



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DÜZCE ŞARTLARINDA CADDE VE SOKAK
AYDINLATMALARINDA ENERJİ TÜKETİMİ OPTİMİZASYONU
İÇİN ALTERNATİF YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI**

SERCAN ÖZÜMCAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ALİ ÖZTÜRK**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜZCE ŞARTLARINDA CADDE VE SOKAK
AYDINLATMALARINDA ENERJİ TÜKETİMİ OPTİMİZASYONU
İÇİN ALTERNATİF YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI

Sercan ÖZÜMCAN tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. İhsan PEHLİVAN

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet UÇAR

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 18/07/2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

18 Temmuz 2019

Sercan ÖZÜMCAN

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocalarım Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK ve Doç. Dr. Salih TOSUN hocalarıma en içten dileklerimle teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni her konuda destekleyen, bugünlere gelmem de sevgileri ve emekleri ile en büyük paya sahip olan, başarılı olacağıma benden fazla inanarak bana yardımcı olan annem, babam ve kıymetli eşime sonsuz teşekkür ederim.

18 Temmuz 2019

Sercan ÖZÜMCAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR	xiv
SİMGELER.....	xv
ÖZET	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI	2
2. AYDINLATMA İLE İLGİLİ TEMEL KAVRAMLAR.....	4
2.1. IŞIK.....	4
2.2. IŞIK AKISI.....	4
2.3. ETKİNLİK FAKTÖRÜ	5
2.4. IŞIK ŞİDDETİ.....	6
2.5. IŞIK DAĞILIM EĞRİSİ.....	6
2.6. AYDINLIK DÜZEYİ	7
2.7. GÖZÜN SPEKTRAL DUYARLILIĞI.....	8
2.8. RENK SICAKLIĞI	9
2.9. RENKSEL GERİVERİM	10
2.10. PARILTI.....	11
2.11. KONTRAST	11
2.12. KAMAŞMA.....	12
2.13. LAMBA.....	12
2.14. ARMATÜR.....	12
3. AYDINLATMA	14
3.1. AYDINLATMA ÇEŞİTLERİ.....	14
3.1.1. Doğal Aydınlatma.....	14
3.1.2. Yapay Aydınlatma	15
3.1.2.1. İç Aydınlatma.....	15
3.1.2.2. Dış Aydınlatma.....	15
3.2. DIŞ AYDINLATMANIN TEMEL PRENSİPLERİ.....	15
4. DIŞ AYDINLATMADA KULLANILAN LAMBA TURLERİ	17
4.1. YÜKSEK BASINÇLI CİVA BUHARLI LAMBALAR.....	17
4.2. METAL HALOJEN LAMBALAR.....	19
4.3. FLÜORESAN LAMBALAR.	20
4.4. ALÇAK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBALAR.....	21
4.5. YÜKSEK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBALAR	22

4.6. LED LAMBALAR.....	23
5. LED AYDINLATMA SİSTEMLERİ.....	27
5.1. LED ÇİPİ.....	28
5.2. LED MODÜLÜ	28
5.3. SOĞUTUCU.....	28
5.4. OPTİK LENS (MERCEK).....	29
5.5. KONTROL DEVRESİ	29
5.6. GÜÇ KAYNAĞI VE SÜRÜCÜ DEVRESİ.....	29
5.7. DİĞER AYDINLATMA TEKNOLOJİLERİ İLE LED'LERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	29
5.7.1. Ömür	30
5.7.2. Verimlilik	31
5.7.3. Renk ve Renk Kalitesi.....	32
5.7.4. Boyut.....	33
5.7.5. Açma-Kapama Zamanı	33
5.7.6. Karartma (Dimm)	34
5.7.7. Çevresel Etki.....	35
5.7.8. Darbelere Karşı Dayanma.....	35
6. YOL AYDINLATMALARI	38
6.1. ORTALAMA PARILTI DÜZEYİ.....	39
6.2. ORTALAMA PARILTI DÜZGÜNLÜĞÜ	40
6.3. BOYUNA PARILTI DÜZGÜNLÜĞÜ	41
7. YOL AYDINLATMA HESAPLARI.....	42
7.1. DIALUX AYDINLATMA HESAP VE SİMÜLASYON PROGRAMI.....	42
7.1.1. DIALux Programında Yol Oluşturulması.....	43
7.1.2. Işıklık Dosyasının Ortama Aktarılması	53
7.1.3. Aydınlatma Tesisat Düzeninin Oluşturulması	53
7.1.4. Hesaplama ve Sonuç Raporu	56
8. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ MEVCUT AYDINLATMA TESİSLERİNİN VE BUNLARIN UYGUN KARŞILIĞI OLAN LED AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA İNCELENİP KARŞILAŞTIRILMASI	60
8.1. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE KÖY YOLLARI AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA İNCELENMESİ.....	61
8.1.1. Düzce İli Merkez İlçe Köy Yolları Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi.....	61
8.1.2. Düzce İli Merkez İlçe Köy Yolları Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	63
8.2. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE 10 M YOLLARIN AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ.....	65
8.2.1. Düzce İli Merkez İlçe 10 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi.....	65
8.2.2. Düzce İli Merkez İlçe 10 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	67
8.3. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE 12 M YOLLARIN AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ.....	70

8.3.1. Düzce İli Merkez İlçe 12 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	70
8.3.2. Düzce İli Merkez İlçe 12 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	72
8.4. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE 15 M YINDA MODELLENMESİ	74
8.4.1. Düzce İli Merkez İlçe 15 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	74
8.4.2. Düzce İli Merkez İlçe 15 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	76
8.5. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE 20 M YOLLARIN AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ.....	79
8.5.1. Düzce İli Merkez İlçe 20 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	79
8.5.2. Düzce İli Merkez İlçe 20 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	81
8.6. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE 25 M YOLLARIN AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ.....	83
8.6.1. Düzce İli Merkez İlçe 25 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	83
8.6.2. Düzce İli Merkez İlçe 25 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	85
8.7. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE ŞEHİRLER ARASI KARA YOLLARININ (25 M) AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ	88
8.7.1. Düzce İli Merkez İlçe Şehirler Arası Kara Yollarının Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi ..	88
8.7.2. Düzce İli Merkez İlçe Şehirler Arası Kara Yollarının Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi	90
9. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ LED ARMATÜR SİSTEMİNE DÖNÜŞÜMÜ	93
9.1. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ MEVCUT AYDINLATMA TÜKETİMİNİN HESAPLANMASI	93
9.1.1. Düzce İli Merkez İlçesi Mevcut Aydınlatma Toplam Gücü.....	93
9.1.2. TEDAŞ Yıllık Elektrik Tüketim Tarifeleri	94
9.1.3. Düzce İli Merkez İlçesi Armatür Çalışma Süreleri	95
9.1.3.1. Düzce İli Merkez İlçe Gün Doğumu Saatleri	95
9.1.3.2. Düzce İli Güneş Batımı Saatleri.....	95
9.1.3.3. Düzce İli 1 Yıllık Karanlık Süreleri (Armatür Çalışma Süreleri).....	96
9.2. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ MEVCUT AYDINLATMA 1 YILLIK TÜKETİM MİKTARLARI	97
9.3. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ MEVCUT AYDINLATMA 1 YILLIK TÜKETİM BEDELİ	98
9.4. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ LED AYDINLATMA TÜKETİMİNİN HESAPLANMASI	99
9.4.1. Düzce İli Merkez İlçesi LED Aydınlatma 1 Yıllık Tüketim Miktarları	100
9.4.2. Düzce İli Merkez İlçesi LED Aydınlatma 1 Yıllık Tüketim Bedeli	101
9.5. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ İÇİN MEVCUT AYDINLATMA VE LED AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN 1 YILLIK TÜKETİM BEDELİ KARŞILAŞTIRILMASI	101
9.6. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ İÇİN LED AYDINLATMA SİSTEMİNE	

DÖNÜŞTÜRME MALİYETİNİN HESAPLANMASI	102
9.6.1. Düzce İli Merkez İlçesi Mevcut Aydınlatma Armatürlerinin Demontaj Maliyetlerinin Hesaplanması	103
9.6.2. Düzce İli Merkez İlçesi Yeni LED Armatürlerin Malzeme Maliyetlerinin Hesaplanması.....	104
9.6.3. Düzce İli Merkez İlçesi Yeni LED Armatürlerin Montaj Maliyetlerinin Hesaplanması.....	105
9.7. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ LED ARMATÜR VE MEVCUT SODYUM BUHARLI ARMATÜRLERİN KURULUM MALİYETLERİ VE LED ARMATÜRLERİN ÖMRÜ BOYUNCA TÜKETİM GİDERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	106
9.7.1. LED Armatürlerin Ömürlerinin Aydınlatma Süreleri Dikkate Alınarak Hesaplanması.....	106
9.7.2. Ortalama Birim Fiyat Hesaplanması	107
9.7.3. Sodyum Buharlı Armatürler İle LED Armatürlerin Yıllık Tüketim Farklarının Hesaplanması.....	108
9.8. SİSTEMİN AMORTİSMAN SÜRESİ	108
10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	110
11. KAYNAKLAR.....	112
ÖZGEÇMİŞ	116

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Nanometre cinsinden dalga boyu.	4
Şekil 2.2. Kısmi ışık akıları ve uzay açıları.	5
Şekil 2.3. Noktasal bir ışık kaynağının γ doğrultusundaki ışık şiddeti.	6
Şekil 2.4. Herhangi bir ışık kaynağına ilişkin ışık dağılım eğrisi örneği.	7
Şekil 2.5. Ortalama aydınlık düzeyi.	8
Şekil 2.6. Noktasal aydınlık düzeyleri a) Yatay b) Düşey.	8
Şekil 2.7. Gözün spektral duyarlık eğrileri	9
Şekil 2.8. Renk sıcaklığı skalası.	10
Şekil 2.9. Göze etki eden tek fotometrik büyüklük parıltı.	11
Şekil 2.10. Dış aydınlatma armatürünün yapısı.	13
Şekil 4.1. Yüksek basınçlı civa buharlı lambanın yapısı.	17
Şekil 4.2. Yüksek basınçlı civa buharlı lamba.	18
Şekil 4.3. Metal halojen lamba yapısı.	19
Şekil 4.4. Metal halojen lamba fotoğrafı.	20
Şekil 4.5. Floresan lamba örnekleri.	20
Şekil 4.6. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın yapısı.	21
Şekil 4.7. Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba.	22
Şekil 4.8. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın yapısı.	22
Şekil 4.9. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba	23
Şekil 4.10. LED lambanın malzeme yapısı.	24
Şekil 4.11. Farklı LED fotoğrafları.	24
Şekil 4.12. LED'lerin içindeki P-N jonksiyonu.	25
Şekil 4.13. Yarıiletken LED.	25
Şekil 4.14. LED'lere ait renk diyagramı verilmiştir.	26
Şekil 5.1. LED'in iç yapısı.	27
Şekil 5.2. LED armatür bileşenleri.	27
Şekil 5.3. Aydınlatma gelişimi.	30
Şekil 5.4. Lamba çeşitleri ve ömürleri.	30
Şekil 5.5. Lamba çeşitleri ve faydalı ömürleri.	31
Şekil 5.6. LED ile diğer aydınlatma kaynaklarının karşılaştırılması.	31
Şekil 5.7. Çeşitli lambaların etkinlik faktörünün yıllara göre değişimi.	32
Şekil 5.8. Çeşitli lambaların sağladığı çıkış gücü	32
Şekil 5.9. İlişkili renk sıcaklığı.	33
Şekil 6.1. Örnek bir hesap alanı	40
Şekil 6.2. Boyuna parıltı düzgünlüğünün yol üstü fotoğrafı	41
Şekil 7.1. DIALux programı karşılama penceresi.	42
Şekil 7.2. DIALux kullanım alanları.	43
Şekil 7.3. DIALux programında 2 şeritli yol oluşturulması.	43
Şekil 7.4. DIALux programında planlanan yol görünümü.	44
Şekil 7.5. DIALux programında yürüyüş yolu tasarımı.	44
Şekil 7.6. 2 şeritli yol tasarımı.	45

Şekil 7.7. Yol kapsamı ayar penceresi.....	45
Şekil 7.8. Gözlemcinin seçilmesi	46
Şekil 7.9. Aydınlatma sınıflarının belirtilmesi.....	46
Şekil 7.10. Aydınlatma sınıfının bilinmediği durum gösterilmiştir.....	47
Şekil 7.11. Adım hızı değerinin girilmesi.....	47
Şekil 7.12. Yürüyüş yolları için kullanıcı seçiminin belirtilmesi	48
Şekil 7.13. Kişi tanıma kriterinin sisteme girilmesi.....	48
Şekil 7.14. Aydınlatma bölgesinin seçilmesi.....	49
Şekil 7.15. Asistan yardımcısının belirlemiş olduğu aydınlatma sınıfı	49
Şekil 7.16. Araç yolları için aydınlatma sınıfının belirlenmesi	50
Şekil 7.17. Araç yolu için uygun hızın belirtilmesi	50
Şekil 7.18. Araç yolu için kullanıcı seçiminin yapılması.	51
Şekil 7.19. Araç yolu için kavşak bilgilerinin girilmesi	51
Şekil 7.20. Araç yolu için trafiğin belirtilmesi	52
Şekil 7.21. Araç yolu için elde edilen aydınlatma sınıfı sonucu.....	52
Şekil 7.22. DIALUX programı için ışıklık dosyasının oluşturulması.	53
Şekil 7.23. Aydınlatma tesisat düzeninin oluşturulması	54
Şekil 7.24. Işıklık sekmesine dosyanın aktarılması	54
Şekil 7.25. Direk, taşıyıcı bilgilerinin girilmesi	55
Şekil 7.26. Düzenleme tipinin belirtilmesi	55
Şekil 7.27. Yol ve aydınlatma tesisatı düzeninin son hali gösterilmektedir	56
Şekil 7.28. Işıklık hesaplamalarının başlatılması.	56
Şekil 7.29. Projenin 3 boyutlu görünümü	57
Şekil 7.30. Verileri girilen sistemin son hali	57
Şekil 7.31. DIALux sonuç sayfasında verilen planlama verileri	58
Şekil 7.32. DIALux sonuç sayfasında verilen ışıklık parça listesi	58
Şekil 7.33. DIALux sonuç sayfasında yer alan aydınlatma tekniği sonuçları	59
Şekil 8.1. DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	61
Şekil 8.2. PELSAN marka sodyum buharlı armatürün ışık veri yaprağı	62
Şekil 8.3. DIALux programında oluşturulan sodyum buharlı modelin planlama verileri	62
Şekil 8.4. DIALux programında oluşturulan sodyum buharlı modelin sonuç sayfası	63
Şekil 8.5. DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	63
Şekil 8.6. DIALux programında oluşturulan LED modelin ışık veri yaprağı	64
Şekil 8.7. DIALux programında oluşturulan LED modelin planlama verileri	64
Şekil 8.8. DIALux programında oluşturulan LED modelin sonuç sayfası	65
Şekil 8.9. 10 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.	66
Şekil 8.10. 10m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı	66
Şekil 8.11. 10 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri	67
Şekil 8.12. 10 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin sonuç sayfası	67
Şekil 8.13. 10 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	68
Şekil 8.14. 10 m yolların DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı	68
Şekil 8.15. 10 m yolların DIALux programında LED modelin verileri	69
Şekil 8.16. 10 m yolların DIALux programında LED modelin sonuç sayfası	69
Şekil 8.17. 12 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile	

modellenen 3 boyutlu görünüşü.	70
Şekil 8.18. 12 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı	71
Şekil 8.19. 12 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri	71
Şekil 8.20. 12 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin sonuçları	72
Şekil 8.21. 12 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	72
Şekil 8.22. 12 m yolların DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı	73
Şekil 8.23. 12 m yolların DIALux programında LED modelin verileri	73
Şekil 8.24. 12 m yolların DIALux programında LED modelin sonuçları	74
Şekil 8.25. 15 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	75
Şekil 8.26. 15 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı	75
Şekil 8.27. 15 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri	76
Şekil 8.28. 15 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin sonuçları	76
Şekil 8.29. 15 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	77
Şekil 8.30. 115 m yolların DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı	77
Şekil 8.31. 15 m yolların DIALux programında LED modelin verileri.	78
Şekil 8.32. 15 m yolların DIALux programında LED modelin sonuçları.	78
Şekil 8.33. 20 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	79
Şekil 8.34. 20 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı	80
Şekil 8.35. 20 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri.	80
Şekil 8.36. 20 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin sonuçları	81
Şekil 8.37. 20 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	81
Şekil 8.38. 20 m yolların DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı	82
Şekil 8.39. 20 m yolların DIALux programında LED modelin verileri	82
Şekil 8.40. 20 m yolların DIALux programında LED modelin sonuçları	83
Şekil 8.41. 25 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	84
Şekil 8.42. 25 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı.	84
Şekil 8.43. 25 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri	84
Şekil 8.44. 25 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin sonuçları	85
Şekil 8.45. 25 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	86
Şekil 8.46. 25 m yolların DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı	86
Şekil 8.47. 25 m yolların DIALux programında LED modelin verileri	86
Şekil 8.48. 25 m yolların DIALux programında LED modelin sonuçları	87
Şekil 8.49. 25 m kara yollarının DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	88
Şekil 8.50. 25 m kara yollarının DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı	88
Şekil 8.51. 25 m kara yollarının DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri	89
Şekil 8.52. 25 m kara yollarının DIALux programında sodyum buharlı modelin	

sonuçları	89
Şekil 8.53. Düzce İli Merkez İlçe şehirler arası kara yollarının DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü	90
Şekil 8.54. 25 m kara yollarının DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı	90
Şekil 8.55. 25 m kara yollarının DIALux programında LED modelin verileri	91
Şekil 8.56. 25 m kara yollarının DIALux programında LED modelin sonuçları	91
Şekil 9.1. TEDAŞ 2019 yılı elektrik tarifeleri	94
Şekil 9.2. 2018 yılı elektrik proje ve tesis birim fiyat kitabı.	102
Şekil 9.3. Türkiye’de fiyat bölgesinin ayrımı	103



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Renk geriverim tablosu.....	10
Çizelge 5.1. Lamba çeşitlerinin karşılaştırılması.....	36
Çizelge 5.2. Lamba çeşitlerinin karşılaştırılması 2	37
Çizelge 6.1. Türkiye yol aydınlatma sınıfları	38
Çizelge 6.2. Yol sınıflarına göre aydınlatma kalite büyüklükleri	39
Çizelge 8.1. Düzce İli Merkez İlçe armatür tipleri, armatür sayıları ve güçleri	60
Çizelge 8.2. Mevcut aydınlatma ve bu armatürlere karşılık gelen LED aydınlatma armatür tipleri	92
Çizelge 9.1. Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma sistemi armatür sayıları ve toplam güçleri.....	93
Çizelge 9.2. Düzce ili için güneş doğuş saatleri	95
Çizelge 9.3. Düzce ili için güneşin batış süresi	96
Çizelge 9.4. Düzce ili için karanlık süreler	97
Çizelge 9.5. Düzce İli Merkez İlçesi için 1 yıllık mevcut aydınlatma tüketim miktarları.	98
Çizelge 9.6. Düzce İli Merkez İlçesi için 1 yıllık mevcut aydınlatma tüketim bedeli ...	98
Çizelge 9.7. Düzce İli Merkez İlçesi için LED aydınlatma armatürlerin tüketim miktarları.	99
Çizelge 9.8. Düzce İli Merkez İlçesi için LED aydınlatma armatürlerinin tüketim miktarı.	100
Çizelge 9.9. Düzce İli Merkez İlçesi için 1 yıllık LED aydınlatma tüketim bedeli.....	101
Çizelge 9.10. Düzce İli Merkez İlçesi için aydınlatma tüketimi karşılaştırılması.....	101
Çizelge 9.11. Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma armatürlerinin demontaj maliyetleri.	103
Çizelge 9.12. Düzce İli Merkez İlçesi LED aydınlatma armatürlerinin malzeme maliyetleri	104
Çizelge 9.13. Düzce İli Merkez İlçesi LED armatürlerinin montaj maliyetleri	105
Çizelge 9.14. Düzce İli Merkez İlçesi içim aydınlatma süreleri	106
Çizelge 9.15. Yıllara göre aydınlatma tüketim bedelleri birim fiyatı değişimi	107
Çizelge 9.16. Düzce İli Merkez İlçesi için tahmin edilen aydınlatma birim fiyatları...	107
Çizelge 9.17. Armatürler arasındaki tüketim farkları.....	108
Çizelge 9.18. LED armatürün amortisman hesaplamaları	109

KISALTMALAR

AR-GE	Araştırma geliştirme
CBS	Coğrafi bilgi sistemi
CCT	İlişkili renk sıcaklığı
CIE	Uluslararası aydınlatma komisyonu
CRI	Renk verme endeksi
HPS	Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba
LED	Işık yayan diyot
Nm	Nanometre
SEDAŞ	Sakarya elektrik dağıtım anonim şirketi
TEDAŞ	Türkiye elektrik dağıtım anonim şirketi
TL	Türk lirası
TSE	Türk standartları enstitüsü
UV	Ultraviyole
W	Watt

SİMGELER

$\emptyset$	Işık akısı
V	Gerilim
λ	Dalga boyu
K	Fotometrik değer
F	Enerji akısı
e	Etkinlik faktörü
P	Güç
γ	Işık doğrultusu
E	Lüx
S	Yüzey alanı
E_y	Yatay aydınlık düzeyi
E_d	Düşey aydınlık düzeyi
$V(\lambda)$	Görülebilme faktörü
$^{\circ}\text{K}$	Renk sıcaklığı
Ra	Genel renksel geriverim endeksi
L	Parıltı
C	Kontrast
Ga	Galyum
As	Arsenit
Al	Alüminyum
P	Fosfat
İn	İndiyum
N	Nitrit
GaAlAs	Galyum alüminyum arsenit
GaAs	Galyum arsenit
GaAsP	Galyum arsenit fosfat
GaP	Galyum fosfat
InGaAl	İndiyum galyum alüminyum fosfat
SiC	Silisyum karbon
GaN	Galyum nitrit
A	Amper
KWh	Kilowattsaat
L_{ort}	Ortalama parıltı düzeyi
U_0	Ortalama parıltı
U_l	Boyuna parıltı düzgünlüğü
M	Metre

ÖZET

DÜZCE ŞARTLARINDA CADDE VE SOKAK AYDINLATMALARINDA ENERJİ TÜKETİMİ OPTİMİZASYONU İÇİN ALTERNATİF YÖNTEMLERİN ARAŞTIRILMASI

Sercan ÖZÜMCAN

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Temmuz 2019, 115 sayfa

Dünyada gittikçe artan enerji tüketimi, enerji kaynaklarının daralmasına ve maliyetlerinin artmasına sebep olmuştur. Aydınlatma sistemlerinin yüksek enerji kullanımlarından doğan maliyetlerini düşürmek için alternatif aydınlatma sistemleri üzerinde çalışılmaya başlanmış ve klasik aydınlatma sistemlerine göre düşük enerji tüketimi, uzun ömür, sağlamlık, küçük boyut, yoğun ışık yayma, karartma yapılabilme, dayanıklılık ve güvenilirlik gibi avantajlara sahip olan LED (Light Emitting Diode) armatürler insanların kullanımına sunulmuştur. Düzce İli Merkez İlçe tez çalışmasında baz alınan bölge olmuştur. Merkez İlçe mevcut aydınlatma şebekesi incelenmiştir ve kullanılan aydınlatma teknikleri, armatür tipleri, armatür güçleri analiz edilerek baz alınan bölgenin mevcut yıllık maliyeti hesaplanmıştır. LED armatürler kullanılarak yapılacak aydınlatma şebekelerinin, her tipi uygun şekilde modellenerek gerekli aydınlatmayı sağlayan armatür güçleri bulunmuştur, bunların malzeme, montaj, işletme ve bakım maliyetleri ile mevcut şebekenin maliyetleri karşılaştırılarak bölgeye yapılacak yatırımın en uygun hali planlanmıştır. LED aydınlatma sistemlerinin başlangıç maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen; faydalı ömürleri sonunda ekonomik olduğu görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Enerji tüketimi, LED aydınlatma, Aydınlatma, Optimizasyon.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF ALTERNATIVE METHODS FOR THE OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN THE STREET LIGHTING OF DUZCE

Sercan OZUMCAN

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences,

Department of Electric Electronics Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Ali OZTURK

July 2019, 115 pages

Increasing energy consumption in the world has caused the energy resources to shrink and to increase their costs. In order to reduce the costs of lighting systems due to high energy usage, alternative lighting systems have been started to be used and LED (Light Emitting Diode) luminaires have advantages such as low energy consumption, long life, robustness, small size, intense light emitting, dimming, durability and reliability compared to classical lighting systems. It is presented. The province of Düzce has been the basis for the central district thesis study. The current lighting network of the central district was examined and the current annual cost of the area was calculated by analyzing the lighting techniques, armature types and armature forces used. The luminaires that provide lighting required for each type of lighting networks by using LED luminaires were found to be suitable, the cost of materials, installation, operation and maintenance and the cost of the existing network were compared to the most suitable ones. Although the initial costs of LED lighting systems are high; their useful lives were eventually found to be economical.

Keywords: Energy consumption, LED lighting, Lighting, Optimization.

1. GİRİŞ

Teknolojinin sunduğu en büyük gelişmelerden biri olan ampulün keşfedilmesinin üzerinden 1,5 yüzyıldan fazla bir süre geçti. Günümüzde aydınlatma hayatın her noktasında; evlerde, binalarda, şehir aydınlatmasında vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. İletken telden akımın geçmesi ve telin ısınarak ışığa dönüşmesi sonucu kullanılan akkor flaman ampuller, elde edilen ışığın sadece yüzde 17'sini görünür ışığa dönüştürmekte geri kalan kısmını ise kızılötesi ışınlar olarak dönüştürür. Ampullerin düşük verimliliği ve ihtiyaçları karşılayamaması yeni teknolojilerin geliştirilmesine yol açmıştır.

Thomas Edison'un 1879 yılında kendi geliştirdiği akkor lambanın patentini alıp, akkor lambanın kısa bir süre içerisinde ticari kabul görmesinden sonra elektriksel aydınlatmada birçok önemli gelişme meydana gelmiştir. Akkor lambalar basit bir direnç devresinin flaman lamba teline elektrik akımı uygulandığında ışıması esasına dayanır. Elektrikli ışık kaynaklarının en basit formu olarak kabul edilen akkor lambalar diğer bütün lamba tiplerine göre ortam sıcaklığından en az etkilenirler.

Yapay aydınlatmada kullanılan günümüzdeki en yeni teknoloji olan Işık Yayan Diyotlar (LED) aydınlatma tarihinde Edison'un yüzyıl önce bulduğu elektrik lambasından sonra en önemli buluş olarak kabul edilmektedir. Daha önce hiçbir ışık kaynağı LED kadar uzun yıllar çalışmamış ve yine hiçbir ışık kaynağı LED kadar az enerji tüketimi gerçekleştirmemiştir. Akkor lambalar düşük enerji verimliliğine sahip olup ayrıca ortalama 1000 saat çalışma ömrüne sahiptirler. Lambaların kullanım ömürleri boyunca voltaj dalgalanmaları, lambadaki toz/kir gibi sebeplerle ışık akısı miktarında zamanla azalma olmaktadır.

1930'larda floresan lambanın ilk ışıması gerçekleşmiştir. Çalışması, temelde bir ark lambasında alçak basınçlı cıva buharının deşarjı ile oluşturulan morötesi ışıınının, flüoresan etkili fosforik yüzeye temas ederek görünür ışık oluşturmaları ilkesine dayanmaktadır. Ayrıca, kentsel dış mekan aydınlatmasında metal halojen lambalar ve sodyum buharlı lambalar kullanılmıştır. Bu lambaların çalışma ilkeleri de floresan lambalar ile aslında aynıdır.

Ayrıca, tekrar tüketilen enerjiyle karşılaştırıldığında elde edilen ışık enerjisi arzu edilen seviyede değildir ve son yıllarda en önemli elektronik bileşenlerden biri olan Işık Yayan Diyot (LED)'un şehir aydınlatmada da kullanılabileceği fikrini ortaya koymuştur.

Geleneksel ışık kaynaklarının aksine LED'ler lamba olmayıp, özel yarı iletken malzemeden oluşan elektronik çiplerdir. LED'in küresel pazarda yerini alması ilk olarak 1960'lı yıllarda Amerikalı bilim adamı Nick Holonyak tarafından geliştirilen kırmızı renkli LED ile gerçekleşmiştir. Yeni yarı iletken maddelerin geliştirilmesi üzerine turuncu, sarı, mavi ve yeşil renklerde LED ışık kaynakları 1970 ile 1990 yılları arasında ortaya çıkmıştır ve aynı zamanda LED'lerin etkinliklerinin artırılma çalışmaları da paralel olarak devam etmiştir. 1990'lı yılların ortasına doğru ise ilk beyaz LED'ler geliştirilmiş ama yetersiz kalmışlardır. Fakat 2000'li yıllarda geleneksel ışık kaynaklarına alternatif olarak LED gelişimi çok hızlanmıştır. 2006 yılında konut aydınlatmasında tercih edilirken birkaç yıl sonra birçok aydınlatma uygulamalarında da LED kullanımı hızlanmıştır.

Etkinlik bakımından (lm/w) beyaz LED'ler 140 lm/W'a çıkarak diğer geleneksel ışık kaynaklarının etkinliklerinin üzerine çıkmıştır. LED ışık kaynakları diğer ışık kaynakları ile karşılaştırıldıklarında uzun bir kullanım ömrüne sahiptirler. Bir akkor lamba yaklaşık 1.000 saat yanarken, bir flüoresan lamba yaklaşık 18.000 saat yanabilir, yüksek performanslı bir LED ise 50.000 saat ve üzeri çalışma ömrüne sahiptir.

LED'lerin renksel geriverim değeri 85 ve üzerinde olup, geleneksel ışık kaynakları ile kıyaslandığında objeler gerçeğe yakın bir şekilde aydınlatılmış olurlar. LED'lerin yol, ofis, alışveriş, otel, tarihi mekân gibi aydınlatma alanlarında kullanımının geleneksel ışık kaynakları ile karşılaştırıldıklarında gelecekte en önemli çözüm olarak pazarda yer alacağı görülmektedir.

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmada ise cadde ve sokak aydınlatmaları için kullanılan aydınlatma teknolojileri karşılaştırılmıştır. Çalışmalara, cadde ve sokak aydınlatmaları için ülkemizde yavaş yavaş kullanılmaya başlanılan LED teknolojisinin enerji verimi ve kurulum maliyeti açısından hesaplamaları Düzce İli, Merkez İlçesi baz alınarak devam edilmiştir. Günümüzde baz alınan bölge için cadde ve sokak aydınlatmasında sodyum buharlı armatürler kullanılmaktadır. LED dönüşümün Düzce İli, Merkez İlçesine uygulanması

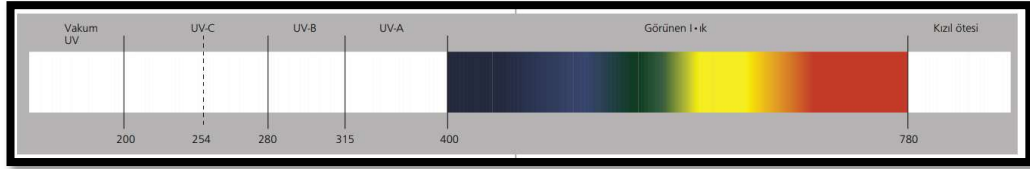
sonucunda; enerji tasarruf oranı, kurulum maliyetleri, sistemin kendi kendine amortisman süresi hesaplanmıştır ve LED aydınlatmasına dönüşümün analizi yapılmıştır.



2. AYDINLATMA İLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER

2.1. IŞIK

Işık, göze gelen bir foton veya dalga formunda olan bir enerji şeklidir. Elektromanyetik dalgaları, dalga uzunluklarına göre sıralayacak olursak spektrum (tayf) elde edilir. Elektromanyetik spektrum, 380 nanometre ile 780 nanometre dalga uzunluklu kısmı ıflık olarak adlandırılan görülebilir bölgedir.



Şekil 2.1. Nanometre cinsinden dalga boyu [1].

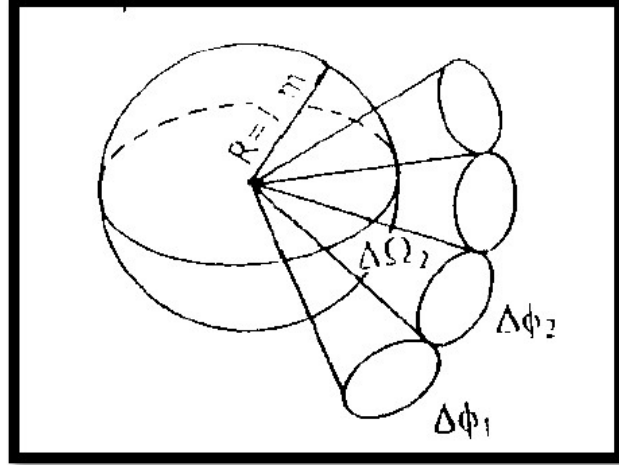
2.2. IŞIK AKISI

Işık akısı, ışık kaynaklarından birim zamanda yayılan ışık miktarı olarak tanımlanabilir. Diğer tanımı da şu şekilde açıklanabilir: Bir ışık kaynağının ışık akısı, bu kaynaktan çıkan ve normal bir insan gözünün görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre hesaplanan enerji akısıdır.

$$\Phi = K_0 \cdot F \cdot V\lambda = K\lambda \cdot F \quad (2.1)$$

Denklem (1)'de, F , Enerji akısını göstermektedir. K_0 , Enerji akısının $\lambda=555$ nm için karşılık gelen fotometrik değeridir ve 682 lm/W'tır. $K\lambda$, Enerji akısının her hangi bir dalga uzunluğuna ait fotometrik değeridir. $V\lambda$, Gözün spektral duyarlılığıdır [1].

Işık akısı, uzayın muhtelif doğrultularında yoğunluğu farklı olmasından dolayı düzgün yayılmaz. Bu durumun açıklaması uzay aç kavramı ile yapılabilir. Genel olarak, uzayın muhtelif kısımlarına düzgün şekilde yayılmayan kısmi ışık akıların toplamı o kaynağa ait toplam ışık akısını verir.



Şekil 2.2. Kısmi ışık akıları ve uzay açıları [1].

2.3. ETKİNLİK FAKTÖRÜ

e ile ifade edilir ve birimi lm/W 'tır. Işık üreticisinde veya armatürden çıkan toplam ışık akısının kaynağın veya armatürün toplam gücüne oranıdır. Diğer bir ifadeyle, ışık kaynağının veya armatürün şebekeden çektiği 1 W güce denk gelecek ışık akısı değeridir.

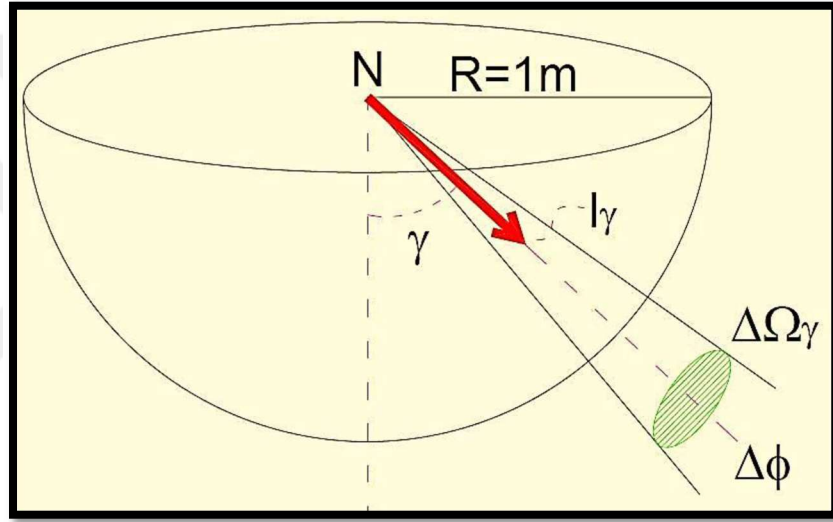
$$e = \frac{\Phi}{P} \quad (2.2)$$

Etkinlik faktörü (e), ışık kaynağı tarafından yayılan görünür ışığın ne kadar iyi olduğunu gösteren fiziksel bir niceliktir. Işık akısının, güce oranı olarak ifade edilir. Bazı ışık kaynaklarının ortalama etkinlik faktörleri aşağıda gösterilmiştir [2];

- i. Akkor flamanlı: 10-20 lm/W
- ii. Floresan: 50-100 lm/W
- iii. Metal Halide: 75-125 lm/W
- iv. SMD LED: 15-45 lm/W
- v. Power LED: 50-120 lm/W
- vi. COB LED: 100-150 lm/W

2.4. IŞIK ŞİDDETİ

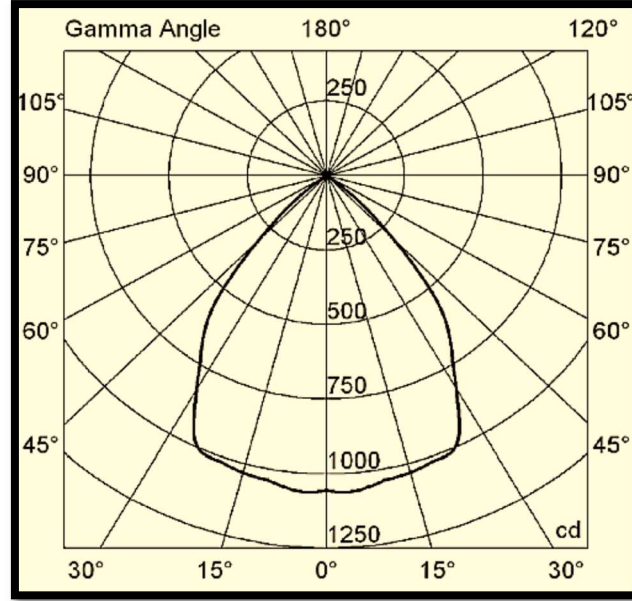
Işık şiddeti belirli bir yönde yayılan ışığın yoğunluğunun birim zamandaki miktarı ile ilgilidir. Noktasal ışık kaynakları için tanımlanır. I ile ifade edilmektedir ve birimi kandela ($\text{cd}=\text{lm/sr}$)'dır. Doğrultuya bağlı olarak değişen bir büyüklüktür. Noktasal bir ışık kaynağından yayılan yayılan herhangi bir γ doğrultusundaki ışık şiddeti, bu doğrultuyu kapsayan $\Delta\Omega_\gamma$ uzay açısından çıkan $\Delta\phi$ ışık akısının $\Delta\Omega_\gamma$ uzay açısına bölümü ile bağlantılıdır. Şekil 2.3'te $\Delta\Omega_\gamma$ sıfıra yaklaşırken bu oranın limiti de I_γ ışık şiddet değerini belirler. 1 steradyanlık uzay açısından 1 lümen değerinde ışık akısı çıkarsa bu doğrultudaki ışık şiddetinin değeri 1 lm/sr veya 1 cd olarak hesaplanır.



Şekil 2.3. Noktasal bir ışık kaynağının γ doğrultusundaki ışık şiddeti [1].

2.5. IŞIK DAĞILIM EĞRİSİ

Işık üreteçleri, uzayda farklı yönlerde farklı ışık şiddet değerleri üretebilirler. Bir noktasal ışık kaynağının çeşitli doğrultulardaki ışık şiddet değerlerinin son noktalarının geometrik konumu, ışık kaynağının ışık dağılım yüzeyi olarak adlandırılan bir yüzeydir [1]. Kaynaktan geçen bir düzlem üzerindeki ışık şiddetlerinin son noktaları dikkate alınırsa, geometrik yerleri kaynağın ışık dağılım yüzeyinden ve söz konusu düzlemin ara bölümünde oluşur, bu duruma 'ışık dağılım eğrisi' veya 'polar fotometrik eğri' ismi verilir.



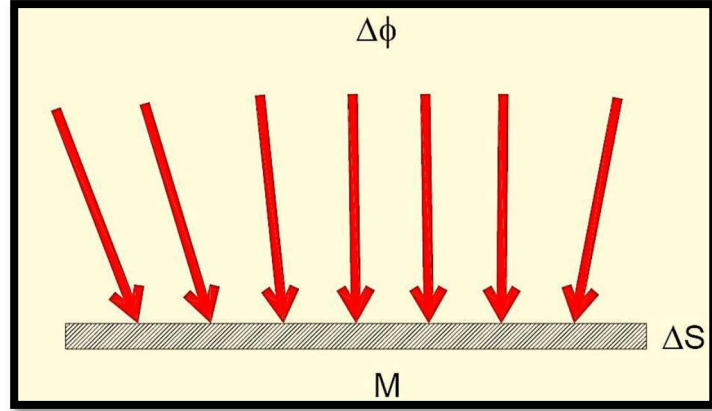
Şekil 2.4. Örnek bir ışık kaynağına dair ışık dağılım eğrisi [1].

Işık şiddet değerleri ve ışık dağılım eğrisi, bir aydınlatma aygıtının değerlendirilmesinde faydalıdır. Kusursuz aydınlatma değerlerinin elde edilebilmesi için elverişli aygıtın seçiminde ışık dağılım eğrileri ve ışık şiddet değerleri tabloları göz önünde bulundurulmaktadır. Optik tasarım aşamasında, optik simülasyon raporlarında elde edilecek ve değerlendirmeye uygun görülen yapıya dair ışık şiddet değerleri ve dağılım eğrileridir.

Işık şiddeti, ışık kaynağının, noktasal olması durumunda geçerli olan bir büyüklüktür. Bu nedenle, fotometrik ölçmelerde, ölçüm uzaklığı ışık kaynağını noktasal kabul edilebilecek uzaklıkta olmalıdır. Bu mesafe, ışık kaynağının en büyük boyutunun 10 katı alınırsa, %1'den daha az bir hata içeren ışık kaynağı noktasal kabul edilebilir.

2.6. AYDINLIK DÜZEYİ

Aydınlık düzeyi, 'Ortalama Aydınlık Düzeyi' ve 'Noktasal Aydınlık Düzeyi' olarak ikiye ayrılabilir. E harfi ile temsil edilir ve birimi lüx'tür. Ortalama Aydınlık Düzeyi, bir M yüzeyine gelen, $\Delta\phi$ ışık akısının, yüzey alanı ΔS 'ye bölümü ile elde edilir. E_{av} ile temsil edilir ve birimi, lm/m^2 olarak verilir.

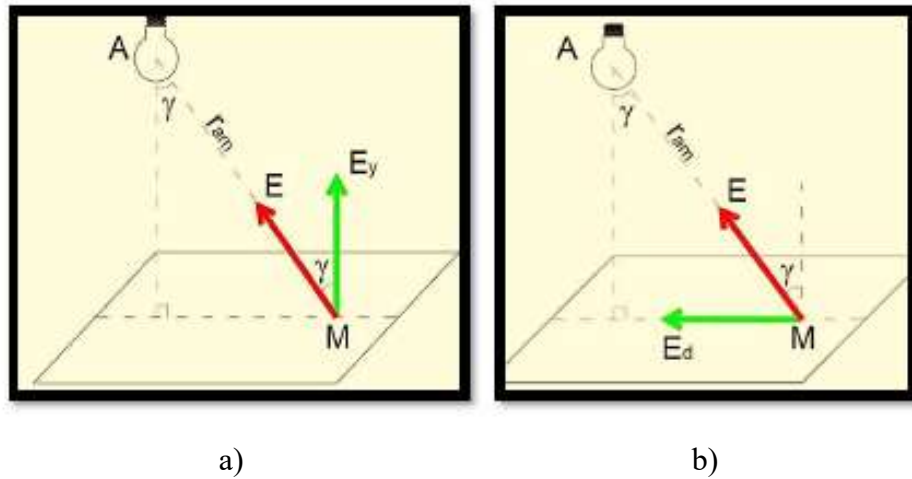


Şekil 2.5. Ortalama aydınlık düzeyi [1].

Noktasal Aydınlatma Düzeyi, düşey ve yatay aydınlık düzeyleri olarak iki bileşenden oluşur ve birimi, cd/m^2 dir. Şekil 2.6'da A noktasında bulunan bir ışık kaynağından γ açısı ile çıkan I_γ ışık şiddetinin, A noktasından r_{am} uzaklıkta bulunan M noktasında oluşturduğu yatay aydınlık düzeyi E_y , düşey aydınlık düzeyi ise E_d 'dir. Yatay ve düşey aydınlık düzeyleri şu şekilde ifade edilir. [3];

$$E_y = \frac{I_\gamma}{r_{am}^2} \cos \gamma \quad (2.3)$$

$$E_D = \frac{I_\gamma}{r_{am}^2} \sin \gamma \quad (2.4)$$



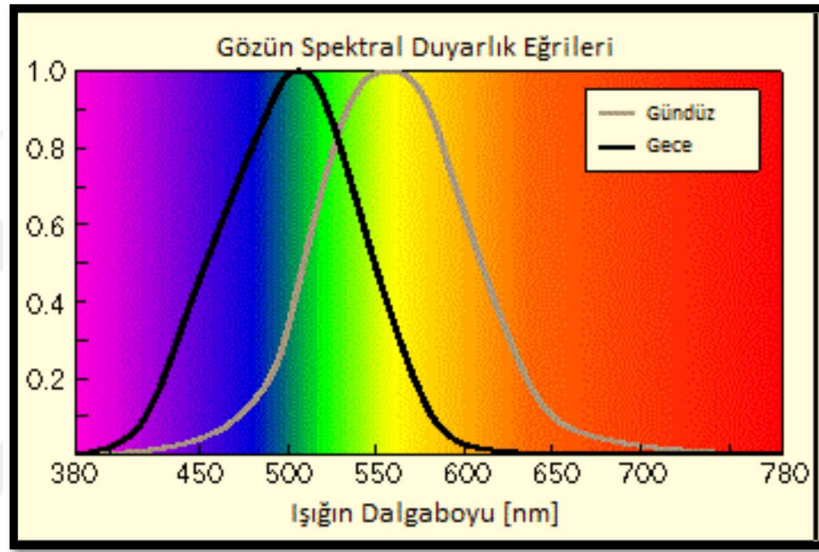
Şekil 2.6. Noktasal aydınlık düzeyleri a) Yatay b) Düşey [1].

2.7. GÖZÜN SPEKTRAL DUYARLILIĞI

İnsan gözü elektromanyetik spektrumda 380 nanometre-760 nanometre dalga boyları arasındaki ışığı tespit eder ve bu aralıktaki farklı dalga boylarındaki radyasyonlara

tepkileri farklıdır. Burada, gözün çeşitli radyasyonlara karşı duyarlılığı, gözün spektral duyarlılığı veya görünürlük faktörü olarak adlandırılır. $V(\lambda)$ ile ifade edilmektedir. Gözün spektral duyarlılığı, çevredeki aydınlatmaya büyük ölçüde bağlıdır ve gece için farklı spektral duyarlık eğrilerine sahiptir. Aşağıdaki grafik gündüz ve gece görüşü için spektral duyarlık eğrilerini göstermektedir [1].

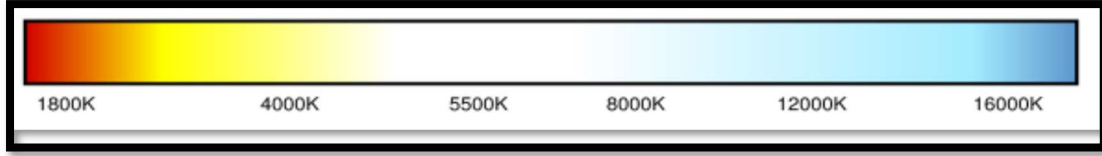
En yüksek hassasiyet değeri gündüz 555 nm dalga boyuna ulaşırken, gece bu değer 507 nm'ye ulaşmaktadır.



Şekil 2.7. Gözün spektral duyarlık eğrileri [3].

2.8. RENK SICAKLIĞI

Birimi Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) olarak gösterilen Renk Sıcaklığı; siyah renkli bir kütlenin, belirlenen başka renkte bir ışık elde etmek için ısıtılması gereken sıcaklıktır. Bu bağlamda mavi renk tonları yüksek renk sıcaklığını, kırmızı-sarı renk tonları ise düşük renk sıcaklığını göstermektedir. Renk sıcaklığı insanları ruhsal yönden etkilemekte olup aydınlatma yapılacak mekanın özellikleri ve işlevine uygun olacak şekilde renk sıcaklığını seçmek gerekmektedir. Ayrıca gün ışığı 5.000-6.500 $^{\circ}\text{K}$ değerlerine tekabül ettiğine göre 3.000 $^{\circ}\text{K}$ gibi düşük sıcaklıklar, sıcak ışık; 8.000 $^{\circ}\text{K}$ değerleri ise soğuk ışık olarak değerlendirilmektedir [2].



Şekil 2.8. Renk sıcaklığı skalası [4].

Aşağıda renk sıcaklığı değerleri için bazı örnekler verilmiştir:

- 1.500-2.000 K : Mum ışığı
- 2.500-3.500 K : Enkandesan lamba
- 2.500-3.500 K : Gün batımı ve güneşin doğuşu
- 4.000-4.500 K : Ay ışığı
- 5.000-6.000 K : Xenon lamba
- 5.500-6.000 K : Elektronik foto-flaş
- 5.000-6.000 K : Öğle saatlerinde gün ışığı
- 6.000-7.500 K : Bulutlu gökyüzü
- 9.500-12.000 K : Mavi gökyüzü

2.9. RENKSEL GERİVERİM

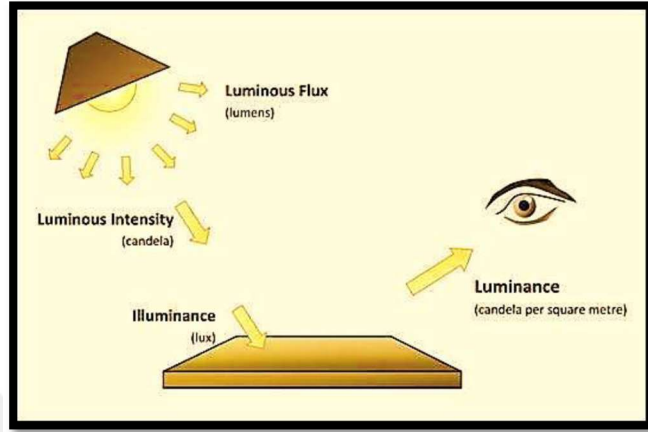
Bir ışık kaynağının, gerçek renginde gösterme kabiliyeti olarak isimlendirilen Renksel Geriverim'in özellikleri; ışık kaynağının gün ışığındaki gibi renk algılarına duyarlı olması çok önemlidir. Bu özellikler "Genel Renksel Geriverim Endeksi" nde Ra olarak ifade edilir. Ra'nın optimal değeri 100'dür ve optimal değer azalması ile birlikte renklerin doğru algılanması da düşecektir.

Çizelge 2.1. Renk geriverim tablosu [5].

Kademe	Renksel Geriverim	
1A	Çok iyi	Ra > 90
1B	Çok iyi	80 < Ra < 90
2A	İyi	70 < Ra < 80
2B	İyi	60 < Ra < 70
3	Çok iyi değil	40 < Ra < 60
4	İyi değil	20 < Ra < 40

2.10. PARILTI

Parıltı, L harfi ile temsil edilmektedir ve birimi cd/m^2 dir. Parıltı doğrultuya bağı olarak değişen bir büyüklüktür. İnsan gözünde aydınlık hissini uyaran yegane fotometrik büyüklük olup bir yüzeyin göze ne kadar parlak görüldüğünün bir ölçüsüdür.



Şekil 2.9. Göze etki eden tek fotometrik büyüklük parıltı [3].

Parıltı, herhangi bir ışık kaynağının kendi ışık yayan yüzeyinin parıltısı olabilir. Ayrıca herhangi bir yüzeyin ışık kaynağından gelen ışıkları yansıtarak ışık kaynağı gibi davranması da parıltı olabilir. Yol aydınlatma hesaplarında, yol yüzeyindeki parıltı değerleri önemlidir. Yol aydınlatmasında kullanılan armatürlerin kendi parıltıları hesaplarda kullanılmaz.

İnsan gözünün aydınlık düzeyini algılamaması sebebi ile, sadece ışık kaynaklarının faydalı düzlemler üzerinde oluşturdukları aydınlık düzeyleri bir anlam ifade etmezler. Göz, aydınlık düzeyinin, mevcut bulunduğu noktadaki, yüzey yansıtma katsayısı ile çarpımı olan parıltı değerini algılar. Yansıtma katsayısı, parıltı hesabı yapılan noktanın yerine göre gözlemci ve aydınlatma aygıtı bulunduğu konumlarına da bağlıdır.

Farklı yansıtma katsayıları olan yollarda, eşit aydınlık düzeyleri oluşturulsa da yollar farklı parıltı değerlerine sahip olurlar. Yol üzerindeki asfalt kaplamalar türlerine göre özelliklerine göre R1, R2, R3, R4 olarak sınıflandırılmıştır ve farklı yansıtma özelliklerine sahiptirler.

Türkiye’de kullanılan asfalt yollar R3 sınıfındadır [6].

2.11. KONTRAST

Kontrast, bir görüntüdeki en parlak bölüm ile en karanlık bölüm arasındaki fark olarak tanımlanır. C ile gösterilir (Denklem (2.5)).

$$C = \frac{(L_{max}-L_{min})}{L_{min}} \quad (2.5)$$

Bir ekran 100 cd/m²'lik bir parlak beyaz ölçümüne ve 1 cd/m²'lik bir siyah ölçümüne sahipse kontrast 100:1 olarak ifade edilir. Siyah ve beyaz arasındaki kontrast aralığı genişledikçe iki uç arasındaki gri tonlar veya ort seviye renk tonları daha kolay görünür. Renk tonları ne kadar büyük olursa, görüntü o kadar canlı görünür [7].

2.12. KAMAŞMA

Sağlam bir gözün dış etmenler sebebi ile geçici olarak etrafındaki cisimleri algılayamaz hale gelmesine veya görme kabiliyetinde her hangi bir azalma olmadan görme konforunu engelleyen olaydır. Gözün görme alanı içerisindeki bütün ışık kaynakları kamaşma sebebidir. Işık doğrudan veya yol yüzeyinden, bina yüzeyinden, trafik işaretlerinden ya da diğer bütün cisimlerde yansıyarak araç sürücüsünün gözüne gelerek kamaşmaya sebebiyet verebilir. Yol aydınlatma hesaplarında, psikolojik kamaşma ve fizyolojik kamaşma olarak iki çeşit kamaşmadan söz edilebilir. Psikolojik kamaşma, kamaşma sınırlama katsayısı ile belirtilmiştir. Bu büyüklük aydınlatma tesisatının geometrik ve fotometrik özellikleri kullanılarak hesaplanır. Fizyolojik kamaşma, Holladay tarafından tanımlanmış olup, örtü parıltısı formülü ile hesaplanır [3]. Kamaşma kaynağından çıkıp sürücünün gözüne gelen ışınlar, retinada bir örtü parıltısına sebep olurlar. Bu durum gözün görme yeteneğini zayıflamaya yol açar ve görme keskinliğini azaltır.

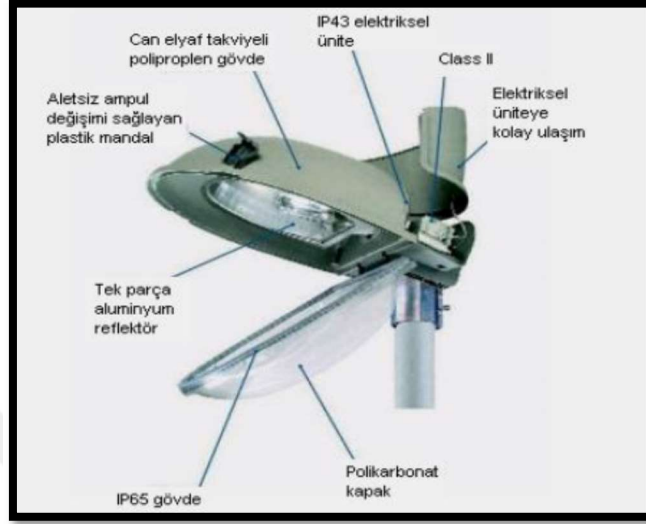
2.13. LAMBA

Görünür bir ısınım üretmek üzere tasarlanmış cihaza lamba denir.

2.14. ARMATÜR

Armatürler, sadece lambaların montaj edildiği bir duy değil, lambanın dış etkenlerden muhafaza edildiği, tesisat bağlantılarının yapıldığı, en önemli olarak ışığın istenilen

şekilde filtre edilebildiği, değiştirilebildiği ya da yayılmasının kontrol edilebildiği karmaşık bir cihazdır. Bina, cadde ve sokak aydınlatmalarında kullanılan harici armatürler ve iç mekanlarda kullanılan dahili armatürler olarak ikiye ayrılır.



Şekil 2.10. Dış aydınlatma armatürünün yapısı [8].

3. AYDINLATMA

1913 yılında kurulan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) aydınlatmayı, “nesnelerin ve çevrelerinin görülebilmesi için, ışık uygulamaktır” şeklinde tanımlamıştır. Tanımdan anlaşılacağı üzere aydınlatma, bir nesneyi ışıklı reklam panoları gibi ışıklandırmak değil de, nesnenin ve çevresinin ışık kaynağı sayesinde görünebilmesine yarar.

3.1. AYDINLATMA ÇEŞİTLERİ

Aydınlatma fiziksel alanın durumuna göre, iç aydınlatma ve dış aydınlatma olarak ikiye ayrılmıştır. Kullanılan ışığın kaynağına ve aydınlatılacak yerin özelliklerine bağlı olarak farklı aydınlatma türleri vardır. Kullanılan ışığın kökenine göre doğal ve suni aydınlatma, aydınlatmanın nerede yapılacağına bağlı olarak iç aydınlatma ve dış aydınlatma konseptleri ortaya çıkar. Tez konusu açısından incelenen kentsel aydınlatma ve ışık kirliliği mekan ve yer açısından dış aydınlatma ve yapay aydınlatma türleriyle doğrudan ilgilidir. Kentsel aydınlatma sistemlerinin tasarımı dış aydınlatmadan farklı özelliklere sahip olduğundan, bu çalışmada daha geniş biçimde işlenmiş; doğal aydınlatma ve iç aydınlatmaya odaklanılmamıştır.

3.1.1. Doğal Aydınlatma

Doğal aydınlatmanın ana kaynağı güneştir. Bu nedenle, bu tür bir aydınlatmanın temel amacı, doğal ışığı en uygun şekilde kullanmaktır. Ekonomi ve mimari açısından, doğal ışığın aynı zamanda yapay ışıkla birlikte kullanılması ve verimliliğin sağlanmasında projelendirme doğal aydınlatma konuları içindedir. Gün ışığı kullanımında temel yaklaşım ışığın yönünü ve yoğunluğunu dikkate almaktır.

Özellikle iç mekan aydınlatmasında gün ışığına gelindiğinde, ışığın parlama yapmamasına ve ışığın doğrudan göze gelmemesine dikkat edilmelidir. Aydınlatma gereksinimlerine göre mekan içinde çeşitli düzenlemeler yapılarak çeşitli problemler giderilebilir. Işık kalitesine göre gün ışığının özellikleri; ışık rengi açısından, ışık seviyelerinin dağılımı açısından, ışık akısının doğrusal yapısı ve gölge kalitesi açısından değerlendirilebilir. Gün ışığı, kentin doğal rengine algılanmasını sağlar. Güneş ışığı

aydınlatma seviyesi denetlemez, çevrede bulunan yapıların yükseklikleri, mesafeleri ve yansıtıcı faktörü denetlenebilir tek etkidir [9].

3.1.2. Yapay Aydınlatma

Yapay aydınlatmada kullanılan ışık kaynağı, elektrikli ışık kaynaklarıdır.

3.1.2.1. İç Aydınlatma

Dış ortamdan ayrılmış, iç mekanların aydınlatılmasına iç aydınlatma denir. İç mekan aydınlatmasına örnek olarak oturma odası, çocuk odası, banyo, kütüphane, okul, hastane, sinema, depo, müze, işyerleri vb. alanların aydınlatılması verilebilir.

3.1.2.2. Dış Aydınlatma

Dört duvar arasında olmayan, atmosfere açık yerlerin aydınlatılmasına dış aydınlatma denir. Dış aydınlatmanın asıl amacı güvenlik amaçlı bir aydınlatma yapılmaktadır ve genel olarak sokakların aydınlatması ve park alanlarının aydınlatılması gibi alanları konu olsa da, özellikle son yıllarda estetik duygulara hitap edecek şekilde, tarihi mekan, anıt ve benzeri gibi. alanlarda da kullanılır. Yollar, park ve bahçeler, meydanlar, otoparklar, duraklar, tarihi mekanlar, anıtlar ve benzeri yerlerde dış aydınlatmanın kullanıldığı yerlere örnektir.

3.2. DIŞ AYDINLATMANIN TEMEL PRENSİPLERİ

Aydınlatmadan en üst seviyede yararlanılabilmesi için ortamdaki gerekli güvenliğin sağlanması ön planda tutularak gereken enerji tasarrufunun yapılabilmesi ve ışık kirliliğinin engellenebilmesi için de en baştaki tasarımdan kullanıma kadar tüm aşamalarda uyulması gereken temel prensipler aşağıda sıralanmıştır [10].

- a) İlgili standartlar ve Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun yayınları da takip edilerek aydınlatma yapılacak yere ve amaca uygun şekilde optimum çözümün elde edilebileceği aydınlatma kriterlerinin belirlenmesi,
- b) Fotometrik ve teknik özellikleri bilinen armatürler ile gerekli aydınlatma hesaplarının yapılması, sadece aydınlatılacak alana ışık gönderen armatür tiplerinin ve miktarlarının belirlenmesi,
- c) Aydınlik şiddeti algılayıcı ve/veya zaman kontrollü röleler ile aydınlanmanın ihtiyac duyulan zamanlarda ihtiyaca cevap verecek ölçüde yapılmasının sağlanması

[11]. Yukarıdaki üç temel prensibe gösterilecek uyum, enerji tasarrufunu maksimum düzeye çıkarmaya yardımcı olacak, dünyamızın sahip olduğu doğal kaynaklarının fazla tüketimi minimuma indirecek ve ülke ekonomilerine çok yüksek oranda destek olacaktır [10].

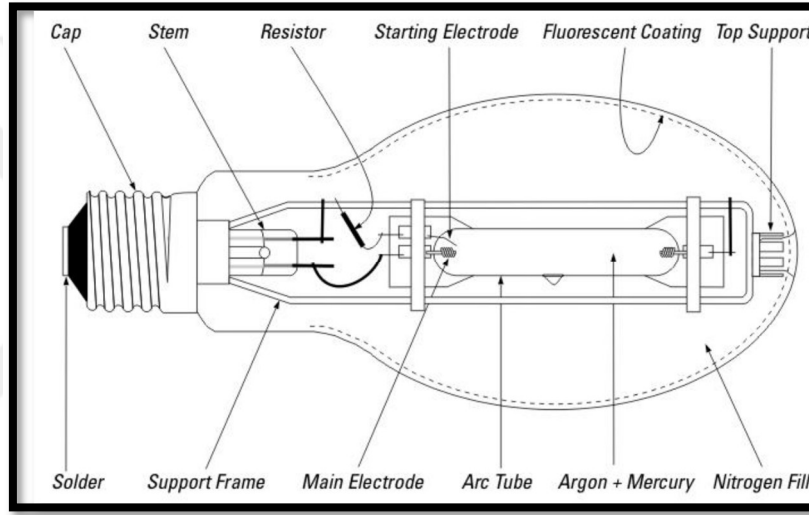


4. DIŞ AYDINLATMADA KULLANILAN LAMBA TÜRLERİ

4.1. YÜKSEK BASINÇLI CİVA BUHARLI LAMBALAR

Yüksek basınçlı cıva buharlı lambalarda üretilen ışığın büyük bir kısmı, cıva buharının ışımasıyla oluşturulur. Lambanın içindeki basınç 100.000 Paskal kadar yüksek olduğundan, bu lambalara yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar denir [2].

Etkinlik faktörü (η) 50 lm/W civarlarındadır. Gücü ise 50-1.000 W arasındadır.



Şekil 4.1. Yüksek basınçlı cıva buharlı lambanın yapısı [12].

Şekil 4.1’de kesiti görülen yüksek basınçlı cıva buharlı lambalar söz konusu olduğunda, çift elektrotlu bir deşarj tüpü vardır. Deşarj tüpü cıva buharı ve argon içerir. Ampul çalışırken elektrotların bulunduğu hazne mavi ve ultraviyole ışık yayar. Yayılan ultraviyole ışınlar, floresan madde ile kaplanmış camın iç yüzeyine çarparak, görünür ışın yayılmasına neden olur. Özellikle bu ampulün altında beyaz giysilerin parlak bir görünümün sebebi ultraviyole ışıklardan kaynaklanır [13].



Şekil 4.2. Yüksek basınçlı civa buharlı lamba [14].

Beyaz ışık üreten Yüksek basınçlı civa buharlı lambalar, genellikle park, bahçe aydınlatmasında kullanılır. Endüstride ve dış aydınlatmada da kullanılan civa buharlı lambaların dikkatten kaçan önemli bir verimsizlik parametresine sahiptir. Ürettiği ışık kaynağının şiddetine karşılık harcadıkları enerji miktarı çok fazla olması nedeniyle son yıllarda bu tür lambaların yerine, metal halojen lambalar kullanılmaktadır. Metal halojen lambalar, civa buharlı lambalardan daha az enerji kullanır, aynı aydınlatma şiddetini sağlarlar veya aynı miktarda enerji tüketerek daha fazla aydınlatma sağlar [14]

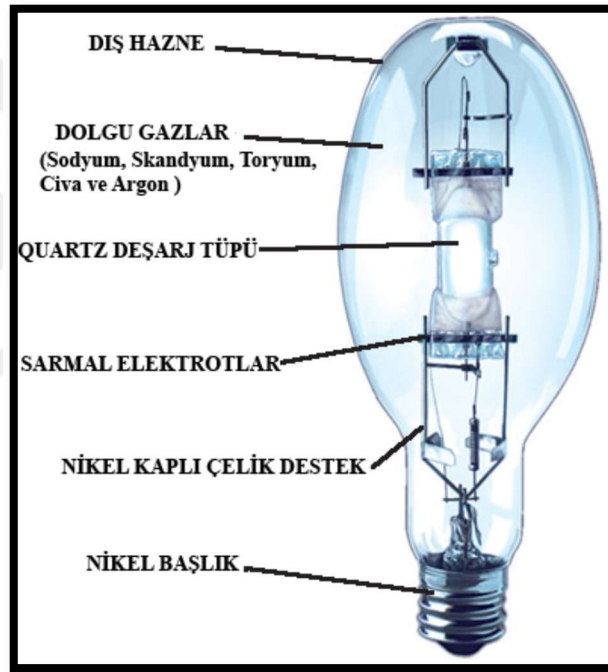
Yüksek basınçlı civa buharlı lambaların ömrü 15.000-25.000 saat arasındadır. Çalışma sırasında tekrar devreye sokulması için iç basınçlarının azaltılması gerekir. Balast yardımcı eleman olarak kullanılır. Elektronik balast kullanılmıyorsa, bu lambanın kullanıldığı yerde bir stroboskopik etki görülür [15].

Sodyum buharlı lambaların ömürleri yüksek basınçlı civa buharlı lambalara göre oldukça uzundur ve Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ), bu durumun farkına vararak Yüksek Basınçlı Sodyum Buharlı Lambalar Şartnamesinde belirttiği üzere Türkiye’de yol aydınlatmasında yüksek basınçlı civa buharlı lambaların kullanılmaması gerektiğini belirtmiştir [16].

4.2. METAL HALOJEN LAMBALAR

1960'lı yıllarda üretimi başlayan Metal Halojen lambalar, Metal Halide lamba olarak da adlandırılırlar. Metal Halojen lambalara civa buharlı bazı tuzlar ilave edilerek renksel geriverimi yükseltilmiştir.

Özel amaçlı uygulamalar için Metal halojen lambalar gayet uygun özelliklere sahiptir. Metal halide lambaların kullanım ömürlerinin kısa olmasına rağmen, diğerlerine farkla renklerin belirgin olması istendiği alanlarda, spor sahalarında ve beyaz rengin vurgulanmak istendiği binanın dış cephelerinin aydınlatılması gibi alanlarda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır [14].



Şekil 4.3. Metal halojen lamba yapısı [8].

Metal halojen lambalara metal halojen denilmesinin sebebi indiyum, talyum ve sodyum gibi metal halojenler içermesidir. Metal halojen lamba çalıştırılmaya başladıktan sonra çalışma ısısına ulaştığında lambada bulunan metal halojenler buharlaşmaya başlarlar. Halojen buharı deşarj yüksek sıcaklık sınırına ulaştığında, halojen ve metal birbirinden ayrılır, metal molekülleri kendi spektrumlarını yayar. Metal ve halojenler difüzyon ve konveksiyonla deşarj tüpünün daha soğuk bölgelerine, özellikle de dış kısımlarına hareket ederek, yeniden döngüyü başlatmak için birleşirler [2].



Şekil 4.4. Metal halojen lamba fotoğrafı [2].

4.3. FLÜORESAN LAMBALAR

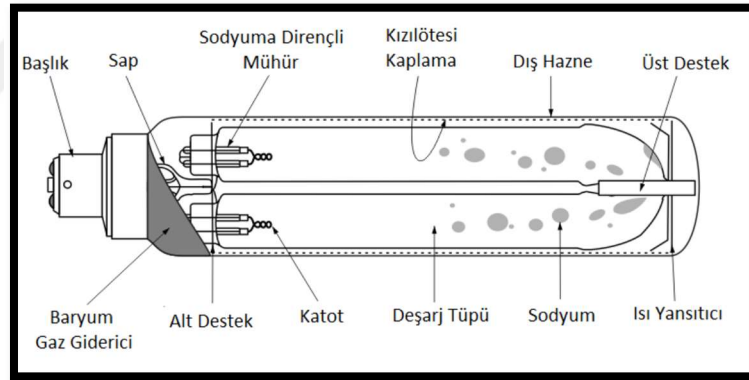
Akkor lambalara bir alternatif olarak, bu ışık kaynaklarının (lambaların) etkinlik faktörleri ($\sim 60 \text{ lm/W}$) akkor lambalardan daha yüksektir ve kullanım ömrü uzundur. Park, bahçe, kapı önü aydınlatması amaçlı kullanılan bu lambaların, çalışma özellikleri ortam sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle kompakt flüoresan lambalı dış aydınlatma tesislerinde kullanılan lambalar dış ortam koşullarına uygun tiplerden seçilmeli ve çok iyi korunan armatürler içine yerleştirilmelidir. Balastın lambaya dahil olmadığı durumlarda, standartlara uygun elektronik balastlar kullanılmalıdır [17].



Şekil 4.5. Floresan lamba örnekleri [18].

4.4. ALÇAK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBALAR

Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar, ticari olarak ilk defa 1932 yılında kullanılmaya başlanmış olup, bu tarihten itibaren en verimli lamba olma özelliğini korumaktadırlar. Lambanın yapısındaki sodyumun, ışık spektrumundan dolayı, sarı-turuncu ışık verirler. Lambayı verimli olmasını sağlayan da bu tek renkli (monokromatik) ışıktır. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların sarı-turuncu renk vermesi sebebi ile, renkleri ayırt etmek zorlaştığından, renksel geriverimleri düşüktür. Bu yüzden çoğunlukla, dış mekanların, sokakların ve caddelerin aydınlatılmasında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Eğer renkten daha fazla, görüş alanının aydınlatılmasının çok önemli olduğu, havaalanı, askeri bölge, tünel ve fabrika çevresi gibi geniş sahaların aydınlatılmasında tercih edilir. Ayrıca tek renkli ışığı, dolayısıyla hareketi algılamaya daha uygun olmasından ötürü güvenlik aydınlatmalarında ve ışığın filtre edilerek yok edilmesi kolay olduğundan dolayı da gözlemcilerinin etrafındaki yerleşim merkezlerinde kullanılmaktadırlar [2].



Şekil 4.6. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambanın yapısı [19].

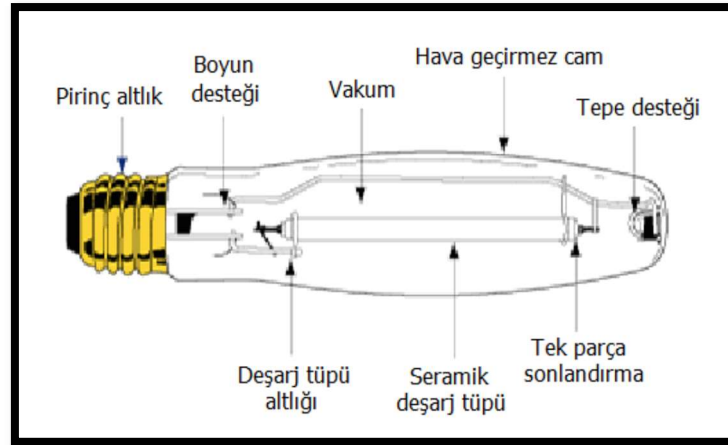
Alçak basınçlı sodyum buharlı lambaların, etkinlik katsayıları 100-192 lm/W aralığındadır ve etkinlik değerleri çok yüksektir. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar elektronik balast ile kullanılmaz ise stroboskopik etki (Göz yanılması) görülebilir. Ömürleri 16.000 saat olan alçak basınç sodyum buharlı lambaların renksel geriverimi ise en düşük seviyededir. Trafo ve kondansatör gibi diğer elemanlara ihtiyacı yoktur.



Şekil 4.7. Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba [2].

4.5. YÜKSEK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBALAR

1964'ten bu yana dış mekan aydınlatılmasında kullanılan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar, dünyada en yaygın kullanılan sokak lambalarıdır. Yapılarında sodyum bulunmasından dolayı yüksek verime sahiptirler. Renksel geriverimleri alçak basınçlı sodyum buharlı lambalardan daha iyi olmasına rağmen, verimlilikleri bu lambalardan biraz daha düşüktür.



Şekil 4.8. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambanın yapısı [2].

Daha yeni bir teknolojiye sahip olan yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalarda, deşarj tüpünün basıncı artırılarak ve karışıma civa ilave ederek alçak basınçlı sodyum buharlı lambalarda oldukça dar olan ışık spektrumu genişletilmiştir. Bu durum renk kalitesini iyileştirmesine rağmen gözün görebileceği bölgenin dışındaki ışıkların da üretilmesine neden olmuştur. Bu da aydınlatma tekniği açısından ışık kaynağının verimini azaltan bir

durumdur. Bununla birlikte, yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların verimi diğer bir çok ışık kaynağından daha yüksektir. Farklı güç ve çeşitteki yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların verimleri 80 ila 140 lm/W arasında değişmektedir, ortalama verimleri 130 lm/W civarındadır [2].

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların kullanımı, alçak basınçlı sodyum buharlı lambalarınkilere benzerdir. Bu tür lambalar da özellikle dış aydınlatmada kullanılırlar. Sokak, otoyol, tünel, spor sahaları park ve bahçe alanlarında tercih edilmektedir.

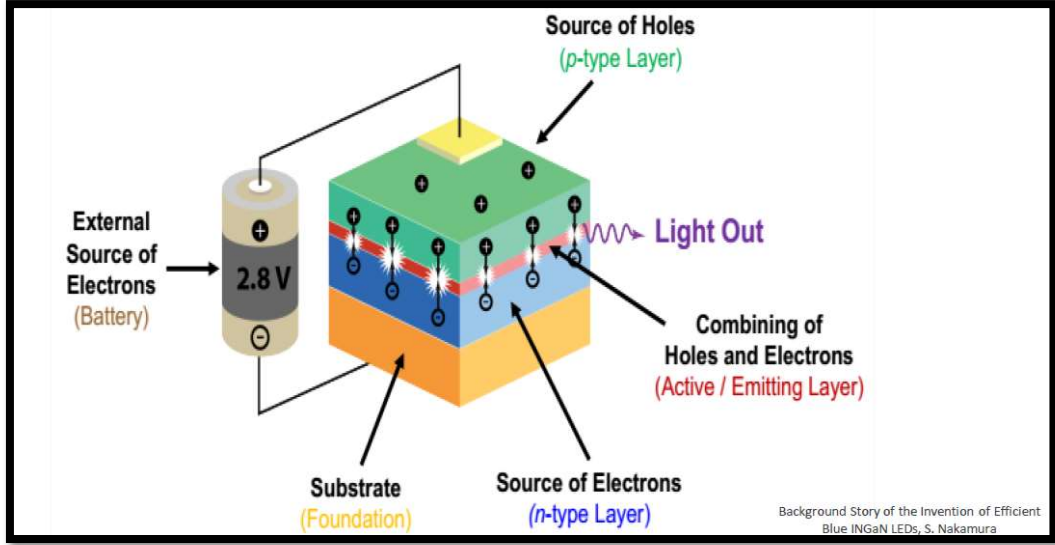


Şekil 4.9. Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba [3].

35 W'tan 1.000 W'a kadar çeşitleri bulunan bu lambaların kullanım ömürleri, alçak basınçlı sodyum buharlı lambalara göre daha uzundur ve 24.000 saate kadar çıkabilir; Ortalama ömürleri 20.000 saattir.

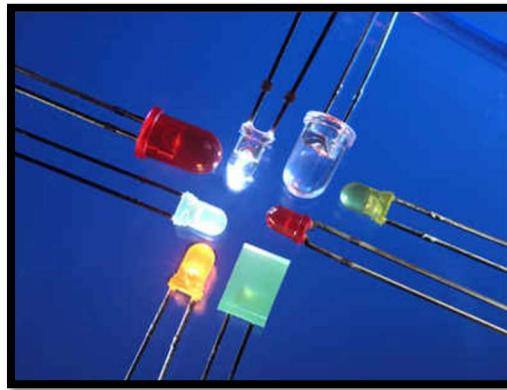
4.6. LED LAMBALAR

Yarı iletken ışık kaynağı özelliği olan LED'ler, belli bir voltaj değerinden itibaren sahibi olduğu elektronların hareketlenmesi sayesinde ışık yayarlar. Buna “elektroluminans” veya “elektroişınım” denmektedir.. İlk kez 1907’de bir İngiliz bilim adamı olan H. J. Round tarafından keşfedilen LED, 1962’de “General Electric”de çalışan Nick Holonyak Jr. tarafından geliştirilmiştir. İlk başlarda akkor ve neon gösterge lambası olarak test vihazlarında kullanılan LED lambalar günümüz yıllarında hayatın her alnında yer almaktadır. Televizyonlar, arabalar, telefonlar, hesap makineleri vb. cihazlarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır [20].



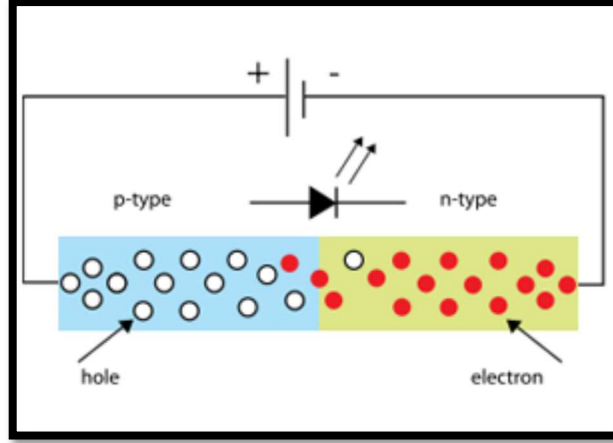
Şekil 4.10. LED lambanın malzeme yapısı [21].

LED lambalar, günümüz malzeme teknolojilerindeki gelişmeye paralel olarak her gün biraz daha geliştirilerek, aydınlatma sektöründeki yerini arttırmıştır. Yüksek güçlü beyaz ışıklı LED'in geliştirilmesi sayesinde LED'lerin aydınlatma alanında da kullanılmasını mümkün kılmıştır. Çok düşük enerji harcamaları, yüksek olan ışık verimliliği, uzun olan ömürleri, küçük boyutları, çok geniş renk yelpazesi, farklı renk sıcaklıkları gibi çok fazla olan özelliğiyle yakın bir zamanda geleneksel aydınlatma sistemlerinin kullanılmasını bıraktıracak çok geniş uygulama alanına sahip olan bir teknolojidir [2].



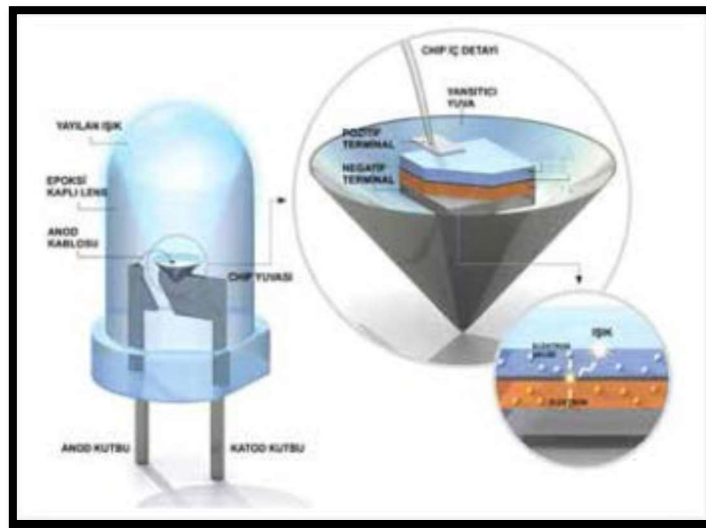
Şekil 4.11. Farklı LED fotoğrafları [2].

LED'leri çalışma prensibi incelendiğinde; Doğru yönde bir gerilim uygulandığında, Şekil 4.12'ye göre kırmızı ile işaretlenmiş olan elektronların diğer taraftaki beyaz renk ile işaretlenmiş olan boşluklara hareketi sebebi ile açığa çıkan enerjinin, çip içerisindeki kimyasalların da etkisiyle foton adı verilen ışık kaynağına dönüşmesidir [22].



Şekil 4.12. LED’lerin içindeki P-N jonksiyonu [2].

LED’lerin yaydığı ışığın renk ayarının yapılabilmesi için yapısında bulunan yarı iletken maddelere Arsenit (As), Galyum (Ga), Alüminyum (Al), Fosfat (P), İndiyum (İn), Nitrit (N) gibi kimyasalların belli oranlarda eklenmesi gerekir (GaAlAs, GaAs, GaAsP, GaP, InGaAlP, SiC, GaN). Böylece talep edilen dalga boyunda ışımaya sağlanabilir. Örnek olarak kırmızı renk (660 nm) için GaAlAs, sarı renk (595 nm) için InGaAlP, yeşil renk (565 nm) için GaP, mavi renk (430 nm) için GaN kullanılır. LED’lerin kataloglarında yayılan ışığın dalga boyu değerleri de verilmektedir. Aynı renkteki LED’lerin dalga boylarında farklılık görülebilmektedir. Örneğin InGaAlP katkısı yapılmış LED 640 nm dalga boyunda olurken; GaAlAs katkısı yapılmış LED 660 nm dalga boyunda; GaP katkısı yapılmış LED ise 700 nm dalga boyunda kırmızı ışık yaymaktadır [23].

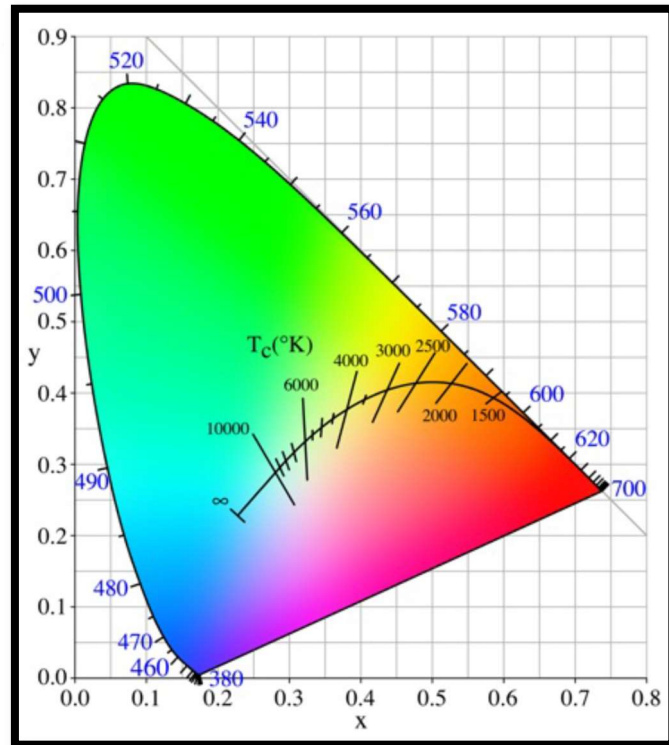


Şekil 4.13. Yarı iletken LED [24].

Diğer ışık kaynakları incelendiğinde, örneğin kırmızı ışık elde edilmek istendiğinde, beyaz ışığın önüne montaj edilen kırmızı bir filtre ile ışığın dışarıya sadece kırmızı ışığın geçmesi sağlanarak renk çeşitliliği oluşturulabilir.

İşte LED diyotların aydınlatma sistemlerindeki en önemli avantajı sadece bir renk üretmesi, fazladan renkler ortaya çıkarmamasıdır. Bir LED kırmızı, yeşil, mavi, sarı gibi tek renk ışık yaymaktadır. Bu avantaj, beyaz ışık üretme kısmında dezavantaja dönüşmektedir. Çünkü tüm ışık türlerinin beyaz ışığı oluşturması sebebi ile tek dalga boyundan beyaz ışık üretmek mümkün olmamaktadır. Aydınlatmada temel renk olan beyaz ışık problemini çözmek için LED’lerde iki sistem geliştirilmiştir. Bunlardan birincisi; Kırmızı, mavi ve yeşil renklerden oluşan üç LED yarıiletkeninin aynı kılıf içinde montaj edip çalıştırmak ve renklerin birleşiminden beyaz ışık üretmek. İkincisi ise; Mavi LED yarı iletkeninden çıkan ışığın, kullanılan bir fosfor tabakasını uyarmasını sağlayarak beyaz ışığı elde etmektir[22].

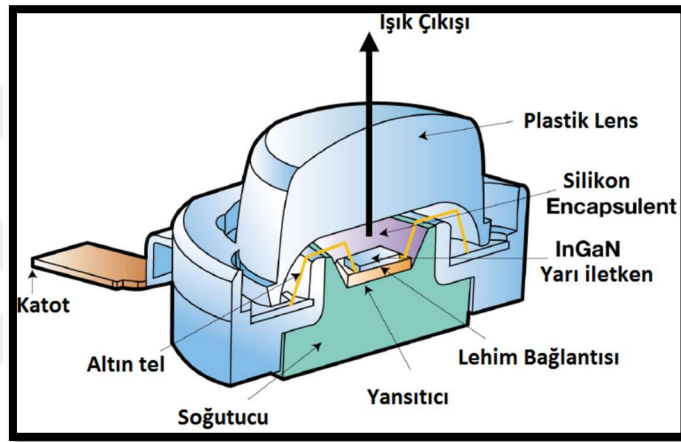
Şekil 4.14’deki katalog değerlerinde görüldüğü gibi, renkli LED’ler dalga boylarına göre (Nanometre), beyaz LED’ler ise renk sıcaklıklarına göre (Kelvin) sıralanırlar.



Şekil 4.14. LED’lere ait renk diyagramı verilmiştir [22].

5. LED AYDINLATMA SİSTEMLERİ

Hızlı gelişen LED teknolojisi ile birlikte, süper Flux LED, Power LED gibi isimler ile satış gören, yüksek ışık akısı üretebilen LED'lerle homojen aydınlatma mümkündür. Birçok LED'in belirli bir sıraya yerleştirilmesiyle elde edilen yüksek ışık akısı sayesinde, LED lambalar sokak aydınlatmasında, iç ve dış aydınlatmada giderek daha fazla kullanılmaktadır [20].



Şekil 5.1. LED'in iç yapısı [25].

Dış mekan aydınlatmasında kullanılan LED sokak lambalarının ana bileşeni olan LED paketleri Şekil 4.2'de gösterilen bileşenlerden oluşmaktadır.



Şekil 5.2. LED armatür bileşenleri [26].

- a) LED çipi,
- b) LED modülü,
- c) Soğutucu,
- d) Optik lens,

- e) Kontrol devresi,
- f) Güç kaynağı ve sürücü devresi.

5.1. LED ÇİPİ

LED çipi, bir voltaj uygulandığında ışık yayan yarı iletken malzemelerden oluşur. LED'lerin fonksiyonel bir ışık kaynağı olması için, yarı iletken çipi, soğutucu, optik lens, bir reflektör ve metal ayaklardan oluşan LED paketi olarak üretilir. Çalışma akımı 350 mA ile 1 A arasında olduğunda, ışık akısı 20 lümen ile 160 lümen arasındadır.

5.2. LED MODÜLÜ

Çoklu LED paketleri yapılarak üretilen LED'ler, aydınlatma sistemlerinde de kullanılmıştır. Bir devre kartındaki çoklu LED paketlerine entegre edilmiş bir sisteme LED modülü denir. Bazı durumlarda, LED modülü bir sürücü devresi olarak veya bir akım düzenleme devresi olarak kullanılan ekstra elektronik devreler içerebilir. Ek olarak LED modüllere ışık enerjisini istenen yere yönlendirmek, daha iyi odaklanmak ve konsantre olmak için ikincil optik bileşenler eklenebilir.

5.3. SOĞUTUCU

Soğutucu LED'te meydana gelen ısıyı LED'ten uzaklaştıran malzemedir. Soğutucunun boyutu, soğutucunun yapıldığı malzemeye ve düşürülecek sıcaklığa bağlı olarak değişebilir. Soğutucu ısıyı üç farklı mekanizma ile uzaklaştırır.

Kondüksiyon; Bir katıdan diğerine ısı transferi yöntemiyle (Temaslı)

Konveksiyon; Bir katıdan, sıvıya ısı transferi ile (Hava yollu)

Radyasyon (Işınım); Farklı yüzey sıcaklıklarına sahip iki maddenin, elektromanyetik dalgalar yoluyla ışıınımı [27] LED'lerde ısının soğutulması %90 kondüksiyon yöntemi ile soğutulmasıdır.

5.4. OPTİK LENS (MERCEK)

LED'lerin en önemli avantajlarından biri, ışığa yönlendirilebilecekleri, yani üretilen ışığın çoğunun istenilen alana indirgenebilmesidir. Bu amaç için özel olarak üretilmiş lensler kullanarak, ışığı kaynağından toplamak ve belli bir açıyla yönlendirmek mümkündür. Özellikle ışık kaynağı ile aydınlanma alanı arasındaki mesafenin uzun olduğu uygulamalarda, geniş alan aydınlatma uygulamalarında ve sadece belirli alanları aydınlatmak için lens kullanılmalıdır. Bir LED sokak lambasının optik bileşeni, ışığı yönlendirmek için kullanılır. Sokak lambalarındaki LED'lerde, optik bileşenler olarak mercekler ve/veya reflektörler kullanılır. Optik bileşenler, bir ışık fikstürü oluşturulmasında önemli bir etkiye sahiptir. Bazı durumlarda, ışık kaynağı, bir ortak bir fosfor tabakası altına yerleştirilmiş LED çiplerinden oluşuyorsa,, büyük bir lens kullanılması gerekebilir. Büyük mercek kullanmak yüksek bir maliyete neden olacağından, bu gibi durumlarda, bir reflektör veya bir reflektör sistemi, optik bileşen olarak kullanılabilir.

5.5. KONTROL DEVRESİ

Kontrol devresi, akım akışını düzenleyen bir ünedir.

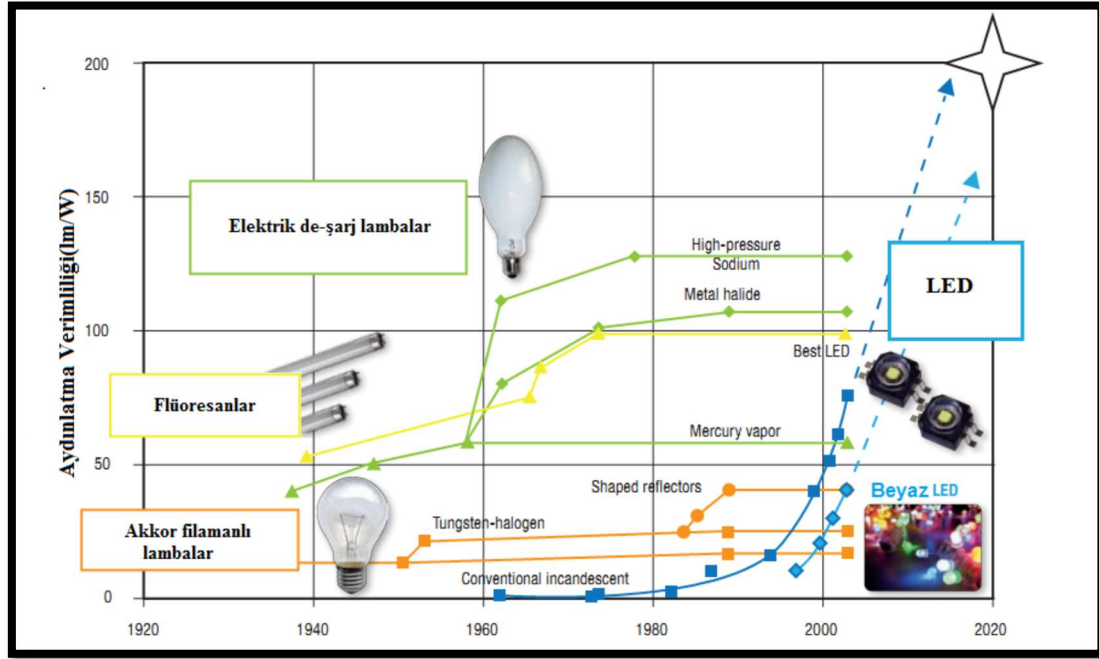
5.6. GÜÇ KAYNAĞI VE SÜRÜCÜ DEVRESİ

Yüksek güçlü LED'lerde, yüksek gerilim ve yüksek tepe akımlarına çıkan düzensiz akım değerleri kararlı çalışmayı etkiler. Bunu önlemek için, nominal akım ve voltaj değerlerinde çalışmalarını sağlayan güç kaynakları veya sürücü devreleri kullanılır. Doğru akıma dönüştürülen sistemin voltaj değerleri 2-4 V aralığındadır. Yüksek güçlü LED'lerde mevcut akım değerleri 200-1.000 mA arasındadır. LED'lerin belirli şartlar altında çalışma özellikleri üreticilerin katalog sayfalarında verilmiştir [28].

5.7. DİĞER AYDINLATMA TEKNOLOJİLERİ İLE LED'LERİN KARŞILAŞTIRILMASI

LED ışık kaynakları, geleneksel aydınlatma kaynaklarına kıyasla aşırı uzun ömürlü, yüksek dayanıklılık ve düşük enerji kullanımı gibi önemli avantajlara sahiptir. Şekil

5.3'te gösterildiği gibi LED'li aydınlatma avantajları nedeniyle diğer aydınlatma kaynaklarını geçmiştir [29].



Şekil 5.3. Aydınlatma gelişimi [29].

5.7.1. Ömür

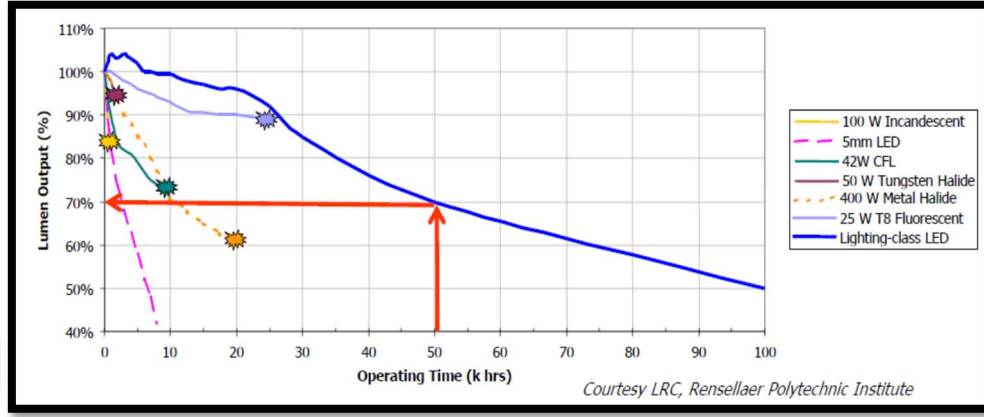
Hassas ve kırılgan ekipmanlara sahip olan geleneksel aydınlatmalar hafif de olsa herhangi bir darbeye maruz kalmazlarsa ortalama 10.000-24.000 saat arasında bir ömre sahiptir. Cıva Buharlı sokak lambaları 10.000 saat, Metal Halojen lambalar 22.000 saat, Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambaların ömrü ise 24.000 saat olduğu düşünülürse LED lambaların ömrünün 50.000 saat ve üstü olması ise LED'lerin diğer bir avantajıdır.

Lamba Türleri	Lamba Ömrü (Saat)
Tungsten lamba	1.000
Tungsten halojen lamba	2.000-4.000
Yüksek basınçlı cıva buharlı lamba	6.000-8.000
Flüoresan lamba	4.000-15.000
Yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba	10.000-15.000
Alçak basınçlı sodyum buharlı lamba	12.000-20.000
LED lamba	50.000-100.000

Şekil 5.4. Lamba çeşitleri ve ömürleri [29].

Faydalı (yararlı) ömür: Bir ışık kaynağının, belirli bir uygulama alanı için kabul edilebilir minimum ışık miktarını verdiği süredir.

- Genel aydınlatma uygulamaları: ilk ışık akısının %70'i (L70)
- Dekoratif aydınlatma uygulamaları: ilk ışık akısının %50'si (L50).



Şekil 5.5. Lamba çeşitleri ve faydalı ömürleri [26].

5.7.2. Verimlilik

LED'ler, akkor lambalara göre watt başına daha fazla ışık yayar. LED'lerin verimliliği flüoresan ampulleri veya tüplerinin aksine, şekil ve boyuttan etkilenmez. Şekil 5.6'da LED'ler ile diğer aydınlatma kaynaklarının verimlilikleri gösterilmiştir [30].

Aydınlatma Tipi	Aydınlık verimi (lm/W)	Güç verimi (%)
Tungsten lamba	12.6-17.5	1.9-2.6
Flüoresan lamba	45-60	6.6-8.5
Halojen lamba	16-25	2.3-3.6
Xenon ark lamba	50-55	7.3-8
Ultra yüksek performanslı lamba	58-65	7.5-9
LED	55-60	10

Şekil 5.6. LED ile diğer aydınlatma kaynaklarının karşılaştırılması [30].

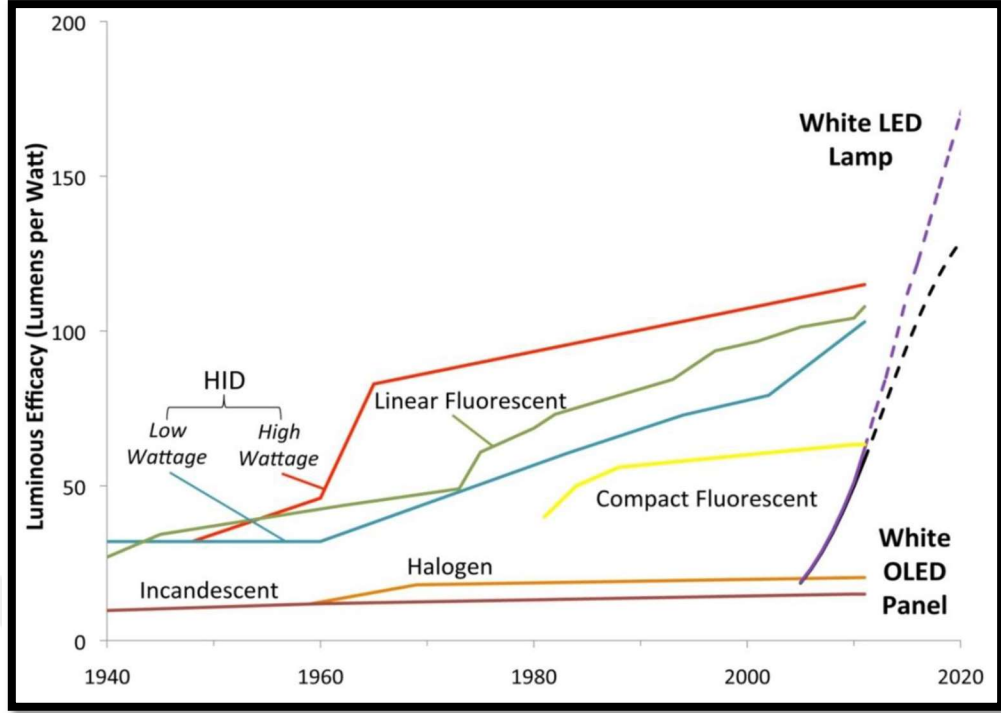
Verim;

$$\text{Çıkış gücü (W)} / \text{giriş gücü (W)} = \% [\text{sürücü verimi}]$$

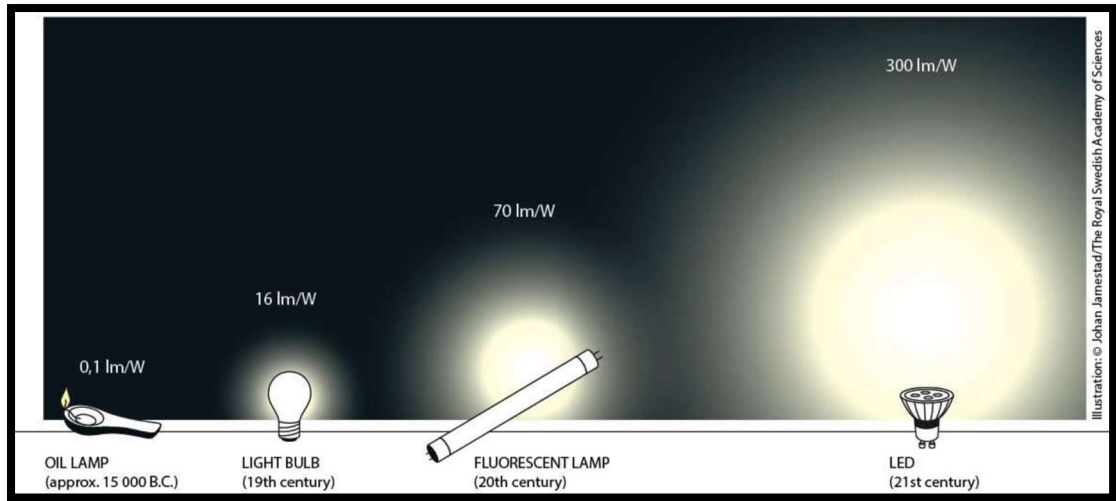
$$\text{Armatür ışık akısı (lm)} / \text{LED ışık akısı (lm)} = \% [\text{optik verim}]$$

Etkinlik faktörü;

$$\text{Çıkan ışık akısı (lm)} / \text{giriş gücü (W)} = \text{lm/W}$$



Şekil 5.7. Çeşitli lambaların etkinlik faktörünün yıllara göre değişimi [26].



Şekil 5.8. Çeşitli lambaların sağlamış olduğu ışık gücü [26].

5.7.3. Renk ve Renk Kalitesi

LED'lerin diğer aydınlatma kaynaklarına kıyasla önemli bir farkı ise onların renk üretebilmeleridir. Milyonlarca renk üretimine izin verir. Mevcut lamba teknolojileri, LED'ler tarafından sağlanan çok sayıda tasarım ve görüntüleme olanakları ile yarışamazlar. LED'ler doğal bir ışık üretir. LED'ler geleneksel aydınlatma yöntemlerinin gerektirdiği renk filtrelerine gereksinim duymazlar [31].

Dış aydınlatmada kullanılan Yüksek Basınçlı Soydum Buharlı Lambaların (HPS) ışık kaynağı sarımsı bir renk verdiğiinden, nesnelerdeki renk farklılıkları ayırt etmek zordur, LED'ler tarafından üretilen beyaz ışık bir nesnenin gerçek renginde görünmesini sağlar. LED lambalar, yüksek Renk Verme Endeksi (CRI) sayesinde (Ra=80) kullanıcılarına çok çeşitli renkler sunar. Milyonlarca renk üretebilen yüksek saflıkta renklendirilmiş bir ışık üretir.

LED lambalar, 2.500 K ile 10.000 K arasındaki değişimi gösteren ilişkili renk sıcaklıklarında (CCT) sunulmaktadır. Bu CCT aralığı LED'lerin çok çeşitli uygulamalarda kullanılmasına izin verir. Renksel geriverimi de diğer aydınlatma kaynaklarından çok daha iyidir.



Şekil 5.9. İlişkili renk sıcaklığı [32].

5.7.4. Boyut

LED'ler geleneksel sokak kaynaklarından çok daha küçüktür boyut olarak. Küçük boyutlarından dolayı çeşitli uygulamalarda tasarım esnekliği sağlarlar. Dış mekan aydınlatmada kullanılan geleneksel armatürler ile aynı aydınlık düzeyine ulaşmak için çoklu LED paketlerini birleştirilerek oluşturulan LED modüllerine ihtiyaç vardır. Bu LED modüllerinin ışık kaynakları, eşdeğer ışık akısı üreten geleneksel lambalardan daha düşük boyuttadır. LED'lerin küçük boyutlu olmasının bir başka avantajı da küçük alanlarda farklı renk karışmasına izin vermesidir [33].

5.7.5. Açma-Kapama Zamanı

Dış mekan aydınlatmasında yoğun olarak kullanılan soydum buharlı lambalarında, etkin ışık sağlamak için belirli bir ısınma süresi gerekir. Çalışma sıcaklığına yaklaşık 5 dakika ulaştığında, normal değerlerinde ışık vermeye başlarlar. LED lambalar da ise 60 nanosaniye gibi kısa bir sürede devreye girerek ve - 30 °C'ye varan düşük sıcaklıklarda bile en iyi parlaklık ve renk seviyesine ulaşmak için ısınma süresi gerektirmez. Ayrıca, ani bir elektrik kesintisi olması durumunda, deşarj tüplü lambaların yeniden devreye girebilmeleri için gerekli olan "soğuma süresi" LED'lerde yoktur. Yani, her seferinde

elektrik verildiğinde hemen iletme geçerek derhal ışık sağlarlar. Bu özelliklerinden dolayı açma kapama için uygundurlar. Hızlı açma/kapama özelliğine sahip LED'ler, standart enkandesan lambalara göre 170 ila 200 milisaniye daha hızlı tepki verebilmesi, özellikle araç fren lambalarında kullanılmasına izin verir. Genel aydınlatma uygulamalarında ön ısıtma süresi eksikliği, güvenlik ve konfor uygulamalarında, otomasyon sistemlerinde tercih edilmesini sağlayarak, yaygın olarak kullanılır. Hızlı açma/kapama nedeniyle, sensörlü aydınlatma sistemlerinde ve akıllı ulaşım sistemlerinde kullanılmasını sağlar [33].

5.7.6. Karartma (Dimm)

Karartma, ışık kaynağı tarafından çekilen akımı azaltarak ışığın azaltılmasıdır.

Akkor telli lambalar da ucuz kontrollerle kısılabılır, floresan ve konvansiyonel ışık kaynaklarında bu iş zordur. HPS lambalarda çok seviyeli balastlar kullanılarak, kademeli olarak aydınlık seviyesi değiştirilebilmektedir. Bu kullanışlı değildir, çünkü maliyetli ve sürekli bir karartma sağlamaz.

LED'lerde ise sürücü akımını azaltarak ışık yoğunluğu azaltılması suretiyle karartma yapılır. Bu şekilde, LED lambalar normal ışık değerinin, yüzde 10'una kadar daha az ışık verebilecek şekilde sürekli olarak ışığı karartılabilir. Ek olarak, LED'ler darbe genişlik modülasyonu ile darbe süresi değiştirilerek de karartma yapabilir. Bu durumda ise maksimum değerinin %0,05'ine kadar ışık seviyesi sürekli azaltılabilir [34].

LED lambalar dimmerlenerek ışığı kısıldığından, HPS lambalara kıyasla ışık verimi ve renk aralığı açısından çok daha iyi olduğu için tercih edilir.

Aydınlatma otomasyon sistemlerinde kullanılan dimmer birimleri sayesinde, enerjiden tasarruf etmek için ışığı kısmak ve böylece ışık kaynaklarının ömrünü uzatmak mümkündür. Gün ışığından en üst seviyede yararlanmak için ışık sensörleri, kimsenin bulunmadığı alanlarda enerji sarfiyatını önlemek amacı ile hareket dedektörleri, çevre aydınlatmalarını ekonomik olarak programlayabilmek amacı ile astrolojik zaman saatleri, aydınlatma otomasyon sistemi içerisine entegre edilir böylece enerji tasarrufu en üst seviyeye çıkarılır [35].

Akıllı kontrol sistemlerinde, ışık kısma, enerji tasarrufu için kullanılan bir yöntemdir. Örneğin; Trafik ışıklarında, gece ile sabahın erken saatleri arasında karartılarak ışık seviyesi azaltılabilir. Bu sayede akıllı bir kontrol sistemiyle karartılarak yüzde 30'a kadar enerji tasarrufu sağlanacaktır [34].

5.7.7. Çevresel Etki

Çevreyi kirletmeyen, minimum ısı üreten ve UV ışını yaymayan LED lambalar, hassas aydınlatılması gereken ve UV ışığına karşı hassas objeler için son derece uyumludur. Örneğin; tarihi anıtlar, tarihi binalar ve bitki aydınlatması için idealdirler. LED'leri çevre dostu yapan özellikler;

- a. Civa ve kurşun gibi çevreye zararlı maddeler içermezler.
- b. İnsan sağlığına zararlı ultraviyole (Morötesi) ve kızılötesi (Infrared) ışınlar üretmezler.
- c. Aydınlatma armatürlerinde geri dönüşümü kolay, kalıp dökümlü alüminyum parçalar kullanılır.
- d. Çevreye daha az ısı vererek, mekanın iklimlendirme yükünü düşürür. Bu, ekstra bir enerji tasarrufu sağlar [36].
- e. Çalışma anında yüksek ısı üretmediği için yangın çıkarma riski çok düşüktür. Düşük ısıda çalışma özelliği sayesinde, mutfak, fabrika gibi yerlerde gaz kaçağı nedeniyle sık sık meydana gelen patlama veya tutuşma olmaz [33].
- f. Düşük enerji tüketimi sayesinde, sera gazı emisyonlarının önemli ölçüde azaltır.

Örneğin; 1000 m²'lik bir alanın aydınlatmasında standart 48 adet 250 Watt buharlı tür lamba, günde 10 saat açık kalacaktır. Yılda 43.800 kWh elektrik tüketir. Bu elektriğin termik santralde üretilmesi için atmosfere yılda 29,2 ton karbondioksit atmosfere salınır. Halbuki, aynı alan LED lambalar ile aydınlatıldığında yüzde 80'e varan enerji tasarrufu sağlanacağından gerekli elektrik enerjisinin üretilmesi için termik santralde daha az karbondioksit miktarı atmosfere bırakılacaktır [37].

5.7.8. Darbelere Karşı Dayanım

Katı hal cihazları olan LED'ler, flüoresan ve akkor lambaların aksine dış etkilere karşı dayanıklıdır. LED'lerin katı hal cihazları olması onları diğer geleneksel aydınlatma cihazlarından daha dayanıklı ve uzun ömürlü olmasını sağlar. Bu katı hal cihazları bütünüyle şoka ve titreşime tamamen dirençlidirken ortada ne paramparça olacak bir cam ne de kırılacak bir flaman vardır [38].

Çizelge 5.1. Lamba çeşitlerinin karşılaştırılması [39].

	Enkandesan Lambalar	Halojen Lambalar	Kompakt Floresan Lambalar	Floresan Lambalar	LED
Etkinlik Faktörü (lm/W)	6-16	16-25	46-80	70-104	80-160
Renksel Geri Verim	100	100	75-90	70-95	65-99
Ömür (saat)	1.000	1.000-4.000	6.000-15.000	10.000-40.000	50.000
Renk Sıcaklığı (K)	2.700	2.700-3.500	2.700-7.000	2.700-12.000	2.700-8.000
Elektronik Balast	Gerekli Değil	Genel Olarak Yok	Gerekli veya Dahili	Gerekli	Gerekli
Kullanım Alanları	İç-Dış Mekan	İç-Dış Mekan	İç Mekan	İç Mekan	İç-Dış Mekan
Dim Edilme	Var	Var	Var	Var	Var
Stroboskobik Etki	Yok	Yok	Var	Var	Var

Çizelge 5.2. Lamba çeşitlerinin karşılaştırılması 2 [39].

	Y.B. Buharlı Lambalar	H.P. Metal Halide Lambalar	A.B Sodyum Buharlı Lambalar	Y.B. Sodyum Buharlı Lambalar	LED
Etkinlik Faktörü (lm/W)	40-60	72-110	100-192	88-130	80-160
Renksel Geri Verim	40-60	70-95	0-15	25-70	65-99
Ömür (saat)	15.000-24.000	6.000-20.000	16.000-20.000	16.000-32.000	50.000
Renk Sıcaklığı (K)	3.200-4.200	3.000-7.000	-	2.000-3.000	2.700 - 8.000
Elektronik Balast	Gerekli	Gerekli	Gerekli	Gerekli	Gerekli
Kullanım Alanları	İç-Dış Mekan	İç-Dış Mekan	Dış Mekan	İç Mekan	İç-Dış Mekan
Dim Edilme	Yok	Var	Yok	Var	Var
Stroboskopik Etki	Var	Yok	Var	Yok	Var

6. YOL AYDINLATMALARI

CIE, yol aydınlatma hesapları yapılırken kullanılacak olan parametreleri teknik raporlarında açıklamaktadır. Raporlara göre yollar, farklı aydınlatma sınıf kategorilerine girmektedirler. Farklı aydınlatma sınıfına giren her yol için hesaplanıp elde edilecek aydınlatma kalite büyüklükleri değişebilmektedir. Bu durum hem aydınlatma sistemlerinde hem de aydınlatma aygıtlarının seçiminde çok önemli yere sahiptir. Hesaplanacak yol aydınlatma sınıfı, yolun kullanıcı tipi, trafik kontrolü, yolun karmaşıklığı, yoldan geçen araç ve insan sayısı, yol üzerinde yer alan kavşak veya yol ayrımlarının sıklığı, yolun bulunduğu yerdeki suç işleme oranı, yol üstünde park eden araç durumları vs. parametrelere bağlı olarak seçilmektedir.

CIE 115-2010 teknik raporu ve TSE 13201-1 Yol Aydınlatma Sınıfı Seçimi standardında Yol aydınlatma sınıflarının seçilme edilme yöntemleri detaylı olarak anlatılmaktadır. Ancak her ülkenin veya bölgenin, coğrafya, kültür, ekonomi gibi kendine ait değişkenleri vardır. Türkiye'deki değişkenler değerlendirilerek ülkemizdeki yollar için aydınlatma sınıfları belirlenmiştir.

Çizelge 6.1. Türkiye yol aydınlatma sınıfları [40].

Yol tanımı	Ayd. sınıfı
Şehir bağlantı ve çevre yolları (tek veya iki yönlü, kavşaklar ve bağlantı noktaları ile şehir geçişleri dahil) - Hız ≥ 90 km/h ; - Hız < 90 km/h ;	M1 M2
Şehiriçi ana güzergahlar (bulvarlar ve caddeler ; ring yolları ; dağıtıcı yollar) - $50 \text{ km/h} \leq \text{Hız} < 90 \text{ km/h}$; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var ; - $50 \text{ km/h} \leq \text{Hız} < 90 \text{ km/h}$; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok ; - Hız < 50 km/h ;	M1 M2 M3
Şehiriçi yollar (yerleşim alanlarına giriş çıkış yapıldığı ana yollar ve bağlantı yolları) - Hız ≥ 50 km/h ; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var ; - Hız ≥ 50 km/h ; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok ; - Hız < 50 km/h ; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı var ; - Hız < 50 km/h ; 3 km' den kısa aralıklarla kavşak, yonca ayrımı yok ;	M3 M4 M4 M5
Yerleşim (ikametgah) bölgelerindeki yollar - $30 \leq \text{Hız} < 50$ km/h ; suç oranı yüksek ; - $30 \leq \text{Hız} < 50$ km/h ; suç oranı normal ; - Hız < 30 km/h ; suç oranı yüksek ; - Hız < 30 km/h ; suç oranı normal ;	M4 M5 M5 M6

Çizelge 6.1'de görüldüğü gibi ülkemizdeki yol aydınlatma sınıfları M1, M2, M3, M4, M5 ve M6 olarak 6 sınıftan oluşmaktadır. 6 sınıftaki her bir yol aydınlatma sınıfında,

trafik güvenliği ve konforu açısından ihtiyaç olan asgari aydınlatma seviyeleri, aydınlatma kalite büyüklükleri ile belirtilmektedir.

Çizelge 6.2. Yol sınıflarına göre aydınlatma kalite büyüklükleri [41].

SINIFI	$L_{ort} \geq$	$U_o \geq$	$U_l \geq$	$TI(\%) \leq$	$SR \geq$
M1	2.0	0.4	0.7	10	0.5
M2	1.5	0.4	0.7	10	0.5
M3	1.0	0.4	0.5	15	0.5
M4	0.75	0.4	0.5	15	0.5
M5	0.50	0.35	0.4	15	0.5
M6	0.30	0.35	0.4	15	-

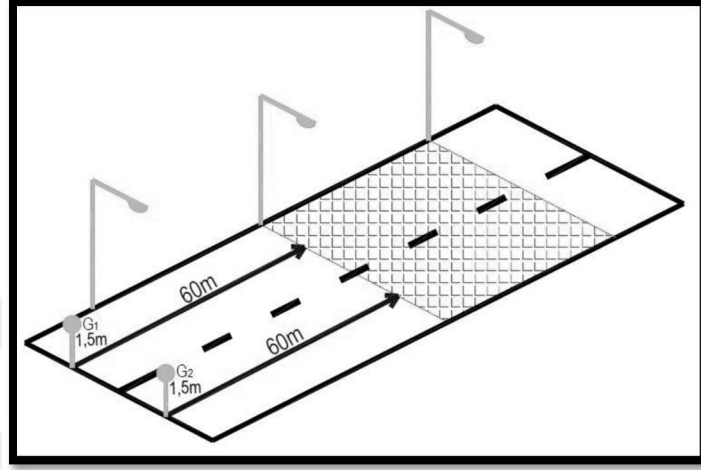
L_o =Yolun ortalama parıltısı (cd/m^2), U_o =Ortalama parıltı düzgünlüğü ($U_o=L_{min}/L_{ort}$),
 U_l =Boyuna parıltı düzgünlüğü ($U_l=L_{min}/L_{max}$), TI = Bağlı eşik artışı, SR =Çevreleme oranı

TEDAŞ AR-GE Planlama ve Dış İlişkiler Daire Başkanlığı tarafından yayınlanan, TEDAŞ-ARGEP/2010-057.B Mart 2015 teknik şartnamesinde, yol aydınlatma sınıflarına göre değişiklik gösteren, aydınlatma kalite büyüklükleri Çizelge 6.2’de verilmektedir. Ülkemizde yol aydınlatma amacıyla satın alınması yapılacak olan armatürlerin, bu teknik şartnameye uygunluğu incelenmektedir. Bu nedenle bütün armatür üreticileri tarmatür tasarımlarında TEDAŞ teknik şartnamelerini esas almak zorundadırlar.

Aydınlatma armatürleri ile yol üzerinde üretilmesi amaçlanan, aydınlatma kalite büyüklüklerinin, hesaplanarak elde edilmiş olan değerlerinin, gerçek yol şartları ile tam uygun olması için aydınlatılması planlanan yolun özellikleri çok iyi belirlenmiş olmalıdır. Hesaplamalarda kullanılan tesis şartları saha uygulamalarında aynen yerine getirilmelidir. Hesaplamalarda gerekli önemli unsurlardan biri de yolun yansıtma katsayısıdır. Bu değer, ülkemizdeki yollar için R3 sınıfı olarak belirlenmiştir. Aydınlatma hesaplarında ve simülasyon programlarında yol sınıfı R3 olarak seçilmektedir.

6.1. ORTALAMA PARILTI DÜZEYİ

L_{ort} ile temsil edilir ve birimi cd/m^2 'dir. İki direk arasında kalan hesap alanında, seçilmiş olan hesap noktalarında, oluşan parıltı değerlerinin, hesap noktası sayısına bölümü ile hesaplanır.



Şekil 6.1. Örnek bir hesap alanı [40].

Her bir gözlemci için, tüm yol üzerindeki parıltı değerleri değişmekte olup ayrı ayrı hesap edilmek zorundadır. Gözlemcinin sadece kendi şeridinde olan hesap noktaları değil, yolun tamamı için hesap edilmesi gerekir. Her bir şeritte bulunan gözlemci için ortalama parıltı değerleri ayrı ayrı hesaplanır. Ortalama parıltı değeri hesaplanan bir noktaya yol kenarında dizili şekilde tesis edilen tüm armatürlerin etkisi vardır ve bu etki hesaplama dahil edilmektedir.

Her bir yol sınıfın hesabında elde edilmesi gereken ortalama parıltı değerleri farklılık gösterir. DIALux aydınlatma tasarım programında yapılan simülasyonlar sonucunda bu değer hesaplanmış olarak elde edilmektedir.

6.2. ORTALAMA PARILTI DÜZGÜNLÜĞÜ

U_0 ile temsil edilir. Hesap sahasına bakan her bir gözlemci için tek tek hesaplanır. Belirlenen gözlemciye göre bütün hesap sahasındaki en düşük parıltı değerinin, aynı gözlemciye göre hesaplanmış olan ortalama parıltı değerine bölümü ile belirlenir [41].

Örnek olarak 2 şeritli bir yol tasarımında 1. Şeritte 1. Gözlemcinin, 2. Şeritte 2. Gözlemcinin aktif olduğu durumda ;

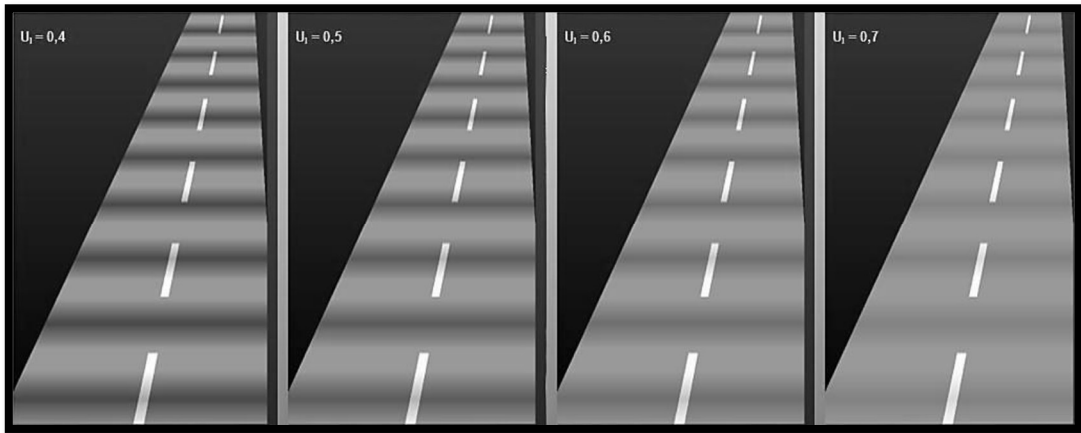
1. Gözlemci için, ortalama parıltı L_{ort1} , minimum parıltı değeri L_{min1} ise, ortalama parıltı düzgünlüğü, $U_{01} = L_{min1}/L_{ort1}$ olarak yazılır.

2. Gözlemci için, ortalama parıltı L_{ort2} , minimum parıltı değeri L_{min2} ise, ortalama parıltı düzgünlüğü, $U_{02} = L_{min2}/L_{ort2}$ olarak yazılır [41].

Ortalama parıltı düzgünlüğü, görüş konforu ile ilgili olup sürücü üzerinde psikolojik etkileri vardır. Bu sebeple, ortalama parıltı düzgünlüğü değeri ne kadar yüksek ise o oranda uygundur. Ortalama parıltı düzgünlüğü değeri DIALux programında rapor formatında sunulmaktadır.

6.3. BOYUNA PARILTI DÜZGÜNLÜĞÜ

U_l ile temsil edilir. Boyuna parıltı düzgünlüğü, her bir gözlemci için ayrı ayrı hesap edilir fakat tüm hesap sahası değil sadece gözlemcinin bulunduğu şeritte değerlendirilir. Yol şeridinin orta çizgisi üzerinde bulunan en düşük parıltı değerinin, yine şeridin orta çizgisi boyunca bulunan en yüksek parıltı değerine oranı ile hesaplanmaktadır [41].



Şekil 6.2. Boyuna parıltı düzgünlüğünün yol üstü fotoğrafı [42].

Şekil 6.2'den görüleceği üzere, boyuna parıltı düzgünlüğü de konforlu ve güvenli bir sürüş için olmak zorundadır. Ne kadar yüksek olursa o oranda güvenlidir. TEDAŞ LED ışık kaynaklı yol aydınlatma armatürleri teknik şartnamesinde alt limit değerleri yer almaktadır. Düşük boyuna düzgünlük değerleri sürücüleri, periyodik aydınlık karanlık efektlerine maruz bırakmakta ve bu sebeple sinir bozuklukları oluşturmakta, gözün görme kabiliyeti üzerine de olumsuz etkiler olabilmektedir. Özellikle hareket yanılgıları olmaktadır.

Bir yol aydınlatma simülasyonunda, U_l değerleri DIALux simülasyon programı tarafından otomatik olarak hesaplanmakta ve rapor formatında sunulmaktadır.



7. YOL AYDINLATMA HESAPLARI

Yol aydınlatma hesabı, aydınlatma kalite büyüklüklerinin, yol ve aydınlatma materyalleri dikkate alınarak hesap edilmesidir. Bu hesaplama, bu çalışmada DIALux aydınlatma simülasyon hesap programı ile gerçekleştirilmektedir.

7.1. DIALUX AYDINLATMA HESAP VE SİMÜLASYON PROGRAMI

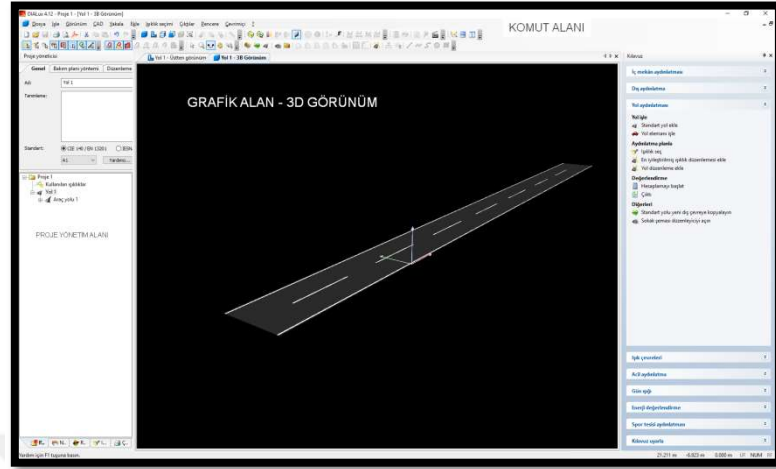
Yol düzeninin, aydınlatma sisteminin tanımlanabildiği, dışarıdan ışık kaynağı verilerinin aktarılacak belirtilen düzen şartlarında hesaplamaların yapılmasına olanak sağlayan ücretsiz bir aydınlatma hesap programıdır. www.dial.de adresinden indirilebilir. Uluslararası platformda geçerliliği olan ve yaygın kullanılan bir aydınlatma programıdır.

Programda İç aydınlatma, dış aydınlatma ve yol aydınlatma modülleri yer almaktadır. Yol aydınlatma hesaplarında, aydınlatma simülasyon sonuçlarının, seçilmiş olan aydınlatma sınıfına göre, aydınlatma kalite büyüklüklerini sağlayıp sağlamadığını rapor formatında göstermektedir.



Şekil 7.1. DIALux programı karşılama penceresi.

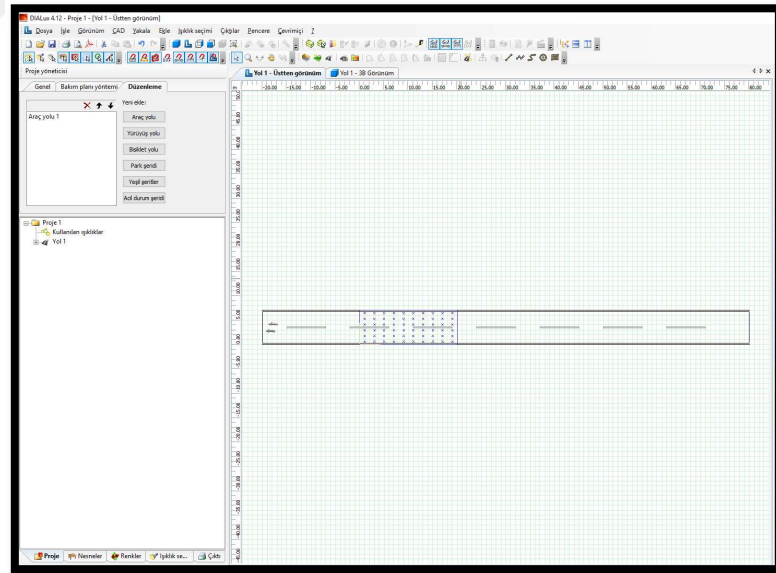
DIALux'te CAD çizim programları gibi komut yöneticisi, grafik alan ve proje yöneticisi bölgelerinden oluşmaktadır.



Şekil 7.2. DIALux kullanım alanları.

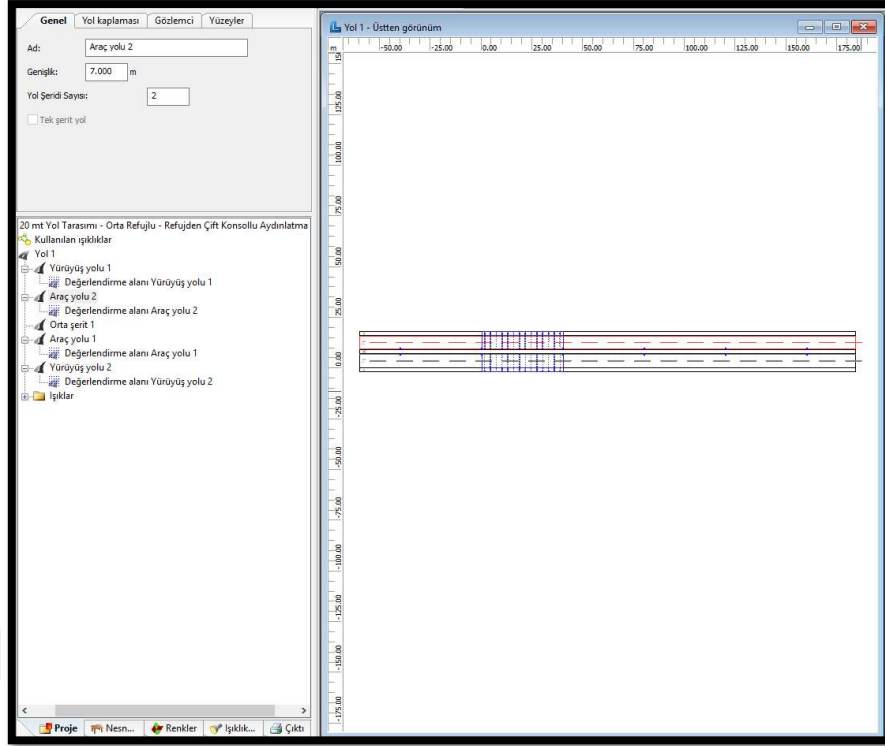
7.1.1. DIALux Programında Yol Oluşturulması

DIALux açılış penceresinde 'Yeni Yol Projesi' seçeneği seçilerek, Şekil 7.3'de gösterildiği gibi standart 2 şeritli bir yol oluşturulmuş olunur.



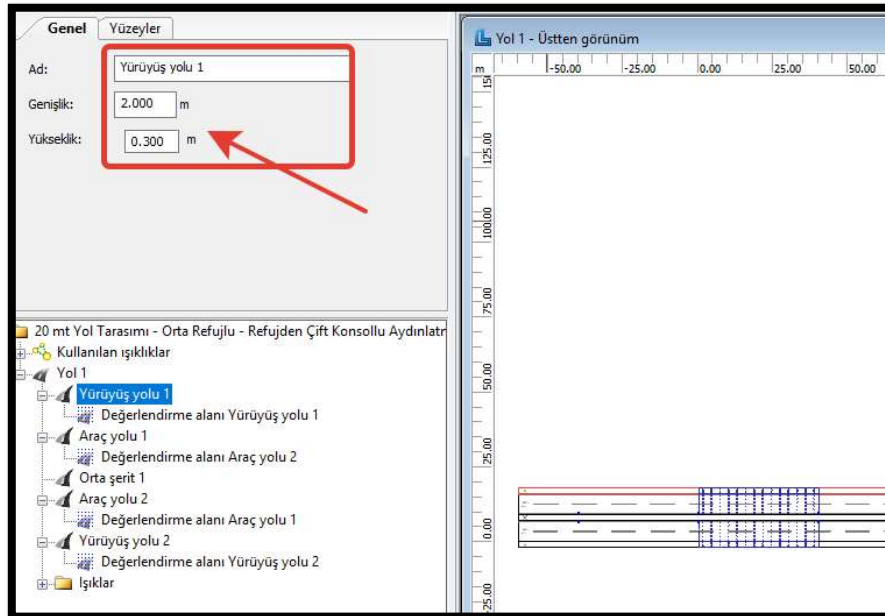
Şekil 7.3. DIALux programında 2 şeritli yol oluşturulması.

Proje yöneticisinde, Şekil 7.4'de 'Düzenleme' sekmesinde, 'Araç Yolu, Yürüyüş Yolu, Bisiklet Yolu, Park Şeridi, Yeşil Şeritler, Acil Durum Şeridi' parametreleri kullanılarak istenilen yol düzeni planlanır.

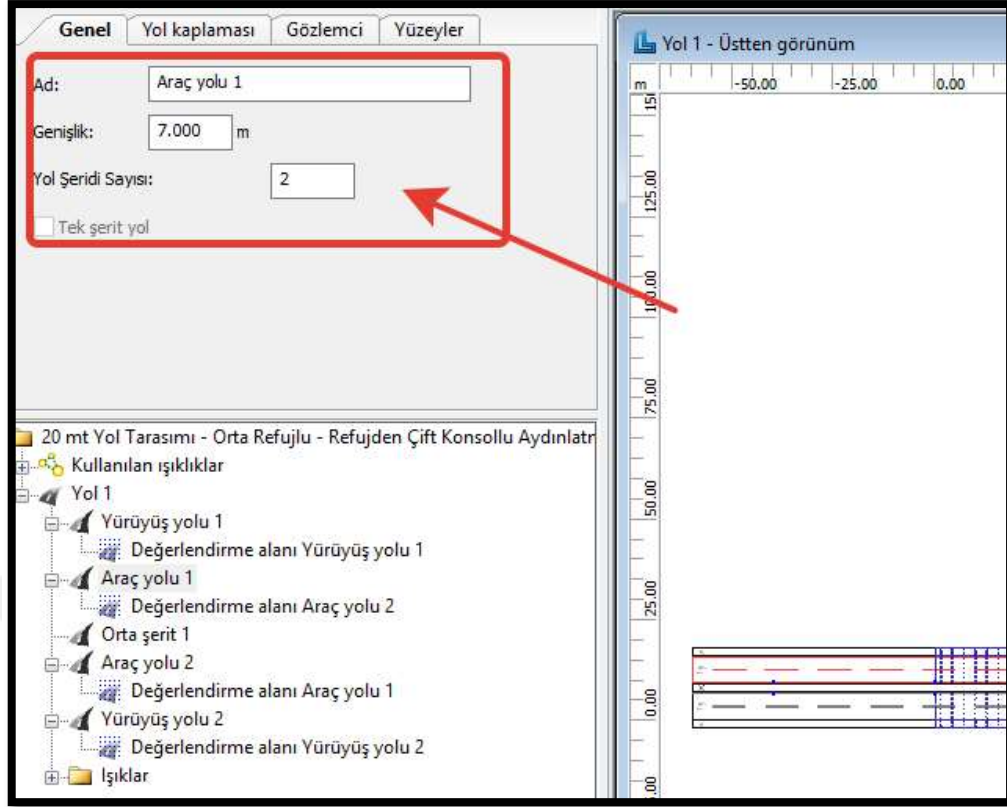


Şekil 7.4. DIALux programında planlanan yol görünümü.

Planlanan yol tasarımında yolun sağında ve solunda yürüyüş yolları bulunmaktadır. Şekil 7.5’de bu yollara ait genişlik ve yükseklikler istenilen şekilde belirtilebilmektedir. Şekil 7.6’da ise yol tasarımında araç yolları 7 metre genişliğinde ve 2 şeritli olarak planlanacaktır.

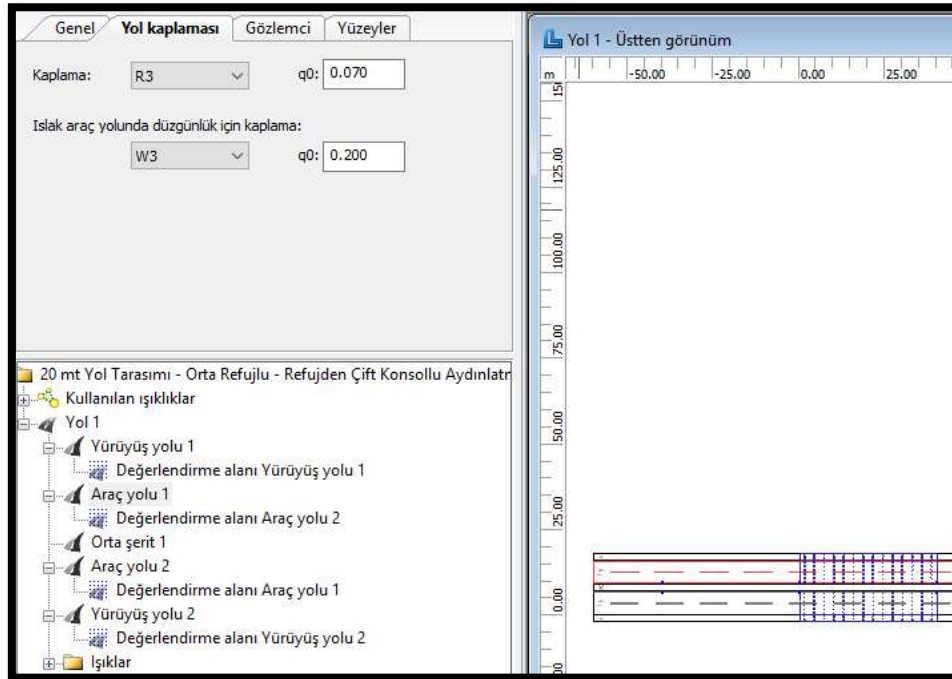


Şekil 7.5. DIALux programında yürüyüş yolu tasarımı.



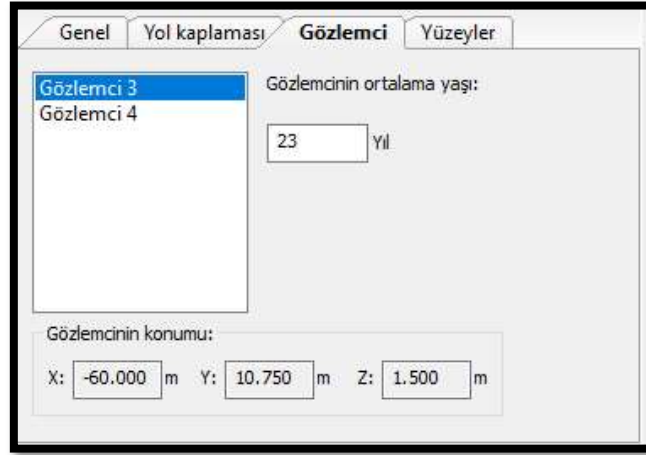
Şekil 7.6. 2 şeritli yol tasarımı.

Şekil 7.7’de yol menüsünde ‘Yol kaplaması’ sekmesinde, yol sınıfı R3 ve W3 olarak tayin edilmelidir.



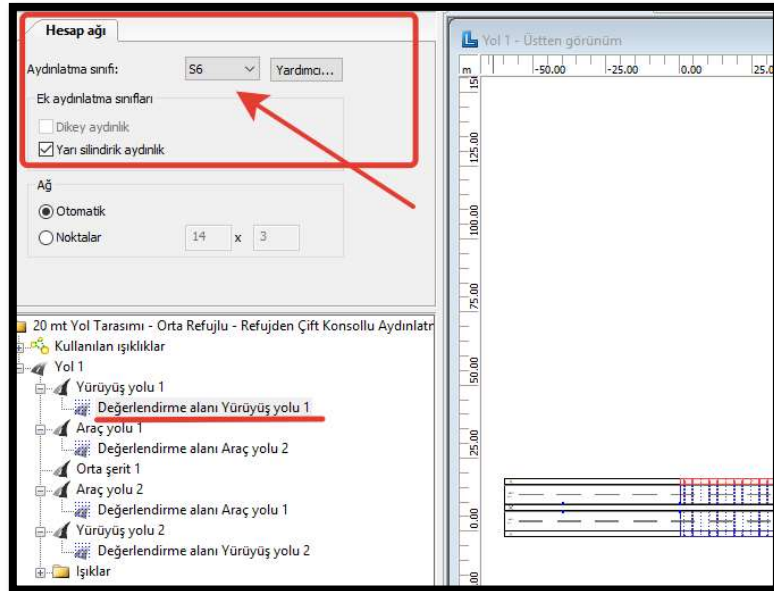
Şekil 7.7. Yol kaplaması ayar penceresi.

Şekil 7.8’de yol menüsünde ‘Gözlemci’ sekmesinde, her bir şerit için gözlemci yaşı 23 olmalıdır.



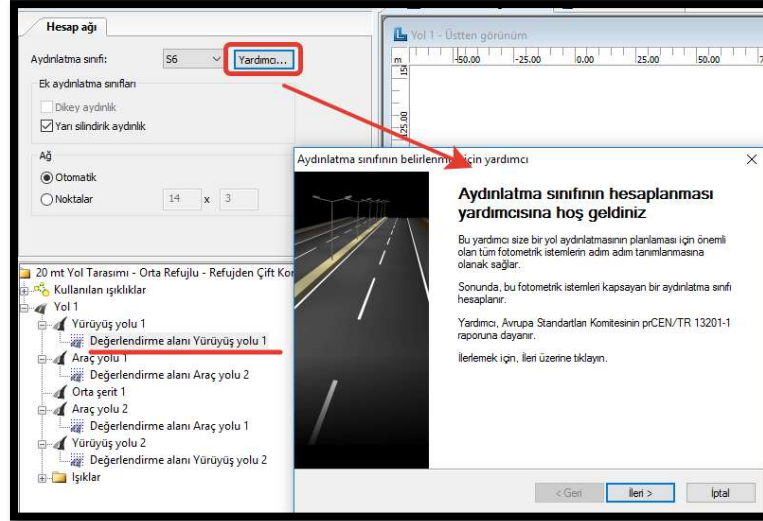
Şekil 7.8. Gözlemcinin seçilmesi.

Şekil 7.9’da gösterildiği gibi proje menüsünde ‘Yürüyüş Yolları’ sekmeleri altında bulunan ‘Değerlendirme Alan Yürüyüş Yolları’ sekmelerini sırasıyla seçerek, yolun ‘Aydınlatma Sınıfı’ seçilmelidir.



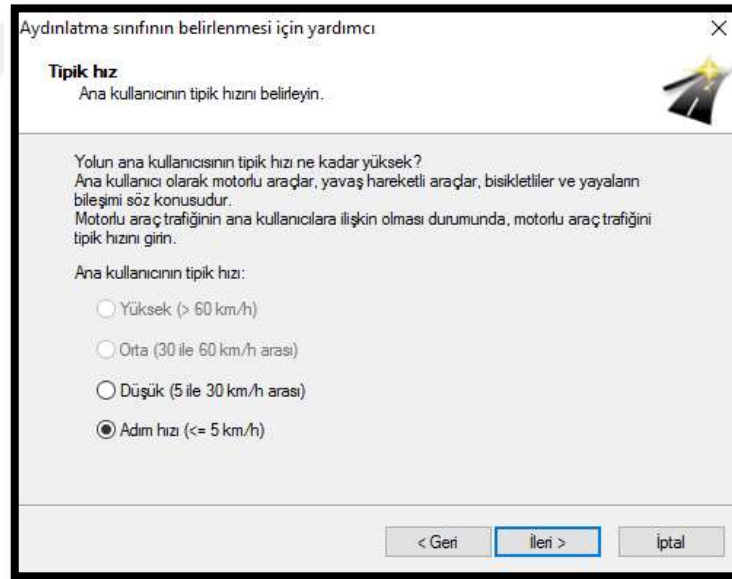
Şekil 7.9. Aydınlatma sınıflarının belirtilmesi.

Eğer ki gerekli aydınlatma sınıfı bilinmiyor ise Şekil 7.10’da belirtildiği üzere yardımcı sekmesi kullanılarak yola ait gerekli aydınlatma sınıfı belirleme asistanı kullanılır.



Şekil 7.10. Aydınlatma sınıfının bilinmediği durum gösterilmiştir.

Yürüyüş yolları için ana kullanıcının ortalama hızını dört seçenek arasından seçerek sabitlenir. Yaya yolu hesaplaması sebebi ile adım hızı Şekil 7.11’de gösterildiği gibi seçilir.



Şekil 7.11. Adım hızı değerinin girilmesi.

Şekil 7.12’de ise yürüyüş yolları için ana kullanıcı ve diğer kullanıcılar ilgili seçeneklerden biri seçilerek belirlenir.

Aydınlatma sınıfının belirlenmesi için yardımcı

Ana kullanıcı ve diğer kullanıcılar
Ana kullanıcı ve diğer izin verilen kullanıcıları belirleyin.

☐ Ana kullanıcı tüm trafiğe çıkan araçlardır (motorlu araçlar, yavaş hareketli araçlar (< 40 km/h), bisikletli, yayalar).
Bu durumda 13201-1 standardının Alman uygulamasına izin verilmez!

☒ Ana kullanıcı yalnızca yayalardır. Diğer hiç bir kullanıcıya izin verilmiyor.

☐ Ana kullanıcı yalnızca yayalardır. Motorlu araçlar, yavaş hareketli araçlar (< 40 km/h) ve bisikletliye izin veriliyor.

< Geri İleri > İptal

Şekil 7.12. Yürüyüş yolları için kullanıcı seçiminin belirtilmesi.

Yürüyüş yolları için kişi tanıma bölgelere göre önemlilik gösterir. Aydınlatma yapılacak bölgenin suç rizikosuna göre gerekli seçenek Şekil 7.13'deki gibi işaretlenerek devam edilir.

Aydınlatma sınıfının belirlenmesi için yardımcı

Kişi tanıma
Kişilerin tanınmasının önemini belirleyin.

Göz önüne alınan trafik alanının suç rizikosu genişletilmiş çevrenin suç rizikosu ile karşılaştırılarak verilir

☒ normal

☐ yüksek

Dikkat: Çok az ölçülebilir nicelik olduğu için, gerçek uygulamada suç rizikosu için tarafsız bir değerlendirme yapılamaz.

Kişilerin yüz tanınması ...

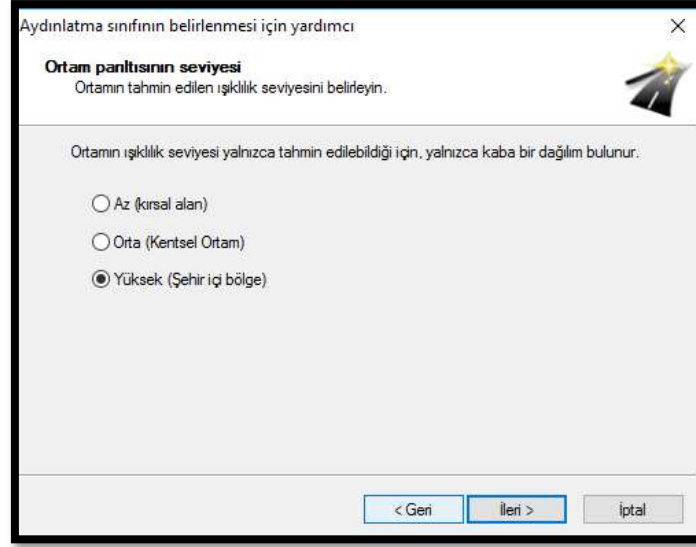
☒ gerekli

☐ gereksiz

< Geri İleri > İptal

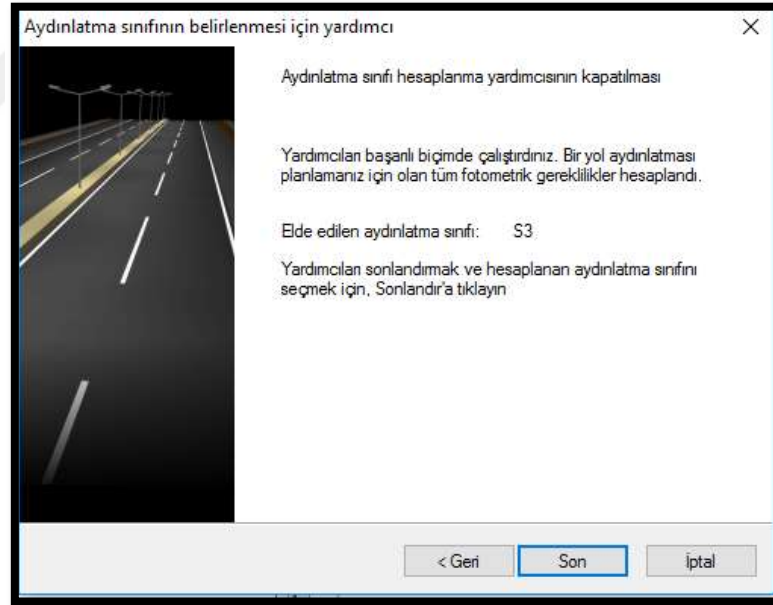
Şekil 7.13. Kişi tanıma kriterinin sisteme girilmesi.

Yürüyüş yolları için ortam parlıltı seviyesi seçilecek armatür gücünü belirleyecek en önemli etmenlerden birisidir. İlgili seçeneklerden aydınlatmanın yapılacağı bölge Şekil 7.14'de gösterildiği gibi seçilerek devam edilir.



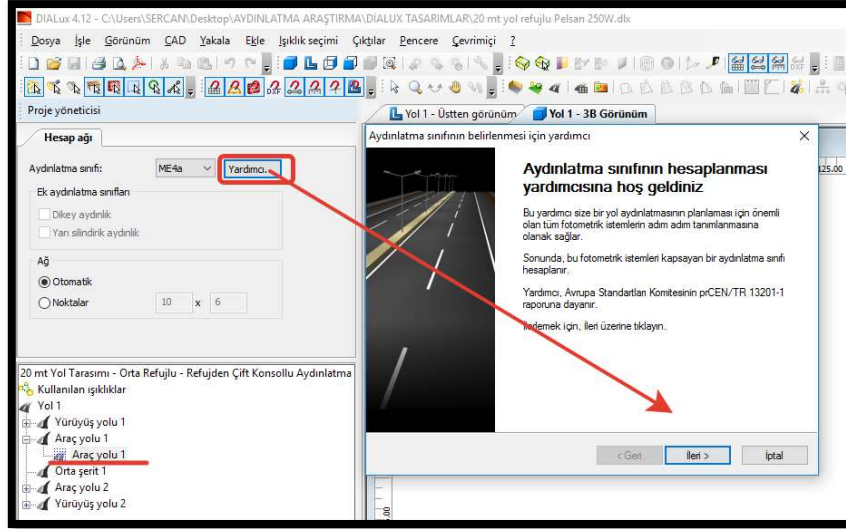
Şekil 7.14. Aydınlatma bölgesinin seçilmesi.

Yürüyüş yolları için asistan yardımı ile gerekli aydınlatma sınıfı belirlenmiştir. Şekil 7.15’de asistan yardımcısının seçmiş olduğu aydınlatma sınıfı gösterilmiştir.



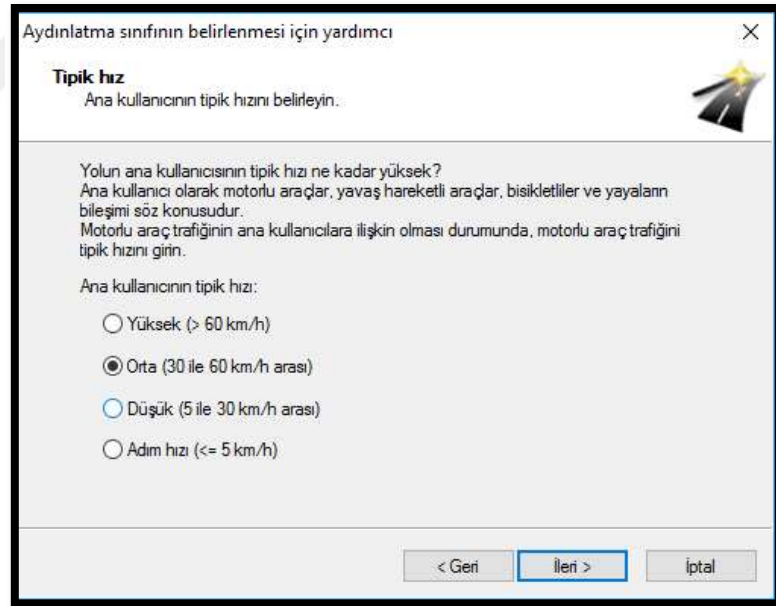
Şekil 7.15. Asistan yardımcısının belirlemiş olduğu aydınlatma sınıfı.

Yürüyüş yolları aydınlatma sınıfı seçiminden sonra araç yolları aydınlatma sınıfı yardımcı kullanılarak Şekil 7.16’da gösterildiği gibi belirlenir.



Şekil 7.16. Araç yolları için aydınlatma sınıfının belirlenmesi.

Araç yolları için ana kullanıcının ortalama hızını dört seçenek arasından seçerek sabitlenir. Şekil 7.17’de ise araç yolu için tasarlanan yolun karayolları düzenine göre olan hızı seçilir.



Şekil 7.17. Araç yolu için uygun hızın belirlenmesi.

Araç yolu için ana kullanıcı ve diğer kullanıcı seçeneklerinden uygun olanı Şekil 7.18’de gösterildiği gibi seçilir.

Aydınlatma sınıfının belirlenmesi için yardımcı

Ana kullanıcı ve diğer kullanıcılar
Ana kullanıcı ve diğer izin verilen kullanıcıları belirleyin.

☒ Ana kullanıcı motorlu araçlar ve yavaş hareketli (< 40 km/h) araçlardır. Bisikletli ve yayalara izin veriliyor.

☐ Ana kullanıcı motorlu araçlar, yavaş hareketli araçlar (< 40 km/h) ve bisikletlidir. Yayaya izin veriliyor.

☐ Ana kullanıcı yalnızca bisikletlidir. Yayalara izin veriliyor, motorlu araçlar ve yavaş hareketli araçlara verilmiyor. Bu durumda 13201-1 standardının Alman uygulamasına izin verilmez!

< Geri İleri > İptal

Şekil 7.18. Araç yolu için kullanıcı seçiminin yapılması.

Araç yolu için kavşak bilgileri girilmelidir. Şekil 7.19’da kavşak bilgilerinin nasıl girildiği gösterilmiştir.

Aydınlatma sınıfının belirlenmesi için yardımcı

Kavşaklar
Kavşakların türünü sıklığını belirleyin.

Yol diğerleri ile nasıl bağlanıyor?

Yaklaşım yolu ya da büyük ölçüde ayırma sağlayan sapma şerhleri bulunan otoyol kavşakları aracılığıyla, ya da diğer yolların doğrudan çıktığı ya da kesiştiği basit yol kavşakları aracılığıyla.

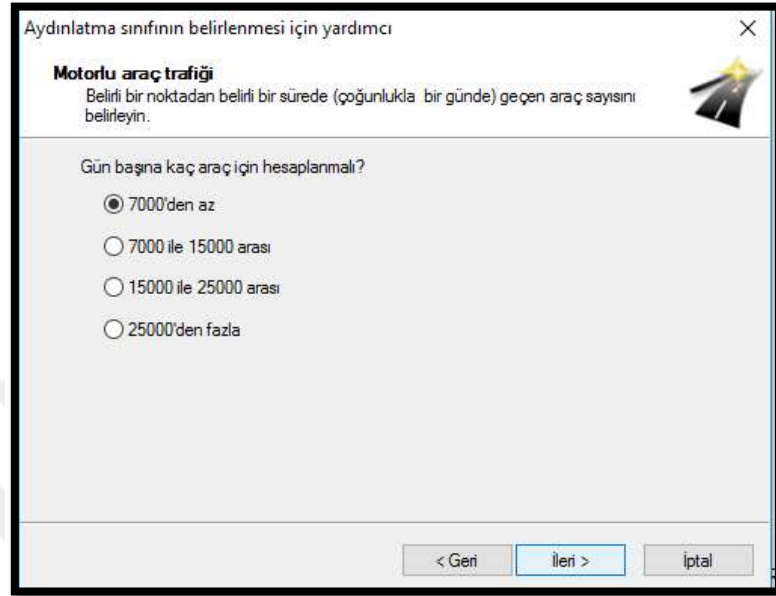
☒ Basit kavşaklar
Kavşak yoğunluğu
☒ < 3 tane / km
☐ >= 3 tane / km

☐ Yaklaşım yolu, Otoyol kavşağı
Yaklaşım yolları arası açıklık
☒ > 3 km
☐ <= 3 km

< Geri İleri > İptal

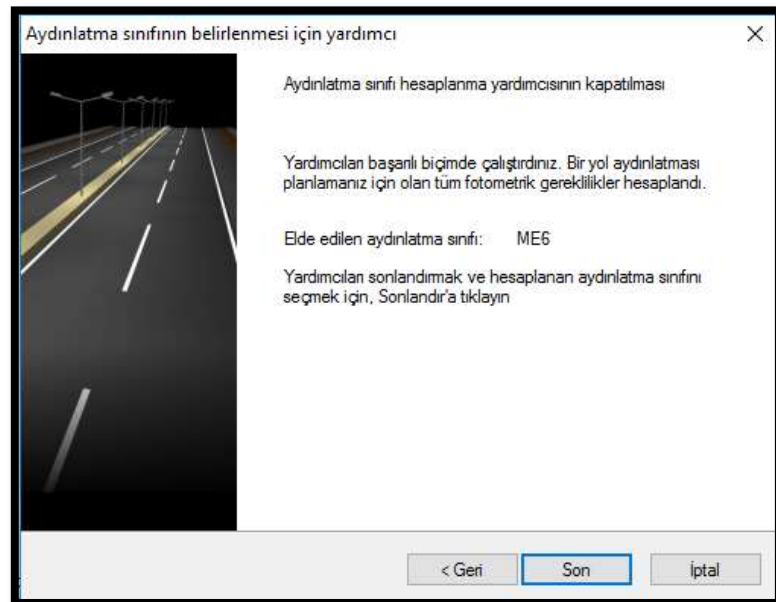
Şekil 7.19. Araç yolu için kavşak bilgilerinin girilmesi.

Araç yolları için yolları kullanacak araçların sayısı aydınlatma miktarı ile doğru orantılıdır. Planlanan yol için gerekli taşıt miktarları Şekil 7.20’de belirtilen ilgili seçeneklerden seçilir.



Şekil 7.20. Araç yolu için trafiğin belirtilmesi.

Araç yolu için programın yardımcısını kullanarak aydınlatma sınıfı belirlenmiştir. Araç yolu için ilgili aydınlatma sınıfı sonucu Şekil 7.21’de gösterilmiştir.



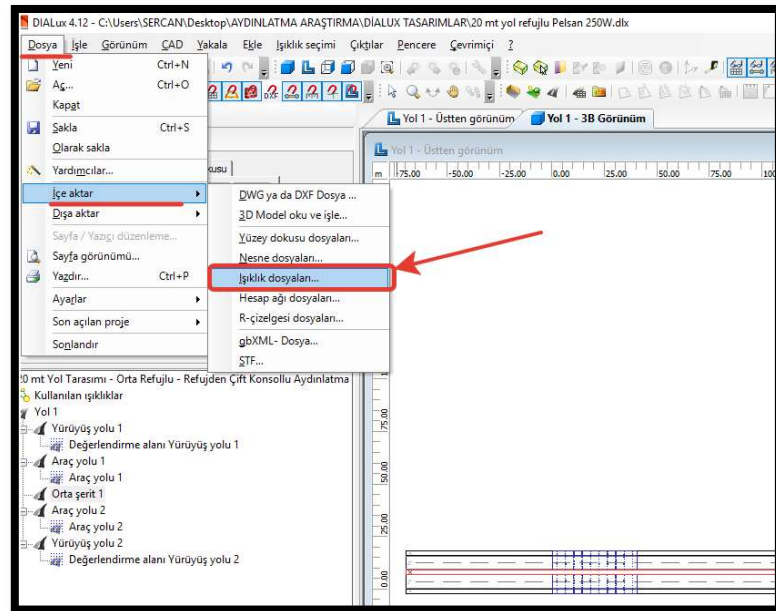
Şekil 7.21. Araç yolu için elde edilen aydınlatma sınıfı sonucu.

Eklenmiş olan bütün yürüyüş yolları, bisiklet yolları ve araç yolları için gerekli aydınlatma sınıflarının belirleme işlemlerinden sonra aydınlatma şekli ve armatürler seçilmelidir.

7.1.2. Işıklık Dosyasının Ortama Aktarılması

DIALux programı aydınlatma hesaplarında, aydınlatma düzeninde kullanılan armatüre ait ışıklık dosyası gereklidir. Işıklık dosyasında aydınlatma armatürlerinin veya ışık kaynaklarının gonyo fotometrik ölçüm sonuçlarının, uluslararası bir format dahilinde EULUMDAT dosya uzantısı ldt olan elektronik bir dosya olup içerisinde ışık kaynağına ilişkin ışık şiddet değerlerini ve ışıklık adı gibi diğer genel bilgileri barındırır DIALux programı, aydınlatma hesaplarında bu EULUMDAT dosyası içindeki ışık şiddet değerlerini kullanarak kalite büyüklüklerini hesaplar. Kısacası bu dosya aydınlatma kaynağının bir yol ve tesisat düzeni için uygunluğunu hesaplamakta kullanılır.

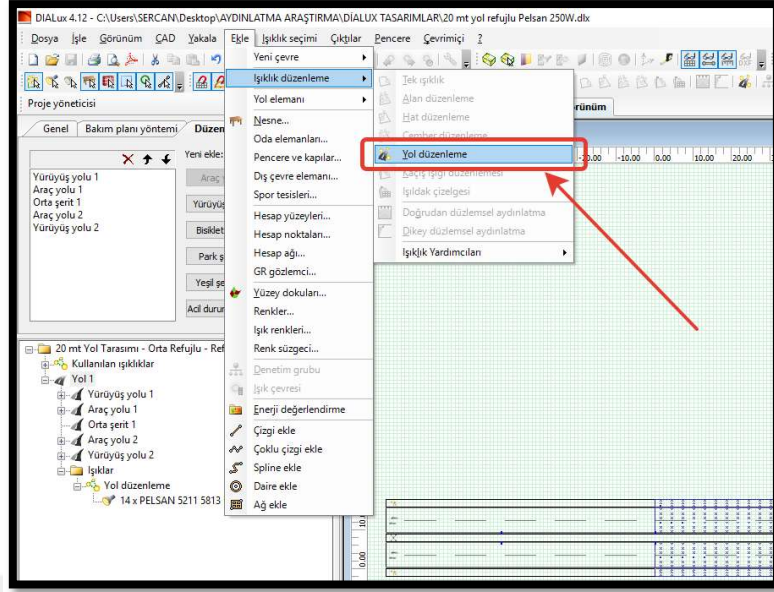
Işıklık dosyası, Şekil 7.22’de gösterildiği üzere ‘DIALux’ – ‘Dosya’ – ‘İçe aktar’ – ‘Işıklık dosyaları’, sekmeleri sırasıyla seçilerek, dosyanın bulunduğu yerden açılması suretiyle programa dahil edilir. Işıklık dosyaları DIALUX arşivinden ya da kullanılması planlanan armatürlerin internet sitelerinden elde edilebilir.



Şekil 7.22. DIALUX programı için ışıklık dosyasının oluşturulması.

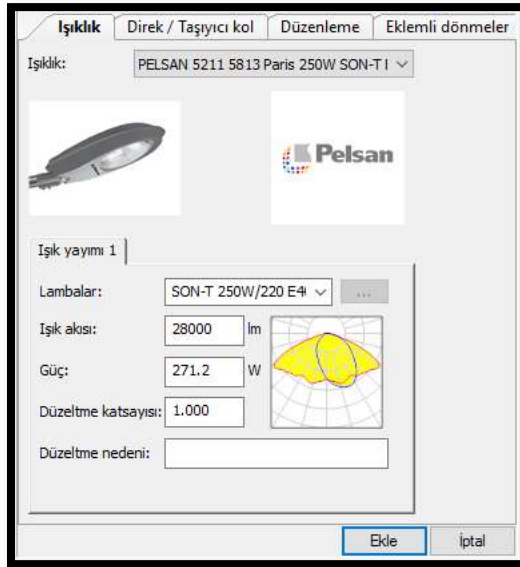
7.1.3. Aydınlatma Tesisat Düzeninin Oluşturulması

Proje yöneticisi altında, ekle sekmesinde Şekil 7.23’deki gibi ‘Ekle’ – ‘Işıklık Düzenleme’ – ‘Yol Düzenleme’ seçilerek aydınlatma tesisat düzeni oluşturulur.



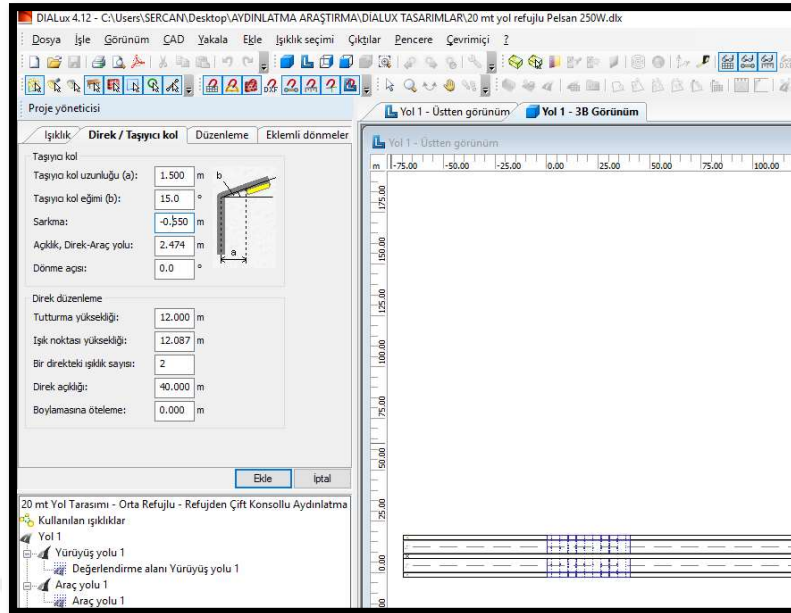
Şekil 7.23. Aydınlatma tesisatı düzeninin oluşturulması.

Proje yöneticisi altında, aydınlatma tesisatı düzenleme sayfası gelir ve burada gerekli seçimler yapıp değerler girildikten sonra ekle seçeneği ile tesisat düzenleme tamamlanmış olur. Tesisat düzenleme sayfasında, 'Işıklık', 'Direk/Taşıyıcı Kol' ve 'Düzenleme' sekmeleri bulunmaktadır. Şekil 7.24'de 'Işıklık' sekmesinde, içe aktarılan EULUMDAT dosyası seçilir.



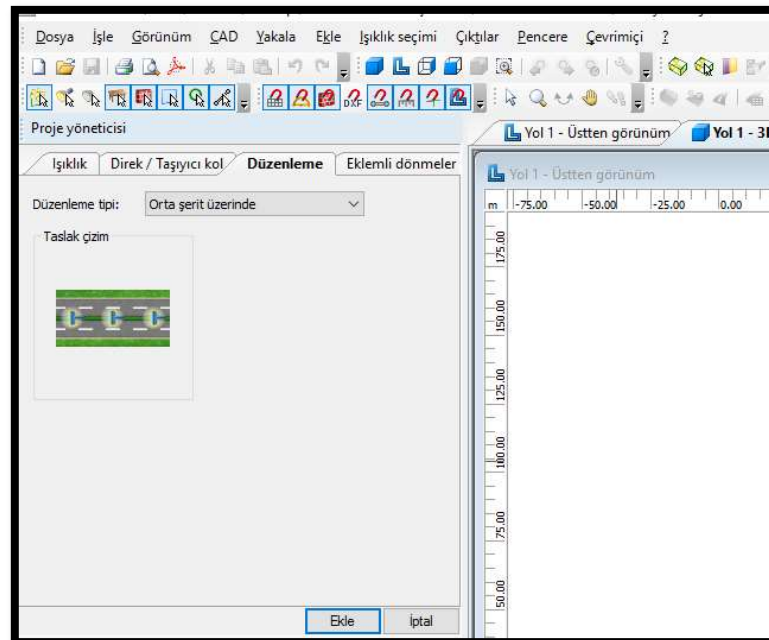
Şekil 7.24. Işıklık sekmesine dosyanın aktarılması.

Şekil 7.25'de 'Direk/Taşıyıcı Kol' sayfasında sırasıyla, konsol uzunluğu, konsol açısı, direk yüksekliği, direkler arası mesafe değerleri girilir.



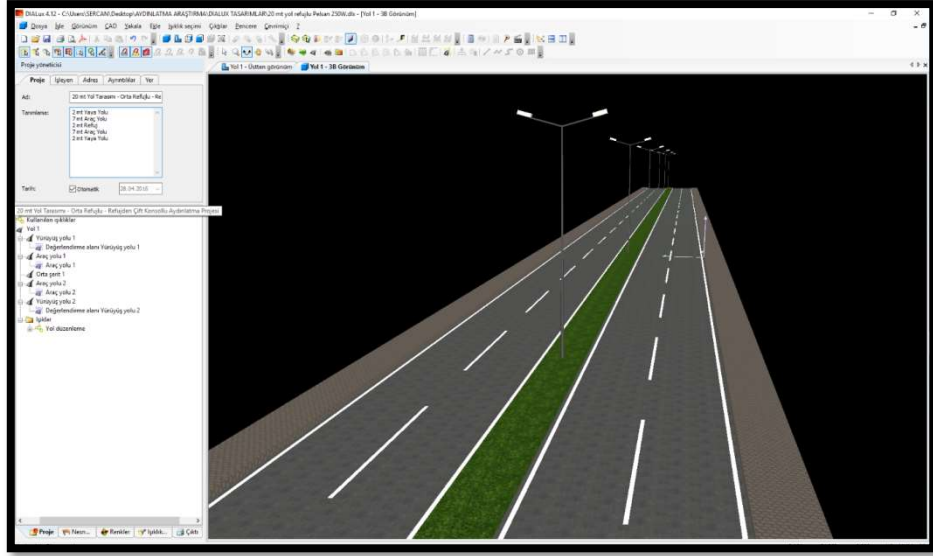
Şekil 7.25. Direk, taşıyıcı bilgilerinin girilmesi.

‘Düzenleme’ sekmesinde ‘Tek yandan aşağıya, Tek yandan yukarıya, Her iki yandan karşılıklı, Her iki yandan kaçık ve Orta şerit üzerinde’ olmak üzere 5 seçenekten biri seçilerek aydınlatma direklerinin düzeni seçilir ve ekleye basılarak projeye eklenir. Şekil 7.26’da gösterildiği üzere düzenleme tipi olarak ‘Orta şerit üzerinde’ seçilmiştir.



Şekil 7.26. Düzenleme tipinin belirtilmesi.

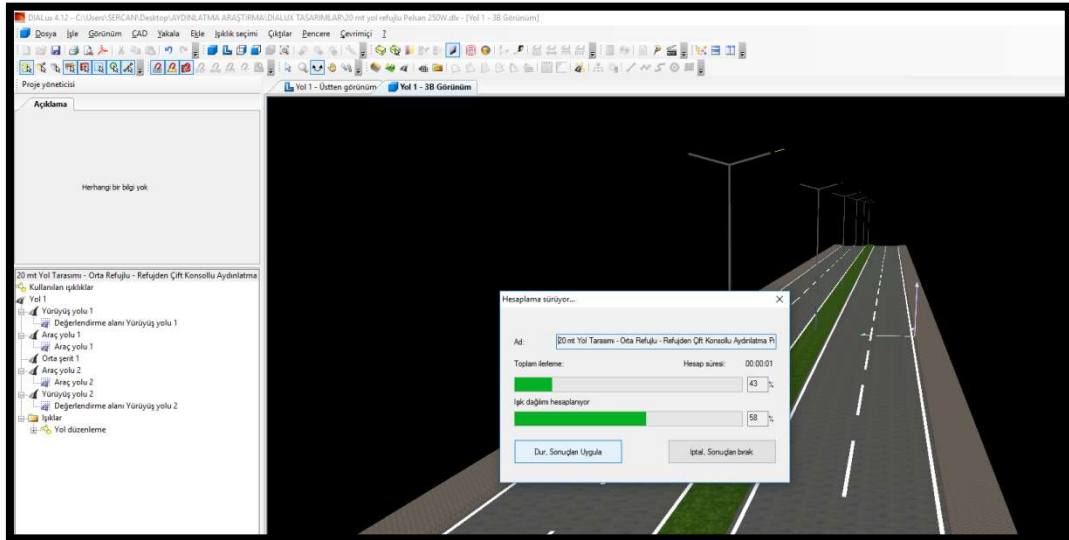
Bütün işlemler tamamlandıktan sonra yol ve aydınlatma tesisatı düzeni Şekil 7.27'deki gibidir.



Şekil 7.27. Yol ve aydınlatma tesisatı düzeninin son hali gösterilmektedir.

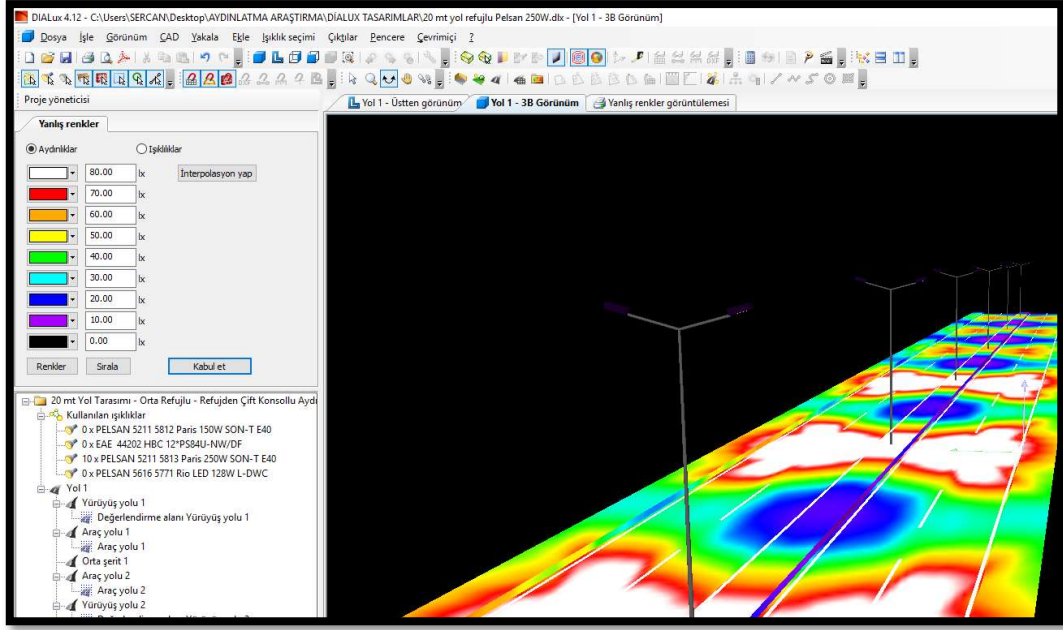
7.1.4. Hesaplama ve Sonuç Raporu

Şekil 7.28’de komut yöneticisinde, ‘Çıktılar’ - ‘Hesaplamayı başlat’ sekmeleri sırasıyla seçilerek, tanımlanan düzenlerde, içe aktarılan ışıklık dosyası hesaplaması çalıştırılmış olur.



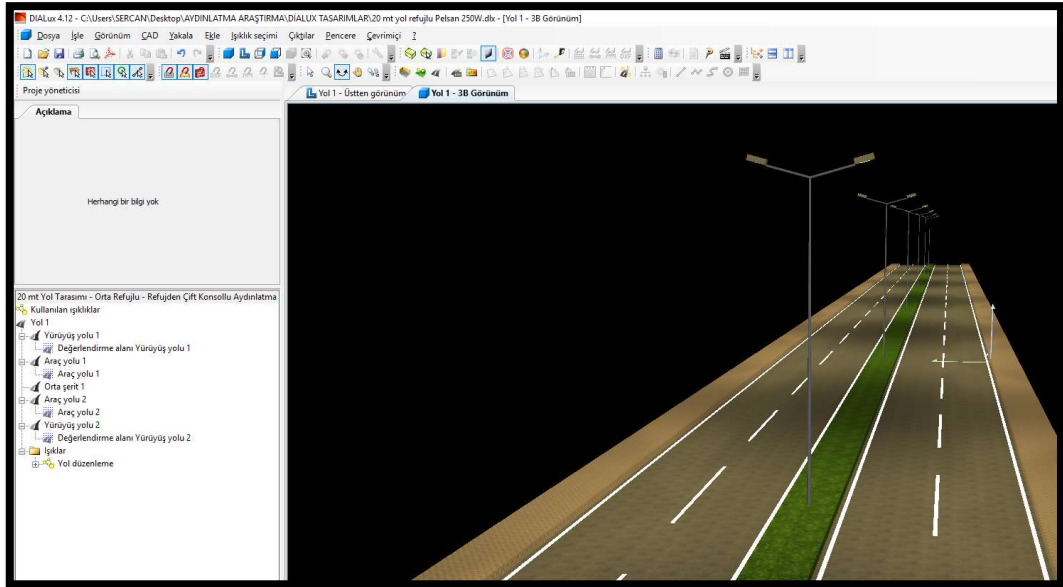
Şekil 7.28. Işıklık hesaplamalarının başlatılması.

DIALux programında yapılan hesaplamalar sonucunda projenin 3 boyutlu görünümü Şekil 7.29’da gösterilmiştir.



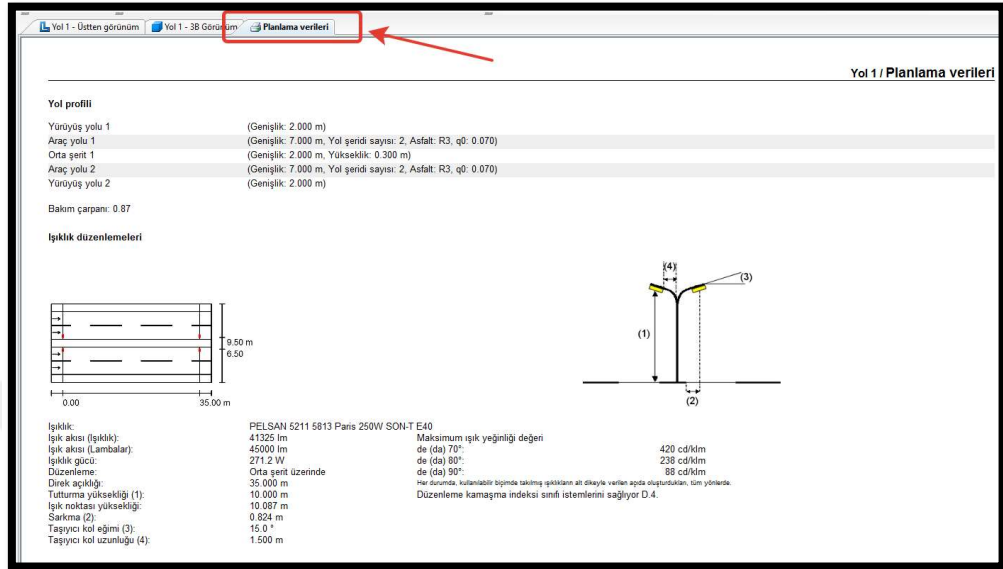
Şekil 7.29. Projenin 3 boyutlu görünümü.

DIALux sonuç raporlarında, hesaplamada kullanılan aydınlatma armatürlerine ilişkin bilgiler, firma bilgileri, armatür fotoğrafı, hesap yoluyla elde edilen, yol üstü aydınlık düzeyi ve parıltı değerleri, yol ve aydınlatma tesisat düzenlerine ilişkin bilgiler, tanımlamalar sırasında girilen tüm parametreler Şekil 7.30’da gösterildiği gibi yer alır.

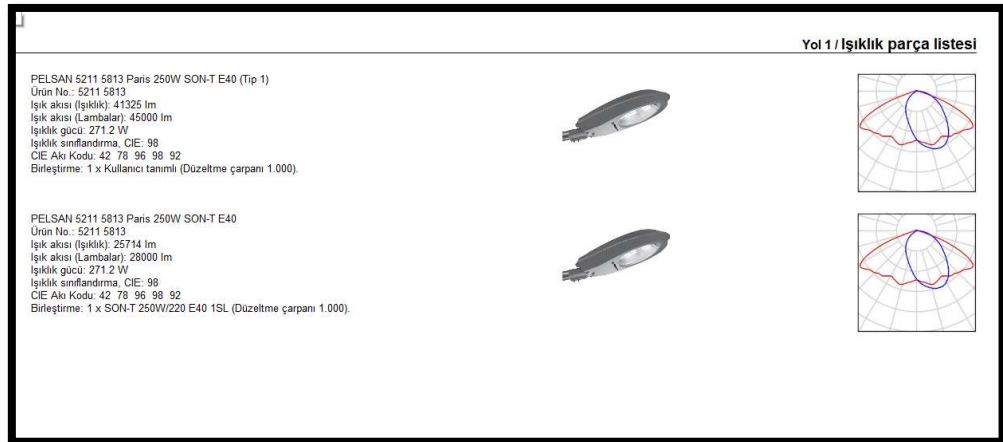


Şekil 7.30. Verileri girilen sistemin son hali.

Şekil 7.31’de DIALux programının sonuç sayfasında yer alan planlama verileri gösterilmiştir. Şekil 7.32’de ise yine sonuç sayfasında yer alan ışıklık parça listesi gösterilmiştir.



Şekil 7.31. DIALux sonuç sayfasında verilen planlama verileri.



Şekil 7.32. DIALux sonuç sayfasında verilen ışıklık parça listesi.

Şekil 7.33’de belirtilen DIALux sonuç sayfasında aydınlatma tekniği sonuçlarında tüm fotometrik istemlerin sağlanması gerekmektedir. Sağlanmadığı takdirde aydınlatma tesisatı düzenleme sayfasına geri dönülür ve burada ‘Işıklık’, ‘Direk/Taşıyıcı Kol’ ve ‘Düzenleme’ sekmelerinde farklı armatür cinsi, ışıklık yüksekliği direkler arası mesafe ve aydınlatma düzeni değiştirilerek tekrar hesaplama yapılır.

Vol 1 - Üstten görünüm

Vol 1 - 38 Görünüm

Aydınlatma Tekniği Sonuçları

Bakım çarpanı: 0.87

Ölçek 1:254

Değerlendirme alanı listesi

1

Araç yolu 2
Uzunluk: 35.000 m, Genişlik: 7.000 m
Ağ: 12 x 6 Noktalar
Işığın yol elemanı: Araç yolu 2.
Asfalt: R3, q0: 0.070
Seçilen Aydınlatma Sınıfı: ME6

(Tüm fotometrik istemler sağlandı.)

L_m [cd/m²]

3.12

≥ 0.30

✓

U0

0.56

≥ 0.35

✓

UI

0.56

≥ 0.40

✓

TI [%]

7

≤ 15

✓

SR

0.78

/

✓

2

Değerlendirme alanı Yürüyüş yolu 1
Uzunluk: 35.000 m, Genişlik: 2.000 m
Ağ: 12 x 3 Noktalar
Işığın yol elemanı: Yürüyüş yolu 1.
Seçilen Aydınlatma Sınıfı: CE2

(Tüm fotometrik istemler sağlandı.)

E_m [lx]

50.65

≥ 20.00

✓

U0

0.64

≥ 0.40

✓

3

Araç yolu 1
Uzunluk: 35.000 m, Genişlik: 7.000 m
Ağ: 12 x 6 Noktalar
Işığın yol elemanı: Araç yolu 1.
Asfalt: R3, q0: 0.070
Seçilen Aydınlatma Sınıfı: ME6

(Tüm fotometrik istemler sağlandı.)

L_m [cd/m²]

3.12

≥ 0.30

✓

U0

0.56

≥ 0.35

✓

UI

0.56

≥ 0.40

✓

TI [%]

7

≤ 15

✓

SR

0.78

/

✓

4

Değerlendirme alanı Yürüyüş yolu 2
Uzunluk: 35.000 m, Genişlik: 2.000 m
Ağ: 12 x 3 Noktalar
Işığın yol elemanı: Yürüyüş yolu 2.
Seçilen Aydınlatma Sınıfı: CE2

(Tüm fotometrik istemler sağlandı.)

E_m [lx]

50.65

≥ 20.00

✓

U0

0.64

≥ 0.40

✓

Şekil 7.33. DIALux sonuç sayfasında yer alan aydınlatma tekniği sonuçları.

8. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ MEVCUT AYDINLATMA TESİSLERİNİN VE BUNLARIN UYGUN KARŞILIĞI OLAN LED AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA İNCELENİP KARŞILAŞTIRILMASI

Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş. Düzce Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Birimi'nden alınan verilere göre Düzce İli Merkez İlçesi cadde ve sokak aydınlatmalarında flüoresan armatürler ve sodyum buharlı armatürler kullanılmaktadır (Çizelge 8.1).

Çizelge 8.1. Düzce İli Merkez İlçe armatür tipleri, armatür sayıları ve güçleri [43].

Armatür Tipi	Armatür Sayısı (Adet)	Toplam Armatür Gücü (W)	Kullanım Alanı
2x11W Flüoresan Armatürler	3.409	74.998,00 W	Köy aydınlatmaları
50W Sodyum Buharlı Armatür	6.759	337.950,00 W	Köy aydınlatmaları
70W Sodyum Buharlı Armatür	3.774	264.180,00 W	10 metre yollar
100W Sodyum Buharlı Armatür	9.246	924.600,00 W	12 metre yollar
100W Sodyum Buharlı Armatür	2.207	220.700,00 W	15 metre yollar şaşırtmalı
150W Sodyum Buharlı Armatür	571	85.650,00 W	20 metre yollar şaşırtmalı
250W Sodyum Buharlı Armatür	3082	770.500,00 W	25 metre yol şaşırtmalı
250W Sodyum Buharlı Armatür	1480	370.000,00 W	Karayolu Orta Refüj
Genel Toplam	30.528	3.048.578,00 W	

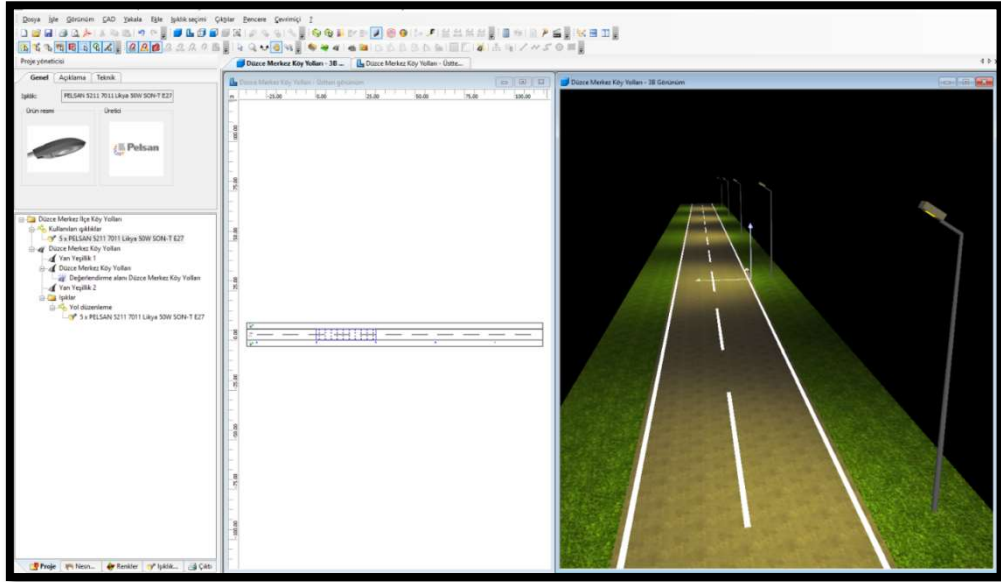
2x11 W Flüoresan Armatürler Sakarya Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (SEDAŞ) envanterinden çıkarılmış olup kullanım ömürleri dolan ve arıza yapan armatürler 50 W Sodyum buharlı armatürler ile yenilenmektedir.

8.1. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE KÖY YOLLARI AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA İNCELENMESİ

Düzce İli Merkez İlçe köy aydınlatma tesisleri mevcut sodyum buharlı armatürler ve LED armatürler kullanılarak DIALux programında modellenip aralarındaki tüketim farkları çıkarılacaktır.

8.1.1. Düzce İli Merkez İlçe Köy Yolları Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

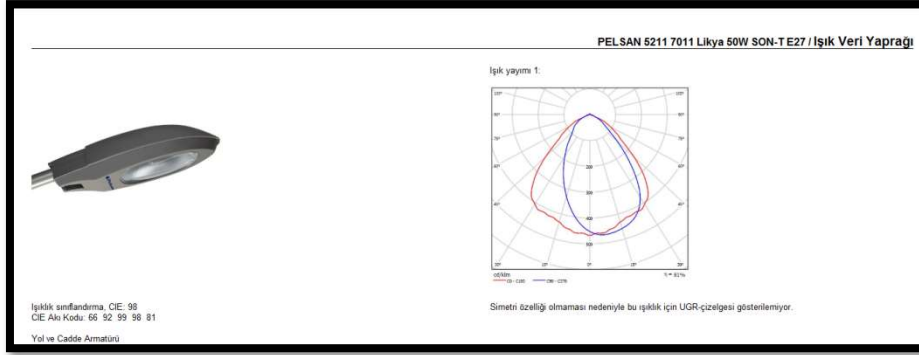
Düzce İli Merkez İlçe köylerinde kullanılan 50 W sodyum buharlı armatürler DIALux programında modellenmiştir, Şekil 8.1’de modellenmiş hali gösterilmektedir. Köy yolları standart genişlikte olmadığından 6 metredir. Yol olarak 2 şeritli olarak planlanmıştır.



Şekil 8.1. DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

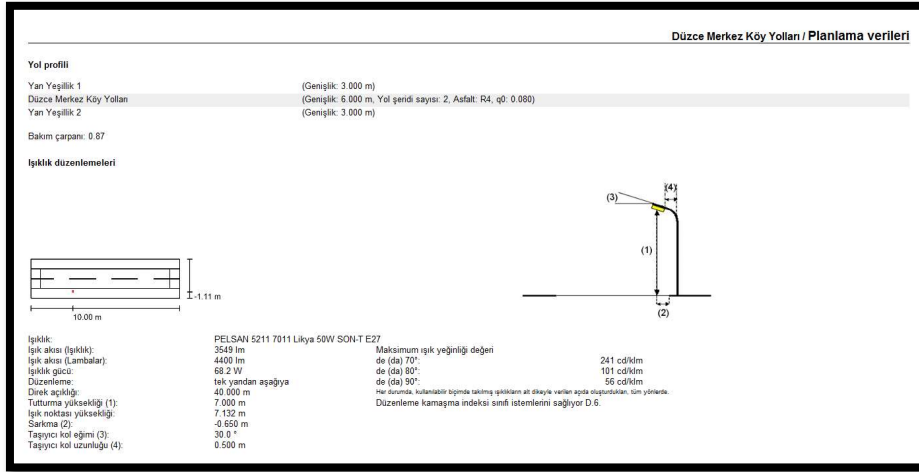
Köy şebekeleri havai şebeke olduğundan aydınlatma; AG direkleri ve müşterek aralıklı OG+AG direklerinde AG traverslerine montaj edilmiş olan sokak fazı ile yapılmaktadır. TEDAŞ yönetmelikleri gereği AG direkleri ve müşterek OG+AG direkleri arası mesafe en fazla 50 metre olarak montaj edilmektedir.

Tasarlanan yol için Pelsan marka 50 W sodyum buharlı armatür kullanılmıştır. Düzce İli Merkez İlçe köy yollarının DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.2’de gösterilmiştir.



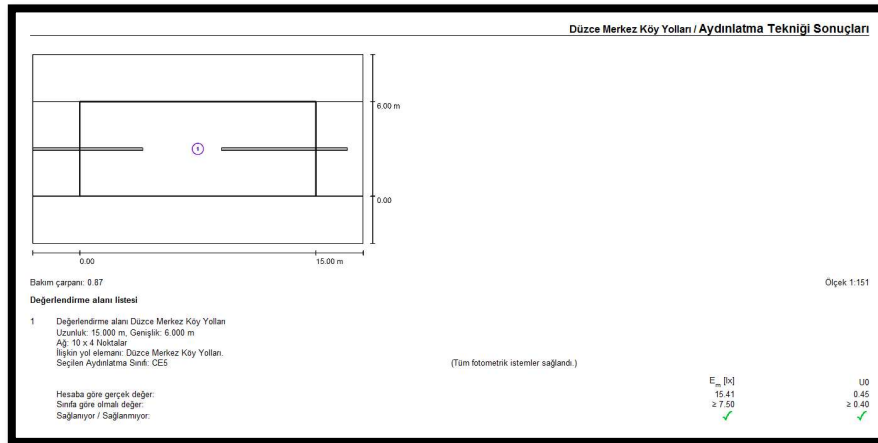
Şekil 8.2. PELSAN marka sodyum buharlı armatürün ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe köy yollarının DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen planlama verileri Şekil 8.3'te gösterilmiştir.



Şekil 8.3. DIALux programında oluşturulan sodyum buharlı modelin planlama verileri.

Düzce İli Merkez İlçe köy yollarının DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.4'te gösterilmiştir.

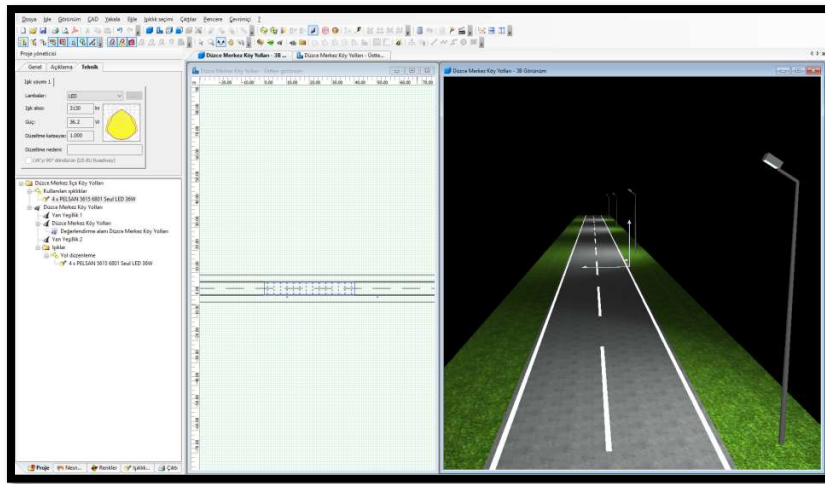


Şekil 8.4. DIALux programında oluşturulan sodyum buharlı modelin sonuç sayfası.

8.1.2. Düzce İli Merkez İlçe Köy Yolları Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

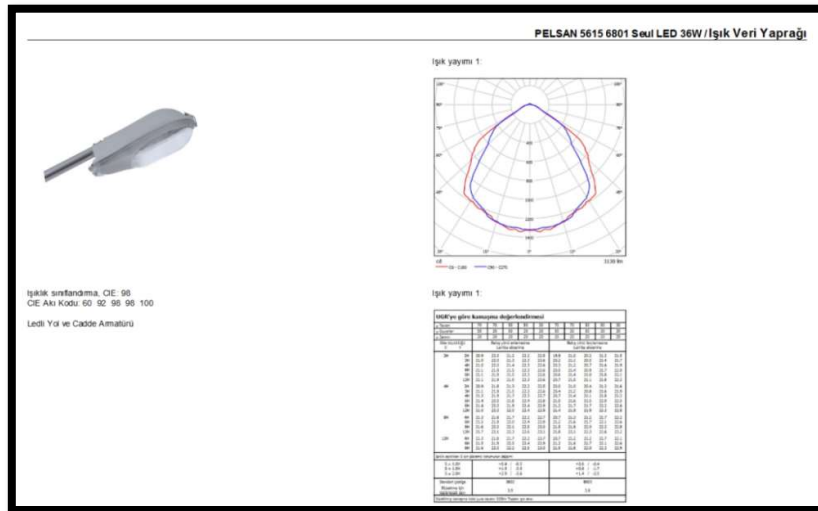
Düzce İli Merkez İlçe köylerinde kullanılan 50 W sodyum buharlı armatürlerin yerine kullanılacak LED armatür seçilerek DIALux programında modellenmiştir. Yol parametreleri 50 W sodyum buharlı armatür ile aynı olup, tamamen aynı ortam şartlarında hesaplamalar yapılmıştır.

Düzce İli Merkez İlçe köy yollarının DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü Şekil 8.5'te gösterilmiştir.



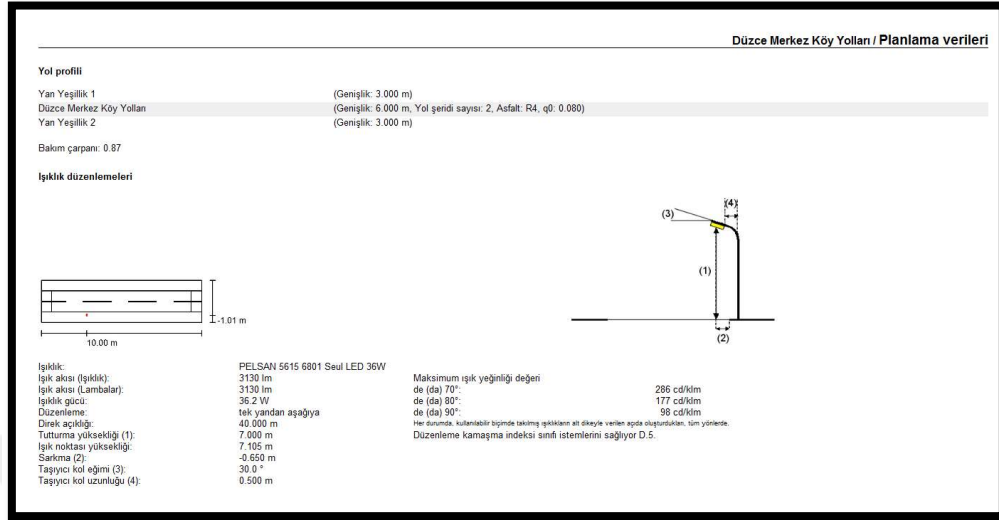
Şekil 8.5. DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe köy yollarının DIALux programında kullanılan yola ait LED armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.6'da gösterilmiştir.



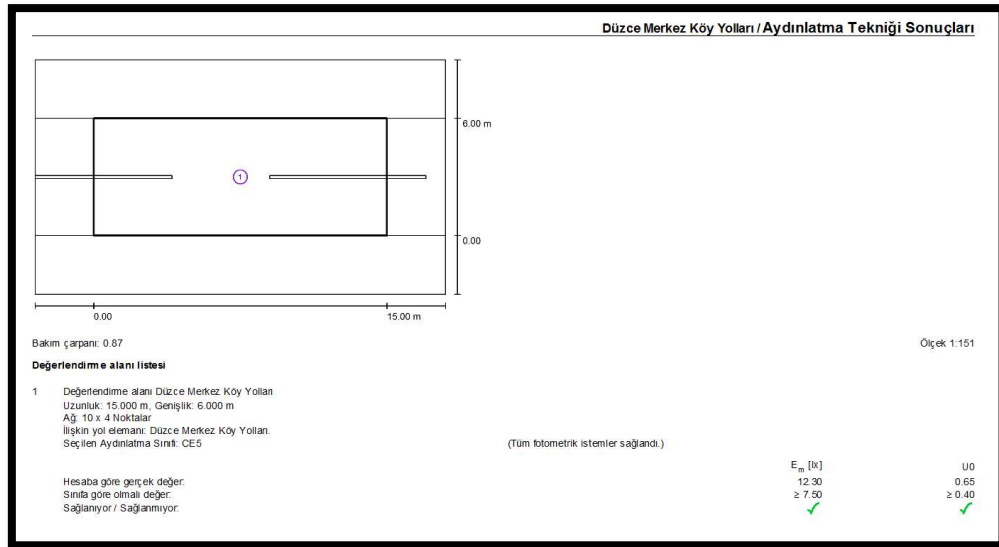
Şekil 8.6. DIALux programında oluşturulan LED modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe köy yollarının DIALux programında LED armatür ile modellenen planlama verileri Şekil 8.7’de gösterilmiştir.



Şekil 8.7. DIALux programında oluşturulan LED modelin planlama verileri.

Düzce İli Merkez İlçe köy yollarının DIALux programında LED armatür ile modellenen göre sonuç sayfası Şekil 8.8’de gösterilmiştir.



Şekil 8.8. DIALux programında oluşturulan LED modelin sonuç sayfası.

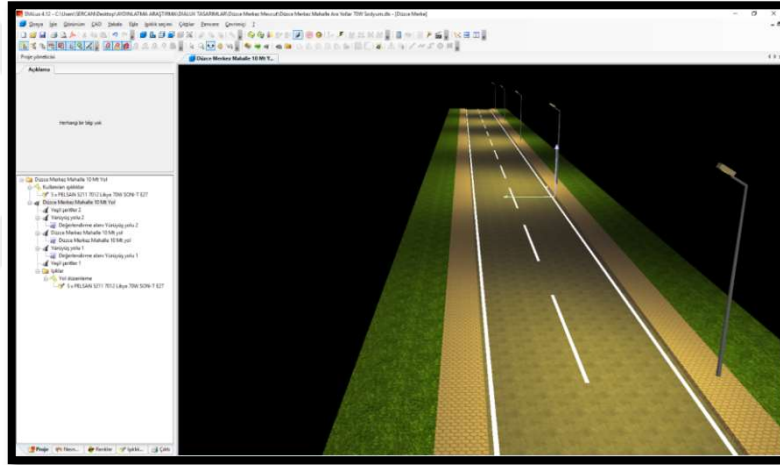
DIALux hesaplamaları sonucunda 50 W sodyum buharlı armatür yerine 36 W LED armatür gerekli aydınlatmayı sağlayabilmektedir.

8.2. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE 10 M YOLLARIN AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ

Düzce İli Merkez İlçe 10 m genişliğindeki yolların (1,5 m. Yürüyüş Yolu – 7 m. Araç Yolu – 1,5 m Yürüyüş Yolu) aydınlatma tesisleri mevcut sodyum buharlı armatürler ve LED armatürler kullanılarak DIALux programında modellenip aralarındaki tüketim farkları çıkarılacaktır.

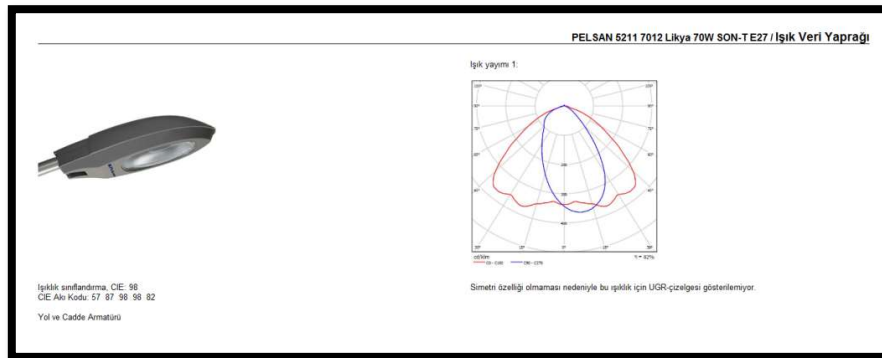
8.2.1. Düzce İli Merkez İlçe 10 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

Düzce İli Merkez İlçesi ve Merkez mahallelerde 10 metre yollarda kullanılan 70 W sodyum buharlı armatürler DIALux programında modellenmiştir, oluşturulan model Şekil 8.9’da gösterilmiştir.



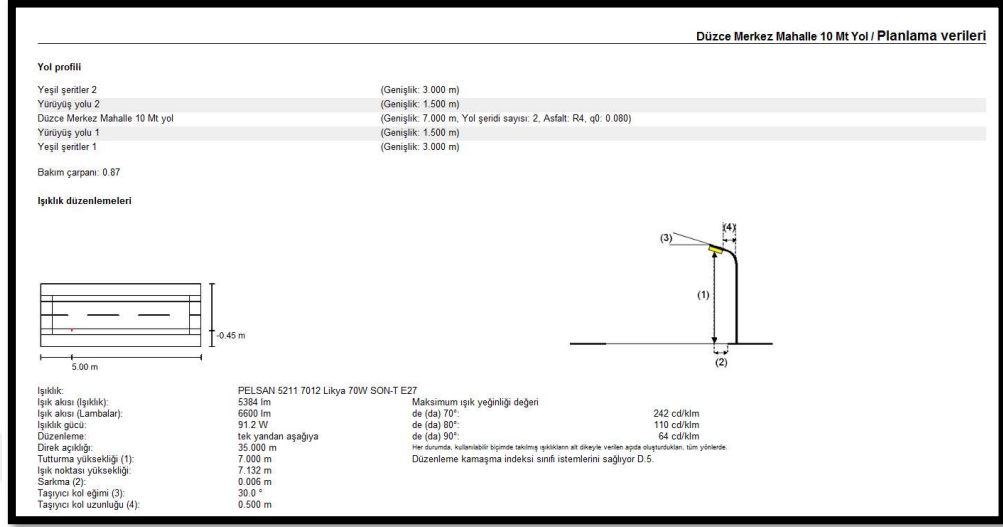
Şekil 8.9. 10 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe 10 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.10’da gösterilmiştir.



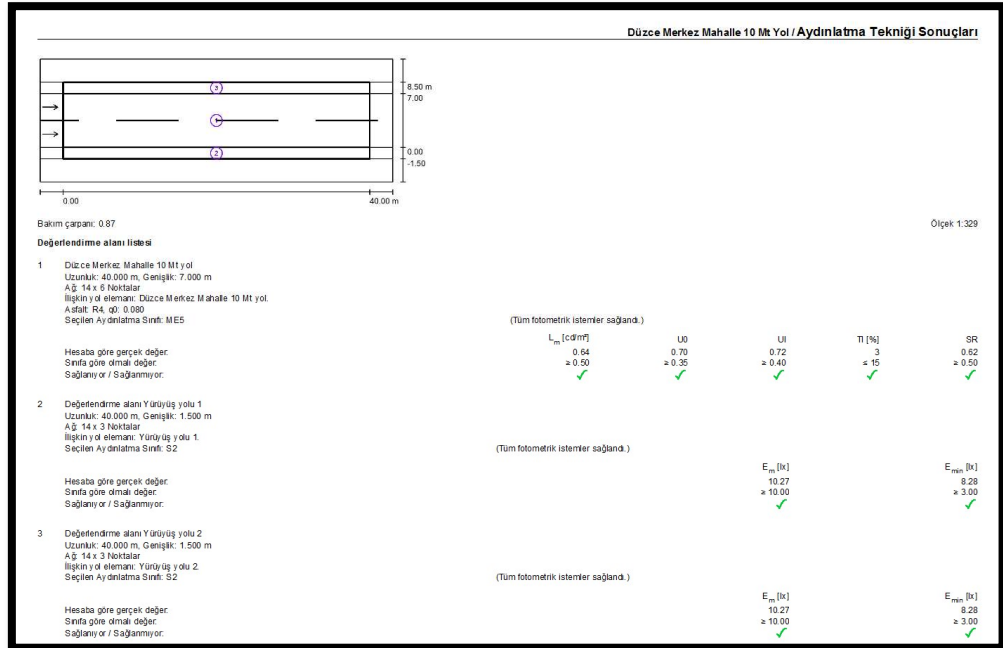
Şekil 8.10. 10m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe 10 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen planlama verileri Şekil 8.11’de gösterilmiştir.



Şekil 8.11.10 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri.

Düzce İli Merkez İlçe 10 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.12’de gösterilmiştir.

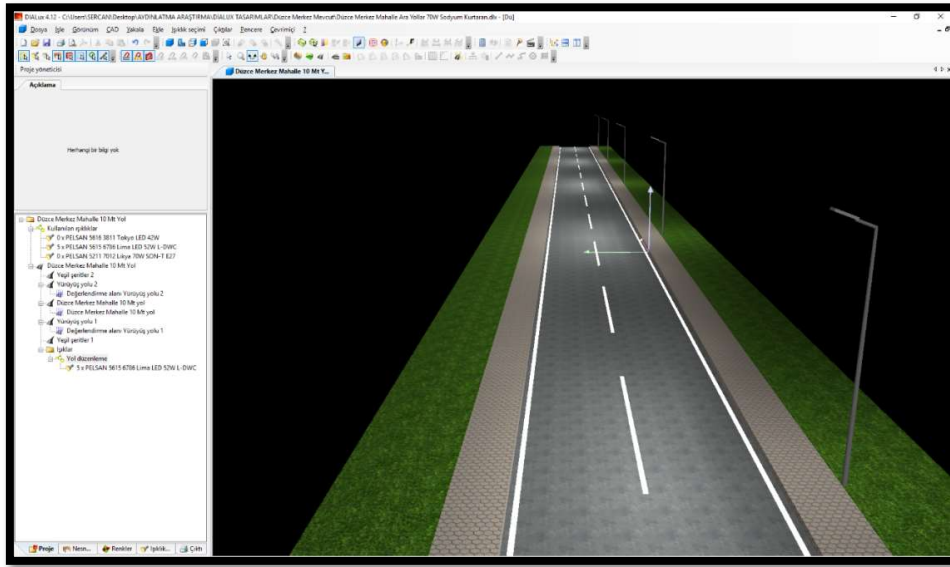


Şekil 8.12. 10 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin sonuç sayfası.

8.2.2. Düzce İli Merkez İlçe 10 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

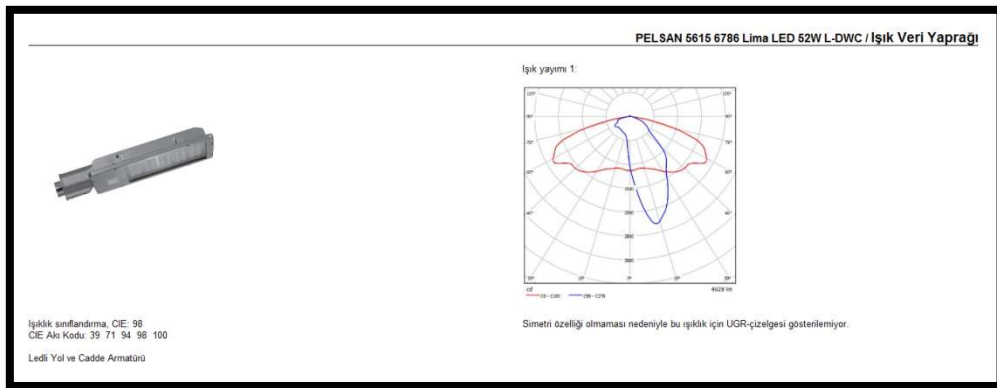
Düzce İli Merkez İlçe 10 m genişliğindeki yollarda (1,5 m. Yürüyüş Yolu – 7 m. Araç Yolu – 1,5 m Yürüyüş Yolu) 70 W sodyum buharlı armatürlerin yerine kullanılacak LED Armatür seçilerek DIALux programında modellenmiştir. Yol parametreleri 70 W sodyum buharlı armatür ile aynı olup, tamamen aynı ortam şartlarında hesaplamalar yapılmıştır.

Düzce İli Merkez İlçe 10 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü Şekil 8.13’de gösterilmiştir.



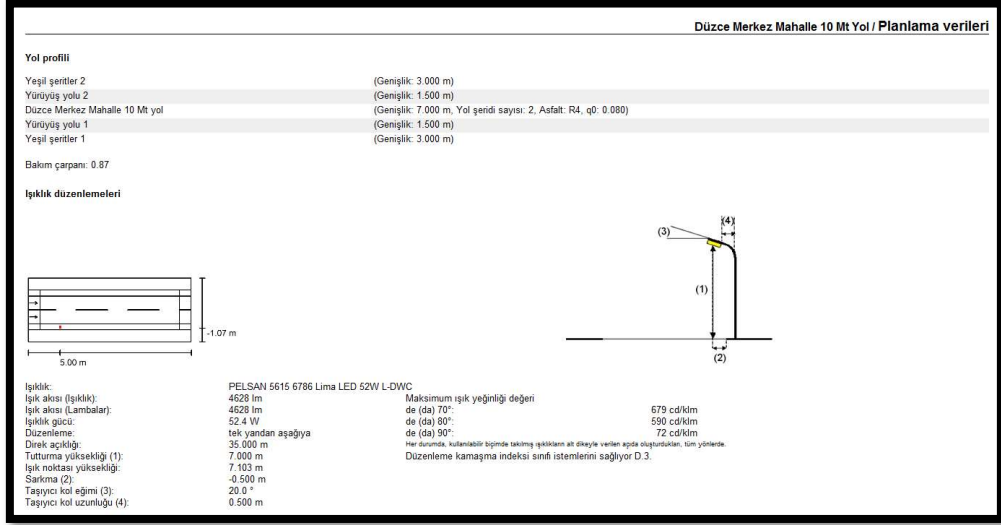
Şekil 8.13. 10 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe 10 m yolların DIALux programında LED armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.14’te gösterilmiştir.



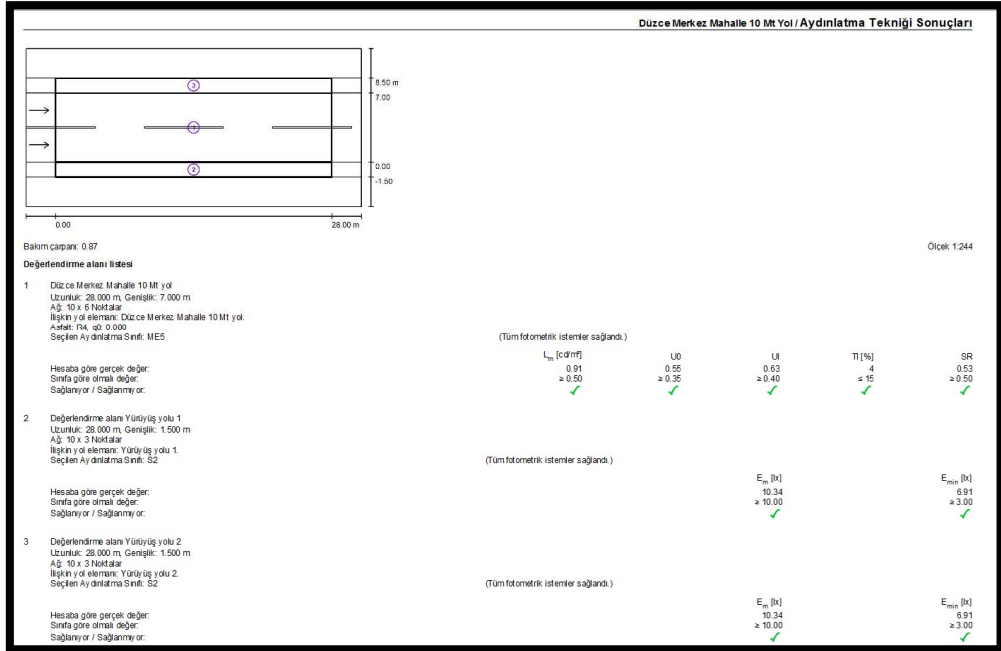
Şekil 8.14. 10 m yolların DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe 10 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen planlama verileri Şekil 8.15'te gösterilmiştir.



Şekil 8.15. 10 m yolların DIALux programında LED modelin verileri.

Düzce İli Merkez İlçe 10 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.16'da gösterilmiştir.



Şekil 8.16. 10 m yolların DIALux programında LED modelin sonuç sayfası.

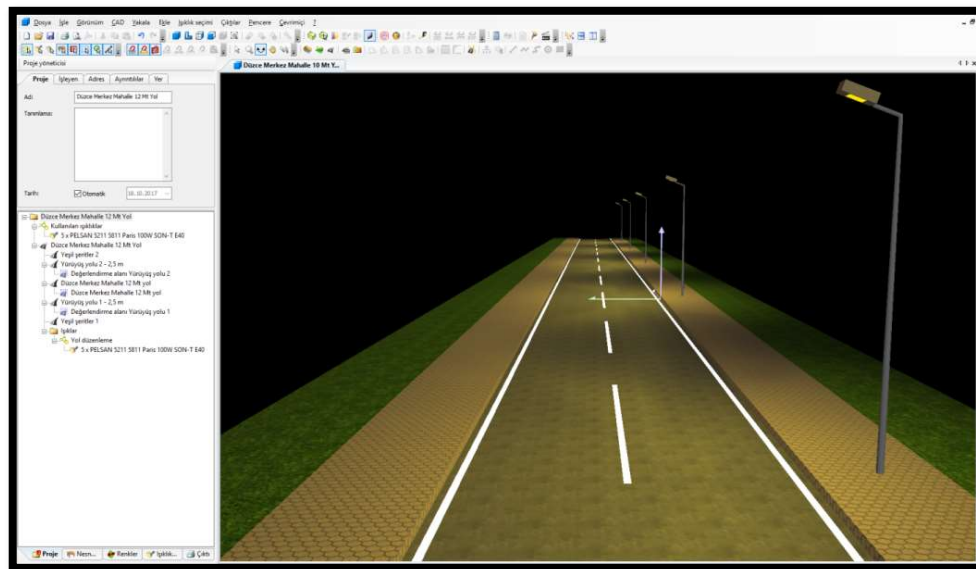
DIALux programında yapılan hesaplamalar sonucunda Düzce İli Merkez İlçe 10 m yollarda 70 W sodyum buharlı armatür yerine 52 W LED armatür gerekli aydınlatmayı sağlayabilmekte olduğu görülmüştür.

8.3. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE 12 M YOLLARIN AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ

Düzce İli Merkez İlçe 12 m genişliğindeki yolların (2,5 m. Yürüyüş Yolu – 7 m. Araç Yolu – 2,5 m Yürüyüş Yolu) aydınlatma tesisleri mevcut sodyum buharlı armatürler ve LED armatürler kullanılarak DIALux programında modellenip aralarındaki tüketim farkları çıkarılacaktır.

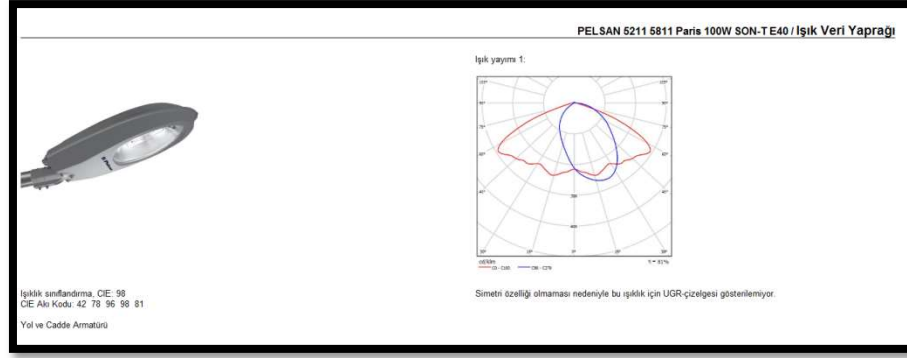
8.3.1. Düzce İli Merkez İlçe 12 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

Düzce İli Merkez İlçesi Merkez Mahallelerde 12 metre yollarda kullanılan 100 W Sodyum Buharlı Armatürler DIALux programında modellenmiştir, model Şekil 8.17’de gösterilmiştir.



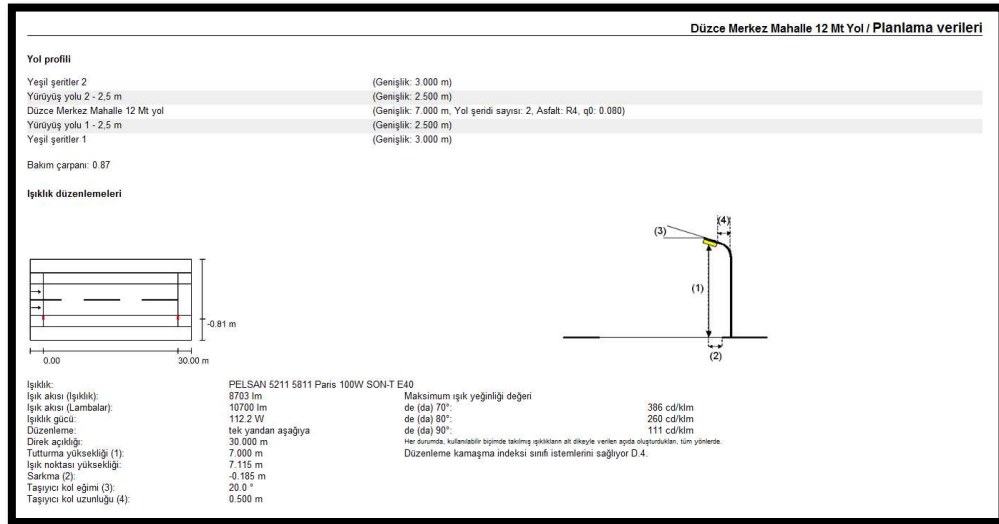
Şekil 8.17. 12 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe 12 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.18’de gösterilmiştir.



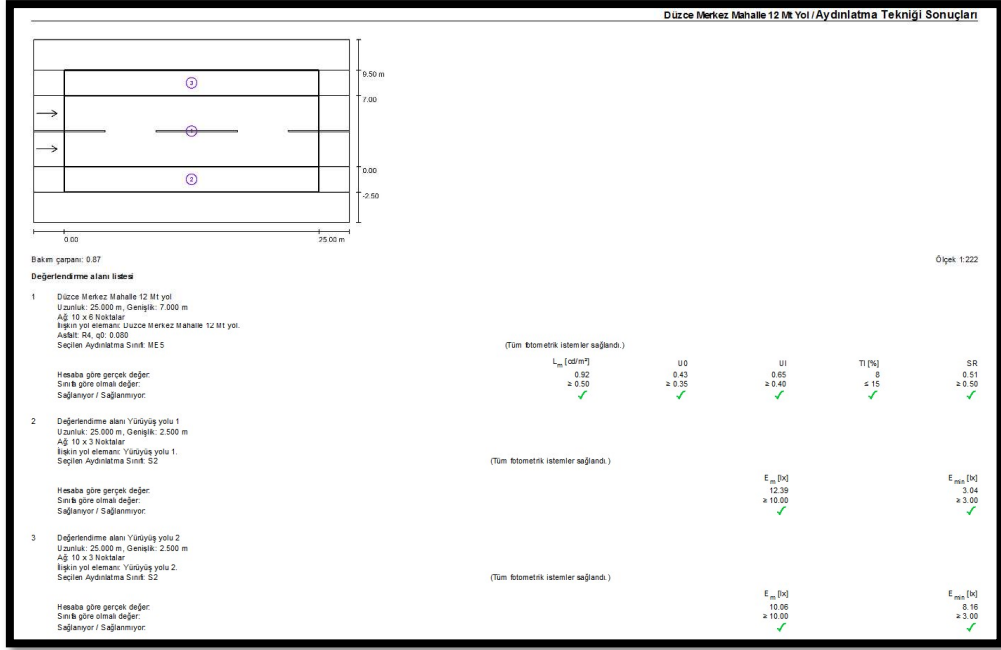
Şekil 8.18. 12 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe 12 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen planlama verileri Şekil 8.19'da gösterilmiştir.



Şekil 8.19. 12 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri.

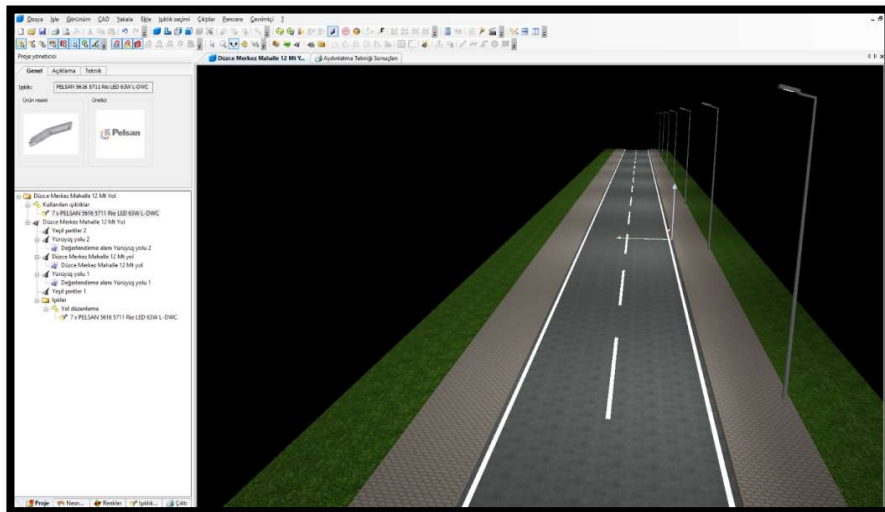
Düzce İli Merkez İlçe 12 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.20'de gösterilmiştir.



Şekil 8.20. 12 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin sonuçları.

8.3.2. Düzce İli Merkez İlçe 12 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

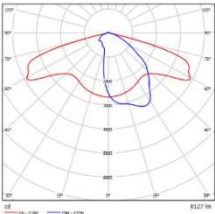
Düzce İli Merkez İlçesi Merkez Mahallelerde 12 m. Genişliğindeki yollarda kullanılan 100 W Sodyum Buharlı Armatürlerin yerine kullanılacak LED Armatür seçilerek DIALux programında modellenmiştir. Yol parametreleri 100 W sodyum buharlı armatür ile aynı olup, tamamen aynı ortam şartlarında hesaplamalar yapılmıştır ve model Şekil 8.21’de gösterilmiştir.



Şekil 8.21. 12 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

PELSAN 5616 5711 Rio LED 63W L-DWC / Işık Veri Yaprığı

İşık yayımı 1:

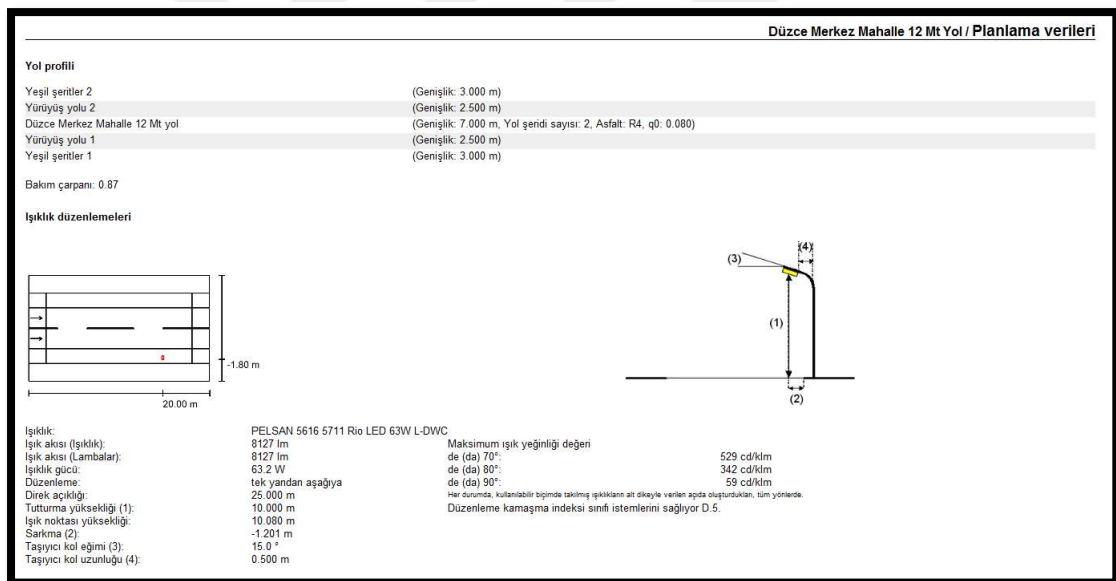


İşık sınıflandırma, CIE: 98
CIE Akı Kodu: 38 72 96 98 100

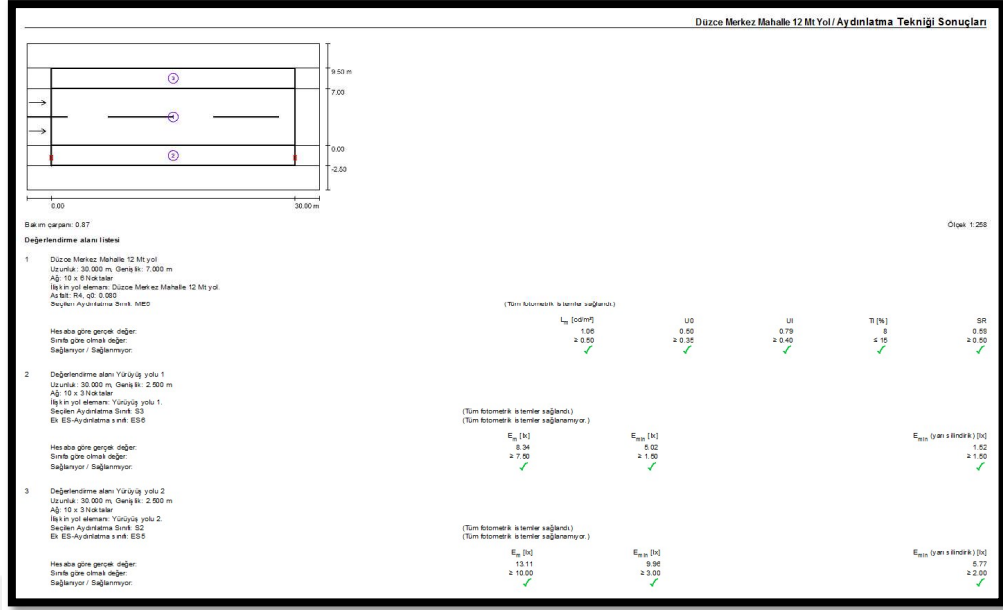
Ledli Yol ve Caddde Armatürü

Simetri özelliği olmaması nedeniyle bu ışık için UGR-çizelgesi gösterilemiyor.

Düzce İli Merkez İlçe 12 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen planlama veriler Şekil 8.23'te gösterilmiştir.



Düzce İli Merkez İlçe 12 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.24'te gösterilmiştir.



Şekil 8.24. 12 m yolların DIALux programında LED modelin sonuçları.

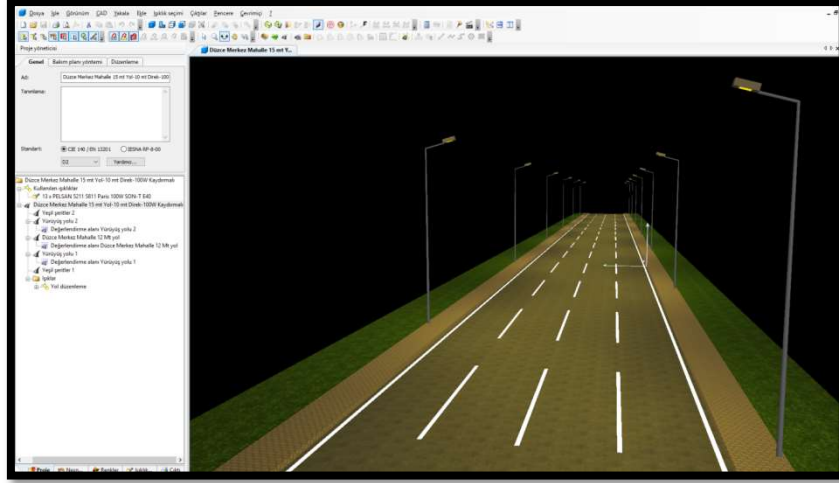
DIALux hesaplamaları sonucunda Düzce İli Merkez İlçe 12 m yollarda 100 W sodyum buharlı armatür yerine 63 W LED armatür gerekli aydınlatmayı sağlayabilmektedir.

8.4. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE 15 M YOLLARIN AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ

Düzce İli Merkez İlçe 15 m genişliğindeki yolların (1,5 m. Yürüyüş Yolu – 12 m. Araç Yolu – 1,5 m Yürüyüş Yolu) aydınlatma tesisleri mevcut sodyum buharlı armatürler ve LED armatürler kullanılarak DIALux programında modellenip aralarındaki tüketim farkları çıkarılacaktır.

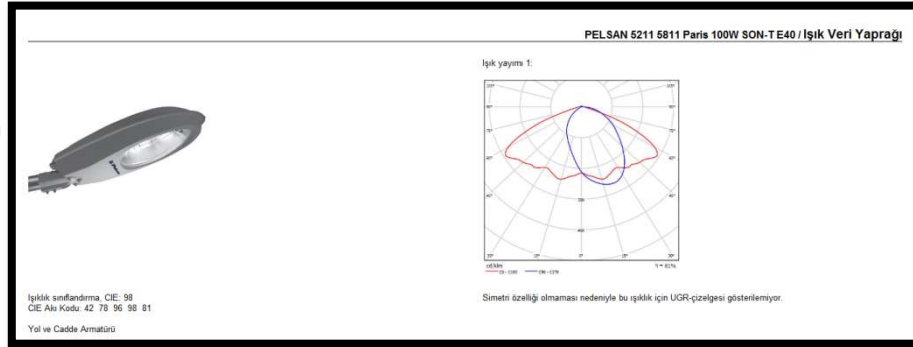
8.4.1. Düzce İli Merkez İlçe 15 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

Düzce İli Merkez İlçesi Merkez mahallelerde 15 m. Yollarda kullanılan 100 W sodyum buharlı armatürler DIALux programında modellenmiştir ve model Şekil 8.25'te gösterilmiştir.



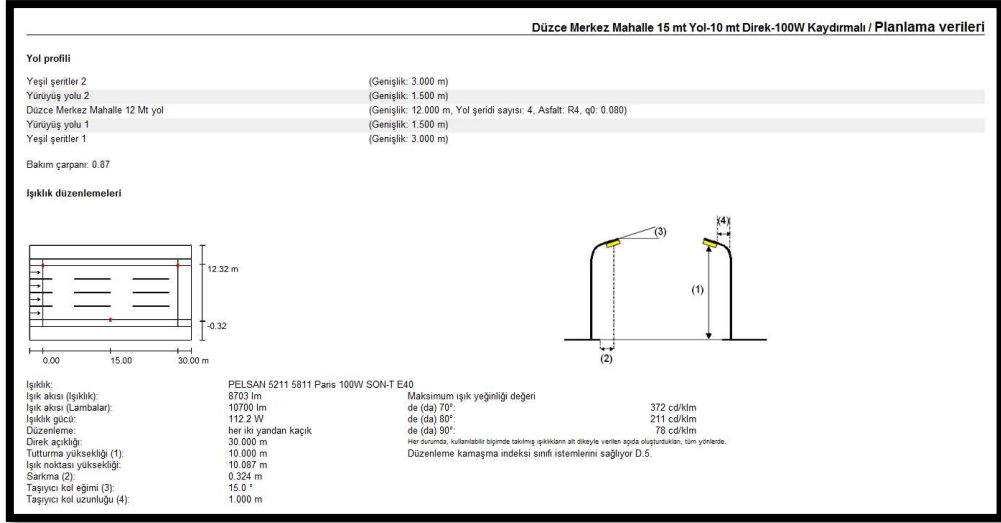
Şekil 8.25. 15 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe 15 m yolların DIALux mevcut sodyum buharlı armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.26’da gösterilmiştir.



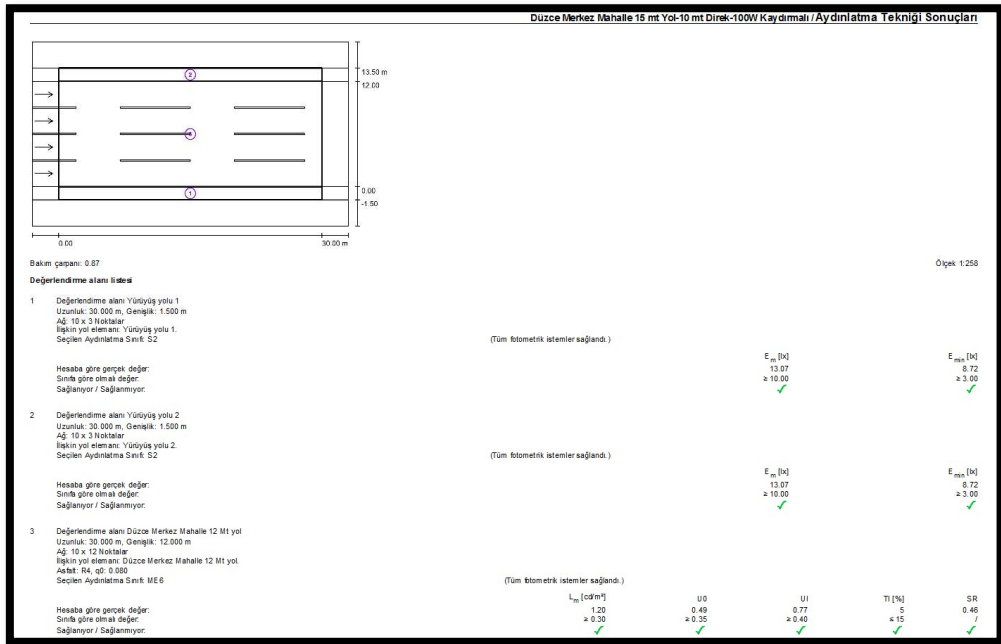
Şekil 8.26. 15 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe 15 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen planlama veriler Şekil 8.27’de gösterilmiştir.

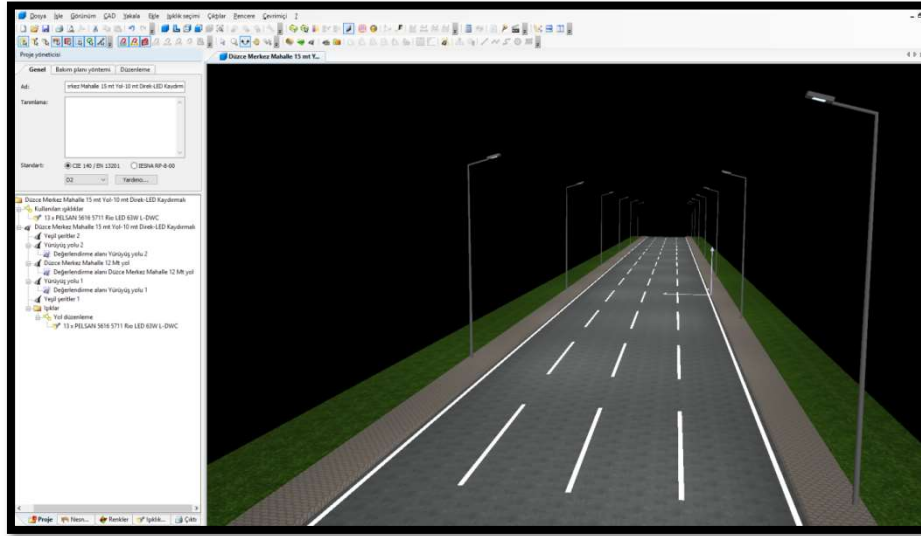


Şekil 8.27. 15 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri.

Düzce İli Merkez İlçe 15 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.28’te gösterilmiştir.

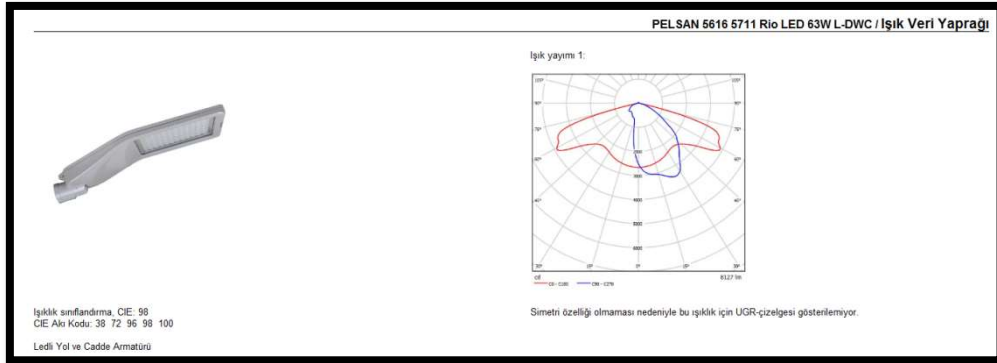


olup, tamamen aynı ortam şartlarında hesaplamalar yapılmıştır ve model Şekil 8.29’da gösterilmiştir.



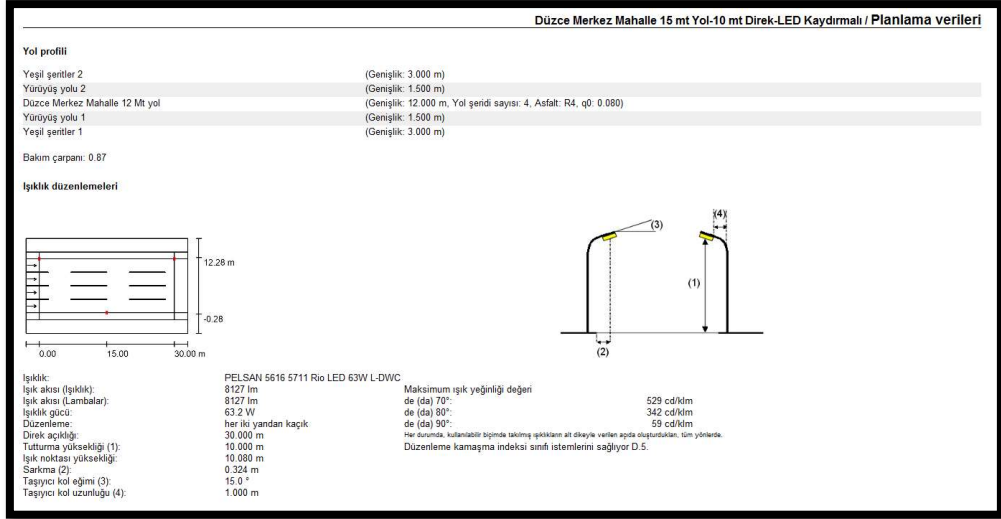
Şekil 8.29. 15 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe 12 m yolların DIALux LED armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.30’da gösterilmiştir.



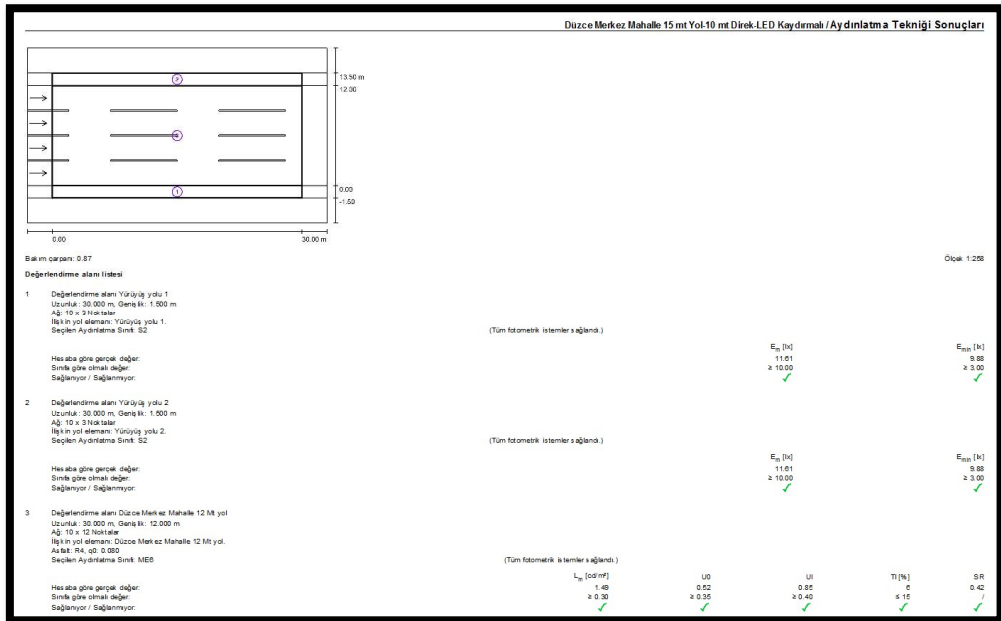
Şekil 8.30. 15 m yolların DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe 15 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen planlama veriler Şekil 8.31’de gösterilmiştir.



Şekil 8.31. 15 m yolların DIALux programında LED modelin verileri.

Düzce İli Merkez İlçe 15 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.32’de gösterilmiştir.



Şekil 8.32. 15 m yolların DIALux programında LED modelin sonuçları.

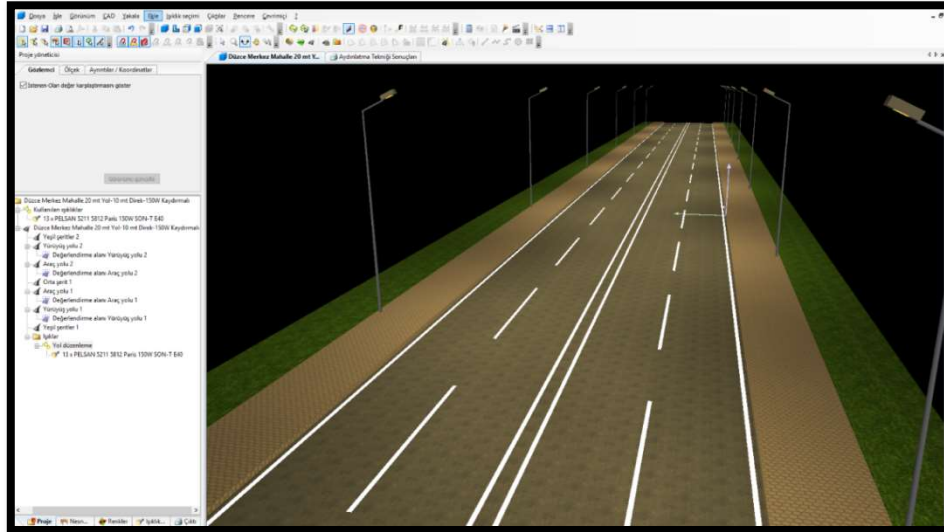
DIALux hesaplamaları sonucunda Düzce İli Merkez İlçe 15 m yollarda 100 W sodyum buharlı armatür yerine 63 W LED armatür gerekli aydınlatmayı sağlayabilmektedir.

8.5. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE 20 M YOLLARIN AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ

Düzce İli Merkez İlçe 20 m genişliğindeki yolların (3 m. Yürüyüş Yolu – 14 m. Araç Yolu – 3 m Yürüyüş Yolu) aydınlatma tesisleri mevcut sodyum buharlı armatürler ve LED armatürler kullanılarak DIALux programında modellenip aralarındaki tüketim farkları çıkarılacaktır.

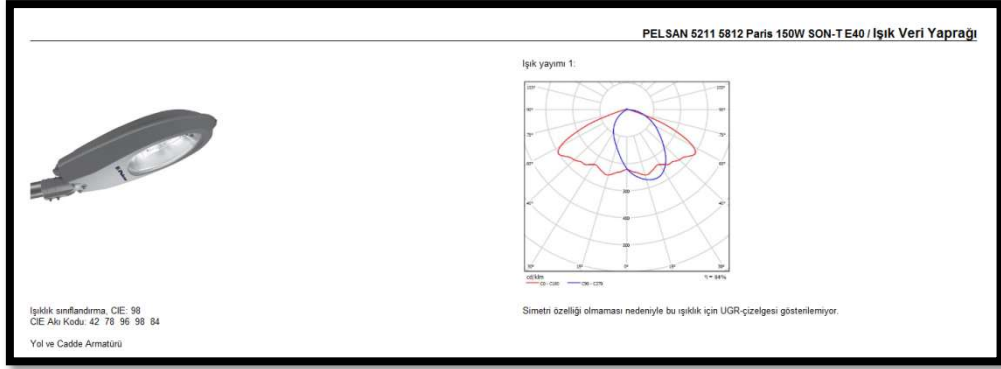
8.5.1. Düzce İli Merkez İlçe 20 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

Düzce İli Merkez İlçesi Merkez mahallelerde 20 m. yollarda kullanılan 150 W sodyum buharlı armatürler DIALux programında modellenmiştir ve model Şekil 8.33'te gösterilmiştir.



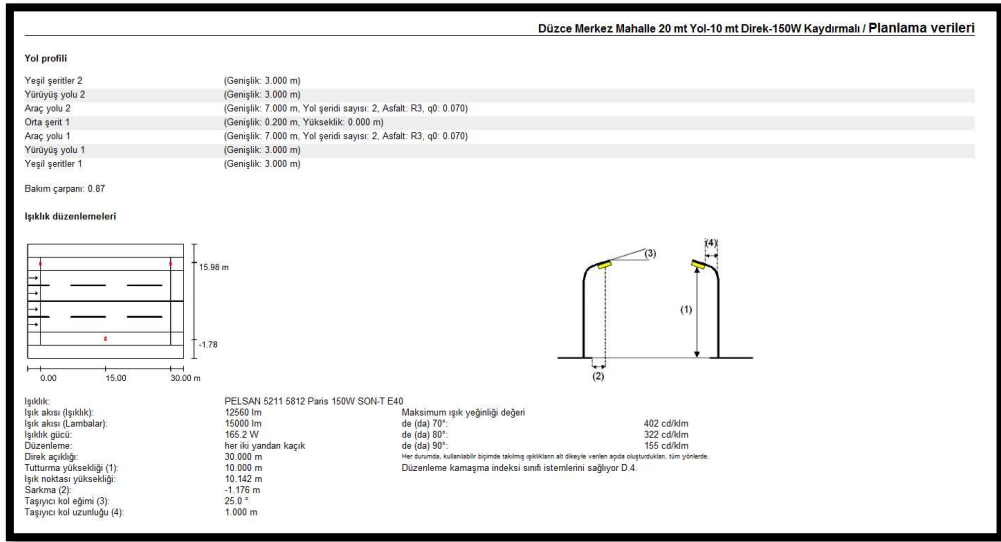
Şekil 8.33. 20 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe 20 m yolların DIALux mevcut sodyum buharlı armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.34'de gösterilmiştir.



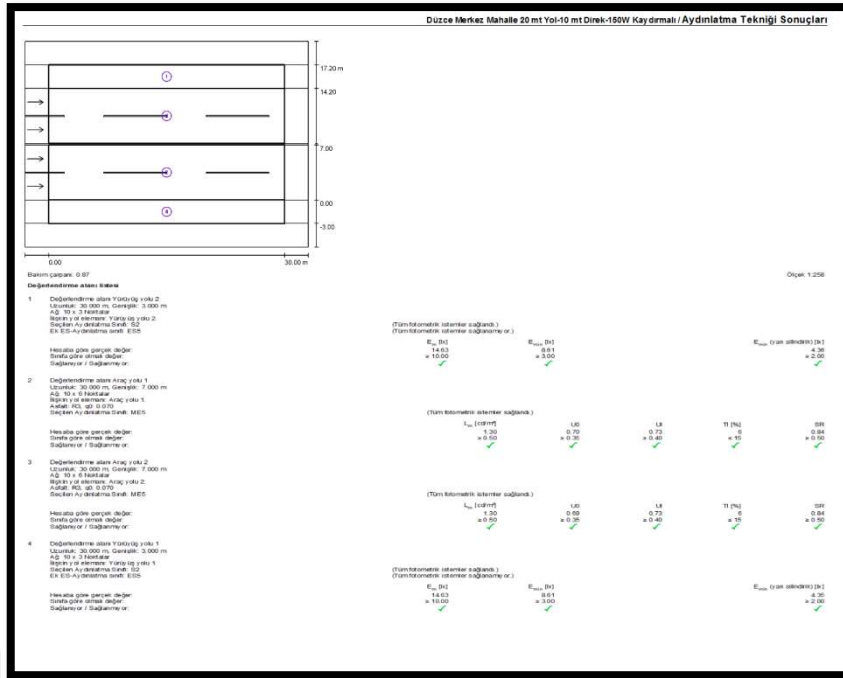
Şekil 8.34. 20 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe 20 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen planlama veriler Şekil 8.35'te gösterilmiştir.



Şekil 8.35. 20 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri.

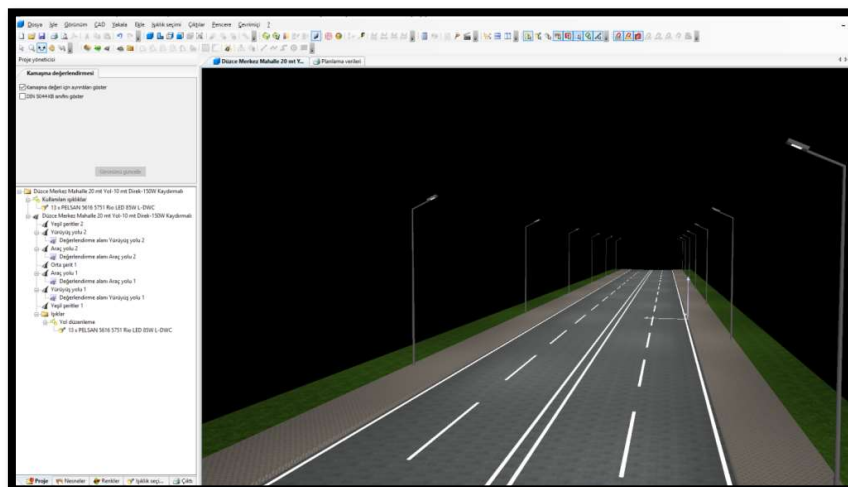
Düzce İli Merkez İlçe 20 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.36'da gösterilmiştir.



Şekil 8.36. 20 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin sonuçları.

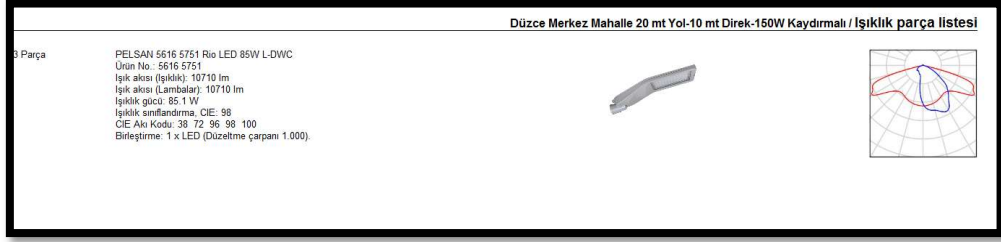
8.5.2. Düzce İli Merkez İlçe 20 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

Düzce İli Merkez İlçesi Merkez mahallelerde 20 m. genişliğindeki yollarda kullanılan 150 W sodyum buharlı armatürlerin yerine kullanılacak LED armatür seçilerek DIALux programında modellenmiştir. Yol parametreleri 150 W sodyum buharlı armatür ile aynı olup, tamamen aynı ortam şartlarında hesaplamalar yapılmıştır ve model Şekil 8.37’de gösterilmiştir.



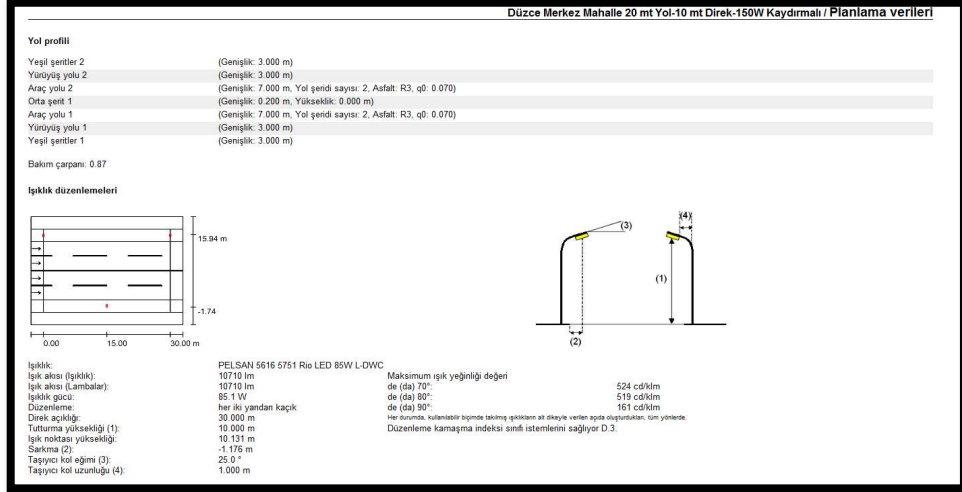
Şekil 8.37. 20 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe 20 m yolların DIALux LED armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.38’de gösterilmiştir.



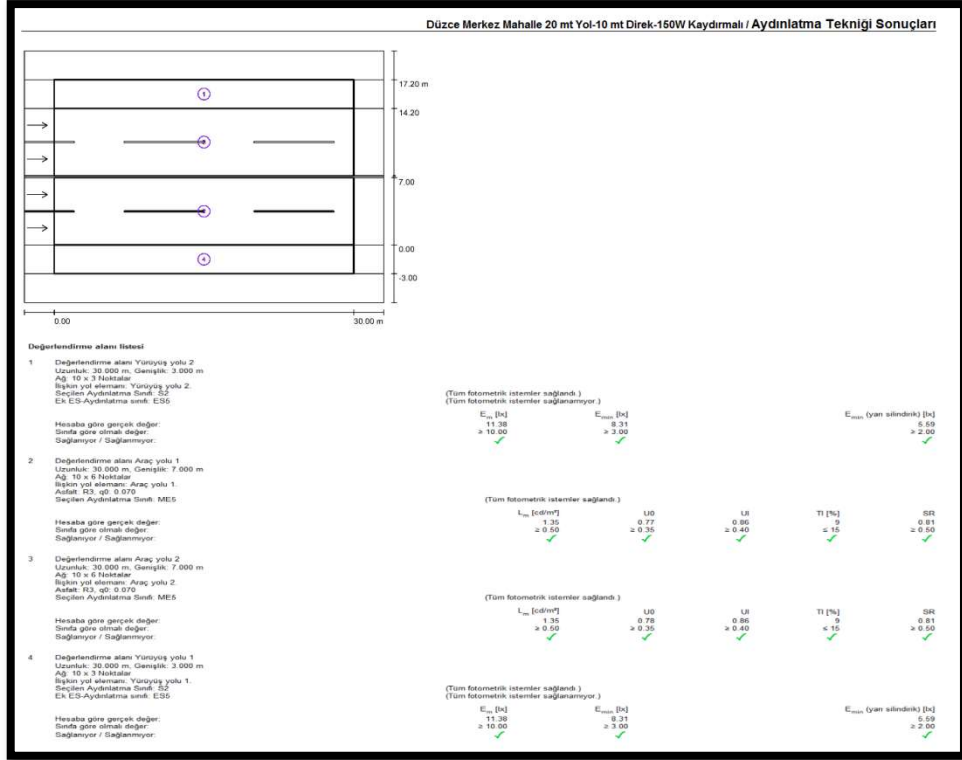
Şekil 8.38. 20 m yolların DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe 20 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen planlama verileri Şekil 8.39’da gösterilmiştir.



Şekil 8.39. 20 m yolların DIALux programında LED modelin verileri.

Düzce İli Merkez İlçe 20 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.40’da gösterilmiştir.



Şekil 8.40. 20 m yolların DIALux programında LED modelin sonuçları.

DIALux hesaplamaları sonucunda Düzce İli Merkez İlçe 20 m yollarda 150 W sodyum buharlı armatür yerine 85 W LED armatür gerekli aydınlatmayı sağlayabilmektedir.

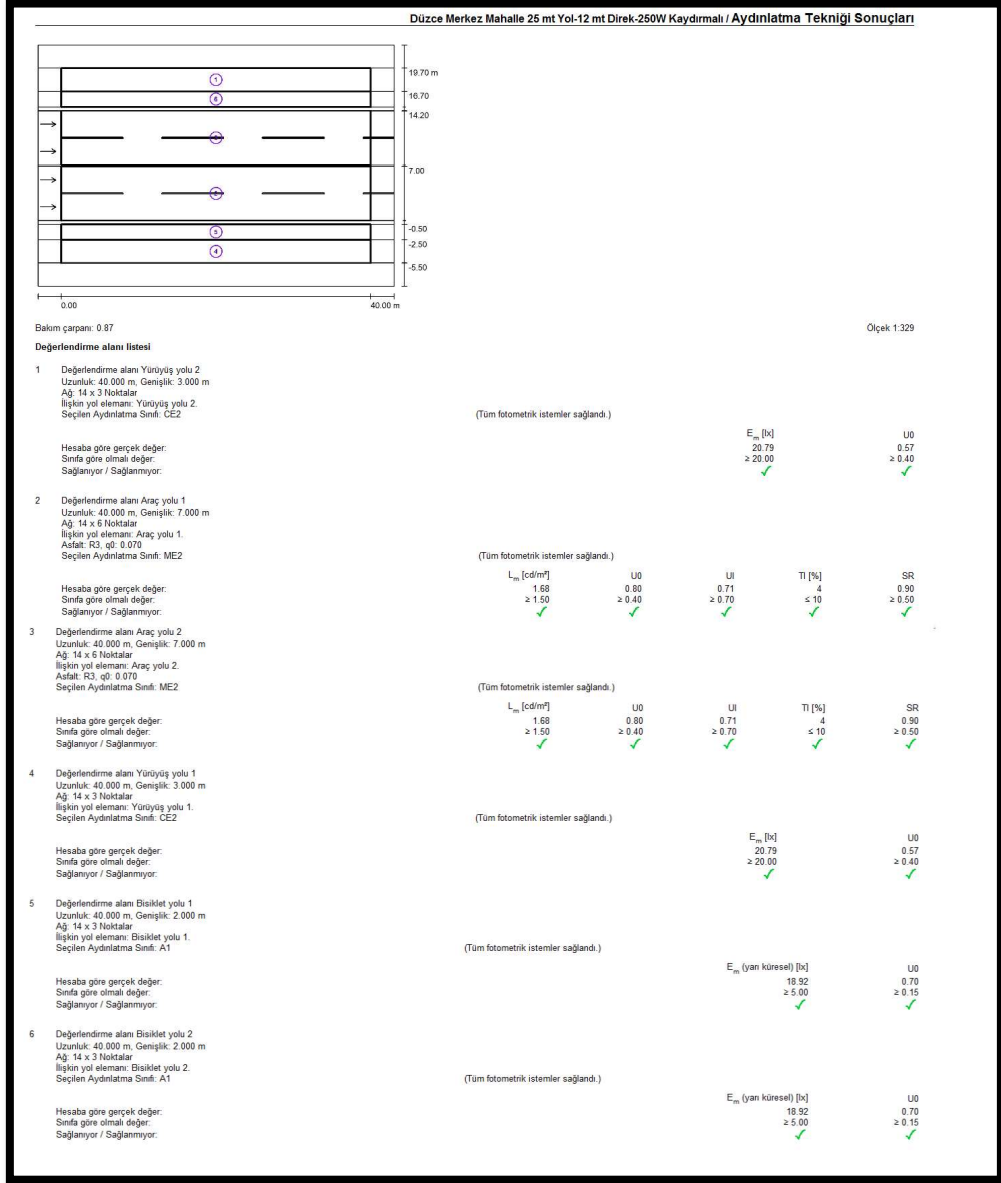
8.6. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE 25 M YOLLARIN AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ

Düzce İli Merkez İlçe 25 m genişliğindeki (3 m. yürüyüş yolu – 2 m. Bisiklet yolu -0,5 m yeşil şerit- 14 m. Araç yolu – 0,5 m yeşil şerit - 2 m. Bisiklet yolu - 3 m. yürüyüş yolu) aydınlatma tesisleri mevcut sodyum buharlı armatürler ve LED armatürler kullanılarak DIALux programında modellenip aralarındaki tüketim farkları çıkarılacaktır.

8.6.1. Düzce İli Merkez İlçe 25 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

Düzce İli Merkez İlçesi Merkez mahallelerde 25 m yollarda kullanılan 250W sodyum buharlı armatürler DIALux programında modellenmiştir ve model Şekil 8.41’de gösterilmiştir.

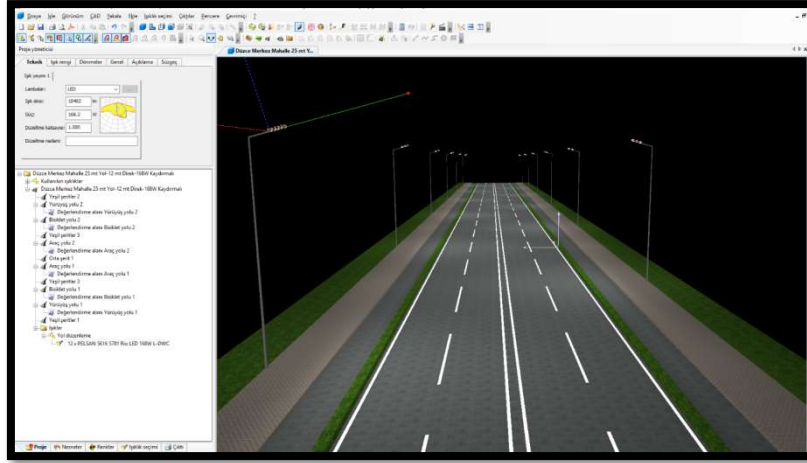
Düzce İli Merkez İlçe 20 m yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.44’de gösterilmiştir.



Şekil 8.44. 25 m yolların DIALux programında sodyum buharlı modelin sonuçları.

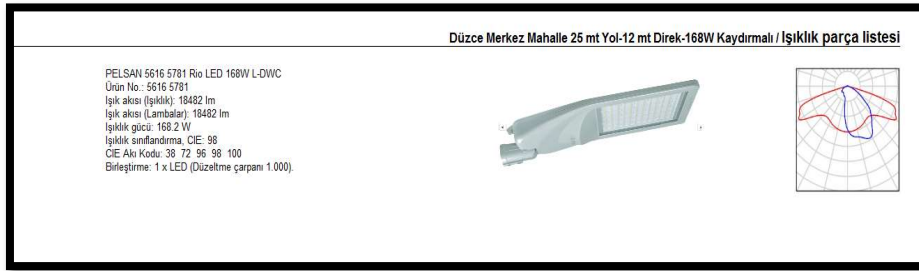
8.6.2. Düzce İli Merkez İlçe 25 m Yolların Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

Düzce İli Merkez İlçesi Merkez mahallelerde 25 m genişliğindeki yollarda kullanılan 250W sodyum buharlı armatürlerin yerine kullanılacak LED Armatür seçilerek DIALux programında modellenmiştir. Yol parametreleri 250W sodyum buharlı armatür ile aynı olup, tamamen aynı ortam şartlarında hesaplamalar yapılmıştır ve model Şekil 8.45’te gösterilmiştir.



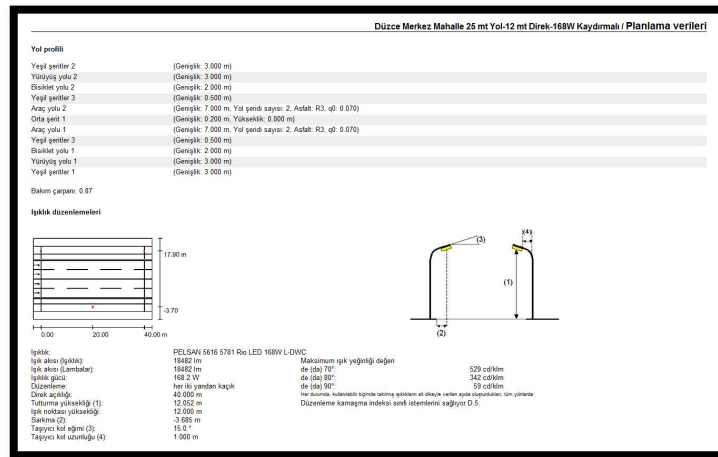
Şekil 8.45. 25 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe 25 m yolların DIALux LED armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.46'da gösterilmiştir.



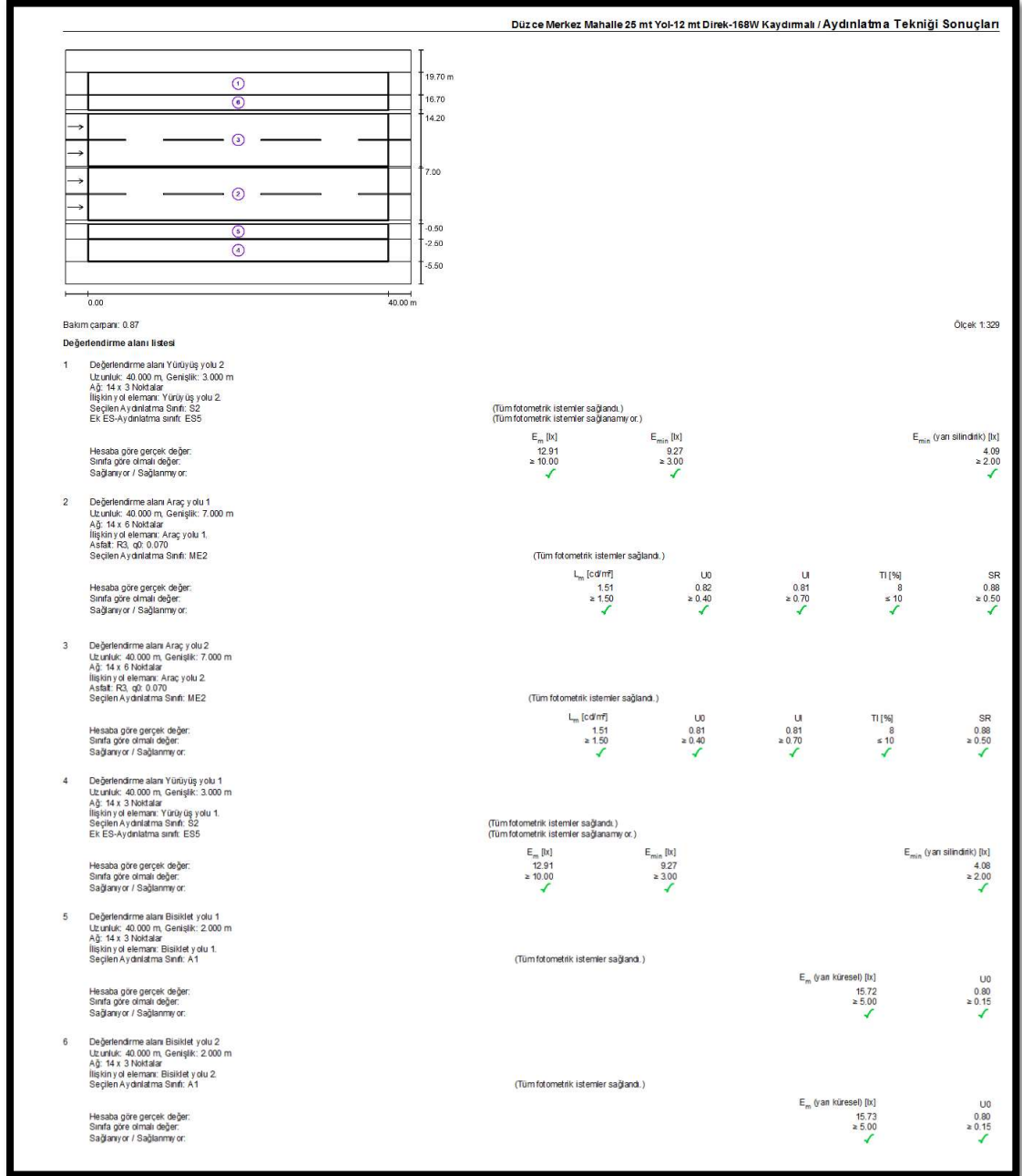
Şekil 8.46. 25 m yolların DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe 25 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen planlama verileri Şekil 8.47'de gösterilmiştir.



Şekil 8.47. 25 m yolların DIALux programında LED modelin verileri.

Düzce İli Merkez İlçe 20 m yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.48’de gösterilmiştir.



Şekil 8.48. 25 m yolların DIALux programında LED modelin sonuçları.

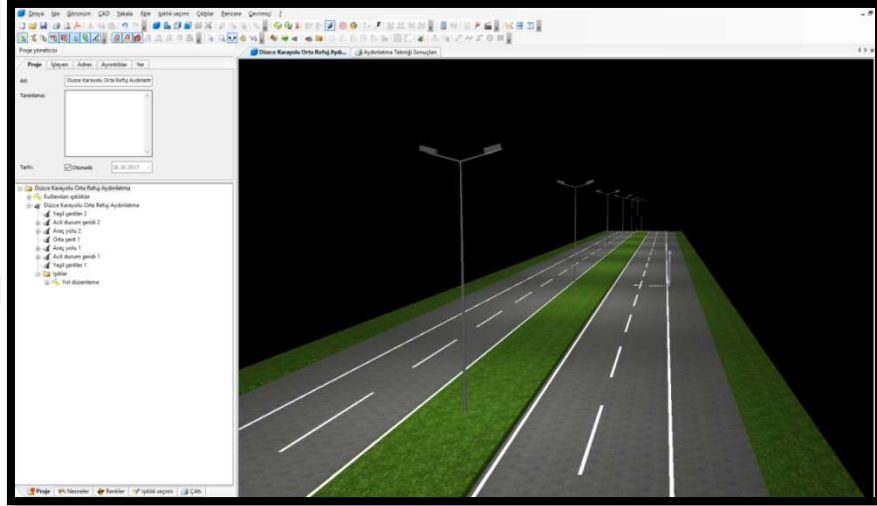
DIALux hesaplamaları sonucunda Düzce İli Merkez İlçe 25 m yollarda 250 W sodyum buharlı armatür yerine 168 W LED armatür gerekli aydınlatmayı sağlayabilmektedir.

8.7. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇE ŞEHİRLERARASI KARA YOLLARININ (25 M) AYDINLATMA TESİSLERİNİN DIALUX PROGRAMINDA MODELLENMESİ

Düzce İli Merkez İlçesi şehirlerarası karayollarında (3 m. Acil Durum Şeridi – 7 m. Araç yolu – 5 m orta şerit - Şeridi – 7 m. Araç yolu –3 m. Acil Durum Şeridi) aydınlatma tesisleri mevcut sodyum buharlı armatürler ve LED armatürler kullanılarak DIALux programında modellenip aralarındaki tüketim farkları çıkarılacaktır.

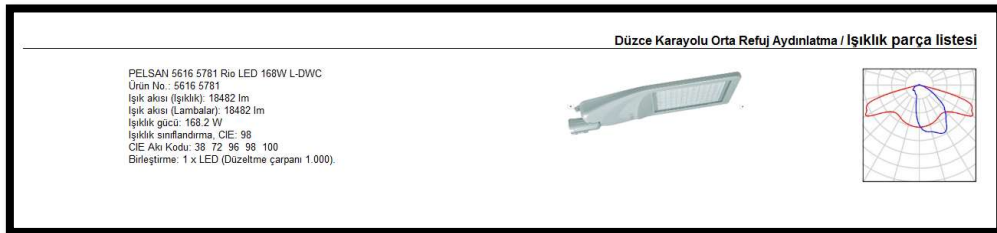
8.7.1. Düzce İli Merkez İlçe Şehirler Arası Kara Yollarının Aydınlatma Tesislerinin Sodyum Buharlı Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

Düzce İli Merkez İlçe şehirler arası kara yollarında kullanılan 250 W sodyum buharlı armatürler DIALux programında modellenmiştir ve model Şekil 8.49’da gösterilmiştir.



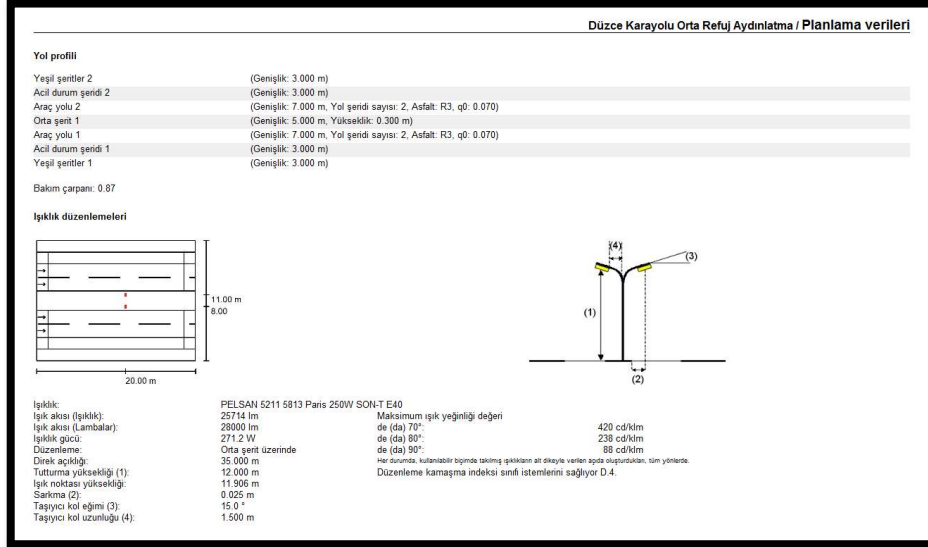
Şekil 8.49. 25 m kara yollarının DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe şehirler arası 25 m kara yollarının DIALux mevcut sodyum buharlı armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.50’de gösterilmiştir.



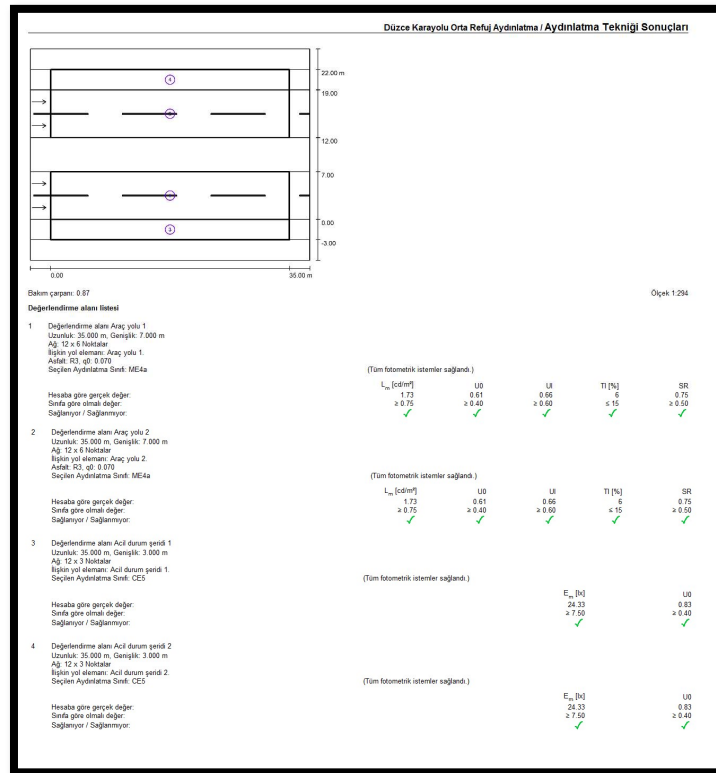
Şekil 8.50. 25 m kara yollarının DIALux programında sodyum buharlı modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe şehirler arası 25 m kara yollarının DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen planlama veriler Şekil 8.51’de gösterilmiştir.



Şekil 8.51. 25 m kara yollarının DIALux programında sodyum buharlı modelin verileri.

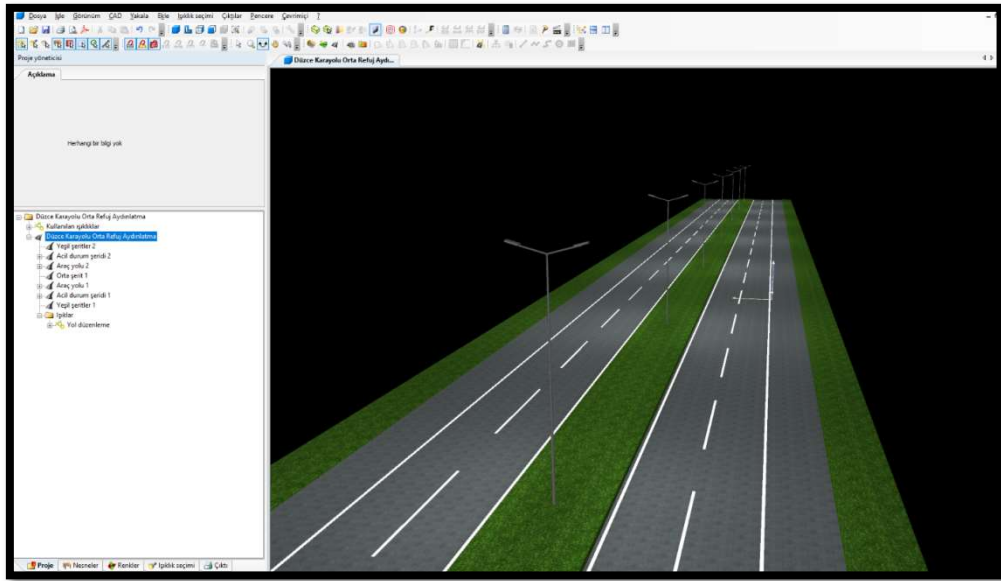
Düzce İli Merkez İlçe şehirler arası 25 m kara yolların DIALux programında mevcut sodyum buharlı armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.52’de gösterilmiştir.



Şekil 8.52. 25 m kara yollarının DIALux programında sodyum buharlı modelin sonuçları.

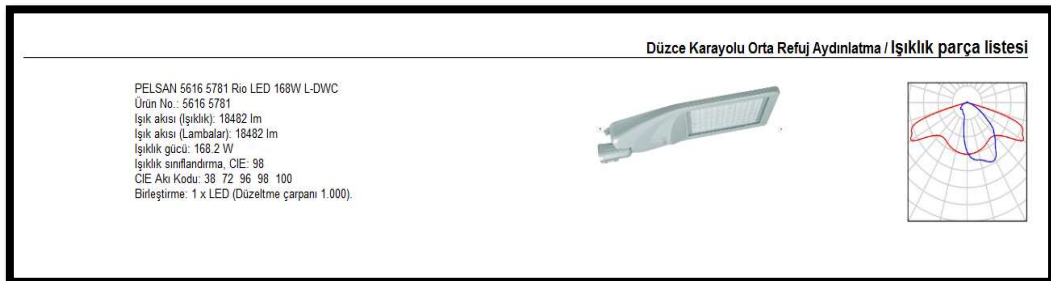
8.7.2. Düzce İli Merkez İlçe Şehirler Arası Kara Yollarının (25 m) Aydınlatma Tesislerinin LED Armatürler Kullanılarak Modellenmesi

Düzce İli Merkez İlçesi şehirlerarası karayollarında (3 m. Acil Durum Şeridi – 7 m. Araç yolu – 5 m orta şerit - Şeridi – 7 m. Araç yolu –3 m. Acil Durum Şeridi) aydınlatma tesislerinde kullanılan 250 W sodyum buharlı armatürlerin yerine kullanılacak LED armatür seçilerek DIALux programında modellenmiştir. Yol parametreleri 250 W sodyum buharlı armatür ile aynı olup, tamamen aynı ortam şartlarında hesaplamalar yapılmıştır ve model Şekil 8.53'te gösterilmiştir.



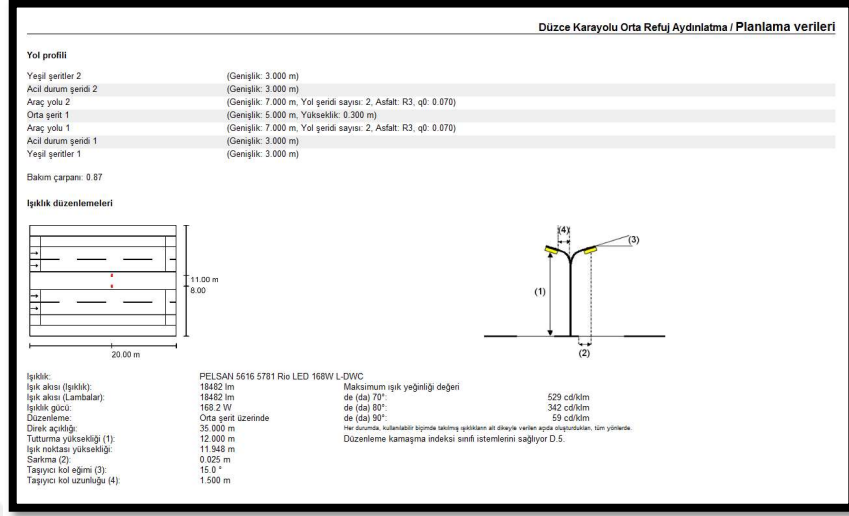
Şekil 8.53. Düzce İli Merkez İlçe şehirler arası kara yollarının DIALux programında LED armatür ile modellenen 3 boyutlu görünüşü.

Düzce İli Merkez İlçe şehirler arası 25 m kara yollarının DIALux LED armatürün ışık veri yaprağı Şekil 8.54'de gösterilmiştir.



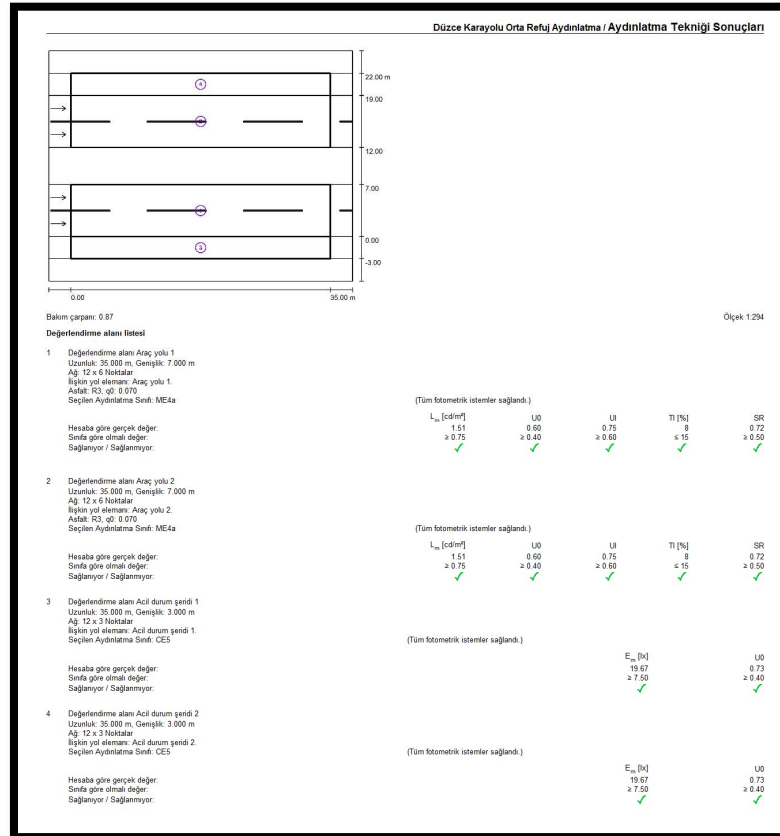
Şekil 8.54. 25 m kara yollarının DIALux programında LED modelin ışık veri yaprağı.

Düzce İli Merkez İlçe şehirler arası 25 m kara yollarının DIALux programında LED armatür ile modellenen planlama veriler Şekil 8.55’de gösterilmiştir.



Şekil 8.55. 25 m kara yollarının DIALux programında LED modelin verileri.

Düzce İli Merkez İlçe şehirlerarası 25 m kara yolların DIALux programında LED armatür ile modellenen sonuç sayfası Şekil 8.56’da gösterilmiştir.



Şekil 8.56. 25 m kara yollarının DIALux programında LED modelin sonuçları.

DIALux hesaplamaları sonucunda Düzce İli Merkez İlçe şehirler arası kara yollarının 250 W sodyum buharlı armatür yerine 168 W LED armatür gerekli aydınlatmayı sağlayabilmektedir.

Çizelge 8.2. Mevcut aydınlatma ve bu armatürlere karşılık gelen led aydınlatma armatür tipleri.

Mevcut Aydınlatma Armatür Tipi		Kullanım Alanı	LED Aydınlatma Armatür Tipi	
2x11W Flüoresan Armatür		Köy Aydınlatmaları	36W LED	
50W Sodyum Buharlı Armatür		Köy Aydınlatmaları	36W LED	
70W Sodyum Buharlı Armatür		10 metre yollar	52W LED	
100W Sodyum Buharlı Armatür		12 metre yollar	63W LED	
100W Sodyum Buharlı Armatür		15 metre yollar	63W LED	
150W Sodyum Buharlı Armatür		20 metre yollar	85W LED	
250W Sodyum Buharlı Armatür		25 metre yollar	168W LED	
250W Sodyum Buharlı Armatür		Kara Yolu Orta Refüj	168W LED	

9. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ LED ARMATÜR SİSTEMİNE DÖNÜŞÜMÜ

Düzce İli Merkez İlçesi'nde bulunan mevcut bütün armatürler sökülecek ve yerlerine uygun güçteki LED armatürler montaj edilecektir. Dönüşüm yapılırken mevcut aydınlatma tesislerinin yıllık enerji tüketimi ve mevcut aydınlatma tesislerine karşılık gelen LED aydınlatma sistemlerinin yıllık enerji tüketimi hesaplanarak karşılaştırılacak, malzeme, montaj ve demontaj maliyetleri (yatırım maliyeti) hesaplanacak, faydalı ömürleri boyunca oluşacak maddi kar veya zarar incelenecektir.

9.1. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ MEVCUT AYDINLATMA TÜKETİMİNİN HESAPLANMASI

Bu bölümde mevcut aydınlatma armatürlerinin tüketim bedelleri hesaplanacaktır. Hesaplama yapılırken;

-Mevcut toplam aydınlatma gücü,

-TEDAŞ yıllık elektrik tüketim tarifeleri,

-Düzce İli Merkez İlçe günlük gün doğumu ve gün batımı saatleri dikkate alınacak ve bu saatler arasındaki karanlık süresine göre aydınlatma tüketimi hesaplanacaktır.

9.1.1. Düzce İli Merkez İlçesi Mevcut Aydınlatma Toplam Gücü

Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma toplam gücü SEDAŞ Coğrafi bilgi sistem kayıtlarına göre aşağıdaki tablodaki gibidir:

Çizelge 9.1. Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma sistemi armatür sayıları ve toplam güçleri.

Armatür Tipi	Armatür Sayısı (Adet)	Toplam Armatür Gücü (W)	Kullanım Alanı
2x11W Flüoresan Armatürler	3.409	74.998,00 W	Köy aydınlatmaları

Çizelge 9.1 (devam). Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma sistemi armatür sayıları ve toplam güçleri.

50W Sodyum Buharlı Armatür	6.759	337.950,00 W	Köy aydınlatmaları
70W Sodyum Buharlı Armatür	3.774	264.180,00 W	10 metre yollar
100W Sodyum Buharlı Armatür	9.246	924.600,00 W	12 metre yollar
100W Sodyum Buharlı Armatür	2.207	220.700,00 W	15 metre yollar şaşırtmalı
150W Sodyum Buharlı Armatür	571	85.650,00 W	20 metre yollar şaşırtmalı
250W Sodyum Buharlı Armatür	3082	770.500,00 W	25 metre yol şaşırtmalı
250W Sodyum Buharlı Armatür	1480	370.000,00 W	Karayolu Orta Refüj
Genel Toplam	30.528	3.048.578,00 W (3.048,578 kW)	

9.1.2. TEDAŞ Yıllık Elektrik Tüketim Tarifeleri

Her yıl düzenli olarak Türkiye Elektrik A.Ş. (TEDAŞ) tarafından elektrik birim fiyatları yayınlanmaktadır. Aydınlatma tüketim bedelleri bu fiyatlar üzerinden hesaplanmaktadır.

EPDK Tarafından Onaylanan ve 1/1/2019 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Vergi, Fon ve Pay Hariç Tarifeler												
Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan İletim Sistemi Kullanıcıları Tüketiciler												
		Tek Zamanlı		Gündüz		Puant		Gece				
		kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh		kr/kWh				
		36,4509		36,9598		61,2935		17,3202				
Dağıtım Sistemi Kullanıcıları												
Görevli Tedarik Şirketinden Enerji Alan Tüketiciler						Özel Tedarikçiden Enerji Alan Tüketiciler İçin Sistem Kullanım Tarifeleri						
Kapasite		Aktif Enerji + Dağıtım				Reaktif Enerji		Kapasite		Dağıtım Bedeli		
Güc Bedeli	Güc Açım Bedeli	Tek Zamanlı	Gündüz	Puant	Gece	Güc Bedeli	Güc Açım Bedeli	Güc Bedeli	Güc Açım Bedeli	Dağıtım Bedeli	Reaktif Enerji	
kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh	kr/kWh	kr/kWh	kr/kVArh	
Orta Gerilim						Orta Gerilim						
Çift Terimli						Çift Terimli						
Sanayi	256,8597	513,7194	44,0625	44,5715	68,9052	24,9319	22,2020	Sanayi	256,8597	513,7194	6,8024	22,2020
Ticarethane	256,8597	513,7194	51,2593	51,7216	78,2026	30,6517	22,2020	Ticarethane	256,8597	513,7194	10,6014	22,2020
Mesken	256,8597	513,7194	38,6500	39,1999	59,2249	23,1861		Mesken	256,8597	513,7194	10,5007	
Tarimsal Sulama	256,8597	513,7194	45,5106	45,9278	69,7421	26,8978	22,2020	Tarimsal Sulama	256,8597	513,7194	8,7311	22,2020
Aydınlatma	256,8597	513,7194	47,3942					Aydınlatma	256,8597	513,7194	10,1751	
Tek Terimli						Tek Terimli						
Sanayi	44,7793		45,2876	69,6214	25,6479	22,2020		Sanayi		7,5139	22,2020	
Ticarethane	54,2471		54,7094	81,1905	33,6395	22,2020		Ticarethane		13,2240	22,2020	
Mesken	40,9819		41,5317	61,5567	25,5179			Mesken		12,9656		
Tarimsal Sulama	47,9246		48,3418	72,1561	29,3117	22,2020		Tarimsal Sulama		10,8711	22,2020	
Aydınlatma	50,2570							Aydınlatma		12,6926		
Alçak Gerilim						Alçak Gerilim						
Tek Terimli						Tek Terimli						
Sanayi	49,7121		50,2210	74,5548	30,5814	22,2020		Sanayi		11,6255	22,2020	
Ticarethane	57,2560		57,7183	84,1993	36,6484	22,2020		Ticarethane		15,7531	22,2020	
Mesken	43,3187		43,8686	63,8935	27,8547			Mesken		15,4089		
Şehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler	20,7691							Şehit Aileleri ve Muharip Malul Gaziler		10,4508		
Tarimsal Sulama	50,3908		51,4834	74,6223	31,7779	22,2020		Tarimsal Sulama		12,9456	22,2020	
Aydınlatma	53,1069							Aydınlatma		15,0899		
Genel Aydınlatma	41,1558											
Üreticiler İçin Veriş Yönünde Çift Terimli Dağıtım Tarifesi						Üreticiler İçin Veriş Yönünde Tek Terimli Dağıtım Tarifesi						
Kapasite		Dağıtım Bedeli		Reaktif Enerji		Kapasite		Dağıtım Bedeli		Reaktif Enerji		
Güc Bedeli	Güc Açım Bedeli					Güc Bedeli	Güc Açım Bedeli					
kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh		kr/kVArh		kr/Ay/kW	kr/Ay/kW	kr/kWh		kr/kVArh		
Üretici	160,3354	320,6708		1,0794		22,2020	Üretici	1,4641		22,2020		
Lisanssız Üretici*												
31/12/2017 tarihinden önce geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için**								3,3060		22,2020		
31/12/2017 tarihinden sonra geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için								13,2240		22,2020		
Çok zamanlı tarife uygulamasında; sayaç saati sürekli yaz saati uygulamasına göre güncellenmemiş sayaçlar için. Ekim Ayının Son Pazar Günü ile Mart Ayının Son Pazar Günü arasında Gündüz 07-18, Puant 18-23, Gece 23-07 saatleri arasında; Mart Ayının Son Pazar Günü ile Ekim Ayının Son Pazar Günü arasında Gündüz 06-17, Puant 17-22, Gece 22-06 saatleri arasında; sayaç saati sürekli yaz saati uygulamasına göre güncellenmiş sayaçlar için yıl boyunca Gündüz 06-17, Puant 17-22, Gece 22-06 saatleri arasındadır.												
Emreamide kapasite tarifesine tabi kullanıcılara üreticiler için belirlenmiş olan güç, güç açım ve dağıtım bedeli emreamide güç, güç açım ve dağıtım bedeli olarak uygulanır.												
Fon, pay, vergi vb. yasal yükümlülükler ayrıca ilave edilecektir.												
*11/5/2017 tarihli ve 7070 sayılı Kurul Kararı gereği Elektrik Piyasası Kanununun 14 üncü maddesinin birinci fıkrasının (b) bendi kapsamındaki lisanssız üreticiler için sadece tek terimli dağıtım tarifesi uygulanacaktır.												
**31/12/2017 tarihinden önce ilgili bekebe işletmecisinden geçici kabule hazır tutanağı alan tesisler için geçici kabulün bu tutanağa istinaden yapılması halinde uygulanacak olan tarifedir.												

Şekil 9.1. TEDAŞ 2019 yılı elektrik tarifeleri [44].

Şekil 9.1.'e göre 2019 yılı TEDAŞ Genel Aydınlatma Bedeli : 41,156 kr/kWh / 0,41156 TL/kWh'dir.

9.1.3. Düzce İli Merkez İlçesi Armatür Çalışma Süreleri

Aydınlatma tüketimi hesaplanırken armatürleri çalışma süreleri dikkate alınmak zorundadır. Yaz aylarında geceler kısa, kış aylarında geceler uzundur. Bu sebeple yaz aylarındaki armatür kullanım süresi kış aylarına göre kısadır. Tüketim hesaplamaları da bu sürelerle göre hesaplanacaktır.

9.1.3.1. Düzce İli Merkez İlçe Gün Doğumu Saatleri

Düzce iline ait 1 yıllık güneşin doğuş saatleri Çizelge 9.2'deki gibidir.

Çizelge 9.2. Düzce ili için güneş doğuş saatleri [45].

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Günler	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Gün. Doğ. Sa. Dak.	Günler
1	07:16	07:03	06:25	05:35	04:50	04:22	04:24	04:48	05:19	05:48	06:22	06:57	1
2	07:16	07:02	06:24	05:33	04:49	04:22	04:24	04:49	05:20	05:49	06:23	06:58	2
3	07:16	07:01	06:22	05:32	04:47	04:21	04:25	04:50	05:20	05:50	06:25	06:59	3
4	07:16	07:00	06:21	05:30	04:46	04:21	04:25	04:51	05:21	05:51	06:26	07:00	4
5	07:16	06:59	06:19	05:28	04:45	04:21	04:26	04:52	05:22	05:52	06:27	07:01	5
6	07:16	06:57	06:18	05:27	04:44	04:20	04:27	04:53	05:23	05:53	06:28	07:01	6
7	07:16	06:56	06:16	05:25	04:43	04:20	04:27	04:54	05:24	05:54	06:29	07:02	7
8	07:16	06:55	06:14	05:23	04:41	04:20	04:28	04:55	05:25	05:55	06:30	07:03	8
9	07:16	06:54	06:13	05:22	04:40	04:20	04:29	04:56	05:26	05:57	06:32	07:04	9
10	07:16	06:53	06:11	05:20	04:39	04:20	04:29	04:57	05:27	05:58	06:33	07:05	10
11	07:15	06:52	06:10	05:19	04:38	04:20	04:30	04:58	05:28	05:59	06:34	07:06	11
12	07:15	06:51	06:08	05:17	04:37	04:19	04:31	04:59	05:29	06:00	06:35	07:07	12
13	07:15	06:49	06:06	05:16	04:36	04:19	04:31	05:00	05:30	06:01	06:36	07:07	13
14	07:14	06:48	06:05	05:14	04:35	04:19	04:32	05:01	05:31	06:02	06:38	07:08	14
15	07:14	06:47	06:03	05:12	04:34	04:19	04:33	05:02	05:32	06:03	06:39	07:09	15
16	07:14	06:45	06:01	05:11	04:33	04:19	04:34	05:03	05:33	06:04	06:40	07:10	16
17	07:13	06:44	06:00	05:09	04:32	04:20	04:35	05:04	05:34	06:05	06:41	07:10	17
18	07:13	06:43	05:58	05:08	04:31	04:20	04:35	05:05	05:35	06:06	06:42	07:11	18
19	07:12	06:41	05:56	05:06	04:31	04:20	04:36	05:06	05:36	06:07	06:43	07:11	19
20	07:12	06:40	05:55	05:05	04:30	04:20	04:37	05:07	05:37	06:08	06:45	07:12	20
21	07:11	06:39	05:53	05:03	04:29	04:20	04:38	05:08	05:38	06:10	06:46	07:12	21
22	07:11	06:37	05:51	05:02	04:28	04:20	04:39	05:09	05:39	06:11	06:47	07:13	22
23	07:10	06:36	05:50	05:01	04:27	04:21	04:40	05:10	05:40	06:12	06:48	07:13	23
24	07:09	06:34	05:48	04:59	04:27	04:21	04:41	05:11	05:41	06:13	06:49	07:14	24
25	07:08	06:33	05:46	04:57	04:26	04:21	04:42	05:12	05:42	06:14	06:50	07:14	25
26	07:08	06:31	05:45	04:56	04:25	04:22	04:42	05:13	05:43	06:15	06:51	07:15	26
27	07:07	06:30	05:43	04:55	04:25	04:22	04:43	05:14	05:44	06:16	06:52	07:15	27
28	07:06	06:28	05:41	04:54	04:24	04:22	04:44	05:15	05:45	06:18	06:54	07:15	28
29	07:05	06:27	05:40	04:52	04:24	04:23	04:45	05:16	05:46	06:19	06:55	07:15	29
30	07:04		05:38	04:51	04:23	04:23	04:46	05:17	05:47	06:20	06:56	07:16	30
31	07:03		05:36		04:23		04:47	05:18		06:21		07:16	31

Güneş doğuş saatleri Düzce'nin coğrafi konumunda ötürü aydınlık kış aylarında daha geç yaz aylarında daha erken olmaktadır. Bu sebep ile kış aylarında armatürler daha geç sönmektedir ve enerji tüketimi artmaktadır.

9.1.3.2. Düzce İli Güneş Batımı Saatleri

Düzce İline ait 1 yıllık güneşin batış süresi Çizelge 9.3'deki gibidir.

Çizelge 9.3. Düzce ili için güneşin batış süresi [45].

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Günler	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Gün. Bat. Sa. Dak.	Günler
1	16:42	17:16	17:51	18:25	18:56	19:25	19:35	19:15	18:32	17:41	16:55	16:32	1
2	16:43	17:17	17:52	18:26	18:57	19:26	19:35	19:14	18:30	17:40	16:54	16:32	2
3	16:44	17:18	17:53	18:27	18:58	19:26	19:35	19:13	18:28	17:38	16:53	16:32	3
4	16:44	17:20	17:54	18:28	18:59	19:27	19:34	19:12	18:27	17:36	16:52	16:32	4
5	16:45	17:21	17:55	18:29	19:00	19:28	19:34	19:10	18:25	17:35	16:51	16:32	5
6	16:46	17:22	17:57	18:30	19:01	19:28	19:34	19:09	18:23	17:33	16:50	16:32	6
7	16:47	17:23	17:58	18:31	19:02	19:29	19:33	19:08	18:22	17:31	16:49	16:32	7
8	16:48	17:25	17:59	18:32	19:03	19:30	19:33	19:07	18:20	17:30	16:48	16:32	8
9	16:49	17:26	18:00	18:33	19:04	19:30	19:33	19:05	18:18	17:28	16:47	16:32	9
10	16:50	17:27	18:01	18:34	19:05	19:31	19:32	19:04	18:17	17:27	16:46	16:32	10
11	16:51	17:28	18:02	18:35	19:06	19:31	19:32	19:03	18:15	17:25	16:45	16:32	11
12	16:52	17:30	18:03	18:36	19:07	19:32	19:31	19:02	18:13	17:24	16:44	16:32	12
13	16:53	17:31	18:04	18:37	19:08	19:32	19:31	19:00	18:12	17:22	16:43	16:32	13
14	16:55	17:32	18:05	18:38	19:09	19:32	19:30	18:59	18:10	17:20	16:42	16:32	14
15	16:56	17:33	18:06	18:39	19:10	19:33	19:30	18:58	18:08	17:19	16:41	16:33	15
16	16:57	17:34	18:08	18:40	19:11	19:33	19:29	18:56	18:07	17:17	16:40	16:33	16
17	16:58	17:35	18:09	18:41	19:12	19:34	19:28	18:55	18:05	17:16	16:40	16:33	17
18	16:59	17:37	18:10	18:42	19:13	19:34	19:28	18:53	18:03	17:14	16:39	16:34	18
19	17:00	17:38	18:11	18:43	19:14	19:34	19:27	18:52	18:01	17:13	16:38	16:34	19
20	17:01	17:39	18:12	18:45	19:15	19:34	19:26	18:50	18:00	17:11	16:37	16:35	20
21	17:03	17:40	18:13	18:46	19:16	19:35	19:25	18:49	17:58	17:10	16:37	16:35	21
22	17:04	17:42	18:14	18:47	19:17	19:35	19:25	18:47	17:56	17:09	16:36	16:36	22
23	17:05	17:43	18:15	18:48	19:18	19:35	19:24	18:46	17:55	17:07	16:36	16:36	23
24	17:06	17:44	18:16	18:49	19:19	19:35	19:23	18:44	17:53	17:06	16:35	16:37	24
25	17:07	17:45	18:17	18:50	19:19	19:35	19:22	18:43	17:51	17:04	16:35	16:37	25
26	17:09	17:46	18:18	18:51	19:20	19:35	19:21	18:41	17:50	17:03	16:34	16:38	26
27	17:10	17:47	18:19	18:52	19:21	19:35	19:20	18:40	17:48	17:02	16:34	16:39	27
28	17:11	17:49	18:20	18:53	19:22	19:35	19:19	18:38	17:46	17:00	16:33	16:39	28
29	17:12	17:50	18:21	18:54	19:23	19:35	19:18	18:36	17:45	16:59	16:33	16:40	29
30	17:13		18:22	18:55	19:23	19:35	19:17	18:35	17:43	16:58	16:33	16:41	30
31	17:15		18:23		19:24		19:16	18:33		16:57		16:42	31

Güneş batış saatleri Düzce'nin coğrafi konumundan ötürü karanlık kış aylarında daha erken yaz aylarında daha geç olmaktadır. Bu sebep ile kış aylarında armatürler daha erken yanmaktadır ve enerji tüketimi artmaktadır.

9.1.3.3. Düzce İli 1 Yıllık Karanlık Süreleri (Armatür Çalışma Süreleri)

Düzce İli Merkez İlçesi bir yıl boyunca maruz kalınan karanlık süreleri Çizelge 9.4'deki gibidir. Çizelge 9.4'e göre Düzce İli Merkez İlçesindeki armatürlerin toplam çalışma saati 4.270 saat 19 dakikadır. Kış aylarında karanlık süresi daha fazla olduğundan enerji tüketimleri bu aylarda yaz aylarına göre daha fazladır.

Çizelge 9.4. Düzce ili için karanlık süreler.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Günler	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Günler
1	14:34	13:47	12:34	11:10	09:54	08:57	08:49	09:33	10:47	12:07	13:27	14:25	1
2	14:33	13:45	12:32	11:07	09:52	08:56	08:49	09:35	10:50	12:09	13:29	14:26	2
3	14:32	13:43	12:29	11:05	09:49	08:55	08:50	09:37	10:52	12:12	13:32	14:27	3
4	14:32	13:40	12:27	11:02	09:47	08:54	08:51	09:39	10:54	12:15	13:34	14:28	4
5	14:31	13:38	12:24	10:59	09:45	08:53	08:52	09:42	10:57	12:17	13:36	14:29	5
6	14:30	13:35	12:21	10:57	09:43	08:52	08:53	09:44	11:00	12:20	13:38	14:29	6
7	14:29	13:33	12:18	10:54	09:41	08:51	08:54	09:46	11:02	12:23	13:40	14:30	7
8	14:28	13:30	12:15	10:51	09:38	08:50	08:55	09:48	11:05	12:25	13:42	14:31	8
9	14:27	13:28	12:13	10:49	09:36	08:50	08:56	09:51	11:08	12:29	13:45	14:32	9
10	14:26	13:26	12:10	10:46	09:34	08:49	08:57	09:53	11:10	12:31	13:47	14:33	10
11	14:24	13:24	12:08	10:44	09:32	08:49	08:58	09:55	11:13	12:34	13:49	14:34	11
12	14:23	13:21	12:05	10:41	09:30	08:47	09:00	09:57	11:16	12:36	13:51	14:35	12
13	14:22	13:18	12:02	10:39	09:28	08:47	09:00	10:00	11:18	12:39	13:53	14:35	13
14	14:19	13:16	12:00	10:36	09:26	08:47	09:02	10:02	11:21	12:42	13:56	14:36	14
15	14:18	13:14	11:57	10:33	09:24	08:46	09:03	10:04	11:24	12:44	13:58	14:36	15
16	14:17	13:11	11:53	10:31	09:22	08:46	09:05	10:07	11:26	12:47	13:58	14:37	16
17	14:15	13:09	11:51	10:28	09:20	08:46	09:07	10:09	11:29	12:49	14:01	14:37	17
18	14:14	13:06	11:48	10:26	09:18	08:46	09:07	10:12	11:32	12:52	14:03	14:37	18
19	14:12	13:03	11:45	10:23	09:17	08:46	09:09	10:14	11:35	12:54	14:05	14:37	19
20	14:11	13:01	11:43	10:20	09:15	08:46	09:11	10:17	11:37	12:57	14:08	14:37	20
21	14:08	12:59	11:40	10:17	09:13	08:45	09:13	10:19	11:40	13:00	14:09	14:37	21
22	14:07	12:55	11:37	10:15	09:11	08:45	09:14	10:22	11:43	13:02	14:11	14:37	22
23	14:05	12:53	11:35	10:13	09:09	08:46	09:16	10:24	11:45	13:05	14:12	14:37	23
24	14:03	12:50	11:32	10:10	09:08	08:46	09:18	10:27	11:48	13:07	14:14	14:37	24
25	14:01	12:48	11:29	10:07	09:07	08:46	09:20	10:29	11:51	13:10	14:15	14:37	25
26	13:59	12:45	11:27	10:05	09:05	08:47	09:21	10:32	11:53	13:12	14:17	14:37	26
27	13:57	12:43	11:24	10:03	09:04	08:47	09:23	10:34	11:56	13:14	14:18	14:36	27
28	13:55	12:39	11:21	10:01	09:02	08:47	09:25	10:37	11:59	13:18	14:21	14:36	28
29	13:53	12:37	11:19	09:58	09:01	08:48	09:27	10:40	12:01	13:20	14:22	14:35	29
30	13:51		11:16	09:56	09:00	08:48	09:29	10:42	12:04	13:22	14:23	14:35	30
31	13:48		11:13		08:59		09:31	10:45		13:24		14:34	31
TOPLAM	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	

9.2. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ MEVCUT AYDINLATMA 1 YILLIK TÜKETİM MİKTARLARI

Düzce İli Merkez İlçesi 1 yıllık mevcut aydınlatma tüketimi toplam **13.018.393,44 kWh**'dir. Kış aylarında karanlık süresi daha fazla olduğundan enerji tüketimleri bu aylarda yaz aylarına göre daha fazladır. Çizelge 9.5'te Düzce İli Merkez İlçesi için 1 yıllık aydınlatma tüketim miktarları gösterilmiştir.

Çizelge 9.5. Düzce İli Merkez İlçesi için 1 yıllık mevcut aydınlatma tüketim miktarları.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Günler	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Günler
1	44.407,62	42.019,57	38.310,46	34.042,45	30.180,92	27.284,77	26.878,30	29.113,92	32.873,83	36.938,60	41.003,37	43.950,33	1
2	44.356,81	41.917,95	38.208,84	33.890,03	30.079,30	27.233,96	26.878,30	29.215,54	33.026,26	37.040,22	41.104,99	44.001,14	2
3	44.306,00	41.816,33	38.056,42	33.788,41	29.926,87	27.183,15	26.929,11	29.317,16	33.127,88	37.192,65	41.257,42	44.051,95	3
4	44.306,00	41.663,90	37.954,80	33.635,98	29.825,25	27.132,34	26.979,92	29.418,78	33.229,50	37.345,08	41.359,04	44.102,76	4
5	44.255,19	41.562,28	37.802,37	33.483,55	29.723,64	27.081,53	27.030,72	29.571,21	33.381,93	37.446,70	41.460,66	44.153,57	5
6	44.204,38	41.409,85	37.649,94	33.381,93	29.622,02	27.030,72	27.081,53	29.672,83	33.534,36	37.599,13	41.562,28	44.153,57	6
7	44.153,57	41.308,23	37.497,51	33.229,50	29.520,40	26.979,92	27.132,34	29.774,45	33.635,98	37.751,56	41.663,90	44.204,38	7
8	44.102,76	41.155,80	37.345,08	33.077,07	29.367,97	26.929,11	27.183,15	29.876,06	33.788,41	37.853,18	41.765,52	44.255,19	8
9	44.051,95	41.054,18	37.243,46	32.975,45	29.266,35	26.929,11	27.233,96	30.028,49	33.940,84	38.056,42	41.917,95	44.306,00	9
10	44.001,14	40.952,56	37.091,03	32.823,02	29.164,73	26.878,30	27.284,77	30.130,11	34.042,45	38.158,03	42.019,57	44.356,81	10
11	43.999,52	40.850,95	36.989,41	32.721,40	29.063,11	26.878,30	27.335,58	30.231,73	34.194,88	38.310,46	42.121,19	44.407,62	11
12	43.848,71	40.698,52	36.836,98	32.568,97	28.961,49	26.776,68	27.437,20	30.333,35	34.347,31	38.412,08	42.222,81	44.458,43	12
13	43.797,90	40.546,09	36.684,56	32.467,36	28.859,87	26.776,68	27.437,20	30.485,78	34.448,93	38.564,51	42.324,42	44.458,43	13
14	43.645,48	40.444,47	36.582,94	32.314,93	28.758,25	26.776,68	27.538,82	30.587,40	34.601,36	38.716,94	42.476,85	44.509,24	14
15	43.594,67	40.342,85	36.430,51	32.162,50	28.656,63	26.725,87	27.589,63	30.689,02	34.753,79	38.818,56	42.578,47	44.509,24	15
16	43.543,86	40.190,42	36.227,27	32.060,88	28.555,01	26.725,87	27.691,25	30.841,45	34.855,41	38.970,99	42.578,47	44.560,05	16
17	43.442,24	40.088,80	36.125,65	31.908,45	28.453,39	26.725,87	27.792,87	30.943,07	35.007,84	39.072,61	42.730,90	44.560,05	17
18	43.391,43	39.936,37	35.973,22	31.806,83	28.351,78	26.725,87	27.792,87	31.095,50	35.160,27	39.225,04	42.832,52	44.560,05	18
19	43.289,81	39.783,94	35.820,79	31.654,40	28.300,97	26.725,87	27.894,49	31.197,11	35.312,70	39.326,66	42.934,14	44.560,05	19
20	43.239,00	39.682,32	35.719,17	31.501,97	28.199,35	26.725,87	27.996,11	31.349,54	35.414,31	39.479,09	43.086,57	44.560,05	20
21	43.086,57	39.580,70	35.566,74	31.349,54	28.097,73	26.675,06	28.097,73	31.451,16	35.566,74	39.631,51	43.137,38	44.560,05	21
22	43.035,76	39.377,47	35.414,31	31.247,92	27.996,11	26.675,06	28.148,54	31.603,59	35.719,17	39.733,13	43.239,00	44.560,05	22
23	42.934,14	39.275,85	35.312,70	31.146,31	27.894,49	26.725,87	28.250,16	31.705,21	35.820,79	39.885,56	43.289,81	44.560,05	23
24	42.832,52	39.123,42	35.160,27	30.993,88	27.843,68	26.725,87	28.351,78	31.857,64	35.973,22	39.987,18	43.391,43	44.560,05	24
25	42.730,90	39.021,80	35.007,84	30.841,45	27.792,87	26.725,87	28.453,39	31.959,26	36.125,65	40.139,61	43.442,24	44.560,05	25
26	42.629,28	38.869,37	34.906,22	30.739,83	27.691,25	26.776,68	28.504,20	32.111,69	36.227,27	40.241,23	43.543,86	44.560,05	26
27	42.527,66	38.767,75	34.753,79	30.638,21	27.640,44	26.776,68	28.605,82	32.213,31	36.379,70	40.342,85	43.594,67	44.509,24	27
28	42.426,04	38.564,51	34.601,36	30.536,59	27.538,82	26.776,68	28.707,44	32.365,74	36.532,13	40.546,09	43.747,09	44.509,24	28
29	42.324,42	38.462,89	34.499,74	30.384,16	27.488,01	26.827,49	28.809,06	32.518,17	36.633,75	40.647,71	43.797,90	44.458,43	29
30	42.222,81		34.347,31	30.282,54	27.437,20	26.827,49	28.910,68	32.619,78	36.786,17	40.749,33	43.848,71	44.458,43	30
31	42.070,38		34.194,88		27.386,39		29.012,30	32.772,21		40.850,95		44.407,62	31
TOPLAM	1.346.658,52	1.168.469,14	1.124.315,57	963.655,51	887.644,29	805.739,17	860.969,24	957.050,25	1.044.442,82	1.207.033,65	1.276.033,13	1.376.382,16	TOPLAM

9.3. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ MEVCUT AYDINLATMA 1 YILLIK TÜKETİM BEDELİ

TEDAŞ 2019 yılı tarifelerine göre mevcut sistemde Düzce İli Merkez İlçesi 1 yıllık aydınlatma tüketimi Çizelge 9.6'daki gibidir.

Çizelge 9.6. Düzce İli Merkez İlçesi için 1 yıllık mevcut aydınlatma tüketim bedeli.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Günler	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Harcama Tutan (TL)	Günler
1	18.276,40	17.293,57	15.767,05	14.010,51	12.421,26	11.229,32	11.062,03	11.982,12	13.529,55	15.202,45	16.875,35	18.088,20	1
2	18.255,49	17.251,75	15.725,23	13.947,78	12.379,44	11.208,41	11.062,03	12.023,96	13.592,29	15.244,27	16.917,17	18.109,11	2
3	18.234,58	17.209,93	15.662,50	13.905,96	12.316,70	11.187,50	11.082,94	12.065,77	13.634,11	15.307,01	16.979,90	18.130,02	3
4	18.234,58	17.147,19	15.620,68	13.843,22	12.274,88	11.166,59	11.103,85	12.107,59	13.675,93	15.369,74	17.021,73	18.150,93	4
5	18.213,67	17.105,37	15.557,94	13.780,49	12.233,06	11.145,68	11.124,77	12.170,33	13.738,67	15.411,56	17.063,55	18.171,84	5
6	18.192,76	17.042,64	15.495,21	13.738,67	12.191,24	11.124,77	11.145,68	12.212,15	13.801,40	15.474,30	17.105,37	18.171,84	6
7	18.171,84	17.000,82	15.432,47	13.675,93	12.149,41	11.103,85	11.166,59	12.253,97	13.843,22	15.537,03	17.147,19	18.192,76	7
8	18.150,93	16.938,08	15.369,74	13.613,20	12.086,68	11.082,94	11.187,50	12.295,79	13.905,96	15.578,85	17.189,02	18.213,67	8
9	18.130,02	16.896,26	15.327,92	13.571,38	12.044,86	11.082,94	11.208,41	12.358,53	13.968,69	15.662,50	17.251,75	18.234,58	9
10	18.109,11	16.854,44	15.265,19	13.508,64	12.003,04	11.062,03	11.229,32	12.400,35	14.010,51	15.704,32	17.293,57	18.255,49	10
11	18.067,29	16.812,62	15.223,36	13.466,82	11.961,21	11.062,03	11.250,23	12.442,17	14.073,25	15.767,05	17.335,40	18.276,40	11
12	18.046,38	16.749,88	15.160,63	13.404,09	11.919,31	11.020,21	11.292,05	12.483,99	14.135,98	15.808,88	17.377,22	18.297,31	12
13	18.025,47	16.687,15	15.097,90	13.362,26	11.877,57	11.020,21	11.292,05	12.546,73	14.177,80	15.871,61	17.419,04	18.297,31	13
14	17.962,73	16.645,33	15.056,07	13.299,53	11.835,75	11.020,21	11.333,88	12.588,55	14.240,54	15.934,34	17.481,77	18.318,22	14
15	17.941,82	16.603,50	14.993,34	13.236,80	11.793,92	10.999,30	11.354,79	12.630,37	14.303,27	15.976,17	17.523,60	18.318,22	15
16	17.920,91	16.540,77	14.909,69	13.194,98	11.752,10	10.999,30	11.396,61	12.693,11	14.345,09	16.038,90	17.523,60	18.339,13	16
17	17.879,09	16.498,95	14.867,87	13.132,24	11.710,28	10.999,30	11.438,43	12.734,93	14.407,83	16.080,72	17.586,33	18.339,13	17
18	17.858,18	16.436,21	14.805,14	13.090,42	11.668,46	10.999,30	11.438,43	12.797,66	14.470,56	16.143,46	17.628,15	18.339,13	18
19	17.816,35	16.373,48	14.742,40	13.027,69	11.647,55	10.999,30	11.480,26	12.839,48	14.533,29	16.185,28	17.669,97	18.339,13	19
20	17.795,44	16.331,66	14.700,58	12.964,95	11.605,72	10.999,30	11.522,08	12.902,22	14.575,12	16.248,01	17.732,71	18.339,13	20
21	17.732,71	16.289,83	14.637,85	12.902,22	11.563,90	10.978,39	11.563,90	12.944,04	14.637,85	16.310,75	17.753,62	18.339,13	21
22	17.711,80	16.206,19	14.575,12	12.860,40	11.522,08	10.978,39	11.584,81	13.006,77	14.700,58	16.352,57	17.795,44	18.339,13	22
23	17.669,97	16.164,37	14.533,29	12.818,57	11.480,26	10.999,30	11.626,63	13.048,60	14.742,40	16.415,30	17.816,35	18.339,13	23
24	17.628,15	16.101,63	14.470,56	12.755,84	11.459,34	10.999,30	11.668,46	13.111,33	14.805,14	16.457,12	17.858,18	18.339,13	24
25	17.586,33	16.059,81	14.407,83	12.693,11	11.438,43	10.999,30	11.710,28	13.153,15	14.867,87	16.519,86	17.879,09	18.339,13	25
26	17.544,51	15.997,08	14.366,00	12.651,28	11.396,61	11.020,21	11.731,19	13.215,89	14.909,69	16.561,68	17.920,91	18.339,13	26
27	17.502,69	15.955,26	14.303,27	12.609,46	11.375,70	11.020,21	11.773,01	13.257,71	14.972,43	16.603,50	17.941,82	18.318,22	27
28	17.460,86	15.871,61	14.240,54	12.567,64	11.333,88	11.020,21	11.814,84	13.320,44	15.035,16	16.687,15	18.004,55	18.318,22	28
29	17.419,04	15.829,79	14.198,71	12.504,91	11.312,97	11.041,12	11.856,66	13.383,18	15.076,98	16.728,97	18.025,47	18.297,31	29
30	17.377,22		14.135,98	12.463,08	11.292,05	11.041,12	11.898,48	13.425,00	15.139,72	16.770,79	18.046,38	18.297,31	30
31	17.314,28		14.073,25		11.271,14		11.940,30	13.487,73		16.812,62		18.276,40	31
TOPLAM	554.230,78	480.895,16	462.723,31	396.602,06	365.318,89	331.610,01	354.340,50	393.883,60	429.850,89	496.766,37	525.164,20	566.463,84	TOPLAM

Kış aylarında karanlık süresi daha fazla olduğundan enerji tüketimleri bu aylarda yaz aylarına göre daha fazladır.

9.4. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ LED AYDINLATMA TÜKETİMİNİN HESAPLANMASI

Bu bölümde modellenen yollara göre montaj edilecek LED aydınlatma armatürlerinin, 2019 yılı TEDAŞ tariflerine göre tüketim miktarı hesaplanacaktır. Hesaplama yapılırken günlük gün doğumu ve gün batımı saatleri dikkate alınacak ve bu saatler arasındaki karanlık süresine göre tüketim hesaplanacaktır (Çizelge 9.7).

Çizelge 9.7. Düzce İli Merkez İlçesi için LED aydınlatma armatürlerin tüketim miktarları.

Kullanım Alanı	LED Aydınlatma Armatür Tipi		Armatür Sayısı (Adet)	Toplam Armatür Gücü (W)
Köy aydınlatmaları	36W LED		10168	366.048,00 W
10 metre yollar	52W LED		3.774	135.864,00 W
12 metre yollar	63W LED		9.246	582.498,00 W
15 metre yollar	63W LED		2.207	139.041,00 W
20 metre yollar	85W LED		571	48.535,00 W
25 metre yollar	168W LED		3082	517.776,00 W

Çizelge 9.7 (devam) Düzce İli Merkez İlçesi için LED aydınlatma armatürlerinin tüketim miktarları.

Karayolu Orta Refüj	168W LED		1480	248.640,00 W
		Genel Toplam	30.528	2.038.402,00 W (2.038,402 kW)

9.4.1. Düzce İli Merkez İlçesi LED Aydınlatma 1 Yıllık Tüketim Miktarları

Düzce İli Merkez İlçesi için LED aydınlatma armatürleri kullanıldığı takdirde 1 yıllık tüketim miktarları Çizelge 9.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 9.8. Düzce İli Merkez İlçesi için LED aydınlatma armatürlerinin tüketim miktarı.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Günler	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Harcama (kWh)	Günler
1	29.692,69	28.095,95	25.615,89	22.762,13	20.180,16	18.243,68	17.971,89	19.466,72	21.980,75	24.698,61	27.416,48	29.386,93	1
2	29.658,72	28.028,00	25.547,95	22.660,21	20.112,21	18.209,71	17.971,89	19.534,67	22.082,67	24.766,56	27.484,43	29.420,91	2
3	29.624,75	27.960,05	25.446,03	22.592,27	20.010,29	18.175,73	18.005,87	19.602,61	22.150,61	24.868,48	27.586,35	29.454,88	3
4	29.624,75	27.858,13	25.378,08	22.490,35	19.942,35	18.141,76	18.039,84	19.670,56	22.218,56	24.970,40	27.654,29	29.488,85	4
5	29.590,77	27.790,19	25.276,16	22.388,43	19.874,40	18.107,79	18.073,81	19.772,48	22.320,48	25.038,35	27.722,24	29.522,83	5
6	29.556,80	27.688,27	25.174,24	22.320,48	19.806,45	18.073,81	18.107,79	19.840,43	22.422,40	25.140,27	27.790,19	29.522,83	6
7	29.522,83	27.620,32	25.072,32	22.218,56	19.738,51	18.039,84	18.141,76	19.908,37	22.490,35	25.242,19	27.858,13	29.556,80	7
8	29.488,85	27.518,40	24.970,40	22.116,64	19.636,59	18.005,87	18.175,73	19.976,32	22.592,27	25.310,13	27.926,08	29.590,77	8
9	29.454,88	27.450,45	24.902,45	22.048,69	19.568,64	18.005,87	18.209,71	20.078,24	22.694,19	25.446,03	28.028,00	29.624,75	9
10	29.420,91	27.382,51	24.800,53	21.946,77	19.500,69	17.971,89	18.243,68	20.146,19	22.762,13	25.513,97	28.095,95	29.658,72	10
11	29.352,96	27.314,56	24.732,59	21.878,83	19.432,75	17.971,89	18.277,65	20.214,13	22.864,05	25.615,89	28.163,89	29.692,69	11
12	29.318,99	27.212,64	24.630,67	21.776,91	19.364,80	17.903,95	18.345,60	20.282,08	22.965,97	25.683,84	28.231,84	29.726,67	12
13	29.285,01	27.110,72	24.528,75	21.708,96	19.296,85	17.903,95	18.345,60	20.384,00	23.033,92	25.785,76	28.299,79	29.726,67	13
14	29.183,09	27.042,77	24.460,80	21.607,04	19.228,91	17.903,95	18.413,55	20.451,95	23.135,84	25.887,68	28.401,71	29.760,64	14
15	29.149,12	26.974,83	24.358,88	21.505,12	19.160,96	17.869,97	18.447,52	20.519,89	23.237,76	25.955,63	28.469,65	29.760,64	15
16	29.115,15	26.872,91	24.222,99	21.437,17	19.093,01	17.869,97	18.515,47	20.621,81	23.305,71	26.057,55	28.469,65	29.794,61	16
17	29.047,20	26.804,96	24.155,04	21.335,25	19.025,07	17.869,97	18.583,41	20.689,76	23.407,63	26.125,49	28.571,57	29.794,61	17
18	29.013,23	26.703,04	24.053,12	21.267,31	18.957,12	17.869,97	18.583,41	20.791,68	23.509,55	26.227,41	28.639,52	29.794,61	18
19	28.945,28	26.601,12	23.951,20	21.165,39	18.923,15	17.869,97	18.651,36	20.859,63	23.611,47	26.295,36	28.707,47	29.794,61	19
20	28.911,31	26.533,17	23.883,25	21.063,47	18.855,20	17.869,97	18.719,31	20.961,55	23.679,41	26.397,28	28.809,39	29.794,61	20
21	28.809,39	26.465,23	23.781,33	20.961,55	18.787,25	17.836,00	18.787,25	21.029,49	23.781,33	26.499,20	28.843,36	29.794,61	21
22	28.775,41	26.329,33	23.679,41	20.893,60	18.719,31	17.836,00	18.821,23	21.131,41	23.883,25	26.567,15	28.911,31	29.794,61	22
23	28.707,47	26.261,39	23.611,47	20.825,65	18.651,36	17.869,97	18.889,17	21.199,36	23.951,20	26.669,07	28.945,28	29.794,61	23
24	28.639,52	26.159,47	23.509,55	20.723,73	18.617,39	17.869,97	18.957,12	21.301,28	24.053,12	26.737,01	29.013,23	29.794,61	24
25	28.571,57	26.091,52	23.407,63	20.621,81	18.583,41	17.869,97	19.025,07	21.369,23	24.155,04	26.838,93	29.047,20	29.794,61	25
26	28.503,63	25.989,60	23.339,68	20.553,87	18.515,47	17.903,95	19.059,04	21.471,15	24.222,99	26.906,88	29.115,15	29.794,61	26
27	28.435,68	25.921,65	23.237,76	20.485,92	18.481,49	17.903,95	19.126,99	21.539,09	24.324,91	26.974,83	29.149,12	29.760,64	27
28	28.367,73	25.785,76	23.135,84	20.417,97	18.413,55	17.903,95	19.194,93	21.641,01	24.426,83	27.110,72	29.251,04	29.760,64	28
29	28.299,79	25.717,81	23.067,89	20.316,05	18.379,57	17.937,92	19.262,88	21.742,93	24.494,77	27.178,67	29.285,01	29.726,67	29
30	28.231,84		22.965,97	20.248,11	18.345,60	17.937,92	19.330,83	21.810,88	24.596,69	27.246,61	29.318,99	29.726,67	30
31	28.129,92		22.864,05		18.311,63		19.398,77	21.912,80		27.314,56		29.692,69	31
TOPLAM	900.429,23	781.284,75	751.761,92	644.338,24	593.514,13	538.749,12	575.678,13	639.921,71	698.355,84	807.070,51	853.206,29	920.303,63	TOPLAM

Düzce İli Merkez İlçesi 1 yıllık LED aydınlatma tüketimi toplam **8.704.613,49 kWh**’dir.

9.4.2. Düzce İli Merkez İlçesi LED Aydınlatma 1 Yıllık Tüketim Bedeli

TEDAŞ 2019 yılı tarifelerine göre modellenen yollara bakılarak montaj edilecek LED aydınlatma armatürlerinin Düzce İli Merkez İlçesi 1 yıllık LED aydınlatma tüketimi Çizelge 9.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 9.9. Düzce İli Merkez İlçesi için 1 yıllık LED aydınlatma tüketim bedeli.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Günler	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Günler
1	12.220,32	11.563,17	10.542,48	9.367,98	8.305,35	7.508,37	7.396,51	8.011,72	9.046,40	10.164,96	11.283,53	12.094,49	1
2	12.206,34	11.535,20	10.514,51	9.326,04	8.277,38	7.494,39	7.396,51	8.039,69	9.088,34	10.192,93	11.311,49	12.108,47	2
3	12.192,36	11.507,24	10.472,57	9.298,07	8.235,44	7.480,40	7.410,49	8.067,65	9.116,31	10.234,87	11.353,44	12.122,45	3
4	12.192,36	11.465,29	10.444,60	9.256,13	8.207,47	7.466,42	7.424,48	8.095,62	9.144,27	10.276,82	11.381,40	12.136,43	4
5	12.178,38	11.437,33	10.402,66	9.214,18	8.179,51	7.452,44	7.438,46	8.137,56	9.186,22	10.304,78	11.409,37	12.150,41	5
6	12.164,40	11.395,38	10.360,71	9.186,22	8.151,54	7.438,46	7.452,44	8.165,53	9.228,16	10.346,73	11.437,33	12.150,41	6
7	12.150,41	11.367,42	10.318,76	9.144,27	8.123,58	7.424,48	7.466,42	8.193,49	9.256,13	10.388,67	11.465,29	12.164,40	7
8	12.136,43	11.325,47	10.276,82	9.102,32	8.081,63	7.410,49	7.480,40	8.221,45	9.298,07	10.416,64	11.493,26	12.178,38	8
9	12.122,45	11.297,51	10.248,85	9.074,36	8.053,67	7.410,49	7.494,39	8.263,40	9.340,02	10.472,57	11.535,20	12.192,36	9
10	12.108,47	11.269,54	10.206,91	9.032,41	8.025,71	7.396,51	7.508,37	8.291,36	9.367,98	10.500,53	11.563,17	12.206,34	10
11	12.080,50	11.241,58	10.178,94	9.004,45	7.997,74	7.396,51	7.522,35	8.319,33	9.409,93	10.542,48	11.591,13	12.220,32	11
12	12.066,52	11.199,63	10.137,00	8.962,50	7.969,78	7.368,55	7.550,32	8.347,29	9.451,88	10.570,44	11.619,10	12.234,31	12
13	12.052,54	11.157,69	10.095,05	8.934,54	7.941,81	7.368,55	7.550,32	8.389,24	9.479,84	10.612,39	11.647,06	12.234,31	13
14	12.010,59	11.129,72	10.067,09	8.892,59	7.913,85	7.368,55	7.578,28	8.417,20	9.521,79	10.654,33	11.689,01	12.248,29	14
15	11.996,61	11.101,76	10.025,14	8.850,65	7.885,88	7.354,57	7.592,26	8.445,17	9.563,73	10.682,30	11.716,97	12.248,29	15
16	11.982,63	11.059,81	9.969,21	8.822,68	7.857,92	7.354,57	7.620,23	8.487,11	9.591,70	10.724,24	11.716,97	12.262,27	16
17	11.964,67	11.031,85	9.941,25	8.780,74	7.829,96	7.354,57	7.648,19	8.515,08	9.633,64	10.752,21	11.758,92	12.262,27	17
18	11.940,68	11.008,90	9.899,30	8.752,77	7.801,99	7.354,57	7.648,19	8.557,02	9.675,59	10.794,15	11.786,88	12.262,27	18
19	11.912,72	10.947,96	9.857,36	8.710,83	7.788,01	7.354,57	7.676,15	8.584,99	9.717,54	10.822,12	11.814,84	12.262,27	19
20	11.898,74	10.919,99	9.829,39	8.668,88	7.760,05	7.354,57	7.704,12	8.626,93	9.745,50	10.864,06	11.856,79	12.262,27	20
21	11.856,79	10.892,03	9.787,45	8.626,93	7.732,08	7.340,58	7.732,08	8.654,90	9.787,45	10.906,01	11.870,77	12.262,27	21
22	11.842,81	10.836,10	9.745,50	8.598,97	7.704,12	7.340,58	7.746,06	8.696,84	9.829,39	10.933,97	11.898,74	12.262,27	22
23	11.814,84	10.808,14	9.717,54	8.571,01	7.676,15	7.354,57	7.774,03	8.724,81	9.857,36	10.975,92	11.912,72	12.262,27	23
24	11.786,88	10.766,19	9.675,59	8.529,06	7.662,17	7.354,57	7.801,99	8.766,75	9.899,30	11.003,89	11.940,68	12.262,27	24
25	11.758,92	10.738,23	9.633,64	8.487,11	7.648,19	7.354,57	7.829,96	8.794,72	9.941,25	11.045,83	11.964,67	12.262,27	25
26	11.730,95	10.696,28	9.605,68	8.459,15	7.620,23	7.368,55	7.843,94	8.836,67	9.969,21	11.073,80	11.982,63	12.262,27	26
27	11.702,99	10.668,32	9.563,73	8.431,19	7.606,24	7.368,55	7.871,90	8.864,63	10.011,16	11.101,76	11.996,61	12.248,29	27
28	11.675,02	10.612,39	9.521,79	8.403,22	7.578,28	7.368,55	7.899,87	8.906,58	10.053,10	11.157,69	12.038,56	12.248,29	28
29	11.647,06	10.584,42	9.493,82	8.361,27	7.564,30	7.382,53	7.927,83	8.948,52	10.081,07	11.185,65	12.062,54	12.234,31	29
30	11.619,10		9.451,88	8.333,31	7.550,32	7.382,53	7.955,80	8.976,49	10.123,02	11.213,62	12.066,52	12.234,31	30
31	11.577,15		9.409,93		7.536,33		7.983,76	9.018,43		11.241,58		12.220,32	31
TOPLAM	370.580,65	321.545,55	309.395,14	265.183,85	244.266,68	221.727,59	236.926,09	263.366,18	287.415,33	332.157,94	351.145,58	378.760,16	TOPLAM

Düzce İli Merkez İlçesi LED aydınlatma tüketimi 1 yıllık 3.582.470,73 TL olacaktır.

9.5. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ İÇİN MEVCUT AYDINLATMA VE LED AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN 1 YILLIK TÜKETİM BEDELİ KARŞILAŞTIRILMASI

TEDAŞ 2019 yılı tarifelerine göre modellenen yollara bakılarak montaj edilecek LED aydınlatma armatürlerinin ve mevcut aydınlatmanın Düzce İli Merkez İlçesi 1 yıllık aydınlatma tüketimi karşılaştırılması Çizelge 9.10’daki gibidir.

Çizelge 9.10. Düzce İli Merkez İlçesi için aydınlatma tüketimi karşılaştırılması.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
2019 YILI BİRİM FİYAT 0,411581 TL	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	Harcama Tutarı (TL)	GENEL TOPLAM
MEVCUT AYDINLATMA	554.230,78	480.895,16	462.723,31	396.502,06	365.318,89	331.610,01	354.340,50	393.883,60	429.850,89	496.766,77	525.164,20	566.463,84	5.357.850,01
LED AYDINLATMA	370.580,65	321.545,55	309.395,14	265.183,85	244.266,68	221.727,59	236.926,09	263.366,18	287.415,33	332.157,94	351.145,58	378.760,16	3.582.470,73
FARK	183.650,13	159.349,61	153.328,18	131.418,21	121.052,21	109.882,42	117.414,41	130.517,42	142.435,56	164.608,83	174.018,61	187.703,68	1.775.379,28

Çizelge 9.10'a bakarak inceleme yapıldığında Düzce İli Merkez İlçesi aydınlatma tüketimi, 2019 yılı için mevcut aydınlatma yerine LED armatürler kullanılması halinde **1.775.379,28 TL** daha az olacaktır.

9.6. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ İÇİN LED AYDINLATMA SİSTEMİNE DÖNÜŞTÜRME MALİYETİNİN HESAPLANMASI

Düzce İli Merkez İlçesi LED Aydınlatma sistemine dönüştürme maliyeti hesaplanırken aşağıdaki hususlar dikkate alınacaktır.

- 1- Mevcut aydınlatma armatürlerinin demontaj maliyetleri
- 2- Yeni LED armatürlerin malzeme maliyetleri
- 3- Yeni LED armatürlerin montaj maliyetleri

TEDAŞ yönetmelik ve şartnamelerine göre tesis edilen projelerde maliyetleri çıkartmak için ilgili yıla ait *TEDAŞ elektrik proje ve tesis birim fiyat kitabı* kullanılmaktadır. Bu kitap içerisinde elektrik işlerine ait her türlü malzemenin Malzeme, ihzarat, montaj ve demontaj birim fiyatları yer almaktadır. LED Armatürler henüz bu kitapta yer almadığından malzeme fiyatı olarak piyasadan araştırılan ürünlerinin liste fiyatları kullanılacaktır. Montaj fiyatı olarak da kullanacağımız LED Armatürlerin yerinden sökülen mevcut armatürlerin montaj fiyatları kullanılacaktır. 2019 yılı birim fiyat kitabı henüz yayınlanmadığından 2018 birim fiyat kitabı kullanılacaktır.



Şekil 9.2. 2018 yılı elektrik proje ve tesis birim fiyat kitabı.

TEDAŞ elektrik proje ve tesis birim fiyat kitabı'na göre malzemelerin malzeme fiyatı tek olup; montaj, ihzarat ve demontaj bedelleri nakliye, hava şartları ve coğrafi şartların

durumuna göre Türkiye’de 3’e ayrılmıştır. Fiyatlar 1.bölgeden 3.bölgeye doğru artmaktadırlar. Düzce ili fiyat bölgesi olarak 2.birim fiyat bölgesinde yer almaktadır. Şekil 9.3’te Türkiye’nin 3 farklı fiyat bölgesinin ayrımı gösterilmiştir.



Şekil 9.3. Türkiye’de fiyat bölgesinin ayrımı.

9.6.1. Düzce İli Merkez İlçesi Mevcut Aydınlatma Armatürlerinin Demontaj Maliyetlerinin Hesaplanması

Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma armatürlerinin demontaj maliyetleri TEDAŞ 2018 birim fiyatına göre aşağıdaki Çizelge 9.11’e göre hesaplanmıştır.

Çizelge 9.11. Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma armatürlerinin demontaj maliyetleri.

Kullanım Alanı	Armatür Tipi	Armatür Sayısı (Adet)	2018 TEDAŞ Birim Fiyat Pozu	2018 TEDAŞ Demontaj Birim Fiyatı (TL)	2018 TEDAŞ Demontaj Tutarı (TL)
Köy aydınlatmaları	2x11W Flüoresan Armatürler	3.409	20.3.	32,29 TL	110.076,61 TL
Köy aydınlatmaları	50W Sodyum Buharlı Armatür	6.759	20.5.2.	39,60 TL	267.656,40 TL
10 metre yollar	70W Sodyum Buharlı Armatür	3.774	20.5.2.	39,60 TL	149.450,40 TL
12 metre yollar	100W Sodyum Buharlı Armatür	9.246	20.5.1.	43,58 TL	402.940,68 TL
15 metre yollar şaşırtmalı	100W Sodyum Buharlı Armatür	2.207	20.5.1.	43,58 TL	96.181,06 TL
20 metre yollar şaşırtmalı	150W Sodyum Buharlı Armatür	571	20.5.1.	43,58 TL	24.884,18 TL
25 metre yol şaşırtmalı	250W Sodyum Buharlı Armatür	3082	20.5.1.	43,58 TL	134.313,56 TL

Çizelge 9.11 (devam) Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma armatürlerinin demontaj maliyetleri.

Karayolu Orta Refüj	250W Sodyum Buharlı Armatür	1480	20.5.1.	43,58 TL	64.498,40 TL
Genel Toplam		30.528			1.250.001,29 TL

Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma armatürlerinin demontaj bedeli 1.250.001.29 TL'dir.

9.6.2. Düzce İli Merkez İlçesi Yeni LED Armatürlerin Malzeme Maliyetlerinin Hesaplanması

Düzce İli Merkez İlçesi yeni LED armatürlerinin malzeme maliyetleri piyasa fiyatına göre aşağıdaki Çizelge 8.12'ye göre hesaplanmıştır.

Çizelge 9.12. Düzce İli Merkez İlçesi LED aydınlatma armatürlerinin malzeme maliyetleri.

Kullanım Alanı	LED Aydınlatma Armatür Tipi	Armatür Sayısı (Adet)	Malzeme Birim Fiyatı (TL)	Malzeme Tutarı (TL)
Köy aydınlatmaları	36W LED 	10168	132,00 TL	1.342.176,00 TL
10 metre yollar	52W LED 	3.774	156,00 TL	588.744,00 TL
12 metre yollar	63W LED 	9.246	172,00 TL	1.590.312,00 TL
15 metre yollar	63W LED 	2.207	172,00 TL	379.604,00 TL
20 metre yollar	85W LED 	571	246,00 TL	140.466,00 TL
25 metre yollar	168W LED 	3082	320,00 TL	986.240,00 TL

Çizelge 9.12 (devam) Düzce İli Merkez İlçesi LED aydınlatma armatürlerinin malzeme maliyetleri.

Karayolu Orta Refüj	168W LED		1480	320,00 TL	473.600,00 TL
Genel Toplam			30.528		5.501.42,00 TL

Düzce İli Merkez İlçesi yeni LED armatürlerinin malzeme maliyetleri 5.501.42,00 TL'dir.

9.6.3. Düzce İli Merkez İlçesi Yeni LED Armatürlerin Montaj Maliyetlerinin Hesaplanması

Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma armatürlerinin montaj maliyetleri TEDAŞ 2018 birim fiyatlarındaki muadil armatür güçlerine göre aşağıdaki Çizelge 9.13'e göre hesaplanmıştır.

Çizelge 9.13. Düzce İli Merkez İlçesi LED armatürlerinin montaj maliyetleri.

Kullanım Alanı	LED Aydınlatma Armatür Tipi	Armatür Sayısı (Adet)	Montaj Birim Fiyatı (TL)	Montaj Tutarı (TL)
Köy aydınlatmaları	36W LED 	10168	157,73 TL	1.603.798,64 TL
10 metre yollar	52W LED 	3.774	157,73 TL	595.273,02 TL
12 metre yollar	63W LED 	9.246	173,47 TL	1.603.903,62 TL
15 metre yollar	63W LED 	2.207	173,47 TL	382.848,29 TL
20 metre yollar	85W LED 	571	173,47 TL	99.051,37 TL
25 metre yollar	168W LED 	3082	173,47 TL	534.634,54 TL

Çizelge 9.13 (devam) Düzce İli Merkez İlçesi LED armatürlerinin montaj maliyetleri.

Karayolu Orta Refüj	168W LED		1480	173,47 TL	256.735,60 TL
Genel Toplam			30.528		5.076.245,08 TL

Düzce İli Merkez İlçesi yeni LED armatürlerinin montaj maliyetleri 5.076.245,08 TL'dir.

Hesaplanan Maliyetlere Göre Toplam Maliyet :

- 1- Mevcut aydınlatma armatürlerinin demontaj maliyetleri = 1.250.001,29 TL
- 2- Yeni LED armatürlerin malzeme maliyetleri = 5.501.142,00 TL
- 3- Yeni LED armatürlerin montaj maliyetleri = 5.076.245,08 TL

Düzce İli Merkez İlçesi LED Armatür Sistemine Dönüşüm Maliyeti = **11.827.388,37 TL.**

9.7. DÜZCE İLİ MERKEZ İLÇESİ LED ARMATÜR VE MEVCUT SODYUM BUHARLI ARMATÜRLERİN KURULUM MALİYETLERİ VE LED ARMATÜRLERİN ÖMRÜ BOYUNCA TÜKETİM GİDERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

9.7.1. LED Armatürlerin Ömürlerinin Aydınlatma Süreleri Dikkate Alınarak Hesaplanması

LED'ler; faydalı ömürleri 50.000 saat olarak tasarlanmaktadır. Düzce İli Merkez İlçesi için aydınlatma süreleri dikkate alındığında (Çizelge 9.14) LED armatürlerin kullanım ömürleri **12 yıl 9 ay 22 saat 11 dakika** şeklinde olacaktır.

Çizelge 9.14. Düzce İli Merkez İlçesi için aydınlatma süreleri.

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
YILLAR	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	Gece Sür. Sa. Dak.	YILLAR
1	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	1
2	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	2
3	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	3
4	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	4
5	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	5
6	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	6
7	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	7
8	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	8
9	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	9
10	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	10
11	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	395:56	418:34	451:29	11
12	441:44	383:13	368:48	316:06	291:10	264:18	282:25	313:56	342:36	22:11			12
TOPLAM	50000 SAAT												

9.7.2. Ortalama Birim Fiyat Hesaplanması

Aydınlatma tüketim bedelleri TEDAŞ'ın yıllık yayınladığı tarifelere göre hesaplanmaktadır. Hesaplanan değerler her yıl belli oranlarda artışlar göstermektedir. Son 10 yıllık tarifeler incelenerek bundan sonraki 10 yıl için yıllık ortalama artış miktarı hesaplanacaktır (Çizelge 9.15).

Çizelge 9.15. Yıllara göre aydınlatma tüketim bedelleri birim fiyatı değişimi.

NO	TEDAŞ AYDINLATMA TÜKETİM BİRİM BEDELLERİ YILLIK ARTIŞ TABLOSU	Aydınlatma Birim Fiyat kr/kWh	Aydınlatma Birim Fiyat TL/kWh	ARTIŞ MİKTARI %
1	2008 OCAK	13,773	0,13773	
2	2009 NİSAN	17,998	0,17998	30,68
3	2010 OCAK	19,904	0,19904	10,59
4	2011 NİSAN	19,904	0,19904	0,00
5	2012 OCAK	22,658	0,22658	13,84
6	2013 NİSAN	26,280	0,26280	15,98
7	2014 NİSAN	26,392	0,26392	0,43
8	2015 OCAK	28,949	0,28949	9,69
9	2016 OCAK	29,826	0,29826	3,03
10	2017 OCAK	31,196	0,31196	4,59
11	2018 OCAK	33,921	0,33921	8,74
12	2019 OCAK	41,156	0,41156	21,33

TEDAŞ resmi sitesinden alınan verilere göre aydınlatma tüketim bedeli birim fiyatı yıllık ortalama **%10,81** artmıştır. Bu verilere dayanarak Düzce İli Merkez İlçesi için aydınlatma birim fiyatı bu ortalama artışa göre hesaplanacaktır (Çizelge 9.16).

Çizelge 9.16. Düzce İli Merkez İlçesi için tahmin edilen aydınlatma birim fiyatları.

NO	ORTALAMA ARTIŞ MİKTARINA GÖRE HESAPLANAN BİRİM FİYAT TABLOSU	Aydınlatma Birim Fiyat TL/kWh
1	2019	0,41156
2	2020	0,45604
3	2021	0,50533
4	2022	0,55995
5	2023	0,62047
6	2024	0,68753
7	2025	0,76184
8	2026	0,84418
9	2027	0,93542
10	2028	1,03652
11	2029	1,14855
12	2030	1,27269
13	2031	1,41024

9.7.3. Sodyum Buharlı Armatürler İle LED Armatürlerin Yıllık Tüketim Farklarının Hesaplanması

Düzce İli Merkez İlçesi mevcut sodyum buharlı armatürler ile LED armatürlerin yıllık tüketim farkları yıllık **4.313.779,95 kWh** olup (Çizelge 9.17), yapılacak hesaplamalarda bu değerler kullanılacaktır.

Çizelge 9.17. Armatürler arasındaki tüketim farkları.

Armatür Cinsi	Ocak Harcama (kWh)	Şubat Harcama (kWh)	Mart Harcama (kWh)	Nisan Harcama (kWh)	Mayıs Harcama (kWh)	Haziran Harcama (kWh)	Temmuz Harcama (kWh)	Ağustos Harcama (kWh)	Eylül Harcama (kWh)	Ekim Harcama (kWh)	Kasım Harcama (kWh)	Aralık Harcama (kWh)	Genel Toplam Harcama (kWh)
Mevcut Aydınlatma	1.346.658,52	1.168.469,14	1.124.315,57	963.655,51	887.644,29	805.739,17	860.969,24	957.050,25	1.044.442,82	1.207.033,65	1.276.033,13	1.376.382,16	13.018.393,44
LED Aydınlatma	900.429,23	781.284,75	751.761,92	644.338,24	593.514,13	538.749,12	575.678,13	639.921,71	698.355,84	807.070,51	853.206,29	920.303,63	8.704.613,49
Fark	446.229,30	387.184,39	372.553,65	319.317,27	294.130,16	266.990,05	285.291,10	317.128,55	346.086,98	399.963,14	422.826,84	456.078,53	4.313.779,95

9.8. SİSTEMİN AMORTİSMAN SÜRESİ

Çizelge 9.18'e göre 2019 Ocak ayından Montaj Edilen LED Armatürlerin 50.000 Saatlik faydalı ömürleri boyunca;

- Kurulum maliyeti olan 11.827.388,37 TL'yi 2024 Mart ayında (5 yıl 3 ay) amorti ettiği,
- Faydalı ömürleri sonunda toplam **26.404.710,65 TL** kar ettiği görülmüştür.

Çizelge 9.18. LED armatürün amortisman hesaplamaları.

LED Armatür Kurulum Maliyeti : 11.827.388,37 TL
Hesaplanan Birim Fiyat Artış Miktarı % 10,81

Süre (Yıl)	Yıllar	Harcama Farkı (kWh)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	2019	0,41156	-11.643.738,24	-11.484.388,63	-11.331.060,45	-11.199.642,24	-11.078.590,03	-10.968.707,61	-10.851.293,20	-10.720.775,78	-10.578.340,22	-10.413.731,39	-10.239.712,77	-10.052.009,09
2	2020	0,45604	-9.848.509,79	-9.671.937,44	-9.502.037,33	-9.356.415,24	-9.222.279,53	-9.100.520,86	-8.970.416,13	-8.825.792,19	-8.667.961,99	-8.485.561,99	-8.292.735,19	-8.084.744,22
3	2021	0,50533	-7.859.250,42	-7.663.593,87	-7.475.330,70	-7.313.969,57	-7.165.336,27	-7.030.417,74	-6.886.251,10	-6.725.996,00	-6.551.107,28	-6.348.963,22	-6.135.325,42	-5.904.854,48
4	2022	0,55995	-5.654.988,97	-5.438.185,58	-5.229.574,66	-5.050.773,37	-4.886.075,57	-4.736.574,85	-4.576.826,47	-4.399.250,76	-4.205.459,80	-3.981.500,97	-3.744.739,63	-3.489.359,06
5	2023	0,62047	-3.212.487,72	-2.972.251,90	-2.741.094,00	-2.542.967,61	-2.360.469,03	-2.194.810,05	-2.017.795,83	-1.821.027,48	-1.606.291,31	-1.358.126,68	-1.095.775,83	-812.793,35
6	2024	0,68753	-505.997,35	-239.796,49	16.345,29	235.885,47	438.108,76	621.672,41	817.818,59	1.035.853,95	1.273.799,12	1.548.785,75	1.839.491,86	2.153.059,50
7	2025	0,76184	2.493.014,46	2.787.986,70	3.071.812,67	3.315.081,07	3.539.160,95	3.742.564,43	3.959.910,37	4.201.511,32	4.465.173,94	4.769.881,53	5.092.007,59	5.439.466,08
8	2026	0,84418	5.816.163,87	6.143.017,14	6.457.519,43	6.727.080,64	6.975.379,40	7.200.767,03	7.441.604,04	7.709.317,57	8.001.477,24	8.339.118,07	8.696.059,98	9.081.072,30
9	2027	0,93542	9.498.484,14	9.860.664,19	10.209.158,35	10.507.854,13	10.782.989,39	11.032.737,24	11.299.604,26	11.596.252,67	11.919.989,38	12.294.122,93	12.689.643,64	13.116.268,66
10	2028	1,03652	13.578.794,98	13.980.119,98	14.366.279,90	14.697.259,16	15.002.131,44	15.278.872,40	15.574.582,80	15.903.293,41	16.262.020,06	16.676.590,51	17.114.859,68	17.587.594,95
11	2029	1,14855	18.100.111,80	18.544.812,60	18.972.709,25	19.339.461,23	19.677.284,55	19.983.936,08	20.311.607,30	20.675.845,42	21.073.343,78	21.532.721,61	22.018.359,56	22.542.188,75
12	2030	1,27269	23.110.099,17	23.602.863,88	24.077.008,23	24.483.399,30	24.857.735,06	25.197.529,94	25.560.616,34	25.964.221,86	26.404.682,42	26.404.710,65		

10. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Düzce İli Merkez İlçesi mevcut aydınlatma sistemi Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş. Coğrafi Bilgi Sistemleri Birimi'nden alınan verilere göre incelenmiş ve DIALux programında modellenmiş olup, Düzce İli Merkez İlçesinde toplam 30.528 adet 3.048,578 kW gücünde armatür bulunmaktadır. Mevcut armatür sisteminin yıllık enerji tüketimi; Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Astronomi Laboratuvarı güneş doğuş ve batış saatlerine göre Düzce İli aylık karanlık süreleri incelendiğinde, 4.270 saat 19 dakika olarak hesaplanmıştır. Bu verilere göre: Düzce ili Merkez ilçesinde bir yıllık enerji tüketimi 13.018.393,44 kWh olup, TEDAŞ Genel Aydınlatma Bedeli 2019 yılı verilerine göre 0,41156 TL/kWh olan birim harcama bedeli dikkate alındığında Düzce İli Merkez İlçesi 2019 yılı aydınlatma tüketimi bedeli 5.357.850,01 TL olarak hesaplanmıştır.

DIALux programında modellenen mevcut aydınlatma sistemleri LED armatür sistemleri kullanılarak aynı fiziki şartlar kullanılarak yeniden modellenmiştir. Yüksek enerji harcayan mevcut aydınlatma sistemleri yerine bunlara denk aydınlatma sağlayan ve daha az enerji harcayan LED aydınlatma sistemleri hesaplanmış ve sonucunda 30.528 adet 2.038,402 kW gücünde LED armatür montaj edilecektir. Montaj edilecek LED Armatür sistemi 4.270 saat 19 dakika olan Düzce İli Merkez İlçesi karanlık süresi dikkate alındığında 1 yılda toplam 8.704.613,49 kWh enerji tüketecek ve 3.582.470,73 TL tüketim bedeli olacaktır. Mevcut aydınlatma sistemi ile karşılaştırıldığında LED armatür aydınlatma sistemi 1 yılda 1.775.379,28 TL tasarruf sağlayacaktır.

Mevcut aydınlatma sistemlerinin demontaj maliyeti 1.250.001,29 TL, LED armatür sistemlerinin malzeme maliyeti 5.501.142,00 TL ve LED armatür sistemlerinin montaj maliyeti 5.076.245,08 TL dikkate alındığında Düzce İli Merkez İlçesi LED aydınlatma sistemine dönüşüm maliyeti 11.827.388,37 TL olarak hesaplanmıştır.

TEDAŞ Resmi Sitesi'nden alınan veriler incelendiğinde aydınlatma tüketim bedeli birim fiyatı yıllık ortalama %10,81 artmıştır. Bu verilere dayanarak Düzce İli Merkez İlçesi için aydınlatma birim fiyatı bu ortalama artışa göre hesaplanmıştır.

Elde edilen bütün veriler birleştirildiğinde Düzce İli Merkez İlçesi aydınlatma sistemi 11.827.388,37 TL yatırım maliyeti ile LED armatür aydınlatma sistemine dönüştürülecektir. LED aydınlatma sistemlerinin 50.000 saatlik faydalı ömürleri sonucunda 12 yıl 9 ay 22 saat 11 dakika süre ile çalışacak ve düşük güç tüketimleri sayesinde yatırım maliyetini 2024 Mart ayında (5 yıl 3 ay) amorti edecektir. Faydalı ömürleri sonunda LED armatür sistemleri 26.404.710,65 TL kar edilmesini sağlayacaktır. Düzce İli Merkez İlçesi için yapılan bu çalışmada LED Armatür sistemlerinin çok yüksek oranda tasarruf sağladığı görülmüştür.



11. KAYNAKLAR

- [1] M. Özkaya, *Aydınlatma Tekniği*, 1. baskı, İstanbul, Türkiye: Birsen Yayınevi, 1994, ss. 291.
- [2] A. Kılıç, “Kentsel dış mekanlarda LED aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi üzerine örnek bir çalışma,” Yüksek lisans tezi, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2013.
- [3] Ö. F. Toy, “LED tabanlı yol aydınlatma armatürleri için optik tasarım,” Yüksek lisans tezi, Fizik Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2015.
- [4] Elektrik Mühendisleri Odası. (2019, Mart). *Teknik bilgiler-aydınlatma-lambalar hakkında genel bilgiler*. [Online]. Erişim: http://www.emo.org.tr/resimler/ekler/e043a5e421240eb_ek.xls?tipi=34&turu=X&su=be=0.
- [5] Anonim, (2019, Ocak). *Renksel geriverim*. [Online]. Erişim: <http://www.seltaselektrik.com/teknik/197.pdf>.
- [6] *Yol Aydınlatma Armatürleri Teknik Şartnamesi*, TEDAŞ-MYD-95-009.B, 2008.
- [7] S. Sirel, *Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar*, 1. baskı, İstanbul, Türkiye: YFU yayınları, 1996, ss. 3-5.
- [8] MEGEP, Dış aydınlatma tesisatları, *Ders Notları*, Ankara, 2011.
- [9] R. Ünver, *Yapı Dışı Engellerin Hacim İçi Güneşiği Aydınlığına Etkisi: İstanbul Örneği*, 1. baskı, İstanbul, Türkiye: YTÜ Yayın Merkezi, 2002.
- [10] C. Yavuz, “Şehir aydınlatmacılığı, ışık kirliliği ve aydınlatmada enerji verimliliği,” Yüksek lisans tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2004.
- [11] TUG (2019, Ocak). *Elektrik dış aydınlatma yönetmeliği taslağı*. [Online]. Erişim: http://www.tug.tubitak.gov.tr/dokumanlar/kitap/TUG_Kitabi.pdf.
- [12] Lamptech (2019, Şubat). *The mercury vapour lamp*. [Online]. Erişim: <http://www.lamptech.co.uk/Documents/M1%20Introduction.html>.
- [13] MEB (2019, Ocak). *Aydınlatma tekniği*. [Online]. Erişim: <https://hbogm.meb.gov.tr/MTAO/1MeslekResmi/unite4.pdf>.
- [14] S. Kaya, “Enerji verimliliğinde aydınlatmada kullanılan lamba seçiminin önemi,” *III. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, Kocaeli, Türkiye, 2009, ss. 253-257.

- [15] Z. Yumurtacı ve H. A. Dönmez, “Konutlarda enerji verimliliği,” *Mühendis ve Makine*, c. 54, sayı 637, ss. 38-43, 2013.
- [16] *Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar teknik şartnamesi*, TEDAŞ-MLZ /2006-054.A, 2008.
- [17] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2019, Ocak). *Elektrik dış aydınlatma yönetmeliği*. [Online]. Erişim: http://tug.tubitak.gov.tr/sites/images/tug/enerji_ve_tabii_kaynaklar_bakanligi_dis_aydinlatma_yonetmeliği.html.
- [18] H. Dokuzcan, “Işık kirliliği açısından kent aydınlatması ve taksim meydanı örneği,” Yüksek lisans tezi, Çevre Tasarımı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [19] Lamptech. (2019, Ocak). *The low pressure sodium lamp*. [Online]. Erişim: <http://www.lamptech.co.uk/Documents/SO%20Introduction.html>.
- [20] Anonim, (2019, Ocak). *LED ışık kaynakları*. [Online]. Erişim: http://www.emo.org.tr/ekler/956c5080dc82dda_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=7.
- [21] S. Nakamura. (2019, Ocak). *Background story of the invention of efficient blue InGaN LEDs*. [Online]. Erişim: <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/nakamura-lecture.pdf>.
- [22] Anonim, (2019, Ocak). *LED’ler nasıl çalışır*. [Online]. Erişim: <http://www.zenitled.com/led-aydinlatma/2-led-nasil-calisir.aspx>.
- [23] Anonim, (2019, Ocak). *LED sistemleri*. [Online]. Erişim: <http://mefegrup.com/led-sistemleri/>.
- [24] Anonim, (2019, Şubat), *Epistar LED chip and package*. [Online]. Erişim: <http://www.hideeled.com/en/news/Epistar-LED-Chip-and-Package-387.html#Uj8uIYbwZcA>.
- [25] C. Richardson. (2019, Ocak). *LED applications and driving techniques, national semiconductor Corporation*. [Online]. Erişim: <http://www.national.com/>.
- [26] A. Aybar. (2019, Şubat). *LED aydınlatma sistemleri ve enerji verimliliği*. [Online]. Erişim: <https://docplayer.biz.tr/47604060-Led-aydinlatma-sistemleri-ve-enerji-verimliliği-ares-aybar-kidemli-optik-tasarim-muhendisi-vestel-led-aydinlatma-ar-ge-tasarim-grubu.html>.
- [27] Anonim, (2019, Ocak). *Thermal management of high-power LEDs*. [Online]. Erişim: http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_management_of_high-power_LEDs.
- [28] A. Teke. (2019, Şubat). *LED teknolojileri Bölüm 1: çeşitleri ve sürücü devreleri*. [Online]. Erişim: <https://www.yenienerji.com/bilimsel/led-teknolojileri-bolum-1-cesitleri-ve-surucu-devreleri>

- [29] Anonim, (2019, Şubat). *Energy-efficient solutions for LED lighting*. [Online]. Erişim: www.st.com/lighting.
- [30] M. B. Song, B. Han, A. Bar-Cohen, R. Sharma, and M. Arik, "Hierarchical life prediction model for actively cooled LED-BASED luminaire," *IEEE Transactions On Components and Packaging Technologies*, c. 33, sayı 4, ss. 728-737, 2010.
- [31] I. Moreno, and U. Contreras, "Color distribution from multicolor LED arrays," *Optics Express*, c. 15, sayı 6, ss. 3607-3618, 2007.
- [32] Anonim, (2019, Mart). *LED'in avantajları*. [Online]. Erişim: http://nerialed.com.tr/led_teknolojisi/ledin-avantajlari.
- [33] M. Akbulut ve Ö. Gül. (2019, Ocak). *LED'li ışık kaynaklarının karakteristiklerini belirlemeye yönelik ölçmeler*. [Online]. Erişim: <https://docplayer.biz.tr/45147760-Led-ld-isk-kaynaklarinin-karakteristiklerind-beldrlemeye-yoneldk-olcmeler.html>.
- [34] A. Timinger and H. Ries, "Street-Lighting with LEDs," *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, c. 5, sayı 7103, ss. 71031-71036, 2008.
- [35] M. Kadirbeyoğlu, "Aydınlatma kontrol sistemlerinin önemi," *3e Electrotech*, c. 1, sayı 7, ss. 98, 2002.
- [36] Kocaeli Belediyesi. (2019, Şubat). *Enerji verimliliğinde LED teknolojisi*. [Online]. Erişim: <http://www.kocaeli.bel.tr/icerik/enerji-verimliliğinde-led-teknolojisi/2091/18869.aspx>.
- [37] Niki LED. (2019, 10 Ocak). *LED'ler*. [Online]. Erişim: <http://www.nikielektronik.com/sayfa.php>.
- [38] M. Durak, "LED tabanlı sokak lambası tasarımı ve fotometrik ölçümleri," *Ulusal Enerji Verimliliği Forumu*, İstanbul, Türkiye, 2011, ss. 50-53.
- [39] Anonim, (2019, 5 Mart). *Işık kaynakları*. [Online]. Erişim: <http://www.pelsan.com.tr/tr-TR/isik-kaynaklari/26128>.
- [40] *LED ışık kaynaklı yol aydınlatma armatürleri teknik şartnamesi*, TEDAŞ-ARGE/2010-057.B, 2010.
- [41] Anonim, (2019, Ocak). *Lighting of roads for motor and pedestrian traffic*. [Online]. Erişim: <https://www.techstreet.com/mss/products/preview/1724306>.
- [42] S. Onaygil, "LED'li yol aydınlatması ve enerji," *5. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, Kocaeli, Türkiye, 2013.
- [43] SEDAŞ, (2019, Ocak). *Coğrafi bilgi sistemi*. [Online]. Erişim: <https://www.edabis.com/sedas/>.

- [44] Anonim, (2019, Ocak). *2019 yılı elektrik tarifeleri*. [Online]. Erişim: http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_tarifeler.
- [45] Anonim, (2019, şubat). *Düzce ili için yıllık güneş doğuş-batış zamanları*. [Online]. Erişim: <http://www.koeri.boun.edu.tr/astronomy/dogus-batis/Duzce.htm>.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Sercan ÖZÜMCAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 11.04.1987/ Düzce
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : sercan@ozumcan.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Elektrik Elektronik Müh.	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Elektrik Elektronik Müh.	Dumlupınar Üniversitesi	2009
Lise	Alanı Yok	Düzce Anadolu Öğretmen Lisesi	2005