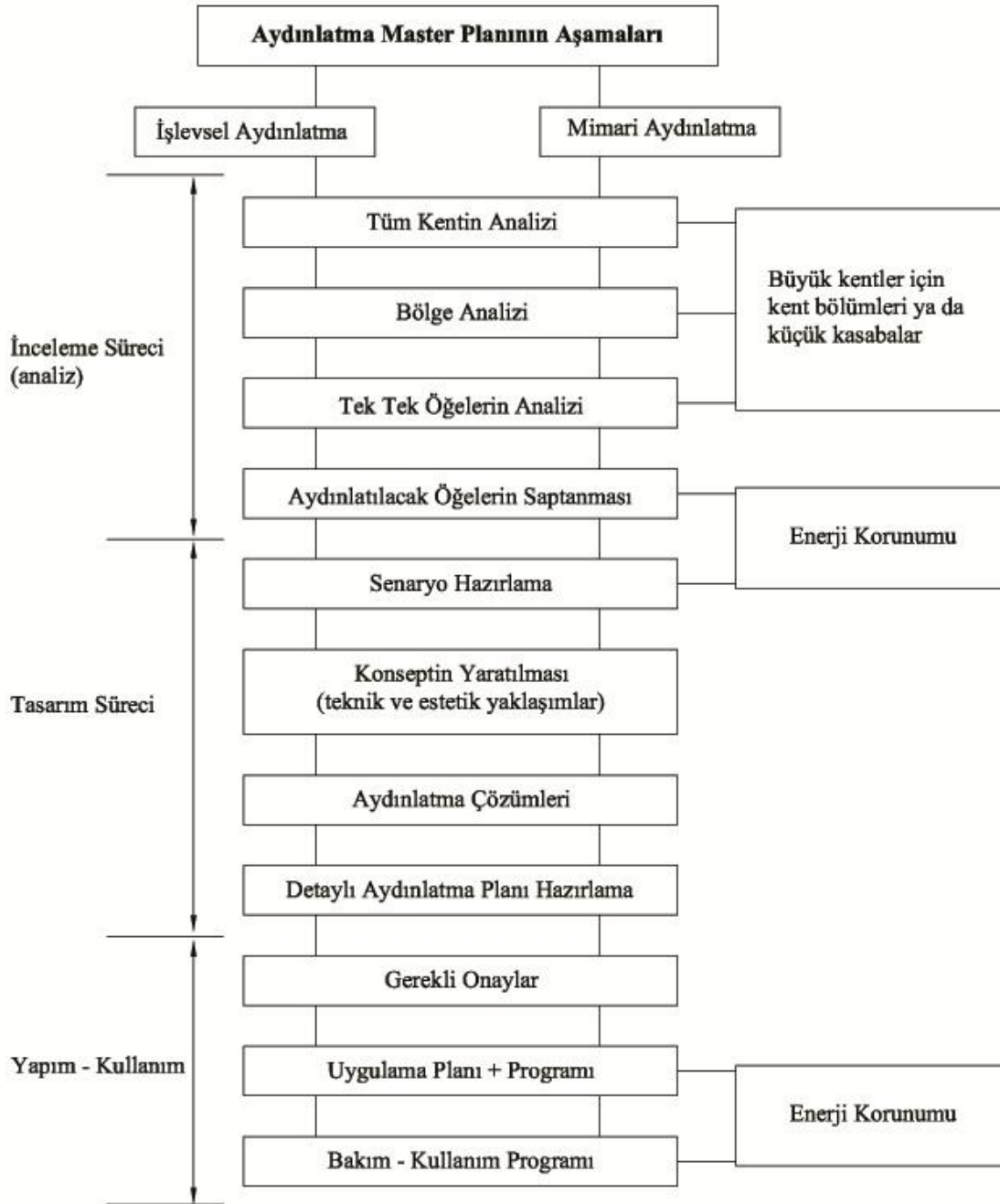
Kentin türlü yönlerden kullanımı için her yönden master planlar yapılmaktadır. Kent aydınlatma için de master planlarının yapılması ve buna uygun bir biçimde gerçekleştirilmesi önemlidir.

Kent aydınlatmasının temel amacı olan emniyet ve güvenliği sağlamak “işlevsel aydınlatma” ile ilgilidir. İşlevsel aydınlatmanın yanında, kentin geçmişinde ve bugününde önem taşıyan değerlerin aydınlatılması kent kimliğini oluşturmada oldukça önemlidir. Kentin çekici kılınması, gece kullanımının sağlanması amacıyla mimari, sanatsal değerleri olan önemli yapıtların, tarihi kalıntıların, park, bahçe ve meydanların aydınlatılması da “mimari aydınlatma” kapsamındadır. Kent aydınlatma, bütüncül bir yaklaşımla işlevsel ve mimari aydınlatmaların tümünü kapsamaktadır (Sözen, 2006).

Master plan çalışmalarında, kentin gece görüntüsünü etkileyecek olan öğelerin seçimi, bu öğelerin birbiriyle uyumu, belli bir plan ve programa dayalı olarak bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Bütünleşmemiş, birbirinden kopuk aydınlatmalar hoş görüntüler oluşturmadığı gibi

sonradan yapılacak düzeltmeler de kolay olmamaktadır.

Aydınlatma master planlarının hazırlanmasında ölçek kavramı başlangıç noktasını oluşturur. Kent aydınlatmasının nesne, yer, bölge ve kent ölçeğindeki analizi, tüm aydınlatma gereksinimlerini belirleyecek temel bilgiyi oluşturmaktadır (Sözen, 2006). Şekil 3.1’de master plan aşamaları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Aydınlatma master planı aşamaları  
(Sözen, 2006)

Aydınlatma master planı çalışmasının sonucunda, yapılacak aydınlatmalara ve çözümlerine karar verilmelidir. Ayrıca mevcut aydınlatmaların olumlu-olumsuz durumları kentsel analizde belirlenmeli, bu aydınlatmaların teknik, estetik, enerji kullanımı açısından incelenmesi, ömürlerinin, yenilenme koşullarının ortaya konularak iyi değerlendirilmesi önemlidir. Aydınlatma sistemlerinin kullanım süresi sonunda değiştirilmesi kaçınılmaz olacağından, master plan kapsamında bu konuya da yer verilmelidir (Sözen, 2006).

### **3.1.1.1 Aydınlatma Yönünden Önemli Yapılar**

Kentte değişik amaçlarla yapılmış tarihi ve/veya çağdaş yapıların aydınlatılmasının, kentin gece kullanımının sağlanması açısından gerekliliği ortadadır. Aydınlatma için önemli yapıların belirlenmesi, gündüz doğal ışık altında aydınlanan tarihi ve/veya çağdaş önemli yapıların, gece yapma ışık altında aydınlatılarak görünümünün daha çekici kılınması, tarihi, sosyal, sanatsal önem ve anlamlarını yansıtmayı, vurgulaması gibi birçok yönden önem taşımaktadır. Ancak bir kentteki bütün değerlerin aydınlatılması her koşulda gerekli olmayıp, uygulama açısından da çok zordur. Bunun sebebi, ekonomik açıdan maliyetli olmasının yanı sıra, bütün öğelerin aydınlatılmasının bir karmaşa yaratacak olması ve enerji sarfiyatının da çok fazla olmasıdır. Bu nedenle bir kentte ya da kent bölgesinde bulunan değerlerin kimi özelliklerine göre, aydınlatmada öncelik sıralaması yapmak kaçınılmazdır. Bu öncelik sırasına göre, yapıların birbiri arasında bir hiyerarşi kurulmalı, örneğin aydınlatılması daha az önemi olan bir yapı ile simge niteliğindeki bir yapı aydınlatılırken farklı aydınlatma tekniği kullanılmalıdır (Sözen, 2006).

Aydınlatma yönünden önemli olan yapılar, bulundukları kent veya kent bölgesine göre incelenerek gruplandırılır. Gruplandırılan yapılar, dini yapılar, çeşmeler, hamamlar, türbeler, medreseler, kuleler, anıtlar gibi tarihi yapılar olabileceği gibi eğitim yapıları, kütüphaneler, müzeler, hastaneler, oteller, bankalar, iskele ve istasyonlar gibi tarihi ve/veya çağdaş çeşitli nitelikte yapılar da olabilir.

Aydınlatılması önem taşıyan öğelerin, kent bütünü içinde ve tek tek analizleri yapılmalıdır. Ele alınan kentsel değerler, aydınlatmada öncelik açısından sıralayabilmek için,

- Konumu,
- İşlevi,
- Tarihi değeri,

- Sembolik nitelikleri,
- Mimari değer ve özellikleri,
- Kentsel değeri

gibi etkenler yönünden incelenmelidir (Sözen, 2006).

### **Konumu**

Kentte ya da kent bölgesinde önemli bir yer oluşturan öğelerin, ana dolaşım akslarında (araç yolu ve yaya yolu) yer alması, bu akslara yakınlığı uzaklığı ve şehrin önemli bir bölümünden cephelerinin görünmesi, kent silüetinde yer alması öncelik sırasında önem oluşturmaktadır.

### **İşlevi**

Yapılar, işlevleri ve günümüzde bu işlevleri yerine getirip getirmediğı yönünden değerlendirilir. Yapının bulunduğu konum ve mimari özellik bakımından işlevini yerine getirmesi öncelik sırasında önem taşımaktadır. Örneğın bakımsız, harabe haline gelmiş, hiçbir işlev oluşturmayan bir yapının aydınlatılması gereksiz olacaktır. Bunun dışında yapılar işlevlerine uygun olarak aydınlatılmalı, işleviyle tezat bir aydınlatma tasarımı yapımından kaçınılmalıdır.

### **Tarihi değeri**

Tarihi değeri, yapının yapıldığı dönemin mimari üslubunu yansıtmaya açısından önemlidir. Yapı ne kadar eski bir tarihte yapılmışsa ve aynı zamanda iyi korunmuşsa, öncelik bakımından daha önemlidir.

- Yerleşme ve konut gelişimi açısından önemli olmak,
- Ünlü bir kişinin doğduğu, yaşadığı veya öldüğü bina olmak,
- Önemli bir politik olayla ilişkili olmak,
- Sosyal tarih açısından önemli olmak,
- Halkbilimi ve yörenin tarihi açısından önemli olmak,
- Yöre söylencelerine göre anı değeri taşımak,
- Sanayi, ticaret, ulaşım tarihi açısından önemli olmak.

gibi özelliklere sahip yapılar kent için önemlidir (Ahunbay, 2004).

Öncelikli aydınlatılması gereken yapılar belirlenirken bu özellikler de dikkate alınmalıdır.

### **Sembolik nitelikleri**

Yapıların, bulunduğu konum ve yapıldıkları tarih bakımından sembol niteliği taşıyıp taşımadıkları değerlendirilir. Bir kent için sembol niteliği taşıyan yapılar öncelikli aydınlatılması gereken öğelerde öncelikli olarak yer almalıdır.

### **Mimari değeri ve özellikleri**

Yapıların mimari değeri ve özellikleri yönünden üstün durumları incelenerek yapıda nasıl bir aydınlatma yapılması gerektiğine karar verilmelidir.

- Üstün sanat değeri taşımak,
- Üslup gelişimi, tipolojik gelişim açısından önemli olmak,
- Ünlü bir sanatçı, mimarla ilişkili olmak,
- Bir sanat üslubunun temsilcisi olmak,
- Üstün nitelikli veya zengin bir cephe düzenine, bezemeye sahip olmak

gibi mimari değerlere sahip yapılar ve

- Üstün nitelikli yapıım özelliğine ve strüktür düzenine sahip olmak,
- Özenli bir işçilikle yapılmış olmak,
- Özgün tasarımı iyi korunmuş durumda olmak,
- içte ve dışta ilk tasarıma ait renk düzenini iyi korumuş olmak,
- Sağlam ve bakımlı olmak

gibi teknik özelliklere sahip yapılar kent için önemli yapılardır (Ahunbay, 2004).

Bir kentte öncelikli aydınlatılacak yapılar seçilirken bu özellikler değerlendirilmelidir.

### **Kentsel değeri**

Aydınlatılması gereken yapıların kentsel değeri bulunması öncelik sıralaması yapılırken önem oluşturmaktadır.

- Peyzaj ve/veya kent görünümü açısından önemli olmak; bulunduğu yerin simgesi olarak kabul edilmek,

- Önemli bir anıtın çevresinde yer alan ve ona ölçek veren, vazgeçilmez bir bileşen olmak,
- Bir külliye ve/veya mimari bütünün parçası olmak,
- Bir şehircilik tasarımının parçası olmak

gibi özellikleri bulunan yapılar öncelikli aydınlatılacak öğeler olarak değerlendirilmelidir.

### **3.1.1.2 Aydınlatma Yönünden Öncelikli Olan Yapılar**

Kentte ya da kent bölgesinde önemli bir yer oluşturan yapılar, bütün bu ölçütler sonucu, belli bir değerlendirme sistemine göre incelenmelidir.

Her yapı, tüm bu ölçütler sonucu,

- 1.derecede önemli olan ve öncelikli olarak aydınlatılması uygun görülen yapılar,
- 2. derecede önemli olan ve ikinci aşamada aydınlatılması uygun görülen yapılar ve
- 3. derecede önemli olan, sadece güvenlik aydınlatması yapılması yeterli olan yapılar

biçiminde değerlendirilerek, her yapının aydınlatmadaki öncelik sırasındaki yeri belirlenip, yapıların özelliklerine ve çevre ile ilişkilerine uygun nitelik ve nicelikte aydınlatma sistemi oluşturulmalıdır (Arıcı, 1999).

### **3.2 Yapıların Dış Aydınlatmasında Enerji Etkin Tasarım**

Yapı yüzü aydınlatması ile, yapıların mimari, tarihi, sanatsal özelliklerinin ortaya çıkarılması ve vurgulanması, yapının güvenliğinin sağlanması, yapının içinde bulunduğu kent bölümünün gece görünüşünün daha anlamlı ve etkili kılınması amaçlanmaktadır. İyi bir aydınlatma düzeni ile oluşturulmuş bir yapı yüzü aydınlatması, yapı için iyi bir tanıtma aracı ve güvenlik önlemi niteliği taşıdığı gibi, yapıların gündüz görünümünden daha çekici ve özellikli görünmesi ve daha çok anımsanmasını sağlayabilir.

Her yapının bir karakteri, işlevi, mimari üslubu vardır. Bir yapının dış yüzü aydınlatılırken, bu yapı dış yüzeyleri bakımından çok iyi incelenmelidir. Ayrıca, her yapı çevresiyle bir bütün olduğundan tüm çevre etkileri göz önünde tutulmalıdır. Yapıların dış aydınlatmasında, yapının işlev, biçim, yüzey dokusu, renk vb. gibi değişik özelliklerini vurgulayabilmek ve yapıyı tanıtabilmek önemlidir. Aydınlatılacak yapıların özellikleri bakımından çeşitliliği ve farklı çevre koşulları gibi etkenlerden ötürü, her koşulda yararlanılabilecek kesin çözüm önerileri ya da

kuralların verilmesi olanaksızdır.

Yapıların dış aydınlatması,

- Varolan yapılar ve
- Yeni yapılar

için söz konusu olabilir.

Aydınlatma tasarımı, yeni bir yapı için ele alındığında, uygulamanın başarılı olabilmesi için proje aşamasında yer almalı ve mimari projeyle eş zamanlı olarak yürütülmelidir. Varolan bir yapının dış aydınlatması söz konusu olduğunda, yapının mevcut verilerinden yola çıkılarak, yapının özelliklerine göre bir aydınlatma düzeni oluşturulmalıdır. Örneğin aydınlatma tasarımı yapılan mevcut yapı, tarihi bir yapıysa, yapının özelliklerine zarar vermemelidir.

Yapıları, tarihi ve çağdaş nitelikli olarak sınıflandırabiliriz. Aydınlatma konuları sadece tarihi ve/veya estetik özelliği olan yapılarla sınırlı olmayıp, günümüzde çağdaş yapıların, reklam amaçlı, prestij sağlamak ve bina çevresinde güvenliği arttırmak için aydınlatılması da olağan hale gelmiştir.

Yapı dış aydınlatması yapılacak olan tarihi veya çağdaş yapılarda işlev, aydınlatma tekniğini uygulamada önemli bir etkindir. İşlevin gerektirdiği nicelik ve nitelikte bir aydınlatma tasarımı oluşturulmalıdır. İşlevlerine göre tarihi yapıları, sivil yapılar, dini yapılar, kamu yapıları, kültürel ve askeri yapılar vb. gibi, çağdaş yapıları ise ticari yapılar, sanayi yapıları, kamu yapıları, kültürel yapılar, vb olarak gruplandırmak mümkündür. Bir yapının dış aydınlatması yapılırken, işlevine bağlı olarak ortaya çıkan mimari özellikler vurgulanarak yapının görünüşünü anlamlı kılmak amaçlanmalıdır. Oluşturulacak aydınlatma düzeni, yapının mimarisine ve kullanım amacına uyum sağlamalıdır.

Yapıların dış aydınlatması;

- İçeriden
  - Yapının içinden, cam bölümlerdeki perde, jaluzi vb. aydınlatılmasıyla veya
  - Yapı içi aydınlatmasıyla,
- Dışarıdan
  - Yapı yüzünde uygun boşluklara veya yapının çok yakınına yerleştirilen

aydınlatma aygıtlarıyla veya

- Yapıdan uzakta konumlandırılan, zemine veya çevredeki uygun öğelerin üzerine yerleştirilen aydınlatma aygıtlarıyla,

mümkün olmaktadır.

Yapı dıştan aydınlatılmayıp, cam bölümlerin yer aldığı hacimlerin içerden aydınlatılması ile görünürlük sağlandığı durumlarda, cam bölümlerin bulunduğu hacimlerin içindeki aydınlığı oluşturan ışık kaynaklarının kullanımı, içinde bulunduğu hacimlerdeki eylemlerin sona ermesi durumunda da aynen veya hacmin kullanımının bitmesiyle, hacim içindeki aydınlık düşürülerek devam ettirilmelidir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 İçerdeki aydınlıkla görünürlük  
www.superstock.com

Kent içinde yapı dış yüzünü aydınlatacak aygıtları istenilen yere yerleştirmek her zaman olanaklı olmayabilir. Yapının dışarıdan aydınlatmasının mümkün olmadığı durumlarda veya yapıda düzgün yayılmış bir aydınlatma düzeni istenmediği bir durumda, yapının belli öğelerini aydınlatmak amacıyla aydınlatma aygıtları yapı yüzü üzerinde uygun boşluklara veya yapının çok yakınına yerleştirilebilir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4).



Şekil 3.3 Yapı yüzünden aydınlatma  
www.pldturkiye.com



Şekil 3.4 Yapının çok yakınından aydınlatma  
www.lighting.philips.com

Bu tür aydınlatmalarda ışık kaynaklarının yapı yüzüne çok yakın olmaları nedeniyle ortaya çıkan yüksek ışıklılık değerleri (Şekil 3.3'te görüldüğü gibi), kimi zaman ışık kaynağı etkisi yarattığı için olumsuz görüntüler oluşturmaktadır. Bunun çözümü gerekir.

Bu çalışmada, yapıdan uzakta konumlandırılan aygıtlar ile oluşturulan aydınlatma sistemleri üzerinde durulacaktır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Yapıdan uzakta konumlandırılan aygıtlarla aydınlatma  
www.lighting.philips.com

### 3.2.1 Ön Tasarım Çalışmaları

Enerji etkin bir aydınlatma düzeni oluşturmanın temeli sistemin doğru tasarımıyla ilgilidir. Bir binanın dış aydınlatma tasarımının başarılı olabilmesi, binayla ilgili tüm çalışmaların yapılmasıyla sağlanabilir. Yapının farklı zaman, hava ve mevsim koşullarındaki görünümüleri, yapıya girişler, bakış noktaları gibi faktörleri ön tasarım aşamasında incelenmelidir. Çizimler, binanın ölçekli veya bilgisayar programında yapılan modeli üzerinde çalışmak, başarılı bir aydınlatma tasarımının ortaya çıkarılması için gereklidir.

Mevcut bir binanın aydınlatma tasarımı söz konusu olduğunda yerinde araştırma yapmak olanaklı değilse, binanın günışığındaki fotoğrafları ön tasarım çalışmalarında yardımcı olarak kullanılabilir. Ayrıca mevcut yapı üzerinde istenilen görüntünün oluşturulmasında, ışık kaynakları ile yerinde uygulama yapılarak, ışığın değişik geliş doğrultuları altında yapının görünümünü incelemek de aydınlatmanın ön tasarım aşamasında kullanılabilecek bir yöntemdir (Sözen, 2002).

Bir yapının yapay aydınlatma altındaki gece görünümü, eğer özel olarak tasarlanan değişken bir aydınlatma tasarımı uygulanmadıysa sabittir. Yapının gün boyunca, hava ve mevsim koşullarına bağlı olarak oluşan görünümü ise her zaman değişkendir. Yapının farklı koşullardaki gündüz görünümüleri incelenip, gece aydınlatmasında yapının gündüz görünümlerinden en dikkat çekici olan görünüme benzetme veya yapının gündüz görünümünden çok farklı bir etki yaratma yoluna gidilebilir. Bir yapının en dikkat çekici görünüm oluşturduğu zaman, genellikle dolaysız güneş ışığının kırmızımsı ve yayınlık gök ışığının oldukça mavi olduğu sabah ya da akşamın ilk

saatleridir.

### 3.2.2 Temel Tasarım İlkeleri

Yapı dış aydınlatma tasarımı yapılırken, konuya bütüncül yaklaşılması, aydınlatma tekniğine dayalı olarak teknik ve estetik yönden temel ilke kararların oluşturulması ve çözümlerin getirilmesi önem taşır (Aydın ve Sözen, 2004).

#### 3.2.2.1 Bakış Doğrultusu - Yönü

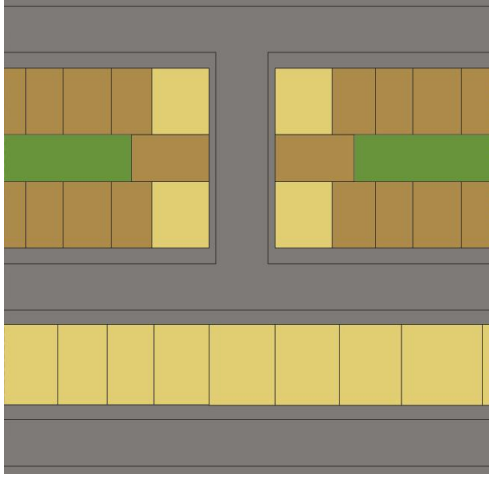
Binanın aydınlatılacağı ana yöne karar verilmelidir. Yapının görülebildiği her doğrultu bakış doğrultusu olarak kabul edilebilir.

Yapılar görme alanına giren yüzlerine göre;

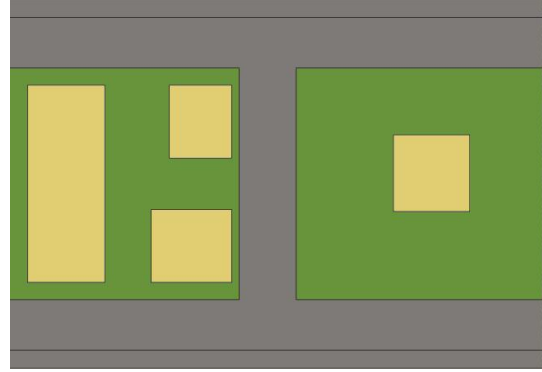
- bitişik konumda yapılar ve
- ayırık konumda yapılar

olarak sınıflandırılabilir.

Bitişik konum yapılarında (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7), yapının iki yanının kapalı olması ve arka cephesinin yola bakmaması durumunda görme alanına giren yalnızca bir yüzlerinin aydınlatılmasından söz edilebilir. Köşe konumlu yapılar, yanı açık yapılar veya arka cephesi yola bakan yapıların görme alanı içine giren iki yüzünün aydınlatılması mümkündür. Bu tür yapılar genelde yol kenarında yer alıp, yapıya karşıdan bakış, yakın mesafeden olacağından üç boyut etkileri pek söz konusu değildir. Bu nedenle genelde karşıdan projektörlerle aydınlatılmak yerine, yapının girinti-çıkıntılar, pencereler, balkonlar, nişler gibi mimari detaylarını ön plana çıkartacak bir aydınlatma sistemi oluşturulabilir.



Şekil 3.6 Bitişik konum yapı



Ayırık konum yapı



Şekil 3.7 Bitişik konum yapı



Ayırık konum yapı

(www.gettyimages.com)

Birbirine çok yakın ayırık konumdaki yapıların da üç boyut etkileri pek fazla yoktur. Aydınlatma tekniği ile yapının hacim etkisini sağlayabilmek için, yapının bakış doğrultusu yönündeki tüm cephelerinin görsel olarak başka yapılar tarafından engellenmemesi gerekir. Bu durumda komşu yapıyla yapının cepheleri arasındaki uzaklık azsa, bu cepheleri aydınlatmak gerekli olmayabilir.

Açık alan içinde yer alan ayırık konumdaki yapılarda (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7) ise, görme alanı içine yapının birden fazla yüzü girmektedir. Aydınlatma tekniğinde görme alanına giren yüzlerde aydınlığın niceliği veya niteliği açısından bir fark oluşturulması önemlidir, yapının üç boyutlu algılanmasını sağlar. Böyle bir konunun aydınlatması yapılırken, yapının izleneceği ana bakış

doğrultusunun yönüne karar verilmelidir. Belli bir alanın içerisinde çok farklı nitelikte aydınlatmalar oluşturulması yadırganabileceğinden, yapı yüzünde oluşturulacak nicelik, yani ışıklılık farkları ile ana bakış doğrultusu yönünde baskın bir etki yaratılabilir.

Yapının hangi yüzünün ana bakış doğrultusu yönü olup, daha fazla ışıklılık oluşturulması gerektiği ise, yapılacak tespitle, yapının ana yüzü, yapıya ana yaklaşım yönü, varsa özel bir anlam veya önemi olan bir yüzü seçilebilir.

Aydınlatma aygıtlarının uygun yerlere yerleştirilmesi ile yapının görme alanı içine giren yüzlerinde ışıklılık farkları oluşturabilmek mümkündür. Aydınlatma ekipmanlarının yerleri, yapı ve bakış doğrultusu ile birlikte ele alınmalıdır. Eğer yapı, ışık kaynakları ve bakış yönü aynı doğrultuda ise, yapılan aydınlatma ilgi çekmeyen bir etki oluşturacaktır.

### 3.2.2.2 Uzaklık

Yapı yüzündeki mimari detayların tamamının ya da hiçbirinin görülüp görülmemesi seçilen uzaklığa bağlı olacaktır. Ana bakış yönüne dayanarak, gözlemci ve bina arasındaki uzaklığa karar verilmelidir. Aygıtların yapıyla arasındaki uzaklık, tepe açılarının ve aygıt eksenini ile yatay ve düşey düzlem arasındaki açılarının belirlenmesinde ise yapının yükseklikleri büyük önem taşır.

Bir yapı yüzünde vurgulanmak istenilen öğeler olması durumunda, yapı yüzünün bazı bölümlerinde ışıklılık karışıklıkları yapılarak, bu öğelerin ön plana çıkartılması sağlanabilir. Ancak yapı yüzünde vurgulanması gereken önemli bir öğe yoksa, yapı yüzünün tüm noktalarında (yatayda ve düşeyde) düzgün yayılmış bir aydınlatma sağlanması genellikle uygundur. Bu durum yapı yüzlerinin düz olması koşulu ile geçerlidir. Yapı yüzlerinin girinti-çıkıntılı olması durumu 3.2.4.2.1 başlığı altında incelenmiştir.

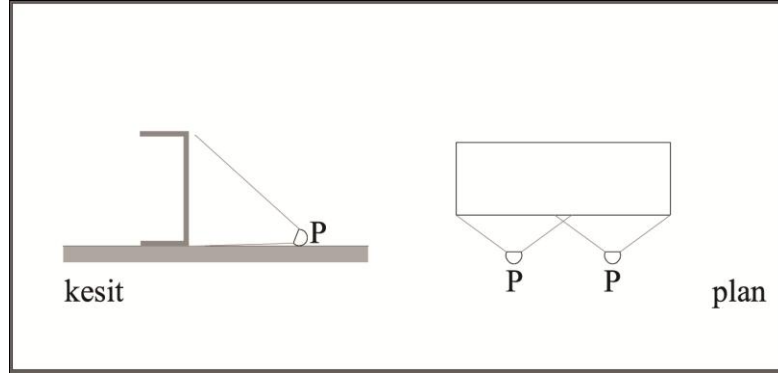
Yapılar yükseklikleri bakımından

- alçak (az katlı) yapılar ve
- yüksek (çok katlı) yapılar

olarak sınıflandırılabilir.

Alçak yapılarda, yapıdan belli bir uzaklıkta yer alan bir aydınlatma aygıtından (P) çıkan ışığın yapı yüzünde oluşturduğu aydınlıklar arasındaki ayırım, çoğu kez düzgün yayılmış bir aydınlık için kabul edilebilir sınırlar içinde kalır (Şekil 3.8). Alçak yapıların aydınlatılmasında, geniş açılı

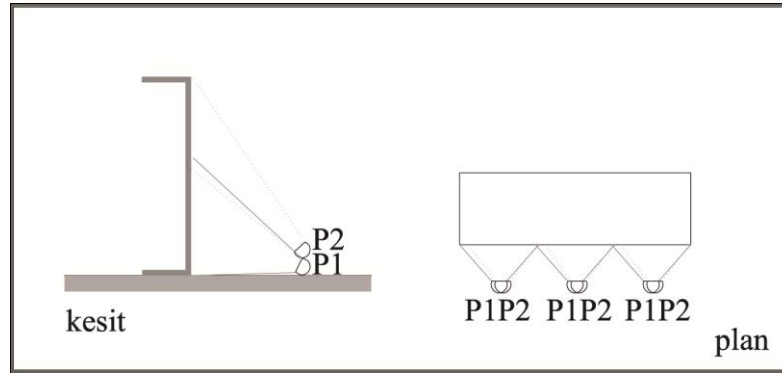
projektörlerin kullanılması genellikle uygundur (Sözen, 2005).



Şekil 3.8 Alçak yapıda düşeyde düzgün yayılmış aydınlatma

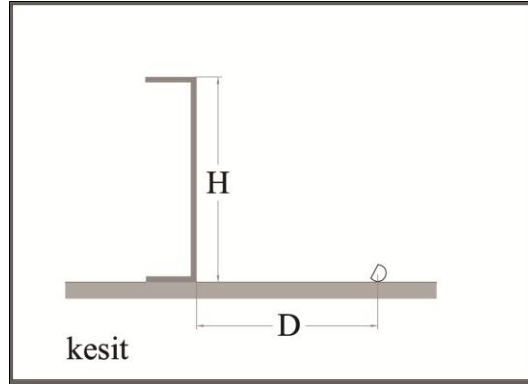
Yüksek yapılarda, yapı yüzünde düşeyde düzgün yayılmış bir aydınlık oluşturabilmek için, yapı yüksekliğine göre ışık kaynaklarının tepe açıları ve kullanılan kaynak sayısı farklılık gösterebilir.

Düzgün yayılmış bir aydınlatma oluşturabilmek, yapının alt bölümlerini geniş veya orta açılı projektörlerle (P1), üst bölümlerini ise dar açılı projektörlerle (P2), aydınlatmak yolu ile mümkün olabilir (Şekil 3.9). Genelde yüksek yapıların aydınlatmasında, dar ve orta açılı projektörlerin kullanılması uygundur (Sözen, 2005).



Şekil 3.9 Yüksek yapıda düşeyde düzgün yayılmış aydınlatma

Aydınlatma aygıtı ile yapı arasındaki uzaklığın ( $D$ ), yapının yüksekliğine ( $H$ ) oranı düşeyde düzgün yayılmış bir aydınlık oluşturmak için dikkate alınan değerlerdir (Şekil 3.10).



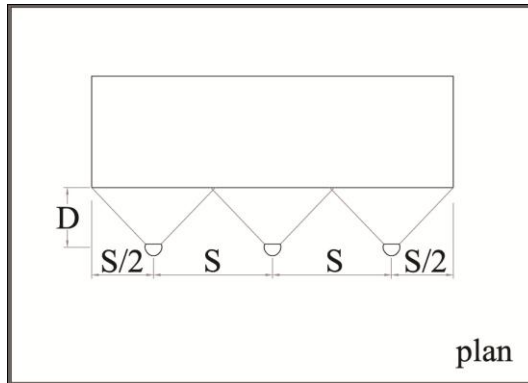
Şekil 3.10 Yapı yüksekliği - aygıt uzaklığı ilişkisi

D/H oranlarının

- Dar açılı projektörler için,  $D/H = 1/8 - 1/6$ ,
- Orta açılı projektörler  $D/H = 1/4 - 1/2$ ,
- Geniş açılı projektörler için ise  $D/H = 1/2 - 1/1$

olması kabul edilebilir değerlerdir (Kaşlı, 2007).

Yüksek yapılarda, yatayda düzgün yayılmış bir aydınlık, aydınlatma aygıtlarının uygun ve eşit aralıklarda yan yana yerleştirilmesi ile sağlanır. Aydınlatma aygıtlarının arasındaki uzaklık (S), yapı yüzünde kabul edilebilir ve yeterli düzeyde düzgün yayılmış bir aydınlatma sağlayacak şekilde belirlenmelidir (Şekil 3.11). Ön tasarım aşamasında, düzgün yayılmış bir aydınlık sağlamak için, genelde  $S = 3/2 D$  oranının kabul edilmesi her tip projektör için uygun gelmektedir (Kaşlı, 2007). Ancak uygulama aşamasında, aygıtların ışık dağılımları göz önünde tutularak ayrıntılı çalışmalar yapılmalıdır.



Şekil 3.11 Düzgün yayılmış aydınlatmada aygıt yerleşimi

Bu oranlar değişmez olmayıp, gereksinimlere ve yaratılmak istenen görsel etkiye göre değişiklik gösterebilir.

### 3.2.2.3 Aydınlığın Niceliğinin Belirlenmesi

Aydınlığın niceliği, yani yapı yüzünde oluşturulmak istenen ışıklılık değerini belirlemek enerji etkin aydınlatmanın en önemli adımlarından biridir. Yapının göstermek istediğimiz mimarı özelliklerini ortaya çıkarmak için yeterli olacak aydınlık düzeyleri seçilmelidir. Gereksiz yere çok yüksek düzeyde aydınlatmalar yapılmamalıdır.

Yapı yüzlerinde yeterli aydınlık sağlanması,

- Yapı yüzünde kullanılan malzemelerin yansıtma çarpanı ve
- Yapının bulunduğu bölge

etkenlerine bağlıdır.

#### 3.2.2.3.1 Yapı Dış Yüzeylerinde Kullanılan Gereçler

Yapı yüzü aydınlatmasında, yüzey üzerinde oluşturulacak ışıklılık değeri, yapının arkası ve çevresinin ışıklılığı göz önünde bulundurularak belirlenmelidir. Yapı yüzünde istenilen düzeyde bir ışıklılığın oluşturulması, yapı yüzüne gelen aydınlık düzeyi ile yapı yüzünün yansıtma çarpanlarına bağlıdır ( $L = E \times r$ ) (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Yapı yüzeylerinde kullanılan bazı malzemeler için önerilen aydınlık düzeyleri (CIE94, 1993 ve Sözen, 2005)

| Yüzey malzemesinin cinsi                  | Önerilen aydınlık (lm/ m <sup>2</sup> ) |      |        |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|------|--------|
|                                           | Çevre Işıklılığı                        |      |        |
|                                           | Düşük                                   | Orta | Yüksek |
| Sünger taşı, beyaz mermer                 | 20                                      | 30   | 60     |
| Doğal taş, beton<br>Açık renkli mermer    | 40                                      | 60   | 120    |
| Koyu renk taş, gri granit<br>Siyah mermer | 100                                     | 150  | 300    |
| Açık sarı tuğla                           | 35                                      | 50   | 100    |
| Açık kahverengi tuğla                     | 40                                      | 60   | 120    |
| Koyu kahverengi tuğla                     | 55                                      | 80   | 160    |
| Kırmızı tuğla                             | 100                                     | 150  | 300    |
| Koyu tuğla                                | 120                                     | 180  | 360    |
| Brüt beton                                | 60                                      | 100  | 200    |
| Doğal alüminyum                           | 60                                      | 100  | 200    |

Yukarıda görüldüğü gibi, yapı yüzünde kullanılan gerecin yansıtma çarpanı değeri ne kadar büyükse, bu yapı yüzünün ışıklılığının istenilen büyüklükte olabilmesi için harcanması gerekli enerji de o kadar az olacaktır. Aydınlatma tasarımı yapılırken yapı yüzünde kullanılan gereç, bu yönden oldukça büyük önem oluşturmaktadır. Örneğin, tablodan da görüldüğü gibi, düşük çevre ışıklılığı olan bir bölgede, yapı dış yüzünde açık kahverengi tuğla kullanıldığında, ortalama 40 lm/m<sup>2</sup> düzeyinde bir aydınlatma oluşturmak yeterli olacakken, koyu kahverengi tuğla kullanılması durumunda ortalama 55 lm/m<sup>2</sup> oluşturulmalıdır.

Dış ortamda yapılar, yansıtma çarpanları açısından değişimler gösterirken, yansıtma biçimi açısından, genellikle düzgün yansıma yapan (cam gibi) parlak yüzeyli ve izotrop yayınık yansıma yapan donuk yüzeyli gereçlerden oluşur.

### 3.2.2.3.2 Yapının Yakın Çevresi İle İlişkisi

Yapıların yakın çevresinin ışıklılığı, yapının gece görünürlüğünü sağlamak için önem taşımaktadır. Yakın çevre ile ışıklılık karşıtlıklarının büyük olması, kamaşmaya ve yapıya ilişkin bazı önemli detayların görülmemesine neden olabilmektedir.

Yapıların çevresini oluşturan kent bölgeleri, aydınlatma özellikleri açısından Çizelge 3.2'deki gibi sınıflandırılabilir.

Çizelge 3.2 Çevre ve aydınlatma özellikleri  
(Sözen, 2005)

| Bölge | Çevre Niteliği            | Aydınlatmanın Özellikleri                                     |
|-------|---------------------------|---------------------------------------------------------------|
| E1    | Doğal Alanlar             | Genellikle karanlık çevre, doğal parklar, korunmuş alanlar    |
| E2    | Kent Sınırı (Kırsal alan) | Az ışıklı bölgeler                                            |
| E3    | Kent çevresi (Banliyö)    | Orta ışıklı bölgeler, sanayi-konut bölgesi                    |
| E4    | Kent Merkezi              | Yüksek ışıklı bölgeler, kent merkezi, ticari ve konut bölgesi |

Aydınlatılacak olan yapı, kentin hangi bölümünde yer alıyorsa, o bölgenin ışıklılık değerleri yapı yüzünde oluşturulacak aydınlığı belirleyen etkidir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 Değişik kentsel bölgeler için önerilen yapı yüzü ışıklılık değerleri  
(CIBSE, 1995 ve Sözen, 2005)

| Kentsel Bölgeler             | Işıklılık değeri (cd/m <sup>2</sup> ) |          |
|------------------------------|---------------------------------------|----------|
|                              | Ortalama                              | Maksimum |
| E1 Doğal                     | 0                                     | 0        |
| E2 Kent sınırı (kırsal alan) | 5                                     | 10       |
| E3 Kent çevresi              | 5-10                                  | 60       |
| E4 Kent merkezi              | 10-25                                 | 150      |

Ortalama ve maksimum ışıklılık değerlerinin oranı, farklı kentsel bölgeler için karşıtlık derecesini belirtmektedir. Bu değerler doğrultusunda, yapı yüzünde oluşturacağımız karşıtlık oranları ile istenilen görsel etki oluşturulabilir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 Işıklılık karşıtlığı oranlarının (IKO) etkileri  
(CIBSE 1995 ve Sözen, 2005)

| Işıklılık Karşıtlık Oranı (IKO) | Görsel Etki            |
|---------------------------------|------------------------|
| 1/3                             | Ancak fark edilebilir  |
| 1/5                             | Az etkili görsel etki  |
| 1/10                            | Çok etkili görsel etki |

Bu tablolar doğrultusunda, olması gereken ışıklılığın, aydınlatılacak yapının;

- kent merkezinde (E4) konumlanması durumunda, çevre ışıklılığı ortalama 10-25 cd/ m<sup>2</sup> olduğunda yaratılacak 1/3 karşıtlıkla 30-75 cd/m<sup>2</sup> değerleri arasında,
- kent çevresinde (E3) konumlanması durumunda, çevre ışıklılığı ortalama 5-10 cd/ m<sup>2</sup> olduğunda yaratılacak 1/3 karşıtlıkla 15-30 cd/ m<sup>2</sup> değerleri arasında

olması uygundur. Yapı yüzünde vurgulanmak istenen kısımların ise,

- kent merkezindeki (E4) yapılar için, 1/5 karşıtlık oranıyla 50-125 cd/ m<sup>2</sup> değerleri arasında,
- kent çevresindeki (E3) yapılar için 1/5 karşıtlık oranıyla, 25-50 cd/ m<sup>2</sup> değerleri arasında

olması aydınlatılmasının görünürlük açısından yeterli olacağı görülmektedir (Kaşlı, 2007).

### 3.2.2.4 Aydınlığın Niteliğinin Belirlenmesi

Aydınlığın niteliği, niceliği gibi basit anlatılabilecek bir kavram değildir. İnsan gözü aydınlıktaki nicelik değişimlerine uyum gösterebilir, az ya da çok aydınlıklara alışabilirken, yanlış nitelikte yapılmış bir aydınlatmaya uyum sağlayamamaktadır.

Kent aydınlatmasında kentsel değerler söz konusu olduğunda, nitelik konusu daha çok önem kazanmaktadır. İşlevsel aydınlatmada görsel konfor ve iyi görme koşullarını sağlayan bir aydınlatma tasarımı söz konusuysen, mimari aydınlatma tasarımı yapılırken bu koşulları sağlayan ve aynı zamanda estetik bir çekiciliğe sahip, yapının özelliklerini ortaya çıkaran daha kapsamlı çalışmalar gerekmektedir.

Aydınlığın niteliğini belirlemede dört ana özellik etkilidir;

- Aydınlığı oluşturan ışığın renksel niteliği,
- Aydınlığı oluşturan ışık akısının doğrultusal yapısı,
- Aydınlıkta oluşan gölgelerin niteliği,
- Aydınlık düzeyinin dağılımları (değişimleri).

### **Işığın Renksel Niteliği**

Nesne ve yüzey renklerinin doğru algılanabilmesi, onları aydınlatan ışık kaynaklarının yaydığı ışığın renk sıcaklığı (K) ve renksel geriverim değerlerine (Ra) bağlıdır.

Aynı görme alanı içinde, ışık renginde belirgin farklılık yaratmak, özellikle vurgulanması istenen bölümler varsa bile, bunu karşıtlık oranı yüksek bir renk karşıtlığı oluşturarak belirtmek genellikle uygun olmaz. Farklı bir renk ile bir vurgulama yapılmak isteniyorsa, ışık rengi sayısı ikiden fazla olmaması daha uygun olur (Sirel, 1996). Ancak günümüzde dikkat çekici, çok renkli aydınlatma uygulamaları yapıldığı da görülmektedir.

Dış aydınlatmada, kale, sur, şato gibi eski yapıların ve bunların kalıntılarının sıcak renkli ışıklar ve özellikle yüksek basınçlı sodyum buharı lambasının sıcak sarı ışığı ile aydınlatılması yaygındır. Yeni taş yapılar ya da beyaza yakın renkli yapıların beyaz renkli ışıkla aydınlatılmaları uygun olur. Metal ve cam yüzeyli çağdaş yapıların dış aydınlatmasında soğuk renkli ışıklar ya da başka renkli ışıklar kullanılabilir (Sirel, 1996).

### **Işık Akısının Doğrultusal Yapısı**

Nesne ve yüzeylerin doğru aydınlatılmasında, aydınlatma aygıtından çıkan ışığın olabildiğince çok miktarının, aydınlatılan alan üzerine düşürülmesinde ışığın doğrultusu ve geliş açısı önemlidir. Aydınlatma oluşturan ışığın doğrultusal yapısı, ışık kaynağının özelliklerine göre doğrultulu, yayınık (doğrultusuz) ve baskın doğrultulu olabilir. Aydınlatılacak olan konunun yüzey özelliklerine göre, uygun doğrultuda ışık yayan aygıtlar seçilmelidir.

Dış aydınlatmada yapıların ayrıntısına girildiğinde çok az yansımış ışıktan söz edilebilir, bu da önemsizdir. Yansımış ışığın olmaması ya da çok az olması nedeniyle yalnızca dolaysız ışıktan, dolayısı ile doğrultulu ışık alanının varlığından söz edilebilir.

Yapı yüzü girinti çıkıntılı ise, bunları algılayabilmek için baskın doğrultulu ışık kullanılmalıdır (Sirel, 1996). Eğer yapı yüzünde hiç bir doku yoksa, bu durumda da aydınlığı olabildiğince düzgün yaymak çoğu zaman uygun olmaktadır. Yapı yüzünün karakterine göre ve etkin enerji kullanımı açısından uygun doğrultuda ışık yayan aygıtlar seçilerek, gereksiz yere boşa giden aydınlık dağılımından kaçınılmalıdır.

### **Gölgelerin Niteliği**

Güneş ışığı ile yapı yüzü üzerinde oluşan gölgelerin niteliği, güneşin konumuna ve hava koşullarına göre sürekli değişir. Güneş ışığının bulunmadığı gece karanlığında ise, eğer dinamik aydınlatma söz konusu değilse, yapı yüzünde oluşturulacak gölgelerin nitelikleri değişmez.

Yapı yüzünü aydınlatan aygıtların büyüklüğü, sayısı ya da yüzeye olan uzaklığına göre sert, yumuşak, saydam veya kara gölge oluşabilir.

Dış aydınlatmalarda ışık kaynakları genelde noktasal karakter taşıdığından, gölgeler serttir. Işık kaynaklarının konumuna göre yapı yüzünde ışık almayan, kara gölgeler oluşabilir. Bu kara gölgeler saydamlaştırılmak istenirse, gölgede kalan alan bir başka ışık kaynağı ile yapı yüzünün genelinde elde edilen aydınlığa oranla çok daha az bir aydınlık elde edilecek biçimde aydınlatılabilir.

### **Aydınlık Düzeyinin Dağılımları**

Aydınlatılacak olan yüzeyin ve konunun özelliğine göre, ya düzgün yayılmış (eşdeğer aydınlık düzeyi) ya da değişik düzeylerde aydınlıklar sağlanarak karışıklıklar oluşturulabilir. Aydınlık düzeyi dağılımında aygıt sayısı ve aygıtların ışık yeğinliği önem kazanır.

Yapı yüzünde önemli bir özellik yoksa, genellikle düzgün yayılmış bir aydınlık oluşturulur. Ama yüzeyin ilgi çekici bir anlatımı varsa, yüzey üzerinde bu karakteri vurgulayacak farklı aydınlık düzeyi dağılımları ya da ışıklılıklar oluşturulmalıdır.

### **3.2.3 Yapım Aşaması**

Tasarımla ilgili temel ilke ve ölçütleri belirlenmiş olan aydınlatmaların uygulamaya yönelik çalışmalarında enerjinin etkin kullanımı için,

- Işık kaynağı seçimi,
- Aydınlatma aygıtları seçimi ve /ya da tasarımı ön planda gelmektedir (Aydın ve Sözen, 2004).

### 3.2.3.1 Işık Kaynakları

Görsel algının gerçekleşebilmesi için ihtiyaç duyulan ışık, günışığının olmadığı ya da görsel algılama için yetersiz olduğu durumlarda yapay ışık kaynaklarından sağlanabilir.

Yapay ışık kaynakları ile oluşturulan aydınlatma düzenleri ile, nicelik ve nitelik bakımından istenilen özellikte aydınlıklar oluşturmak olanaklıdır.

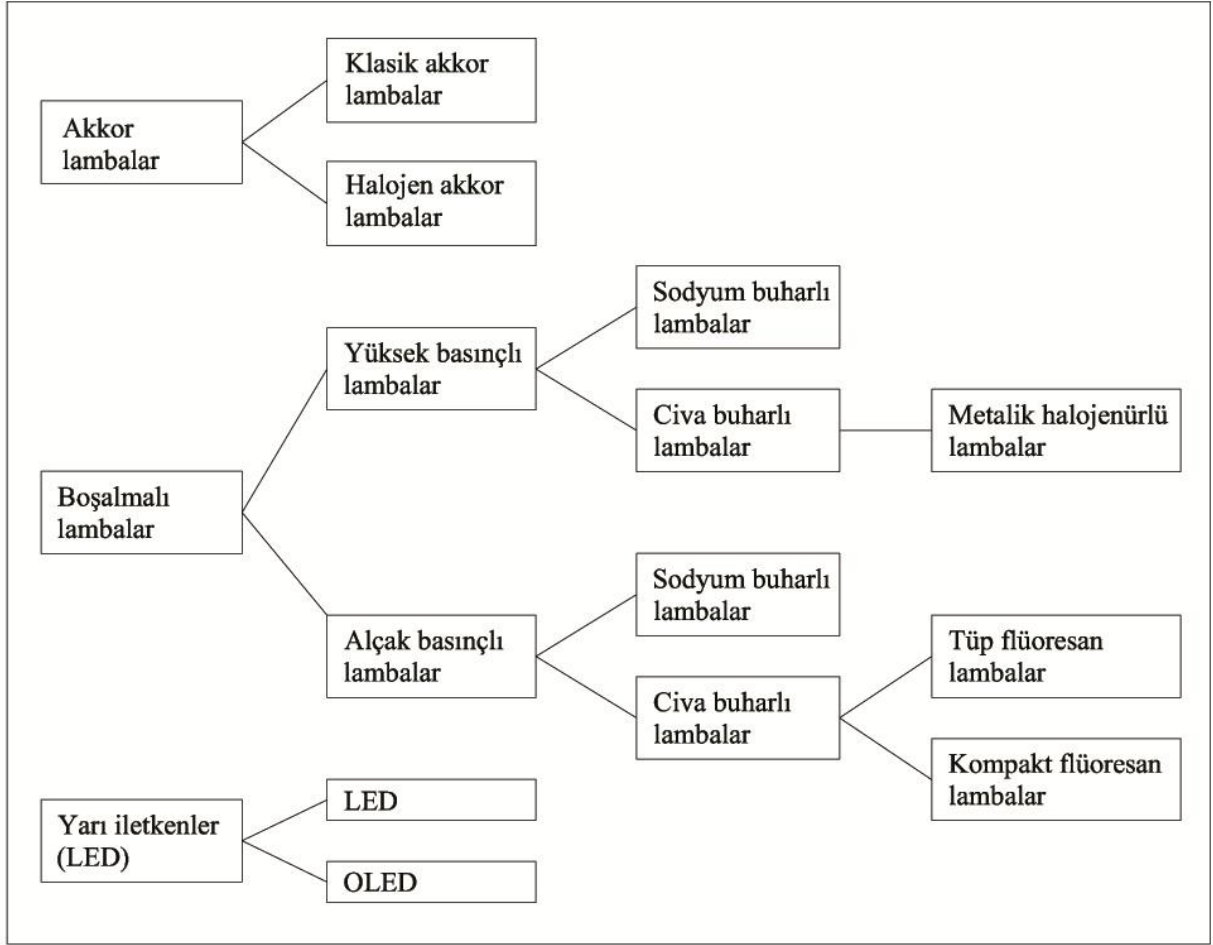
Enerji etkin aydınlatma tasarımının en önemli adımlarından biri, ışık kaynağı seçimi yapılırken ışık verimi yüksek olanların kullanımıdır. Işık verimi, yani harcadığı elektrik enerjisine göre verdiği ışık akısı (lm/W) fazla olan ışık kaynaklarının seçimi ile aynı aydınlık düzeyini elde etmek için harcanan elektrik enerjisi daha düşük olacaktır.

Bunun yanı sıra dış aydınlatmada kullanılan ışık kaynakları, kullanım amacına göre, ışık rengi, ömür, boyut, kullanım kolaylıkları, ilk döşem giderleri, kullanma ve bakım harcamaları, işlevsel ve estetik yönden konunun özelliklerine uygun olması, ortam koşullarına dayanıklılığı vb. etkenler değerlendirilerek seçilmelidir.

Işık kaynağı seçiminde enerji etkin kullanımı yönünden ışık verimi çok önemli olmasına rağmen, kullanılan ışık kaynakları, konuların özelliklerine göre seçilmelidir. Işık verimi yüksek, ömrü uzun, kullanım giderleri ucuz diye konuya uygun olmayan bir ışık kaynağı ile aydınlatma yapılması doğru değildir. Ayrıca ışık kaynaklarının seçiminde dış aydınlatmalarda kullanım uygunluğu yönünden de yaklaşılmaları gerekir.

Enerji kullanımı yönünden birbirinin yerine kullanılabilecek olan değişik ışık kaynakları karşılaştırılıp, en düşük enerji kullanımı ile istenilen etkiyi oluşturulan türün seçilmesi uygun olur.

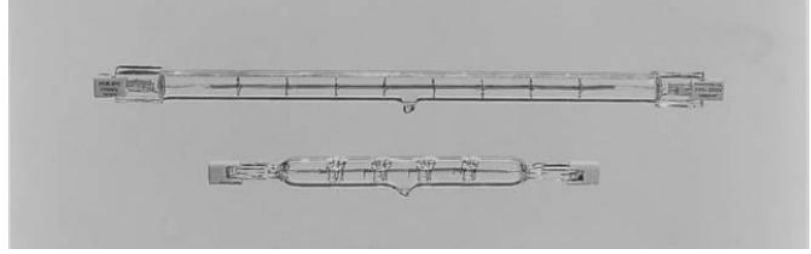
Genel olarak ışık kaynaklarının türleri Şekil 3.12' de gösterilmiştir.



Şekil 3.12 Işık kaynaklarının türleri

### 3.2.3.1.1 Akkor Lambalar

Elektrik enerjinin ampul içindeki teli ısıtarak ısı enerjisi açığa çıkarmasıyla ışık üretilen akkor lambaların renk geriverimi yüksek, ömürleri kısa, verimleri düşüktür. Halojen akkor lambaların klasik akkor lambalara göre ömürleri daha uzun, boyutları daha küçüktür. Akkor lambaların, güçleri yüksek olan çeşitlerinin verimleri, güçleri yüksek olan öteki ışık kaynaklarına göre, düşük olduğundan, açık mekanlarda kullanımları pahalı olmaktadır. Güçleri yüksek olmayan akkor lambalar ise, dış mekanlardaki aydınlık gereksinimini karşılayamamakta, sürdürülebilirlik açısından da uygun değildir (Öztürk, 1992).



Şekil 3.13 Klasik akkor lamba - Çift dipli akkor halojen lamba  
(Philips, 2010)

### 3.2.3.1.2 Boşalmalı Lambalar

Tüp içerisinde bulunan gaz veya metal buharı içinden elektrik akımı geçirilerek ısıma yolu ile ışık üreten lambalardır. Yüksek basınçlı ve alçak basınçlı boşalmalı lambalar olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

#### Yüksek Basınçlı Lambalar

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ışıksal verimleri oldukça yüksek, ömürleri uzun, harcadıkları enerji düşüktür. Sarımsı beyaz ışık rengine sahiptir.

Metalik halojenürlü lambalar, yüksek basınçlı cıva buharlı lambaların renksel geriverimlerinin yükseltilmesi için yapılan çalışmalar sonucu üretilmiştir. Verimleri yüksek, ömürleri uzun, harcadıkları enerji düşüktür. Renk sıcaklıkları sabit olmayıp, ortama ve kullanım süresine göre değişiklik gösterir. Güçleri yüksek olan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar ve metalik halojenürlü lambaların dış aydınlatmada kullanımları yaygındır.



Şekil 3.14 Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba - Metalik halojenürlü lamba  
(Philips, 2010)

### **Alçak Basınçlı Lambalar**

Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların verimi çok yüksek, ömrü uzun, enerji kullanımı düşük ancak renk geriverimi çok düşüktür. Monokromatik sarı renkte ışık üreten bu lambaların gücü oldukça düşüktür.

Alçak basınçlı cıva buharlı lambalar grubunda bulunan flüoresan lambaların tüp içinde kullanılan fosfor cinsine göre renksel geriverim ve ışık verimleri değişir. Durultucu ve başlatıcı ile beraber kullanılır. Akkor lambaların yerine kullanılması için geliştirilen kompakt flüoresan lambalar ise, akkor lambalara göre düşük enerji kullanımı, uzun ömürlü oluşu nedeniyle tercih edilmektedir. Flüoresan lambaların güçleri yüksek olmayıp, dış mekanlardaki aydınlık gereksinimini karşılayamamaktadır. Ancak, yüksek aydınlık düzeyinin gerekli olmadığı park, bahçe gibi yerlerin aydınlatmasında flüoresan lambalara yer verilebilir (Öztürk, 1992).



Şekil 3.15 Alçak basınçlı sodyum lamba - Flüoresan lamba - Kompakt flüoresan lamba  
(Philips, 2010)

Çizelge 3.5 Yapı yüzü aydınlatmasında kullanılan ışık kaynakları  
(Bean, 2004)

| Işık Kaynağı                          | Güç | Işık Akısı | Verim    | Renk Sıcaklığı | Renksel Geriverim | Ömür      |
|---------------------------------------|-----|------------|----------|----------------|-------------------|-----------|
| GLS akkor                             | 60  | 720        | 12 lm/W  | 2700           | 99                | 1000      |
|                                       | 100 | 1300       | 13 lm/W  | 2800           | 99                | 1000      |
|                                       | 200 | 3000       | 15 lm/W  | 2800           | 99                | 1000      |
| Akkor halojen                         | 100 | 1700       | 17 lm/W  | 2850           | 99                | 2000      |
|                                       | 200 | 3500       | 18 lm/W  | 2900           | 99                | 2000      |
| Akkor halojen (düşük gerilim)         | 75  | 1500       | 20 lm/W  | 2900           | 99                | 3000-5000 |
| Halofosfat flüoresan                  | 36  | 2900       | 81 m/W   | 3-6500         | 55                | 10000     |
|                                       | 58  | 4500       | 78 lm/W  | 3-6500         | 55                | 10000     |
| Trifosfat flüoresan                   | 18  | 1400       | 78 lm/W  | 3-6500         | 85                | 16000     |
|                                       | 36  | 3500       | 97 lm/W  | 3-6500         | 85                | 16000     |
|                                       | 58  | 5200       | 90 lm/W  | 3-6500         | 85                | 16000     |
|                                       | 70  | 6500       | 93 lm/W  | 3-6500         | 85                | 16000     |
| Kompakt flüoresan                     | 18  | 1200       | 67 lm/W  | 3-6000         | 85                | 10000     |
|                                       | 26  | 1800       | 69 lm/W  | 3-6000         | 85                | 10000     |
| Metal Halide                          | 70  | 5500       | 79 lm/W  | 4000           | 80                | 9000      |
|                                       | 150 | 11250      | 75 lm/W  | 4000           | 80                | 9000      |
|                                       | 250 | 19000      | 76lm/W   | 4000           | 80                | 9000      |
|                                       | 400 | 45000      | 113 lm/W | 4000           | 70                | 15000     |
| CDM Metal Halide                      | 70  | 6000       | 86 lm/W  | 3000           | 80                | 6000      |
|                                       | 150 | 13000      | 87 lm/W  | 3000           | 85                | 6000      |
| Yüksek Basınçlı Cıva Buharlı          | 50  | 2000       | 40 lm/W  | 3500           | 57                | 12000     |
|                                       | 125 | 6700       | 54 lm/W  | 3400           | 55                | 20000     |
|                                       | 250 | 14200      | 57 lm/W  | 3300           | 57                | 20000     |
| Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı (SON)  | 70  | 6600       | 94 lm/W  | 1950           | 23                | 25000     |
|                                       | 150 | 16500      | 110 lm/W | 1950           | 23                | 25000     |
|                                       | 250 | 32000      | 128 lm/W | 1950           | 23                | 25000     |
| Geliştirilmiş Renksel Geriverimli SON | 150 | 13000      | 87 lm/W  | 2150           | 65                | 14000     |
|                                       | 250 | 23000      | 92 lm/W  | 2150           | 65                | 14000     |
| Alçak Basınçlı Sodyum Buharlı SOX     | 35  | 4600       | 131 lm/W |                |                   | 16000     |
|                                       | 180 | 32000      | 178 lm/W |                |                   | 16000     |

(Tablodaki gri alanlar, yapıların dış aydınlatmasında kullanılan ışık kaynağı türleridir. Son iki satırda verilen lamba türlerinin renksel geriverimi oldukça düşüktür.)

### 3.2.3.1.3 LED'ler (Yarı İletkenler)

Işık yayan diyotlar olarak bilinen LED'ler elektrik enerjisini ışığa çeviren katı hal yarı iletken ışık kaynaklarıdır. Alışlagelmiş lambaların dışında, farklı yollarla ışık elde edebilme çalışmaları sonucunda 1962 yılında kullanılmaya başlayan ve günümüze kadar hızla gelişen LED ışık

kaynakları (Şekil 3.16), elektriğin kristal bir kütle içinden geçmesi sonucu ışık üretirler. Kızılaltı ve morüstü ışınım üretmemeleri, ısı taşımaması, verimlerini yüksek olması, ömürlerinin uzun olması, temel renklerinin karışımları ile istenilen renkte ışık elde edilebilmesi gibi birçok yönden alışılacelmiş lambalara göre avantaj sağlamaktadır (Aydın ve Sözen, 2004).

OLED, yani Organik LED, bir anot ve bir katot arasında sandviç edilmiş çok tabakalı ve ışık yayabilen organik bir yapıdır. Organik LED'ler inorganik LED'lere göre daha az ışık yaymaktadır. OLED'ler sayesinde, ilk defa gerçek düzlemsel aydınlatma elemanları oluşturmak mümkün olmaktadır. OLED'ler, yakın gelecekte, daha geniş alan ve homojen dağılmış iç mekan aydınlatması istenilen mekanlarda, ışık tavanları, duvarları ve tabanları oluşturma ve mekanı belirginleştirici nitelikte aydınlatma uygulamalarına olanak sağlayacaktır. (LED Magazine, 2009).

### **LED'lerin Diğer Işık Kaynakları İle Karşılaştırılması**

- LED'lerin düşük gerilimli halojen lambaya göre temel avantajı kızılaltı ve morüstü ışınimleri yaymaması, ısı açığa çıkarmaması ve veriminin oldukça yüksek olmasıdır.
- LED'lerin flüoresan lambalara göre, ağır metal içermeyip çevre dostu aydınlatma olması ve uzun bakım aralıkları dışında avantajları biraz daha azdır.

Diğer avantajları ise doymuş renkler, düşük sıcaklıklarda en uygun çalışma, darbe ve sarsıntıya karşı dirençli olmasıdır.

- LED'lerin enerji ışık verimi bugün için aşağıda sıralanan lamba teknolojilerine göre daha düşüktür.

|                                    |               |
|------------------------------------|---------------|
| Flüoresan lamba                    | 80 -100 lm/W  |
| Yüksek basınçlı halojen lamba      | 90 -100 lm/W  |
| Yüksek basınç sodyum buharlı lamba | 100 -120 lm/W |
| LED                                | 40 - 80 lm/W  |

Flüoresan lambalarla yüzeysel olarak bir karşılaştırma yapıldığında, LED'ler lümen/W hesabı yapıldığında aydınlık verimi oransal olarak az avantaj sağlar. Ancak yararlı ışığın bileşenlerini dikkate aldığımızda LED'in avantajları oldukça açık bir şekilde görülmektedir.

- LED'ler dış ortam koşullarından etkilenmeden (-40 ile +80C) sıcaklıklarda çalışabilir, fiziksel darbe ve titreşimlere, neme ve suya dayanıklıdır. Ancak yüksek sıcaklıklı ortamlarda kullanımı pek uygun değildir. Işıklılık değişimi ve kullanım ömrü olumsuz olarak etkilenir.

Yüksek verimli LED'lerin gövdesi oldukça ısınır. LED'lerin kullanım ömrünün 50.000 saat olduğunu temin etmek için gövdesinin etkili biçimde soğutulması gerekir. LED'lerin ortalama 25 °C sıcaklığındaki ortamlar için kullanımı uygundur. Direkt gelen güneş ışığı veya cephe üzerinde kullanılan aydınlatmalar için bu sıcaklığın üzerinde değerler oluşabilir. Ancak, aydınlatma aygıtları, sıcaklığın yüksek olduğu gün içerisinde yakılmadığı takdirde, yüksek sıcaklık LED'lere zarar vermez.

- LED'ler ortalama 50.000 saat olan kullanım ömürleriyle akkor, halojen spot, flüoresan lambalara göre oldukça üstündür. Bu tür lambaların kullanıldığı yerlerde çok çabuk bozulmaları ve yaydıkları ısı LED kullanımını arttırmaktadır (LED Magazin, 2009).



Şekil 3.16 LED ışık kaynakları  
LED modül sistemi - LED string sistemi  
(Philips, 2010)

### **LED'lerin Yapı Yüzünde Kullanımı**

LED'lerin birçok avantajından dolayı yapı yüzü aydınlatmasında oldukça sık tercih edilmektedir. Yaratıcı, değişken ortamlar oluşturma imkanı vererek, dış mekan dekoratif aydınlatmasında mimari tasarımın güzelliğini vurgulayan çözümler sunmaktadır. LED'lerin loşlaştırılması, çeşitli

renk ve ışık oyunları ve bunlarla ilgili çeşitli senaryoların kurgulanarak çalıştırılması ve kontrol edilmesi mümkündür. Örneğin hava durumu ve mevsime göre veya özel bayram, festival gibi günlerde değişik aydınlatmalar yapılmasına olanak verir (Philips, 2009).

LED'lerin aydınlatma aygıtı olarak kullanılmaya başlamasıyla, bina cephelerinin vurgulanması, ortaya çıkarılması, cephelerde kullanılan tuğla, taş, ahşap gibi malzemelerin dokusunun görünürlüklerinin sağlanması, pencere pervazları, saçak gibi cephe elemanlarının vurgulanması vb. daha önce mümkün olmayan bir etkiyle yapılmaya olanak sağlamaktadır (Laganier, 2004).

Hem aydınlatma tasarımında istenilen etkiyi sağlaması yönünden, hem de sürdürülebilirlik açısından olumlu LED'li yapı yüzü aydınlatmaları, geleceğin aydınlatması olarak görülmekte olup, günümüzde de kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır.

### 3.2.3.2 Aydınlatma Aygıtları

Aydınlatma aygıtları, bir ışık kaynağından çıkan ışığın dağılımını, nicelik ve niteliğini istenilen aydınlatma tekniğine göre değiştirmek, ışık kaynağını gözden gizlemek, ışık kaynağının görünen ışıklılığını azaltmak, ışık kaynağını dış etkilere korumak ve ışık kaynağına elektrik bağlantısı sağlamak amacıyla kullanılır.

Enerji etkin aydınlatma tasarımının en önemli adımlarından biri de, aydınlatma aygıtı seçiminde geriverimi yüksek olanların kullanılmasıdır. Aygıttan çıkan ve çevreye yayılan ışığın, o ışıklık içindeki ışık kaynağından çıkan ışığa oranına aygıt geriverimi denir. Geriveriminin yüksek olmasının yanı sıra dış aydınlatmada kullanılacak aydınlatma aygıtlarının seçiminde, ışık yeğinlik diyagramı ve aydınlık düzeyi dağılımının aydınlatılacak olan konuya uygun olması, dış ortam koşullarına uygun olması, kullanımı kolay, ilk yatırım, bakım ve onarım giderlerinin düşük olması gibi ölçütler de doğru ve enerji korunumlu bir aydınlatma oluşturabilmek için değerlendirilmelidir.

Dış aydınlatmalarda kullanılan aygıtlar, yağmur, kar, nem, rüzgar gibi etkenlerle paslanıp çürüme ve bozulma yanı sıra, hızlı tozlanma ve ayrıca insanların yarattığı vandalizm tehlikesiyle sürekli karşı karşıyadır. Bu yüzden seçilen aygıtın bu etkilere karşı olabildiğince dayanıklı olmasında fayda vardır (Şekil 3.17 ve Şekil 3.18).



Şekil 3.17 Aydınlatma aygıtlarına örnekler  
(Philips, 2010)



Şekil 3.18 LED Aydınlatma aygıtlarına örnekler  
(Philips, 2010)

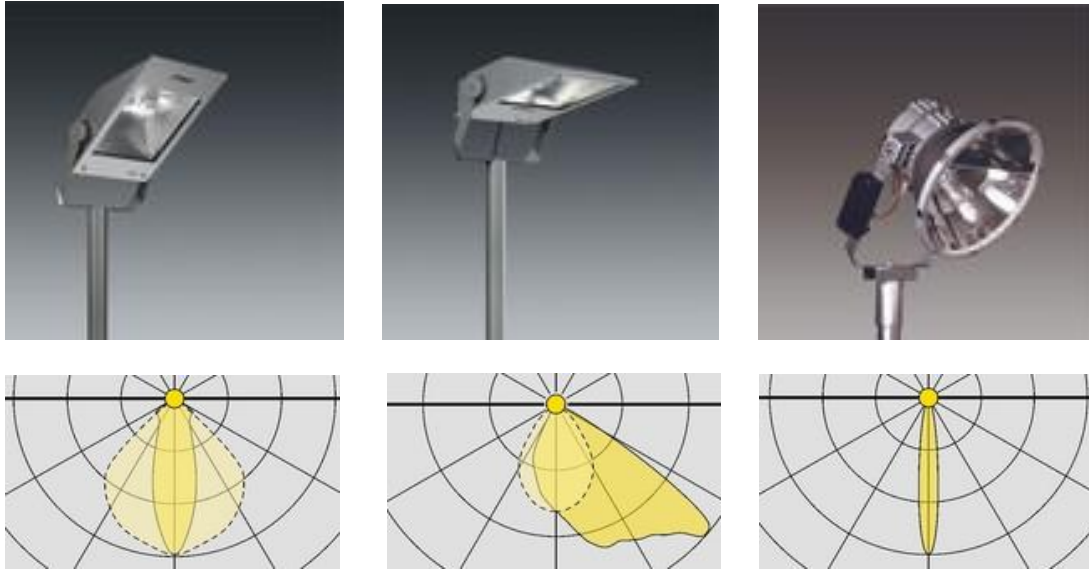
Aydınlatma aygıtından çıkan ışığın niceliğinin ya da renksel niteliğinin değiştirilmesi ve ışık kaynaklarının içerdiği bazı dalga boylarındaki zararlı ışınımın yayılmasının önlenmesi amacı ile değişik süzgeçler kullanılabilir. Işık niceliğini azaltan veya bazı dalga boylarındaki ışınımın geçişini engelleyen süzgeçler, enerjinin boşa harcanmasına sebep olduğundan enerji etkin aydınlatma konusuna ters düşmektedir. Doğru aydınlatma sistemi, enerji harcamasını minimum tutarak, aydınlatma aygıtlarının doğru seçimi, aydınlık düzeyinin gereksinim duyulduğu ölçüde tutulması, verimi yüksek ışık kaynakları ve geriverimi yüksek aydınlatma aygıtlarının kullanılmasıyla oluşturulur.

Bir aydınlatma aygıtının ışık yeğniliğinin uzaysal dağılımı aydınlatılacak olan konuya uygun seçilmeli, ışığın istenmeyen doğrultulara gitmesi önlenmelidir. Bu hem enerji kaybına neden olmamak için hem de konu dışına giden ışıkların kamaşmaya neden olmasının önlenmesi, ışık kirliliğine neden olmamak ve gökyüzünde istenmeyen bir parlama oluşarak astronomik gözlemlerin güçleşmesi veya engellenmesine sebep olmamak için gereklidir. Aydınlatma aygıtlarından çıkan ışık akısının aydınlatılacak konu üzerine yönlendirilmesinde, ekran olarak adlandırılan ve ışık kaynaklarının belirlenmiş bir açı altında görülmesini önlemek üzere konumlandırılmış elemanlar kullanılmasında fayda vardır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 Aygıttan çıkan ışık akısının yönlendirilmesi  
(Philips, 2010)

Yapı yüzü aydınlatmasında kullanılan projektörler yansıtıcı tiplerine göre simetrik, asimetrik ve döneel projektörler olarak sınıflandırılırlar (Şekil 3.20).

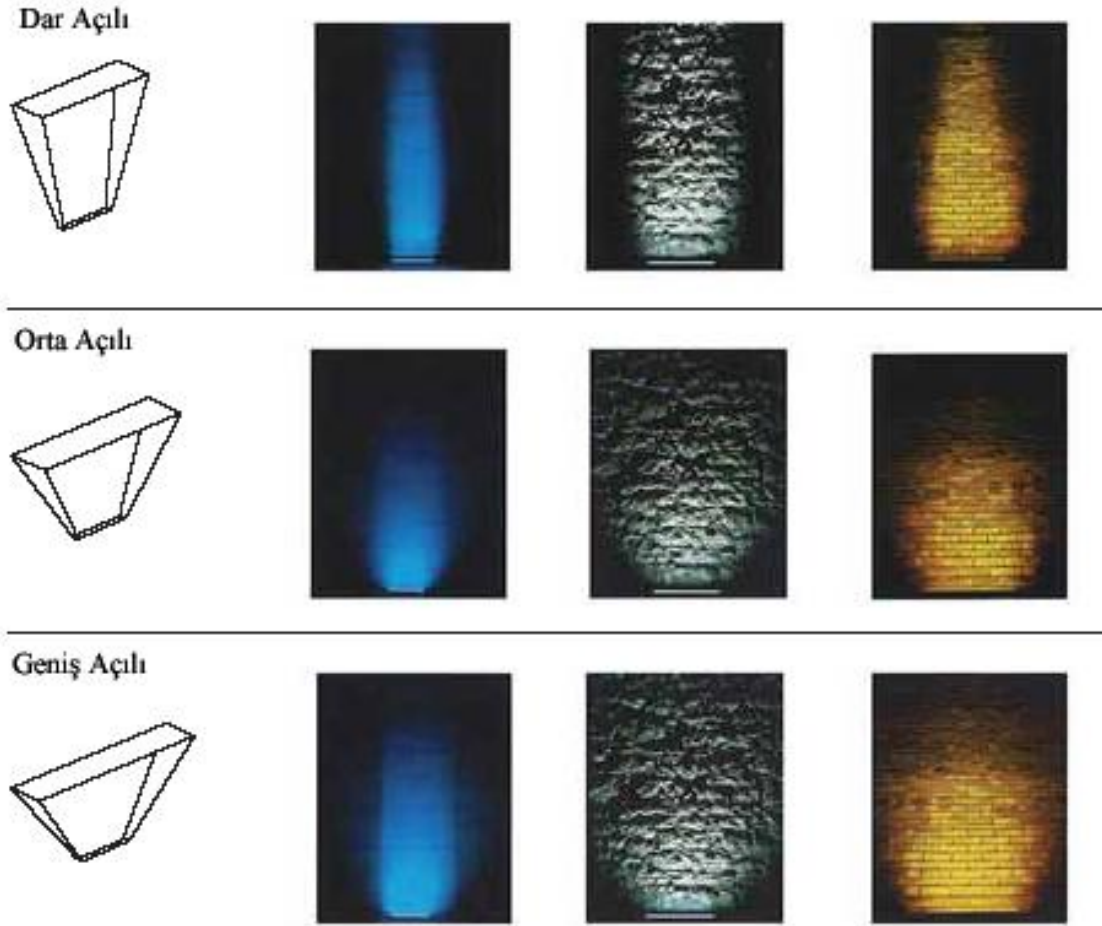


Şekil 3.20 Simetrik Projektör - Asimetrik Projektör - Döneel Projektör  
(Siteco, 2010)

Simetrik projektörler genellikle geniş alanlı yüzeylerin aydınlatılmasında, asimetrik projektörler genellikle aydınlatılacak olan konunun özelliğine göre simetriğe göre daha sınırlı bir alanın

aydınlatılmasında ve aygıtın eksenine göre baskın olarak tek taraflı bir aydınlık oluşturmak istenilen yerlerde kullanılır. Dönel projektörler ise baskın doğrultulu bir aydınlık oluşturmak istenilen yerlerde kullanılır.

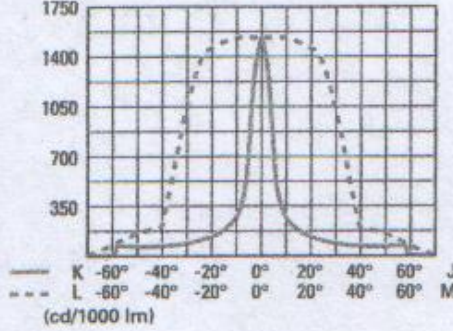
Yapı yüzünde istediğimiz yüzey alanı büyüklüğünde aydınlık oluşturmak için dar, orta ve geniş açılı projektörler aydınlatma konusuna uygun olarak seçilir (Şekil 3.21 ve Şekil 3.22). Genellikle düzgün yayılmış bir aydınlatma istenilen yüzeyler için, alçak yapılarda geniş açılı projektörlerin, yüksek yapılarda dar ve orta açılı projektörlerin kullanılmasının uygun olmaktadır.



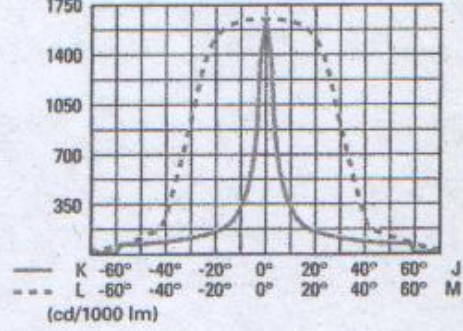
Şekil 3.21 Dar, orta ve geniş açılı projektörler  
(Philips, 2010)

**HPI-T 400W****MVF 617-N****1 x HPI-T 400W**

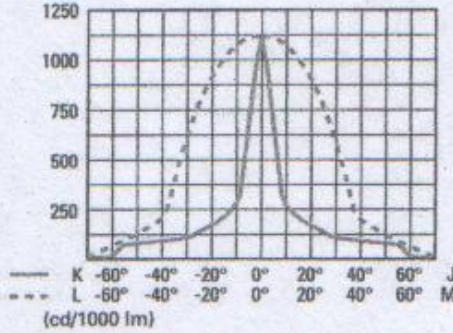
$\frac{1}{2} I_{max}$  ———  $-4^\circ/4^\circ$  1 x 30.500 lm  
 - - -  $-32^\circ/32^\circ$  L.O.R. = 0.69

 $I_{max} = 1533 \text{ cd/1000 lm, } 0^\circ$ **SON-T PLUS 400W****SVF 617-N****1 x SON-T PLUS 400W**

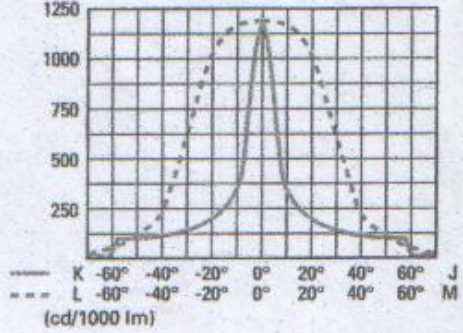
$\frac{1}{2} I_{max}$  ———  $-4^\circ/4^\circ$  1 x 55.000 lm  
 - - -  $-31^\circ/31^\circ$  L.O.R. = 0.72

 $I_{max} = 1656 \text{ cd/1000 lm, } 0^\circ$ **MVF 617-M****1 x HPI-T 400W**

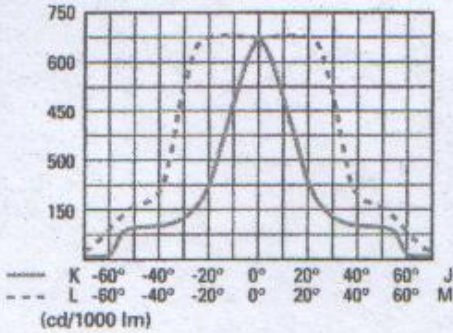
$\frac{1}{2} I_{max}$  ———  $-5^\circ/5^\circ$  1 x 30.500 lm  
 - - -  $-30^\circ/30^\circ$  L.O.R. = 0.65

 $I_{max} = 1126 \text{ cd/1000 lm, } 0^\circ$ **SVF 617-M****1 x SON-T PLUS 400W**

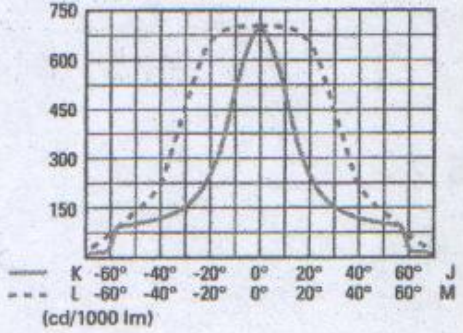
$\frac{1}{2} I_{max}$  ———  $-6^\circ/6^\circ$  1 x 55.000 lm  
 - - -  $-30^\circ/30^\circ$  L.O.R. = 0.71

 $I_{max} = 1206 \text{ cd/1000 lm, } 0^\circ$ **MVF 617-W****1 x HPI-T 400W**

$\frac{1}{2} I_{max}$  ———  $-15^\circ/15^\circ$  1 x 30.500 lm  
 - - -  $-34^\circ/34^\circ$  L.O.R. = 0.69

 $I_{max} = 671 \text{ cd/1000 lm, } 0^\circ$ **SVF 617-W****1 x SON-T PLUS 400W**

$\frac{1}{2} I_{max}$  ———  $-15^\circ/15^\circ$  1 x 55.000 lm  
 - - -  $-34^\circ/34^\circ$  L.O.R. = 0.70

 $I_{max} = 704 \text{ cd/1000 lm, } 0^\circ$ 

Şekil 3.22 Dar, orta ve geniş açılı projektörlerin ışık dağılım diyagramları (Philips, 2010)

Kullanılan projektörün aydınlatmak istenilen öğeye uygun seçilmesi, boşa giden ışığın en aza indirilmesini sağlaması nedeniyle, harcanan toplam güçte önemli bir tasarruf sağlar.

Aydınlatma aygıtları ile ilgili tüm anlatılanlarla birlikte, yaydığı ışınımınla yapı gereğine zarar vermeyen, içindeki ışık kaynağının yaydığı ışığın kamaşmaya neden olmaması, dikkatle üzerinde durulması gereken konulardır.

### 3.2.4 Aydınlatma Aygıtlarının Yerleşimi

Yapı yüzünde istenen etkiyi oluşturabilmek için aydınlatma aygıtlarının yerleri özenle belirlenmelidir. Etkili bir aydınlatma için aydınlatma aygıtları ve ışık kaynakları gözden gizlenmelidir.

Yapının dışarıdan aydınlatılması çevresindeki uygun yerlerden yapılabilir.

Örneğin,

- dolaşımın çok olmadığı yerlerde zemine, varsa uygun çiçek ya da çalılar arasına,
- yapı ile yapıyı izleyen insanlar arasında bulunan ağaç, yontu ve benzeri gibi engellerin arkasına,
- yakın çevredeki yapıların çatılarına,
- aygıtların yerleştirilmesine olanak veren mevcut ya da yeni konulan direklere

yerleştirilebilirler (Öztürk, 1992).

Yapı yüzlerinin aydınlatılmasında kullanılacak aygıt ve ışık kaynaklarının, istenilen anlam ve etkiyi oluşturabilmek için, konumları ve uzaklıkları iyice etüt edilmeli, bakım ve onarımın kolaylıkla yapılabileceği, kamaşmaya sebep olmayacak noktalara yerleştirilmesine dikkat edilmelidir. Eğer yapı anayol boyunca yer alıyorsa, aydınlatmanın trafiğe engel olmaması için önlem alınmalıdır. Aygıtlar taşıt ve sürücülerden gizlenerek, kamaşma oluşması önlenmelidir. Aynı durum yayalar için de geçerlidir.

#### 3.2.4.1 Yapıların Geometrik Biçimleri

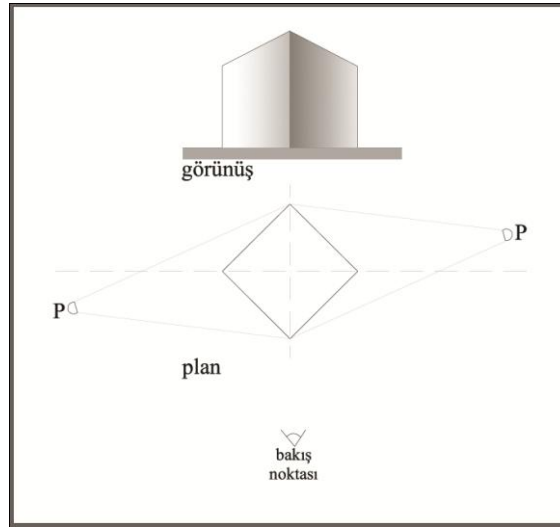
Yapılar geometrik biçimleri açısından;

- kare ve dikdörtgen planlı,
- silindirselsel ya da

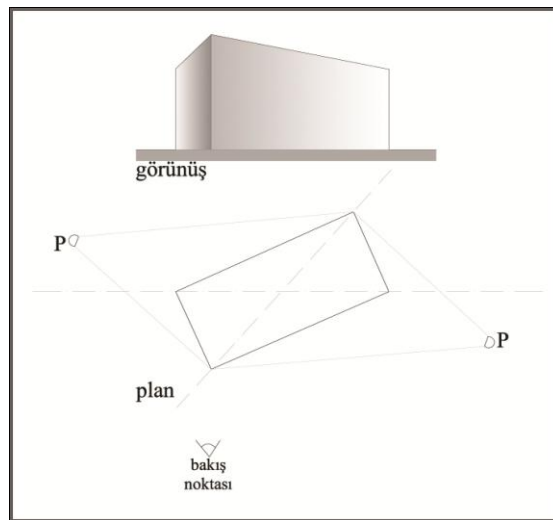
- değişik biçimlenişte olan

yapılar olarak gruplanabilirler.

Kare ve dikdörtgen planlı yapılarda, yapıya bakış doğrultusuna bağlı olarak görme alanı içine giren, bitişik iki yüzünde ışıklılık ayrımı sağlayabilmek için, önce yapının planı üzerinde köşegenler çizilir. Aydınlatma aygıtları (P) da, yapının daha önemli olan yüzünün ışıklılığının, yapının öteki yüzünün ışıklılığından daha yüksek olmasını sağlayacak biçimde köşegenlerin dışına yerleştirilir (Şekil 3.23 ve Şekil 3.24).

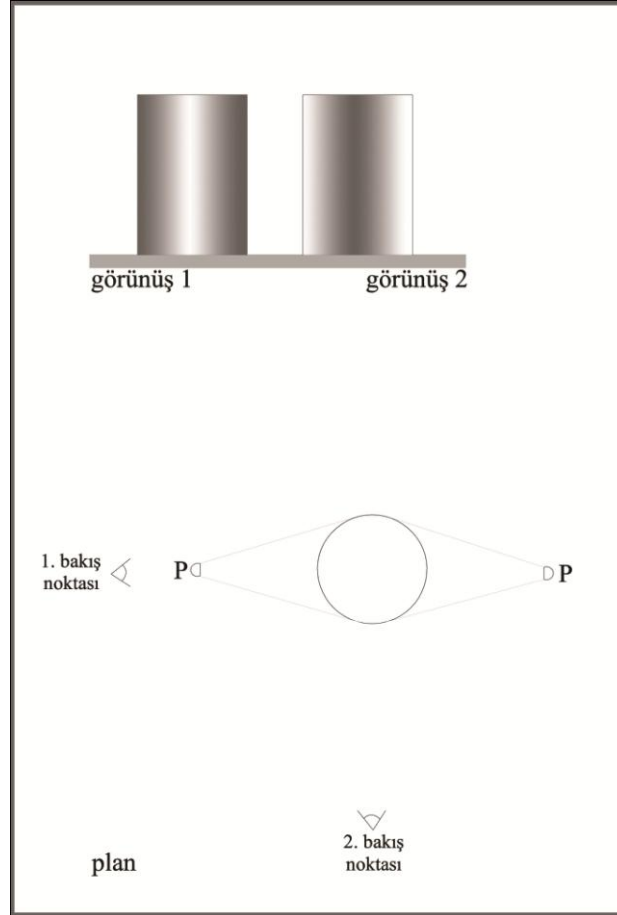


Şekil 3.23 Kare planlı yapıda aydınlatma  
(CIE 94, 1993)

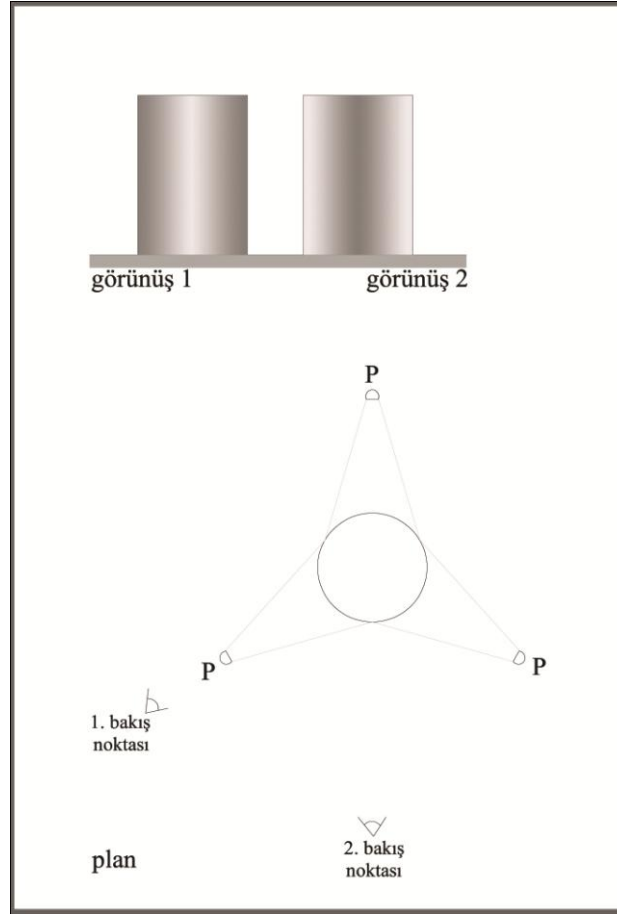


Şekil 3.24 Dikdörtgen planlı yapıda aydınlatma  
(CIE 94, 1993)

Silindir biçimindeki yapıları, eşit güçteki eşit aralıklarla iki yönde yerleştirilmiş aydınlatma aygıtları (P) ile aydınlatmak (Şekil 3.25), yapı yüzünde karşıtlık oranı büyük olan ışıklılık farkları oluşturur ve silindrsel biçiminin algılanmasının sağlar, ancak karşıtlık oranının belli sınırlar içinde olması gerekir. Bu tür yapılarda, yapı yüzünde istenilen ışıklılık farkları oluşturabilmek için güçleri eşit olan ve eşit açı aralıkları ( $120^\circ$ ) ile üç yönde yerleştirilen ışık kaynakları (P) kullanılması ile daha etkili bir görünüm oluşur (Şekil 3.26).

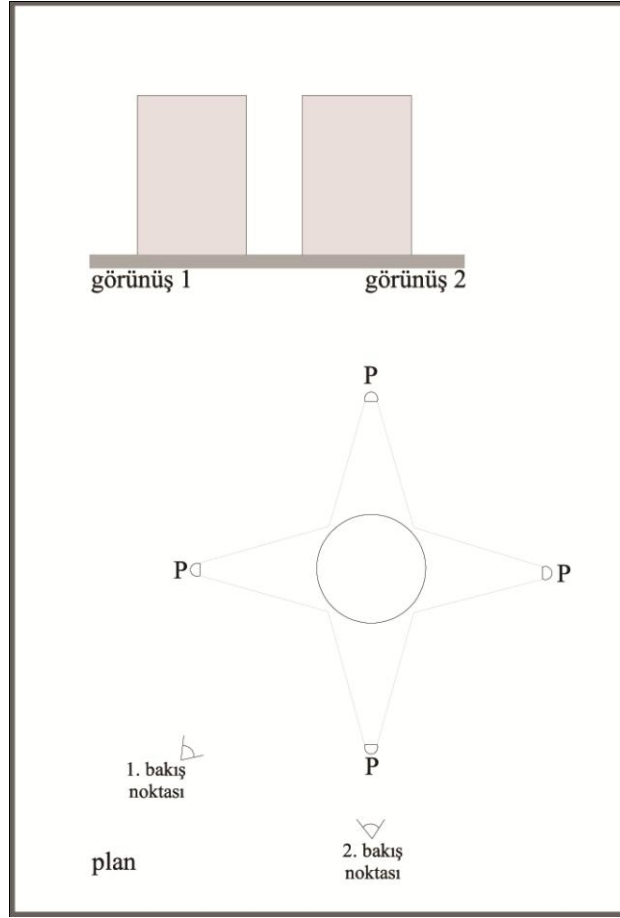


Şekil 3.25 Silindir biçiminde yapının iki yönden aydınlatması  
(CIE 94, 1993)

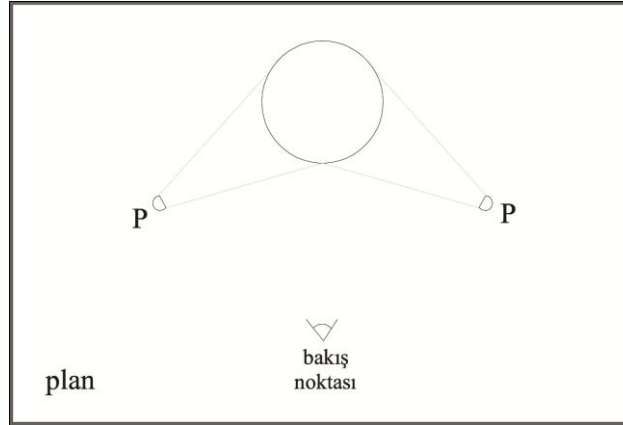


Şekil 3.26 Silindir biçiminde yapının üç yönden aydınlatması  
(CIE 94, 1993)

Yapının güçleri eşit olan ve eşit açılı aralıkları ile dört yönde yerleştirilmiş aydınlatma aygıtları (P) ile aydınlatılması durumunda (Şekil 3.27), yapı yüzünün tüm noktalarındaki ışıklılık aynı olacağından, bu tür aydınlatma gerekli ise, güçleri eşit olmayan ışık kaynakları seçilmelidir.



Şekil 3.27 Silindir biçiminde yapının dört yönden aydınlatması  
(CIE 94, 1993)



Şekil 3.28 Silindir biçiminde yapının iki yönden aydınlatması  
(CIE 94, 1993)

Silindirsel yapının, görme alanı içine giren yüzleri sınırlı ise, iki yönden aydınlatılması yeterli olur (Şekil 3.28).

Değişik biçimli yapılarda da, yukarıda anlatılmış olan genel kurallar geçerlidir. Aydınlatma aygıtları, yapının plan üzerinde saptanmış olan en önemli yüzünün ışıklılığı, yapının öteki yüzlerinin ışıklılığından daha yüksek olacak biçimde yerleştirilmelidir.

Yapıların geometrik biçimlerinin ve vurgulanmak istenilen özelliklerinin algılanmasını sağlamak için aydınlatma aygıtlarının yerleştirilmesi gereken yerler bu şekilde özetlenebilir.

### **3.2.4.2 Yapıların Dış Mimari Biçimlenişi (Cephe - Çatı Özellikleri)**

Bir yapının dış mimarisi, yapının işlevi ve mimari anlatımı konusunda belirleyici rol oynar. Bir yapı yüzü aydınlatması yapının işlevine bağlı olarak ortaya çıkan mimari özellikleri vurgulamalı ve mimari anlatımı güçlendirmelidir.

#### **3.2.4.2.1 Cephe Özellikleri**

Yapıların dış yüzeylerinin mimari biçimlenişi cephe özellikleri bakımından,

- düz yapı yüzleri,
- girintili çıkıntılı yapı yüzleri ve
- yatay ya da düşey çizgili yapı yüzleri

olarak gruplanabilir.

#### **Düz Yapı Yüzleri**

Düz yapı yüzleri gereçsel nitelikleri açısından,

- penceresiz (dolu) cepheler,
- pencereli (dolu-cam) cepheler ve
- cam cepheler

olarak üç ayrı bölümde toplanabilir.

Pencereleri olmayan düz yapı yüzleri, düzgün yayılmış bir aydınlık ile aydınlatılabileceği gibi, yapı yüzünde ışık gölge efektleriyle, cephe önünde bulunan bir başka yapı, ağaç vb. gibi nesnelerin silueti çıkartılarak ya da farklı desenler yansıtılarak görünürlük sağlanabilir. Bu görüntülere renk ve devinim de katılarak teknik ve estetik yönden ilginç görüntüler oluşturulabilir (Sözen, 2006) (Şekil 3.29).



Şekil 3.29 Penceresiz cephelerde aydınlatmalar

Yapı yüzünde, anlamlı bir biçimde düzenlenmiş olan ve yapının mimari anlatımını güçlendiren pencerelerin (cam bölümlerin) olması durumunda, yapı yüzünün dolu alanları ile cam bölümler arasında ışıklılık karışıklıkları oluşturarak yapı yüzünde değişik görünümler oluşturulabilir. Ayrıca yapının konturları ve kimi mimari özelliklerini ortaya çıkartan çizgisel ışıklarla yapının görünürlüğü ortaya çıkartılabilir. Yapıların türlü özelliklerine göre bu seçenekler arttırılabilir (Sözen, 2006).

Yapı yüzünün dıştan aydınlatılması durumunda, cam yüzeyler, ışıklılığı çok düşük yüzeyler olarak algılanırlar. Aydınlatılmış düz bir yapı yüzü üzerindeki karanlık pencereler oldukça ilginç ve çekici görünebilir. Dıştan aydınlatılacak bir yapı yüzünün ışıklılığı, yapı çevresinin ışıklılığı göz önünde bulundurularak saptanır. Yapı yüzü ışıklılığının, yapının özelliklerine ve çevre ışıklılığına göre yüksek tutulması durumunda, karanlık cam bölümler ile yapı yüzü arasında yüksek ışıklılık karıştı oluşabilir. Ayrıca bu tür yapı yüzü aydınlatmasında, hacmin tavan yüzeyinin yüksek ışıklılığı ya da tavanda yer alan ışıklılığı yüksek ışık kaynakları ve aydınlatma aygıtları dışarıdan istenmeyen bir görüntüye sebep olabilir. Bu durumları önlemek için cam bölümler, donuk ve geçirime çarpanı büyük olan perde, stor, jaluzi gibi elemanlar ile örtülmelidir. Böylece, hacim içindeki ışığın dışarıya geçmesi sağlanmış ve aynı zamanda hacmin içinin dışarıdan görünmesi önlenmiş olur.

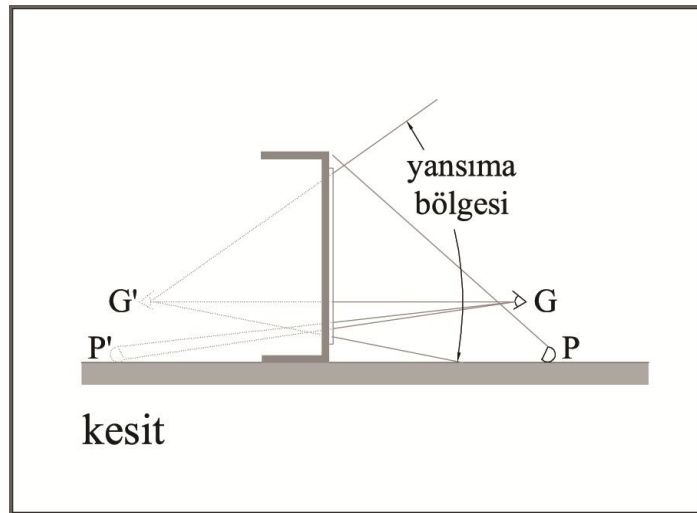
Yapı yüzünün bütününün ya da bütününe yakın bir bölümünün daha çok yeni teknolojiler uygulanarak cam yüzeylerden oluşması durumunda, yapı yüzünün görünmesi, yapının mimari özelliklerine ve cephe oluşumlarına göre yüzeylerden ışık yansıtılarak ve/veya geçirilerek sağlanabilir.

Bu tür cam cepheli yapılarda görünürlük, yapı içi aydınlatmalarının dışarıdan algılanmasıyla sağlanabilir. Yapı yüzünün algılanabilmesi için, cam yüzeylerin arkasındaki yüzeylerin görünür duruma gelmesi, bunun için de hacim içinde yeterli bir aydınlığın oluşturulması gereklidir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30 Cam cepheli yapıda, yapı içerisindeki aydınlatmayla görünürlük sağlanması

Cam kaplı yapılar parlak yüzeyleriyle ayna etkisi yaptıklarından, karşıdan projektörlerle aydınlatılmaları durumunda, ışık kaynaklarının (P) göze (G) gelmesi söz konusu olabilir (Şekil 3.31). Bu da yapıyı izleyen kişiyi rahatsız eder. Bu tür yapılar için ışık kaynağının yapıya olan uzaklığı, ışık kaynağının doğrultusu ve yapının gözleendiği uzaklık, iyi etüt edilerek önlemler alınmalıdır.



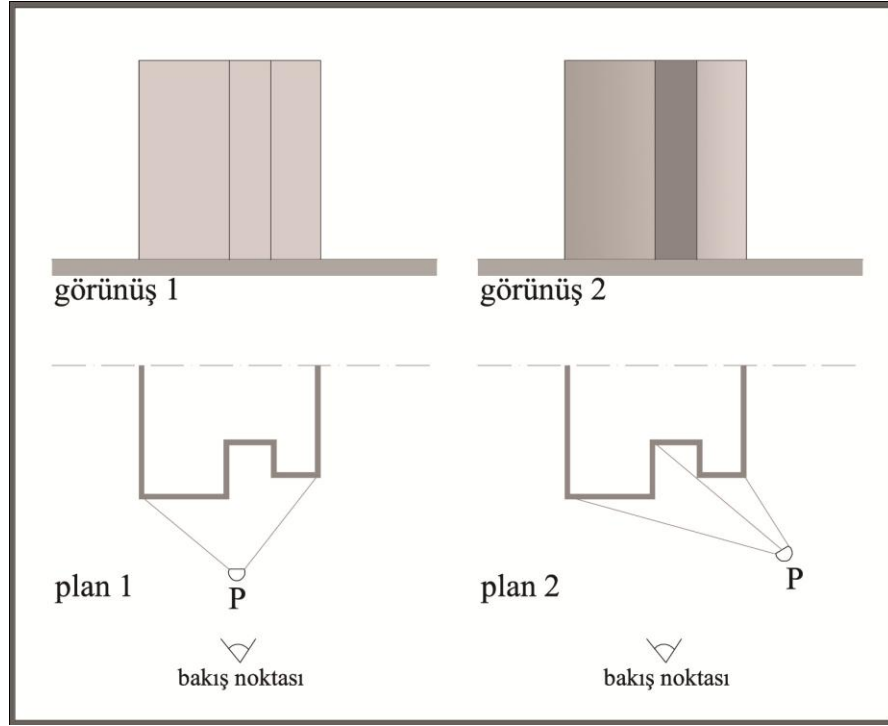
Şekil 3.31 Parlak yüzeylerde aynalaşma

### **Girinti-Çıkıntılı Yapı Yüzleri**

Girinti-çıkıntılı bir yapı yüzünün aydınlatmasında, amaçlanan anlam ve etkinin elde edilebilmesi için, yapı yüzünün hangi bölümlerinin vurgulanması gerektiğine karar verilmelidir. Gözlem uzaklığına göre yapının hangi detaylarının görülebileceği saptanmalıdır. O uzaklıktan ayırt edilemeyecek detaylar gereksiz yere vurgulanmamalıdır. Bu belirlemelerden sonra, yapı yüzünde, girinti ve çıkıntıları, vurgulanması istenen bölümleri ortaya çıkartacak biçimde, ışıklılık karşıtlıkları yaratılmalıdır. Oluşturulan ışıklılık karşıtlıklarının, ışıklılık karmaşasına neden olmaması için, genelde, üç ayrı ışıklılık değerinin kullanılması belli bir anlam ve etkinin elde edilebilmesi için yeterlidir. Ancak, yapıda, giriş, amblem ve benzeri gibi dikkat çekmesi istenen bölgelerin bulunması durumunda, ötekilerden daha yüksek düzeyde dördüncü bir ışıklılık değerinin kullanılması uygun olur (Ünver-Öztürk, 1992).

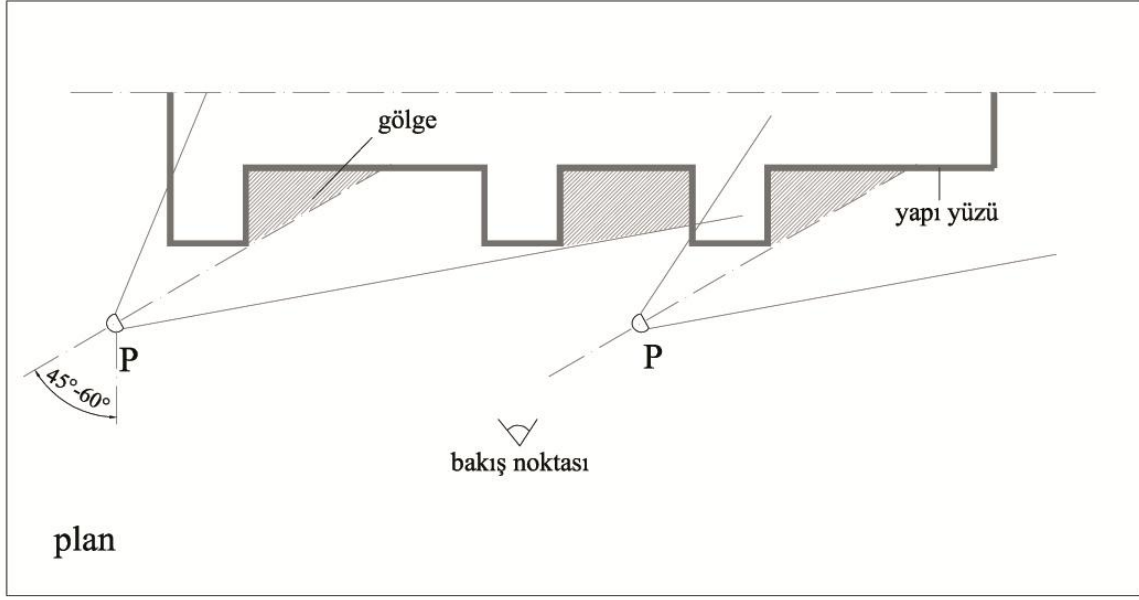
Yapı yüzünde oluşturulan ışıklılık karşıtlıklarının anlamlı ve iyi algılanabilir olması için, ışıklılıklar, birbirinin en az üç katı olacak biçimde düzenlenmelidir. Örneğin yüzeyler sırasıyla 1, 3, 9, 27 cd/ m<sup>2</sup> gibi değerler taşınmalıdır (Ünver-Öztürk, 1992).

Düşey girinti ve çıkıntısı olan yapı yüzlerinin dışarıdan projektörlerle aydınlatılması durumunda, istenilen gölge oluşumunu sağlamak için, projektörler (P), gözlemcinin bakış doğrultusuna göre farklı bir doğrultuda, girinti ve/veya çıkıntının sağında veya solunda yer almalıdır. Bu durumda girintiler gölgede kalacağından kolaylıkla algılanması sağlanır (Şekil 3.32).

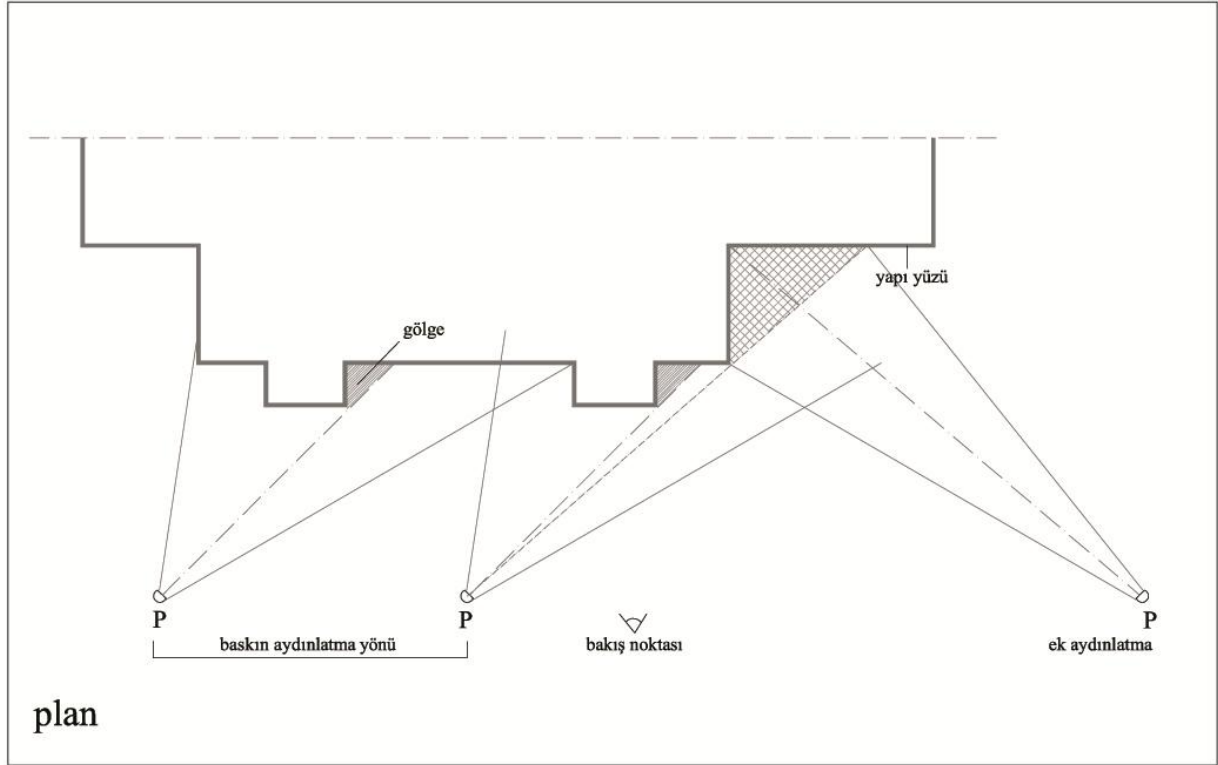


Şekil 3.32 Girinti-çukurluklu yapılarda projektörlerin konumu

Işığın büyük bir bölümünün tek bir yönden gelmesi, genellikle dikkat çekici bir etki yaratır. Bakış doğrultusu ile ışığın geldiği doğrultu arasındaki açı büyüdükçe, oluşturulan etki daha güçlü ve dikkat çekici olacaktır. Bu açı  $45^{\circ}$ - $60^{\circ}$  olduğunda olumlu bir etki oluşur (Şekil 3.33). Açının büyümesiyle birlikte yapının bakan kişiye dönük olan yüzeyindeki aydınlık düzeyi hızla düşerken, aydınlatma aygıtlarının bulunduğu yöndeki aydınlık düzeyi arasındaki karşıtlık oranı da hızla artar. Aydınlatma aygıtlarının yerleştirildiği baskın ışık doğrultusunun karşı yönünden biraz ışık gelmesi, zaman zaman istenilen bir durumdur (Şekil 3.34). Genelde bu aydınlığın iyice yayımlık olup, düzeyi baskın doğrultudan gelen aydınlık düzeyinin  $1/10$ 'unu aşmamalıdır. Işığın iki doğrultulu olması durumunda karşıtlık oranları az ya da çok iki rengin kullanımı da düşünülebilir (CIE 94, 1993 ve Sözen, 2000).



Şekil 3.33 Bakış noktası-ışık doğrultusu arasındaki ilişki  
(CIE 94, 1993)



Şekil 3.34 Baskın aydınlatmanın oluşturduğu kara gölgeyi aydınlatma  
(CIE 94, 1993)

Yatayda giden çıkmaları olan yapılarda, çıkma bölümler diğer bölümlere gölge atacak şekilde bir aydınlatılma oluşturulmalı, projektörlerin düşey ekseninde yönlendirme açıları da buna göre

oluşturulmalıdır.

Projektörlerin yönlendirme açıları değiştirilerek yapı yüzünde keskin ışıklılık karşıtlıklarının oluşması önlenip, aydınlık ve yarı karanlık bölgeler arasında geçiş sağlayan yumuşak hatların oluşması sağlanabilir. Yapının karakteristik özelliklerini ön plana çıkartacak şekilde özel ayrıntılarının vurgulanması veya etkisinin zayıflatılması ile olumlu görsel etkiler oluşturulabilir.

### **Yatay ya da Düşey Çizgili Yapı Yüzleri**

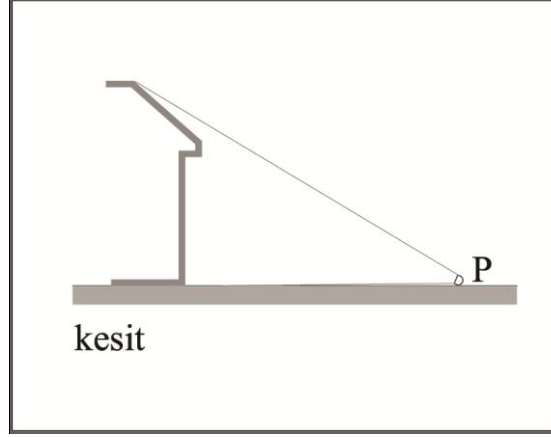
Yatay ya da düşey çizgili yapı yüzlerinde, düşey elemanların, ışığın yapı yüzüne, bu elemanların gölge atmasını sağlayacak bir doğrultudan gelmesi ile aydınlatmada istenilen gölge oluşumu sağlanabilir (girinti-çıkıntılı yapı yüzlerinde olduğu gibi). Saçak ve pervaz vb. gibi elemanların oluşturduğu yatay çizgileri ise olabildiğince yüksek bir yerden (yapının yakın çevredeki yüksek bir yapı veya bir öğeye yerleştirilen aydınlatma aygıtları ile) aydınlatılarak vurgulamak doğru olur. Gün boyu yukarıdan aşağıya doğru gölge atan bu yatay çizgilerin, gölge yönünün gece karanlığında değişmesi yadırganabilir (Öztürk, 1992). Bu tür elemanlar yapı yüzünden yapılan aydınlatmalarla, ışık çizgileriyle de vurgulanabilir.

#### **3.2.4.2.2 Çatı Biçimlenişleri**

Yapıların dış mimari biçimlenişlerinde çatı özellikleri de uygun aydınlatma tekniği oluşturabilmek için etkindir.

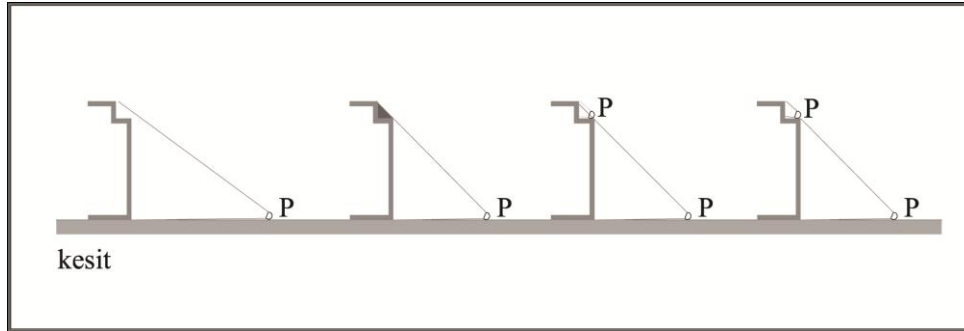
Teras (düz) çatılı yapılarda, görme alanı içine girmeyen çatının aydınlatılmasına gerek olmayıp, sadece yapı yüzünün aydınlatılması yeterlidir.

Eğik çatılı yapıların aydınlatılmasında ise, aydınlatma aygıtları (P), aygıttan çıkan ışığın yapı yüzünün yanı sıra çatı yüzeyini de aydınlatmasını olanaklı kılacak biçimde, yapıdan yeterli uzaklıkta ve sayıda yerleştirilmelidir (Şekil 3.35).



Şekil 3.35 Eğik çatılı yapıların aydınlatması

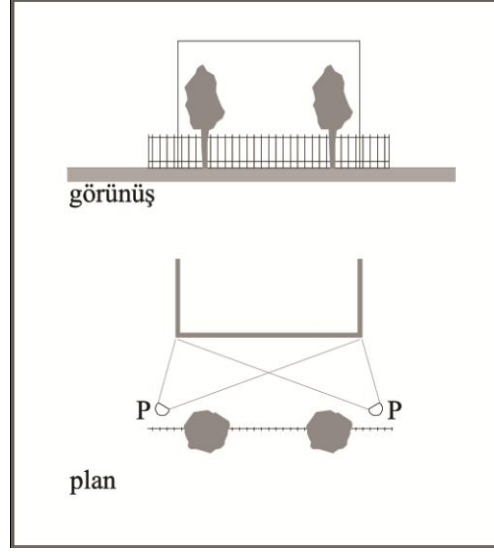
En üst katı geri çekilmiş olan bir yapının aydınlatılmasında ise, aydınlatma aygıtı (P), en üst katın da aydınlanabilmesi için mümkün olduğunca yapıdan uzağa konumlandırılmalıdır. Aydınlatma aygıtının yapıdan yeterince uzağa yerleştirilemediği durumlarda, geri çekilmiş olan en üst katın yüzünde kara gölgeler oluşabilir. Böyle durumlarda, kara gölgeli alanları saydamlaştırabilmek için, çatıya yerleştirilen bir aygıt kullanılabilir. Ayrıca bu katın dışarıdan projektörle aydınlatılmayıp, yalnızca çatıya yerleştirilen bir aygıt ile aydınlatılması da sağlanabilir (Şekil 3.36).



Şekil 3.36 En üst katı geri çekilmiş yapıların aydınlatması  
(Philips LD 4/71)

### 3.2.4.3 Siluet Etkisi

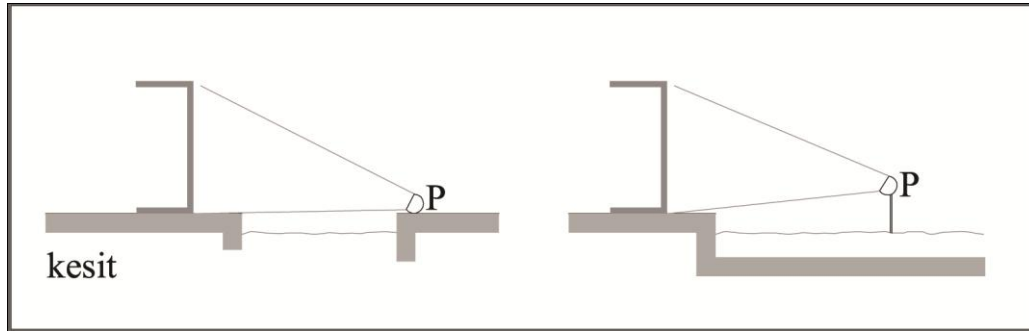
Bina çevresindeki ağaçlar, parmaklıklar ve alçak duvarlar gibi yapı ile gözlemci arasında bulunan ve yapının belli bölümlerinin görülmesini engelleyen kitleler olabilir. Aydınlatma aygıtları (P) bunların gerisine yerleştirildiğinde hem gözlemcilerden gizlenmiş olur, hem de bu elemanlar aydınlanmış bina yüzeyi üzerinde siluet şeklinde görünürler. Ağaç, set gibi elemanların yüzey üzerinde siluet şeklinde görünmeleri aydınlatmanın derinlik hissi kazanmasını sağlar (Şekil 3.37).



Şekil 3.37 Siluet aydınlatması  
(Philips LD 4/71)

#### 3.2.4.4 Su Etkisi

Aydınlatılan yapılar bazen özel durumlarda olup, bir göl, nehir veya kanal kıyısında bulunabilir. Bu durum aydınlatma açısından yararlı olup, etkileyici, estetik görüntülerin oluşmasına katkıda bulunur. Su kenarında bulunan yapılarda, aydınlatma aygıtından çıkan ışığın, su yüzeyinden yansıyarak yapı yüzüne gelen ışık, su yüzeyindeki dalgalanmaya bağlı olarak hareket eder ve ışık lekeleri oluşturur. Bu durumun önlenmesi için, aydınlatma aygıtları (P), zemin üzerine ya da zemine yakın yerlere, yerleştirilmelidir. Su yüzeyine ışık göndermeyecek şekilde su yüzeyinden belli bir yükseklikte yerleştirmek de mümkündür (Şekil 3.38).



Şekil 3.38 Su kenarındaki yapının aydınlatması

#### 3.2.5 Aydınlatmada Enerji Kayıpları

Bir aydınlatma tasarımı yapılırken, aydınlatılacak olan konunun özelliğine göre, ilk adım aydınlık düzeyini uygun saptamak, ışıklılığı uygun saptamak, yüzey yansıtma çarpanı, oluşturulacak

ışıklılık ilişkisini belirlemektir. Gerekli aydınlık niceliği ve niteliğini sağlayacak bir aydınlatma düzeni oluşturulurken enerjide oluşan kayıpları en aza indirmek oldukça önemlidir. Aydınlatma sistemi tasarlanırken, nicelik, nitelik ve enerji tüketim değerlerinin kullanım sırasında değişmemesi göz önünde bulundurulmalı ve sistemin devamlılığının sağlanması için gerekli bakım programları oluşturulmalıdır.

Aydınlatma düzenlerinde enerjisinin tamamına yakınının kullanımını sağlamak için,

- ışık elde edilirken kullanılan elektrik enerjisinin (ışık kaynağından kaynaklı),
- ışık niceliğinin ve
- aydınlığın niteliğinin

boşa harcanmaması olarak üç tür enerji kaybından söz edilebilir.

Ayrıca zaman içinde kirlenme, eskime vb. etkenlere bağlı olarak, tasarlandığı zamandan çok farklı bir aydınlık ortaya çıkar. Uygun bakım programları oluşturularak, bakımsızlığın getirdiği kayıplar da önlenmelidir.

### **3.2.5.1 Yapma Işık Elde Edilirken Oluşan Kayıplar (Elektrik Enerjisinin Boşa Harcanması)**

Işık kaynakları elektrik enerjisini ışıınım enerjisine dönüştürür. Türlerine göre değişik oranlarda görünür ışıınım yayımlarken, aynı zamanda morüstü ve kızılaltı ışıınımlar da yayımlar. Görünür ışıınımların (ışık) büyüklüğü ışık kaynaklarının verimini belirler. Işık kaynaklarının verimi yükseldikçe, yapay ışık elde edilirken oluşan kayıplar azalır.

Kuramsal olarak, beyaza yakın (renksiz) ışık üreten ışık kaynaklarında verimin 200 lm/W, renkli ışık üreten ışık kaynaklarında 680 lm/W olması beklenirken, günümüzde ışık kaynaklarının uygulamadaki verimleri 10-180 lm/W değerleri arasındadır (Sirel, 1991). Buradan görüldüğü gibi özellikle renkli ışık üreten bir ışık kaynağı kullanımı, büyük kayıplara yol açmaktadır (Çizelge 3.8). Ancak elektrik enerjisini etkin kullanan bir ışık kaynağı, her uygulama konusuna uygun olmayacağı için, ışık kaynağı seçiminde verimin yanı sıra ışık rengi, ömür, güç gibi tüm faktörler birlikte düşünülmelidir.

### **3.2.5.2 Yararlı Işık Niceliği Elde Edilirken Oluşan Kayıplar**

Işık kaynaklarından yayımlanan ışık akısı, hiçbir zaman aydınlığı oluşturan yararlı ışık akısı niceliğine eşit değildir. Işık kaynağından, yararlı ışığın elde edilmesi sırasında ışık akısının,

- aydınlatma aygıtında boşa harcanması,
- doğrultusal olarak boşa harcanması ve
- yüzey gereçlerinde yutularak boşa harcanması

durumları söz konusudur.

Işık kaynağından çıkan ışık akısı, aygıttan çıkan ışık akısından daima büyüktür. 3.2.3.2 başlığı altında değinilen aygıt geriverimi de dolayısıyla her zaman 1'den küçük değerdedir. Aydınlatma aygıtlarının geriveriminin 1'e yakın değerde olması, enerjideki kayıpları azaltır. Aygıt tasarımı yapılırken, kullanılan gereç türü ve biçimi, ışığın olabildiğince büyük bölümünün aygıt dışına çıkmasına olanak verecek şekilde tasarlanmalıdır. İyi tasarlanmış bir aygıtın geriverimi %45 ile %85 arasında olup, burada da yine kayıplar söz konusudur (Sirel, 1991). İyi tasarlanmamış aygıtlar, kamaşma gibi görsel konfor açısından istenmeyen durumlara yol açtığından aygıt seçiminde geriverimin yanı sıra diğer özellikler de birlikte düşünülmelidir.

Işık kaynağından çıkan ışık akısının olabildiğince yararlı ışık niceliğine dönüştürülmesi, aydınlatılacak olan bölgenin aydınlatılması, bu alan dışındaki doğrultulara giden ışığın, görünürlüğü oluşturmaya katkı sağlamayan bölümünün boşa harcanmaması ile mümkündür. Işığın doğrultusal özellikleri aygıt konumu, aydınlatma biçimine (dolaylı, yayınlık, dolaysız vb.), aygıt ışık yeğinliği uzaysal dağılımına ve aydınlatılacak olan yapının biçimine bağlı olarak değişim gösterir. Bu etkenler düşünülerek, ışığın istenmeyen doğrultulara gitmesi önlenirse, ışık kayıpları da azalacaktır. Uygulamalarda ışığın doğrultusal boşa harcanmasıyla oluşan kayıpların %15-%90 arasında olduğu söylenebilir (Sirel, 1991).

Işık kaynağından çıkan ışık akısı, yüzeylerde yutularak da boşa harcanmış olur. Bir yüzeye gelen ışık, yüzey özelliklerine göre belli oranda yansır, belli oranda yutulur (Çizelge 3.6). Yüzey renkleri açıklaştıkça yansıma yolu ile yararlı akıya dönüşecek ışık akısı artacak ve ışığın boşa harcanması önlenmiş olacaktır. Yüzey gerecinin yansıtma niteliğinden oluşan kayıplar %15 ile %90 gibi değerlere ulaşabilmektedir (Ünver, 1999).

Çizelge 3.6 Çeşitli gereçlerin yansıtma çarpanları  
(Öztürk, 1992)

| Gereç                            | Durumu | Yansıtma çarpanı (%) |
|----------------------------------|--------|----------------------|
| Sarı tuğla yüzeyi                | temiz  | 35                   |
| Kırmızı tuğla yüzeyi             | temiz  | 25                   |
| Kırmızı tuğla yüzeyi             | kirli  | 5-10                 |
| Granit yüzeyi                    | temiz  | 10-15                |
| Açık renk beton ya da taş yüzeyi | temiz  | 40-50                |
| Koyu renk beton ya da taş yüzeyi | temiz  | 25                   |
| Koyu renk beton ya da 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 3 mm cam                  | temiz  | 7-8                  |

### 3.2.5.3 Aydınlık Niteliğinin Boşa Harcanması

Yapay aydınlatmanın niteliksel olarak boşa harcanması, enerji kaybı konusunun en önemli olduğu durumlardan biridir ve böyle durumlarda görsel konfor sağlanamamaktadır.

3.2.2.4 başlığı altında da değinildiği gibi aydınlığın niteliğini, yapay ışığın renksel özellikleri, doğrultusal yapısı, gölge niteliği ve aydınlık düzeyi dağılımları belirlemektedir.

Aydınlığın niteliğinin boşa harcanmaması için özel etkilerin oluşturulmak istendiği durumlar haricinde, aydınlatma düzeninde kullanılacak ışık kaynaklarının renksel geriverim sınıfı yüksek (1A, 1B), düzgün ve tırsız (beyaza yakın) olanlarının seçilmesi gereklidir.

Aydınlık düzeni kurulurken, aydınlatılacak olan konunun özelliklerine göre ışık akısının doğrultusu ve gölge niteliği gibi etkenler öncelikli olarak belirlenmeli, aydınlık düzeyi ve enerji kullanımı hesapları daha sonra yapılmalıdır. Daha az enerji kullanımı için aydınlatılacak olan konunun özelliklerine uygun olmayan nitelikte bir aydınlatma tasarımı yapılmamalıdır. Doğru yapılmış bir düzenle aydınlığın niteliği boşuna harcanmamış olur.

Aydınlatılacak olan yapının özelliklerine göre, aydınlatma düzeni, düzgün yayılmış ya da ışıklılık farkları ile oluşturulmuş aydınlatma olarak belirlenir. Aydınlatılacak olan yapıya uygun oluşturulmuş aydınlık düzeyi dağılımları ışığın boşa harcanmasını önlemiş olur.

### 3.2.5.4 Değer Düşmesi ve Bakıma Bağlı Oluşan Kayıplar

Aydınlatma sistemleri kullanım süresi boyunca türlü etkenlere bağlı olarak özelliklerini belli oranda yitirirler. Eğer düzenli bakım aralıkları uygulanmazsa, zaman içinde elde edilen aydınlığın nicelik ve niteliğinde oluşan kayıplar dolayısıyla, aydınlatma için gerekli koşulları sağlayamaz duruma gelir. Bu kayıplar oldukça yavaş geliştiğinden, algılanamayabilir. Bu nedenle, aydınlatma tasarım sürecinde, kullanıma ilişkin kayıplar göz önünde bulundurularak bir bakım çarpanı hesaplara katılmalı ve kayıpları azaltmak için düzenli bakım programları uygulanmalıdır.

Yapma aydınlatma düzenlerinin kullanım süresindeki kayıplar, gerilim değişimleri, ortam sıcaklığı, donatıların eskimesi, ışık kaynağı, aygıt ve yüzeylerin kirlenme ve eskimesi gibi çeşitli etkenlere bağlıdır.

Her aydınlatma düzeninde aydınlığın azalmasına neden olan üç temel etken vardır. Bunlar;

- Işık kaynaklarında değer düşmesi,
- Aydınlatma aygıtlarında değer düşmesi,
- Yüzeylerin yansıtma çarpanlarına bağlı değer düşmesidir.

Her ışık kaynağının kuramsal bir ömrü vardır. Kullanma süresine bağlı olarak ışık kaynaklarının verimi düşer ve verdiği ışık akısı azalır. Bu olay ışık kaynağında değer düşmesi diye tanımlanır. Kullanım ömrü sonunda ışık kaynağı ışık vermeye devam eder ancak istenilen nicelikte aydınlık sağlanamaz ve elektrik enerjisinin büyük bölümü de boşa harcanmış olur.

Aydınlatma aygıtlarında değer düşmesi, aydınlatma biçimine (dolaylı, dolaysız), aygıtlarda kullanılan gereçlerin niteliğine, yapının içinde bulunduğu bölgedeki hava koşullarına bağlı olarak değişir. Aydınlatma aygıtlarının bu etkenler doğrultusunda zaman içinde tozlanması, kirlenmesi ve eskimesi, aygıt türüne ve bakım aralığına göre aygıt geriveriminin düşmesine, dolayısıyla ışık enerjisinin boşa harcanmasına neden olur (Çizelge 3.7). Aynı aygıt ayrı özellikteki yerlerde kullanılırsa değer düşmesi ayrı olacaktır.

Aydınlatılacak olan yapının yüzey gerecinin kirlenmesi, yüzey renginin koyulaşmasına, yüzeylerin yansıtma çarpanı değerlerinin düşmesine, yansıyan ışığın niceliğinin azalmasına ve dolayısıyla ışık kayıplarının oluşmasına yol açar (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 Yapma aydınlatmada kayıplar  
(Ünver, 1999)

| Kayıp Türü                             | Kayıp Yeri                        | Kayıp Etkeni                                                                  | Kayıp Oranı |
|----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Elektrik/ışık                          | ışık kaynağı                      | verim                                                                         | %20-80      |
| Yararlı Işık Akısı<br>Niceliği         | aygıt                             | geriverim                                                                     | %15-80      |
|                                        | ışık doğrultusu                   | aydınlatma biçimi<br>aygıt konumu<br>aygıt ışık yeğinliği<br>yapı biçimi      | %15-90      |
|                                        | yapı yüzeyi                       | yansıtma çarpanı                                                              | %15-90      |
|                                        | ışığın renksel özelliği           | kaynak ışığının rengi                                                         | %15-100     |
| Yararlı Aydınlık<br>Niteliği           | doğrultusal yapısı ve<br>gölgeler | aygıt özellikleri<br>aygıt biçimi<br>aygıt konumu<br>yapının biçimi           |             |
|                                        | aydınlık düzeyi<br>dağılımları    | ışık kaynağı özellikleri<br>aygıt özellikleri<br>aygıt biçimi<br>aygıt konumu |             |
| Bakımsızlığa<br>Bağlı Işık<br>Niceliği | ışık kaynağı (verim)              | ışık kaynağı ömrü                                                             | %50-90      |
|                                        | aygıt (geriverim)                 | aygıt türü                                                                    | %10-55      |
|                                        | yüzey yansıtma çarpanı            | dış ortam<br>aydınlatma biçimi                                                | %05-40      |

Aydınlatma hesapları yapılırken, değer düşme çarpanı belirlenip, enerji kayıplarını azaltmak için düzenli bakım programları uygulanmalı, ışık kaynakları, aygıtlar ve aydınlatılan yüzeyler, aydınlatma tasarım aşamasında belirlenen periyodik aralıklarla temizlenmeli, ışık kaynakları kataloglarda belirtilen kullanım ömürleri sonunda değiştirilmelidir.

### 3.3 Aydınlatmada Kullanım Süreleri

Aydınlatma yükü aydınlatma için tesis edilen sistemin toplam kurulu gücüdür. Aydınlatma enerji tüketimi de binada aydınlatma için harcanan toplam enerjidir. Bir binanın aydınlatma yükü, verimi yüksek ışık kaynakları ve geriverimi yüksek aydınlatma aygıtları kullanarak azaltılabilir. Elbette aydınlatma yükünü azaltacak projeler yapılırken, aydınlatma ölçütlerinden ödün vermemek gerekmektedir. Ancak verimli elemanlar kullanarak binanın aydınlatma yükünün minimize edilmesi tek başına yeterli değildir. Tüketilen enerjinin (E), güç (P) çarpı zaman (t) olduğu düşünülecek olursa, sistemin verimli olabilmesi için yapay aydınlatmanın kullanım süresini programlamanın da en az aydınlatma yükünü azaltmak kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır (Çolak, 2008).

$$E[W/sa]=P[W] \times t[sa]$$

Aydınlatma sisteminin kullanım süresini azaltmak, gerekmediği zamanlarda ışık kaynaklarının kapatılması veya loşlaştırılması ile mümkün olabilmektedir. Kent aydınlatmanın kontrollü olması ve belirli saatlerde kapatılması veya loşlaştırılması enerji korunumu açısından büyük önem taşımaktadır.

Kent aydınlatmada, kentin bölgelerine veya kent bölgelerinin kullanım yoğunluğuna göre değişken taleplerin olduğu durumlarda, farklı nicelikteki aydınlıkların uygulanması, enerjinin etkin kullanımı açısından önemlidir. Kentte, yollar, otopark alanları gibi işlevsel aydınlatma konularından, meydanlar, reklam panoları, tarihi ya da çağdaş yapıların cephe aydınlatmalarına kadar bir çok ögenin aydınlatılmasında farklı zaman dilimlerinde, değişken ışıklılıkların uygulanması enerjinin etkin kullanımı açısından önemli bir konudur. Her kent bölgesinin kullanım yoğunluğuna bağlı olarak canlılığını kaybettiği, insan yoğunluğunun oldukça azaldığı saatler farklılık göstermektedir. Bölgesel olarak yapılacak çalışmalarla, gece yaşanılrlığının azaldığı saat dilimlerinde kimi yapılarda ışıklılığın belli bir saatten sonra düşürülmesi, kent kimliği için çok önemli olmayan kimi yapılarda ise tamamen kapatılması enerji korunumu sağlayacaktır.

Yapıların aydınlatmasında günlük ve özel günler için kullanım senaryoları oluşturulmalıdır.

- Yaz-kış ayları,
- turizm dönemleri,
- özel günler,
- günlük kullanım,
- hafta sonu kullanım,
- kentin yoğun bölgeleri ve
- yoğun kullanıldığı saatler

gibi etkenler değerlendirilerek, aydınlatma sistemlerinin kullanım sürelerine öneriler getirilebilir.

Örneğin, yaz ayları turizmin de yoğun olduğu dönemlerde, ülke için özel önemi olan günlerde, resmi ve dini bayramlarda, festival, açık hava etkinliklerinin olduğu zamanlarda yapıların cephe aydınlatması, bölgeye uygun olarak üst düzeyde tutulup, günlük kullanımda ise belli bir saatten

sonra loşlaştırma yapılması düşürülebilir. Kentin genel yol alanlarının, meydanların hareketliliği, bu alanların işlevselliği, gecenin ilerleyen saatlerinde önemli bir düşüş göstermektedir. Bu alanlardaki işlevselliğin düştüğü saatlerde düşük kademeli aydınlatmaya gidilmesi, fonksiyonelliğini yitiren kimi kent bölgelerinde ise mimari aydınlatmaların kapatılması, sadece güvenlik amaçlı bir aydınlatma yapılması yeterli ve uygun olacaktır (Sözen, 2010).

Tarihi veya önemli çağdaş yapıların insanların hareketliliğinin olduğu zaman dilimlerine paralel olarak aydınlatılması enerji etkin aydınlatmanın önemli bir adımını oluşturmaktadır. Bu yapıların genel aydınlatması ziyaret ya da kullanım saatleri göz önünde bulundurularak programlanabilir, bu zamanlar dışında aydınlatmada loşlaştırmaya gidilebilir veya sadece kent silüetini etkileyen önemli bölümleri aydınlatılabilir.

Ayrıca, öncelik yönünden aydınlatılması ikinci planda olan yapıların, yıl boyunca belli bir ögesi aydınlatılarak görünürlüğünün sağlanması da getirilebilecek önerilerden biridir. Mesela ilginç çatı biçimine sahip bir yapının yıl boyunca sadece çatısı aydınlatılabilir (Sözen, 2010).

Dış aydınlatmada yüksek basınçlı sodyum buharlı, metal halide ve LED ışık kaynakları için loşlaştırma olanaklıdır.

Yüksek basınçlı deşarj lambaların loşlaştırılması, deşarj tüpü içerisinde minimum basınç ve sıcaklık değerlerinin korunması gerektiğinden belli seviyelere kadar mümkündür. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar %30'a, metal halide lambalar ise %50 seviyelerine kadar loşlaştırılabilirler (Özenç ve Güler, 2009). Metal halide lambaların loşlaştırılması sırasında renk sıcaklıklarında değişimler görülebilmektedir. LED ışık kaynakları da loşlaştırmaya olanak sağlar ve bu sırada renk değişimine uğramaz.

Yapı yüzü aydınlatmasında, ışık kaynaklarının loşlaştırmaya uygun olup olmamaları da diğer tüm ölçütlerle beraber değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, enerji etkin aydınlatma, verimi yüksek ışık kaynakları ile gerçekleştirilen sistemlerin, günışığına, kent bölgesine ya da zamana bağlı olarak, otomatik kontrol edilmesi ile yani kullanım süresini azaltmak ile mümkün olabilmektedir (Çolak, 2008).

Günümüzde yol aydınlatmalarının trafik yoğunluğu, saat ve hava durumuna göre kontrolünü yapan akıllı yol projeleri uygulanmaya başlamıştır. Aynı şekilde, mimari aydınlatmalarda da kullanım süreleri ile ilgili programlar oluşturulup kontrollü aydınlatma uygulamalarına geçilmesinin enerji korunumu açısından önemi çok büyüktür.

### **3.3.1 Aydınlatma Kontrol Sistemleri**

Aydınlatma kontrol sistemleri genelde yapay aydınlatma düzeninin,

- Kullanım süresi,
- Kullanım sıklığı,
- Doğal aydınlatma ile birlikte kullanım

özelliklerini kontrol etmek için kullanılır.

Açma kapama (anahtar) ve loşlaştırma ile aydınlatma uygulamalarında enerji tüketimini ve aydınlık düzeyini kontrol etmek olanaklıdır.

#### **Açma kapama (anahtar) ile kontrol**

Açılıp kapatılan ışık kaynakları ile aygıttan çıkan ışık akısı istenen düzeyde ayarlanabilmektedir. Anahtarlı sistemde ışık kaynakları tek tek ya da gruplar halinde kumanda edilebilir.

#### **Loşlaştırma ile kontrol**

Işık kaynağından yayımlanan ışık akısı azaltılmasına yönelik kontrol biçimidir.

#### **Elle aydınlatma kontrol sistemleri**

Aydınlatma kontrol sisteminde yer alan anahtarların insanlar tarafından elle ya da uzaktan kumanda ile kontrol edilebildiği sistemler ile, aydınlık düzenindeki ışık kaynağı ve aygıtların çalışma durumları ve dolayısıyla aydınlık düzeyi değerleri, değişik gereksinim, istek ya da belirlemelerine göre kumanda edilebilir.

#### **Otomatik kumandalı aydınlatma kontrol sistemleri**

Kontrol ünitesi sensörden aldığı bilgiler doğrultusunda gerekli işlemleri yapar, istenen aydınlık düzeyi ve diğer koşulları sağlamak üzere aydınlatma aygıtı ve/veya ışık kaynaklarına bilgisayar programı ile komut verir. Dış aydınlatma için kullanılan ışık sensörleri ile doğal ışığın oluşturduğu aydınlık düzeyine ilişkin bilgiler sisteme iletilir. Sistem ışık sensörünün gönderdiği değerlere bağlı olarak, ışık kaynaklarını, aygıtları devreye sokar ya da devreden çıkarır ve gerektiğinde de loşlaştırır.

Aydınlatma kontrol sistemleri, enerjinin etkin kullanımında çok önemlidir. Farklı kurgulanmış zaman programları ile ayrı aydınlık düzeyleri, zaman ve olaya bağlı olarak çalıştırma ve otomatik kontrol yapılması ile enerji kazancı sağlanmaktadır.

### 3.3.2 Kullanım Süre Programlaması

Kullanım süre programlanması İstanbul örneği için incelenmiştir. Bu bölümde aydınlatma kullanım süresi programlaması açısından İstanbul için çeşitli bazı öneriler getirilip, enerji kullanımı bakımından karşılaştırma yapılacaktır. İstanbul için,

- güneş doğuş ve batış saatleri,
- yaz saati uygulaması ve
- hava koşullarına göre incelenip belirlenen ortalama alacakaranlık süresi

göz önünde bulundurularak yıllık (365 gün) karanlık süreleri (Ek 1), Microsoft Office Excel programında yapılan basit bir toplama işlemi ile hesaplanmış, bulunan yıllık toplam karanlık süresinin ortalaması alınarak, ortalama günlük karanlık süresi hesaplanmıştır.

Yapı aydınlatmasında hava koşulları ve çevre aydınlatmalar yapının görülebilirliğinin sağlanmasında etkindir. Akşam saatlerinde çevre aydınlatmalar daha yüksek ışıklılık değerlerindeyken, yapının etkin görünürlüğü daha yüksek ışıklılıkla sağlanabilirken, gece çevre aydınlatmaların azaldığı zaman dilimlerinde, daha düşük ışıklılık ile sağlamak mümkün olabilmektedir.

Hava koşullarının açık, kapalı, az bulutlu veya güneşli olması da alacakaranlık süresini etkilemektedir. Güneşin batış saatinde, daha gün ışığı ile görünürlük yeterli düzeyde sağlanırken, devreye alınan aydınlatma sistemi gereksiz yani boşa giden enerji sarfiyatına sebep olmaktadır.

İstanbul'da hava koşullarının bulutlu olduğu iki günde, gün batımında yapılan aydınlık düzeyi ölçümleri sonucu ortalama bir alacakaranlık süresi saptanmıştır (Ek 2). Yapılan ölçümlerle İstanbul için 10 dakikalık alacakaranlık süresi boyunca yapı yüzünün görülebilirliği için günışığının yeterli olduğu görülmektedir. Açık günlerde bu süre daha uzun olacaktır. Bu sürenin, ortalama günlük karanlık süresine eklenmesi sonucu bulunan değerler üzerinden enerji kullanımları karşılaştırılmıştır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8 Yapılan hesaplamalarla bulunan İstanbul için ortalama günlük karanlık süreleri

|               | Tüm gece yanma | Gece 01:00'e kadar yanma | Haftasonu tüm gece yanma | Haftasonu gece 01:00'e kadar yanma | Haftaiçi tüm gece yanma | Haftaiçi gece 01:00'e kadar yanma |
|---------------|----------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| ocak          | 14 sa 18 dk    | 7 sa 54 dk               | 6 sa 54 dk               | 3 sa 48 dk                         | 7 sa 24 dk              | 4 sa 6 dk                         |
| şubat         | 13 sa 12 dk    | 7 sa 18 dk               | 5 sa 36 dk               | 3 sa 6 dk                          | 7 sa 36 dk              | 4 sa 12 dk                        |
| mart          | 11 sa 54 dk    | 6 sa 42 dk               | 4 sa 36 dk               | 2 sa 36 dk                         | 7 sa 18 dk              | 4 sa 6 dk                         |
| nisan         | 10 sa 30 dk    | 6 sa 12 dk               | 4 sa 36 dk               | 2 sa 42 dk                         | 6 sa                    | 3 sa 30 dk                        |
| mayıs         | 9 sa 24 dk     | 5 sa 42 dk               | 4 sa 12 dk               | 2 sa 36 dk                         | 5 sa 6 dk               | 3 sa 6 dk                         |
| haziran       | 8 sa 42 dk     | 5 sa 18 dk               | 3 sa 30 dk               | 2 sa 6 dk                          | 5 sa 12 dk              | 3 sa 12 dk                        |
| temmuz        | 9 sa 6 dk      | 5 sa 24 dk               | 4 sa 6 dk                | 2 sa 24 dk                         | 5 sa 0 dk               | 3 sa 0 dk                         |
| ağustos       | 10 sa 6 dk     | 5 sa 54 dk               | 4 sa 12 dk               | 2 sa 30 dk                         | 5 sa 54 dk              | 3 sa 24 dk                        |
| eylül         | 11 sa 24 dk    | 6 sa 42 dk               | 4 sa 30 dk               | 2 sa 42 dk                         | 6 sa 54 dk              | 4 sa 6 dk                         |
| ekim          | 12 sa 48 dk    | 7 sa 36 dk               | 6 sa 12 dk               | 3 sa 42 dk                         | 6 sa 36 dk              | 3 sa 54 dk                        |
| kasım         | 14 sa 0 dk     | 8 sa 12 dk               | 5 sa 36 dk               | 3 sa 18 dk                         | 8 sa 24 dk              | 4 sa 54 dk                        |
| aralık        | 14 sa 36 dk    | 8 sa 18 dk               | 6 sa 6 dk                | 3 sa 30 dk                         | 8 sa 30 dk              | 4 sa 48 dk                        |
| ortalama      | 11 sa 40 dk    | 6 sa 45 dk               | 5 sa 0 dk                | 2 sa 55 dk                         | 6 sa 40 dk              | 3 sa 50 dk                        |
| alacakaranlık | 10 dk          |                          |                          |                                    |                         |                                   |
| toplam        | 11 sa 30 dk    | 6 sa 35 dk               | 4 sa 50 dk               | 2 sa 45 dk                         | 6 sa 30 dk              | 3 sa 40 dk                        |

(Çizelgedeki gri alanlar haftasonu günlerini göstermektedir. Haftasonu kullanımı,Cuma, Cumartesi ve Pazar günleri için hesaplanmıştır.)

### **Öneri 1**

Kent veya kent bölgesinin gece kullanımı belli bir saatten sonra oldukça azalmakta olduğundan, bölgesel yapılacak çalışmalarla belirlenecek bir saatten sonra, yapı yüzü aydınlatmalarının kapatılması durumu getirilebilecek önerilerden biridir.

Bu öneride aydınlatma uygulamaların tüm gece boyunca yanma ve gece saat 01:00'dan sonra kapatılma durumu değerlendirilecektir.

Çizelge 3.9 Öneri 1 için hesaplanan sonuçlar

|                         | Tüm gece yanma | Gece 01:00'e kadar yanma |
|-------------------------|----------------|--------------------------|
|                         | 11 sa 30 dk    | 6 sa 35 dk               |
| %100 yanma durumu       | 100            | 57                       |
| Toplam Enerji Tasarrufu |                | 43                       |

Çizelge 3.9'da da görüldüğü üzere gece 01:00'den sonra aydınlatma sistemlerinin kapatılması durumunda ortalama %43 daha az enerji kullanımı mümkün olabilmektedir.

### **Öneri 2**

Kentin hafta içi ve hafta sonu kullanım yoğunluğu farklılık göstermekte olduğundan, yapı yüzü aydınlatmalarının hafta içi belli bir saatten sonra kapatılıp, hafta sonu günlerinde gece boyunca yanma durumu da getirilebilecek önerilerden biridir.

Bu öneride aydınlatma uygulamaların hafta içi Pazartesi, Salı, Çarşamba ve Perşembe günlerinde gece saat 01:00'dan sonra kapatılması ve hafta sonu Cuma, Cumartesi ve Pazar günlerinde ise tüm gece boyunca yanma durumundaki enerji kullanımları değerlendirilecektir (Hafta sonu günleri Ek 1'deki çizelgelerde gri olarak belirtilmiştir).

Çizelge 3.10 Öneri 2 için hesaplanan sonuçlar

|                         | Tüm gece yanma | Haftaiçi gece 01:00'e kadar yanma | Haftasonu günleri toplam karanlık süresi |
|-------------------------|----------------|-----------------------------------|------------------------------------------|
|                         | 11 sa 30 dk    | 3 sa 40 dk                        | 4 sa 50 dk                               |
| %100 yanma durumu       | 100            | 32                                | 42                                       |
| Toplam Enerji Tasarrufu |                | 26                                |                                          |

Çizelge 3.10'da da görüldüğü üzere hafta sonları tüm gece boyunca yanan aydınlatma sistemlerinin, hafta içi gece 01:00'den kapatılması durumu ile, yılın her günü tüm gece boyunca yanma durumuna göre ortalama %26 daha az enerji kullanımı mümkün olabilmektedir.

### **Öneri 3**

Kent veya kent bölgesinin gece kullanımı belli bir saatten sonra oldukça azalmakta olduğundan, belirlenecek bir saatten sonra, yapı yüzü aydınlatmalarının loşlaştırılması durumu getirilebilecek önerilerden biridir.

Bu öneride aydınlatma uygulamaların gece saat 01:00'e kadar %100 , gece saat 01:00'dan sonra ise %50 yanma durumundaki enerji kullanımları değerlendirilecektir. %50 oranında loşlaştırılan ışık kaynaklarının, %50 oranında enerji tasarrufu sağladığı kabul edilmiştir.

Çizelge 3.11 Öneri 3 için hesaplanan sonuçlar

|                         | Tüm gece yanma | Gece 01:00'e kadar yanma | Gece 01:00'den gün doğumuna kadar yanma |
|-------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------------|
|                         | 11 sa 30 dk    | 6 sa 35 dk               | 4 sa 55 dk                              |
| %100 yanma durumu       | 100            | 57                       | 43                                      |
| %50 yanma durumu        | 50             | 29                       | 21                                      |
| Toplam Enerji Tasarrufu |                | 21                       |                                         |

Çizelge 3.11'de de görüldüğü üzere gece saat 01:00'a kadar yanan aydınlatma sistemlerinin, 01:00'den sonra %50 oranında loşlaştırılması durumu ile, yılın her günü tüm gece boyunca yanma durumuna göre ortalama %21 daha az enerji kullanımı mümkün olabilmektedir.

### **Değerlendirme**

Yapılan önerilerde de görüldüğü gibi, mimari aydınlatmaların kullanım sürelerine çeşitli senaryolarla sınırlandırmalar getirilerek büyük ölçüde enerji korunumu sağlanabilir.

Ülkelere, kentlere ve kent bölgelerine göre, kullanım alışkanlıkları farklılıklar göstereceğinden, kapsamlı yapılacak araştırmalarla oluşturulacak senaryolar ile kullanım sürelerinin planlanması, enerji etkin aydınlatma tasarımının en önemli adımlarından birini oluşturmaktadır.

#### 4. ETKİN ENERJİ KULLANIM İÇİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Bu bölümde seçenekler, sanal bir yapının Dialux programı kullanılarak aydınlatma hesaplamaları yapıp, değişik seçenekler oluşturularak, sonuçlar enerji etkinlik yönünden karşılaştırılacaktır.

Çizelge 4.1 Uygulamalarda kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve yüzey yansıtıcılığı değerleri

|            |                                                          |            | Işık kaynağı | Aygıt   | Aygıt sayısı | Yüzey Yansıtıcılığı |
|------------|----------------------------------------------------------|------------|--------------|---------|--------------|---------------------|
| UYGULAMA 1 | Işık kaynaklarının veriminin karşılaştırılması           | Seçenek 1a | 150 W YBSB   | MVF616  | 4 adet       | 75%                 |
|            |                                                          | Seçenek 1b | 150 W MH     |         | 4 adet       | 75%                 |
|            |                                                          | Seçenek 2a | 35 W MH      | DWP603  | 12 adet      | 75%                 |
|            |                                                          | Seçenek 2b | 35 W HAL     |         | 12 adet      | 75%                 |
|            |                                                          | Seçenek 3  | 48'li LED    | LEDLINE | 23 adet      | 75%                 |
| UYGULAMA 2 | Aydınlatma aygıtlarının geriveriminin karşılaştırılması  | Seçenek 1  | 150 W MH     | RVP251  | 1 adet       | 75%                 |
|            |                                                          | Seçenek 2  |              | MVF619  | 1 adet       | 75%                 |
| UYGULAMA 3 | Yapı dış yüzeylerinin yansıtıcılığının karşılaştırılması | Seçenek 1  | 48'li LED    | LEDLINE | 2 adet       | 70%                 |
|            |                                                          | Seçenek 2  |              |         | 2 adet       | 40%                 |
|            |                                                          | Seçenek 3  |              |         | 2 adet       | 10%                 |

##### 4.1 Uygulama 1 - Işık Kaynaklarının Veriminin Karşılaştırılması

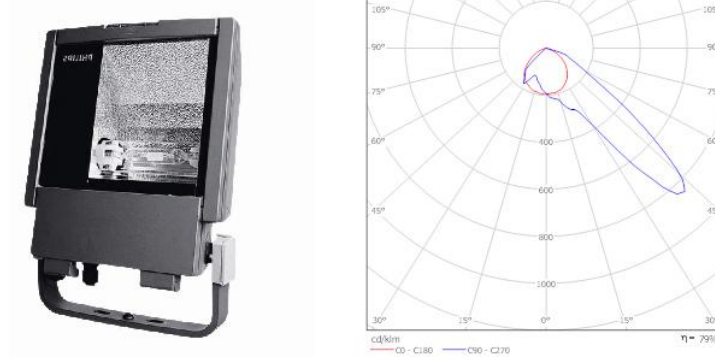
Bu uygulamada, ışık kaynaklarının verimleri karşılaştırılacaktır.

##### Seçenek 1a

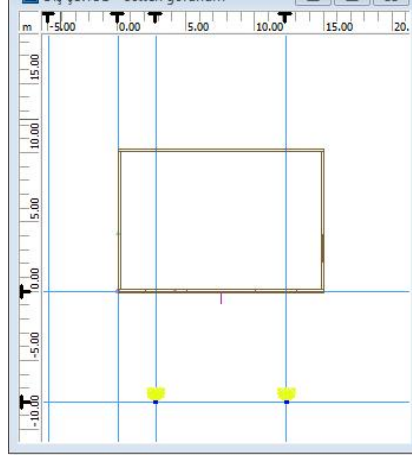
Bu seçenekte 150 W yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba içeren, asimetrik ışık yeğnlik eğrisine sahip 4 adet projektör kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtları yapı yüzeyine 8 metre uzaklıkta konumlandırılmıştır. Yapının genel yüzey alanlarının yansıtıcılığı %75 olarak belirlenmiştir. Hesaplar yapının tek cephesini kapsamaktadır.

## Işıklık parça listesi

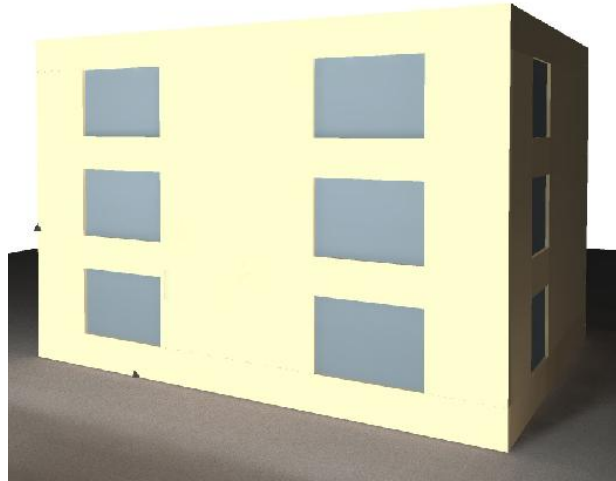
| Nr.     | Parça | Belirtim (Düzeltilme çarpanı)            | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|-------|------------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 4     | Philips MVF616 1xSON-TTP150W A45 (1.000) | 17500       | 169.0 |
| Toplam: |       |                                          | 70000       | 676.0 |



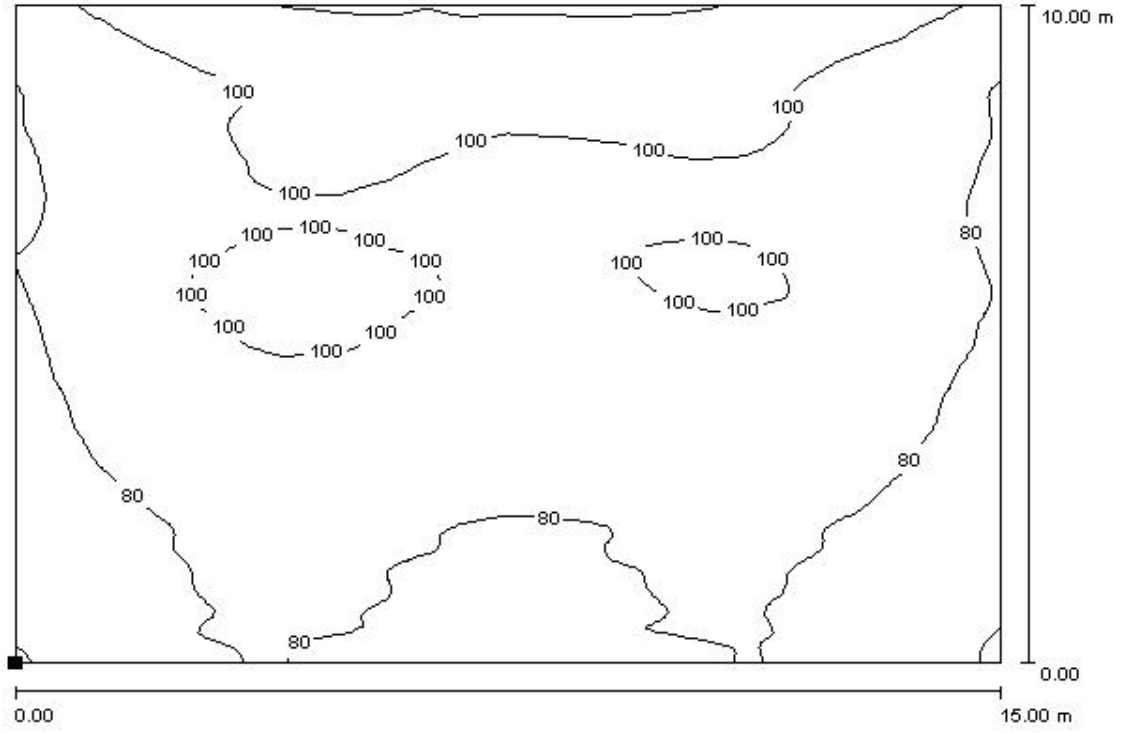
Şekil 4.1 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yegınlık diyagramı



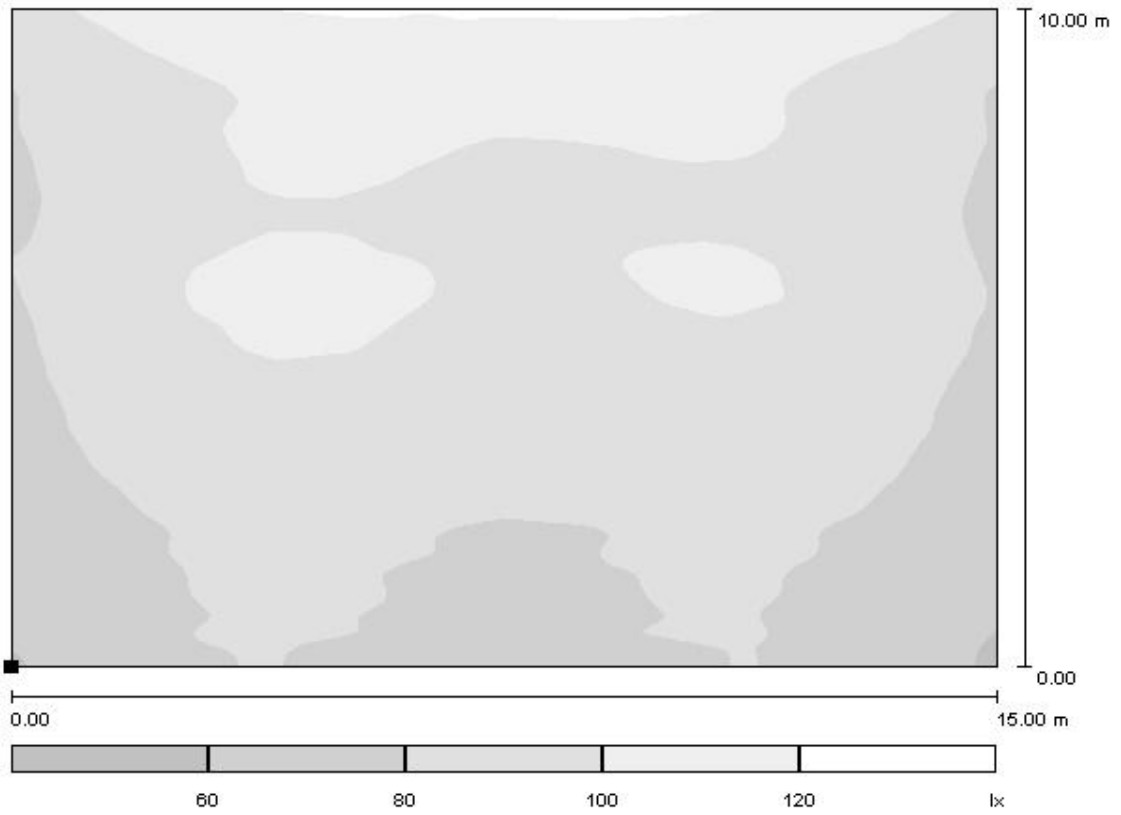
Şekil 4.2 Aydınlatma aygıtlarının konumu



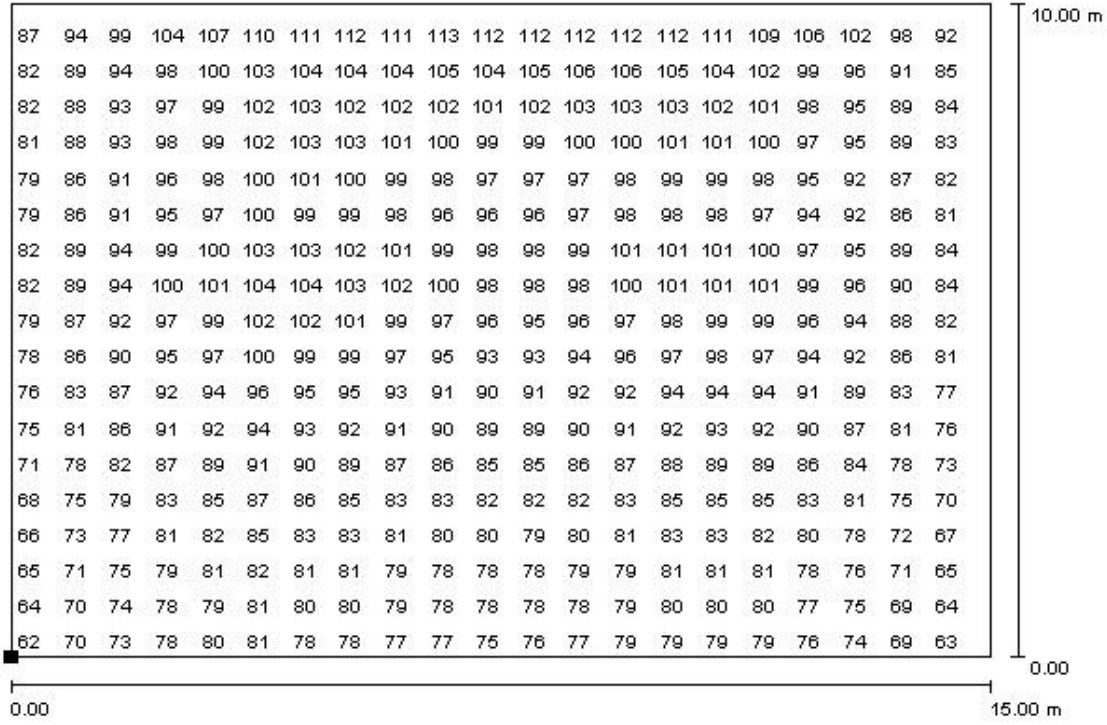
Şekil 4.3 Seçenek 1a



Şekil 4.4 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



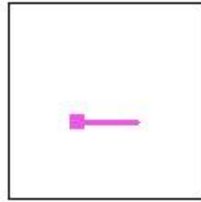
Şekil 4.5 Aydınlatılan cephede oluşan gri skala



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 108

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Dış çevrede yüzeyin konumu:  
İşaretlenmiş: (0.000 m, -0.100 m,  
0.000 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

|            |                |                 |                 |                      |
|------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| $E_m$ [lx] | $E_{min}$ [lx] | $E_{maks}$ [lx] | $E_{min} / E_m$ | $E_{min} / E_{maks}$ |
| 90         | 57             | 123             | 0.635           | 0.466                |

Şekil 4.6 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları

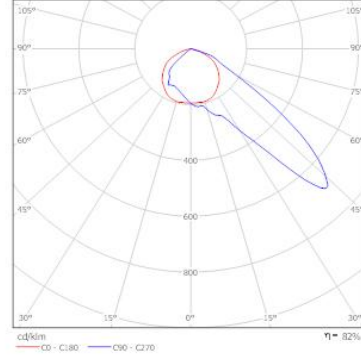
### **Seçenek 1b**

Seçenek 1a'da kullanılan aynı aydınlatma düzeni oluşturulmuş, aynı aydınlatma aygıtları içinde farklı ışık kaynakları kullanılarak, ışık kaynaklarının enerji etkinliği karşılaştırılmak istenmiştir. Aygıtların konumu da seçenek 1a ile aynı tutulmuştur.

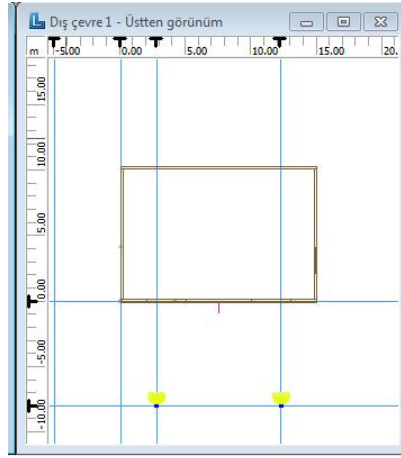
Bu alternatifte, 150 W metalik halojenürlü lamba içeren, asimetric ışık yeğinlik eğrisine sahip 4 adet projektör kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtları yapı yüzeyine 8 metre uzaklıkta konumlandırılmıştır. Yapının genel yüzey alanlarının yansıtıcılığı yine %75 olarak kabul edilmiştir. Hesaplar yapının tek cephelerini kapsamaktadır.

## Işıklık parça listesi

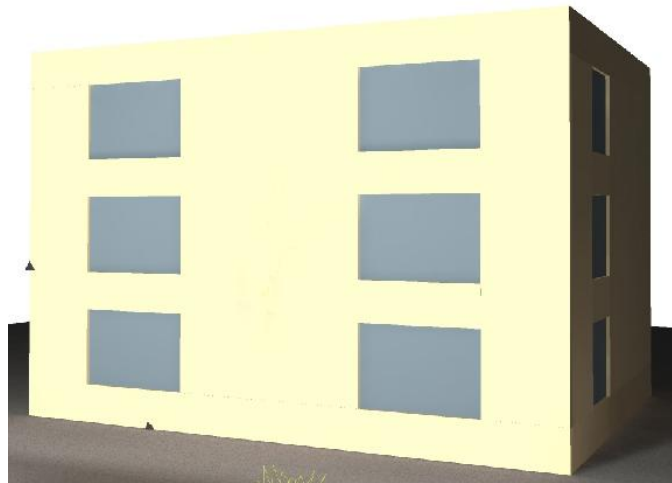
| Nr.     | Parça | Belirtim (Düzeltilme çarpanı)           | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|-------|-----------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 4     | Philips MVF616 1xCDM-TD150W A45 (1.000) | 13250       | 164.5 |
| Toplam: |       |                                         | 53000       | 658.0 |



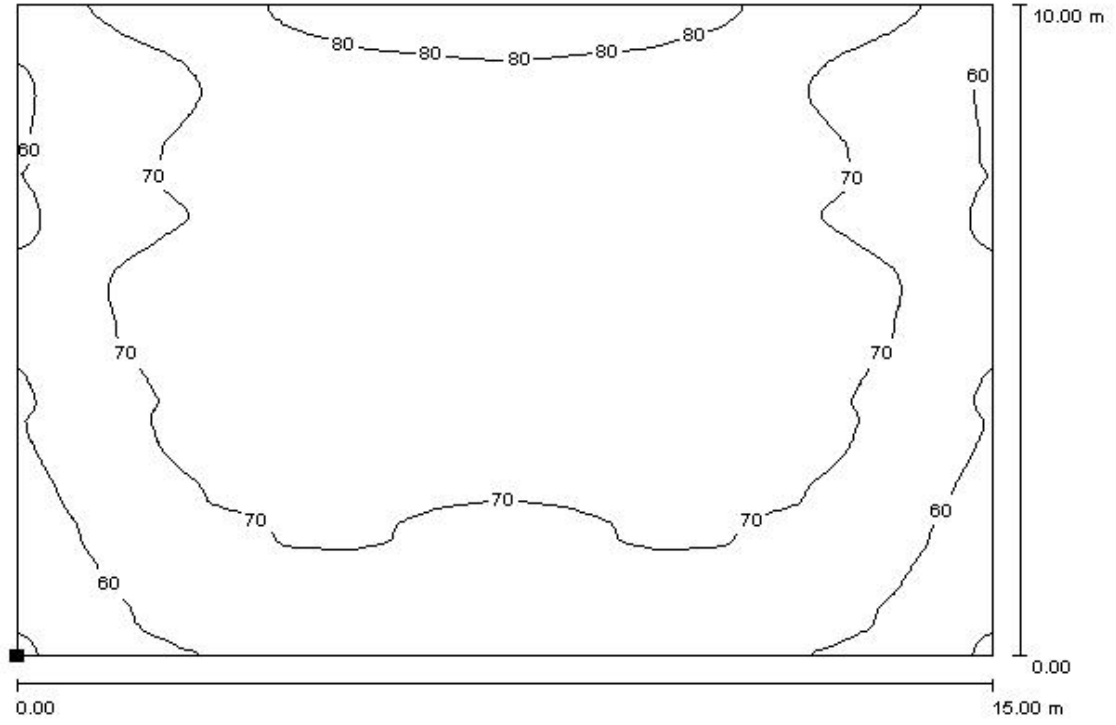
Şekil 4.7 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğinlik diyagramı



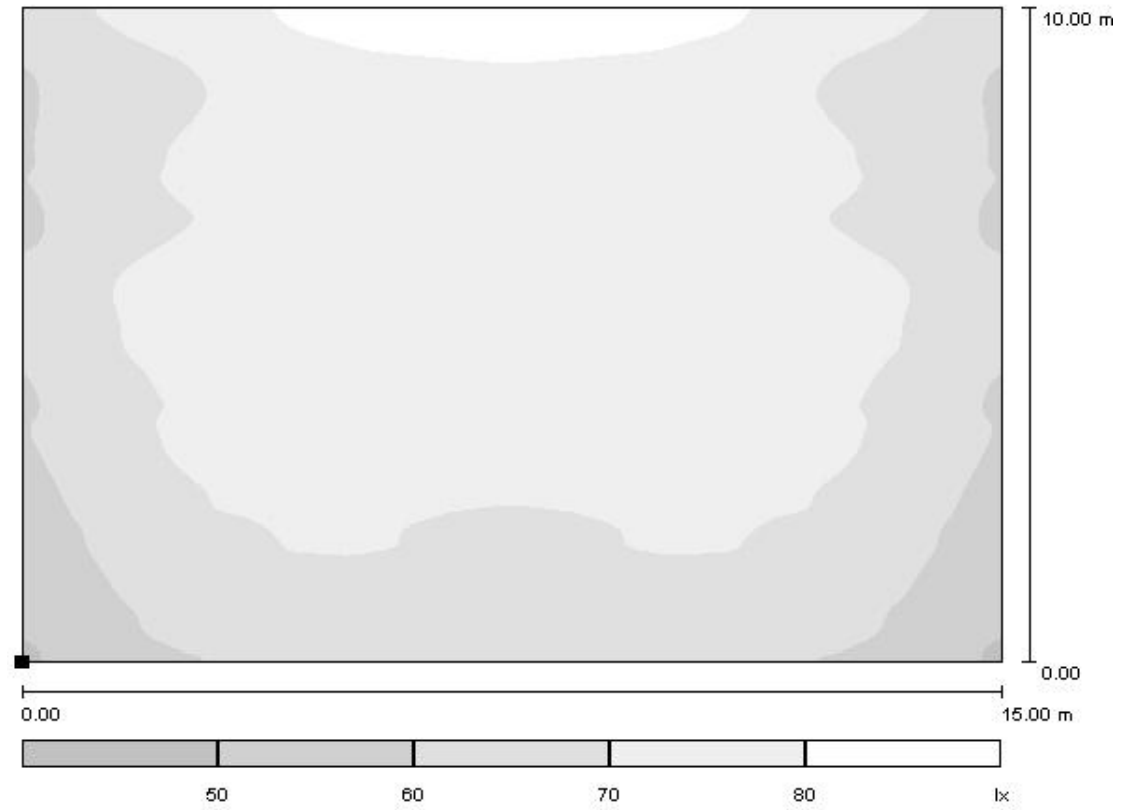
Şekil 4.8 Aydınlatma aygıtlarının konumu



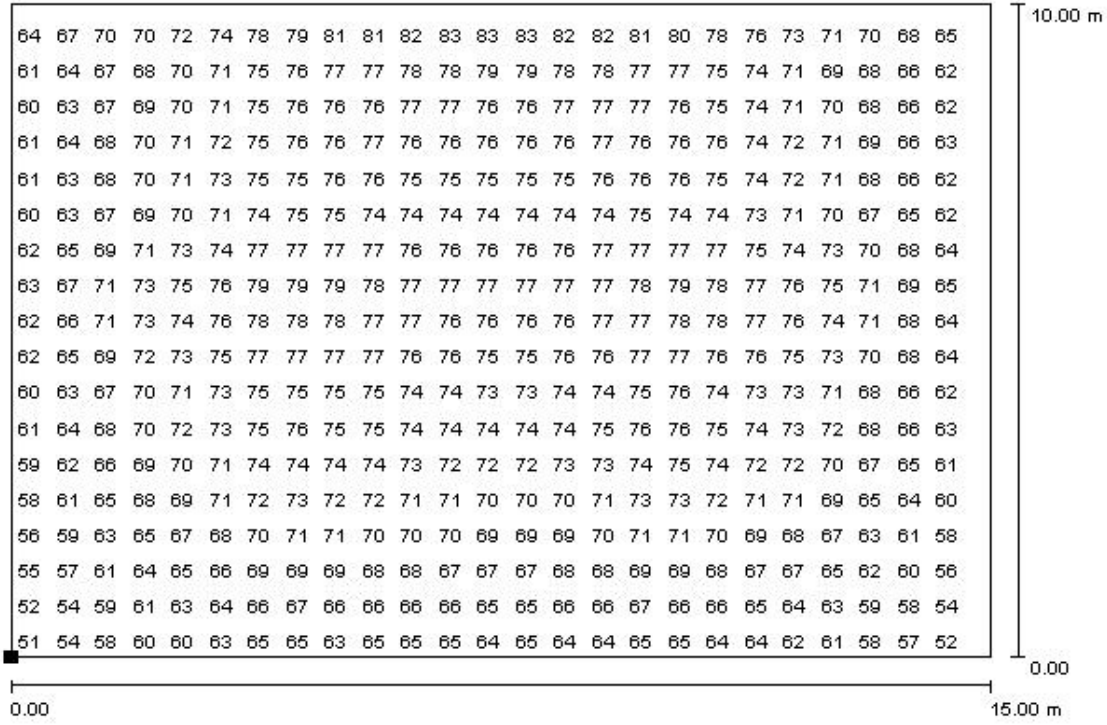
Şekil 4.9 Seçenek 1b



Şekil 4.10 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



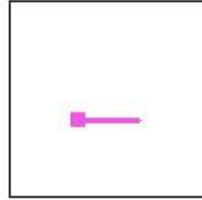
Şekil 4.11 Aydınlatılan cephedeki gri skala



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 108

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Dış çevrede yüzeyin konumu:  
İşaretlenmiş: (0.000 m, -0.100 m,  
0.000 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

$E_m$  [lx]  
70

$E_{min}$  [lx]  
48

$E_{maks}$  [lx]  
87

$E_{min} / E_m$   
0.684

$E_{min} / E_{maks}$   
0.552

Şekil 4.12 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları

### Değerlendirme

Aynı aygıt içerisinde yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba ve metalik halojenürlü lambanın kullanımıyla oluşturulan seçenek 1a ve 1b aydınlatma düzenlerinin hesap sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Seçenek 1a ve seçenek 1b hesap sonuçlarının karşılaştırılması

| Lamba cinsi                    | Aygıt sayısı | Kullanılan enerji | Toplam ışık akısı | Ortalama | Eminimum | Emaksimum |
|--------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------|
| Yüksek basınçlı sodyum buharlı | 4            | 676 W             | 70000 lm          | 90 lx    | 57 lx    | 123 lx    |
| Metalik halojenürlü            | 4            | 658 W             | 53000 lm          | 70 lx    | 48 lx    | 87 lx     |

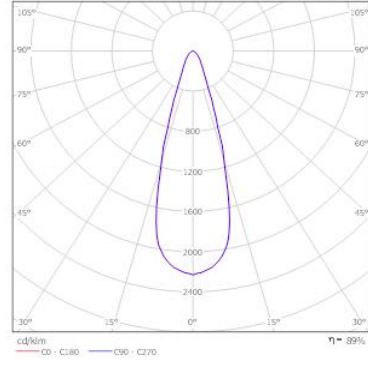
Yapılan karşılaştırmalar sonucu kullanılan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın, kullanılan metalik halojenürlü lambaya göre birim enerjide %28,6 daha fazla ışık akısına sahip olduğu, %25,5 daha fazla ortalama aydınlık düzeyi oluşturduğu görülmüştür. Yine birim enerjide kullanılan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın, kullanılan metalik halojenürlü lambaya göre minimum aydınlık düzeyi olarak ulaştığı değerin %15,1, maksimum aydınlık düzeyinde ulaştığı değerin %37,9 fazla olduğu görülmüştür.

### **Seçenek 2a**

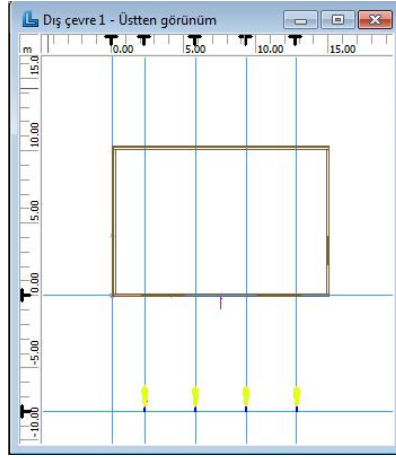
Bu alternatifte 35 W metalik halojenürlü lamba içeren, simetrik ışık yeğnlik eğrisine sahip 12 adet projektör kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtları yapı yüzeyine 8 metre uzaklıkta konumlandırılmıştır. Yapının genel yüzey alanlarının yansıtıcılığı %75 olarak belirlenmiştir. Hesaplar yapının tek cephesini kapsamaktadır.

**Işıklık parça listesi**

| Nr.     | Parça | Belirtim (Düzeltilme çarpanı)               | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|-------|---------------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 12    | Philips DWP603 1xCDM-R20-30-35W 30D (1.000) | 2000        | 47.5  |
| Toplam: |       |                                             | 24000       | 570.0 |



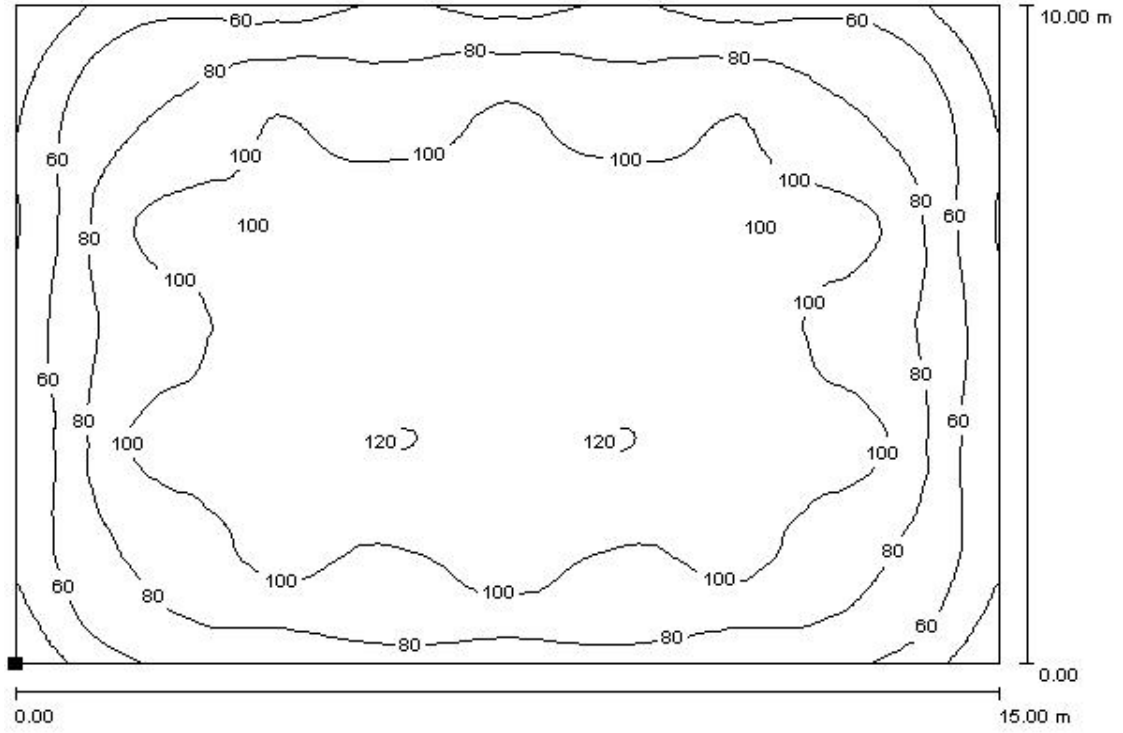
Şekil 4.13 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğinlik diyagramı



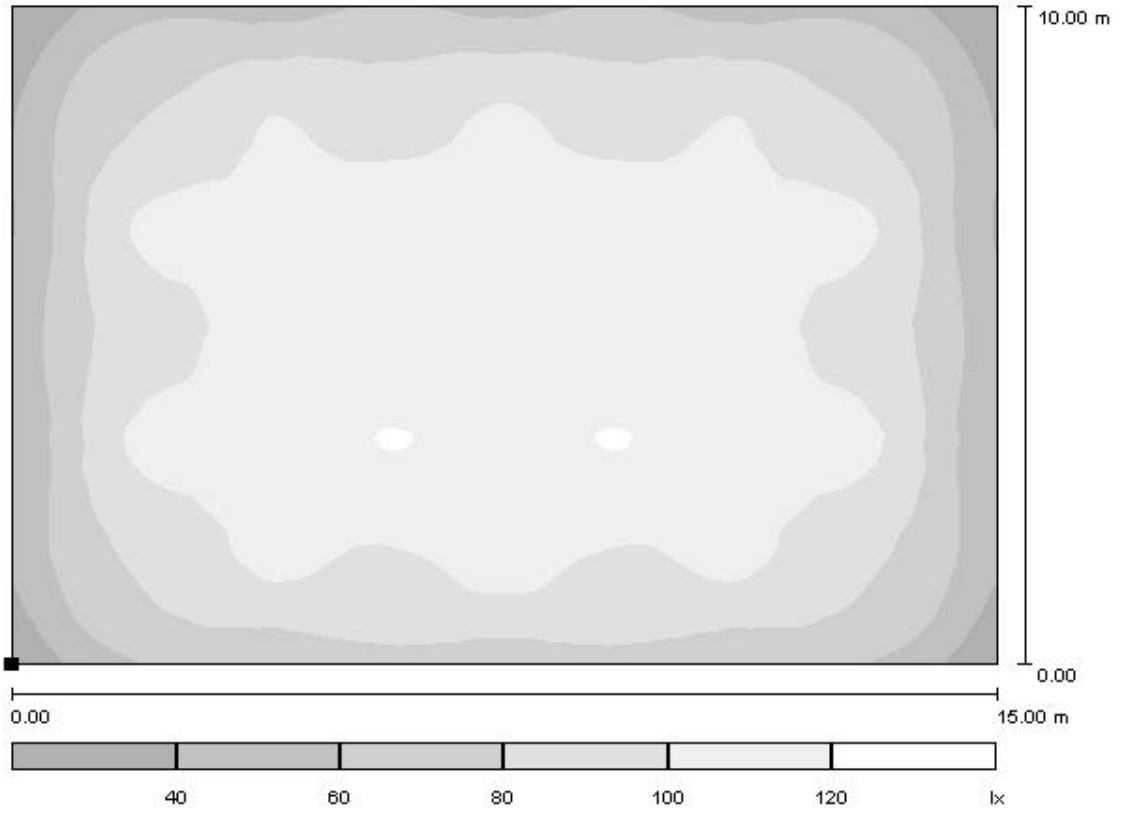
Şekil 4.14 Aydınlatma aygıtlarının konumu



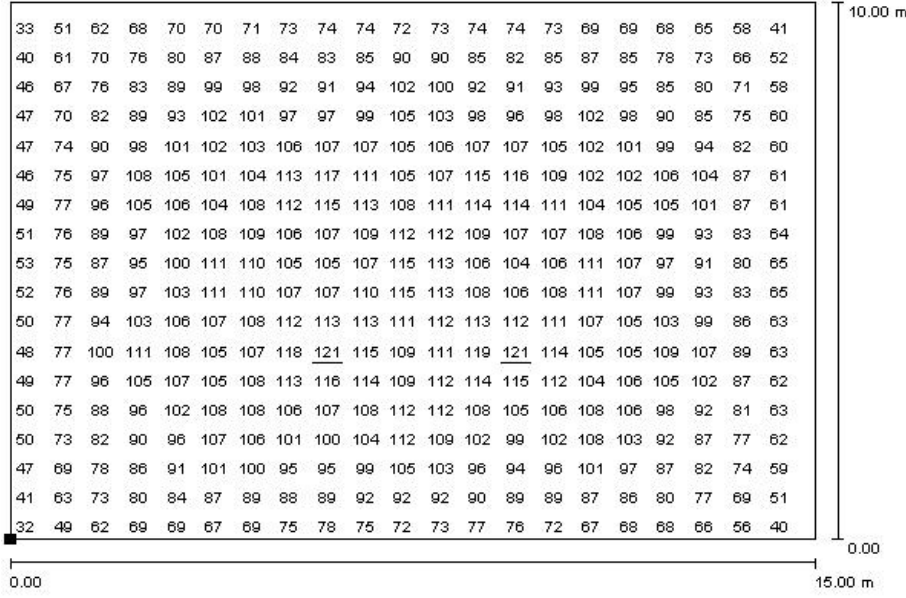
Şekil 4.15 Seçenek 2a



Şekil 4.16 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



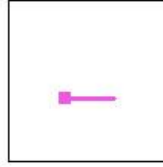
Şekil 4.17 Aydınlatılan cephedeki gri skala



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 108

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Dış çevrede yüzeyin konumu:  
İşaretlenmiş: (0.000 m, -0.100 m, 0.000 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

 $E_m$  [lx]  
90

 $E_{min}$  [lx]  
22

 $E_{maks}$  [lx]  
121

 $E_{min} / E_m$   
0.244

 $E_{min} / E_{maks}$   
0.182

Şekil 4.18 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları

**Seçenek 2b**

Seçenek 2a'a kullanılan aynı aydınlatma düzeni oluşturulmuş, aynı aydınlatma aygıtları içinde farklı ışık kaynakları kullanılarak, ışık kaynaklarının enerji etkinliği karşılaştırılmak istenmiştir. Aygıtların konumu da seçenek 2a ile aynı tutulmuştur.

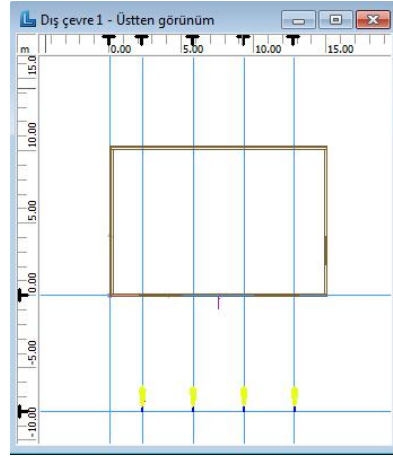
Bu alternatifte, 35 W halojen lamba içeren, simetrik ışık yeğnlik eğrisine sahip 12 adet projektör kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtları yapı yüzeyine 8 metre uzaklıkta konumlandırılmıştır. Yapının genel yüzey alanlarının yansıtıcılığı yine %75 olarak kabul edilmiştir. Hesaplar yapının tek cephesini kapsamaktadır. Halojen lambanın yapıların dış aydınlatmasında kullanımı uygun olmamaktadır, karşılaştırma sonuçlarını görmek için bu uygulama yapılmıştır.

## Işıklık parça listesi

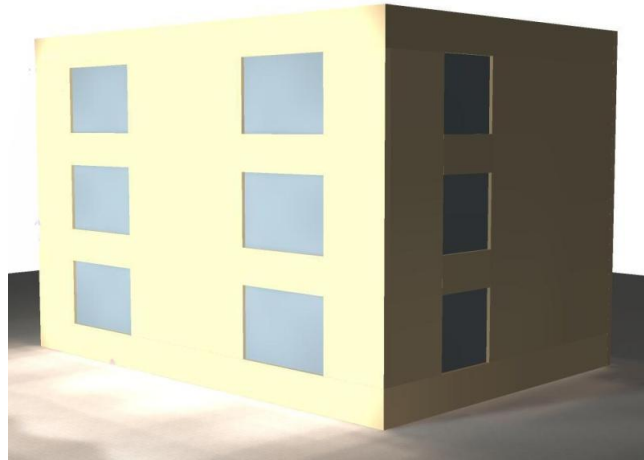
| Nr.     | Parça | Belirtim (Düzeltilme çarpanı)                | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|-------|----------------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 12    | Philips DWP603 1xHAL-MR50-36-35W 36D (1.000) | 770         | 35.0  |
| Toplam: |       |                                              | 9240        | 420.0 |



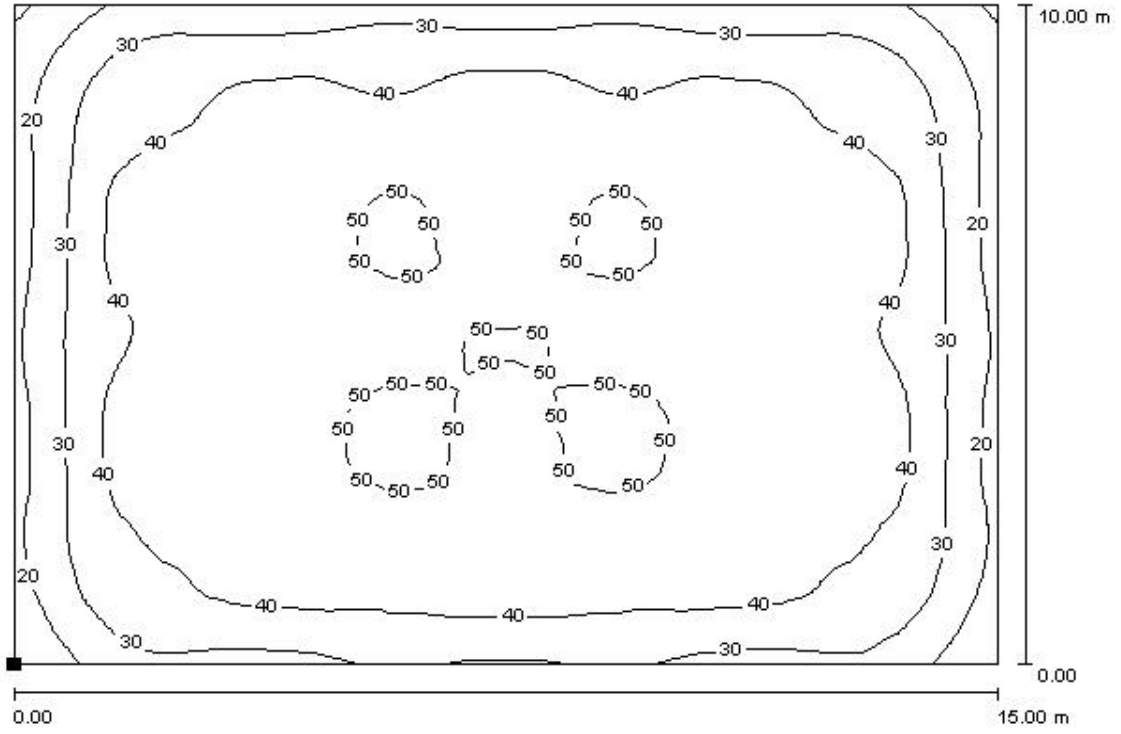
Şekil 4.19 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğinlik diyagramı



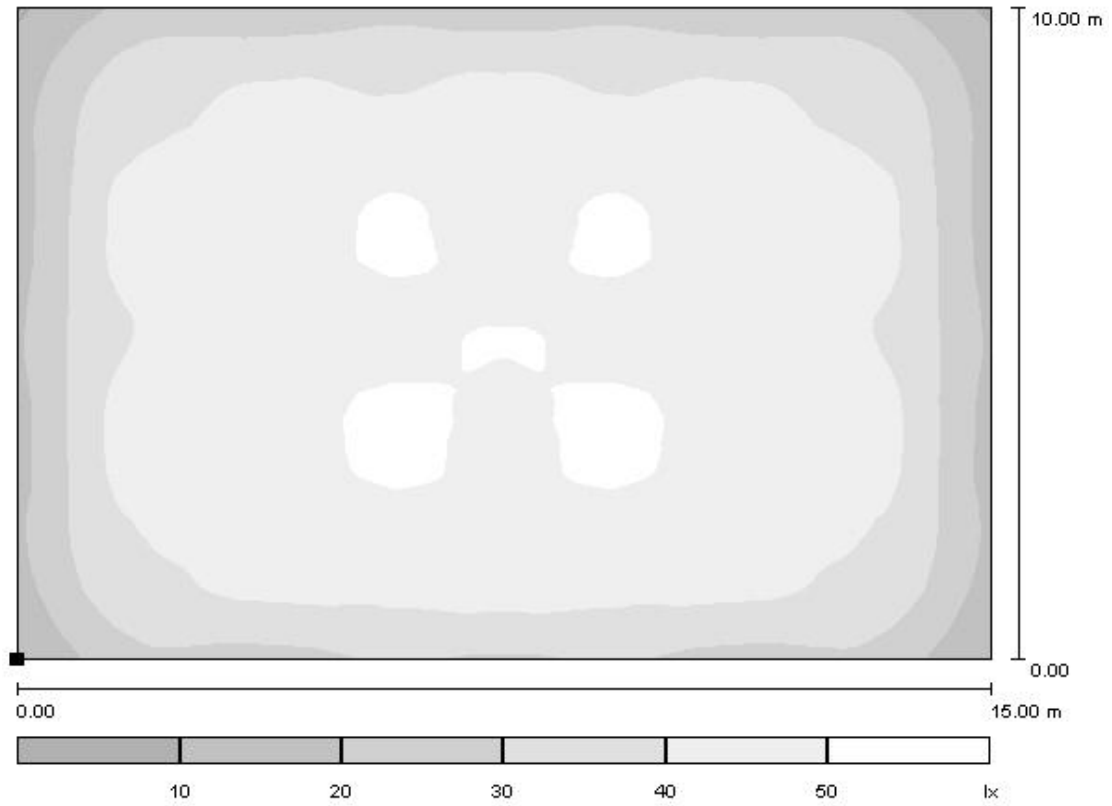
Şekil 4.20 Işık kaynaklarının konumu



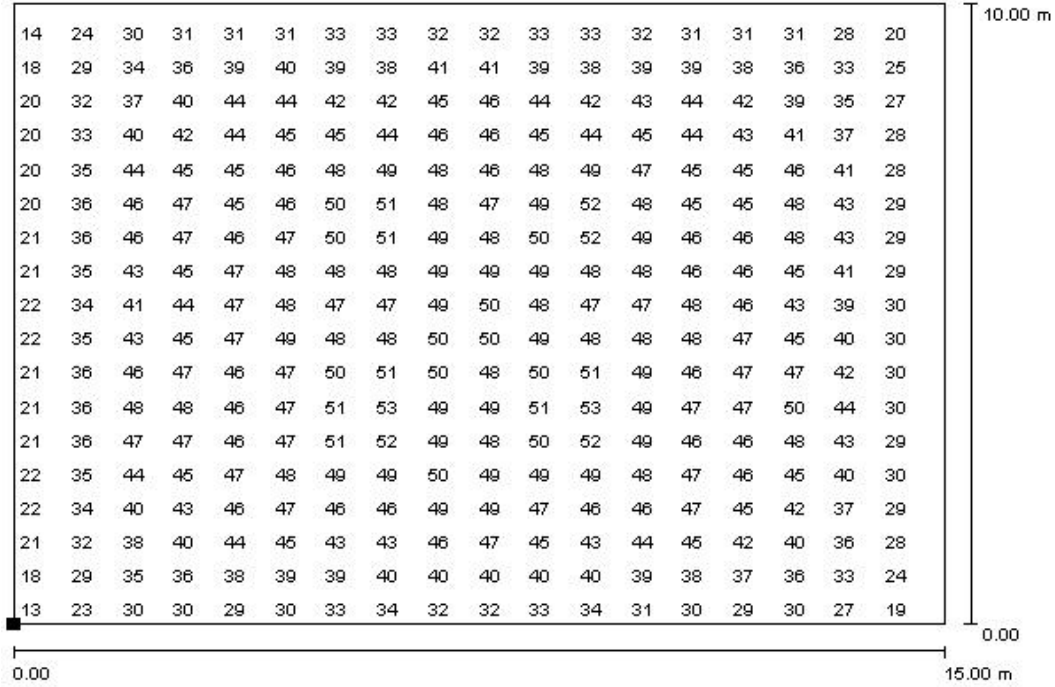
Şekil 4.21 Seçenek 2b



Şekil 4.22 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



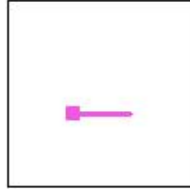
Şekil 4.23 Aydınlatılan cephedeki gri skala



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 108

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Dış çevrede yüzeyin konumu:  
İşaretlenmiş: (0.000 m, -0.100 m,  
0.000 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

$E_m$  [lx]  
40

$E_{min}$  [lx]  
8.72

$E_{maks}$  [lx]  
54

$E_{min} / E_m$   
0.218

$E_{min} / E_{maks}$   
0.163

Şekil 4.24 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları

### Değerlendirme

Aynı aygıt içerisinde metalik halojenürlü lamba ve halojen lambanın kullanımıyla oluşturulan seçenek 2a ve 2b aydınlatma düzenlerinin hesap sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Seçenek 2a ve seçenek 2b hesap sonuçlarının karşılaştırılması

| Lamba cinsi         | Aygıt sayısı | Kullanılan enerji | Toplam ışık akısı | Ortalama | Eminimum | Emaksimum |
|---------------------|--------------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------|
| Metalik halojenürlü | 12           | 570 W             | 24000 lm          | 90 lx    | 22 lx    | 121 lx    |
| Halojen             | 12           | 420 W             | 9240 lm           | 40 lx    | 8,72 lx  | 54 lx     |

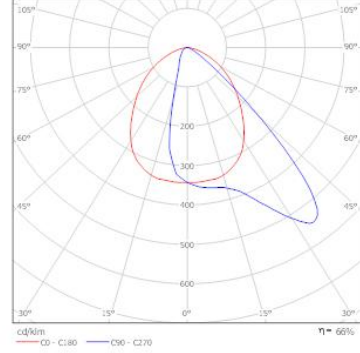
Yapılan karşılaştırmalar sonucu kullanılan metalik halojenürlü lambanın, kullanılan halojen lambaya göre birim enerjide %91,4 daha fazla ışık akısına sahip olduğu, %66,3 daha fazla ortalama aydınlık düzeyi oluşturduğu görülmüştür. Yine birim enerjide kullanılan metalik halojenürlü lambanın, kullanılan halojen lambaya göre minimum aydınlık düzeyi olarak ulaştığı değerin %85,7, maksimum aydınlık düzeyinde ulaştığı değerin %64,3 fazla olduğu görülmüştür.

### **Seçenek 3**

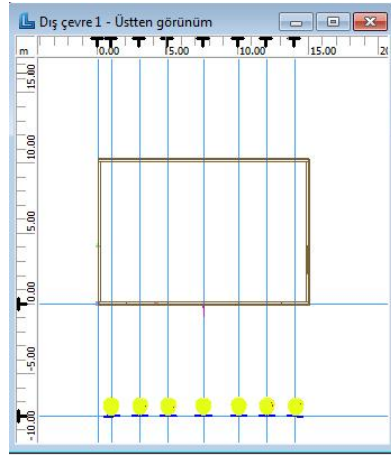
Bu alternatifte 48 adet diyot içeren, simetrik ışık yeğnlik eğrisine sahip, 120 cm boyunda 23 adet LED modül sistemi kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtları yapı yüzeyine 8 metre uzaklıkta konumlandırılmıştır. Yapının genel yüzey alanlarının yansıtıcılığı %75 olarak belirlenmiştir. Hesaplar yapının tek cephesini kapsamaktadır.

## Işıklık parça listesi

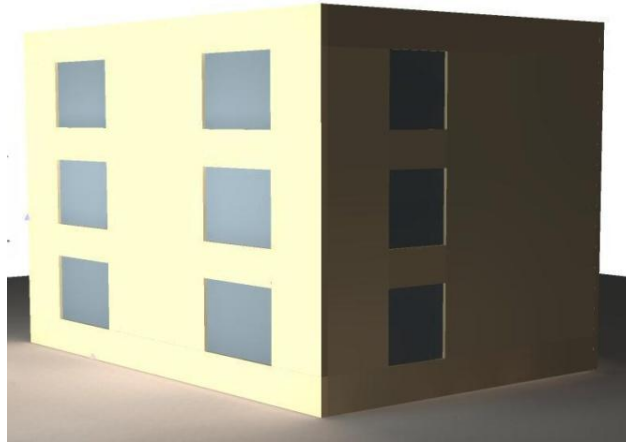
| Nr.     | Parça | Belirtim (Düzeltilme çarpanı)                       | $\Phi$ [lm] | P [W]  |
|---------|-------|-----------------------------------------------------|-------------|--------|
| 1       | 23    | Philips LEDline 2 BCS722 48xLED-K2-R00/NW A (1.000) | 2160        | 66.1   |
| Toplam: |       |                                                     | 49680       | 1519.6 |



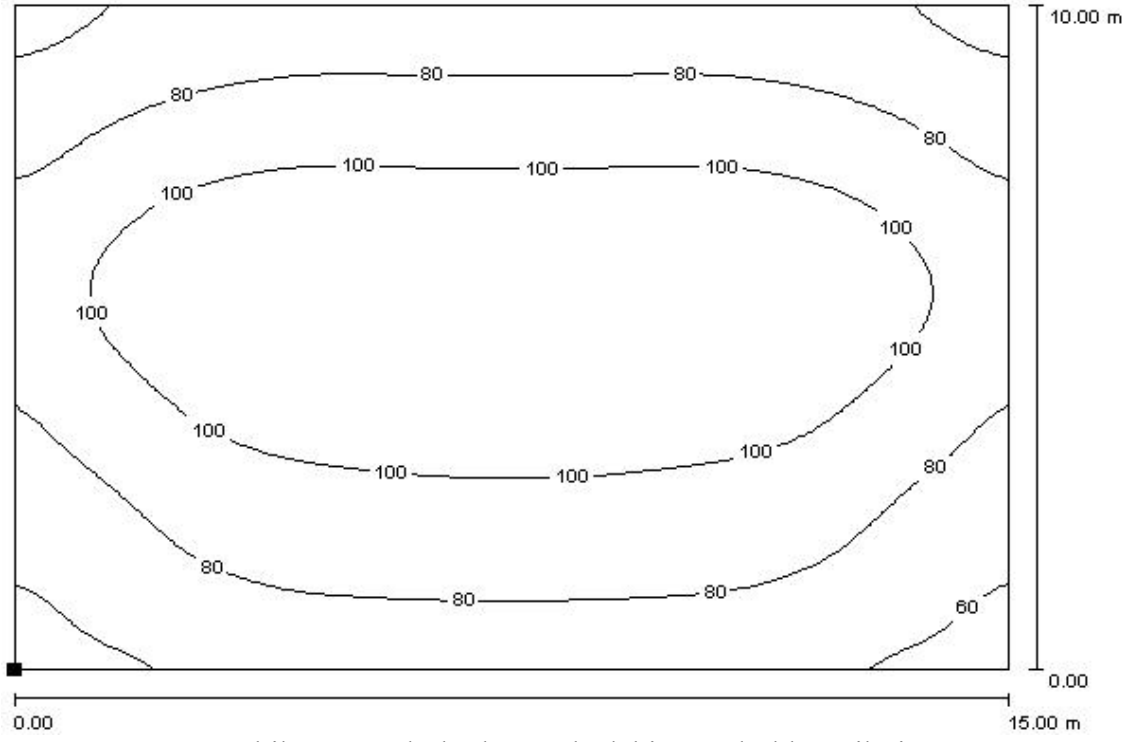
Şekil 4.25 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğinlik diyagramı



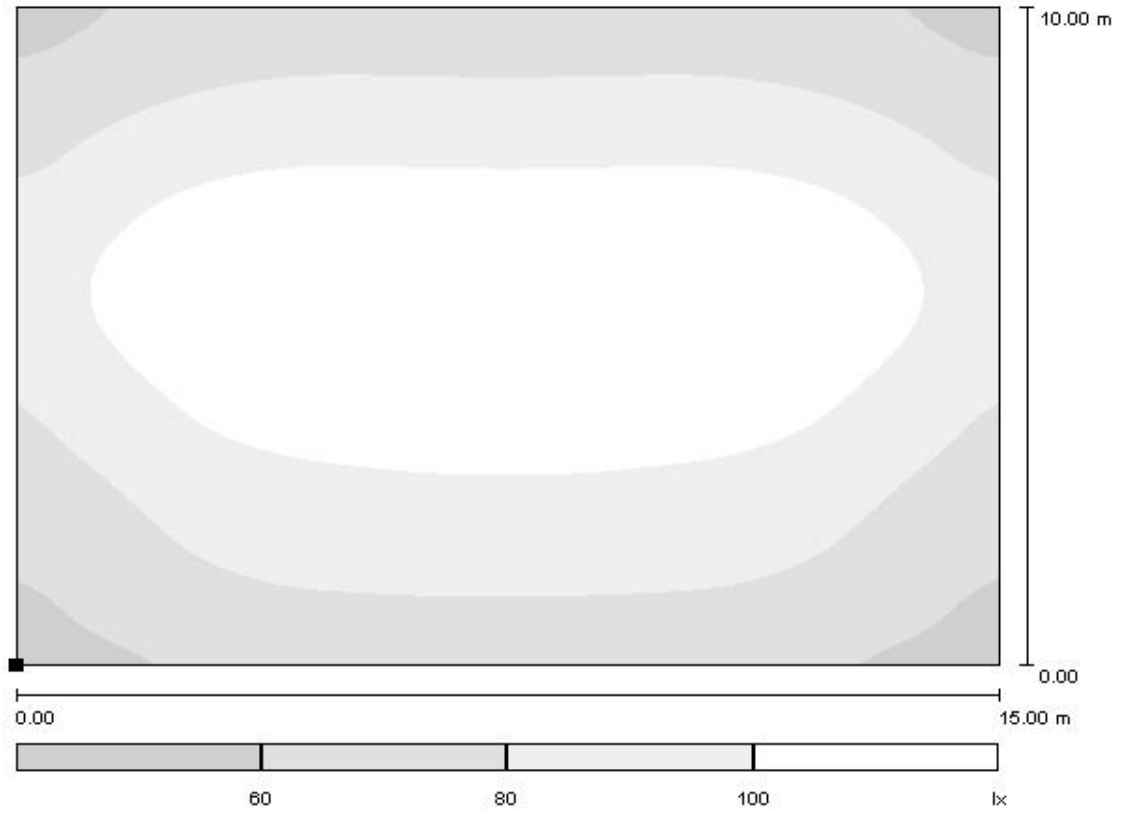
Şekil 4.26 Işık kaynaklarının konumu



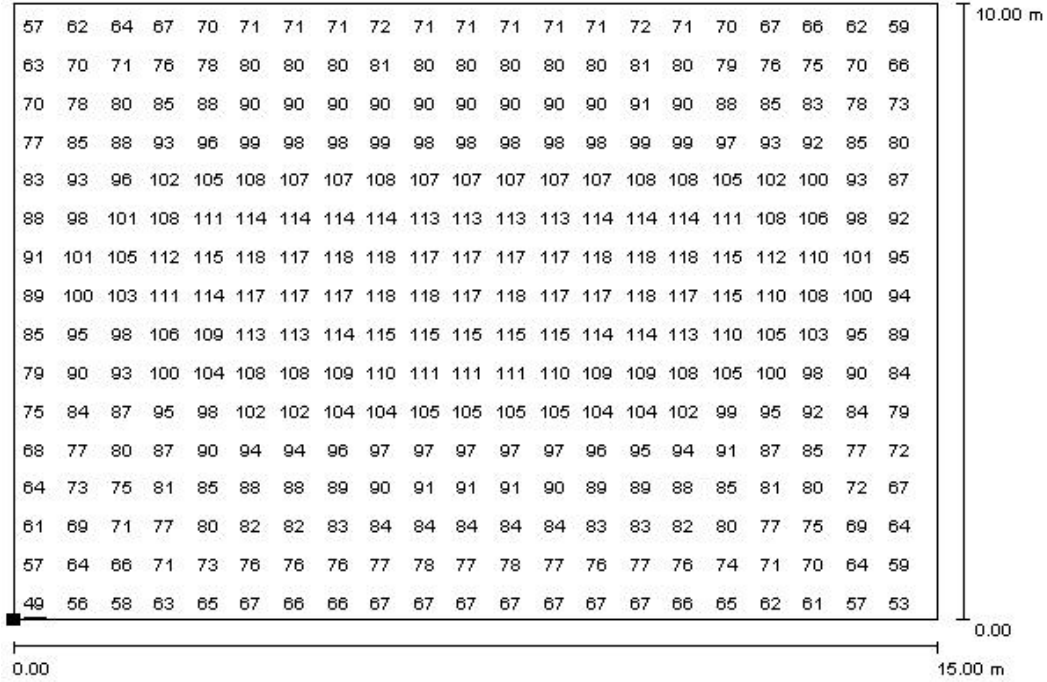
Şekil 4.27 Seçenek 3



Şekil 4.28 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



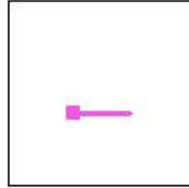
Şekil 4.29 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 108

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Dış çevrede yüzeyin konumu:  
İşaretlenmiş: (0.000 m, -0.100 m,  
0.000 m)



Ağ: 64 x 64 Noktalar

$E_m [lx]$   
90

$E_{min} [lx]$   
49

$E_{maks} [lx]$   
119

$E_{min} / E_m$   
0.546

$E_{min} / E_{maks}$   
0.415

Şekil 4.30 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları

### Değerlendirme

LED aydınlatma aygıtlarının sistemleri çok farklı olup, aynı aygıt için değişik ışık kaynaklarıyla karşılaştırılması yapılamadığından, aynı ortalama aydınlık düzeyini veren, sodyum buharlı lamba ve metalik halojenürlü lamba içeren farklı aygıtların kullanımıyla oluşturulan seçenek 1a ve 2a aydınlatma düzenlerinin hesap sonuçlarıyla genel bir karşılaştırılması yapılmıştır (Çizelge 4.4). Her üç alternatifte de yapı yüzeyinde oluşan ortalama aydınlık düzeyi değeri 90 lx'tür.

Çizelge 4.4 Seçenek 1a, seçenek 2a ve seçenek 3 hesap sonuçlarının karşılaştırılması

| Işık kaynağı cinsi             | Aygıt sayısı | Kullanılan enerji | Toplam ışık akısı | Ortalama | Eminimum | Emaksimum |
|--------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------|
| Yüksek basınçlı sodyum buharlı | 4            | 676 W             | 70000 lm          | 90 lx    | 57 lx    | 123 lx    |
| Metalik halojenürlü            | 12           | 570 W             | 24000 lm          | 90 lx    | 22 lx    | 121 lx    |
| LED                            | 23           | 1519,6 W          | 49680 lm          | 90 lx    | 49 lx    | 119 lx    |

Yapılan karşılaştırmalar sonucu kullanılan LED ışık kaynağının, kullanılan yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba ve metalik halojenürlü lambaya göre, daha az ışık akısıyla eşit ortalama aydınlık düzeyi sağladığını, ancak bunun için daha fazla enerji kullandığını ve çok sayıda aygıt kullanımı gerektirdiği görülmektedir.

#### 4.2 Uygulama 2 - Aydınlatma Aygıtlarının Geriveriminin Karşılaştırılması

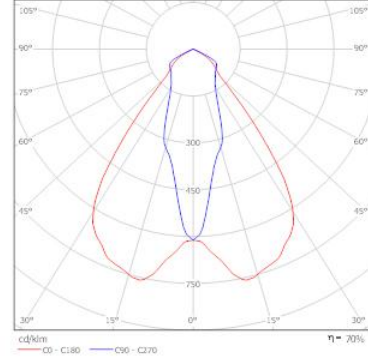
Bu uygulamada, aydınlatma aygıtlarının geriverimleri karşılaştırılacaktır.

##### Seçenek 1

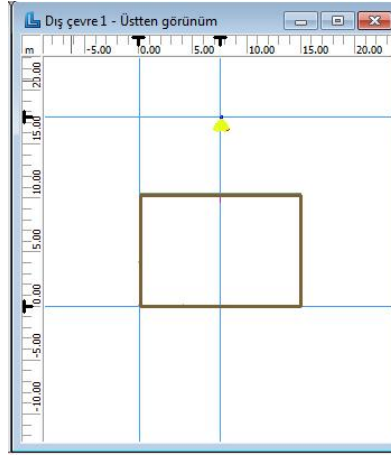
Bu alternatifte 150 W metalik halojenürlü lamba içeren, simetrik ışık yeğnlik eğrisine sahip 1 adet projektör kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtı yapı yüzeyine 7.5 metre uzaklıkta konumlandırılmıştır. Yapının genel yüzey alanlarının yansıtıcılığı %75 olarak belirlenmiştir. Hesaplar yapının tek cephesini kapsamaktadır.

## Işıklık parça listesi

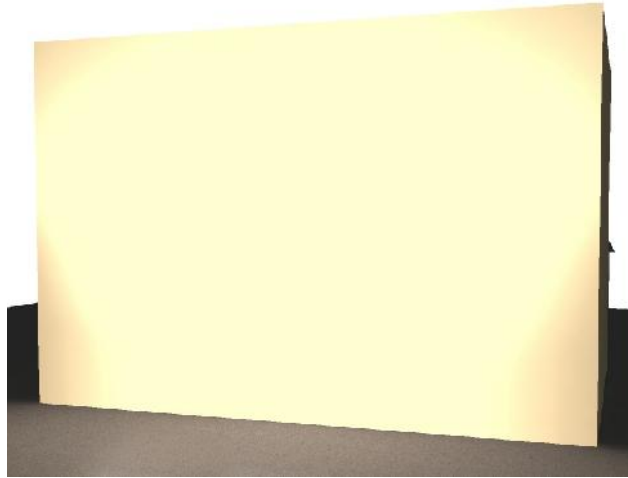
| Nr.     | Parça | Belirtim (Düzeltilme çarpanı)         | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|-------|---------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 1     | Philips RVP251 1xCDM-TD150W S (1.000) | 13250       | 164.5 |
| Toplam: |       |                                       | 13250       | 164.5 |



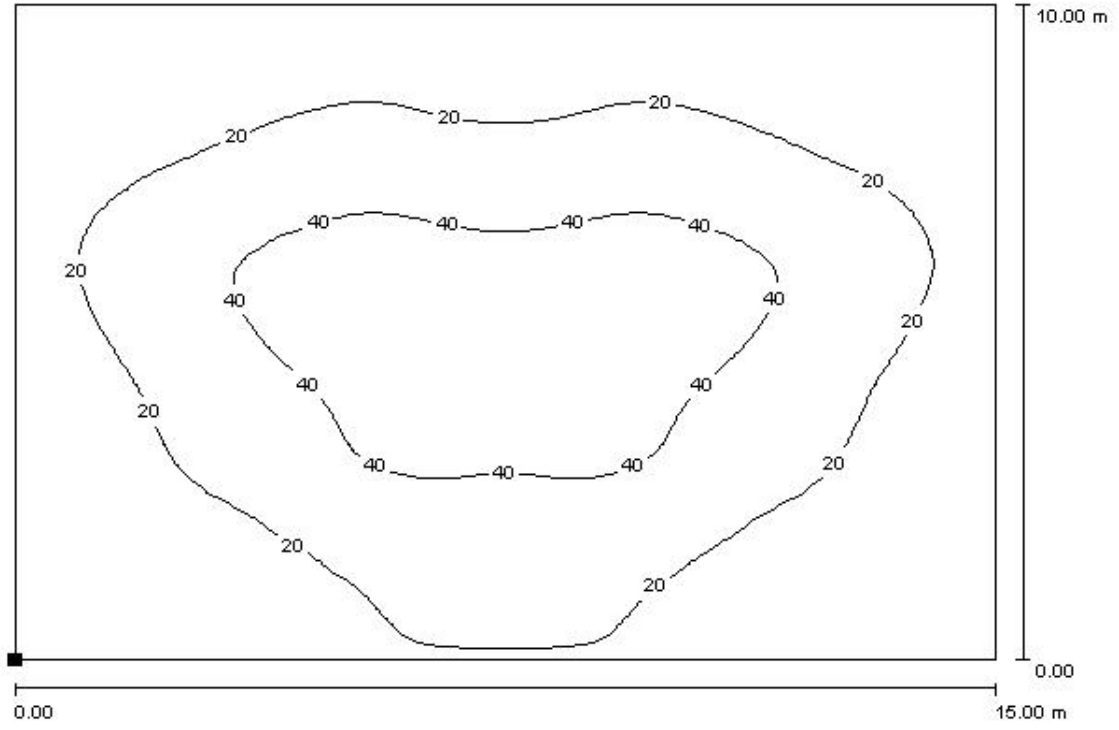
Şekil 4.31 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğinlik diyagramı



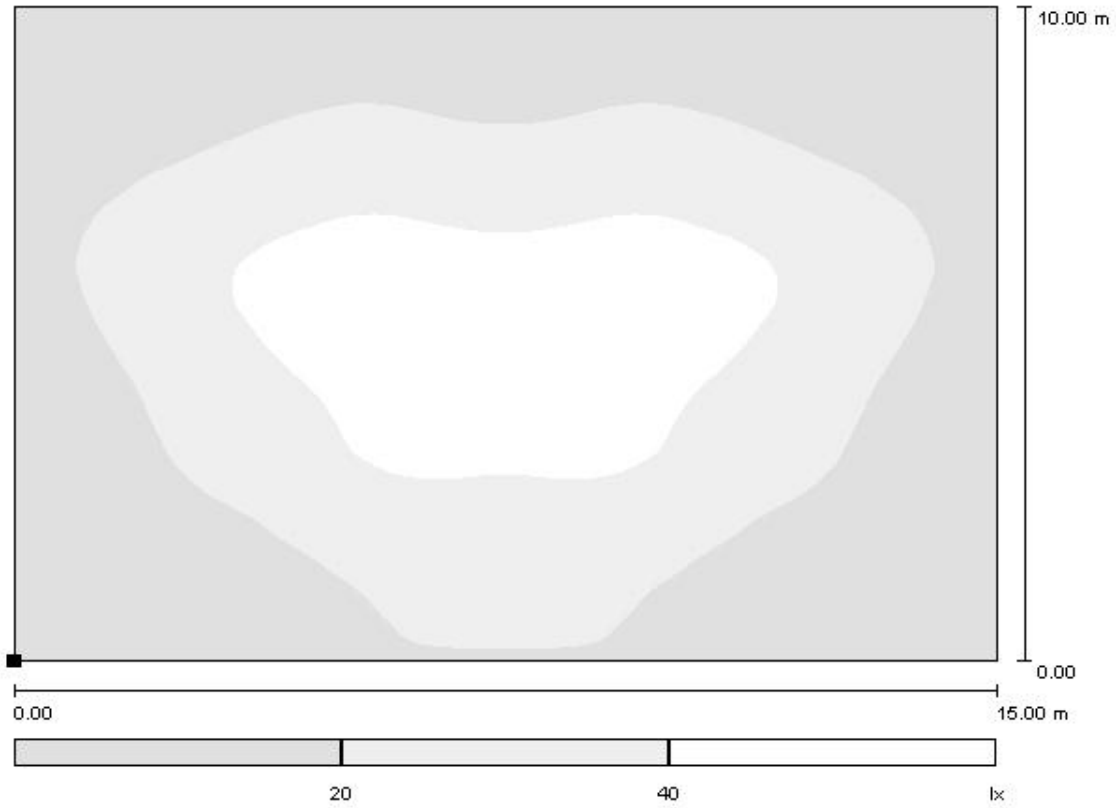
Şekil 4.32 Işık kaynağının konumu



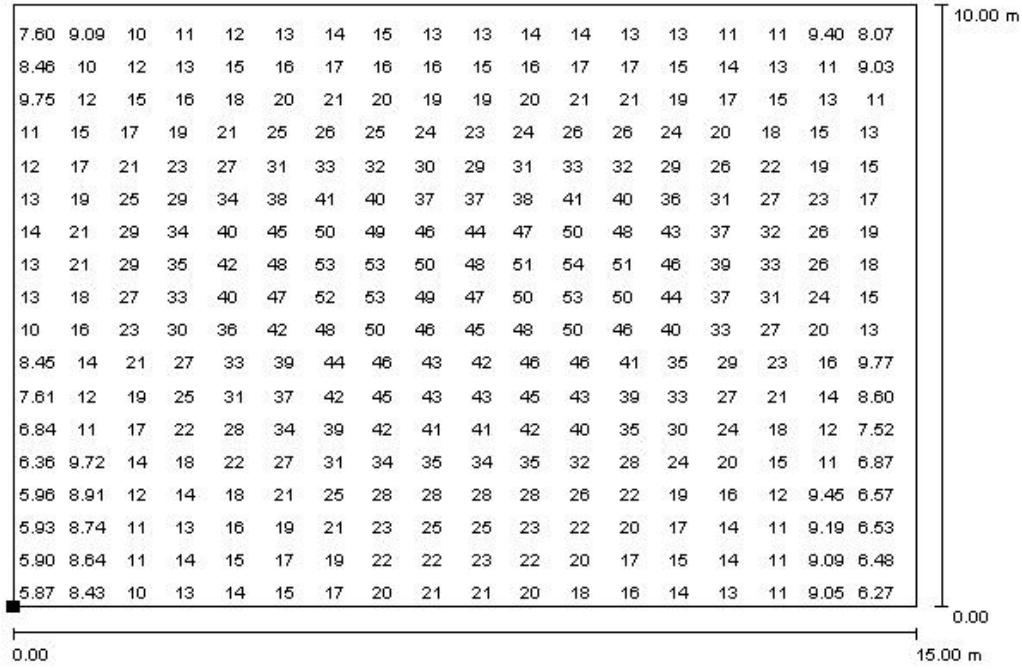
Şekil 4.33 Seçenek 1



Şekil 4.34 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



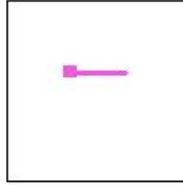
Şekil 4.35 Aydınlatılan cephedeki gri skala



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 108

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Dış çevrede yüzeyin konumu:  
İşaretlenmiş: (0.000 m, 10.400 m,  
0.000 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

 $E_m [lx]$   
24

 $E_{min} [lx]$   
4.19

 $E_{maks} [lx]$   
55

 $E_{min} / E_m$   
0.174

 $E_{min} / E_{maks}$   
0.077

Şekil 4.36 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları

**Seçenek 2**

Seçenek 1'da kullanılan aynı aydınlatma düzeni oluşturulmuş, aynı ışık kaynağı içeren farklı aydınlatma aygıtı kullanılarak, aydınlatma aygıtlarının geriverimi karşılaştırılmak istenmiştir. Aygıtın konumu da seçenek 1 ile aynı tutulmuştur.

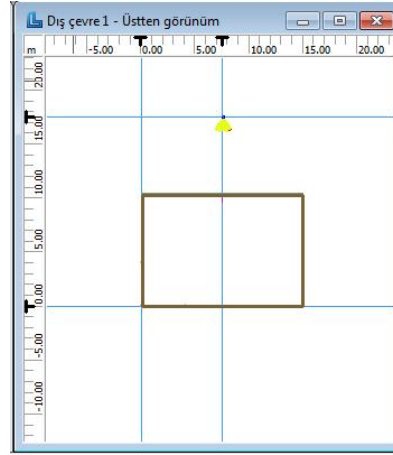
Bu alternatifte, 150 W metalik halojenürlü lamba içeren, simetrik ışık yeğirlik eğrisine sahip 1 adet projektör kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtları yapı yüzeyine 7.5 metre uzaklıkta konumlandırılmıştır. Yapının genel yüzey alanlarının yansıtıcılığı yine %75 olarak kabul edilmiştir. Hesaplar yapının tek cephesini kapsamaktadır.

**Işıklık parça listesi**

| Nr.     | Parça | Belirtim (Düzeltilme çarpanı)         | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|-------|---------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 1     | Philips MVF619 1xCDM-TD150W S (1.000) | 13250       | 164.5 |
| Toplam: |       |                                       | 13250       | 164.5 |



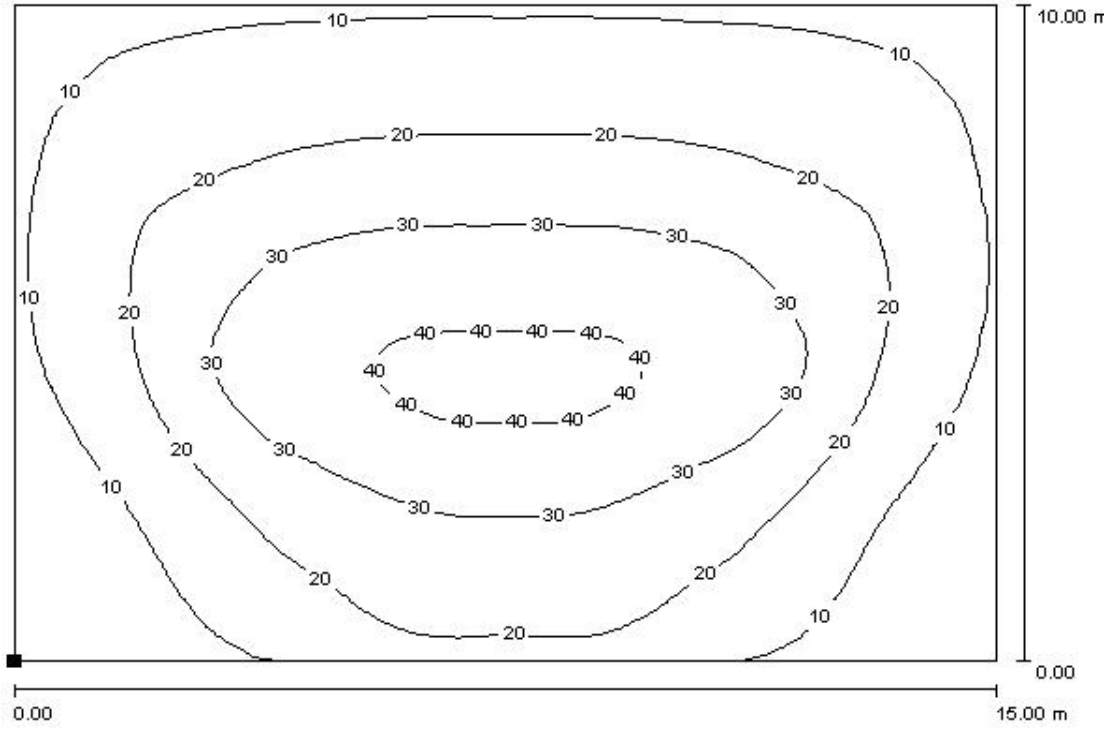
Şekil 4.37 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğlilik diyagramı



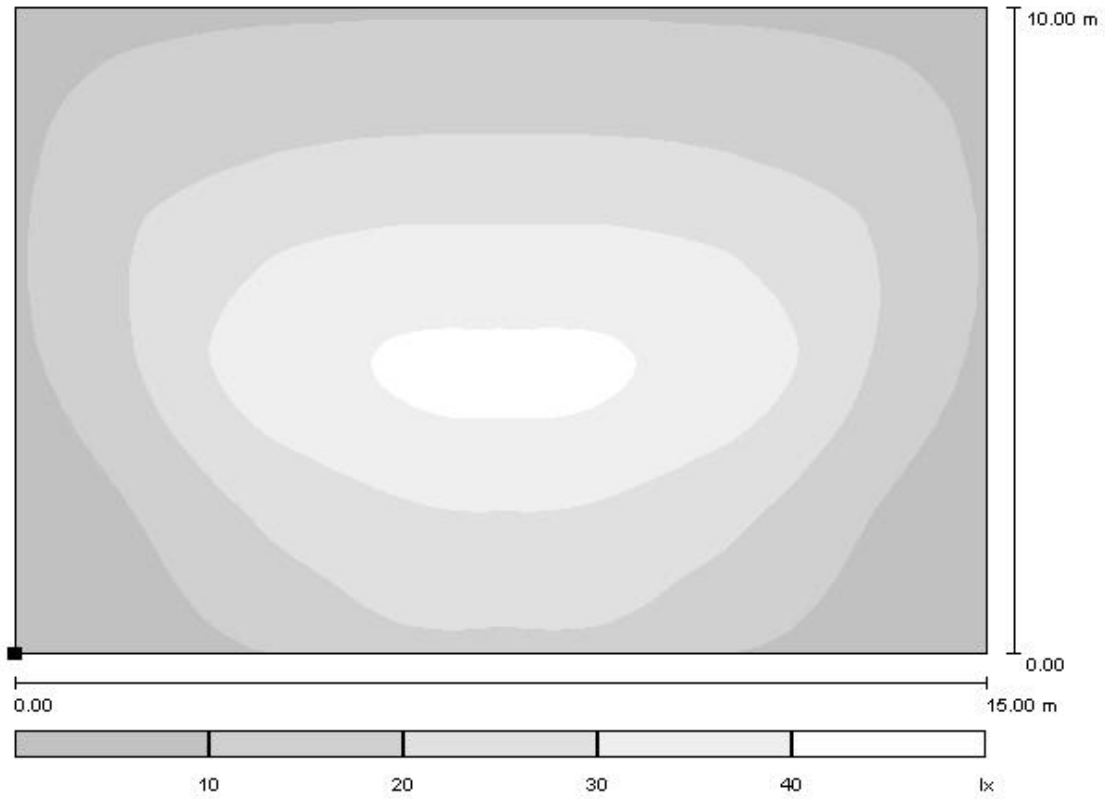
Şekil 4.38 Işık kaynağının konumu



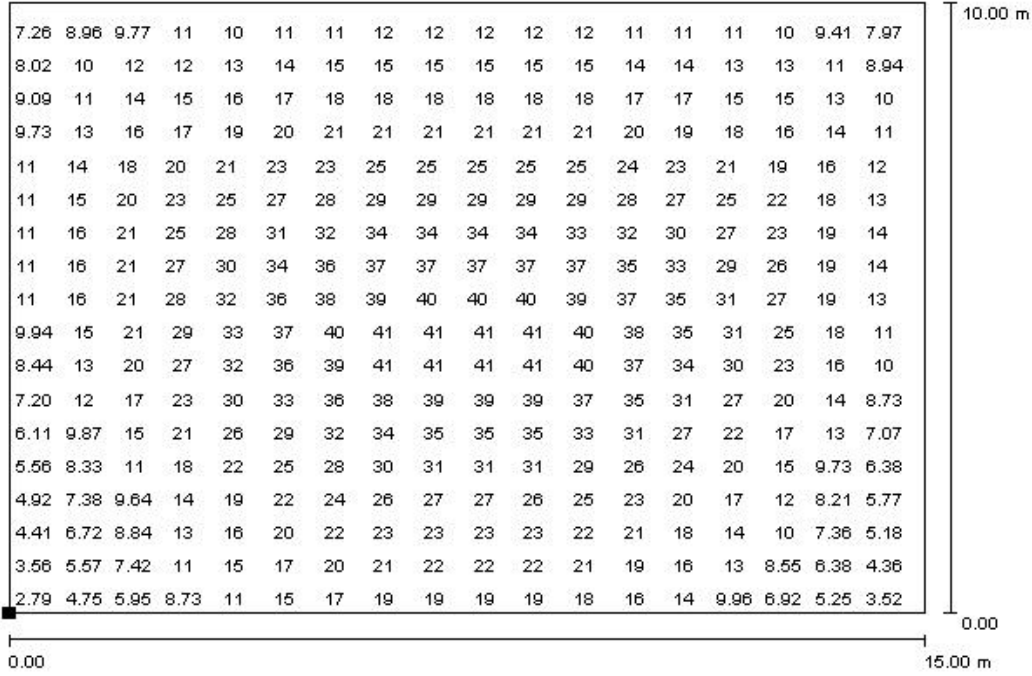
Şekil 4.39 Seçenek 2



Şekil 4.40 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



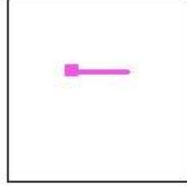
Şekil 4.41 Aydınlatılan cephedeki gri skala



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 108

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Dış çevrede yüzeyin konumu:  
İşaretlenmiş: (0.000 m, 10.400 m,  
0.000 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

$E_m$  [lx]  
20

$E_{min}$  [lx]  
2.01

$E_{maks}$  [lx]  
42

$E_{min} / E_m$   
0.098

$E_{min} / E_{maks}$   
0.048

Şekil 4.42 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları

### Değerlendirme

Aynı ışık kaynağı içeren iki ayrı aydınlatma aygıtının kullanımıyla oluşturulan seçenek 1 ve 2 aydınlatma düzenlerinin hesap sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 4.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Seçenek 1 ve seçenek 2 hesap sonuçlarının karşılaştırılması

| Aygıt adı | Aygıt sayısı | Kullanılan enerji | Toplam ışık akısı | Ortalama | Eminimum | Emaksimum |
|-----------|--------------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------|
| RVP251    | 1            | 164,5 W           | 13250 lm          | 24 lx    | 4,19 lx  | 55 lx     |
| MVF619    | 1            | 164,5 W           | 13250 lm          | 20 lx    | 2,01 lx  | 42 lx     |

Yapılan karşılaştırmalar sonucu her ikisi de eşit konumda, aynı metalik halojenürlü lambayı içeren, simetrik ışık yayımına sahip aygıtlardan seçenek 1 için kullanılan RVP212 adlı aydınlatma aygıtının, seçenek 2 için kullanılan MVF619 adlı aydınlatma aygıtına göre birim enerjide %20 daha fazla ortalama aydınlık düzeyi oluşturduğu görülmüştür. Yine birim enerjide, seçenek 1’de kullanılan RVP251 adlı aydınlatma aygıtının, seçenek 2’de kullanılan MVF619 adlı aygıtına göre minimum aydınlık düzeyi olarak ulaştığı değerin %108,5, maksimum aydınlık düzeyinde ulaştığı değerin %31 fazla olduğu görülmüştür.

#### 4.3 Uygulama 3 - Yapı Dış Yüzeylerinin Yansıtıcılıklarının Karşılaştırılması

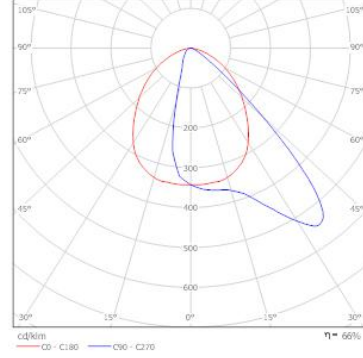
Bu uygulamada, farklı yüzey yansıtıcılıklarına sahip yapı yüzeyleri karşılaştırılacaktır.

##### Seçenek 1

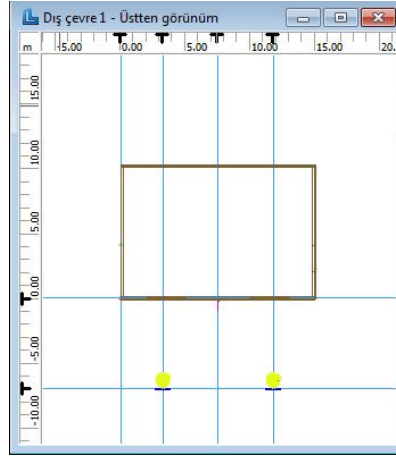
Bu alternatifte, 48 adet diyot içeren, asimetrik ışık yeğnlik eğrisine sahip, 120 cm boyunda 2 adet LED modül sistemi kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtları yapı yüzeyine 7 metre uzaklıkta konumlandırılmıştır. Yapının genel yüzey alanlarının yansıtıcılığı %70 olarak belirlenmiştir. Hesaplar yapının tek cephesini kapsamaktadır.

**Işıklık parça listesi**

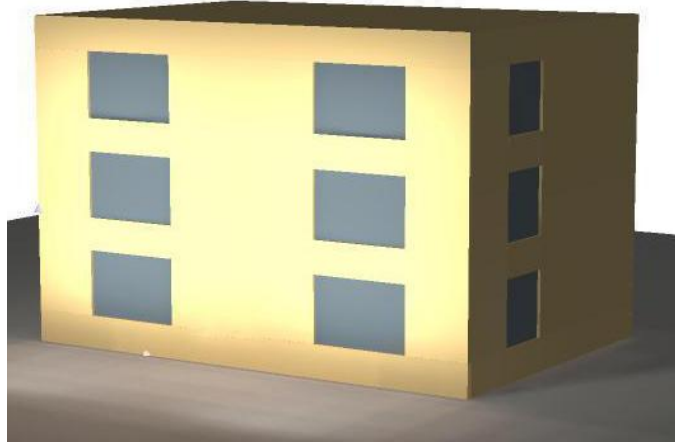
| Nr.     | Parça | Belirtim (Düzeltilme çarpanı)                       | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|-------|-----------------------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 2     | Philips LEDline 2 BCS722 48xLED-K2-R00/NW A (1.000) | 2160        | 66.1  |
| Toplam: |       |                                                     | 4320        | 132.1 |



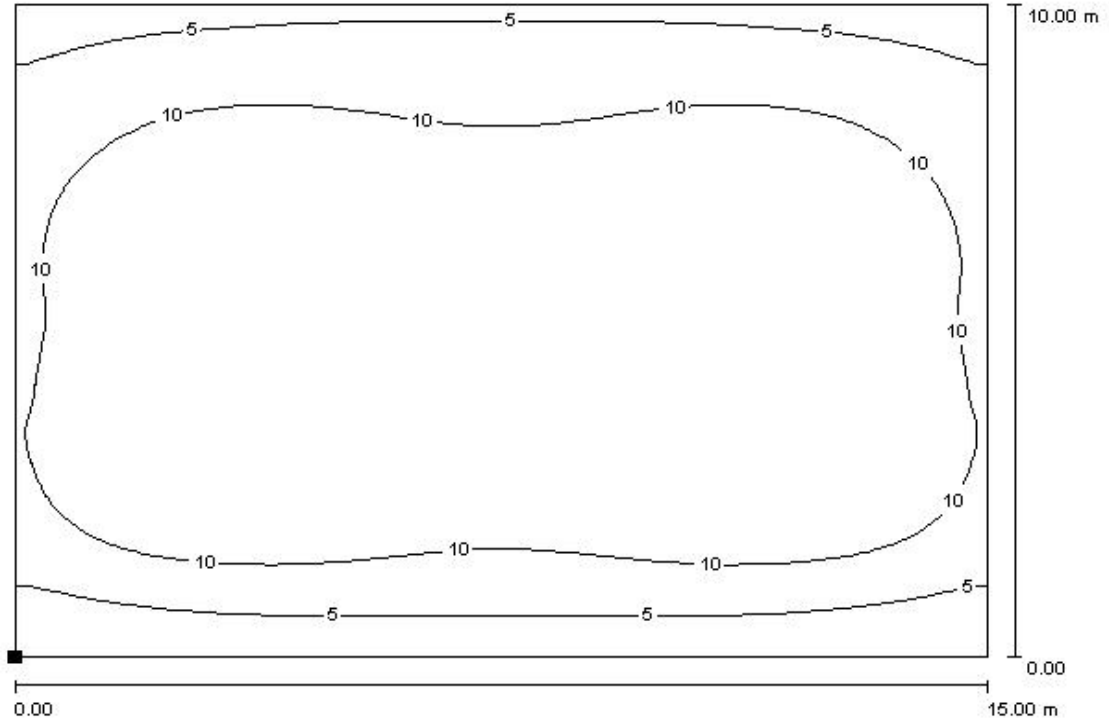
Şekil 4.43 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğinlik diyagramı



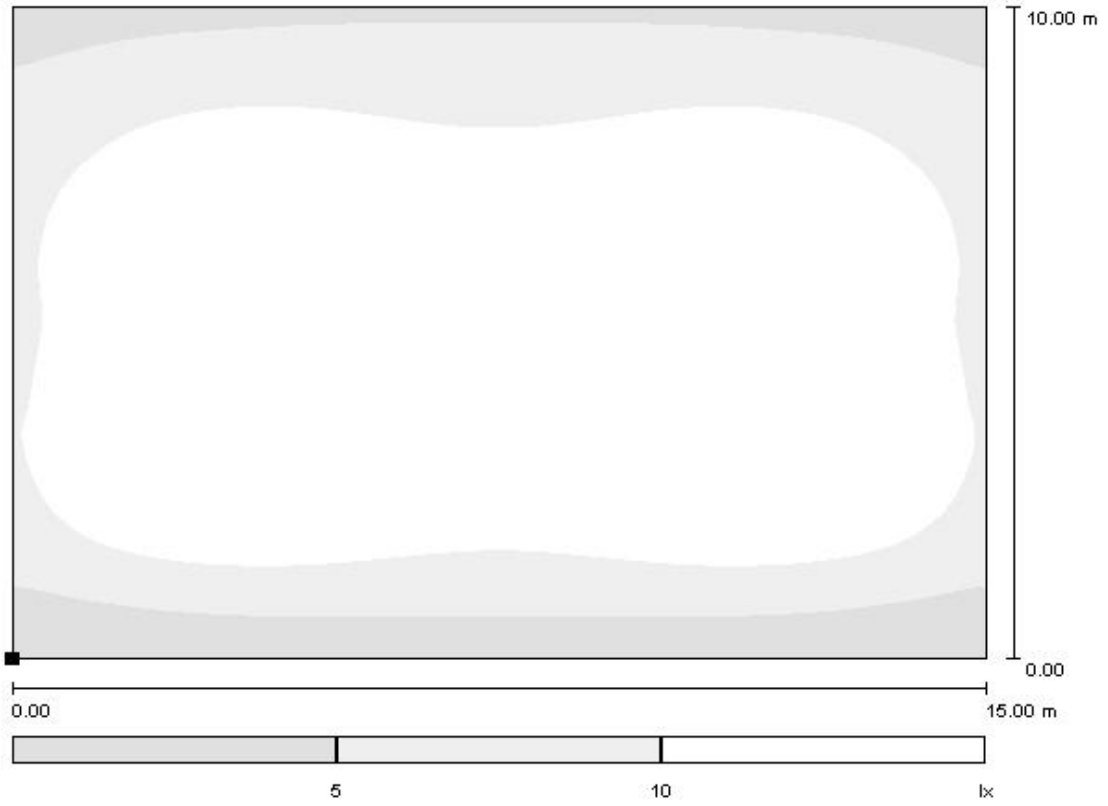
Şekil 4.44 Işık kaynaklarının konumu



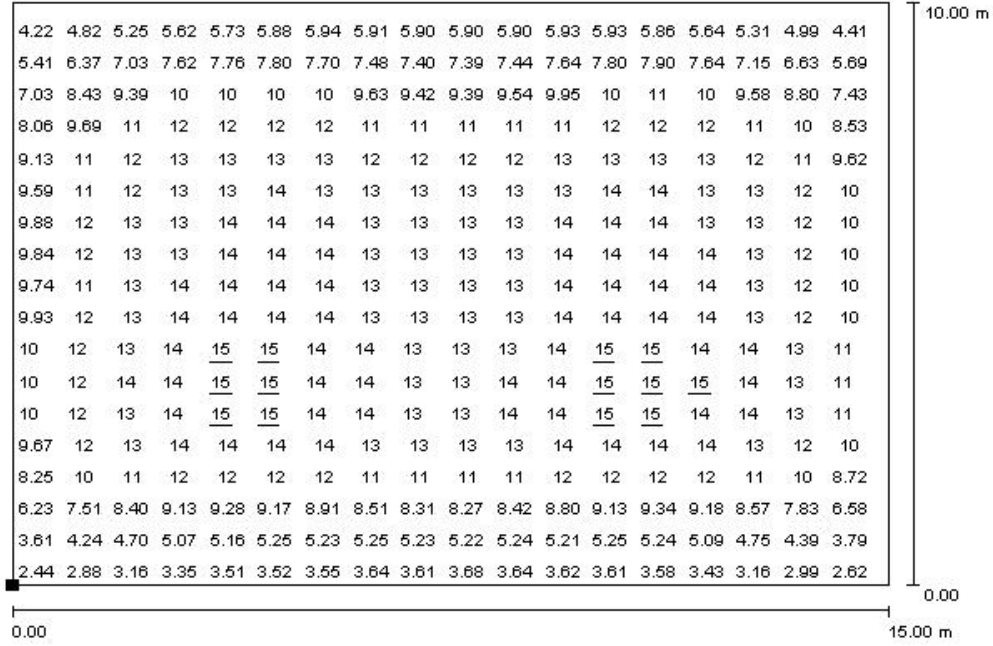
Şekil 4.45 Seçenek 1



Şekil 4.46 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



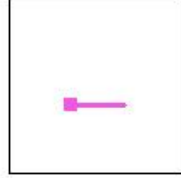
Şekil 4.47 Aydınlatılan cephedeki gri skala



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 108

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Dış çevrede yüzeyin konumu:  
İşaretlenmiş: (0.000 m, -0.100 m,  
0.000 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

 $E_m [lx]$   
10

 $E_{min} [lx]$   
2.18

 $E_{maks} [lx]$   
15

 $E_{min} / E_m$   
0.209

 $E_{min} / E_{maks}$   
0.145

Şekil 4.48 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları

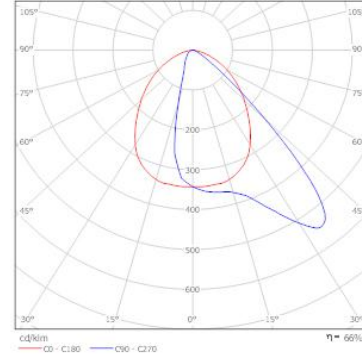
Yansıtma çarpanı ( $r$ ) %70 olarak belirlenen yapı yüzünde hesap sonuçlarına göre oluşan ortalama aydınlık düzeyi ( $E$ ) 10 lx'tür. Bu durumda yapı yüzünde oluşan ortalama ışıklılık,  $L_{ort} = E_{ort} \times r$  olduğundan 7 asb, yani  $2,23 \text{ cd/m}^2$ 'dir.

## Seçenek 2

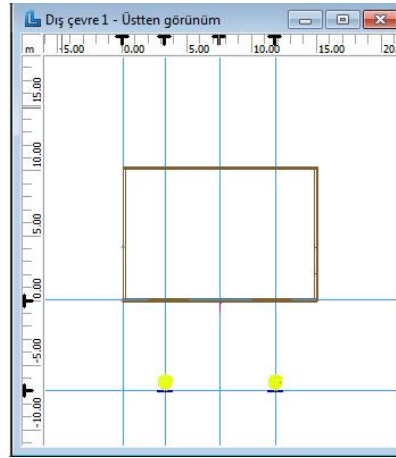
Seçenek 1'de kullanılan aynı aydınlatma düzeni oluşturulmuş, yine 48 adet diyot içeren, asimetrik ışık yeğnlik eğrisine sahip, 120 cm boyunda 2 adet LED modül sistemi kullanılmış, aydınlatma aygıtlarının konumları da yine aynı tutulmuştur (yapı yüzeyine 7 metre uzakta). Yapı yüzünün yansıtıcılık oranı değiştirilerek, yapı yüzü yansıtıcılıklarının enerji etkinliği karşılaştırılmak istenmiştir. Bu alternatifte, yapının genel yüzey alanlarının yansıtıcılığı %40 olarak belirlenmiştir. Hesaplar yapının tek cephelerini kapsamaktadır.

**Işıklık parça listesi**

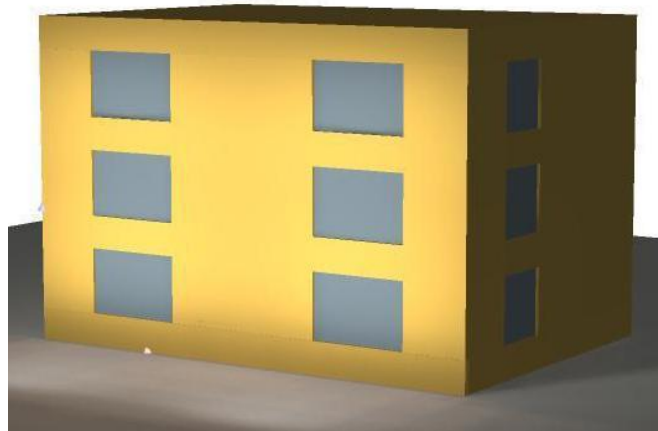
| Nr.     | Parça | Belirtim (Düzeltilme çarpanı)                       | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|-------|-----------------------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 2     | Philips LEDline 2 BCS722 48xLED-K2-R00/NW A (1.000) | 2160        | 66.1  |
| Toplam: |       |                                                     | 4320        | 132.1 |



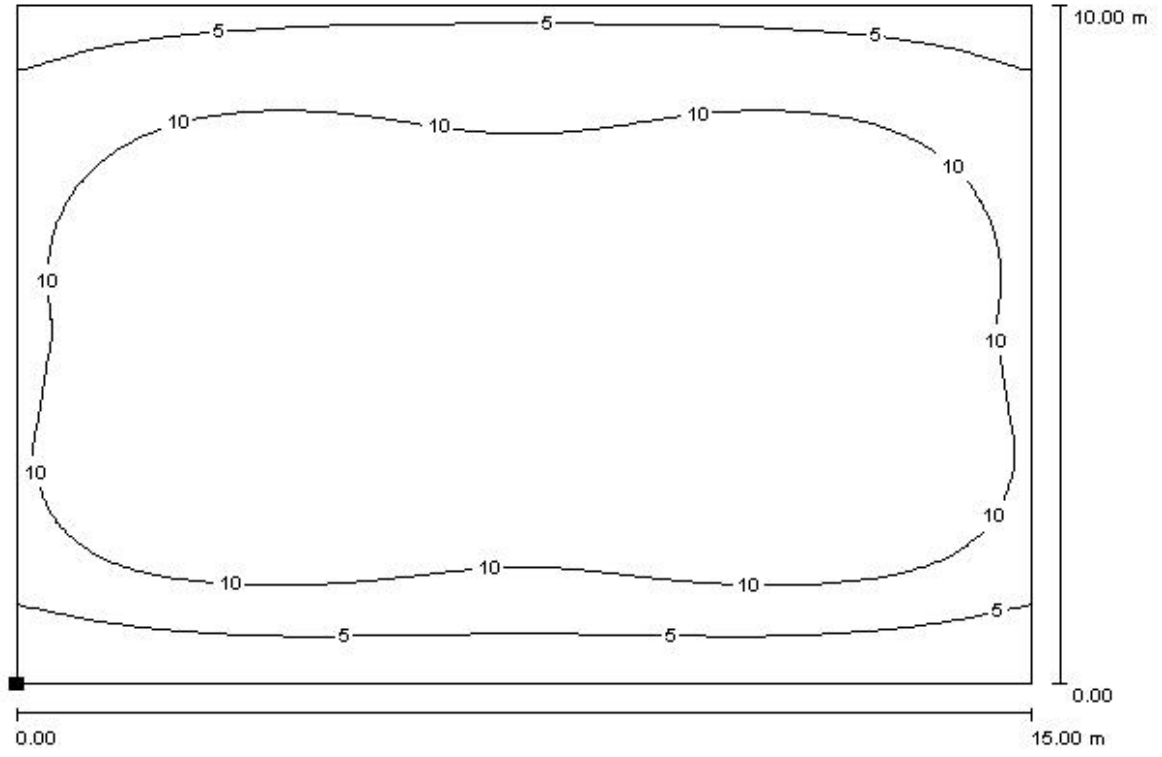
Şekil 4.49 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğinlik diyagramı



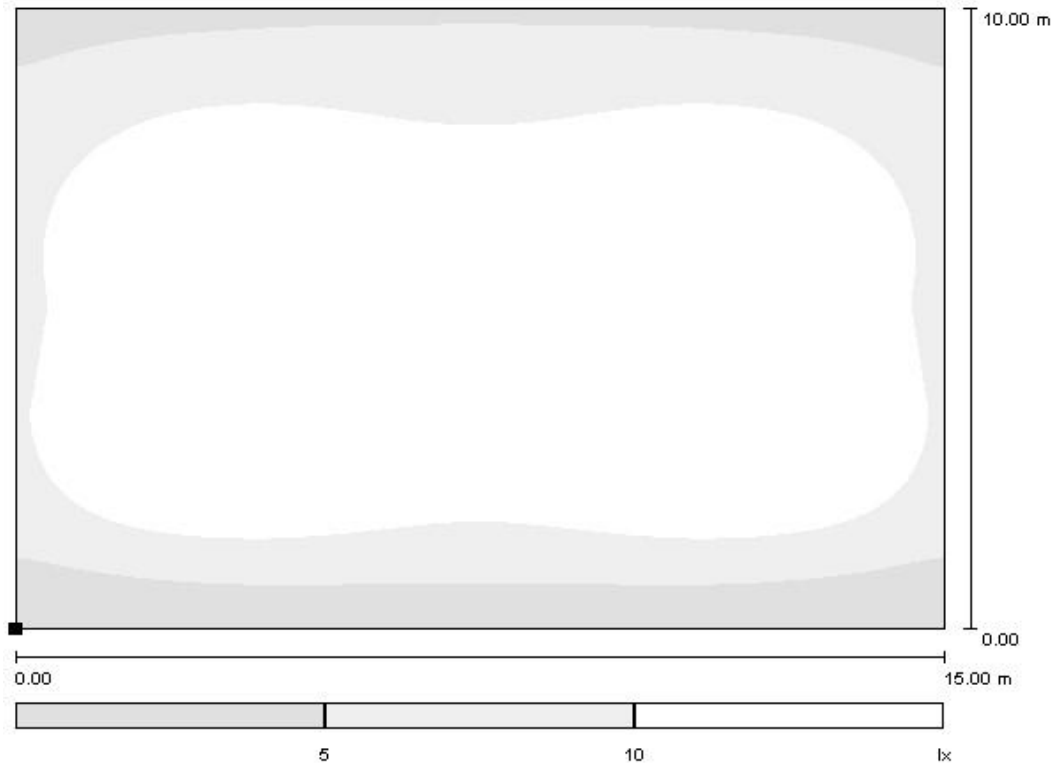
Şekil 4.50 Işık kaynaklarının konumu



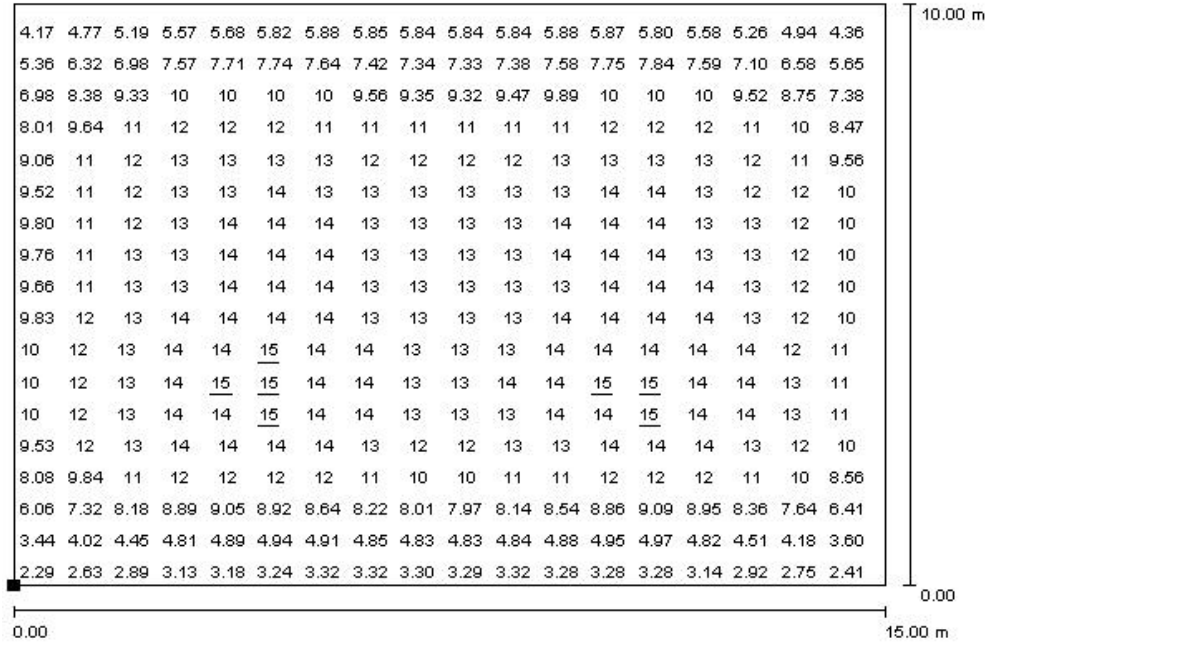
Şekil 4.51 Seçenek 2



Şekil 4.52 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



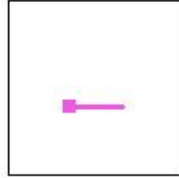
Şekil 4.53 Aydınlatılan cephedeki gri skala



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 108

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Dış çevrede yüzeyin konumu:  
İşaretlenmiş: (0.000 m, -0.100 m,  
0.000 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

$E_m$  [lx]  
10

$E_{min}$  [lx]  
2.04

$E_{maks}$  [lx]  
15

$E_{min} / E_m$   
0.198

$E_{min} / E_{maks}$   
0.137

Şekil 4.54 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları

Yansıtma çarpanı (r) %40 olarak belirlenen yapı yüzünde hesap sonuçlarına göre oluşan ortalama aydınlık düzeyi (E) 10 lx'tür. Bu durumda yapı yüzünde oluşan ortalama ışıklılık,

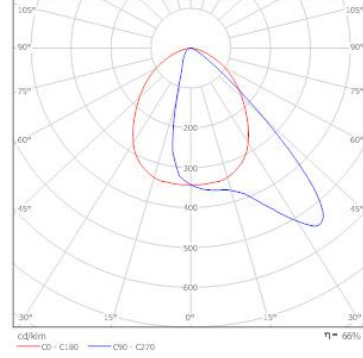
$L_{ort} = E_{ort} \times r$  olduğundan 4 asb, yani  $1,27 \text{ cd/m}^2$ 'dir.

### Seçenek 3

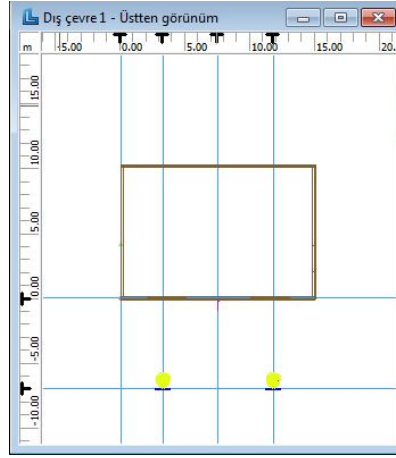
Seçenek 1 ve 2'de kullanılan aynı aydınlatma düzeni oluşturulmuş, yine 48 adet diyot içeren, asimetric ışık yeğnlik eğrisine sahip, 120 cm boyunda 2 adet LED modül sistemi kullanılmış, aydınlatma aygıtlarının konumları da yine aynı tutulmuştur (yapı yüzeyine 7 metre uzakta). Yapı yüzünün yansıtıcılık oranı değiştirilerek, yapı yüzü yansıtıcılıklarının enerji etkinliği karşılaştırılmak istenmiştir. Bu alternatifte, yapının genel yüzey alanlarının yansıtıcılığı %10 olarak belirlenmiştir. Hesaplar yapının tek cephelerini kapsamaktadır.

**Işıklık parça listesi**

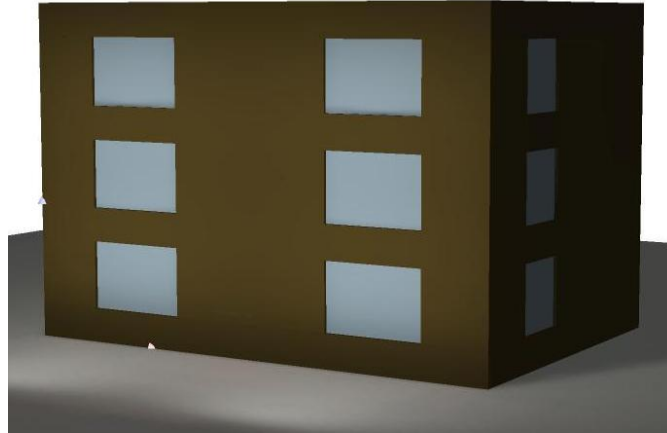
| Nr.     | Parça | Belirtim (Düzeltilme çarpanı)                       | $\Phi$ [lm] | P [W] |
|---------|-------|-----------------------------------------------------|-------------|-------|
| 1       | 2     | Philips LEDline 2 BCS722 48xLED-K2-R00/NW A (1.000) | 2160        | 66.1  |
| Toplam: |       |                                                     | 4320        | 132.1 |



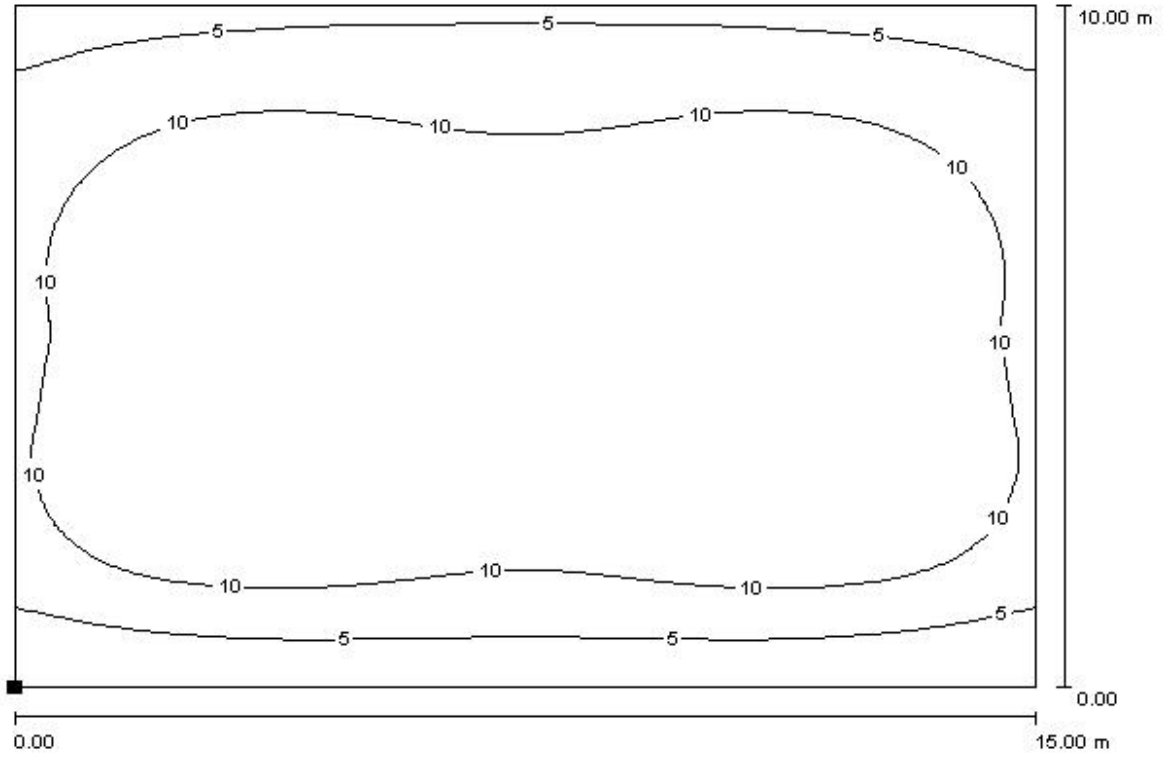
Şekil 4.55 Kullanılan ışık kaynağı, aygıt ve ışık yeğinlik diyagramı



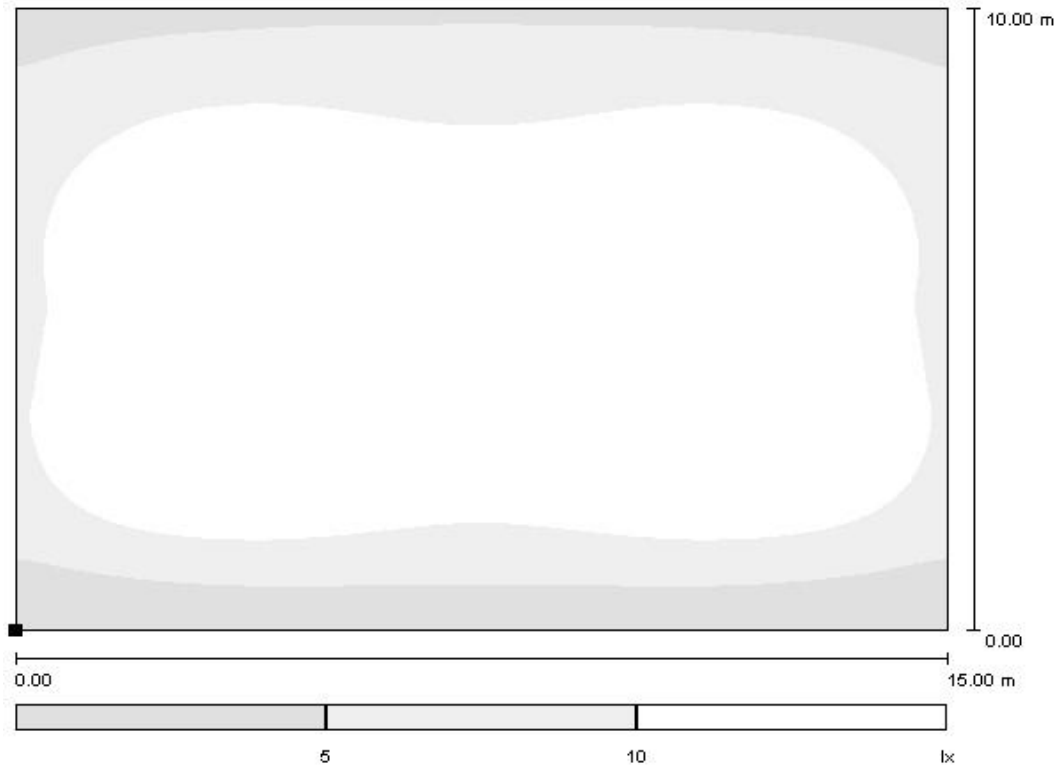
Şekil 4.56 Işık kaynaklarının konumu



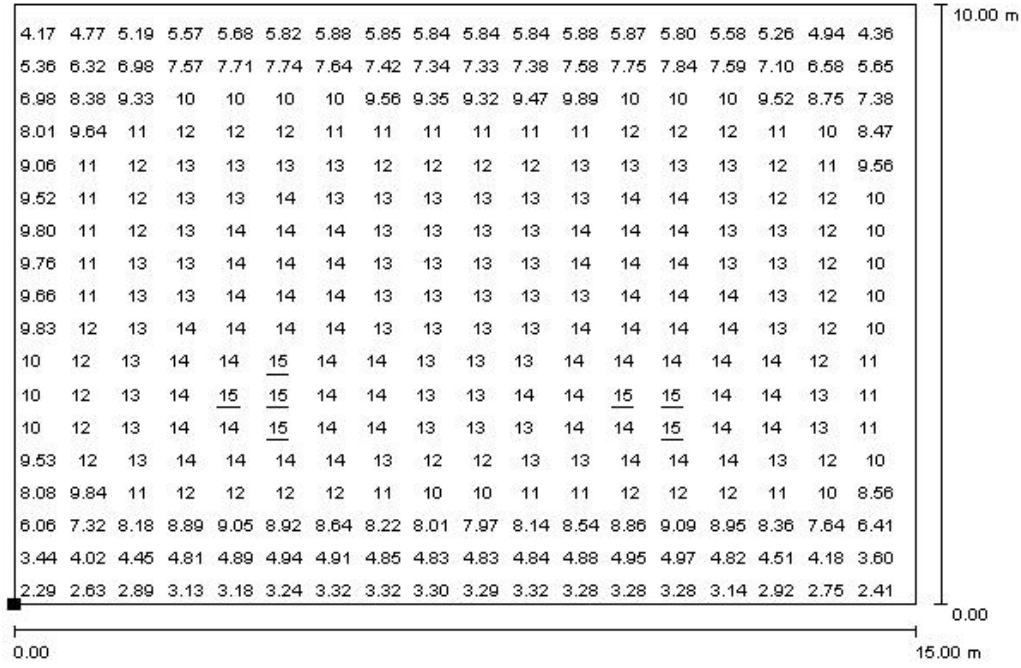
Şekil 4.57 Seçenek 3



Şekil 4.58 Aydınlatılan cephedeki eş aydınlık eğrileri



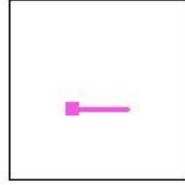
Şekil 4.59 Aydınlatılan cephedeki gri skala



... birimde değerler Lux, Ölçek 1 : 108

Hesaplanan tüm değerler gösterilemiyor.

Dış çevrede yüzeyin konumu:  
İşaretlenmiş: (0.000 m, -0.100 m,  
0.000 m)



Ağ: 128 x 128 Noktalar

 $E_m [lx]$   
10

 $E_{min} [lx]$   
2.04

 $E_{maks} [lx]$   
15

 $E_{min} / E_m$   
0.198

 $E_{min} / E_{maks}$   
0.137

Şekil 4.60 Aydınlatılan cephedeki değer grafiği ve aydınlık düzeyi hesap sonuçları

Yansıtma çarpanı (r) %10 olarak belirlenen yapı yüzünde hesap sonuçlarına göre oluşan ortalama aydınlık düzeyi (E) 10 lx'tür. Bu durumda yapı yüzünde oluşan ortalama ışıklılık,

$L_{ort} = E_{ort} \times r$  olduğundan 1 asb, 0,32 cd/m<sup>2</sup>'dir.

### Değerlendirme

Aynı tipte aydınlatma aygıtının farklı sayıda, farklı yansıtıcılığı olan yapı yüzlerinin aydınlatmasında kullanımıyla oluşturulan seçenek 1, 2 ve 3 aydınlatma düzenleri hesaplarının karşılaştırılması Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Seçenek 1, seçenek 2 ve seçenek 3 hesap sonuçlarının karşılaştırılması

| Yüzey yansıtıcılığı | Aygıt sayısı | Kullanılan enerji | Toplam ışık akısı | Ortalama | Eminimum | Emaksimum | Işıklılık $\text{cd/m}^2$ |
|---------------------|--------------|-------------------|-------------------|----------|----------|-----------|---------------------------|
| %70                 | 2            | 132,1 W           | 4320 lm           | 10 lx    | 2,18 lx  | 15 lx     | 2,23                      |
| %40                 | 2            | 132,1 W           | 4320 lm           | 10 lx    | 2,04 lx  | 15 lx     | 1,27                      |
| %10                 | 2            | 132,1 W           | 4320 lm           | 10 lx    | 2,04 lx  | 15 lx     | 0,32                      |

Yapılan karşılaştırmalar sonucu da görüldüğü gibi kullanılan aygıt cinsi, adedi ve konumu olarak aynı aydınlatma düzenine sahip seçenek 1, 9 ve 10, aydınlatma düzeyi hesap sonuçları da hemen hemen aynı olup, ancak ışıklılık değerleri aynı oranda düşüş göstermektedir.

### **Genel Değerlendirme**

Yapılan uygulamalardan da görüldüğü üzere, aydınlatmanın her aşamasında çeşitli enerji kayıpları mevcuttur. Uygulama 1’de kayıp enerjinin %66,5’e, uygulama 2’de %20’ye, uygulama 3’de de %50’ye kadar ulaştığı görülmektedir. Bu şekilde aydınlatmanın her aşamasında yanlış yapılan seçimlerle boşa harcanan enerjilerin toplamı oldukça yüksek değerlere ulaşabilmektedir. Bu yüzden yapıların aydınlatmasında, yeterli ışıklılık seçimi, yapı yüzünde yansıtıcılığı yüksek bir malzeme kullanımı, ışık kaynaklarının verimi, aydınlatma aygıtlarının geriverimi yüksek olanlardan seçilmesinin enerji kullanımı açısından çok önemli olduğu görülmektedir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, enerji etkin yapı yüzü aydınlatma ölçütlerinin neler olması gerektiği ortaya konmuştur. Yapılan çalışmalar sonucu, enerji etkin yapı yüzü aydınlatma tasarımı yapılırken, tez çalışmasında da ortaya konulduğu üzere, şu adımlar izlenmelidir.

1. Öncelikle kent ölçeğinde aydınlatılmak istenilen yapıların seçimi, enerji etkin aydınlatmanın ilk adımını oluşturduğundan, aydınlatma master planları doğrultusunda bu seçimler yapılmalıdır.
2. Yapı ölçeğinde enerji etkin aydınlatma tasarımında ise, yeni yapılacak yapılarda ilk tasarım evresinden başlayarak, dış aydınlatma, mimari tasarım ölçütü olarak değerlendirilerek planlama yapılmalıdır. Varolan yapılarda ise, yapı ve çevresindeki yapıları çevrede inceleme yapılmalı, yapının çevresi ile ilişkisi ve mimari özellikleri doğrultusunda, yapı yüzünde oluşturulmak istenen ışıklılık değerleri belirlenmelidir. Aydınlatılacak yapıların çevresindeki yol, meydan vb. aydınlatmalar hesaba katılmalıdır. Yapı yüzleri için yeterli görünürlük sağlanıyorsa gereksiz aydınlatmalardan kaçınılmalıdır.

Yapı yüzeyinin doku ve renk özellikleri, yansıtma çarpanı değerleri incelenerek yapı yüzünde oluşturulması gerekli aydınlık niceliği ve konunun özelliklerine uygun düşecek aydınlık niteliği belirlenmelidir.. İstenen etkiyi oluşturabilecek ışık kaynakları ve aydınlatma aygıtlarının seçimi yapılmalıdır. Bu seçim yapılırken ışık kaynaklarında verim, aygıtlarda ise geriverim enerji etkin aydınlatma tasarımı için en önemli ölçütlerdir. Aynı etkiyi oluşturabilecek ışık kaynaklarından verimi en yüksek olan, aygıtlardan da geriverimi en yüksek olan aydınlatma aygıtı seçilmelidir.

3. Oluşturulan aydınlatma sistemlerinin, eğer dinamik aydınlatma söz konusu değilse, kullanım süresi boyunca aynı nicelik ve nitelikte aydınlık oluşturması istenmekte olduğundan, uygulanacak periyodik bakım programları ile, her aydınlatma sistemi için bir bakım çarpanı belirlenip sistem kontrolleri, bakım ve temizlikleri sağlanmalıdır.

4. Bu aşamalardan sonra en önemli adımlardan biri aydınlatma kullanım sürelerinin programlanmasıdır. Yine kent ölçeğinde yapılacak planlamalarla, yapıların bulundukları bölgenin ziyaretçiler tarafından kullanım yoğunluğu dikkate alınarak, kimi yapılarda belli gün ve saatlerde aydınlatma senaryoları hazırlanıp, loşlaştırma ve kapatma sağlayan kontrol sistemlerinin kullanımı oldukça önemlidir.

Yapılardaki aydınlatma sistemlerinin kullanım süresine ilişkin öneriler yapılarak ve aydınlatma

programı aracılığıyla sanal bir yapı üzerinde değişik durumlar değerlendirilerek enerji yönünden yapılan karşılaştırmalarla, aydınlatma uygulamalarında ışık kaynağı, aygıt ve yapı yüzey malzemesi seçimlerinin aydınlatmada enerji kullanımı bakımından oldukça önemli olduğu bir kez daha görölmüştür. Bu seçimler yapılırken yüzey yansıtıcılığı yüksek olan malzeme, ışık verimi yüksek olan ışık kaynakları ve geriverimi yüksek olan aydınlatma aygıtlarının seçilmesine özen gösterilmelidir.

Mevcut yapılar için yapı ve çevresiyle ilgili inceleme ve planlama çalışmalarının kapsamlı yapılması, yeni yapılacak yapılarda ise aydınlatma sistemlerinin bir tasarım öğesi olarak mimari projeyle eş zamanlı olarak yürütölmesi, enerji korunumu açısından olumlu katkılar sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

Ahunbay, Z., (2004), Tarihi Çevre Koruma Ve Restorasyon, Yapı Yayın, İstanbul.

Arıcı, P., (1999), İstanbul Aydınlatma Master Planı Bölgeleme Çalışmalarında Haliç Bölgesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, İstanbul.

Aydın, Ş. ve Sözen M.Ş., (2004), “Işık Kaynaklarının Tarihsel Gelişim Süreci Ve Etkin Enerji Kullanımı”, V. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 7-8 Ekim 2004, İstanbul.

Bean, R., (2004), Lighting: Interior and Exterior, Architectural Press, Great Britain.

CIBSE ILE, (1995), Lighting The Environment, UK.

CIE, (1992), Technical Report Guide To The Lighting Of Urban Areas, CIE 92-1992.

CIE, (1993), Technical Report Guide For Floodlighting, CIE 94-1993.

Çatay, İ., (2002), Tarihi Yapıların Aydınlatma Sorunları Ve Aydınlatma Sistemlerinin Restorasyon İlkeleri Açısından İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, İstanbul.

Çolak, N., (2008), “Verimli Aydınlatma”, Lighting Magazine, 4:16-17.

Kaşlı, Ö., (2007), Tarihi Yarımada'da Öncelikli Aydınlatmalar Ve Tarihi Yarımada'nın İstanbul Silüetine Gece Etkisinin İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, İstanbul.

Kınalı, N., (2002), “Enerji Saving Interior And Exterior Lighting By Using Controller”, The 2nd Balkan Conference On Lighting, 3-4 Ekim 2002, İstanbul.

Laganier, V., (2004), “LED Wall Of Light”, International Lighting Review, 2004 Yearbook

Özenç, S. ve Güler, Ö., (2009), “Kent Aydınlatma Sistemlerinde Elektronik Bileşen Kullanımının Önemi”, V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 7-10 Mayıs 2009, İzmir.

Öztürk, L.D., (1992), Kent Aydınlatma İlkeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Philips Lighting, (1995), Floodlighting For City Beauty 10/95, UK.

Philips LD, (1971), The Floodlighting Of Buildings 4/71, Netherland.

Simpson, R.S., (2003), Lighting Control, Focal Press, Burlington.

Sirel, Ş., (1991), “Aydınlatmada Enerji Kaybı”, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü.

Sirel, Ş., (1992), “Aydınlığın Niteliği”, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü.

Sirel, Ş., (1996), “Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar”, Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü.

Sirel, Ş., (1997), Aydınlatma Sözlüğü, Yem Yayın, İstanbul.

Şerefhanoglu Sözen, M., (1992), Yapıların Gün Işığı Ve Lamba Işığı İle Aydınlatılmasında Değer Düşmesi Ve Bakım, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Şerefhanoglu Sözen, M.Ş., (2000), “Aydınlatma ve Kent Güzelleştirme”, III. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 23-24 Kasım 2000, İstanbul.

Şerefhanoglu Sözen, M.Ş., (2000), Kent Aydınlatma Ders Notları.

Şerefhanoglu Sözen, M.Ş., (2002), “Binaların Işıklandırılması-Floodlighting Of Buildings”, Philips Yayını.

Şerefhanoglu Sözen, M.Ş., (2005), Aydınlatma İle Kent Güzelleştirme Ve Etkin Enerji Kullanımı, İstanbul.

Şerefhanoglu Sözen, M.Ş., (2006), “Kent Aydınlatma Ve Yapılar”, Mimarist, 22:108-112.

Şerefhanoglu Sözen, M.Ş., (2009), “Lighting Master Plan”, Luminous, 3:43.

Şerefhanoglu Sözen, M.Ş., (2010), Uzmanlık Alan Dersi.

Sunguroğlu, O., (2001), “Kentsel Aydınlatmada Işık Kirliliği”, Mimarist, 1:139-141.

Ünver, R., (1992), “Dış Aydınlatma Konularının Karşılaştırılması”, Şehir Aydınlatması Kolokyumu, 28 Mart 1992, Kocaeli.

Ünver, R. ve Öztürk L., (1992), “Değişik Yapı Yüzlerinin Aydınlatılmasında Temel Özellikler”, Şehir Aydınlatması Kolokyumu, 28 Mart 1992, Kocaeli.

Ünver, R., (1999), “Aydınlatmada Enerji Kullanımı”, Elektro Kent Perpa, 73.

Ünver, R., (2000), Işık Üretme Yöntemleri ve Işık Kaynakları, Yapı Fiziği Bilim Dalı, İstanbul.

**İNTERNET KAYNAKLARI**

[1] [www.superstock.com](http://www.superstock.com)

[2] [www.pldturkiye.com](http://www.pldturkiye.com)

[3] [www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com)

[4] [www.gettyimages.com](http://www.gettyimages.com)

[5] [http://www2.itu.edu.tr/~onaygil/disayd\\_cephe.pdf](http://www2.itu.edu.tr/~onaygil/disayd_cephe.pdf)

[6] [www.siteco.com](http://www.siteco.com)

[7] [www.ledmagazine.com.tr](http://www.ledmagazine.com.tr)

[8] [www.lightingmagazine.com.tr](http://www.lightingmagazine.com.tr)

[9] <http://www.koeri.boun.edu.tr/astronomy/dogus-batis/Istanbul.htm>

[10] [www.litg.de](http://www.litg.de)

**Ek 1 İstanbul İçin 365 Günlük Güneş Doğuş-Batış Saatleri ve Karanlık Süreleri**

|    | Ocak       |            |                        |                               | Şubat      |            |                        |                               |
|----|------------|------------|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------|
|    | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi |
| 1  | 07:25      | 16:50      | 14:35                  | 08:10                         | 07:11      | 17:24      | 13:47                  | 07:36                         |
| 2  | 07:25      | 16:50      | 14:35                  | 08:10                         | 07:10      | 17:25      | 13:45                  | 07:35                         |
| 3  | 07:25      | 16:51      | 14:34                  | 08:09                         | 07:09      | 17:26      | 13:43                  | 07:34                         |
| 4  | 07:25      | 16:52      | 14:33                  | 08:08                         | 07:08      | 17:28      | 13:40                  | 07:32                         |
| 5  | 07:25      | 16:53      | 14:32                  | 08:07                         | 07:07      | 17:29      | 13:38                  | 07:31                         |
| 6  | 07:25      | 16:54      | 14:31                  | 08:06                         | 07:06      | 17:30      | 13:36                  | 07:30                         |
| 7  | 07:25      | 16:55      | 14:30                  | 08:05                         | 07:05      | 17:31      | 13:34                  | 07:29                         |
| 8  | 07:25      | 16:56      | 14:29                  | 08:04                         | 07:04      | 17:33      | 13:31                  | 07:27                         |
| 9  | 07:24      | 16:57      | 14:27                  | 08:03                         | 07:03      | 17:34      | 13:29                  | 07:26                         |
| 10 | 07:24      | 16:58      | 14:26                  | 08:02                         | 07:01      | 17:35      | 13:26                  | 07:25                         |
| 11 | 07:24      | 16:59      | 14:25                  | 08:01                         | 07:00      | 17:36      | 13:24                  | 07:24                         |
| 12 | 07:24      | 17:00      | 14:24                  | 08:00                         | 06:59      | 17:37      | 13:22                  | 07:23                         |
| 13 | 07:24      | 17:01      | 14:23                  | 07:59                         | 06:58      | 17:39      | 13:19                  | 07:21                         |
| 14 | 07:23      | 17:02      | 14:21                  | 07:58                         | 06:56      | 17:40      | 13:16                  | 07:20                         |
| 15 | 07:23      | 17:03      | 14:20                  | 07:57                         | 06:55      | 17:41      | 13:14                  | 07:19                         |
| 16 | 07:22      | 17:05      | 14:17                  | 07:55                         | 06:54      | 17:42      | 13:12                  | 07:18                         |
| 17 | 07:22      | 17:06      | 14:16                  | 07:54                         | 06:53      | 17:44      | 13:09                  | 07:16                         |
| 18 | 07:21      | 17:07      | 14:14                  | 07:53                         | 06:51      | 17:45      | 13:06                  | 07:15                         |
| 19 | 07:21      | 17:08      | 14:13                  | 07:52                         | 06:50      | 17:46      | 13:04                  | 07:14                         |
| 20 | 07:20      | 17:09      | 14:11                  | 07:51                         | 06:48      | 17:47      | 13:01                  | 07:13                         |
| 21 | 07:20      | 17:10      | 14:10                  | 07:50                         | 06:47      | 17:48      | 12:59                  | 07:12                         |
| 22 | 07:19      | 17:12      | 14:07                  | 07:48                         | 06:46      | 17:50      | 12:56                  | 07:10                         |
| 23 | 07:19      | 17:13      | 14:06                  | 07:47                         | 06:44      | 17:51      | 12:53                  | 07:09                         |
| 24 | 07:18      | 17:14      | 14:04                  | 07:46                         | 06:43      | 17:52      | 12:51                  | 07:08                         |
| 25 | 07:17      | 17:15      | 14:02                  | 07:45                         | 06:41      | 17:53      | 12:48                  | 07:07                         |
| 26 | 07:16      | 17:16      | 14:00                  | 07:44                         | 06:40      | 17:54      | 12:46                  | 07:06                         |
| 27 | 07:16      | 17:18      | 13:58                  | 07:42                         | 06:38      | 17:56      | 12:42                  | 07:04                         |
| 28 | 07:15      | 17:19      | 13:56                  | 07:41                         | 06:37      | 17:57      | 12:40                  | 07:03                         |
| 29 | 07:14      | 17:20      | 13:54                  | 07:40                         |            |            |                        |                               |
| 30 | 07:13      | 17:21      | 13:52                  | 07:39                         |            |            |                        |                               |
| 31 | 07:12      | 17:23      | 13:49                  | 07:37                         |            |            |                        |                               |

|        |              |              |        |              |              |
|--------|--------------|--------------|--------|--------------|--------------|
| Toplam | 442 sa 14 dk | 245 sa 24 dk | Toplam | 370 sa 51 dk | 205 sa 09 dk |
| Toplam | 213 sa 51 dk | 118 sa 41 dk | Toplam | 157 sa 57 dk | 87 sa 26 dk  |

|    | Mart       |            |                        |                               | Nisan      |            |                        |                               |
|----|------------|------------|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------|
|    | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi |
| 1  | 06:34      | 17:59      | 12:35                  | 07:01                         | 05:43      | 19:33      | 10:10                  | 05:27                         |
| 2  | 06:32      | 18:00      | 12:32                  | 07:00                         | 05:41      | 19:34      | 10:07                  | 05:26                         |
| 3  | 06:31      | 18:01      | 12:30                  | 06:59                         | 05:40      | 19:35      | 10:05                  | 05:25                         |
| 4  | 06:29      | 18:02      | 12:27                  | 06:58                         | 05:38      | 19:36      | 10:02                  | 05:24                         |
| 5  | 06:27      | 18:04      | 12:23                  | 06:56                         | 05:36      | 19:37      | 09:59                  | 05:23                         |
| 6  | 06:26      | 18:05      | 12:21                  | 06:55                         | 05:35      | 19:38      | 09:57                  | 05:22                         |
| 7  | 06:24      | 18:06      | 12:18                  | 06:54                         | 05:33      | 19:39      | 09:54                  | 05:21                         |
| 8  | 06:23      | 18:07      | 12:16                  | 06:53                         | 05:31      | 19:40      | 09:51                  | 05:20                         |
| 9  | 06:21      | 18:08      | 12:13                  | 06:52                         | 05:30      | 19:41      | 09:49                  | 05:19                         |
| 10 | 06:19      | 18:09      | 12:10                  | 06:51                         | 05:28      | 19:42      | 09:46                  | 05:18                         |
| 11 | 06:18      | 18:10      | 12:08                  | 06:50                         | 05:27      | 19:43      | 09:44                  | 05:17                         |
| 12 | 06:16      | 18:11      | 12:05                  | 06:49                         | 05:25      | 19:45      | 09:40                  | 05:15                         |
| 13 | 06:14      | 18:12      | 12:02                  | 06:48                         | 05:24      | 19:46      | 09:38                  | 05:14                         |
| 14 | 06:13      | 18:14      | 11:59                  | 06:46                         | 05:22      | 19:47      | 09:35                  | 05:13                         |
| 15 | 06:11      | 18:15      | 11:56                  | 06:45                         | 05:20      | 19:48      | 09:32                  | 05:12                         |
| 16 | 06:10      | 18:16      | 11:54                  | 06:44                         | 05:19      | 19:49      | 09:30                  | 05:11                         |
| 17 | 06:08      | 18:17      | 11:51                  | 06:43                         | 05:17      | 19:50      | 09:27                  | 05:10                         |
| 18 | 06:06      | 18:18      | 11:48                  | 06:42                         | 05:16      | 19:51      | 09:25                  | 05:09                         |
| 19 | 06:05      | 18:19      | 11:46                  | 06:41                         | 05:14      | 19:52      | 09:22                  | 05:08                         |
| 20 | 06:03      | 18:20      | 11:43                  | 06:40                         | 05:13      | 19:53      | 09:20                  | 05:07                         |
| 21 | 06:01      | 18:21      | 11:40                  | 06:39                         | 05:11      | 19:54      | 09:17                  | 05:06                         |
| 22 | 06:00      | 18:22      | 11:38                  | 06:38                         | 05:10      | 19:55      | 09:15                  | 05:05                         |
| 23 | 05:58      | 18:23      | 11:35                  | 06:37                         | 05:08      | 19:56      | 09:12                  | 05:04                         |
| 24 | 05:56      | 18:24      | 11:32                  | 06:36                         | 05:07      | 19:57      | 09:10                  | 05:03                         |
| 25 | 05:55      | 18:25      | 11:30                  | 06:35                         | 05:06      | 19:58      | 09:08                  | 05:02                         |
| 26 | 05:53      | 18:26      | 11:27                  | 06:34                         | 05:04      | 19:59      | 09:05                  | 05:01                         |
| 27 | 05:51      | 18:28      | 11:23                  | 06:32                         | 05:03      | 20:00      | 09:03                  | 05:00                         |
| 28 | 05:50      | 18:29      | 11:21                  | 06:31                         | 05:02      | 20:01      | 09:01                  | 04:59                         |
| 29 | 05:48      | 18:30      | 11:18                  | 06:30                         | 05:00      | 20:03      | 08:57                  | 04:57                         |
| 30 | 05:46      | 18:31      | 11:15                  | 06:29                         | 04:59      | 20:04      | 08:55                  | 04:56                         |
| 31 | 05:45      | 18:32      | 11:13                  | 06:28                         |            |            |                        |                               |

|        |              |              |        |              |              |
|--------|--------------|--------------|--------|--------------|--------------|
| Toplam | 368 sa 49 dk | 208 sa 56 dk | Toplam | 315 sa 56 dk | 185 sa 54 dk |
| Toplam | 142 sa 28 dk | 80 sa 45 dk  | Toplam | 137 sa 20 dk | 80 sa 44 dk  |

| Mayıs |            |            |                        |                               | Haziran    |            |                        |                               |
|-------|------------|------------|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------|
|       | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi |
| 1     | 04:58      | 20:05      | 08:53                  | 04:55                         | 04:30      | 20:34      | 07:56                  | 04:26                         |
| 2     | 04:56      | 20:06      | 08:50                  | 04:54                         | 04:29      | 20:34      | 07:55                  | 04:26                         |
| 3     | 04:55      | 20:07      | 08:48                  | 04:53                         | 04:29      | 20:35      | 07:54                  | 04:25                         |
| 4     | 04:54      | 20:08      | 08:46                  | 04:52                         | 04:29      | 20:36      | 07:53                  | 04:24                         |
| 5     | 04:53      | 20:09      | 08:44                  | 04:51                         | 04:28      | 20:36      | 07:52                  | 04:24                         |
| 6     | 04:51      | 20:10      | 08:41                  | 04:50                         | 04:28      | 20:37      | 07:51                  | 04:23                         |
| 7     | 04:50      | 20:11      | 08:39                  | 04:49                         | 04:28      | 20:38      | 07:50                  | 04:22                         |
| 8     | 04:49      | 20:12      | 08:37                  | 04:48                         | 04:28      | 20:38      | 07:50                  | 04:22                         |
| 9     | 04:48      | 20:13      | 08:35                  | 04:47                         | 04:27      | 20:39      | 07:48                  | 04:21                         |
| 10    | 04:47      | 20:14      | 08:33                  | 04:46                         | 04:27      | 20:39      | 07:48                  | 04:21                         |
| 11    | 04:46      | 20:15      | 08:31                  | 04:45                         | 04:27      | 20:40      | 07:47                  | 04:20                         |
| 12    | 04:45      | 20:16      | 08:29                  | 04:44                         | 04:27      | 20:40      | 07:47                  | 04:20                         |
| 13    | 04:44      | 20:17      | 08:27                  | 04:43                         | 04:27      | 20:41      | 07:46                  | 04:19                         |
| 14    | 04:43      | 20:18      | 08:25                  | 04:42                         | 04:27      | 20:41      | 07:46                  | 04:19                         |
| 15    | 04:42      | 20:19      | 08:23                  | 04:41                         | 04:27      | 20:42      | 07:45                  | 04:18                         |
| 16    | 04:41      | 20:20      | 08:21                  | 04:40                         | 04:27      | 20:42      | 07:45                  | 04:18                         |
| 17    | 04:40      | 20:21      | 08:19                  | 04:39                         | 04:27      | 20:42      | 07:45                  | 04:18                         |
| 18    | 04:39      | 20:22      | 08:17                  | 04:38                         | 04:27      | 20:43      | 07:44                  | 04:17                         |
| 19    | 04:38      | 20:23      | 08:15                  | 04:37                         | 04:27      | 20:43      | 07:44                  | 04:17                         |
| 20    | 04:37      | 20:24      | 08:13                  | 04:36                         | 04:28      | 20:43      | 07:45                  | 04:17                         |
| 21    | 04:37      | 20:25      | 08:12                  | 04:35                         | 04:28      | 20:43      | 07:45                  | 04:17                         |
| 22    | 04:36      | 20:25      | 08:11                  | 04:35                         | 04:28      | 20:44      | 07:44                  | 04:16                         |
| 23    | 04:35      | 20:26      | 08:09                  | 04:34                         | 04:28      | 20:44      | 07:44                  | 04:16                         |
| 24    | 04:34      | 20:27      | 08:07                  | 04:33                         | 04:29      | 20:44      | 07:45                  | 04:16                         |
| 25    | 04:34      | 20:28      | 08:06                  | 04:32                         | 04:29      | 20:44      | 07:45                  | 04:16                         |
| 26    | 04:33      | 20:29      | 08:04                  | 04:31                         | 04:29      | 20:44      | 07:45                  | 04:16                         |
| 27    | 04:32      | 20:30      | 08:02                  | 04:30                         | 04:30      | 20:44      | 07:46                  | 04:16                         |
| 28    | 04:32      | 20:31      | 08:01                  | 04:29                         | 04:30      | 20:44      | 07:46                  | 04:16                         |
| 29    | 04:31      | 20:31      | 08:00                  | 04:29                         | 04:30      | 20:44      | 07:46                  | 04:16                         |
| 30    | 04:31      | 20:32      | 07:59                  | 04:28                         | 04:31      | 20:44      | 07:47                  | 04:16                         |
| 31    | 04:30      | 20:33      | 07:57                  | 04:27                         |            |            |                        |                               |

|        |              |              |        |              |              |
|--------|--------------|--------------|--------|--------------|--------------|
| Toplam | 290 sa 34 dk | 175 sa 53 dk | Toplam | 262 sa 23 dk | 159 sa 38 dk |
| Toplam | 131 sa 15 dk | 79 sa 26 dk  | Toplam | 105 sa 25 dk | 63 sa 49 dk  |

|    | Temmuz     |            |                        |                               | Ağustos    |            |                        |                               |
|----|------------|------------|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------|
|    | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi |
| 1  | 04:31      | 20:44      | 07:47                  | 04:16                         | 04:56      | 20:24      | 08:32                  | 04:36                         |
| 2  | 04:32      | 20:44      | 07:48                  | 04:16                         | 04:57      | 20:22      | 08:35                  | 04:38                         |
| 3  | 04:32      | 20:43      | 07:49                  | 04:17                         | 04:58      | 20:21      | 08:37                  | 04:39                         |
| 4  | 04:33      | 20:43      | 07:50                  | 04:17                         | 04:59      | 20:20      | 08:39                  | 04:40                         |
| 5  | 04:34      | 20:43      | 07:51                  | 04:17                         | 05:00      | 20:19      | 08:41                  | 04:41                         |
| 6  | 04:34      | 20:43      | 07:51                  | 04:17                         | 05:01      | 20:18      | 08:43                  | 04:42                         |
| 7  | 04:35      | 20:42      | 07:53                  | 04:18                         | 05:02      | 20:17      | 08:45                  | 04:43                         |
| 8  | 04:36      | 20:42      | 07:54                  | 04:18                         | 05:03      | 20:15      | 08:48                  | 04:45                         |
| 9  | 04:36      | 20:41      | 07:55                  | 04:19                         | 05:04      | 20:14      | 08:50                  | 04:46                         |
| 10 | 04:37      | 20:41      | 07:56                  | 04:19                         | 05:05      | 20:13      | 08:52                  | 04:47                         |
| 11 | 04:38      | 20:41      | 07:57                  | 04:19                         | 05:06      | 20:11      | 08:55                  | 04:49                         |
| 12 | 04:38      | 20:40      | 07:58                  | 04:20                         | 05:07      | 20:10      | 08:57                  | 04:50                         |
| 13 | 04:39      | 20:40      | 07:59                  | 04:20                         | 05:08      | 20:09      | 08:59                  | 04:51                         |
| 14 | 04:40      | 20:39      | 08:01                  | 04:21                         | 05:09      | 20:07      | 09:02                  | 04:53                         |
| 15 | 04:41      | 20:38      | 08:03                  | 04:22                         | 05:10      | 20:06      | 09:04                  | 04:54                         |
| 16 | 04:41      | 20:38      | 08:03                  | 04:22                         | 05:11      | 20:05      | 09:06                  | 04:55                         |
| 17 | 04:42      | 20:37      | 08:05                  | 04:23                         | 05:12      | 20:03      | 09:09                  | 04:57                         |
| 18 | 04:43      | 20:36      | 08:07                  | 04:24                         | 05:13      | 20:02      | 09:11                  | 04:58                         |
| 19 | 04:44      | 20:36      | 08:08                  | 04:24                         | 05:14      | 20:00      | 09:14                  | 05:00                         |
| 20 | 04:45      | 20:35      | 08:10                  | 04:25                         | 05:15      | 19:59      | 09:16                  | 05:01                         |
| 21 | 04:46      | 20:34      | 08:12                  | 04:26                         | 05:16      | 19:57      | 09:19                  | 05:03                         |
| 22 | 04:47      | 20:33      | 08:14                  | 04:27                         | 05:17      | 19:56      | 09:21                  | 05:04                         |
| 23 | 04:47      | 20:32      | 08:15                  | 04:28                         | 05:18      | 19:54      | 09:24                  | 05:06                         |
| 24 | 04:48      | 20:32      | 08:16                  | 04:28                         | 05:19      | 19:53      | 09:26                  | 05:07                         |
| 25 | 04:49      | 20:31      | 08:18                  | 04:29                         | 05:20      | 19:51      | 09:29                  | 05:09                         |
| 26 | 04:50      | 20:30      | 08:20                  | 04:30                         | 05:21      | 19:50      | 09:31                  | 05:10                         |
| 27 | 04:51      | 20:29      | 08:22                  | 04:31                         | 05:22      | 19:48      | 09:34                  | 05:12                         |
| 28 | 04:52      | 20:28      | 08:24                  | 04:32                         | 05:23      | 19:46      | 09:37                  | 05:14                         |
| 29 | 04:53      | 20:27      | 08:26                  | 04:33                         | 05:24      | 19:45      | 09:39                  | 05:15                         |
| 30 | 04:54      | 20:26      | 08:28                  | 04:34                         | 05:25      | 19:43      | 09:42                  | 05:17                         |
| 31 | 04:55      | 20:25      | 08:30                  | 04:35                         | 05:26      | 19:42      | 09:44                  | 05:18                         |

|        |              |             |        |              |             |
|--------|--------------|-------------|--------|--------------|-------------|
| Toplam | 281 sa 50 dk | 167 sa 5 dk | Toplam | 313 sa 41 dk | 184 sa      |
| Toplam | 127 sa 17 dk | 75 sa 3 dk  | Toplam | 131 sa 36 dk | 77 sa 13 dk |

|    | Eylül      |            |                        |                               | Ekim       |            |                        |                               |
|----|------------|------------|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------|
|    | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi |
| 1  | 05:27      | 19:40      | 09:47                  | 05:20                         | 05:56      | 18:49      | 11:07                  | 06:11                         |
| 2  | 05:28      | 19:38      | 09:50                  | 05:22                         | 05:58      | 18:48      | 11:10                  | 06:12                         |
| 3  | 05:29      | 19:37      | 09:52                  | 05:23                         | 05:59      | 18:46      | 11:13                  | 06:14                         |
| 4  | 05:30      | 19:35      | 09:55                  | 05:25                         | 06:00      | 18:44      | 11:16                  | 06:16                         |
| 5  | 05:31      | 19:33      | 09:58                  | 05:27                         | 06:01      | 18:43      | 11:18                  | 06:17                         |
| 6  | 05:32      | 19:32      | 10:00                  | 05:28                         | 06:02      | 18:41      | 11:21                  | 06:19                         |
| 7  | 05:32      | 19:30      | 10:02                  | 05:30                         | 06:03      | 18:40      | 11:23                  | 06:20                         |
| 8  | 05:33      | 19:28      | 10:05                  | 05:32                         | 06:04      | 18:38      | 11:26                  | 06:22                         |
| 9  | 05:34      | 19:27      | 10:07                  | 05:33                         | 06:05      | 18:36      | 11:29                  | 06:24                         |
| 10 | 05:35      | 19:25      | 10:10                  | 05:35                         | 06:06      | 18:35      | 11:31                  | 06:25                         |
| 11 | 05:36      | 19:23      | 10:13                  | 05:37                         | 06:07      | 18:33      | 11:34                  | 06:27                         |
| 12 | 05:37      | 19:22      | 10:15                  | 05:38                         | 06:08      | 18:32      | 11:36                  | 06:28                         |
| 13 | 05:38      | 19:20      | 10:18                  | 05:40                         | 06:09      | 18:30      | 11:39                  | 06:30                         |
| 14 | 05:39      | 19:18      | 10:21                  | 05:42                         | 06:10      | 18:28      | 11:42                  | 06:32                         |
| 15 | 05:40      | 19:17      | 10:23                  | 05:43                         | 06:11      | 18:27      | 11:44                  | 06:33                         |
| 16 | 05:41      | 19:15      | 10:26                  | 05:45                         | 06:12      | 18:25      | 11:47                  | 06:35                         |
| 17 | 05:42      | 19:13      | 10:29                  | 05:47                         | 06:14      | 18:24      | 11:50                  | 06:36                         |
| 18 | 05:43      | 19:11      | 10:32                  | 05:49                         | 06:15      | 18:22      | 11:53                  | 06:38                         |
| 19 | 05:44      | 19:10      | 10:34                  | 05:50                         | 06:16      | 18:21      | 11:55                  | 06:39                         |
| 20 | 05:45      | 19:08      | 10:37                  | 05:52                         | 06:17      | 18:19      | 11:58                  | 06:41                         |
| 21 | 05:46      | 19:06      | 10:40                  | 05:54                         | 06:18      | 18:18      | 12:00                  | 06:42                         |
| 22 | 05:47      | 19:05      | 10:42                  | 05:55                         | 06:19      | 18:17      | 12:02                  | 06:43                         |
| 23 | 05:48      | 19:03      | 10:45                  | 05:57                         | 06:20      | 18:15      | 12:05                  | 06:45                         |
| 24 | 05:49      | 19:01      | 10:48                  | 05:59                         | 06:21      | 18:14      | 12:07                  | 06:46                         |
| 25 | 05:50      | 19:00      | 10:50                  | 06:00                         | 06:23      | 18:12      | 12:11                  | 06:48                         |
| 26 | 05:51      | 18:58      | 10:53                  | 06:02                         | 06:24      | 18:11      | 12:13                  | 06:49                         |
| 27 | 05:52      | 18:56      | 10:56                  | 06:04                         | 06:25      | 18:10      | 12:15                  | 06:50                         |
| 28 | 05:53      | 18:54      | 10:59                  | 06:06                         | 06:26      | 18:08      | 12:18                  | 06:52                         |
| 29 | 05:54      | 18:53      | 11:01                  | 06:07                         | 06:27      | 18:07      | 12:20                  | 06:53                         |
| 30 | 05:55      | 18:51      | 11:04                  | 06:09                         | 06:28      | 18:06      | 12:22                  | 06:54                         |
| 31 |            |            |                        |                               | 06:30      | 18:05      | 12:25                  | 06:55                         |

|        |              |             |        |              |              |
|--------|--------------|-------------|--------|--------------|--------------|
| Toplam | 342 sa 32 dk | 202sa 11 dk | Toplam | 397 sa 10 dk | 235 sa 26 dk |
| Toplam | 136 sa 29 dk | 80 sa 32 dk | Toplam | 191 sa 38 dk | 113 sa 28 dk |

|    | Kasım      |            |                        |                               | Aralık     |            |                        |                               |
|----|------------|------------|------------------------|-------------------------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------|
|    | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi | Gün doğumu | Gün batımı | Toplam karanlık süresi | 01:00'e kadar karanlık süresi |
| 1  | 06:31      | 17:03      | 13:28                  | 07:57                         | 07:05      | 16:40      | 14:25                  | 08:20                         |
| 2  | 06:32      | 17:02      | 13:30                  | 07:58                         | 07:06      | 16:40      | 14:26                  | 08:20                         |
| 3  | 06:33      | 17:01      | 13:32                  | 07:59                         | 07:07      | 16:40      | 14:27                  | 08:20                         |
| 4  | 06:34      | 17:00      | 13:34                  | 08:00                         | 07:08      | 16:40      | 14:28                  | 08:20                         |
| 5  | 06:36      | 16:59      | 13:37                  | 08:01                         | 07:09      | 16:39      | 14:30                  | 08:21                         |
| 6  | 06:37      | 16:58      | 13:39                  | 08:02                         | 07:10      | 16:39      | 14:31                  | 08:21                         |
| 7  | 06:38      | 16:57      | 13:41                  | 08:03                         | 07:11      | 16:39      | 14:32                  | 08:21                         |
| 8  | 06:39      | 16:55      | 13:44                  | 08:05                         | 07:12      | 16:39      | 14:33                  | 08:21                         |
| 9  | 06:40      | 16:54      | 13:46                  | 08:06                         | 07:13      | 16:39      | 14:34                  | 08:21                         |
| 10 | 06:41      | 16:53      | 13:48                  | 08:07                         | 07:14      | 16:39      | 14:35                  | 08:21                         |
| 11 | 06:43      | 16:52      | 13:51                  | 08:08                         | 07:15      | 16:39      | 14:36                  | 08:21                         |
| 12 | 06:44      | 16:52      | 13:52                  | 08:08                         | 07:15      | 16:40      | 14:35                  | 08:20                         |
| 13 | 06:45      | 16:51      | 13:54                  | 08:09                         | 07:16      | 16:40      | 14:36                  | 08:20                         |
| 14 | 06:46      | 16:50      | 13:56                  | 08:10                         | 07:17      | 16:40      | 14:37                  | 08:20                         |
| 15 | 06:47      | 16:49      | 13:58                  | 08:11                         | 07:18      | 16:40      | 14:38                  | 08:20                         |
| 16 | 06:49      | 16:48      | 14:01                  | 08:12                         | 07:18      | 16:41      | 14:37                  | 08:19                         |
| 17 | 06:50      | 16:47      | 14:03                  | 08:13                         | 07:19      | 16:41      | 14:38                  | 08:19                         |
| 18 | 06:51      | 16:47      | 14:04                  | 08:13                         | 07:20      | 16:41      | 14:39                  | 08:19                         |
| 19 | 06:52      | 16:46      | 14:06                  | 08:14                         | 07:20      | 16:42      | 14:38                  | 08:18                         |
| 20 | 06:53      | 16:45      | 14:08                  | 08:15                         | 07:21      | 16:42      | 14:39                  | 08:18                         |
| 21 | 06:54      | 16:45      | 14:09                  | 08:15                         | 07:21      | 16:43      | 14:38                  | 08:17                         |
| 22 | 06:56      | 16:44      | 14:12                  | 08:16                         | 07:22      | 16:43      | 14:39                  | 08:17                         |
| 23 | 06:57      | 16:43      | 14:14                  | 08:17                         | 07:22      | 16:44      | 14:38                  | 08:16                         |
| 24 | 06:58      | 16:43      | 14:15                  | 08:17                         | 07:23      | 16:44      | 14:39                  | 08:16                         |
| 25 | 06:59      | 16:42      | 14:17                  | 08:18                         | 07:23      | 16:45      | 14:38                  | 08:15                         |
| 26 | 07:00      | 16:42      | 14:18                  | 08:18                         | 07:23      | 16:46      | 14:37                  | 08:14                         |
| 27 | 07:01      | 16:41      | 14:20                  | 08:19                         | 07:24      | 16:46      | 14:38                  | 08:14                         |
| 28 | 07:02      | 16:41      | 14:21                  | 08:19                         | 07:24      | 16:47      | 14:37                  | 08:13                         |
| 29 | 07:03      | 16:41      | 14:22                  | 08:19                         | 07:24      | 16:48      | 14:36                  | 08:12                         |
| 30 | 07:04      | 16:40      | 14:24                  | 08:20                         | 07:24      | 16:49      | 14:35                  | 08:11                         |
| 31 |            |            |                        |                               | 07:25      | 16:49      | 14:36                  | 08:11                         |

|        |             |              |        |              |              |
|--------|-------------|--------------|--------|--------------|--------------|
| Toplam | 419 sa 4 dk | 245 sa 13 dk | Toplam | 452 sa 5 dk  | 257 sa 16 dk |
| Toplam | 168 sa 1 dk | 98 sa 13 dk  | Toplam | 189 sa 36 dk | 107 sa 55 dk |

Yaz saati uygulamasının 1 Nisan - 31 Ekim tarihleri arasında 7 ay boyunca sürdüğü varsayılmıştır. Tablodaki gri alanlar hafta sonu günlerini göstermektedir.

**Ek 2**

Gün batımı itibariyle 5 dakika ara ile İstanbul'da bulutlu iki günde yapılan ölçümlere göre günışığı aydınlık düzeyi değerleri şöyledir:

**1.ÖLCÜM**

|                  |                 |                 |
|------------------|-----------------|-----------------|
| 6.50 (günbatımı) | Yatayda:20 lx   | Düşeyde:15 lx   |
| 6.55             | Yatayda: 7 lx   | Düşeyde: 5 lx   |
| 7.00             | Yatayda: 2 lx   | Düşeyde: 2 lx   |
| 7.05             | Yatayda: 1 lx   | Düşeyde: 1.5 lx |
| 7.10             | Yatayda: 0.8 lx | Düşeyde: 1 lx   |
| 7.15             | Yatayda: 0.5 lx | Düşeyde: 0.9 lx |
| 7.20             | Yatayda: 0.4 lx | Düşeyde: 0.8 lx |

**2.ÖLCÜM**

|                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| 6.45(günbatımı) | Yatayda: 21 lx  | Düşeyde: 16 lx  |
| 6.50            | Yatayda: 7 lx   | Düşeyde: 5 lx   |
| 6.55            | Yatayda: 2.5 lx | Düşeyde: 2.1 lx |
| 7.00            | Yatayda: 1.1 lx | Düşeyde: 1.2 lx |
| 7.05            | Yatayda: 0.8 lx | Düşeyde: 1 lx   |
| 7.10            | Yatayda: 0.6 lx | Düşeyde: 1 lx   |
| 7.15            | Yatayda: 0.7 lx | Düşeyde: 0.9 lx |
| 7.20            | Yatayda: 0.6 lx | Düşeyde: 0.9 lx |

## ÖZGEÇMİŞ

|               |            |                                                                                                    |
|---------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğum tarihi  | 23.05.1982 |                                                                                                    |
| Doğum yeri    | İstanbul   |                                                                                                    |
| Lise          | 1996-2000  | Kabataş Erkek Lisesi                                                                               |
| Lisans        | 2001-2006  | Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi<br>Mimarlık Bölümü                                   |
| Yüksek Lisans | 2007-2010  | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü<br>Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı |

## Çalıştığı Kurumlar

|           |                                         |
|-----------|-----------------------------------------|
| 2006-2007 | Midek/Mingü Mimari İç Mimari Dekorasyon |
| 2007-2009 | Yalın Tan&Jeyan Ülkü İç Mimarlık        |