



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



İÇ MEKAN AYDINLATMASINDA UGR VE
DÜZGÜNLÜK FAKTÖRLERİNİN
BELİRLENMESİ

Nuri Berk DURCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Nuri Berk DURCAN tarafından hazırlanan “İç Mekan Aydınlatmasında UGR ve Düzgünlük Faktörlerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması .../.../2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin ÇEVİK

.....

Danışman

Prof. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Halil ÇİMEN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Nuri Berk DURCAN

Tarih: 18.06.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İÇ MEKAN AYDINLATMASINDA UGR VE DÜZGÜNLÜK FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ

Nuri Berk DURCAN

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

2025, 184 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA
Dr. Öğr. Üyesi Halil ÇİMEN
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin ÇEVİK

Aydınlatma, hayatımızda var olan ihtiyaçları karşılamak veya dekoratif ve estetik değerler kazandırmak için yapılmaktadır. Yapılacak olan bu aydınlatma tasarımlarında doğru çözümler sunulmadığı hallerde çeşitli olumsuzluklar ve zararlarla karşılaşılır. Hayatımızın büyük bir kısmını genellikle işyerlerinde ve evde geçirdiğimizi düşünecek olursak buralarda tasarlanan kötü ve verimsiz bir aydınlatma konfor kaybı ve sağlık sorunları gibi olumsuz sonuçlara neden olmaktadır. Ayrıca iş hayatımızda ise kötü yapılan aydınlatma tasarımı iş kalitesini olumsuz etkileyerek yapılan işin eksik veya zayıf olmasına sebebiyet verebilir. Bu durumların önüne geçmek için iyi bir aydınlatma tasarımı gereklidir. Bu sebeple oluşan bu problemlerin önüne geçmek ve iyi bir aydınlatma tasarımı yapabilmek için mekanın kullanım amacı göz önünde bulundurularak ihtiyaca uygun, en iyi çözümü sunan armatürü seçerek aydınlatma tasarım çalışması yapılmıştır. Yapılan bu tez çalışmasında teknolojik sistemlerin artmasıyla birlikte aydınlatmanın ofis üzerindeki etkisine bakılarak daha verimli bir şekilde aydınlatma tasarımının yapılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda armatürlerin teknik özellikleri incelenerek en uygun armatür seçilmesi hedeflenmiştir. Ofis üzerinde yapılan tasarım çalışmasında DIALux ve Relux simülasyon programlarından yararlanılarak ofis ortamının belirli aydınlatma koşulları altında yüzeylerin hem düzgünlük faktörünü hem de parlama indisi değerleri gibi önemli parametrelerini hesaplayarak mekan için uygun aydınlatma tasarımının yapılması sağlanmıştır. Yapılan tez çalışmasında 4x6 m boyutunda ve 2.5 m yüksekliğe sahip bir ofiste 10W, 24W ve 34W armatürler kullanılarak aydınlık düzeyi 500 lux, düzgünlük seviyesi 0.6 ve parlama indisi en çok 19 değerine sahip olacak şekilde aydınlatma tasarımı yapılmıştır. Bu koşulları 6 adet 34W'lık armatürün sağladığı görülmüştür. Böylece ofis ortamı için yapılan aydınlatma tasarımında kullanılan armatürün en efektif çözümü sunulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Armatür, Aydınlatma Tasarımı, DIALux, Düzgünlük Faktörü, Mekan Aydınlatması, Parlama indisi, Relux, UGR

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF UGR AND UNIFORMITY FACTORS IN INDOOR LIGHTING

Nuri Berk DURCAN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Electrical & Electronics Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

2025, 184 Pages

Jury

Prof. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

Asst. Prof. Dr. Halil ÇİMEN

Asst. Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÇEVİK

Lighting can be designed either to fulfill functional needs or to enhance decorative and aesthetic values. In lighting designs to be made, if proper solutions are not provided, various negativities and damages may be encountered. Considering that we spend a significant portion of our lives in workplaces and homes, poor and inefficient lighting in these environments can lead to discomfort and health issues. Moreover, in our work life, poorly designed lighting can negatively affect work quality, leading to incomplete or substandard results. To prevent such adverse effects, a well-planned lighting design is essential. In this study, a lighting design was developed by selecting the most suitable luminaire based on the purpose of the space, ensuring that the best possible solution was provided to meet the specific needs of the environment. The aim of this thesis is to examine the impact of lighting on office spaces, particularly in light of technological advancements, and to create a more efficient lighting design. In this regard, the technical specifications of the luminaires were examined to select the most suitable luminaire. In the conducted thesis study, a lighting design was carried out for an office with dimensions of 4x6 meters and a height of 2.5 meters using 10W, 24W, and 34W luminaires. The design was made to achieve an illuminance level of 500 lux, a uniformity level of 0.6, and a maximum unified glare rating (UGR) of 19. It was determined that these conditions were met by using six 34W luminaires. Thus, the most effective solution of the luminaire used in the lighting design for the office environment has been aimed to be provided.

Keywords: Luminaire, Lighting design, DIALux, Lighting uniformity, Indoor lighting, Unified glare rating, Relux, UGR

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasını yapmama olanak sağlayarak bilgi birikimi ve tecrübeleriyle katkıda bulunan, sürekli desteğini esirgemedi yol gösteren değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Nurettin Çetinkaya'ya, teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Bugünlere gelmemi sağlayan, her zaman arkamda duran, hiçbir zaman haklarını ödeyemeyeceğim sevgili aileme desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Nuri Berk DURCAN
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. AYDINLATMA KAVRAMI VE TANIMLAR.....	7
3.1. Aydınlatma Kavramı	7
3.2. Aydınlatmayla İlgili Temel Kavramlar	7
3.2.1. Işık	7
3.2.2. Işık şiddeti (I).....	7
3.2.3. Işık akısı (Φ)	8
3.2.4. Aydınlık düzeyi (E)	8
3.2.5. Soğurma	9
3.2.6. Yansıma oranı	9
3.2.7. Işıksal parıltı (L)	12
3.2.8. Kamaşma	13
3.2.9. Düzgünlük faktörü	16
3.2.10. Işıksal verim (η).....	16
3.2.11. Renk sıcaklığı (CCT)	16
3.2.12. Renksel geriverim (RA) ve renksel geriverim indeksi (CRI)	17
3.3. Kullanılacak Armatür Sayısının Belirlenmesi	18
3.4. Parlama İndisinin hesaplanması.....	21
3.5. Aydınlatma Tekniği	24
3.5.1. Amacı bakımından aydınlatma	24
3.5.2. Işık kaynağı bakımından aydınlatma	25
3.6. Aydınlatma Düzeyi, Düzgünlük ve Kamaşmanın İnsan Üzerindeki Etkisi	28
3.7. Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Yazılımlar	30
3.7.1. Basit düzey grafik görselleştirme sağlayan hesap programları	31
3.7.2. İleri düzey gerçekçi görselleştirme sağlayan hesap programları	33
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	36
4.1. Aydınlatma Tasarımında Kullanılacak Armatürler.....	36
4.1.1. Tip-1 24W kare led armatür (60x60 cm)	36
4.1.2. Tip-2 24W kare led armatür (60x60 cm)	37
4.1.3. Tip-3 10W downled armatür	38
4.1.4. Tip-4 34W kare led armatür (60x60 cm)	39

4.2.	Aydınlatma Tasarımının DIALux ile Modellenmesi	40
4.2.1.	İç mekan oluşturulması	40
4.2.2.	Aydınlatma tasarımının yapılması	43
4.2.3.	Hesap yüzeyinin modele eklenmesi.....	45
4.2.4.	UGR hesap yüzeyinin modele eklenmesi	45
4.2.5.	Ofis alanlarının oluşturulması.....	46
4.3.	DIALux Ortamında Tasarlanan Mahallerin Karşılaştırılması.....	49
4.4.	Ofis-Tasarım/6 Mekanı İçin Aydınlatma Tasarımının İstenen Değerlere Uyumluluğu	51
4.4.1.	DIALux deney-1	51
4.4.2.	DIALux deney-2	52
4.4.3.	DIALux deney-3	53
4.4.4.	DIALux deney-4	55
4.4.5.	DIALux deney-5	56
4.5.	Aydınlatma Tasarımının Relux ile Modellenmesi	57
4.5.1.	İç mekan oluşturulması	57
4.5.2.	Aydınlatma tasarımının yapılması	59
4.5.3.	Hesap yüzeyinin modele eklenmesi.....	61
4.5.4.	UGR hesap yüzeyinin modele eklenmesi	61
4.5.5.	Ofis alanlarının oluşturulması.....	62
4.6.	Relux Ortamında Tasarlanan Mahallerin Karşılaştırılması.....	65
4.7.	Ofis-Tasarım/6 Mekanı İçin Aydınlatma Tasarımının İstenen Değerlere Uyumluluğu	66
4.7.1.	Relux deney-1	67
4.7.2.	Relux deney-2	68
4.7.3.	Relux deney-3	69
4.7.4.	Relux deney-4	70
4.7.5.	Relux deney-5	72
5.	ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	73
6.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	74
6.1.	Sonuçlar.....	74
6.2.	Öneriler	77
KAYNAKLAR	78	
EKLER	80	

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cd	: Kandela
I	: Işık Şiddeti
Φ	: Işık Akısı
E	: Aydınlık Düzeyi
Lm	: Lümen
Lf	: Arka Alan Parıltısı
L	: Armatür Parıltısı
w	: Uzay Açısı
p	: Guth Pozisyon Endeksi
R _a	: Renksel Geriverim

Kısaltmalar

CCT	: Renk Sıcaklığı (Correlated Color Temperature)
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commission Internationale de l'éclairage)
CRI	: Renksel Geriverim İndeksi (Color Rendering Index)
EN	: Avrupa Standartları (European Norm)
LED	: Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
LEED	: Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik (Leadership in Energy and Environmental Design)
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UGR	: Birleştirilmiş Parlama Derecesi (Unified Glare Rating)
WELL	: Sağlıklı Bina (Water, Energy, Lighting, Leadership)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Işık şiddeti.....	7
Şekil 3.2 Guth pozisyon endeksi (TS EN12464-1:2021)	14
Şekil 3.3 Renk sıcaklığı skalası	17
Şekil 3.4 Renksel geriverim farkı	17
Şekil 3.5 Armatür ile çalışma düzlemi arasındaki boşluk	18
Şekil 3.6 Armatürlerin odaya yerleşimi	21
Şekil 3.7 36W kare armatür katalog değerleri	21
Şekil 3.8 Armatür parlıtısı cd/m ² (DIALux)	22
Şekil 3.9 Armatür parlıtısı cd/m ² (Relux)	22
Şekil 3.10 Parlama indisi özet hesap sonuçları (DIALux).....	23
Şekil 3.11 Parlama indisi hesap sonuçları (Relux)	23
Şekil 3.12 Direkt aydınlatma sembol ve temel prensip şeması	26
Şekil 3.13 Yarı direkt aydınlatma sembol ve temel prensip şeması	26
Şekil 3.14 Karma aydınlatma sembol ve temel prensip şeması.....	27
Şekil 3.15 Yarı endirekt aydınlatma sembol ve temel prensip şeması	27
Şekil 3.16 Endirekt aydınlatma sembol ve temel prensip şeması.....	27
Şekil 3.17 Luxuswin programının ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009)	31
Şekil 3.18 Thorlux Lighting Design ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009)	31
Şekil 3.19 Prolite programının ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009).....	32
Şekil 3.20 Agi32 programının ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009)	33
Şekil 3.21 Relux programının ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009).....	34
Şekil 3.22 DIALux programının ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009).....	35
Şekil 4.1 Tip-1 24W kare led armatür	36
Şekil 4.2 Tip-1 armatürün fotometrik eğrisi	36
Şekil 4.3 Tip-2 24W kare led armatür	37
Şekil 4.4 Tip-2 armatürün fotometrik eğrisi	37
Şekil 4.5 Tip-5 10W downled armatür	38
Şekil 4.6 Tip-3 armatürün fotometrik eğrisi	38
Şekil 4.7 Tip-4 34W kare led armatür	39
Şekil 4.8 Tip-4 armatürün fotometrik eğrisi	39
Şekil 4.9 Yeni proje oluşturulması	40
Şekil 4.10 Mekanın boyutlandırılması.....	41
Şekil 4.11 Ofise ait nesnelerin seçimi.....	41
Şekil 4.12 Ofisin 3D görüntüsü	42
Şekil 4.13 Oda yüzeyleri yansıma katsayıları.....	42
Şekil 4.14 Kütüphaneye ışıklık dosyası ekleme	43
Şekil 4.15 Armatürlerin modele eklenmesi	44
Şekil 4.16 Ofise ait 3D görüntü	44
Şekil 4.17 Hesap yüzeyinin eklenmesi	45
Şekil 4.18 UGR hesap yüzeyinin eklenmesi.....	45
Şekil 4.19 Ofis-Tasarım/1	46
Şekil 4.20 Ofis-Tasarım/2.....	46
Şekil 4.21 Ofis-Tasarım/3.....	47
Şekil 4.22 Ofis-Tasarım/4.....	47
Şekil 4.23 Ofis-Tasarım/5.....	48
Şekil 4.24 Ofis-Tasarım/6.....	48
Şekil 4.25 Ofis-Tasarım/7.....	48

Şekil 4.26 Ofis-Tasarım/8.....	49
Şekil 4.27 Ofis-Tasarım/9.....	49
Şekil 4.28 DIALux deney-1 tasarımı.....	51
Şekil 4.29 DIALux deney-1 hesap yüzeyi sonuçları	52
Şekil 4.30 DIALux deney-1 UGR sonuçları.....	52
Şekil 4.31 DIALux deney-2 tasarımı.....	53
Şekil 4.32 DIALux deney-2 hesap yüzeyi sonuçları	53
Şekil 4.33 DIALux deney-2 UGR sonuçları.....	53
Şekil 4.34 DIALux deney-3 tasarımı.....	54
Şekil 4.35 DIALux deney-3 hesap yüzeyi sonuçları	54
Şekil 4.36 DIALux deney-3 UGR sonuçları.....	55
Şekil 4.37 DIALux deney-4 UGR hesap yüzeyi koordinat listesi.....	55
Şekil 4.38 DIALux deney-4 UGR sonuçları-1	56
Şekil 4.39 DIALux deney-4 UGR sonuçları-2	56
Şekil 4.40 DIALux deney-5 UGR noktaları sonuçları	57
Şekil 4.41 Yeni proje oluşturulması	57
Şekil 4.42 Mekanın boyutlandırılması.....	58
Şekil 4.43 Ofise ait nesnelerin seçimi.....	58
Şekil 4.44 Ofisin 3D görüntüsü	59
Şekil 4.45 Oda yüzeyleri yansıma katsayıları.....	59
Şekil 4.46 Kütüphaneye ışıklık ekleme	60
Şekil 4.47 Armatürün modele eklenmesi.....	60
Şekil 4.48 Hesap yüzeyinin eklenmesi	61
Şekil 4.49 UGR hesap yüzeyinin eklenmesi.....	61
Şekil 4.50 Ofis-Tasarım/1	62
Şekil 4.51 Ofis-Tasarım/2.....	62
Şekil 4.52 Ofis-Tasarım/3.....	63
Şekil 4.53 Ofis-Tasarım/4.....	63
Şekil 4.54 Ofis-Tasarım/5.....	63
Şekil 4.55 Ofis-Tasarım/6.....	64
Şekil 4.56 Ofis-Tasarım/7	64
Şekil 4.57 Ofis-Tasarım/8.....	64
Şekil 4.58 Ofis-Tasarım/9.....	65
Şekil 4.59 Relux deney-1 tasarımı.....	67
Şekil 4.60 Relux deney-1 hesap yüzeyi sonuçları	67
Şekil 4.61 Relux deney-1 UGR sonuçları.....	68
Şekil 4.62 Relux deney-2 tasarımı.....	68
Şekil 4.63 Relux deney-2 hesap yüzeyi sonuçları	69
Şekil 4.64 Relux deney-2 UGR sonuçları.....	69
Şekil 4.65 Relux deney-3 tasarımı.....	70
Şekil 4.66 Relux deney-3 hesap sonuçları	70
Şekil 4.67 Relux deney-4 UGR hesap yüzeyi koordinat listesi.....	71
Şekil 4.68 Relux deney-4 UGR sonuçları-1	71
Şekil 4.69 Relux deney-4 UGR sonuçları-2	72
Şekil 4.70 Relux deney-5 UGR noktaları sonuçları	72

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 EN 12464 standardına göre en az aydınlık düzeyi tablosu.....	8
Tablo 3.2 Yansıtma oranları	9
Tablo 3.3 Renklere ait yansıma katsayıları.....	9
Tablo 3.4 EN12464 standardına uygun UGR tablosu	14
Tablo 3.5 UGR rahatsızlık kriterleri tablosu	15
Tablo 3.6 EN12464 standardına uygun düzgünlük faktörü tablosu	16
Tablo 3.7 Renksel geriverim değerleri ve verdiği sonuçlar.....	17
Tablo 3.8 Oda verim ve yansıma katsayıları	19
Tablo 3.9 Hesap program düzey karşılaştırması.....	30
Tablo 4.1 Ofislere ait değerler tablosu.....	50
Tablo 4.2 EN12464-1.2021 standardı 6.38 numaralı tablo.....	50
Tablo 4.3 Ofislere ait değerler tablosu.....	65
Tablo 4.4 EN12464-1.2021 standardı 6.38 numaralı tablo.....	66

1. GİRİŞ

Aydınlatma genel olarak cisimlere ve cisimlerin çevrelerine görünmesi için uyguladıkları irili ufaklı ışıklardır. Aydınlatma insanlık açısından önemli bir yere sahiptir. İlk olarak meşale ile tarih sahnesine çıkan aydınlatma günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte aydınlatmada kullanılan armatürlerin yerini LED ve LED projektörler almıştır (Albayram, 2009).

Aydınlatma tekniği, aydınlatan ışığın fotometrik (ışıkölçümsel) ve spektral (tayfsal) bütün özelliklerini, nesnelerin ışığı geçirme, yutma ya da yansıtma gibi var olan özelliklerini genel olarak ele alarak görsel algılama yollarını belirleyebilen bir metottur. Bu metot ile birlikte en verimli görme koşulları sağlanırken en verimli enerjinin harcanmasına da olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda aydınlatma, birçok kez düşünüldüğünde yeteri kadar ışıktan faydalanılarak karanlık ortamlardan kurtulmanın ve ya kendinden ışıklı nesnelerle peyzaj ve çevre alanında görsel güzelliğin ötesinde belirli bir tekniğin uygulanmasını gerektiren önemli bir olaydır (Albayram, 2009).

Günlük yaşantımızın her bölümünde ışığa gereksinim duyulur. Çevremizde iç ve dış mekanlar ışık açısından önemli bir yere sahiptirler. Aydınlatmanın amacı, görme seviyesini artırarak en iyi verimi elde etmektir. Bu sebeple belirli ortamlarda görsel ihtiyaçların karşılanması amacıyla aydınlatma tasarımının yapılması gerekmektedir. Ancak tasarım yapılırken rastgele tercih edilen armatürler ortam aydınlatmasında olumsuzluklara yol açarak insanlar üzerinde fizyolojik ve psikolojik etkilere neden olmaktadır (Usal, 2021).

Işık yalnızca net olarak görmemizi sağlamaz aynı zamanda sağlığımız, ruh halimiz, biyolojik ritmimiz, iyi hissetmemiz ve performansımız üzerinde de etkilidir (Şahin, 2021).

Aydınlatma tasarımı görsel konforun en iyi şekilde olacak şekilde yapılması planlanmalıdır. Günümüzde insanların çoğu günlerinin büyük bir kısmını çalışarak geçirirler. Yani iş yerleri, ofisler kısacası çalışma alanları aydınlatma konusunda önemli bir yere sahiptir. İş yerlerinde yapılan aydınlatmanın uygun olup olmadığı işin süresine ve türüne bağlı olarak değişmektedir. Bu durumda ofis gibi iş yerlerinin aydınlatılmasında TS EN12464 standardı esas alınır. TS EN 12464 Standardı, Avrupa Standartları Komitesi tarafından yayımlanan, Türk Standartları tarafından kabul gören bir standarttır. İlgili standart ile birçok çalışma alanına ait aydınlatmanın nitel ve nicel özellikleri belirlenir (Usal, 2021).

Aydınlatma tasarımında gelişim sürecinin ilk adımlarını ele alınan yayınlar ve çalışmalar belirlemiştir. Yüzeye ait yansıtma, geçirme ve yutma gibi özellikler aydınlatmada etkili olmaya başlayarak aydınlatmayı göz, ışık ve nesne üçlüsü biçiminde ele almayı sağlamıştır (Sirel, 1996)

Aydınlatmanın, insanlara ait yaşam kaliteleri üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkileri önemli bir konudur. Standartlara uygun seçilen armatürler ve buna uygun tasarımının yapılması ile insanların sağlığının olumsuz olarak etkilenmediği ve olumlu yönde katkı sağladığı araştırmalarda gözlemlenmiştir. Aydınlatma tasarımında standartlara uyulmadığında ve armatür yerleşimleri iç mekanın uygun yapısına göre tasarlanmadığında yapay ışığa maruz kalan kişilerde psikolojik ve fizyolojik olumsuz etkiler görülmektedir (Usal, 2021).

Aydınlatma tasarımının doğru bir şekilde yapılması için insanların konforu düşünülerek tasarım yapmak önem arz eder. Aydınlatma tasarımı yapılırken gözü yormayacak, kamaşma oluşturmayacak ve net görmeyi sağlayacak şekilde yapılmalı aynı zamanda bu hususlara dikkat edilirken ekonomik ve enerji verimliliği bakımından yüksek olmalıdır (Kayakuş, 2018).

Aydınlatma tasarımı, aydınlatma tekniğine uygun olarak ve belirli bir konu için yapılan düzen çalışmasıdır. Aydınlatma tasarımında yapılan çalışmaların daha verimli sonuçlar alınması bakımından çeşitli araçlar bulunmaktadır. Bu araçlardan biri de bilgisayar programlarıdır (Çelebi, 2007).

Bir mekana ait aydınlatma tasarımının ilgili standartlara uygun olarak bilgisayar programları ile yapılması hem verimlilik hem de insanlar üzerinde sağlıklı etkiler yaratacaktır.

Yapmış olduğum tez çalışmasının organizasyonu şu şekildedir:

1. bölümde aydınlatmanın önemi vurgulanarak genel bilgiler verilmiştir.
2. bölümde aydınlatma çalışmalarının literatür özetleri verilmiştir.
3. bölümde aydınlatma ile ilgili bilgiler verilerek aydınlatma yazılım programları tanıtılmıştır.
4. bölümde materyal ve yöntemlerden bahsederek kullanılan yazılım programının hakkında bilgiler yer almıştır ve ofis üzerinde tasarım çalışmaları yapılmıştır.
5. bölümde araştırmanın genel sonuçları hakkında bilgi verilmiştir.
6. bölümde ise yapılan tez çalışmasına ait sonuçlar ve önerilerden bahsedilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Arzu Bal (2005) yaptığı çalışmada ofislerde kullanılan armatür çeşitleri ve ofislerde istenilen aydınlık şiddeti değerlerini incelemiştir. Sonuç olarak ofislerde kullanılan en iyi armatürün nasıl seçileceği ve aydınlık şiddetinin kaç lux olacağı yorumlanmıştır.

Özgür Yılmaz (2007) simülasyon programlarının aydınlatma eğitimindeki önemi hakkında çalışma yaparak DIALux programında örnek bir uygulama yapmıştır. Yapılan bu çalışmada simülasyon tanımı ve programın eğitim alanındaki önemi vurgulanmıştır. Ayrıca programların avantajı ve dezavantajları açıklanmıştır. Sonuç olarak aydınlatma programı kullanılarak yapılan bir mekanın istenilen aydınlatma değerine yakın, enerji tasarrufu sağlanarak ve insan sağlığı açısından daha elverişli armatür seçilmesi sağlanmıştır.

Mehmet Alper Albayram (2009) yaptığı çalışmada aydınlatma tasarımına ait genel bilgileri vermiştir. Aydınlatma tasarımında kullanılan yöntemler ve günümüzde kullanılan programları incelemiştir. Relux programını kullanarak aydınlatma hesabını yapmıştır. Sonuç olarak aydınlatma armatürü seçilerek aydınlık lux değerleri bulunmuştur.

Ender Yetiş (2010) sağlık ve ilaç sektöründe kullanılan mahallerin tavsiye edilen en az aydınlık değeri ve iş sağlığı ve güvenliği açısından olması gereken en az aydınlık değerleri hakkında çalışma yapmıştır. Bu mahallerde kullanılacak olan armatürlerin neler olması gerektiği ve kullanılacak olan armatürlerin karakteristiklerinde nelere dikkat edileceğine değinilmiştir. Yapılan bu çalışma ile ilaç sektöründe aydınlatma tasarımının önemi vurgulanmıştır.

Dilek Şahin (2012) yaptığı çalışmada aydınlatma tasarımının kullanıcı üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkileri açısından incelemiştir. Aydınlatmanın yararları ve temel aydınlatma kavramları ele alınarak tasarlanan aydınlatma sistemleri yorumlanmıştır. Sonuç olarak aydınlatma tasarımlarının Türkiye’de var olan durumlarından bahsedilerek bu durumların sadece fizyolojik olarak değil psikolojik olarak da aydınlatma sistemlerinin tasarlanmasının öneminden bahsedilmiştir.

Aziz Aykut Yeni (2012) yaptığı çalışmada konvansiyonel ve LED aydınlatma sistemlerini anlatarak, raylı ulaşım araçlarında uygulanabilecek en iyi yöntemler üzerinde durmuştur. Sonuç olarak LED’lerin sağladığı enerji tasarrufu ve kullanım

ömrü haricinde diğer avantajlı yönleri de ortaya çıkarılarak uygulamalarda karşılaşılan sorunlarla ilgili çözümler sunarak yeni bir bakış açısı kazandırılmıştır.

Emre Uygun ve Sertaç Görgülü (2016) DIALux ve Relux simülasyon programlarını kullanarak kullanılan bu programların gün ışığı benzetiminin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu çalışmada esas dikkat edilmesi gereken husus aynı mekanın aynı mimari özellikleri kullanılarak her iki programda da tasarımı yapılmasıdır. Bu şekilde aynı mimari özellikteki iki mekanın karşılaştırılması yapılarak farklılıklar gözlemlenip gözlemlenemeyeceği araştırılmıştır. Sonuç olarak belirlenen mekanlar için belirli bir lux değeri hesaplanarak birbirlerine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

Nazif Uz (2017) yaptığı çalışmada, cephe aydınlatma tasarımı konusunu inceleyerek bu konudaki temel kriterleri ortaya çıkarmayı amaçlamıştır. Yapılan bu çalışmada DIALux programından yararlanılarak dış cephe aydınlatma hesabı yapılmıştır. Sonuç olarak cephe aydınlatmasının önemi vurgulanmıştır.

Büşra Onak ve Nihan Yıldırım (2020) DIALux programını kullanarak aydınlatma türü ve kullanımı önerileri hakkında çalışma yapmıştır. Bu çalışmada doğal aydınlatma ile yapay aydınlatma karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalara göre mekanın aydınlatılmasında enerji tüketimini azaltılıp görsel konfor sağlanarak aydınlatma armatürlerinin seçimi ve kullanım biçimleri hakkında çalışılmıştır. Sonuç olarak yapılan simülasyon programlarında istenilen aydınlık düzeyi elde edilmiştir ve enerji verimliliği için en uygun armatür seçilmiştir.

Tilbe Usal (2021) yaptığı çalışmada, rastgele seçilen bir armatür ile ortama uygun olarak seçilen armatürün farkı karşılaştırılarak insanlar üzerinde fizyolojik ve psikolojik etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada DIALux programından yararlanılmıştır. Sonuç olarak ortama uygun olarak seçilen armatürün daha iyi sonuçlar elde ettiği gözlemlenmiştir.

Tuğba Günaydın (2022) yaptığı çalışmada Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde seçilen bir atölyenin aydınlatma tasarımını analiz etmiştir. Yapılan bu çalışmada aralık ayı içerisinde günün farklı saatlerinde ve farklı gök koşullarında aydınlatma elemanlarının açık ve kapalı durumlarına göre ölçümleri yapılmıştır. Kapalı gök koşullarında aydınlatma elemanlarının açık olması durumunda günün bazı saatlerinde yeterli aydınlık düzeyi sağlandığı, açık gök koşullarında ise pencereye yakın ölçüm noktalarında istenilen aydınlık düzeyi sağlandığı görülmüştür. Genel olarak atölye alanında istenilen 750 lux değerinin altında kaldığı görülmüştür.

Bu durumda aydınlatma elemanlarının etkinliğinin artırılmasının önemi üzerinde durulmuştur.

Lale Erdem Atılğan (2014) yaptığı doktora tezi çalışmasında LED tipi armatürler kullanarak tarihi camiler için iç aydınlatma tasarımı gerçekleştirmiştir. Yapılan bu çalışmada aydınlık seviyeleri ve konfor şartları düşünülerek aydınlatma dizaynı gerçekleştirilmiştir. Tasarım gerçekleştirilirken DIALux programı ile desteklenmiştir. Sonuç olarak yapılan bu doktora çalışmasında tasarımı yapılan caminin aydınlatma kalitesi ve aydınlatma ömür süreleri ile sürdürülebilirliği konusunda ileri seviyeye çıkarak ekonomik kazanımlar elde etmiştir. Böylece bu şekilde tasarlanacak olan yapıların hem ülke ekonomisine avantaj sağlayacak hem de uluslararası enerji politikaları için katkıda bulunacaktır.

Filiz Açari (2014) yaptığı çalışmada ayna önü aydınlatmasını incelemiştir. Ayna önünde sağlanması gereken aydınlık şiddeti ve buna bağlı olarak yaş grubu analizinde bulunulmuştur. Bu sebeple ayna önünde yapılan aydınlatma uygulamaları incelenerek ayna önünde hem konfor hem de görsel açıdan uygun olan aydınlatma seçimi yapılmıştır. Yapılan bu çalışma bilgisayar ortamında modellenerek çeşitli senaryolar oluşturulmuştur. Sonuç olarak bu senaryolar doğrultusunda elde edilen veriler ışığında aydınlık düzeyleri, gölgeler ve kamaşma açısından tespitlerde bulunularak ayna önü aydınlatması tasarımına ilişkin bulgular ortaya çıkarılmıştır.

Jayashri Bangali (2019) yaptığı çalışmada aydınlatma seviyelerinde rahatsızlık değerlendirme durumlarını ele alarak UGR formülüne değinmiştir. DIALux programı kullanarak simülasyon çalışması yapmıştır. Yapılan bu simülasyon ile LMK ölçüm sistemi ile karşılaştırma yapılmıştır. Sonuç olarak bu durumların uyuştuğunu gösteren bir tablo ortaya çıkarılmıştır.

Jayashri Bangali (2018) yaptığı çalışmada iki farklı rahatsızlık değerini bulmayı ele alır. Bu iki rahatsızlık değerleri birleşik parlama derecesi (UGR) ve gün ışığı parlama olasılığı (DGP) olarak tanımlanabilir. DIALux simülasyon programı ve Python yazılım programı kullanılarak yapılan bu çalışmada konferans odasına ait bir hesaplama yapılmıştır. Sonuç olarak bulunan değerler yaklaşık olarak her ikisinde de aynıdır.

Gertjan H. Scheir, Peter Hanselaer, Peter Bracke, Geert Deconinck ve Wouter R. Ryckaert (2014) yaptığı çalışmada Birleştirilmiş Parlama Derecesi (Unified Glare Rating) yani UGR formülü ile alternatif aydınlatma dağılımını hesaplamıştır. UGR değerleri ile aydınlatma düzeyleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Sonuç olarak UGR değerinin aydınlatma haritalarına dayalı olarak hesaplanması yoğunluk dağılım

desenleri ile oldukça uyumlu olduğu gör÷lm÷ştür ayrıca gerçek UGR form÷lünün aydınlatma haritalarına dayalı hesaplamalar açısından sağlam olmadığı ortaya çıkmıştır.

Mehmet Kayakuş (2018) yaptığı bu çalışmada eğitim kurumları için uluslararası standartlarda belirtilen fotometrik değerlerin (aydınlık düzeyi ve düzgünlük faktörü) incelemesini yapmıştır. Herhangi bir eğitim kurumunda belirtilen fotometrik değerlerin ölçümü yapılarak standartlarda belirtilen değerler ile yeterliliğine bakılmıştır. Sonuç olarak aydınlatılan ortamın yetersiz olduğu alanlar tespit edilmiş bunun sonucunda aydınlatmanın iyileştirilmesi için çözüm yolları üretilmiştir.

Gonca Bayrakdar (2016) yaptığı bu tez çalışmasında iş yerlerinde aydınlatma yeterliliği ve bunların yanında dolaşım alanlarına ait aydınlık düzeylerini, çalışma alanlarındaki aydınlatma orantılılığını inceleyerek ölçümleri değerlendirmiştir. Aydınlatma ölçüm sonuçları incelenmiş çalışan görüşleri ve çalışma koşulları için bütün veriler toplanarak aydınlatma kaynaklı kaza durumları ve sağlık şikayetleri incelenerek aydınlatmanın iş sağlığı ve güvenliği bakımından değerlendirilmiştir. Sonucunda ise önemli ölçüde aydınlatmanın yetersiz olduğu tespit edilmiştir.

3. AYDINLATMA KAVRAMI VE TANIMLAR

3.1. Aydınlatma Kavramı

Herhangi bir ışık kaynağını, herhangi bir nesnenin belirli bir bölgesini veya çevresini daha net görmek amacıyla ışık yollayarak görünürlüğünün artırılmasına aydınlatma adı verilir. Bir başka deyişle nesnelerin ve çevrelerin daha net görülmesinin sağlanması amacıyla ışık uygulama işlemidir (Şahin, 2012).

3.2. Aydınlatmayla İlgili Temel Kavramlar

3.2.1. Işık

İnsanın gözüne belirli bir parıltı gelmesi olayıdır. 380-800 nm arasında algılanan elektromanyetik ışıma verilen addır.

3.2.2. Işık şiddeti (I)

Işık şiddetinin birimine candela (cd) adı verilir. Belirli bir ışık kaynağının, Işık yoğunluğunu herhangi bir yöne doğru yayması olarak adlandırılır. Işık akısının mekan açısına oranı ile bulunur. Burada açı uzay açıdır. Işık şiddetine ait görsel şekil 3.1’de gösterilmiştir. Denklem 3.1’de ışık şiddetine ait formül verilmiştir.



Şekil 3.1 Işık şiddeti

$$I (cd) = \frac{\Phi (lm)}{\Omega (sr)} \quad (3.1)$$

- I : Işık şiddeti (cd)
 Φ : Işık akısı (lm)
 Ω : Mekan açısı (sr) (Uzay açısı)

3.2.3. Işık akısı (Φ)

Işık akısının birimi lümen (lm). Işık kaynağının her alandan yaydığı toplam ışık miktarıdır. Denklem 3.2’de ışık akısına ait formül verilmiştir.

$$\Phi \text{ (lm)} = E \text{ (lx)} \times A \text{ (m}^2\text{)} \quad (3.2)$$

- Φ : Işık akısı (lm)
 E : Aydınlık düzeyi (lx)
 A : Aydınlatılan yüzeyin alanı (m²)

3.2.4. Aydınlık düzeyi (E)

Aydınlık düzeyinin birimi lux (lx) olarak ifade edilir. Aydınlik şiddeti, ışık akısının aydınlatılan yüzeye oranı olacak şekilde hesaplanır. Örneğin, 1 lm ışık akısının 1 m² yüzeye eşit olarak yaydığı aydınlık şiddeti 1 lx değerine sahiptir. Yarıçapı “r” olan küre merkezine “I” şiddetine sahip ışık konulması ile burada oluşacak olan akı $4\pi I$, yüzey alanı da $4\pi r^2$ olacaktır. Bu durumda aydınlık şiddeti (E) = $4\pi I / 4\pi r^2$ değerine sahip olacaktır.

Aydınlik düzeyi ile ilgili EN12464 standardı bulunmaktadır. Bu standarttan alınan en az aydınlık düzeyi tablosunun bir kısmı Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 EN 12464 standardına göre en az aydınlık düzeyi tablosu

En Az Aydınlik Düzeyleri Tablosu EN 12464-1 : 2011 Standardına Göre					
Tablo 5.1 — Bina içlerinde dolaşım bölgeleri					
Ref. No.	Alan – Görev – Aktivite Türleri	lx	UGRL	U0	Ra
5.1.1	Koridor ve dolaşım alanları	100	28	0.4	40
• Zemin düzeyinde aydınlatma. • Ra ve UGR, komşu alanlar için birbirlerine yakındır. • Eğer güzergah boyunca gölge yaratabilecek herhangi bir araç (ya da engel) varsa 150 lx. • Giriş ve çıkışların aydınlatılması, gündüz ve geceye bağlı olarak, iç ve dış mekanlar arasındaki ani değişikliklerden kaçınmak üzere ışık geçiş bölgeleri oluşturulmalıdır. • Işıklıdırma, caddenin sokaklardaki sürücü ve yayaların gözlerini almayacak parlaklıkta yapılmalıdır. • Eşiklerde daha belirgin kontrastlar, uygulanmalıdır.					
5.1.2	Merdiven, yürüme bantları ve asansörler	100	25	0.4	40
5.1.3	Asansör girişleri	100	25	0.4	40
5.1.4	Yükleme rampaları	150	25	0.4	40
Tablo 5.2 — Bina içindeki dinlenme alanları, lavabo ve ilk yardım alanları vb gibi genel alanlar					
Ref. no.	Alan – Görev – Aktivite Türleri	lx	UGRL	U0	Ra
5.2.1	Kantin, kafeterya vb.	200	22	0.4	80
5.2.2	Bekleme odaları	100	22	0.4	80
5.2.3	Fiziksel egzersiz salonları	500	22	0.4	80
5.2.4	Tualet, banyo, duş ve giysi değiştirme odaları	200	25	0.4	80
5.2.5	Revir odaları	500	19	0.6	80
5.2.6	Tıbbi müdahale merkezleri	500	16	0.6	90
4 000 K < TCp < 5 000 K					

3.2.5. Soğurma

Işığın maddeyle etkisinden sonra başka bir enerji türüne dönüşerek kaybolması olayına verilen addır. Herhangi bir birimi yoktur. Işık akısının ya da ışık enerjisindeki kaybın, ilk akıya oranı şeklinde ifade edilir.

3.2.6. Yansım oranı

Genellikle iç mekanlara kullanılan yansım oranı gelen ışığın farklı bir boyutta yansıtması olayına verilen addır. Mimari ile belirlenen bu oran koyu renkli yüzeyin açık renkli bir yüzeye göre ışığı daha az yansıtır. Yansıyan ışığın gelen ışığa oranı ile bulunur. Yansıtma oranında ilgili verilere EN12464 standardından ulaşılır. Bu oranlar Tablo 3.2’de yer almaktadır.

Tablo 3.2 Yansıtma oranları

Yüzey	Yansıtma Oranı (%)
Tavan	70-95
Duvar	40-60
Zemin	15-35
Mobilyalar	25-45

Renklere ait yansım katsayıları tablo 3.3’te verilmiştir.

Tablo 3.3 Renklere ait yansım katsayıları

Renkler	Yansım Katsayıları	Renkler	Yansım Katsayıları	Renkler	Yansım Katsayıları
Kireç Sıvası	47	Doğu Kırmızısı	14	Gümüş Grisi	32
Alçı, Sıva	78	Kırmızı Eflatun	18	Zeytin Grisi	22
Mermer	68	Kırmızımsı Menekşe	12	Yosun Grisi	20
Kağıt	78	Erika Menekşe	25	Sinyal Grisi	35
Metal	80	Bordo Menekşe	7	Fare Grisi	18
Mine	64	Mavi Eflatun	19	Bej Gri	17

Beton	27	Trafik Moru	13	Haki Gri	15
Ahşap (Koyu Renk)	15	Mor Menekşe	6	Yeşilimsi Gri	13
Çimento	27	Sinyal Menekşesi	14	Otağ Grisi	13
Cam	6	Solgun Menekşe	29	Demir Grisi	12
Tuğla	20	Uzak Menekşe	19	Kara Mermer Grisi	14
Ahşap (Açık Renk)	52	Menekşe Mavisi	10	Kahverengi Gri	11
Yeşil Bej	52	Yeşilimsi Mavi	8	Kayrak Grisi	11
Bej	49	Lacivert Mavisi	7	Antrasit Grisi	8
Kum Sarısı	46	Safir Mavisi	6	Siyah Gri	6
Sinyal Sarısı	50	Siyah Mavi	5	Karatoprak Grisi	10
Altın Sarısı	43	Sinyal Mavisi	10	Beton Grisi	23
Bal Sarısı	31	Parlak Mavi	15	Grafit Grisi	9
Mısır Sarısı	38	Gri Mavi	7	Granit Grisi	8
Nergis Sarısı	39	Gök Mavisi	12	Taş Grisi	30
Kahverengi Bej	28	Kızıl Mavi	9	Mavi Gri	16
Limon Sarısı	49	Çelik Mavisi	5	Çakıl Grisi	45
İnci Beyazı	85	Açık Mavi	23	Çimento Grisi	24
Fildişi	75	Kobalt Mavisi	6	Sarı Gri	28
Açık Fildişi	82	Güvercin Mavisi	22	Açık Gri	59
Kükürt Sarısı	72	Gök Mavisi	19	Platin Grisi	32
Safran Sarısı	51	Trafik Mavisi	11	Toz Grisi	23
Çinko Sarısı	65	Turkuaz Mavisi	23	Akik Grisi	45

Gri Bej	31	Boncuk Mavi	12	Kuartz Grisi	17
Zeytin Sarısı	30	Okyanus Mavisi	7	Pencere Grisi	36
Kolza Sarısı	55	Su Mavisi	15	Trafik Grisi-A	31
Trafik Sarısı	56	Gece Mavisi	6	Trafik Grisi-B	11
Toprak Sarısı	33	Uzak Mavi	16	İpek Grisi	48
Köri Sarısı	26	Solgun Mavi	29	Uzak Gri 1	31
Kavun Sarısı	49	Platin Yeşili	17	Uzak Gri 2	26
Katırtırnağı Sarısı	44	Zümrüt Yeşili	14	Uzak Gri 4	59
Dalya Çiçeği Sarısı	46	Yaprak Yeşili	11	Yeşil Kahverengi	17
Solgun Sarı	45	Zeytin Yeşili	11	Toprak Kahverengisi	19
Sarı Portakal	29	Mavi Yeşil	7	Sinyal Kahverengisi	12
Kırmızı Portakal	18	Yosun Yeşili	7	Kerpiç Kahverengisi	13
Kan Portakal	17	Gri Zeytin Rengi	7	Bakır Kahverengisi	14
Solgun Turuncu	36	Camgöbeği	6	Sincap Kahverengisi	10
Saf Turuncu	25	Kahverengi Yeşili	6	Zeytin Kahverengisi	12
Açık Kırmızı Turuncu	40	Çam Yeşili	6	Fındık Kahverengisi	8
Trafik Turuncusu	24	Çimen Yeşili	15	Kırmızı Kahverengi	8
Sinyal Turuncusu	23	Reseda Yeşili	21	Sepya Kahverengisi	7
Derin Turuncu	30	Siyah Yeşil	7	Kestane Kahverengisi	8
Ayva Turuncusu	26	Sazlık Yeşili	20	Mahun Kahverengisi	6
Ateş Kırmızısı	12	Sarı Zeytin Rengi	8	Çikolata Kahverengisi	6
Sinyal Kırmızısı	11	Siyah Zeytin Rengi	7	Gri Kahverengi	7

Al Pembe	11	Turkuaz Yeşili	13	Siyah Kahverengi	4
Yakut Kırmızısı	9	Mayıs Yeşili	20	Turuncu Kahverengi	18
Mor Kırmızısı	7	Sarı Yeşil	28	Bej Kahverengi	13
Şarap Kırmızısı	7	Beyaz Yeşil	59	Uçuk Kahverengi	14
Siyah Kırmızısı	5	Krom Pası Yeşili	8	Toprak Kahverengisi	8
Pas Kırmızısı	8	Uçuk Yeşil	32	Krem Beyazı	77
Kahverengi Kırmızısı	8	Kahverengi Zeytin Yeşili	6	Gri Beyaz	68
Bej Kırmızısı	32	Trafik Yeşili	20	Sinyal Beyazı	85
Domates Kırmızısı	12	Eğrelti Otu Yeşili	16	Sinyal Siyahı	5
Gül Kuruşu	28	Pamuk Yeşili	10	Derin Siyah	4
Açık Gül	45	Açık Yeşil	44	Beyaz Alüminyum	84
Mercan Kırmızısı	14	Çam Yeşili	10	Saf Beyaz	86
Gül	22	Nane Yeşili	14	Grafit Siyahı	5
Çilek Kırmızısı	19	Sinyal Yeşili	19	Trafik Beyazı	88
Trafik Kırmızısı	14	Nane Turkuazı	23	Trafik Siyahı	5
Ayva Kırmızısı	26	Solgun Turkuaz	40	Papirüs Beyazı	61
Ahududu Kırmızısı	13	Sincap Grisi	26		

3.2.7. Işıksal parıltı (L)

Işıksal parıltının birimi cd/m^2 'dir. Herhangi bir ışığın birim alan içerisinde yaydığı ışık miktarıdır. Parıltı hesabı Denklem 3.3'ten hesaplanır.

$$\text{Parıltı } (\text{cd/m}^2) = \frac{\text{Işık şiddeti (cd)}}{\text{Aydınlatma alanı (m}^2\text{)}} \quad (3.3)$$

3.2.8. Kamaşma

Işık tarafından yayılan ışınların gözü rahatsız edici olarak algılamasına kamaşma adı verilir. Kamaşma, UGR (Birleşik Kamaşma Endeksi, Unifield Glare Rating) değerine bağlı olarak değerlendirilir. UGR değeri aşağıda verdiğim denklemden hesaplanır. Bu değer EN12464 tablosunda belirtilmektedir. Ayrıca bununla ilgili standartlar, CIE 117, CIE 190 ve CIE 232' de yer almaktadır.

UGR hesap formülü Denklem 3.4'te verilmiştir:

$$UGR = 8 \log \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \left(\frac{L^2 w}{p^2} \right) \right) \quad (3.4)$$

- L_b : Arka alan parlıtısı (cd/m²)
 L : Gözlemci yönünde armatür parlıtısı (cd/m²)
 w : Gözlemci yönünde ışık kaynağının açısı (Steradyan, sr)
 p : Guth Pozisyon Endeksi (Bakış doğrultusundan sapma açısına göre)

Arka plan parlıtısı Denklem 3.5'te verilmiştir:

$$L_b = \frac{\varnothing_L \times m}{S \times \pi} \quad (3.5)$$

- $\varnothing_L$: Lambanın Işık Akısı (Lümen)
 m : Armatür Sayısı
 S : Odanın Zemin Alanı (m²)

Gözlemci yönündeki ışık kaynağının açısı Denklem 3.6'da verilmiştir:

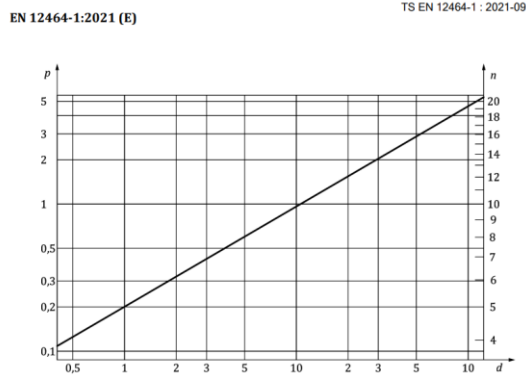
$$w = \frac{A}{d^2} \quad (3.6)$$

- w : Gözlemci yönünde ışık kaynağının açısı (Uzay açısı) (Steradyan, sr)
 A : Armatürün alanı (m²)
 d : Gözlemcinin oda merkezindeki armatüre olan uzaklığı (metre)

Guth pozisyon endeksi Denklem 3.7'de verilmiştir:

$$p = 0,2 \times 5^{\log(d)} \quad (3.7)$$

Formül (3.5)'de verilen Guth pozisyon endeksine ait genel grafik aşağıdaki resimde gösterilmiştir. Şekil 3.2'de yer alan bu grafik EN 12464-1:2021 standardından alınmış olup Guth pozisyon endeksi grafiğini ifade eder.



Şekil 3.2 Guth pozisyon endeksi (TS EN12464-1:2021)

Burada,

d : Hesaplama alanının daha uzun boyutunun (m), ancak uzun kenarın kısa kenara oranı 2 veya daha fazla ise d , alanın kısa boyutu olur.

p : Maksimum ızgara hücre boyutu (m)

n : İlgili boyuttaki nokta sayısı

Gözlemci yönünde armatür parıltısı ise bir armatüre ait zemin yüzeyine yansıyan parıltıdan bulunur. Birimi cd/m^2 'dir.

Hesaplamalar sonucunda bulunan parlama indisinin değeri EN12464 tablosunda belirtilmektedir. Örnek olarak bu tablodan bir kesit Tablo 3.4'te gösterilmiştir. Tablo 3.4'te UGR_L sütununda maksimum parlama indisine ait değer görülmektedir.

Tablo 3.4 EN12464 standardına uygun UGR tablosu

Ref. no.	İç kısım, iş veya faaliyet tipi	$\bar{E}_m$ lx	UGR_L	U_o	R_a	Açıklama
5.9.1	Kurutma	50	28	0,40	20	Güvenlik renkleri tanınabilir olmalıdır.
5.9.2	Hazırlık, genel makine işi	300	25	0,60	80	
5.9.3	Emayeleme, haddelme, presleme, basit parçaları şekillendirme, sırlama, cama üfleterek şekil verme, parlatma	300	25	0,60	80	
5.9.4	Taşılama, oyma, cam cilalama, hassas parçaları şekillendirme, cam aletlerin imalatı	750	19	0,70	80	
5.9.5	Optik camın taşlanması, kristal, elle taşıma ve oyma	750	16	0,70	80	
5.9.6	Dekoratif taşılama, el boyaması gibi hassas işler	1000	16	0,70	90	$4000 \text{ K} \leq T_{CP} \leq 5000 \text{ K}$
5.9.7	Yapay değerli taşların imalatı	1500	16	0,70	90	$4000 \text{ K} \leq T_{CP} \leq 5000 \text{ K}$

Son zamanlarda enerji ve çevre dostu tasarımda liderlik (LEED) ve sağlıklı bina (WELL) Sertifikasına yönelik uygulamalar günümüzde teknolojinin gelişmesiyle

beraber hız kazandı. Bu kapsamda sertifikasyona sahip olabilmek için belirli puanlamalar mevcuttur. Bunlardan biri de UGR değerinin 16 veya daha küçük bir değere sahip olması aydınlatma tasarımı açısından puan kazandıracaktır. Ayrıca LEED sertifikasında puan kazanabilmek adına aydınlatma kalitesini de artırmak gerekecektir. En az 80 ve daha yüksek renksel geriverim indeksi değerine sahip aydınlatma armatürü, Led için en az 24.000 saat süreli armatür seçimi gibi etkenlerde bu sertifikalarda puanların kazanmasına olanak sağlayacaktır.

UGR değerini yalnızca armatür ile sınırlandıramayız. Bu değer belirli etkilere dayandırılmalıdır. Örneğin hasta odasında bulunurken hasta yatağında yatarak öne bakması ile hastanın ayağa dik bir şekilde kalkıp ileriye bakması kamaşma değerini etkileyen faktörlerdendir. Bir başka deyişle görüş açısı diye tabir ettiğimiz faktör etkin rol oynamaktadır.

Tablo 3.5 UGR rahatsızlık kriterleri tablosu

UGR Değeri	Rahatsızlık Kriteri
10	Algılanamaz
13	Sadece Algılanabilir
16	Algılanabilir
19	Sadece Kabul Edilebilir
22	Kabul Edilemez
25	Sadece Rahatsız Edici
28	Rahatsız Edici

CIE 117 standardına göre, yukarıda yer alan Tablo 3.5'ten anlaşılacağı üzere UGR değerleri 10–30 arasında verilmiştir. Kamaşma, 10 değerinin altında algılanamaz, 10-16 arasında algılanabilir, 16-19 arasında kabul edilebilir ancak 19 değerini geçtikçe kamaşma rahatsız edici olacaktır.

Yüksek UGR değerinin çıkmasına neden olan faktörler:

- Yüksek lümen
- Yüksek oda boyutu
- Yüksek açılı parlaklığa sahip armatür
- Armatür açıklık boyutu
- Gözlemcinin bakış açısı ve yüksekliği

3.2.9. Düzgünlük faktörü

Düzgünlük faktörü, aydınlatılmış yüzeylerde minimum aydınlığın ortalama aydınlığa bölümü ile ifade edilir. Düzgünlük faktörü, görme performansı üzerinde önemli etkilere sahiptir. Düzgünlük faktörünün değeri, aydınlatma armatürünün tipine, sayısına, ışık açısına ve montaj konumuna göre belirlenmektedir. Aksi bir standart veya şartname olmadığı sürece düzgünlük faktörü limit değerleri TS EN 12464-1 kodlu standartlarda belirtilmiştir. Örnek olarak bu tablodan bir kesit Tablo 3.6'da gösterilmiştir. Tablo 3.6'te U_o sütununda en az düzgünlük faktörüne ait değer görülmektedir.

Tablo 3.6 EN12464 standardına uygun düzgünlük faktörü tablosu

Ref. no.	İç kısım, iş veya faaliyet tipi	$\bar{E}_m$ lx	UGR _L	U_o	R_a	Açıklama
5.9.1	Kurutma	50	28	0,40	20	Güvenlik renkleri tanınabilir olmalıdır.
5.9.2	Hazırlık, genel makine işi	300	25	0,60	80	
5.9.3	Emayeleme, haddeleme, presleme, basit parçaları şekillendirme, sırlama, cama üfleterek şekil verme, parlatma	300	25	0,60	80	
5.9.4	Taşılama, oyma, cam cilalama, hassas parçaları şekillendirme, cam aletlerin imalatı	750	19	0,70	80	
5.9.5	Optik camın taşlanması, kristal, elle taşılama ve oyma	750	16	0,70	80	
5.9.6	Dekoratif taşılama, el boyaması gibi hassas işler	1000	16	0,70	90	$4000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 5000\text{ K}$
5.9.7	Yapay değerli taşların imalatı	1500	16	0,70	90	$4000\text{ K} \leq T_{CP} \leq 5000\text{ K}$

3.2.10. Işıksal verim (η)

Herhangi bir lambadan yayılan ışık akısının harcadığı güce oranıdır. Işıksal verimin birimi Lm/W olarak gösterilir. Işıksal verim Denklem 3.8'e göre hesaplanır.

$$\text{Işıksal verim (Lm/W)} = \frac{\text{Işık Akısı (Lm)}}{\text{Elektrik Gücü (W)}} \quad (3.8)$$

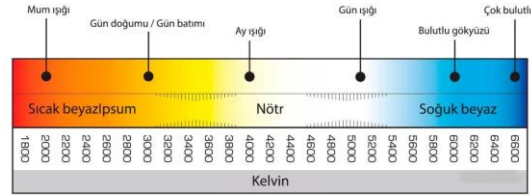
3.2.11. Renk sıcaklığı (CCT)

Işık kaynağı tarafından yayılan görülen ışığın rengine verilen addır. Birimi Kelvin (K)'dir. CCT'nin açılımı ise Correlated Color Temperature, yani ilişkili renk sıcaklığıdır. Bu bölümde üç ana madde vardır. Bunlar:

- Sıcak beyaz < 3300 K

- Doğal Beyaz 3300 – 5000 K
- Gün ışığı beyazı > 5000 K

Şekil 3.3'te renk sıcaklığı tablosu gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Renk sıcaklığı skalası

3.2.12. Renksel geriverim (RA) ve renksel geriverim indeksi (CRI)

İngilizce karşılığı “Color Rendering Index” olarak adlandırılan renksel geriverim indeksi (CRI), renkleri ne kadar doğru gösterdiğini ifade eden uluslararası ölçüdür.

Renklerin yapay ışık kaynağı altında nasıl görüldüğünü ifade eden kavrama verilen addır. Ra olarak ifade edilir. CRI değerinin hesaplanmasında kullanılan ortalama değere verilen addır. Ra 100 değerine sahipse tüm renkleri gerçek ışık kaynağına göre doğru bir şekilde gösterir. Şekil 3.4'te örnek bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.4 Renksel geriverim farkı

Kullanım alanlarına göre renksel geriverim değeri (Ra) Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7 Renksel geriverim değerleri ve verdiği sonuçlar

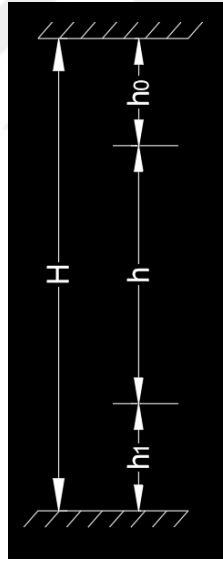
Renksel Geriverim	Değerlendirme
Ra > 90	Tam renk algılamanın çok iyi olduğu yerler
80 < Ra < 90	Tam renk algılamanın gerekli olduğu resim galerisi, müze, mağaza gibi hacimler
70 < Ra < 80	Renk algılamanın orta derecede iyi olduğu yerler
60 < Ra < 70	Renk algılamanın orta derecede iyi olduğu yerler
40 < Ra < 60	Renk algılamanın çok iyi olmadığı fakat renkte bozulmaların istenmediği yerler
20 < Ra < 40	Renk algılamanın hiç iyi olmadığı ve renkte bozulmalara izin verilebilen yerler

3.3. Kullanılacak Armatür Sayısının Belirlenmesi

Armatür sayısı belirlenirken birkaç husus önem arz etmektedir. Toplam ışık akısı, istenilen minimum aydınlık şiddeti, verim, odanın ebatları ve yansımaya katsayıları ve armatüre ait ışık akısı kullanılacak armatür miktarının belirlenmesine yardımcı olacaktır. Toplam ışık akısına ait formül Denklem 3.9’da verilmiştir.

$$\Phi_T = \frac{E_{min} \times S \times d}{\eta} \quad (3.9)$$

- Φ_T : Toplam ışık akısı (Lümen)
 E_{min} : Minimum aydınlık şiddeti (lx)
 S : Aydınlatılacak yüzeyin alanı (m²)
 d : Kirlenme faktörü
 η : Aydınlatma verimi



Şekil 3.5 Armatür ile çalışma düzlemi arasındaki boşluk

Şekil 3.5’e göre h çalışma düzlemi ile armatürün asılı olduğu yerin arasında kalan yüksekliktir.

$$h = H - h_0 - h_1 \quad (3.10)$$

Denklem 3.10'e göre h çalışma düzlemi ile armatürün asılı olduğu yerin arasında kalan yüksekliktir. Denklem 3.11'de gösterildiği gibi Lamba adedi bulunacaktır.

$$Z_L = \Phi_T / \Phi_L \quad (3.11)$$

Φ_T : Toplam ışık akısı (Lümen)

Φ_L : Bir armatürdeki ışık akısı (Lümen)

Oda katsayı endeksi Denklem 3.12'de verilen formüle göre hesaplanmaktadır.

$$k = \frac{a \times b}{h(a+b)} \quad (3.12)$$

a : Odanın eni (m)

b : Odanın boyu (m)

k : Oda katsayı endeksi

Tablo 3.8 Oda verim ve yansımaya katsayıları

Tavan	80			70			50		
Duvar	70	50	30	70	50	30	70	50	30
Zemin	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Oda Endeksi	Oda Aydınlatma Verimi Faktörü η								
0,6	0,43	0,36	0,33	0,42	0,36	0,32	0,41	0,35	0,32
0,8	0,49	0,43	0,39	0,48	0,42	0,39	0,46	0,42	0,38
1	0,53	0,48	0,44	0,52	0,47	0,44	0,5	0,46	0,43
1,25	0,57	0,52	0,49	0,56	0,51	0,48	0,54	0,5	0,47
1,5	0,59	0,55	0,52	0,58	0,54	0,51	0,56	0,53	0,5
2	0,62	0,59	0,56	0,61	0,58	0,55	0,59	0,56	0,54
2,5	0,64	0,6	0,58	0,62	0,59	0,57	0,6	0,57	0,56
3	0,65	0,62	0,6	0,63	0,61	0,59	0,61	0,59	0,57
4	0,66	0,64	0,62	0,65	0,63	0,61	0,62	0,61	0,59
5	0,67	0,65	0,64	0,66	0,64	0,63	0,63	0,62	0,6

Örnek olarak, 4 metre genişliğe ve 6 metre uzunluğa ve 3 metre yüksekliğe sahip bir oda için 1000 lümen değerinde ışık akısına sahip 4x30W değerinde 60x60 kare armatür seçilmiştir ve 2,5 metre yüksekliğe tutturulmuştur. Odanın aydınlık şiddetinin 500 lux olması için 0,8 çalışma düzleminde ve kirlenme faktörünün 1 olduğu durumda gerekli armatür yerleşimini aşağıdaki yöntemler ile bulabiliriz:

$$\begin{aligned} H &: 3 \text{ metre} \\ h_0 &: 0,5 \text{ metre} \\ h_1 &: 0,8 \text{ metre} \end{aligned}$$

Armatür tavana asıldığında formül (3.10)'da gösterildiği gibi yerlerine yazarsak,

$$\begin{aligned} h &: 1.7 \text{ metre olarak hesaplanacaktır.} \\ a &: 4 \text{ metre} \\ b &: 6 \text{ metre} \end{aligned}$$

Denklem (3.12)'de gösterildiği gibi yerlerine yazarsak oda katsayı endeksi,

$$k : 1,411 \text{ olarak hesaplanacaktır.}$$

Oda yansıma katsayılarını tavan için %70, duvarlar için %50, zemin için %20 olarak aldığımızı varsayarsak ve tablo 3.8'den yararlanarak enterpolasyon yöntemi ile k endeksi 1,411 olacak şekilde hesaplama yaparsak verim,

$$\begin{aligned} \eta &: 0,529 \text{ olarak hesaplanacaktır.} \\ E_{\min} &: 500 \text{ lx} \\ S &: 24 \text{ m}^2 \\ d &: 1 \\ \eta &: 0,529 \end{aligned}$$

İlgili verileri Denklem (3.9)'de yerine yazarsak toplam ışık akısı,

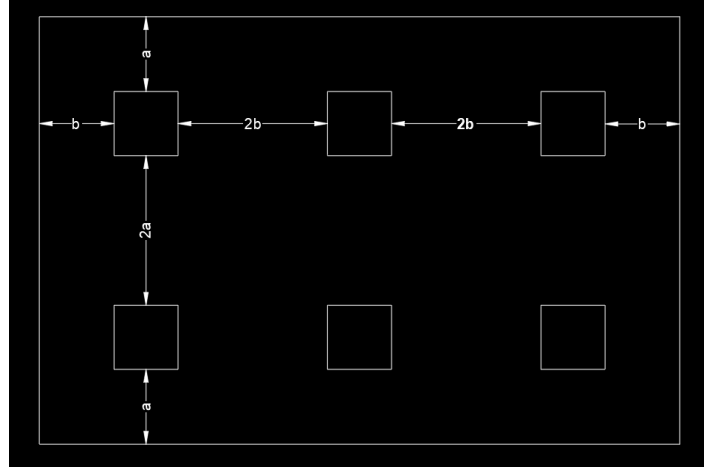
$$\Phi_T : 22684,31 \text{ Lümen olarak hesaplanacaktır.}$$

Toplam armatür sayısını ise Denklem (3.11)'de yerine yazılacak olursa,

$$Z_L : 22,68 \text{ olarak hesaplanacağından 23 lamba yapacaktır.}$$

Bir armatür 4 adet lamba olduğuna göre 6 adet armatür yeterli olacaktır.

Şekil 3.6'da gösterildiği gibi a ve b kurallarına göre yapılacak olursa, $3(2b + 0,6) = 6$ olarak baz alınırsa a değeri 0,7 metre, $2b$ değeri 1,4 metre ve $2(2a + 0,6) = 4$ olarak baz alınırsa b değeri 0,7 metre, $2a$ değeri 1,4 metre olarak bulunarak dizayn edilecektir.



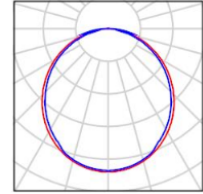
Şekil 3.6 Armatürlerin odaya yerleşimi

3.4. Parlama İndisinin hesaplanması

Parlama indisini hesaplayabilmemiz adına birkaç veriye ihtiyacımız vardır. Örneğin 4 metre genişliğe, 8 metre uzunluğa ve 2,5 metre yüksekliğe sahip bir odayı ele alalım. Aynı zamanda Şekil 3.7’de gösterilen katalog değerlerine uygun 60x60 kare armatür (armatürün katalog değerlerine ait gerçek ebatlar 595 mm x 595 mm) 36W armatür kullanıldığında ve odaya 2 sıra 3 sütun olacak şekilde armatür tasarımı yapıldığı durumda parlama indisi aşağıdaki gibi hesaplanacaktır:

ARLIGHT G G 6060 OPT-36W-4K-80Ra(SA-0,7)
 Ürün No.: G
 Işık akısı (Işıklık): 4425 lm
 Işık akısı (Lambalar): 4430 lm
 Işıklık gücü: 36.3 W
 Işıklık sınıflandırma, CIE: 100
 CIE Akı Kodu: 47 78 95 100 100
 Birleştirme: 1 x LED (Düzeltilme çarpanı 1.000).

Lütfen ışıklık kataloğumuzdan bir
 ışıklık resmi alın.



Şekil 3.7 36W kare armatür katalog değerleri

Φ_L : 4425 lümen (Armatüre ait ışık akısı şekil 3.7’de görülmektedir.)

m : 6 adet armatür kullanılmıştır.

S : 32 m² (Aydınlatılacak odanın yüzey alanı: 8m x 4m)

A : 0,354 m² (Armatürün alanı: 0.595m x 0.595m)

d : 2,5 m (zeminden armatüre olan uzaklık-odanın yüksekliği)

Formül (3.5)’te yer alan arka plan parlıtsı formülünde ilgili değerler yerine yazıldığında arka plan parlıtsı,

L_b : 264,09 cd/m² olarak hesaplanacaktır.

Formül (3.6)'da yer alan gözlemci yönünde ışık kaynağının açısı formülünde ilgili değerler yerine yazıldığında gözlemci yönünde ışık kaynağının açısı,

w : 0.0566 sr olarak hesaplanacaktır.

Formül (3.7)'de yer alan Guth Pozisyon Endeksi formülünde ilgili değerler yerine yazıldığında Guth Pozisyon Endeksi,

p : 0,379 olarak hesaplanacaktır.

L : 456 cd/m² (Şekil 3.8'de görüldüğü gibi gözlemlenmiştir.)

Toplam ışık akısı: 4425 lm
Toplam Güç: 36.3 W
Bakım çarpanı: 0.80
Sınır bölgesi: 0.000 m

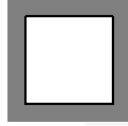
Yüzey	Ortalama Aydınlık [lx]			Yansımada derecesi [%]	Ortalama Işıklılık [cd/m ²]
	doğrudan	dolaylı	toplam		
Çalışma düzlemi	0.00	0.00	0.00	/	/
Zemin	5552	1607	7159	20	456

Şekil 3.8 Armatür parlantısı cd/m² (DIALux)

Parıltı [cd/m²]

Ortalama parıltı
Asgari parıltı
Azami parıltı

L_m : 457 cd/m²
 L_{min} : 63 cd/m²
 L_{max} : 1460 cd/m²



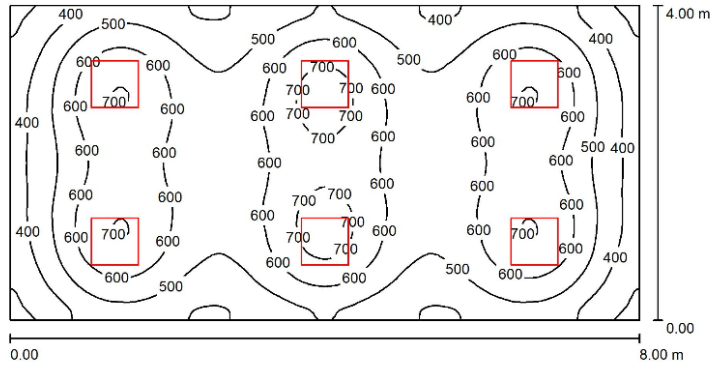
Şekil 3.9 Armatür parlantısı cd/m² (Relux)

Formül (3.4)'de yer alan parlama indisi formülünde ilgili değerler yerine yazıldığında,

$$UGR = 8 \log \left(\frac{0,25 \times 6 \times 456^2 \times 0,0566}{264,09 \times 0,379^2} \right)$$

UGR : 21,34 olarak hesaplanmıştır.

Yapılan oda çalışması DIALux ve Relux simülasyon programlarında tasarlanarak parlama indisi hesaplanmıştır. Ortaya çıkan hesap sonuçları şekil 3.9, 3.10 ve 3.11'de gösterilmiştir ve aşağıda yer alan şekillerden anlaşılacağı üzerine hem DIALux hem de Relux simülasyon programında UGR değeri hesaplanmış olup her iki simülasyon programında yaklaşık olarak aynı değer hesaplanmıştır. DIALux ile hesaplanan sonuçlar Şekil 3.10'da gösterilirken Relux ile hesaplanan sonuçlar şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Oda yüksekliği: 2.500 m, Tutturma yüksekliği: 2.500 m, Bakım çarpanı: 0.80

... birimde değerler Lux, Ölçek 1:58

Yüzey	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{maks} [lx]	E_{min} / E_m
Çalışma düzlemi	/	544	288	744	0.530
Zemin	20	446	280	547	0.627
Tavan	70	119	87	136	0.732
Duvarlar (4)	50	287	108	508	/

Çalışma düzlemi:

Yükseklik: 0.850 m
Ağ: 128 x 128 Noktalar
Sınır bölgesi: 0.000 m

UGR

Sol Duvar 22
Alt duvar 21
(CIE, SHR = 0.25.)

Boyuna-

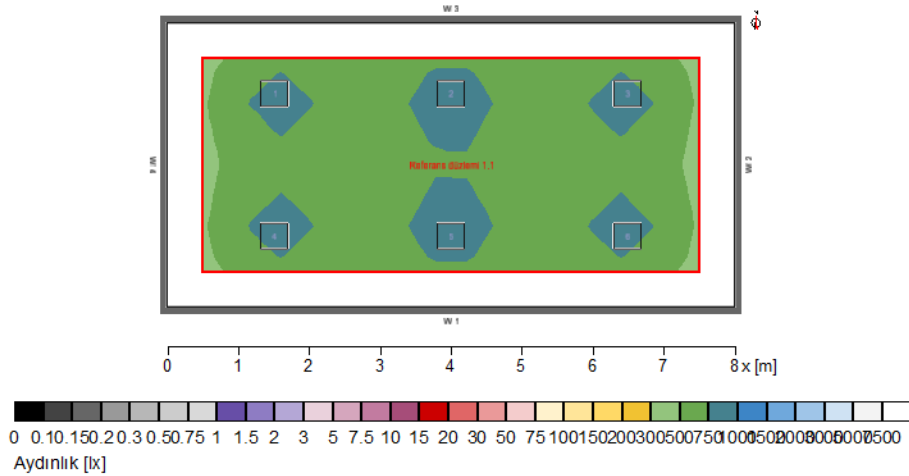
Enine 22
21

Enine

22
21

Işıklık eksenine

Şekil 3.10 Parlama indisi özet hesap sonuçları (DIALux)



Genel

Hesaplama algoritması kullanıldı
Armatür düzlemi yüksekliği
Bakım faktörü

Ortalama endirekt kısım
2.50 m
0.80

Total lamp luminous flux
Luminaire luminous flux
Toplam güç
Alandaki toplam güç (32.00 m²)

26550 lm
26550 lm
217.8 W
6.81 W/m² (1.01 W/m²/100lx)

Ölçüm alanı 1

E_m
 E_{min}
 $E_{min}/E_m (U_o)$
 $E_{min}/E_{max} (U_d)$
 E_z/E_h
Konum
 $R_{UG} (3.1H \ 6.2H)$
Armatür:
(ARLIGHT 8080 38W, !113451000-00692486)

Referans düzlemi 1.1

Yatay
675 lx
491 lx
0.73
0.58
0.85 m
≤21.3

Silindirik
246 lx
184 lx
0.75
0.33
1.20 m

Şekil 3.11 Parlama indisi hesap sonuçları (Relux)

3.5. Aydınlatma Tekniği

Aydınlatılan ışığın fotometrik tüm özelliklerini, yansıtma, yutma ve geçirme ile ilgili özellikleri ve bunları görsel olarak algılama gereksinimlerine göre kullanma yollarını belirleyen metoda verilen addır.

Aydınlatma türleri amacı bakımından ve ışık kaynağı bakımından ikiye ayrılır.

3.5.1. Amacı bakımından aydınlatma

Güneşten gelen ışığın kullanılarak nesnelerin görsel konforunun oluşmasını sağlayan aydınlatma türüdür.

Amacı bakımından aydınlatma kendi içerisinde üçe ayrılır. Bunlar:

- Fizyolojik aydınlatma
- Dekoratif aydınlatma
- Dikkat çeken aydınlatma

3.5.1.1. Fizyolojik aydınlatma

Nesnelere ait renk ve şekilleri ayrıntılarıyla beraber daha açık ve net bir görünüm kazandırmak amacıyla yapılan aydınlatma türüne verilen addır. Bu sebeple bu aydınlatma gözü yormayacak şekilde ve fizyolojik rahatsızlıklara sebebiyet vermeden yapılmalıdır (Toyan, 2008).

3.5.1.2. Dekoratif aydınlatma

Dekoratif aydınlatmada amaç, nesnelere ait renk ve şekillerin ayrıntılarını görmekten ziyade o nesneye estetik bir duygu kazandırmaktır. Yani öncelikli olarak nesnenin göze güzel ve hoş bir şekilde hitap etmesi hedeflenmektedir (Toyan, 2008).

3.5.1.3. Dikkat çeken aydınlatma

Bu aydınlatma türünde hedeflenen amaç ise herhangi bir insanın var olan nesneye doğru yönelmesidir. Yani insanda dikkat hissi uyandırarak nesneye bakması hedeflenmiştir. Bunu yapmak içinde renkli ışıklı armatürler ve Ledler, hareketli ışık

saçan diyotlar ve figürler kullanılabilir. Bu aydınlatma türünde estetik anlamda ve dekoratif anlamında da büyük ölçüde yararlanılmaktadır.

3.5.2. Işık kaynağı bakımından aydınlatma

Güneşten gelen ışığın kullanılarak nesnelerin görsel konforunun oluşmasını sağlayan aydınlatma türüdür.

Aydınlatma ışık kaynakları bakımından üçe ayrılır. Bunlar:

- Doğal aydınlatma
- Yapay aydınlatma
- Bütünleşik aydınlatma

3.5.2.1. Doğal aydınlatma

Güneşten gelen ışığın kullanılarak nesnelerin görsel konforunun oluşmasını sağlayan aydınlatma türüdür.

3.5.2.2. Yapay aydınlatma

Dış etkiler ile yapay ışık kaynağı oluşturularak nesnelerin görsel konforunun oluşmasını sağlayan aydınlatma türüdür. Yapay aydınlatmayla oluşturulan mekanda var olan renklerin gün ışığı renklerine yakın olması istenir. Çünkü gün ışığı nesneleri en yakın hali ile görmemize imkân sağlamaktadır.

Doğal aydınlatmanın yeterli olmadığı noktalarda, örneğin depo, merdiven, makine odaları gibi alanlarda yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Yapay aydınlatma ürünlerinin gelişmesiyle ve yaygınlaşmasıyla birlikte doğal aydınlatma kullanımında azalma olsa bile yapay aydınlatmalar doğal aydınlatmaların yerini tutmamaktadır.

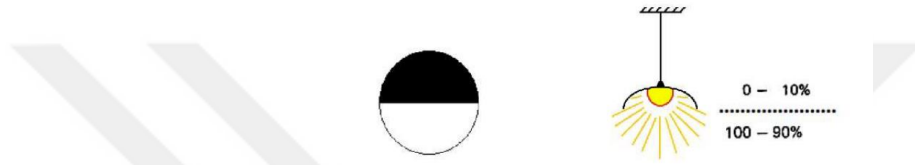
Yapay aydınlatmalar armatürler tarafından yönlendirilen ışığın ulaşma şekline göre beşe ayrılır. Bunlar:

- Direkt (dolaysız) aydınlatma
- Yarı direkt (yarı dolaysız) aydınlatma
- Karma (yayınık) aydınlatma

- Yarı endirekt (yarı dolaylı) aydınlatma
- Endirekt (dolaylı) aydınlatma

3.5.2.2.1. Direkt (dolaysız) aydınlatma

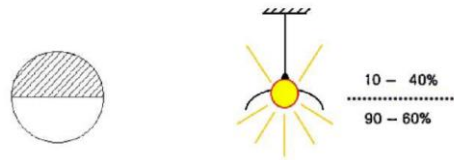
Aydınlatma armatüründen çıkan ışığın %90-%100'lük kısmını direkt olarak aydınlatılacak yüzeye yönlendiren yapay aydınlatma türüdür (Kocabey, 1999). Ofis alanları, sınıflar, hastaneler gibi mekanların aydınlatılmasında bu yöneme başvurulur. Şekil 3.12'de direkt aydınlatma için sembol ve temel prensip şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.12 Direkt aydınlatma sembol ve temel prensip şeması

3.5.2.2.2. Yarı direkt (yarı dolaysız) aydınlatma

Aydınlatma armatüründen çıkan ışığın %60-%90'lık kısmını direkt olarak aydınlatılacak yüzeye, %10-%40'lık kısmı ise tavana yönlendirilen aydınlatma türüdür (Kocabey, 1999). Yarı direkt aydınlatma türü, direkt aydınlatma türüne göre nispeten daha homojen aydınlık düzeyi oluşturur. Şekil 3.13'de yarı direkt aydınlatma için sembol ve temel prensip şeması gösterilmiştir.

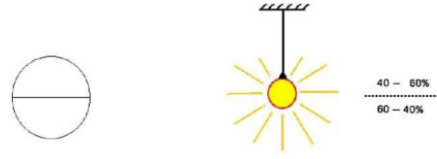


Şekil 3.13 Yarı direkt aydınlatma sembol ve temel prensip şeması

3.5.2.2.3. Karma (yayınık) aydınlatma

Aydınlatma armatüründen çıkan ışığın %40-%60'lık kısmını aydınlatılacak yüzeye yönlendiren yapay aydınlatma türüdür (Kocabey, 1999). Karma Aydınlatma hem endirekt hem de direkt aydınlatma türünün birlikte kullanıldığı aydınlatma olarak

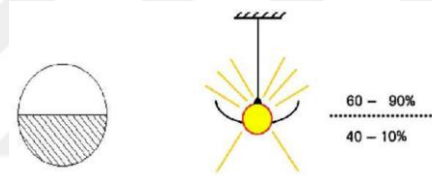
ifade edilebilir. Şekil 3.14'te karma direkt aydınlatma için sembol ve temel prensip şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.14 Karma aydınlatma sembol ve temel prensip şeması

3.5.2.2.4. Yarı endirekt (yarı dolaylı) aydınlatma

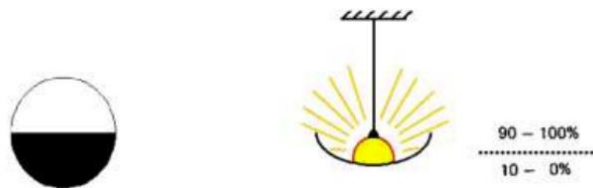
Aydınlatma armatüründen çıkan ışığın %60-%90'lık kısmını yukarı doğru yönlendiren yapay aydınlatma türüdür (Kocabey, 1999). Bu aydınlatma türü genellikle loş bir ortam yaratmak amacıyla kullanılır. Bu aydınlatma türünde yansıma ve kamaşma gibi etkenler azdır. Şekil 3.15'te yarı endirekt aydınlatma için sembol ve temel prensip şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Yarı endirekt aydınlatma sembol ve temel prensip şeması

3.5.2.2.5. Endirekt (dolaylı) aydınlatma

Aydınlatma armatüründen çıkan ışığın %90-%100'lük kısmını yukarı doğru, %0-%10'lük kısmını aşağıya yönlendiren yapay aydınlatma türüdür (Kocabey, 1999). Yansıtma faktörü yüksek olan mekanlarda bu tip aydınlatma türü seçilebilir. Endirekt aydınlatmada tavan ve duvar renkleri mekanın aydınlatmasını etkilemektedir. Şekil 3.16'da endirekt aydınlatma için sembol ve temel prensip şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.16 Endirekt aydınlatma sembol ve temel prensip şeması

3.5.2.3. Bütünleşik aydınlatma

Hem güneş ışığından hem de yapay aydınlatma kullanılarak nesnelerin görsel konforunun oluşmasını sağlayan aydınlatma türüdür. Kullanım yeri bakımından aydınlatmalar ikiye ayrılmaktadır. Bunlar:

- İç aydınlatma
- Dış aydınlatma

3.5.2.3.1. İç aydınlatma

Yapının içerisinde bulunan mekanların aydınlatılması için kullanılan aydınlatma türüdür.

3.5.2.3.2. Dış aydınlatma

Yapının dışarısında bulunan çeşitli bölgeleri aydınlatmak için kullanılan aydınlatma türüdür.

3.6. Aydınlatma Düzeyi, Düzgünlük ve Kamaşmanın İnsan Üzerindeki Etkisi

Aydınlatma tasarımının doğru bir şekilde yapılması birçok yarar sağlayacaktır. Yetersiz seviyede yapılan aydınlatma gözün görme yetkisinde azalmalara sebep olacağı gibi gözlerde yorgunluk, şişme, kızarma, sulanma gibi etkilere sahip olacak ve baş ağrılarına sebebiyet verebilecektir. Bu açıdan göz sağlığını korumaktadır. İyi yapılan aydınlatma tasarımında insanların psikolojilerini olumlu yönde etkileyerek iş verimi ve kalitesini artıracaktır. Yapılan araştırmalara göre, aydınlık düzeyi 300 lux iken 500 lux olduğu zaman verimliliğin zor ve ağır işlerde %10, kolay ve basit işlerde %2,5 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca düzgün yapılan aydınlatma ile tehlikeli kaynak ve cihazların görünür kılınarak iş kazalarının önüne geçilmesi sağlanabilecektir. İyi tasarlanan aydınlatma yaşam konforunu artıracaktır (Bayrakdar, 2016).

Aydınlık düzeyi istenilen uygun lux seviyesinde ise olumlu sonuçlar doğuracaktır. Görsel konfor sağlanır, hata oranı düşer, verimlilik artar ve iş güvenliği artar. Ancak aydınlık seviyesi istenilen değer sağlanmadığında olumsuz etkiler

doğacaktır. Göz yorgunluğu, baş ağrısı, konsantrasyon bozukluğuna sebep olur ve hatalı işlem yapma oranı artacaktır.

Düzensizlik faktörü istenilen uygun değerde ise olumlu sonuçlar doğuracaktır. Göz adaptasyonu sağlanarak göz kararmasının önüne geçilecektir. Odaklanma ortacak ve konfor sağlanacaktır. Ancak düzensizlik faktörü istenilen değere sahip değilse baş ağrısı gibi olumsuz sonuçlara sebep olacak ve iş kalitesi düşecektir.

Parlama indisi değeri istenilen uygun değerlerde ise olumlu sonuçlar doğuracaktır. Göz konforu sağlanacak olup parlama kaynaklı rahatsızlıklara sebep olmayacaktır. İş yapılırken odaklanma dikkat artacaktır. Ayrıca uzun süreli çalışma ortamında yorgunluk azalacaktır. Ancak parlama indisi istenilen değere sahip değilse gözlerde kamaşma, sulanma ve kızarma gibi olumsuzluklarla karşılaşılacak ve baş ağrısı, baş dönmesi gibi sorunlara yol açarak performansın düşmesine sebebiyet verecektir.

İş kazaları açısından en riskli bulunan aydınlık düzeyine ait değer 250 lux altında ölçülmüştür. Bu sebeple standartlarda belirtilen en az aydınlık düzeyi değerleri sağlanmalıdır. İşyerlerinde büyük çoğunlukla çalışma alanlarında aydınlık seviyelerindeki orantısızlık ve armatürlerin odaya homojen dağılmaması olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır.

Kamaşmanın kaza olasılığını artırıcı etkiye sahiptir. Kamaşmanın önlenmesi amacıyla, standartlara uygun olarak parlama indisi değerlerinin alınması önemli bir etkiye sahip olacaktır. Ayrıca aydınlatma kaynakları, mat, opal difüzörlü malzeme ile seçilmelidir (Bayrakdar, 2016).

Kazaların ve olumsuzlukların önüne geçmek için;

- Aydınlatmalar düzgün ve eşit dağıtılmalıdır.
- Karanlık-aydınlık geçişleri için “görsel geçiş bölgeleri oluşturulmalı ve bu bölgeler arasında göz adaptasyonu sağlanmalıdır.
- Kamaşma sorunları için kademeli aydınlatma yapılarak parlama indisi değeri düşürülmelidir.
- Doğal aydınlatmadan yararlanılmalıdır.
- Aydınlatma tasarımı yapılan mekanlarda ilgili standartlara uyulmalıdır.
- Armatür seçerken renk sıcaklığı ve renksel geriverim gibi değerler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Mekan içerisinde tefrişatlar göz önünde bulundurularak, mekanın ebatları ve çalışma düzgünlüğü ve yansıma katsayılarına dikkat edilerek armatür sayısı belirlenmelidir.
- Armatürlerin odaya yerleşimi yapılırken düzgün ve orantılı armatür dağılımı yapılmalıdır.

3.7. Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Yazılımlar

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bilgisayarda kullanılan yazılım programlarının, aydınlatma hesaplarını yapıyor olması ve ışığı görselleştirerek bir sonuç vermesi aydınlatma alanında pozitif bir katkı sağlıyor. Bu yazılımlar ile aydınlatma hesapları hem hızlı hem de kolay bir şekilde yapılabilmektedir. Ayrıca istenilen sonucu iki boyut ve üç boyut ile de sunabilir. Aydınlatma hesabında kullanılacak olan yazılım programları incelendiğinde iki ana bileşenle karşılaşmıştır. Bunlar:

- Basit düzey grafik görselleştirme sağlayan aydınlatma hesap programları
- İleri düzey gerçekçi görselleştirme sağlayan aydınlatma hesap programları

Tablo 3.9’da bu iki düzeyin farklılıkları gösterilmiştir.

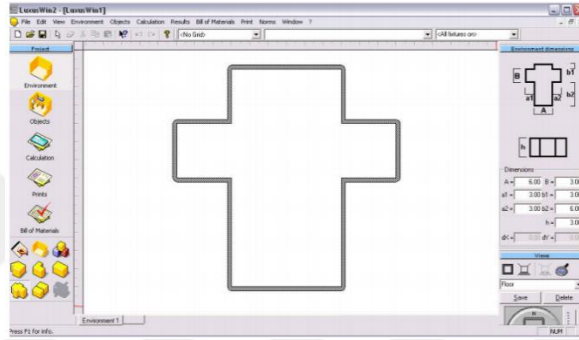
Tablo 3.9 Hesap program düzey karşılaştırması

Basit Düzey Hesap Programları	İleri Düzey Hesap Programları
Basit düzey ışığı görselleştirme ve modelleme altyapısı.	İleri düzey gerçekçi görselleştirme algoritmaları kullanmaları.
Firma ürünlerinin, IES standartlarındaki değerlerinin programa veri olarak girilebilmesi.	3 boyutlu modelleme programlarından dosya aktarımı sayesinde karmaşık geometrilerle çalışabilmeleri.
Yüksek kapasitede donanım ihtiyacı gerektirmemeleri.	Firma ürünlerinin, IES standartlarındaki değerlerinin programa girilebilmesi, coğrafi konum, mevsim, gün saati ve bulutluluk oranı değişkenlerine göre günışığı tanımlama ve görselleştirmedir.
Basit ara yüze sahip olmaları.	
Kullanım amaçlarının temel olarak aydınlık düzeyi hesapları olmasıdır.	

3.7.1. Basit düzey grafik görselleştirme sağlayan hesap programları

3.7.1.1. Luxuswin

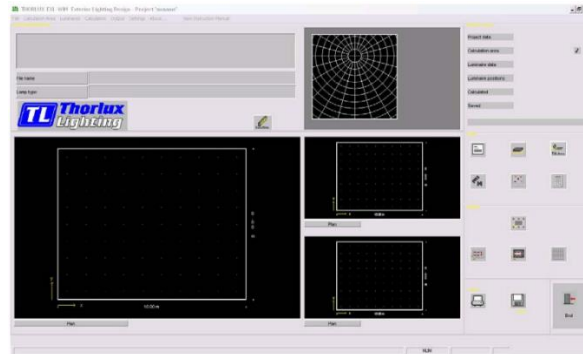
Targetti firması tarafından geliştirilen ve aynı firmanın sitesinden ücretsiz olarak indirilebilen yazılım programı ile iç aydınlatma hesabı yapılabilir. Bu programda, programdaki diğer üreticilere ait ürünler eulumat uzantılı dosyalarının kullanılan programa aktarılması ile kullanılır (Albayram, 2009). Şekil 3.17’de Luxuswin programına ait arayüz görseli paylaşılmıştır (Albayram, 2009).



Şekil 3.17 Luxuswin programının ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009)

3.7.1.2. Thorlux lighting design

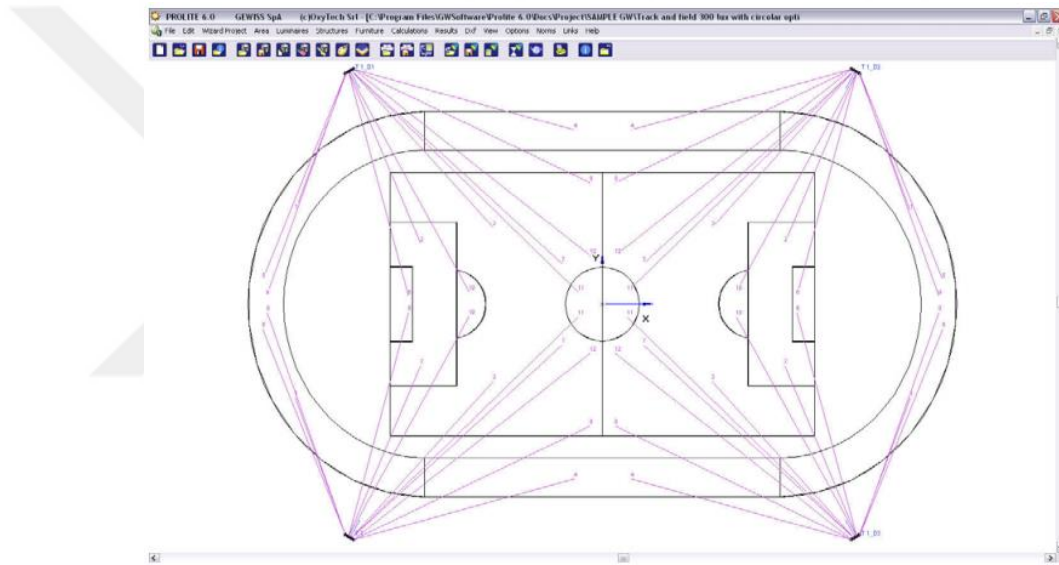
Thorlux firması tarafından geliştirilen ve aynı firmanın sitesinden ücretsiz olarak indirilebilen yazılım programı ile iç ve dış aydınlatma hesabı yapılabilir. Bu programda, programdaki diğer üreticilere ait ürünlerin kullanılan programa aktarılması ile kullanılır (Albayram, 2009). Şekil 3.18’de Thorlux Lighting Design programına ait arayüz görseli paylaşılmıştır (Albayram, 2009).



Şekil 3.18 Thorlux Lighting Design ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009)

3.7.1.3. Prolite

Gewiss firması tarafından geliştirilen ve aynı firmanın sitesinden ücretsiz olarak indirilebilen yazılım programı ile iç ve dış aydınlatma hesabı yapılabilir. Bu programda, programdaki diğer üreticilere ait ürünlerin kullanılan programa aktarılması ile kullanılır. Programda olan detaylı katalog sayfasıyla beraber elektriksel parametreler sayesinde armatür seçme menüsü diğer firmalara ait programlara göre daha detaylı olarak hazırlanmıştır. Aynı zamanda autocad programı ile kaydedilen dxf uzantılı dosyayı programın içerisine aktarabilmektedir (Albayram, 2009). Şekil 3.19’da Prolite programına ait arayüz görseli paylaşılmıştır (Albayram, 2009).



Şekil 3.19 Prolite programının ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009)

3.7.1.4. Calculux

Philips firması tarafından geliştirilen ve aynı firmanın sitesinden ücretsiz olarak indirilebilen yazılım programı ile iç ve dış aydınlatma hesabı yapılabilir. Aydınlatma yazılım programları geliştirilmeden önce en sık kullanılan ve en çok tercih edilen bir aydınlatma programıdır. Bu program ile iç aydınlatma, yol aydınlatma ve spor alanı aydınlatması yapılabilmektedir. Bu programda, programdaki diğer üreticilere ait ürünlerin kullanılan programa aktarılması ile kullanılır (Albayram, 2009).

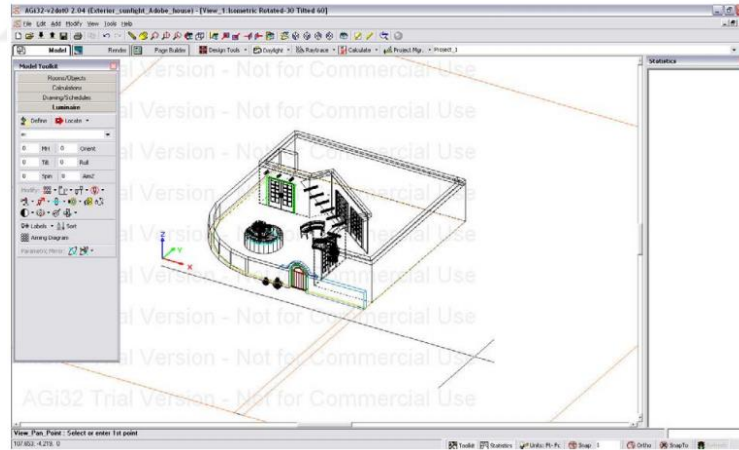
3.7.2. İleri düzey gerçekçi görselleştirme sağlayan hesap programları

3.7.2.1. Agi32

Aydınlatma tasarımcı firmaları tarafından pek tercih edilmeyen yazılım programıdır. DIALux ve relux kadar ortak firması bulunmayan program türüdür. Agi32 programının kullanılmamasının en büyük sebebi yaklaşık 1250 \$ civarında olmasından kaynaklanmaktadır.

Programda direkt hesap yöntemi ve tam hesap yöntemi olarak iki farklı hesaplama yöntemi bulunur. Direkt hesap yönteminde nesnelerden yansıyan ışıklar aydınlatma hesabına katılmaz. Bu hesaplama yöntemi dış aydınlatmalarında, yol aydınlatmalarında ve spor salonu aydınlatmalarında kullanılır. Tam hesap yönteminde ise nesnelerden yansıyan ışıklar aydınlatma hesabına katılır.

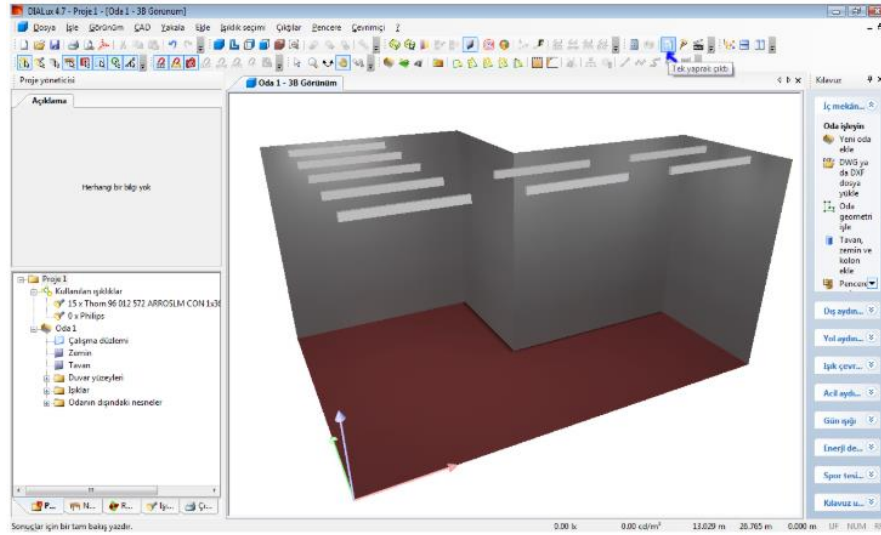
Agi32 adlı yazılım programına AutoCAD programından üç boyutlu nesne ve armatür aktarımı yapılabilir. Ayrıca programda led, neon aydınlatma görselleştirmeleri de mevcuttur. Şekil 3.20’de Agi32 programına ait arayüz görseli paylaşılmıştır.



Şekil 3.20 Agi32 programının ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009)

3.7.2.2. Relux

Relux, aydınlatma programları arasında en çok tercih edilen programlardan birisidir. Üç farklı aydınlatma armatür üretim firması beraber relux programını hazırlamıştır. Relux programında iç ve dış aydınlatma hesabı, spor sahası hesabı ve yol aydınlatmaları yapılabilir ve aynı zamanda acil durum aydınlatma hesaplarını da



Şekil 3.22 DIALux programının ana ekran görüntüsü (Albayram, 2009)

3.7.2.4. Light space

Autodesk firması tarafından geliştirilen lightspace programı 3d Max programının içerisinde kullanılmaktadır. Üç boyutlu görsel modelleme ve animasyon yapan programda modele ait aydınlatma hesap sonucunu oluşturabilir. Program nesnelerden yansıyan ışıkları hesaba katmadan aydınlatma hesabını gerçekleştirir. Ancak yansımayı gerçekleştiren eklentiler belirli bir ücret karşılığında alınarak program içerisine eklenebilmektedir.

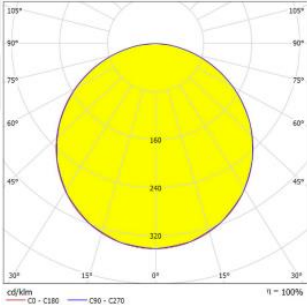
Programda oluşan görüntüler ve diğer aydınlatma programında oluşan görüntülere göre daha gerçekçi bir sonuç vermektedir. Ancak programın kullanım zorluğu nedeniyle elektrik mühendisleri ve aydınlatma tasarımcıları tarafından tercih edilmemektedir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan tez çalışması ofis ortamında sağlıklı, konforlu ve güvenli bir aydınlatma sağlamak için simülasyon ile tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde armatürlerin ofis ortamına dağılımına dikkat edilerek kamaşma ve ışık şiddeti gibi değerlerin önemi vurgulanmıştır. İlk olarak kullanılacak olan armatürlerin özelliklerinden bahsedilmiş olup bir sonraki aşamada ise hem DIALux hem de Relux simülasyon programlarından yararlanılarak ofis ortamı için en uygun armatür seçimi bulunmaya çalışılmıştır.

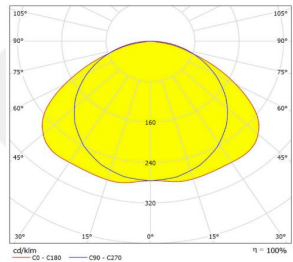
4.1. Aydınlatma Tasarımında Kullanılacak Armatürler

4.1.1. Tip-1 24W kare led armatür (60x60 cm)

 Şekil 4.1 Tip-1 24W kare led armatür	 Şekil 4.2 Tip-1 armatürün fotometrik eğrisi
Işık akısı (Işıklık): 3376.1 lm Işık Renk Sıcaklığı : 4000 K	Işıklık gücü (min): 22.9 W
Işıklık Sınıflandırması: CIE 100	Koruma Sınıfı : IP 20, IK03
CRI Değeri : ≥ 80	Çalışma Gerilimi: 220V -240 AC, 50/60Hz
Standart Ürün Özellikleri ● Şekil 4.1’de ürün görseli, şekil 4.2’de ürünün fotometrik eğrisi gösterilmiştir. ● Armatür 0,40mm kalınlığında sıvama sac gövdeli olacaktır. ● Gövde RAL 9003 kod renginde elektrostatik toz boyalı olacaktır. ● Taşyünü tavana uygun olacaktır. ● Opal polistren difüzörlü olacaktır. ● Optik 115° ±%10 açılı olacaktır. ● Koruma sınıfı IP20 olacaktır.	Armatür Ebatı (UxGxY) : 595x595x75mm Optik ve Elektriksel Özellikler ● Armatür 23 W ±%5 tüketim gücüne sahip olacaktır. ● Armatür 3376 ±%5 lümene sahip olacaktır. ● Armatür 147 lm/W ±%5 verimliliğe sahip olacaktır. ● 50-60 Hz, 220-240 V AC gerilimi ile çalışacaktır. ● Güç faktörü > 0,9 olacaktır.

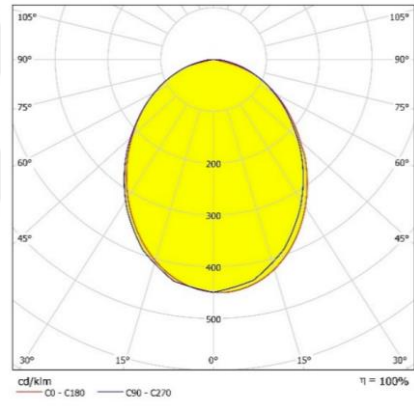
● Sıva altı montaj kullanımına uygun askı aparatlı olacaktır. ● Işık kaynağı olarak Mid Power LED kullanılacaktır. ● Armatür üzerinde CE işaretlemesi olacaktır. ● İç komponentlerin montajında yapıştırıcı malzeme ve ek bağlantılarında el ile lehim kullanılmayacaktır. ● Led PCB iç bağlantısı terminal blok konnektörü ile sağlanacaktır. ● İç bağlantılarında kullanılan kablo 90°C sıcaklığa dayanıklı PVC olacaktır.	● Avrupa menşeli sürücü kullanılacaktır. ● 4000 Kelvin $\pm\%5$ renk sıcaklığına sahip olacaktır. ● CRI (renksel geriverim indexi) minimum >80 olacaktır. ● Yalıtım koruma sınıfı Class-I olacaktır.
---	--

4.1.2. Tip-2 24W kare led armatür (60x60 cm)

 Şekil 4.3 Tip-2 24W kare led armatür	 Şekil 4.4 Tip-2 armatürün fotometrik eğrisi
Işık akısı (Işıklık): 2429.9 lm Işık Renk Sıcaklığı : 4000 K	Işıklık gücü (min): 23.5 W
Işıklık Sınıflandırması: CIE 100	Koruma Sınıfı : IP 20, IK02
CRI Değeri : ≥ 80	Çalışma Gerilimi: 220V -240 AC , 50/60 Hz
Standart Ürün Özellikleri ● Şekil 4.3'te ürün görseli, şekil 4.4'te ürünün fotometrik eğrisi gösterilmiştir. ● Armatür 0,50mm kalınlığında sıvama sac gövdeli olacaktır. ● Gövde RAL 9003 kod renginde elektrostatik toz boyalı olacaktır. ● Taşyünü tavana uygun olacaktır. ● Opal polistren difüzörlü olacaktır. ● Optik $124^\circ \pm\%10$ açılı olacaktır. ● Koruma sınıfı IP20 olacaktır. ● Sıva altı montaj kullanımına uygun	Armatür Ebatı (UxGxY) : 598.2x598.2x73.3mm Optik ve Elektriksel Özellikler ● Armatür 24 W $\pm\%5$ tüketim gücüne sahip olacaktır. ● Armatür 2430 $\pm\%5$ lümene sahip olacaktır. ● Armatür 103 lm/W $\pm\%5$ verimliliğe sahip olacaktır. ● 50-60 Hz, 220-240 V AC gerilimi ile çalışacaktır. ● Güç faktörü $> 0,9$ olacaktır.

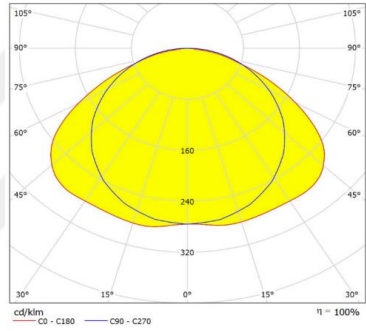
askı aparatlı olacaktır. • Işık kaynağı olarak Mid Power LED kullanılacaktır. • Armatür üzerinde CE işaretlemesi olacaktır. • İç komponentlerin montajında yapıştırıcı malzeme ve ek bağlantılarında el ile lehim kullanılmayacaktır. • Led PCB iç bağlantısı terminal blok konnektörü ile sağlanacaktır. • İç bağlantılarında kullanılan kablo 90°C sıcaklığa dayanıklı PVC olacaktır.	• Avrupa menşeli sürücü kullanılacaktır. • 4000 Kelvin $\pm\%5$ renk sıcaklığına sahip olacaktır. • CRI (renksel geriverim indexi) minimum >80 olacaktır. • Yalıtım koruma sınıfı Class-I olacaktır.
--	--

4.1.3. Tip-3 10W downled armatür

 Şekil 4.5 Tip-3 10W downled armatür	 Şekil 4.6 Tip-3 armatürün fotometrik eğrisi
Işık akısı (Işıklık): 971.6 lm Işık Renk Sıcaklığı : 4000 K	Işıklık gücü (min): 9.9 W
Işıklık Sınıflandırması: CIE 100	Koruma Sınıfı : IP 20, IK02
CRI Değeri : ≥ 80	Çalışma Gerilimi: 220V -240 AC , 50/60 Hz
Standart Ürün Özellikleri • Şekil 4.5'te ürün görseli, şekil 4.6'da ürünün fotometrik eğrisi gösterilmiştir. • Armatür plastik enjeksiyon gövdeli olacaktır. • Alçıpan tavana uygun olacaktır. • Opal difüzörlü olacaktır. • Optik $108^\circ \pm\%10$ açılı olacaktır. • Koruma sınıfı IP20 olacaktır. • Sıva altı montaj kullanımına uygun	Armatür Ebatı (Çap) : Ø175 mm Optik ve Elektriksel Özellikler • Armatür 10 W $\pm\%5$ tüketim gücüne sahip olacaktır. • Armatür $972 \pm\%5$ lümene sahip olacaktır. • Armatür 97 lm/W $\pm\%5$ verimliliğe sahip olacaktır. • 50-60 Hz, 220-240 V AC gerilimi ile çalışacaktır.

askı aparatlı olacaktır. • Işık kaynağı olarak Mid Power LED kullanılacaktır. • Armatür üzerinde CE işaretlemesi olacaktır. • İç komponentlerin montajında yapıştırıcı malzeme ve ek bağlantılarında el ile lehim kullanılmayacaktır. • Led PCB iç bağlantısı terminal blok konnektörü ile sağlanacaktır. • İç bağlantılarında kullanılan kablo 90°C sıcaklığa dayanıklı PVC olacaktır.	• Güç faktörü $> 0,9$ olacaktır. • Avrupa menşeli sürücü kullanılacaktır. • 4000 Kelvin $\pm\%5$ renk sıcaklığına sahip olacaktır. • CRI (renksel geriverim indexi) minimum >80 olacaktır. • Yalıtım koruma sınıfı Class-I olacaktır.
--	--

4.1.4. Tip-4 34W kare led armatür (60x60 cm)

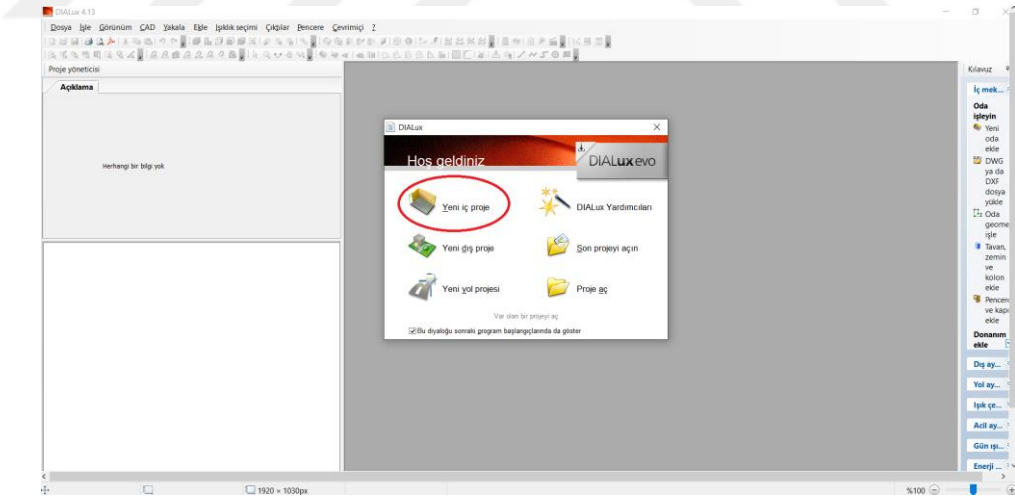
 Şekil 4.7 Tip-4 34W kare led armatür	 Şekil 4.8 Tip-4 armatürün fotometrik eğrisi
Işık akısı (Işıklık): 3222.7 lm Işık Renk Sıcaklığı : 4000 K	Işıklık gücü (min): 33.5 W
Işıklık Sınıflandırması: CIE 100	Koruma Sınıfı : IP 20, IK02
CRI Değeri : ≥ 80	Çalışma Gerilimi: 220V -240 AC , 50/60 Hz
Standart Ürün Özellikleri • Şekil 4.7’de ürün görseli, şekil 4.8’de ürünün fotometrik eğrisi gösterilmiştir. • Armatür 0,50mm kalınlığında sıvama sac gövdeli olacaktır. • Gövde RAL 9003 kod renginde elektrostatik toz boyalı olacaktır. • Taş yünü tavana uygun olacaktır. • Opal polistren difüzörlü olacaktır. • Optik $124^\circ \pm\%10$ açılı olacaktır. • Koruma sınıfı IP20 olacaktır. • Sıva altı montaj kullanımına uygun	Armatür Ebatı (UxGxY) : 598.2x598.2x73.3mm Optik ve Elektriksel Özellikler • Armatür 24 W $\pm\%5$ tüketim gücüne sahip olacaktır. • Armatür 2430 $\pm\%5$ lümene sahip olacaktır. • Armatür 103 lm/W $\pm\%5$ verimliliğe sahip olacaktır. • 50-60 Hz, 220-240 V AC gerilimi ile çalışacaktır. • Güç faktörü $> 0,9$ olacaktır. • Avrupa menşeli sürücü kullanılacaktır.

askı aparatlı olacaktır. • Işık kaynağı olarak Mid Power LED kullanılacaktır. • Armatür üzerinde CE işaretlemesi olacaktır. • İç komponentlerin montajında yapıştırıcı malzeme ve ek bağlantılarında el ile lehim kullanılmayacaktır. • Led PCB iç bağlantısı terminal blok konnektörü ile sağlanacaktır. • İç bağlantılarında kullanılan kablo 90°C sıcaklığa dayanıklı PVC olacaktır.	• 4000 Kelvin $\pm\%5$ renk sıcaklığına sahip olacaktır. • CRI (renksel geriverim indexi) minimum >80 olacaktır. • Yalıtım koruma sınıfı Class-I olacaktır.
--	---

4.2. Aydınlatma Tasarımının DIALux ile Modellenmesi

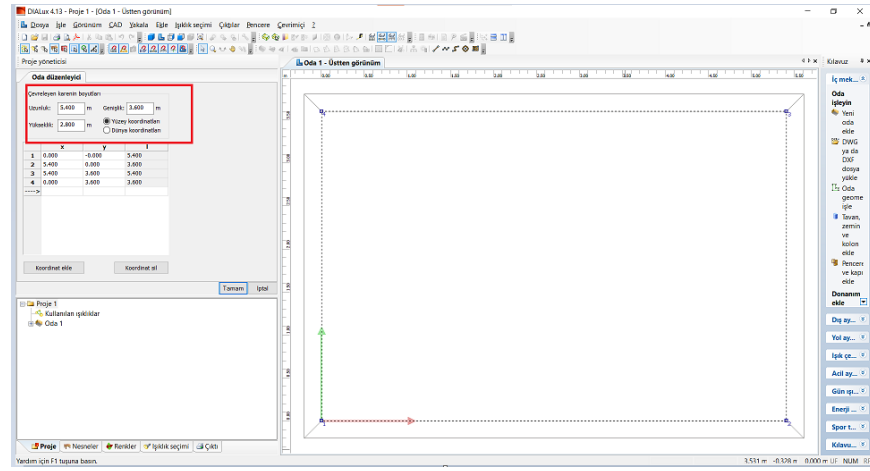
4.2.1. İç mekan oluşturulması

İlk Olarak DIALux 4.13 programı açılır. Önümüze çıkan pencereden Şekil 4.9’da gösterildiği gibi “Yeni iç proje” seçeneğine tıklanarak iç mekan oluşturulur.



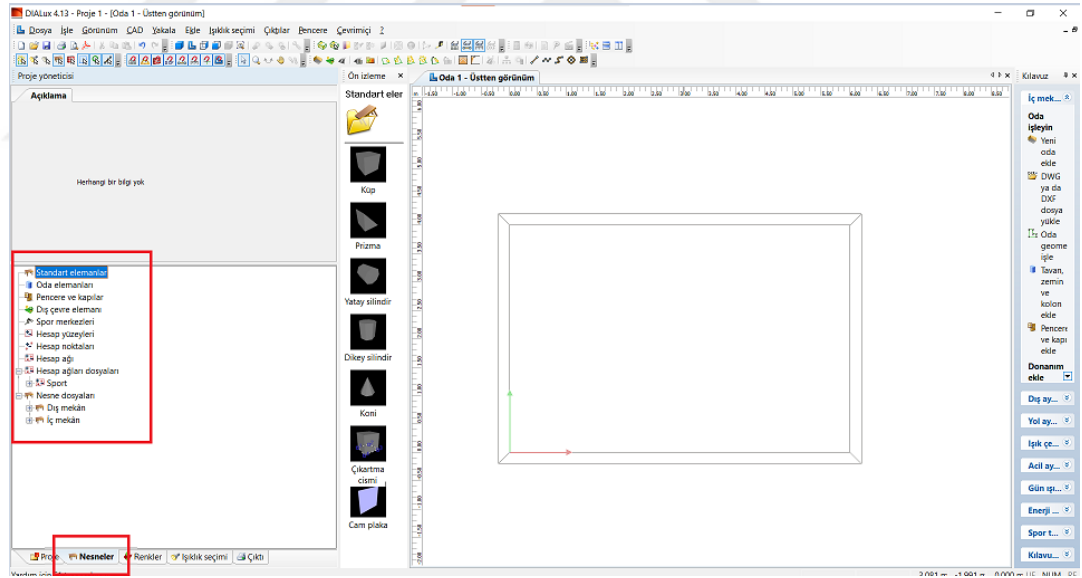
Şekil 4.9 Yeni proje oluşturulması

Ardından aşağıdaki resimde gösterildiği gibi odamızı oluşturmak için odaya ait en, boy ve yükseklik gibi parametreleri girerek iç mekanımız oluşturulur. Örneğin boyu 6 m, eni 4 m ve yüksekliği 3 m olan toplamda 24 m² bir ofis odasını Şekil 4.10’da gösterildiği gibi oluşturabiliriz.



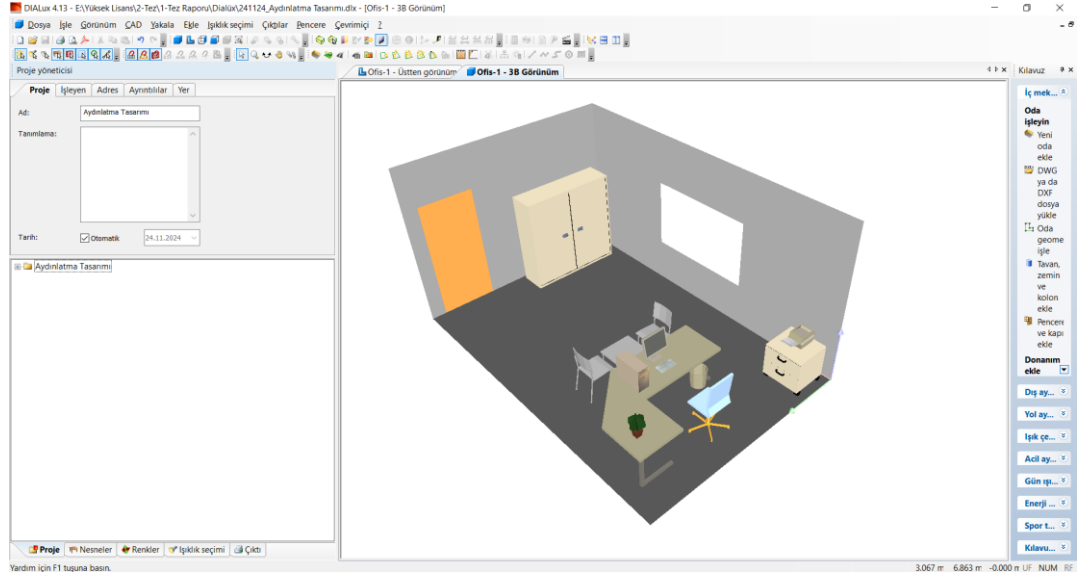
Şekil 4.10 Mekanın boyutlandırılması

Ofis odamıza ait tefriş elemanlarını Şekil 4.11’de gösterilen “nesneler” kısmından yararlanarak sağlayabiliriz. Böylelikle ofisimizde bulunacak olan kapı, pencere, masa, sandalye, bilgisayar vb. gibi elemanlar odamıza görsel açıdan hoş bir görünüm sağlayacaktır.



Şekil 4.11 Ofise ait nesnelerin seçimi

Tasarımı yapılacak olan ofise tefrişler yerleştirilerek Şekil 4.12’de var olan görsel modellenmiştir.



Şekil 4.12 Ofisin 3D görüntüsü

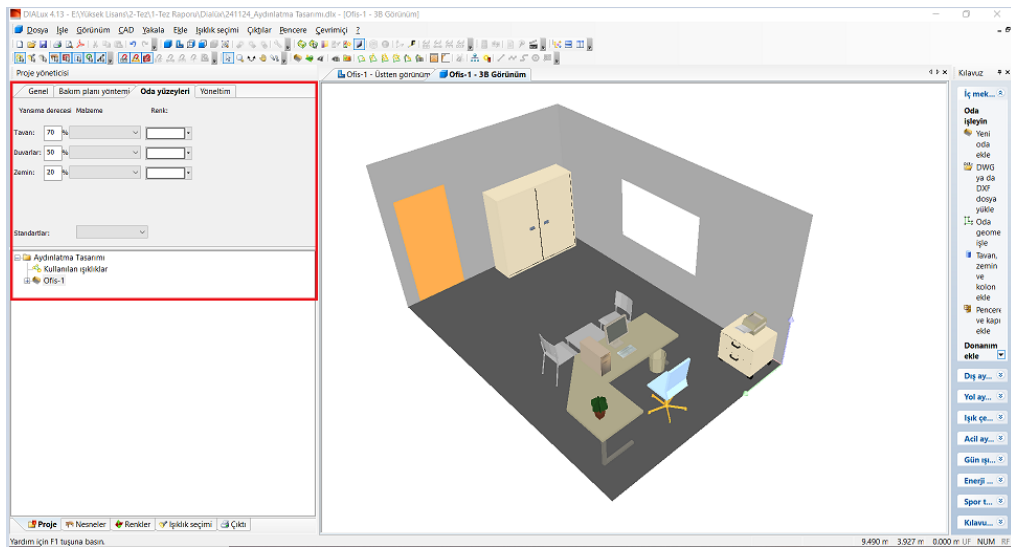
Ofise ait yüzey yansımaya katsayılarını ayarlamak için EN 12464-1 numaralı standart değerleri dikkate alınır. Bu standarda göre katsayılar aşağıda belirtilmiştir:

Tavan: 0,7 - 0,9

Duvar: 0,5 - 0,8

Zemin: 0,2 - 0,6

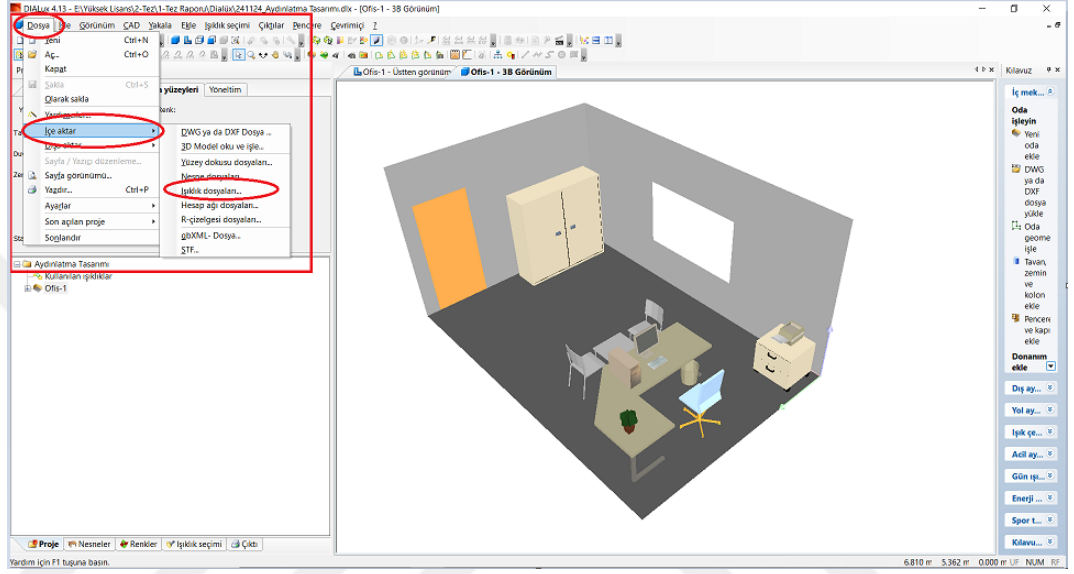
Bu değer aralıklarında olması gereken yansımaya katsayılarını değiştirmek için Şekil 4.13'te gösterildiği gibi mahal isminde bulunan “Oda Yüzeyleri” kısmına gelerek bu değerleri değiştirebiliriz.



Şekil 4.13 Oda yüzeyleri yansımaya katsayıları

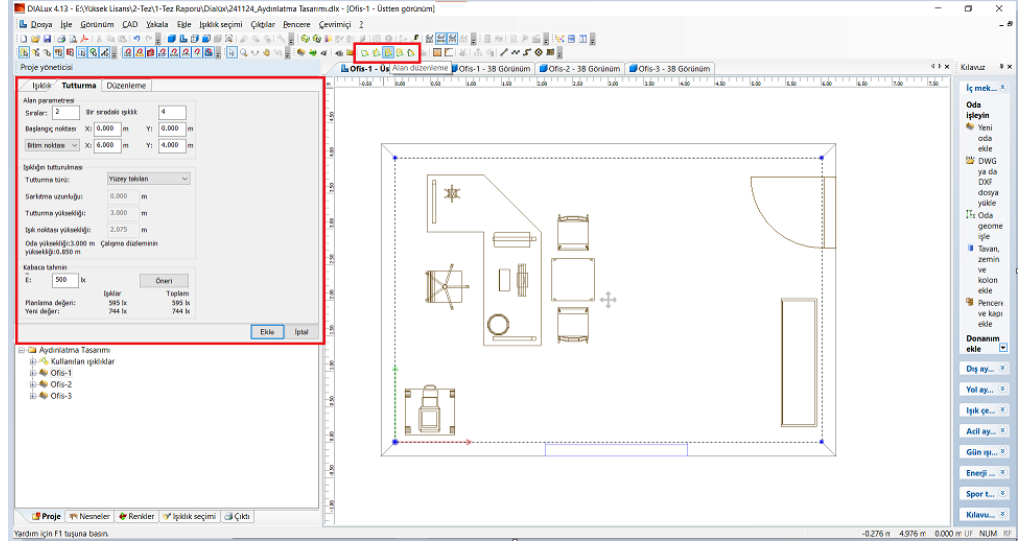
4.2.2. Aydınlatma tasarımının yapılması

DIALux kütüphanesine seçtiğimiz armatürleri aktararak oda içerisine armatür yerleşimini yapabiliriz. Bunun için “dosya” kısmından “içe aktar” seçeneği seçilerek “ışıklık dosyaları” kısmından istenilen armatür Şekil 4.14’te gösterildiği gibi kütüphane içerisine aktarılır.



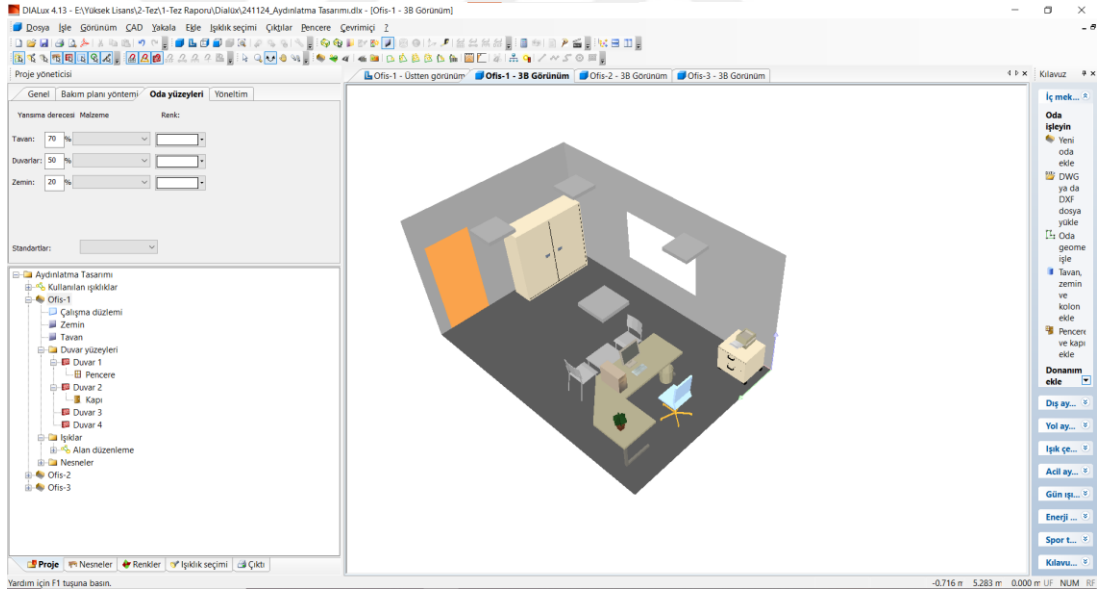
Şekil 4.14 Kütüphaneye ışıklık dosyası ekleme

DIALux 4.13 programında armatürlerin tasarımını yapmak için birkaç seçenek mevcuttur. Bu seçenekler tek ışıklık, hat düzenleme, alan düzenleme ve çember düzenlemedir. Bu yöntemlerden kısaca bahsedecek olursak; tek ışıklık, odaya tek bir adet armatür eklemektir. Hat düzenleme, tek sıra halde birçok armatür eklemektir. Alan düzenleme, yatayda ve düşeyde birçok armatür eklemektir. Çember düzenleme ise oluşturulacak çember çapına göre çember şeklinde armatürleri eklemektir. Şekil 4.15’te gösterildiği gibi alan düzenleme yaparak armatürümüzü ekleyebiliriz. Alan düzenleme kısmını seçtikten sonra “tutturma” seçeneğinin altında bulunan bölümden yatayda ve düşeyde kaç adet armatür istediğimizi ve tutturma yüksekliğini girerek armatürlerimiz modele eklenecektir.



Şekil 4.15 Armatürlerin modele eklenmesi

Armatürleri ekledikten sonra oluşacak 3D model görüntüsü Şekil 4.16’da gösterilmiştir.

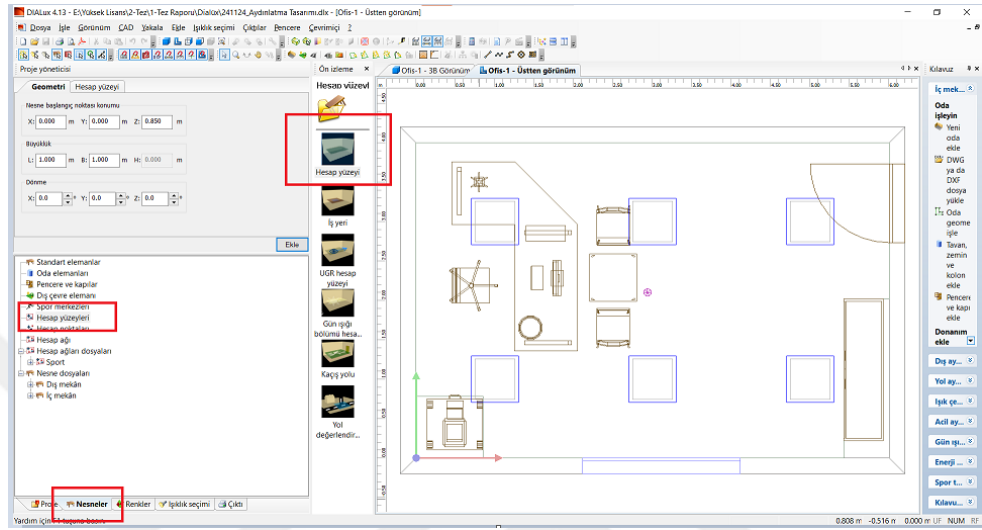


Şekil 4.16 Ofise ait 3D görüntü

DIALux programında aynı tipte 3 adet ofise ait aydınlatma tasarımı yapılacaktır. Tasarım yapılırken odalar kopyalanarak çoğaltılacak. Böylelikle her odada farklı armatürlerden farklı adette ve farklı cinsten armatür tasarımı yapılarak karşılaştırmamıza imkân sağlanacaktır.

4.2.3. Hesap yüzeyinin modele eklenmesi

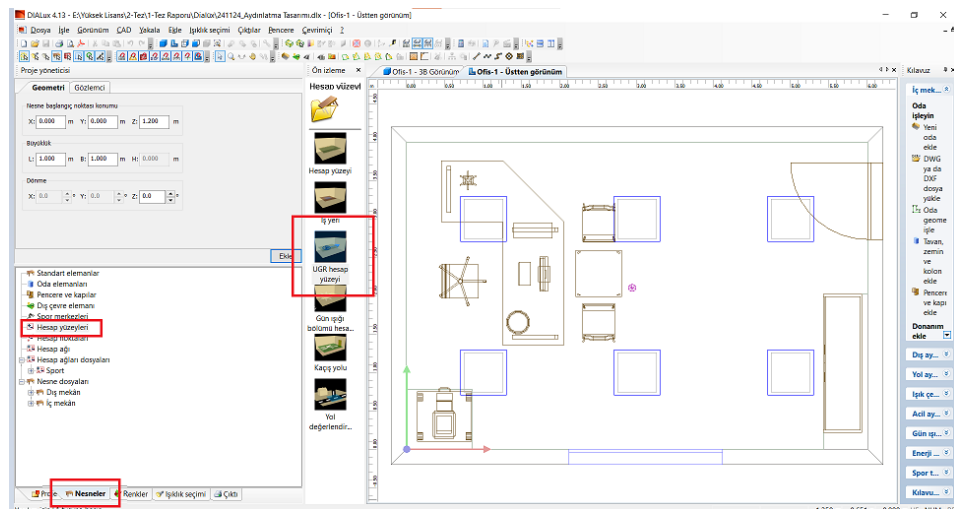
Yapılan odaya hesap yüzeyi eklemek için öncelikle “nesneler” kısmına giriş yapılır. Bu kısımda bulunan “hesap yüzeyleri” seçeneğinden Şekil 4.17’de gösterildiği gibi “hesap yüzeyleri” eklenir.



Şekil 4.17 Hesap yüzeyinin eklenmesi

4.2.4. UGR hesap yüzeyinin modele eklenmesi

Yapılan odaya hesap yüzeyi eklemek için öncelikle “nesneler” kısmına giriş yapılır. Bu kısımda bulunan “hesap yüzeyleri” seçeneğinden Şekil 4.18’de gösterildiği gibi “UGR hesap yüzeyleri” eklenir.



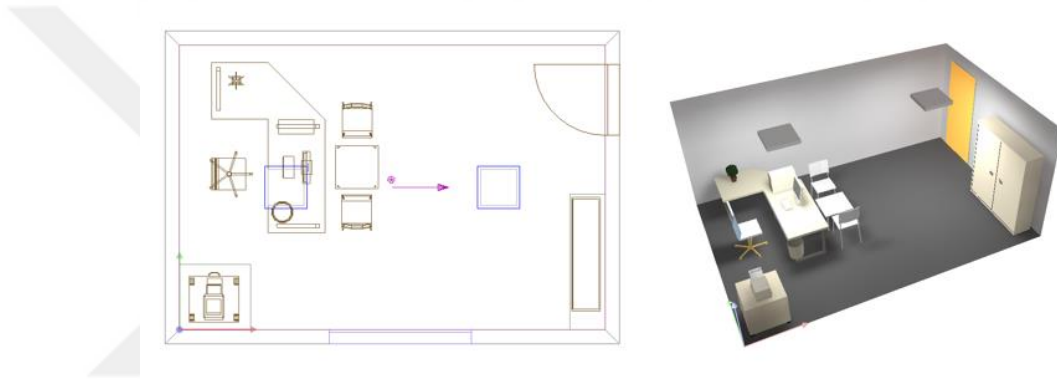
Şekil 4.18 UGR hesap yüzeyinin eklenmesi

4.2.5. Ofis alanlarının oluşturulması

Aynı tip 3 adet ofis alanı farklı kombinasyonlarda çoğaltılarak tasarım yapılmıştır. Böylece tasarımı yapılan ofis alanlarının simülasyon sonucunda ortaya çıkan değerlerinin karşılaştırılması kolaylaşacaktır.

4.2.5.1. Ofis-Tasarım/1 odası

Bu oda tasarımında Şekil 4.19’da gösterildiği gibi 1x2 olmak üzere toplamda iki adet Tip-1 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.19 Ofis-Tasarım/1

4.2.5.2. Ofis-Tasarım/2 odası

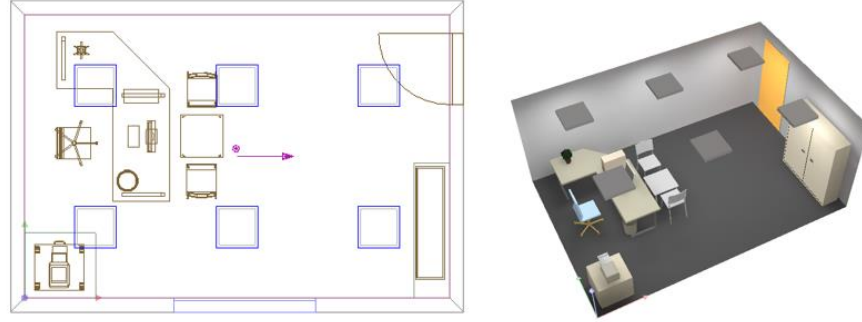
Bu oda tasarımında Şekil 4.20’de gösterildiği gibi 2x2 olmak üzere toplamda dört adet Tip-1 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.20 Ofis-Tasarım/2

4.2.5.3. Ofis-Tasarım/3 odası

Bu oda tasarımında Şekil 4.21’de gösterildiği gibi 2x3 olmak üzere toplamda altı adet Tip-1 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.21 Ofis-Tasarım/3

4.2.5.4. Ofis-Tasarım/4 odası

Bu oda tasarımında Şekil 4.22’de gösterildiği gibi 1x2 olmak üzere toplamda iki adet Tip-2 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.22 Ofis-Tasarım/4

4.2.5.5. Ofis-Tasarım/5 odası

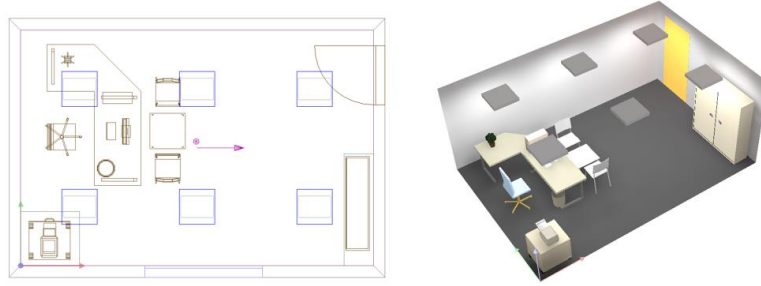
Bu oda tasarımında Şekil 4.23’te gösterildiği gibi 2x2 olmak üzere toplamda dört adet Tip-2 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.23 Ofis-Tasarım/5

4.2.5.6. Ofis-Tasarım/6 odası

Bu oda tasarımında Şekil 4.24'te gösterildiği gibi 2x3 olmak üzere toplamda altı adet Tip-2 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.24 Ofis-Tasarım/6

4.2.5.7. Ofis-Tasarım/7 odası

Bu oda tasarımında Şekil 4.25'te gösterildiği gibi 1x2 olmak üzere toplamda iki adet Tip-3 10W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.25 Ofis-Tasarım/7

4.2.5.8. Ofis-Tasarım/8 odası

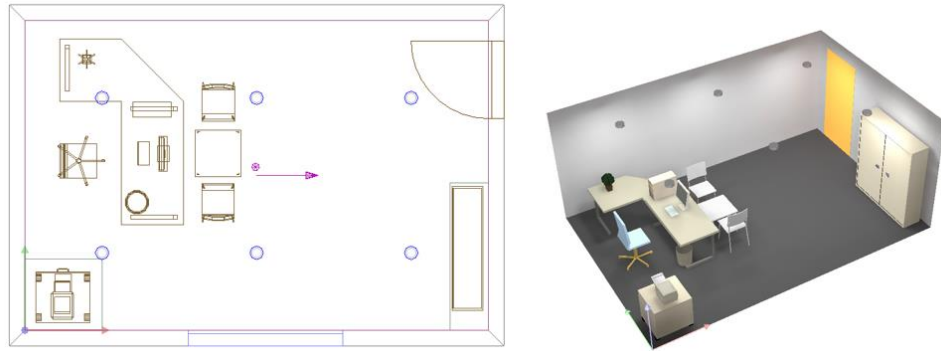
Bu oda tasarımında Şekil 4.26’da gösterildiği gibi 2x2 olmak üzere toplamda dört adet Tip-3 10W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.26 Ofis-Tasarım/8

4.2.5.9. Ofis-Tasarım/9 odası

Bu oda tasarımında Şekil 4.27’de gösterildiği gibi 2x3 olmak üzere toplamda altı adet Tip-3 10W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.27 Ofis-Tasarım/9

4.3. DIALux Ortamında Tasarlanan Mahallerin Karşılaştırılması

Genel olarak ofis ortamı için yapılan aydınlatma hesap raporu ekler kısmında yer almaktadır. Tablo 4.1’de ise ofis ortamları için ortaya çıkan değerler ve hesap sonuçlarının özeti oluşturulmuştur. Tablo 4.1’de ek olarak her bir armatürün bir günde harcadığı enerjide verilmiştir.

Tablo 4.1 Ofislere ait değerler tablosu

	OFİS								
	Tasarı m/1	Tasarı m/2	Tasarı m/3	Tasarı m/4	Tasarı m/5	Tasarı m/6	Tasarı m/7	Tasarı m/8	Tasarı m/9
Odanın Eni	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m
Odanın Boyu	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m
Odanın Yüksekliği	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m
Armatür Tipi	Tip-1	Tip-1	Tip-1	Tip-2	Tip-2	Tip-2	Tip-3	Tip-3	Tip-3
Armatür Gücü	24W	24W	24W	24W	24W	24W	10W	10W	10W
Armatür Adedi	2	4	6	2	4	6	2	4	6
Armatür Gücü	24W	24W	24W	24W	24W	24W	10W	10W	10W
Em (lux)	196 lx	363 lx	527 lx	138 lx	255 lx	370 lx	57 lx	106 lx	154 lx
Emin (lux)	27 lx	91 lx	218 lx	22 lx	94 lx	161 lx	7.7 lx	20 lx	29 lx
Emin/Em	0.139	0.251	0.414	0.162	0.367	0.435	0.135	0.191	0.19
UGR	21	21	21	21	22	21	27	27	26
Günlük Enerji (kWh/Gün)	0.576	0.576	0.576	0.576	0.576	0.576	0.24	0.24	0.24

DIALux programından yararlanılarak simülasyon çalışması yapılmıştır. Aynı özelliğe sahip dokuz adet ofis için farklı armatür özellikleri ile farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Yukarıda verilen tablo 4.1'den anlaşılabacağı üzere Ofis-Tasarım/7, Ofis-Tasarım/8 ve Ofis-Tasarım/9 mahallerinde kullanılan armatür tipi olan tip-3 10W downled armatür bu mahallerde istenilen değerlere ulaşamadığı görülmüştür. Tablo 4.2'de görüldüğü gibi EN 12464-1.2021 standardının 6.38 numaralı tablosunda yer alan personel ofislerinde en az 500 lux, 0.6 düzgünlük faktörü ve 19 UGR değeri istenmektedir. Bu sebeple ofis Ofis-Tasarım/7,8,9 mahallerinde hem aydınlık şiddeti hem de düzgünlük faktörü istenilen değerin çok altında hesaplanmaktadır. Ayrıca parlama indisi de istenilen değerlerin çok üzerinde çıktığı görülmüştür.

Tablo 4.2 EN12464-1.2021 standardı 6.38 numaralı tablo

Table 6.38 — Health care premises - Staff rooms

Ref. no.	Type of task/activity area	$\bar{E}_{m,r}$ lx	$\bar{E}_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_z$ lx	$\bar{E}_{m,wall}$ lx	$\bar{E}_{m,ceiling}$ lx	Specific requirements
6.38.1	Staff office	500	1 000	0,60	80	19	150	150	100	
6.38.2	Staff rooms	300	750	0,60	80	19	100	100	50	

Ofis-1 ve Ofis-2 mahallerinde kullanılan armatürleri karşılaştırılacak olursa, Ofis-Tasarım/1, Ofis-Tasarım/2 ve Ofis-Tasarım/3 mahallerinde kullanılan tip-1 24W kare led armatürün de istenilen değerlerden uzak olduğu görülmektedir. Çünkü Ofis-Tasarım/3 mahalinde kullanılan Tip-1 24W kare armatür ile 527 lux ve 0.414 düzgünlük değeri hesaplanmıştır. Ancak Ofis-Tasarım/6 mahalinde kullanılan Tip-2 24W kare armatür ile 370 lux, 0.435 düzgünlük değeri hesaplanmıştır. Bu durumda Tip-2 24W kare armatür daha az aydınlık şiddeti ile daha fazla düzgünlük faktörü oluşturduğu gözlemlenmiştir.

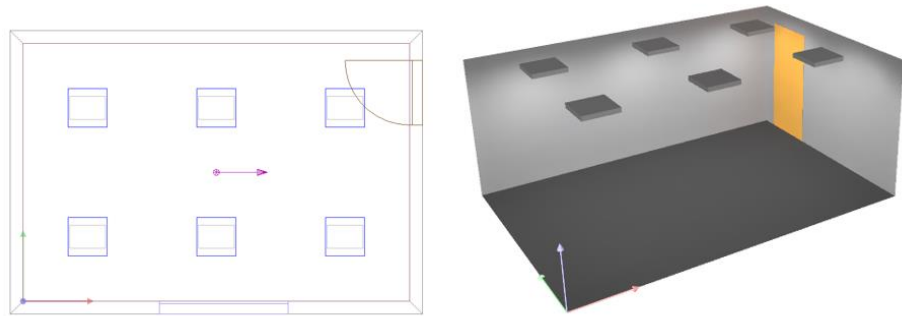
İlerleyen aşamada mekanın aydınlatması yapılırken en uygun ve en sağlıklı çözümün Tip-2 24W kare armatürün kullanılması gerektiği gözlemlenmiştir.

4.4. Ofis-Tasarım/6 Mekanı İçin Aydınlatma Tasarımının İstenen Değerlere Uyumluluğu

Belirlenen mekan aydınlatma armatürünün en düzgün ve en işlevsel olarak uyumluluğa sahip olduğundan bundan sonraki aydınlatma hesapları Ofis-Tasarım/6 mekanı üzerinden ele alınacaktır. Bu ofise ayrı ayrı hesaplar yapılarak belirli sonuçlar elde edilecektir. Ofis-Tasarım/6 odası için DIALux programı ile farklı şekilde çeşitli simülasyonlar ile deneyler yapılmıştır. Yapılan bu deneyler sonucunda belirli hesaplara ulaşılmıştır.

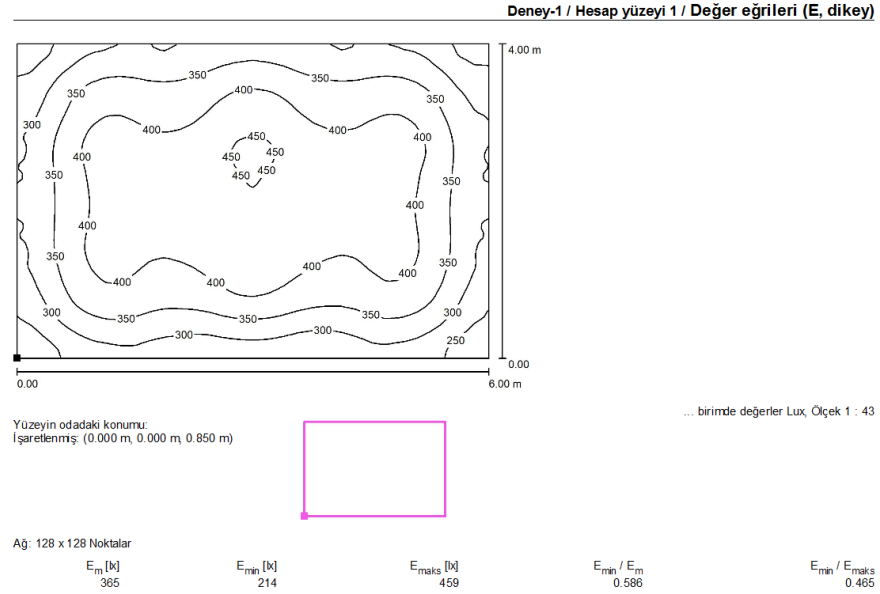
4.4.1. DIALux deney-1

İlk olarak Tip-2 24W armatür kullanılarak boş bir odada Şekil 4.28’de gösterildiği gibi tasarım yapılarak aydınlatma hesabı yapılmıştır.

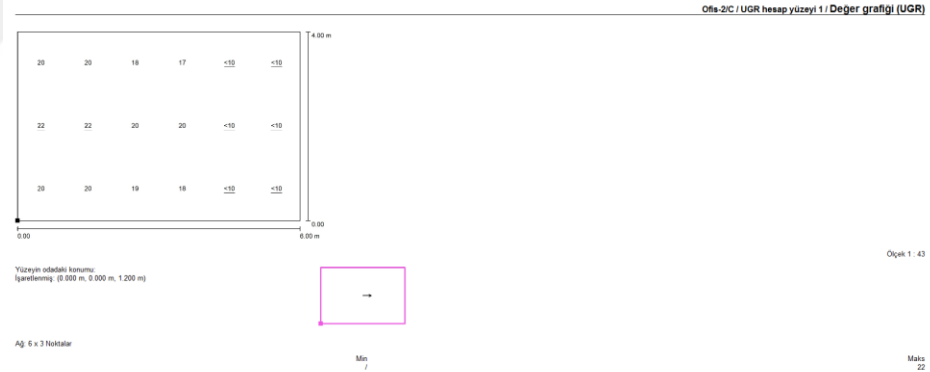


Şekil 4.28 DIALux deney-1 tasarımı

Şekil 4.29 ve 4.30'da yer alan hesap verileri ortaya çıkmıştır. Ortalama ışık şiddeti 365 lx, düzgünlük faktörü 0,586 ve parlama indisi 22 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan anlaşılabacağı üzere istenilen değerler şuan için sağlanamamıştır.



Şekil 4.29 DIALux deney-1 hesap yüzeyi sonuçları

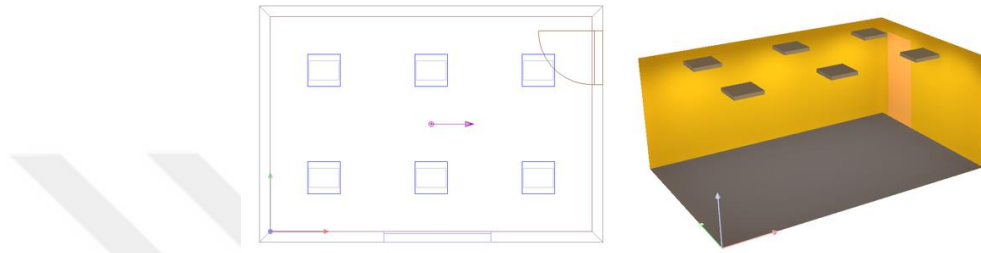


Şekil 4.30 DIALux deney-1 UGR sonuçları

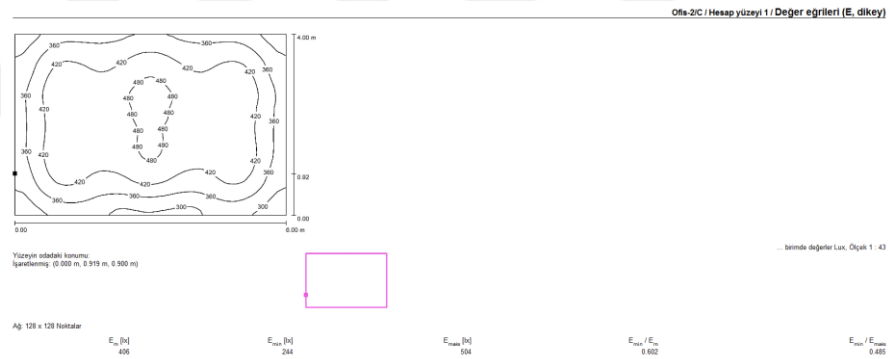
4.4.2. DIALux deney-2

Yapılan deneylerde dikkat edilmesi gereken husus ilk olarak odaya ait yansımaya katsayılarıdır. Yansımaya katsayıları ile aydınlık şiddeti, düzgünlük faktörü ve parlama indisi gibi değerlerin hesaplanmasında aktif rol oynamaktadır. Ofis mekanı alçı-sıva tavana, beton bir zemine ve kolza sarısı olan bir duvara sahip olduğu düşünülmüştür. Böylelikle tavan %78, duvarlar %55 ve zemin %27 değerine sahip yansımaya katsayıları oluşturulmuştur. Oluşturulan oda şekil 4.31'de gösterilmiştir. Şekil 4.32 ve 4.33'te

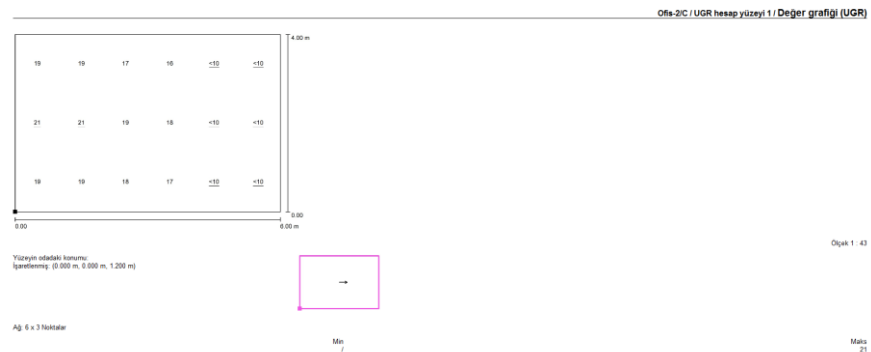
gösterildiği gibi tekrardan aynı hesap yinelenildiğinde aşağıda yer alan resimdeki gibi sonuçlar oluşacaktır. Aydınlık şiddeti 406 lx iken düzgünlük faktörünün 0.602 değerinde olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca parlama indisinin ise 21 olduğu gözlemlenmiştir. Aydınlık şiddeti bu aşamada yetersiz seviyede iken düzgünlük faktörü yeterli seviyededir. Çünkü oda içerisinde tasarlanan armatürler ofis alanına oldukça düzenli bir şekilde dağılım göstermiş bu da düzgünlük seviyesinin istenilen değerde olmasına olanak sağlamıştır.



Şekil 4.31 DIALux deney-2 tasarımı



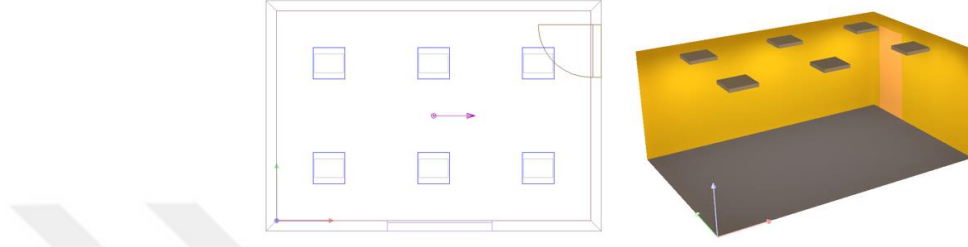
Şekil 4.32 DIALux deney-2 hesap yüzeyi sonuçları



Şekil 4.33 DIALux deney-2 UGR sonuçları

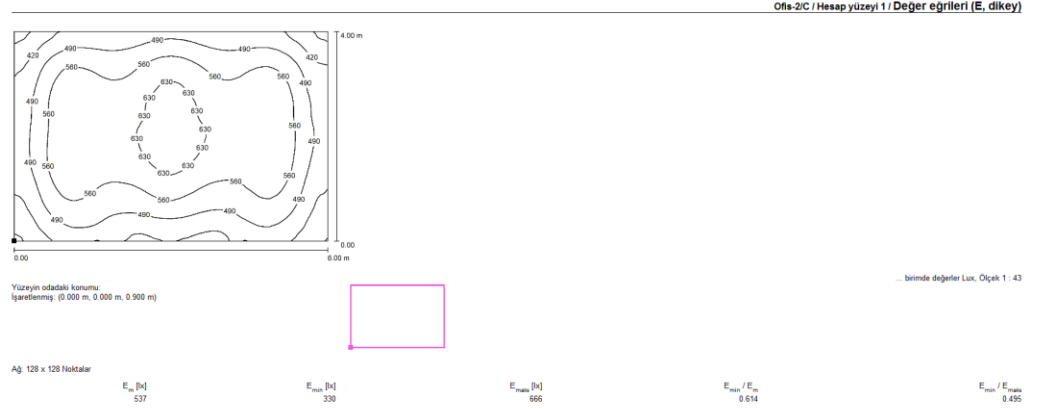
4.4.3. DIALux deney-3

Ofiste kullanılan Tip-2 24W armatürün aslında armatür türü olarak doğru bir seçim olmasıyla beraber istenilen değerleri yakalayamadığı saptanmıştır. Bu sebeple aynı tür armatüre ait bir üst güçteki armatür seçilerek sorunun çözümü hedeflenmektedir. Bu sebeple aynı tip armatürün 34W gücündeki armatürü Ofis-Tasarım/6 odası için tekrardan tasarlanacaktır. 34W değerine sahip bu armatür Tip-4 olarak isimlendirilmiştir ve Şekil 4.34'te gösterildiği gibi tasarım yapılmıştır.

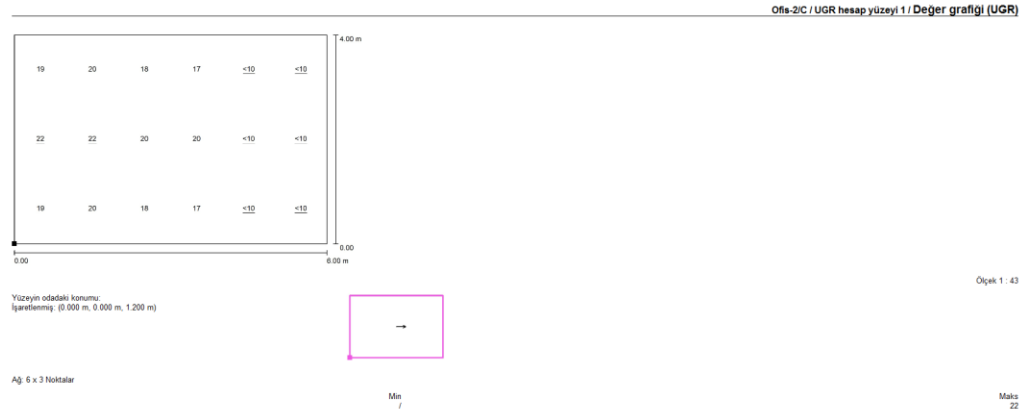


Şekil 4.34 DIALux deney-3 tasarımı

Ofiste kullanılan Tip-4 34W armatürü ile istenen aydınlık şiddeti değeri ve düzgünlük faktörü sağlanmıştır. Ancak parlama indisinin henüz sağlanamadığı gözlemlenmiştir. Şekil 4.35 ve 4.36'da görüldüğü gibi ortalama aydınlık şiddeti 537 lx, düzgünlük seviyesi 0.614 ve parlama indisi 22 olarak hesaplanmıştır.



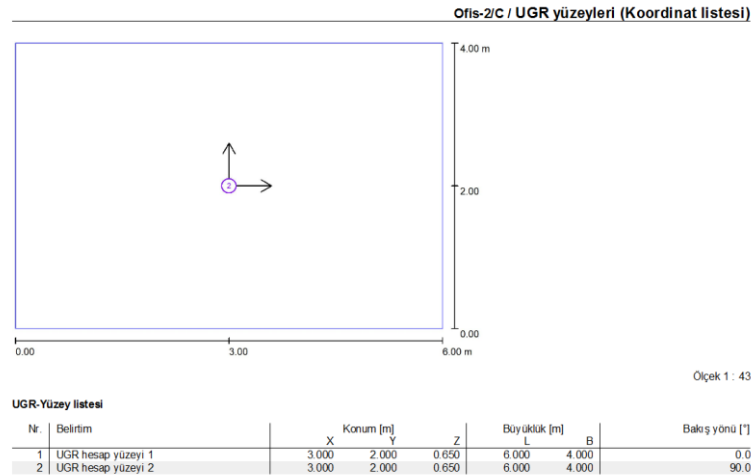
Şekil 4.35 DIALux deney-3 hesap yüzeyi sonuçları



Şekil 4.36 DIALux deney-3 UGR sonuçları

4.4.4. DIALux deney-4

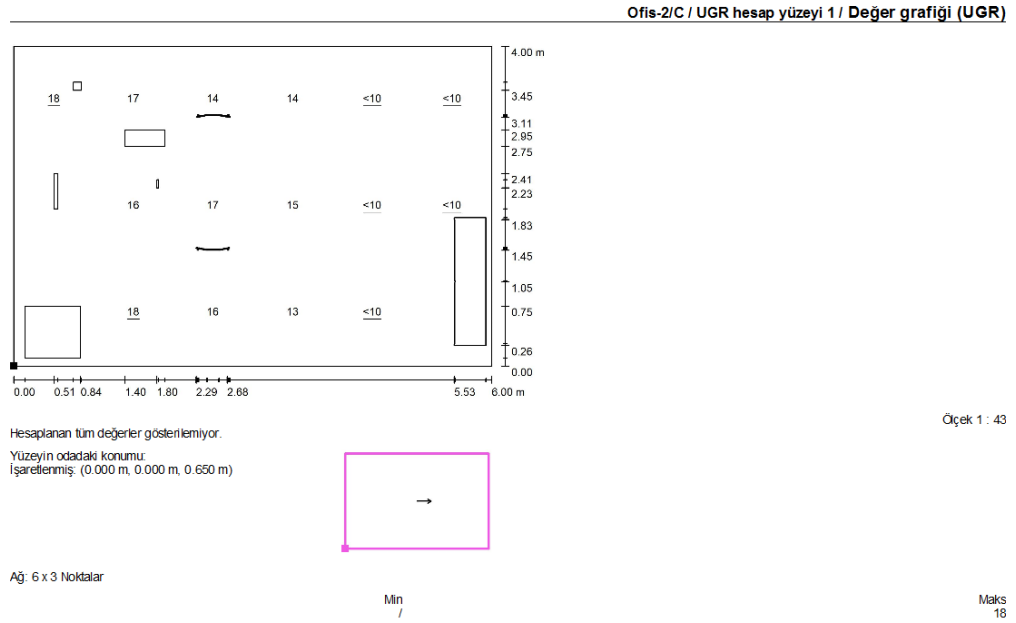
Yapılan deneylerde parlama indisinin sağlanamadığı gözlemlenmiştir. Parlama indisini etkileyen birkaç durum mevcuttur. Bunlar yansımaya katsayıları, gözün konumu ve yüksekliği parlama indisini önemli ölçüde etkileyen faktörlerdendir. Yapılan ofis ortamında çalışma düzlemi olarak masada oturan bir gözlemcinin hesabı yapılmıştır. Ancak burada kişinin çalışma masasında oturduğu pozisyon değil odanın ortasında oluşturduğu parlama indisi hesaplanmıştır. Parlama indisine ait hesap yüzeyi hem kapıya bakacak şekilde hem de duvara bakacak şekilde konumlandırılmıştır. Şekil 4.37’de bu durum gösterilmektedir.



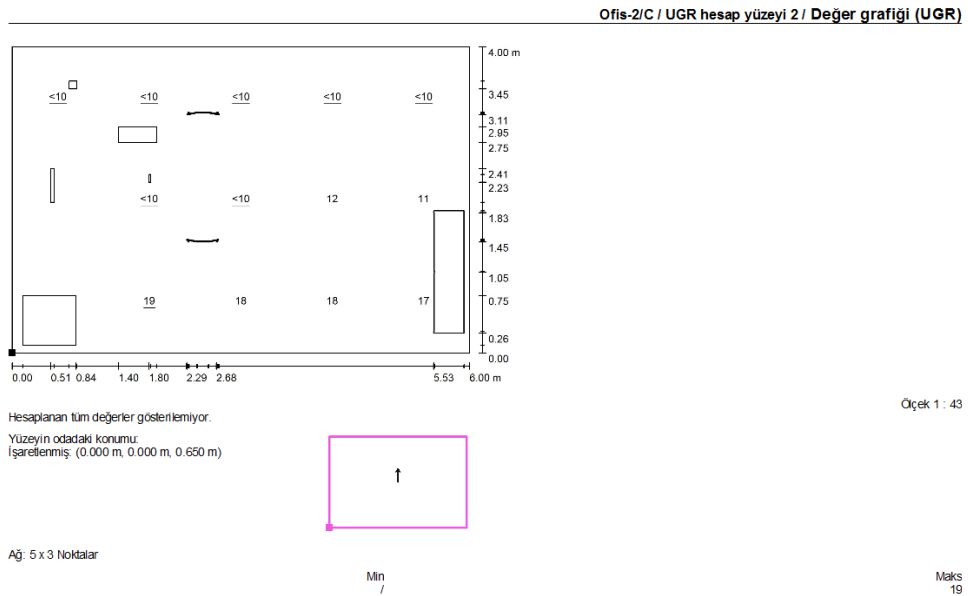
Şekil 4.37 DIALux deney-4 UGR hesap yüzeyi koordinat listesi

Bu durumda oluşan parlama indisi kapıya bakan gözlemci için Şekil 4.38’de gösterildiği gibi 18 değerine sahiptir. Şekil 4.39’da gösterildiği gibi duvara bakan

gözlemci için ise parlama indisi 19 değerine sahiptir. Buda demek oluyor ki bir önceki deneylerde daha yukarı bakan bir gözlemcinin çalışma düzleminde oluşturduğu parlama indisini azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.38 DIALux deney-4 UGR sonuçları-1

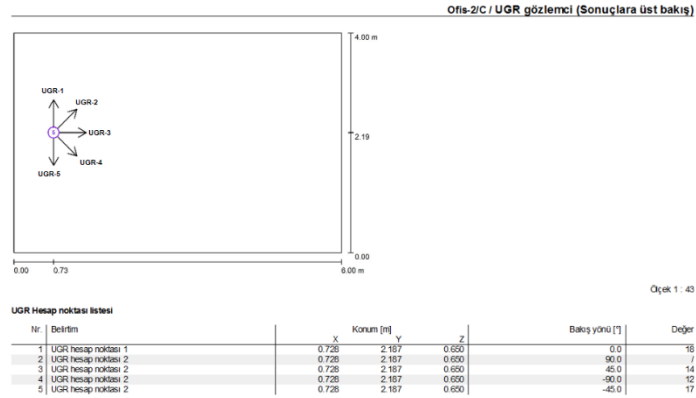


Şekil 4.39 DIALux deney-4 UGR sonuçları-2

4.4.5. DIALux deney-5

Çalışma masasına oturarak bilgisayara bakan bir gözlemcinin gözüne geldiği parlama indisi hesabı Şekil 4.40'ta gösterildiği gibi beş farklı UGR hesap noktası

oluşturularak yapılıyor ve Şekil 4.40'tan anlaşılacağı üzere parlama indisi 19 değerlerinden küçük hesaplanıyor.

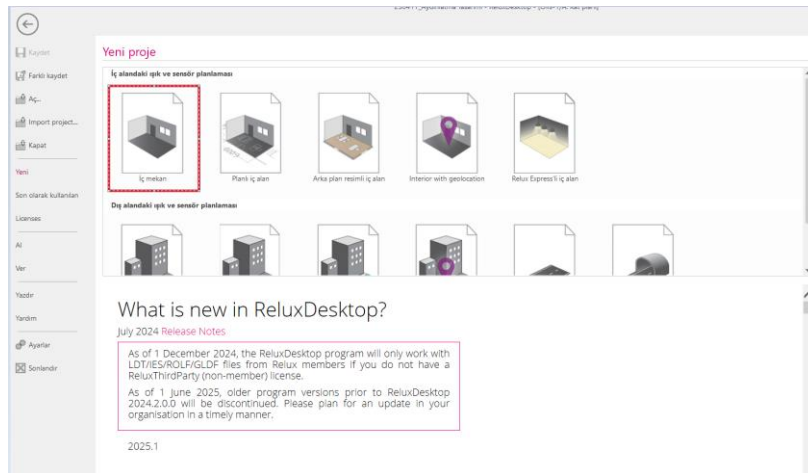


Şekil 4.40 DIALux deney-5 UGR noktaları sonuçları

4.5. Aydınlatma Tasarımının Relux ile Modellenmesi

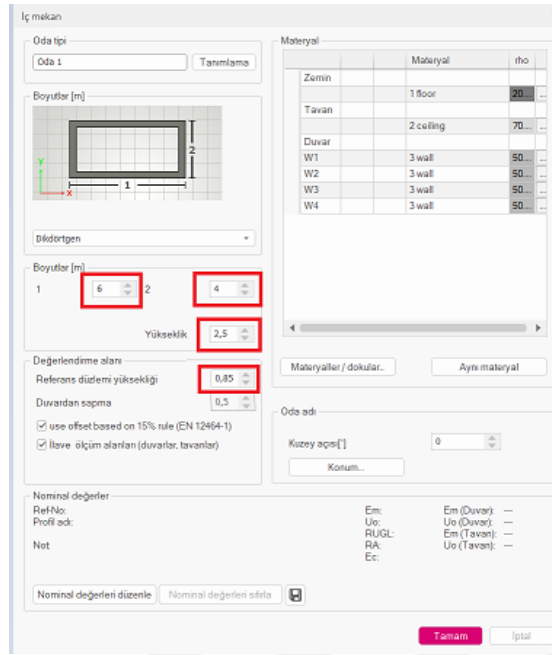
4.5.1. İç mekan oluşturulması

İlk Olarak Relux programı açılır. Önümüze çıkan pencereden Şekil 4.41’de gösterildiği gibi “Yeni iç proje” seçeneğine tıklanarak iç mekan oluşturulur.



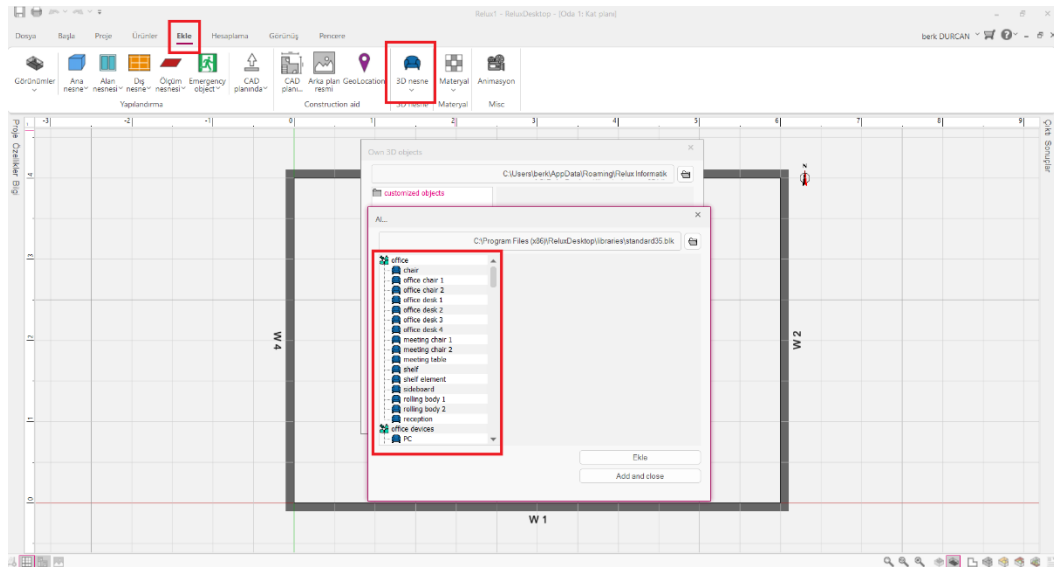
Şekil 4.41 Yeni proje oluşturulması

Şekil 4.42’de gösterildiği gibi odamızı oluşturmak için odaya ait en, boy ve yükseklik gibi parametreleri girerek iç mekanımız oluşturulur. Örneğin boyu 6 m, eni 4 m ve yüksekliği 2,5 m olan toplamda 24 m² bir ofis odası oluşturabiliriz.



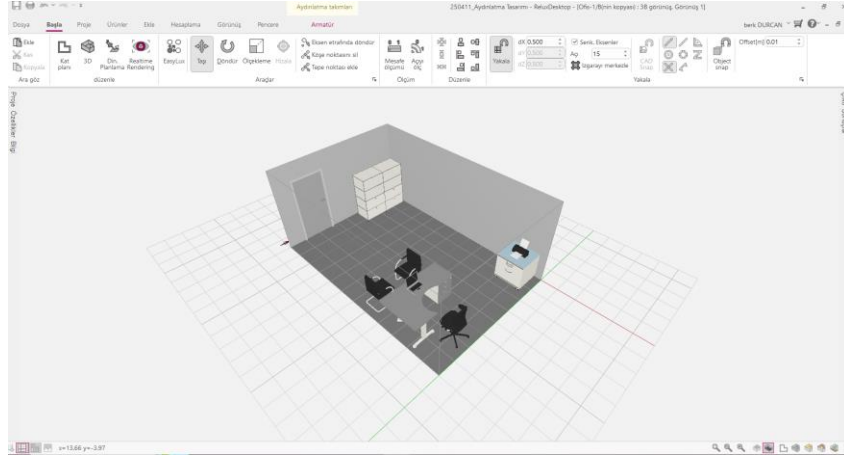
Şekil 4.42 Mekanın boyutlandırılması

Ofis odamıza ait tefriş elemanlarını Şekil 4.43'te gösterilen ekle başlığının altında bulunan “nesneler” kısmından yararlanarak sağlayabiliriz. Böylelikle ofisimizde bulunacak olan kapı, pencere, masa, sandalye, bilgisayar vb. gibi elemanlar odamıza görsel açıdan hoş bir görünüm sağlayacaktır.



Şekil 4.43 Ofise ait nesnelerin seçimi

Tasarımı yapılacak olan ofise tefrişler yerleştirilerek Şekil 4.44'te var olan görsel modellenmiştir.



Şekil 4.44 Ofisin 3D görüntüsü

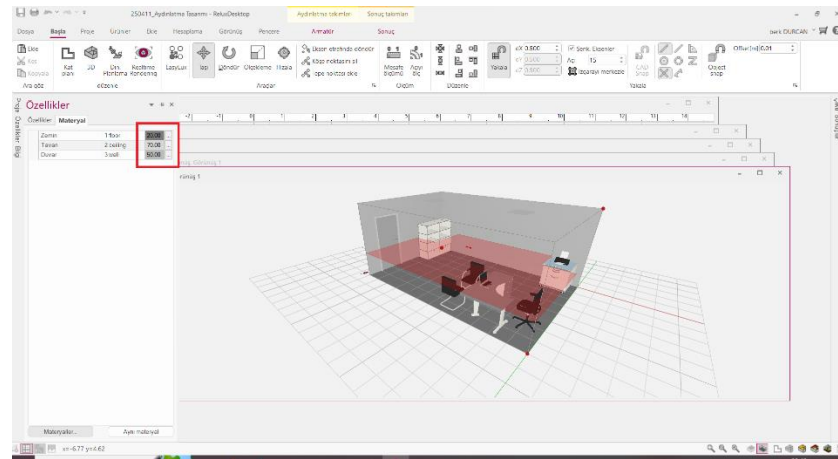
Ofise ait yüzey yansımaya katsayılarını ayarlamak için EN 12464-1 numaralı standart değerleri dikkate alınır. Bu standarda göre katsayılar aşağıda belirtilmiştir:

Tavan: 0,7 - 0,9

Duvar: 0,5 - 0,8

Zemin: 0,2 - 0,6

Bu değer aralıklarında olması gereken yansımaya katsayılarını değiştirmek için mahal isminde bulunan “Oda Yüzeyleri” kısmına gelerek Şekil 4.45’te gösterildiği gibi bu değerleri değiştirebiliriz.

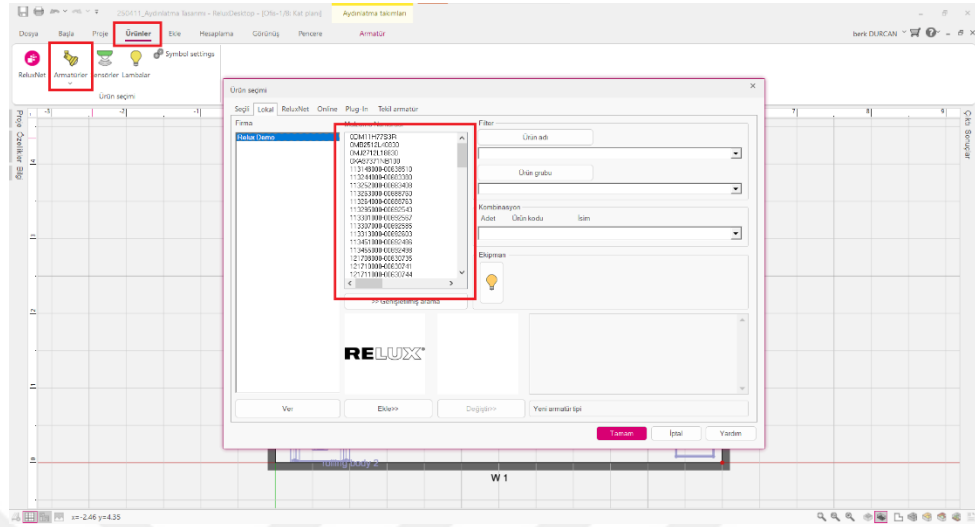


Şekil 4.45 Oda yüzeyleri yansımaya katsayıları

4.5.2. Aydınlatma tasarımının yapılması

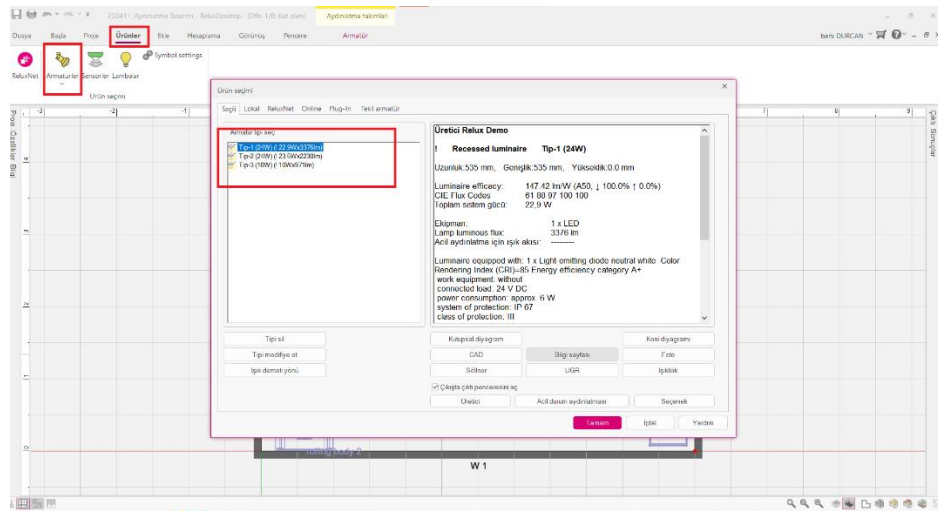
Relux kütüphanesine seçtiğimiz armatürlerin isimlerini ve tiplerini DIALux simülasyon programında kullanıldığı gibi seçerek oda içerisine armatür yerleşimini

yapabiliriz. Bunun için Şekil 4.46’da gösterildiği gibi “ürünler” kısmından “armatür” seçeneği seçilerek “ekle” kısmından istenilen armatür kütüphane içerisine aktarılır.



Şekil 4.46 Kütüphaneye ışıklık ekleme

Kütüphaneye aktarılan ışıklık dosyalarının isimleri ve güçlerini bir önceki yapılan DIALux programına uyarlamak için Şekil 4.47’de gösterildiği gibi “armatür” seçeneği altında bulunan “düzenle” kısmından yapılır.

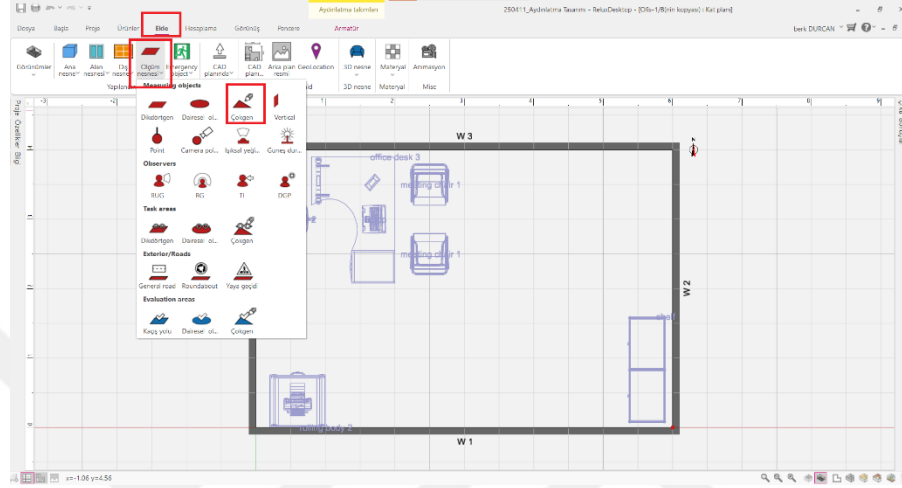


Şekil 4.47 Armatürün modele eklenmesi

Relux programında armatürler seçilerek odanın içerisine aktarılır. Böylelikle oda içerisinde hangi armatürden kaç adet olmasını istiyorsak bu talebe uygun olarak tasarım gerçekleştirilir.

4.5.3. Hesap yüzeyinin modele eklenmesi

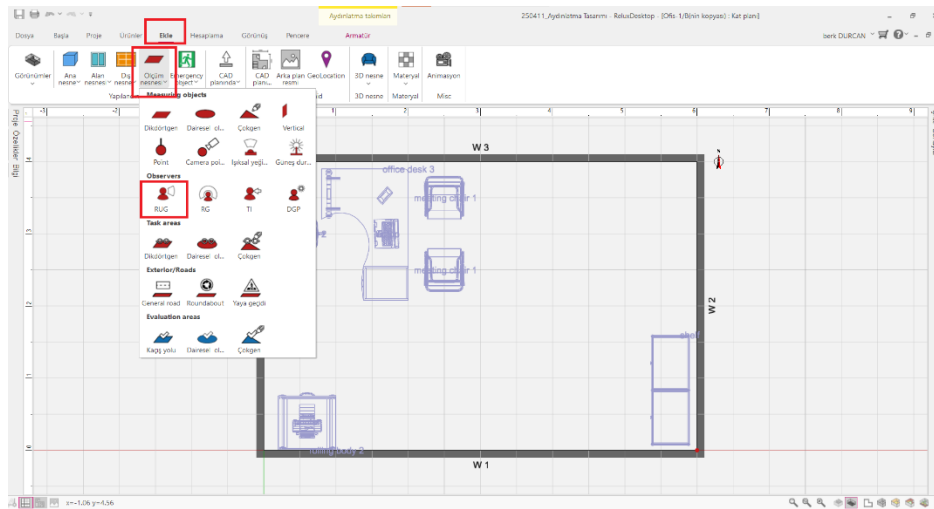
Yapılan odaya hesap yüzeyi eklemek için öncelikle “ekle” kısmına giriş yapılır. Bu kısımda bulunan “ölçüm nesnesi” seçeneğinden Şekil 4.48’de gösterildiği gibi “çokgen” eklenir.



Şekil 4.48 Hesap yüzeyinin eklenmesi

4.5.4. UGR hesap yüzeyinin modele eklenmesi

Yapılan odaya hesap yüzeyi eklemek için öncelikle “ekle” kısmına giriş yapılır. Bu kısımda bulunan “ölçüm nesneleri” seçeneğinden Şekil 4.49’da gösterildiği gibi “RUG” eklenir.



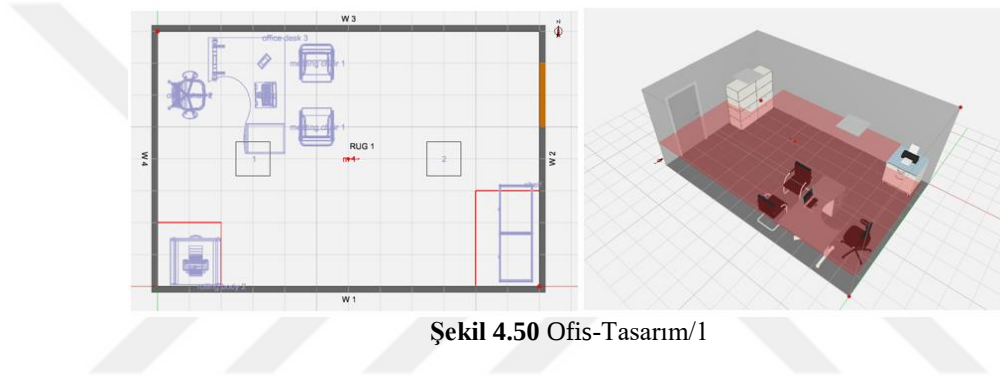
Şekil 4.49 UGR hesap yüzeyinin eklenmesi

4.5.5. Ofis alanlarının oluşturulması

Aynı tip 3 adet ofis alanı farklı kombinasyonlarda çoğaltılarak tasarım yapılmıştır. Böylece tasarımı yapılan ofis alanlarının simülasyon sonucunda ortaya çıkan değerlerinin karşılaştırılması kolaylaşacaktır.

4.5.5.1. Ofis-Tasarım/1 odası

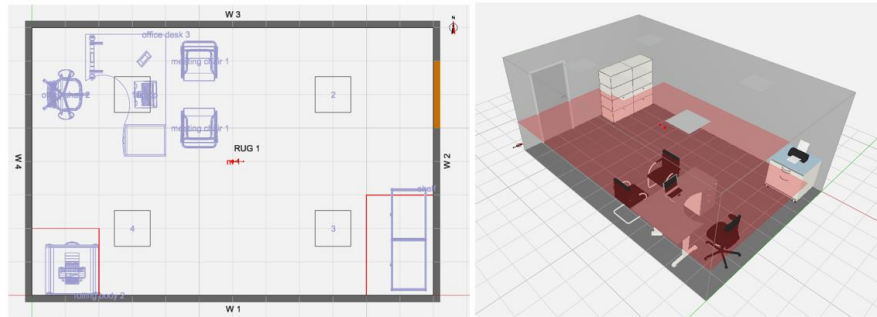
Bu oda tasarımında Şekil 4.50’de gösterildiği gibi 1x2 olmak üzere toplamda iki adet Tip-1 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.50 Ofis-Tasarım/1

4.5.5.2. Ofis-Tasarım/2 odası

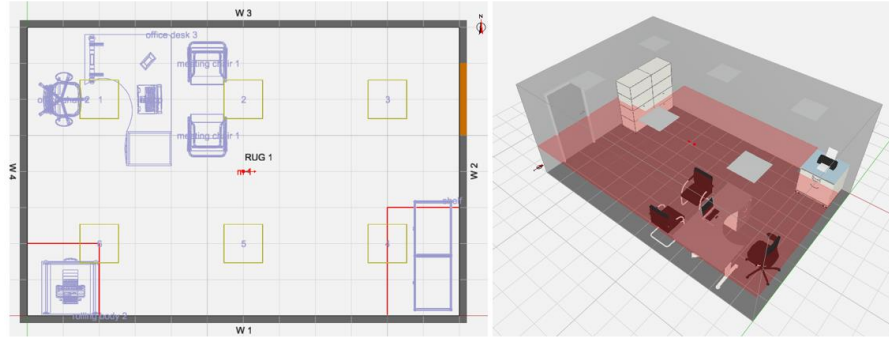
Bu oda tasarımında Şekil 4.51’de gösterildiği gibi 2x2 olmak üzere toplamda dört adet Tip-1 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.51 Ofis-Tasarım/2

4.5.5.3. Ofis-Tasarım/3 odası

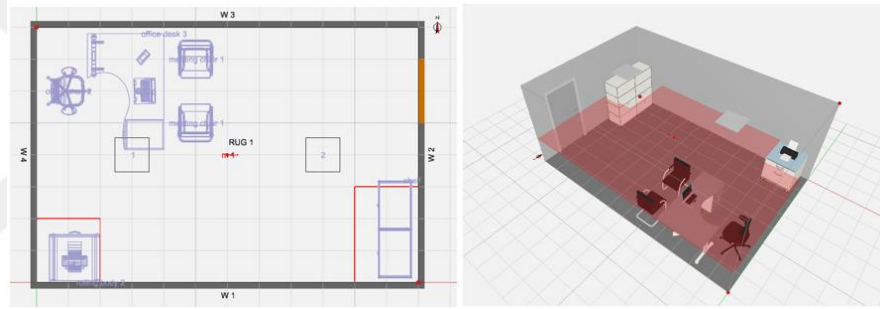
Bu oda tasarımında Şekil 4.52’de gösterildiği gibi 2x3 olmak üzere toplamda altı adet Tip-1 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.52 Ofis-Tasarım/3

4.5.5.4. Ofis-Tasarım/4 odası

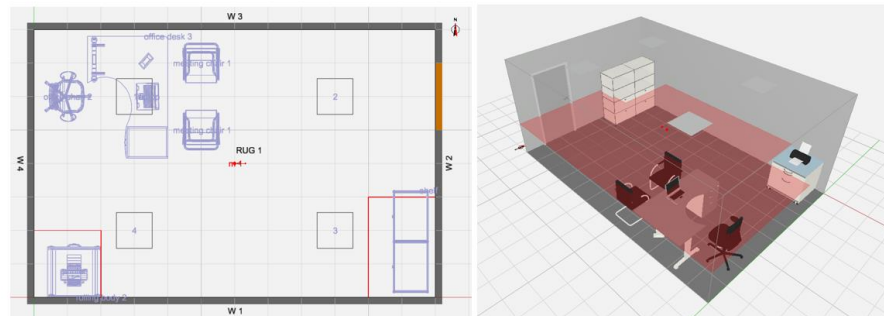
Bu oda tasarımında Şekil 4.53'te gösterildiği gibi 1x2 olmak üzere toplamda iki adet Tip-2 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.53 Ofis-Tasarım/4

4.5.5.5. Ofis-Tasarım/5 odası

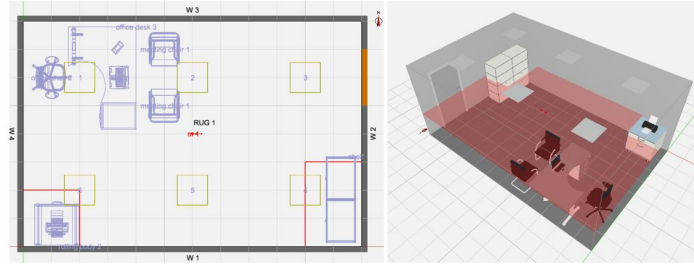
Bu oda tasarımında Şekil 4.54'te gösterildiği gibi 2x2 olmak üzere toplamda dört adet Tip-2 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.54 Ofis-Tasarım/5

4.5.5.6. Ofis-Tasarım/6 odası

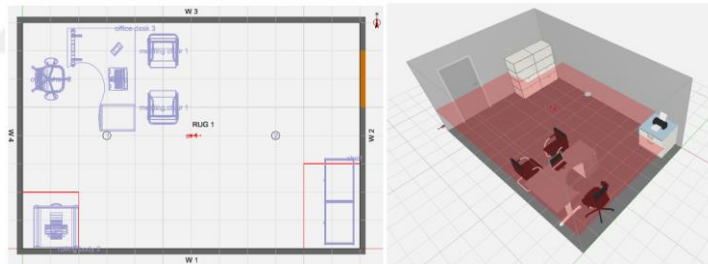
Bu oda tasarımında Şekil 4.55'te gösterildiği gibi 2x3 olmak üzere toplamda altı adet Tip-2 24W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.55 Ofis-Tasarım/6

4.5.5.7. Ofis-Tasarım/7 odası

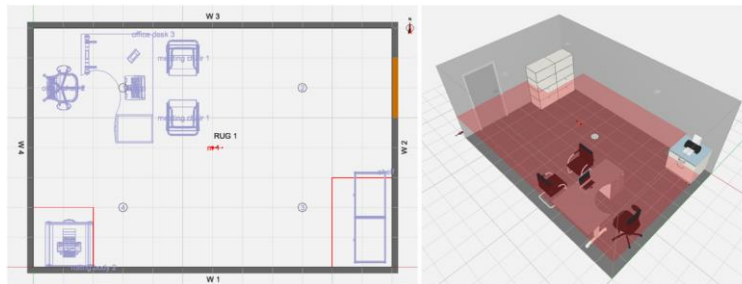
Bu oda tasarımında Şekil 4.56'da gösterildiği gibi 1x2 olmak üzere toplamda iki adet Tip-3 10W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.56 Ofis-Tasarım/7

4.5.5.8. Ofis-Tasarım/8 odası

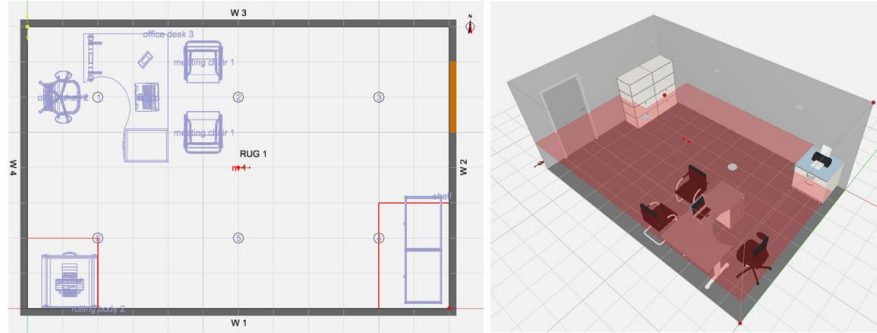
Bu oda tasarımında Şekil 4.57'de gösterildiği gibi 2x2 olmak üzere toplamda dört adet Tip-3 10W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.57 Ofis-Tasarım/8

4.5.5.9. Ofis-Tasarım/9 odası

Bu oda tasarımında Şekil 4.58’de gösterildiği gibi 2x3 olmak üzere toplamda altı adet Tip-3 10W kare armatür kullanılmıştır.



Şekil 4.58 Ofis-Tasarım/9

4.6. Relux Ortamında Tasarlanan Mahallerin Karşılaştırılması

Genel olarak ofis ortamı için yapılan aydınlatma hesap raporu ekler kısmında yer almaktadır. Tablo 4.3’te ise ofis ortamları için ortaya çıkan değerler ve hesap sonuçlarının özeti oluşturulmuştur. Tablo 4.3’te ek olarak her bir armatürün bir günde harcadığı enerjide verilmiştir.

Tablo 4.3 Ofislere ait değerler tablosu

	OFİS								
	Tasarı m/1	Tasarı m/2	Tasarı m/3	Tasarı m/4	Tasarı m/5	Tasarı m/6	Tasarı m/7	Tasarı m/8	Tasarı m/9
Odanın Eni	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m	4 m
Odanın Boyu	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m	6 m
Odanın Yüksekliği	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m	2.5 m
Armatür Tipi	Tip-1	Tip-1	Tip-1	Tip-2	Tip-2	Tip-2	Tip-3	Tip-3	Tip-3
Armatür Gücü	24W	24W	24W	24W	24W	24W	10W	10W	10W
Armatür Adedi	2	4	6	2	4	6	2	4	6
Armatür Gücü	24W	24W	24W	24W	24W	24W	10W	10W	10W
Em (lux)	211 lx	388 lx	557 lx	139 lx	255 lx	366 lx	69 lx	127 lx	178 lx
Emin (lux)	35 lx	163 lx	247 lx	23 lx	90 lx	200 lx	6 lx	26 lx	97 lx
Emin/Em	0.16	0.42	0.44	0.16	0.35	0.55	0.08	0.2	0.55
UGR	20,9	18,7	16,8	19,5	17,2	15,4	23	18,9	15,5
Günlük Enerji (kWh/Gün)	0.576	0.576	0.576	0.576	0.576	0.576	0.24	0.24	0.24

Relux programından yararlanılarak simülasyon çalışması yapılmıştır. Aynı özelliğe sahip dokuz adet ofis için farklı armatür özellikleri ile farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4.3 ile anlaşılabacağı üzere Ofis-Tasarım/7, Ofis-Tasarım/8 ve Ofis-Tasarım/9 mahallerinde kullanılan armatür tipi olan tip-3 10W downled armatür bu mahallerde istenilen değerlere ulaşamadığı görülmüştür. Tablo 4.4'e göre EN 12464-1.2021 standardının 6.38 numaralı tablosunda yer alan personel ofislerinde en az 500 lux, 0.6 düzgünlük faktörü ve 19 UGR değeri istenmektedir. Bu sebeple ofis Ofis-Tasarım/7,8,9 mahallerinde hem aydınlık şiddeti hem de düzgünlük faktörü istenilen değerin çok altında hesaplanmaktadır.

Tablo 4.4 EN12464-1.2021 standardı 6.38 numaralı tablo

Table 6.38 — Health care premises – Staff rooms

Ref. no.	Type of task/activity area	$E_{m,r}$ lx	$E_{m,u}$ lx	U_o	R_a	R_{UGL}	E_z lx	$E_{m,wall}$ lx	$E_{m,ceiling}$ lx	Specific requirements
6.38.1	Staff office	500	1 000	0,60	80	19	150	150	100	
6.38.2	Staff rooms	300	750	0,60	80	19	100	100	50	

Ofis-1 ve Ofis-2 mahallerinde kullanılan armatürleri karşılaştırılacak olursa, Ofis-Tasarım/1, Ofis-Tasarım/2 ve Ofis-Tasarım/3 mahallerinde kullanılan tip-1 24W kare led armatürün de istenilen değerlerden uzak olduğu görülmektedir. Çünkü Ofis-Tasarım/3 mahalinde kullanılan Tip-1 24W kare armatür ile 557 lux ve 0.44 düzgünlük değeri hesaplanmıştır. Ancak Ofis-Tasarım/6 mahalinde kullanılan Tip-2 24W kare armatür ile 366 lux, 0.55 düzgünlük değeri hesaplanmıştır. Bu durumda Tip-2 24W kare armatür daha az aydınlık şiddeti ile daha fazla düzgünlük faktörü oluşturduğu gözlemlenmiştir.

İlerleyen aşamada mekanın aydınlatması yapılırken en uygun ve en sağlıklı çözümün Tip-2 24W kare armatürün kullanılması gerektiği gözlemlenmiştir.

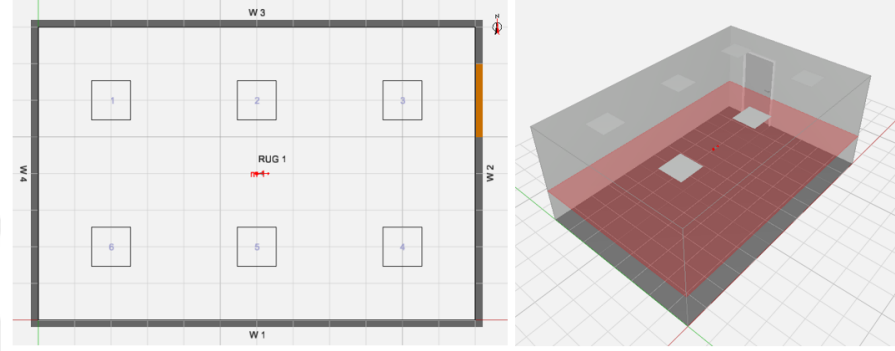
4.7. Ofis-Tasarım/6 Mekanı İçin Aydınlatma Tasarımının İstenen Değerlere Uyumluluğu

Belirlenen mekan aydınlatma armatürünün en düzgün ve en işlevsel olarak uyumluluğa sahip olduğundan bundan sonraki aydınlatma hesapları Ofis-Tasarım/6 mekanı üzerinden ele alınacaktır. Bu ofise ayrı ayrı hesaplar yapılarak belirli sonuçlar elde edilecektir. Ofis-Tasarım/6 odası için Relux programı ile farklı şekilde çeşitli

simülasyonlar ile deneyler yapılmıştır. Yapılan bu deneyler sonucunda belirli hesaplara ulaşılmıştır.

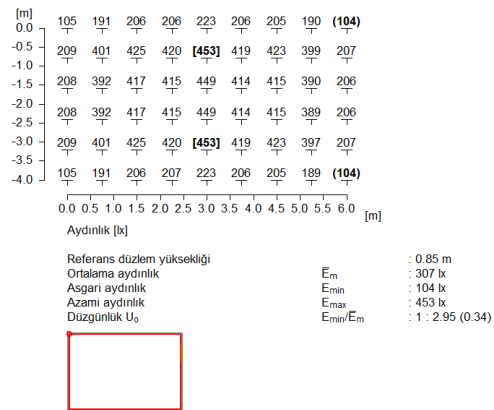
4.7.1. Relux deney-1

İlk olarak Tip-2 24W armatür kullanılarak boş bir odada Şekil 4.59'da gösterildiği gibi tasarım yapılarak aydınlatma hesabı yapılmıştır.

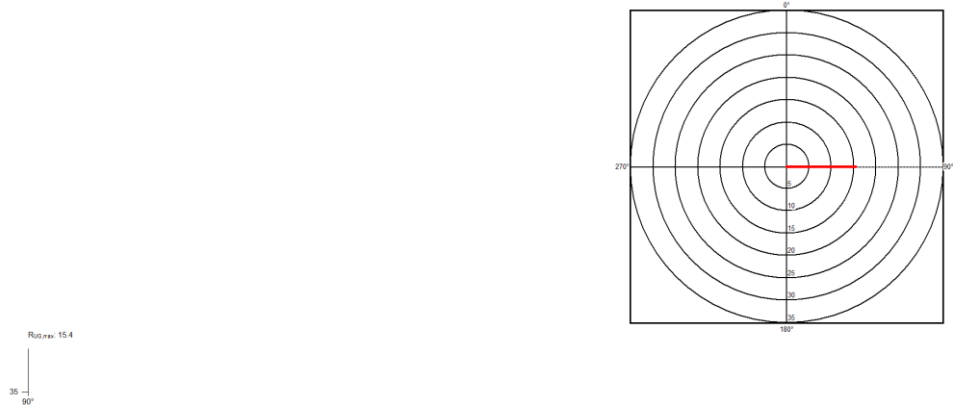


Şekil 4.59 Relux deney-1 tasarımı

Şekil 4.60 ve 4.61'de yer alan hesap verileri ortaya çıkmıştır. Ortalama ışık şiddeti 307 lx, düzgünlük faktörü 0,34 ve parlama indisi 15,6 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere istenilen lux değeri ve düzgünlük faktörü şu an için sağlanamamıştır.



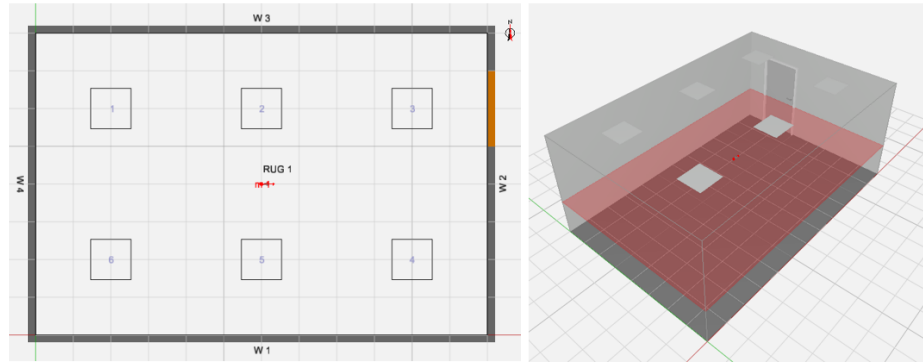
Şekil 4.60 Relux deney-1 hesap yüzeyi sonuçları



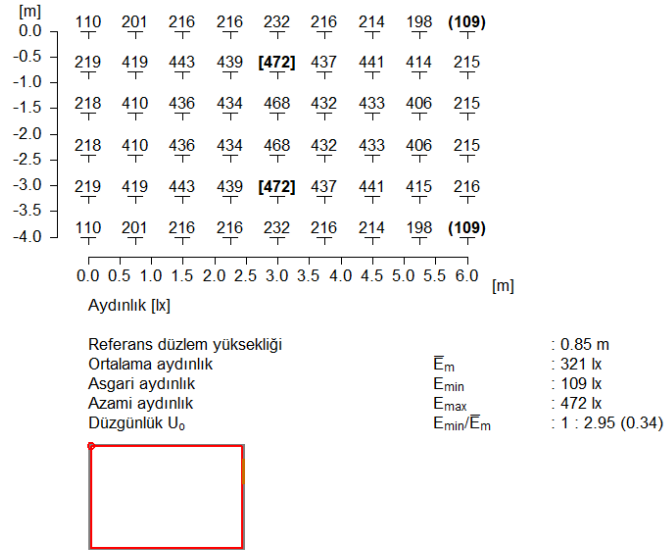
Şekil 4.61 Relux deney-1 UGR sonuçları

4.7.2. Relux deney-2

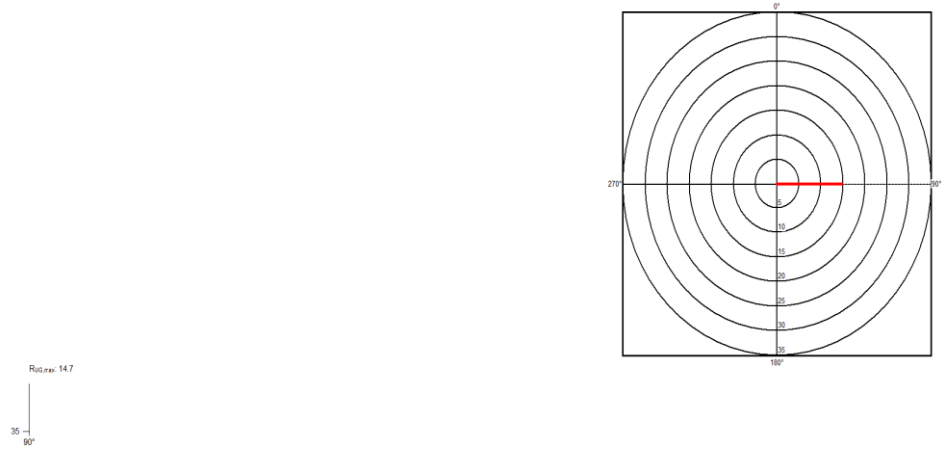
Yapılan deneylerde dikkat edilmesi gereken husus ilk olarak odaya ait yansımaya katsayılarıdır. Yansımaya katsayıları ile aydınlık şiddeti, düzgünlük faktörü ve parlama indisi gibi değerlerin hesaplanmasında aktif rol oynamaktadır. Ofis mekanı alçı-sıva tavana, beton bir zemine ve kolza sarısı olan bir duvara sahip olduğu düşünülmüştür. Böylelikle tavan %78, duvarlar %55 ve zemin %27 değerine sahip yansımaya katsayıları oluşturulmuştur. Şekil 4.62’de gösterildiği gibi tekrardan aynı hesap yinelendiğinde Şekil 4.63 ve 4.64’teki gibi sonuçlar oluşacaktır. Aydınlık şiddeti 321 lx iken düzgünlük faktörünün 0.34 değerinde olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca parlama indisinin ise 14.7 olduğu gözlemlenmiştir. Hala istenilen değerler görülememektedir.



Şekil 4.62 Relux deney-2 tasarımı



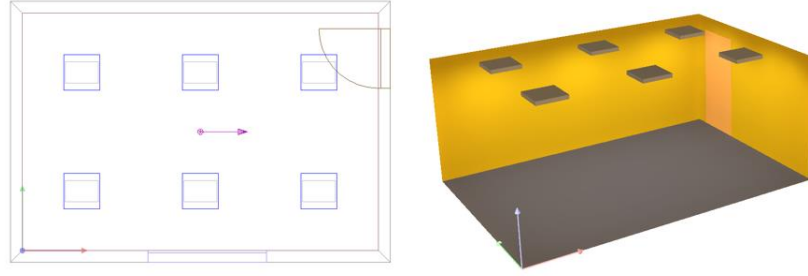
Şekil 4.63 Relux deney-2 hesap yüzeyi sonuçları



Şekil 4.64 Relux deney-2 UGR sonuçları

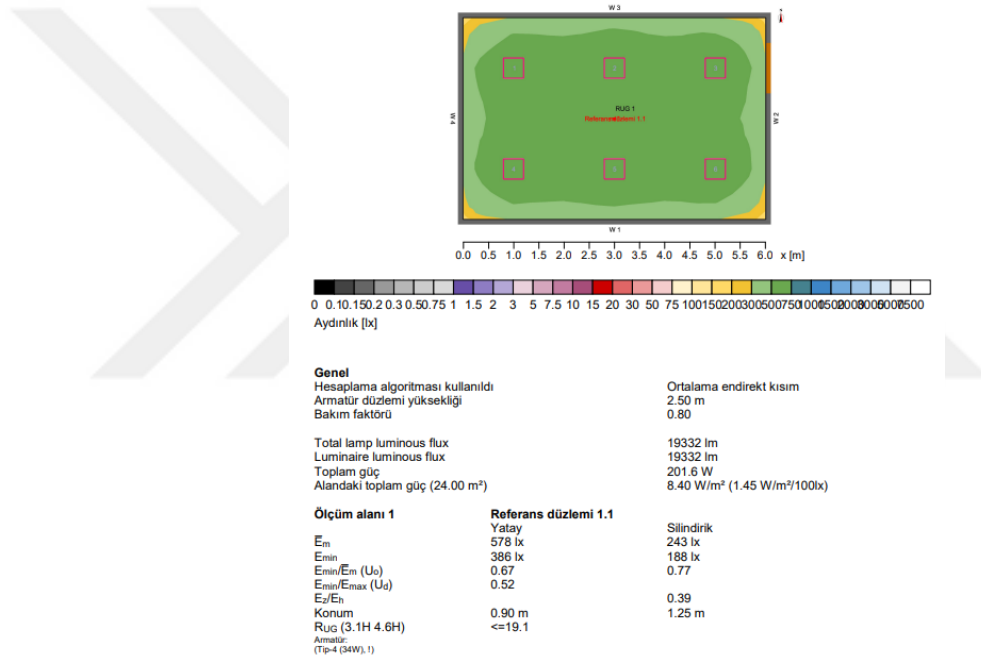
4.7.3. Relux deney-3

Ofiste kullanılan Tip-2 24W armatürün aslında armatür türü olarak doğru bir seçim olmasıyla beraber istenilen değerleri yakalayamadığı saptanmıştır. Bu sebeple aynı tür armatüre ait bir üst güçteki armatür seçilerek sorunun çözümü hedeflenmektedir. Bu sebeple aynı tip armatürün 34W gücündeki armatürü Ofis-Tasarım/6 odası için tekrardan tasarlanacaktır. 34W değerine sahip bu armatür Tip-4 olarak isimlendirilmiştir ve Şekil 4.65'te gösterildiği gibi tasarım yapılmıştır.



Şekil 4.65 Relux deney-3 tasarımı

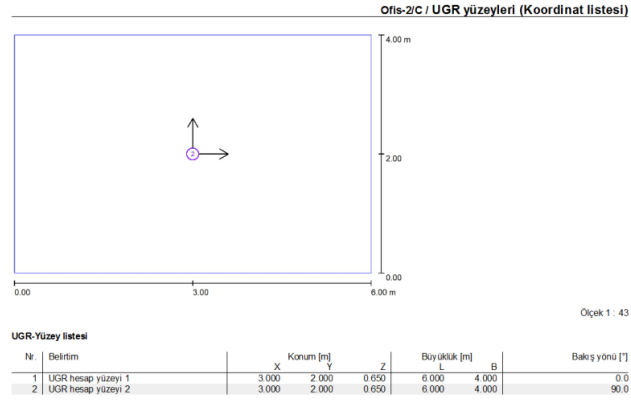
Ofiste kullanılan Tip-4 34W armatürü ile istenen değerler sağlanmıştır. Aşağıdaki Şekil 4.66'da görüldüğü gibi ortalama aydınlık şiddeti 578 lx, düzgünlük seviyesi 0.67 ve parlama indisi 19,1 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.66 Relux deney-3 hesap sonuçları

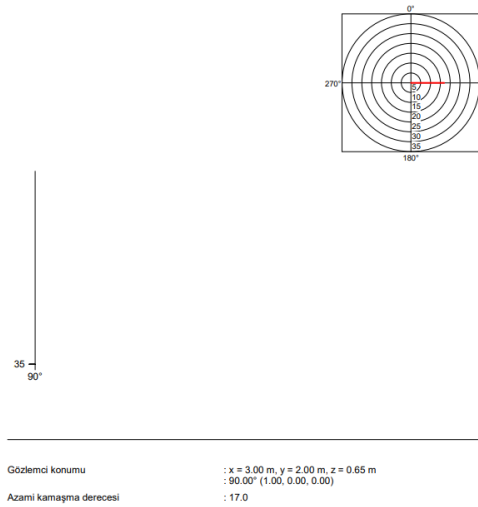
4.7.4. Relux deney-4

Parlama indisini etkileyen birkaç durum mevcuttur. Bunlar yansıma katsayıları, gözün konumu ve yüksekliği parlama indisini önemli ölçüde etkileyen faktörlerdendir. Yapılan ofis ortamında çalışma düzlemi olarak masada oturan bir gözlemcinin hesabı yapılmıştır. Ancak burada kişinin çalışma masasında oturduğu pozisyon değil odanın ortasında oluşturduğu parlama indisi hesaplanmıştır. Parlama indisine ait hesap yüzeyi hem kapıya bakacak şekilde hem de duvara bakacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu durum Şekil 4.67'de gösterilmektedir.

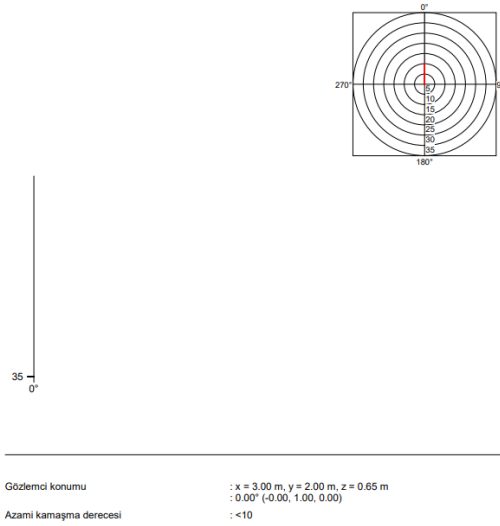


Şekil 4.67 Relux deney-4 UGR hesap yüzeyi koordinat listesi

Bu durumda oluşan parlama indisi kapıya bakan gözlemci için Şekil 4.68’de gösterildiği gibi 17,1 değerine sahiptir. Şekil 4.69’da gösterildiği gibi duvara bakan gözlemci için ise parlama indisi 10 değerine sahiptir. Buda demek oluyor ki bir önceki deneylerde daha yukarı bakan bir gözlemcinin çalışma düzleminde oluşturduğu parlama indisini azaldığı gözlemlenmiştir.



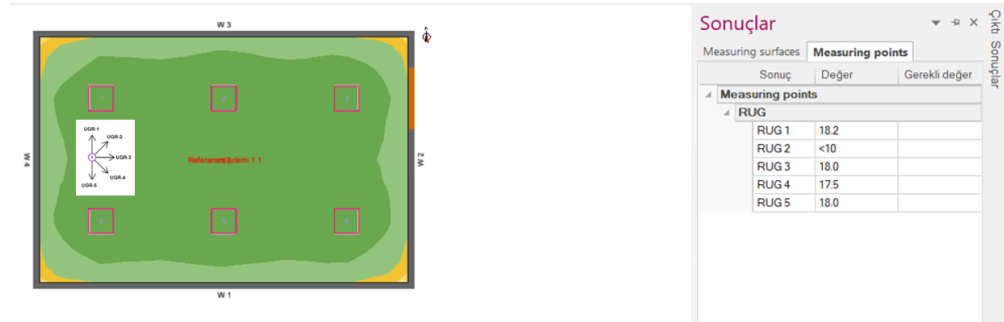
Şekil 4.68 Relux deney-4 UGR sonuçları-1



Şekil 4.69 Relux deney-4 UGR sonuçları-2

4.7.5. Relux deney-5

Çalışma masasına oturarak bilgisayara bakan bir gözlemcinin gözüne geldiği parlama indisi hesabı aşağıdaki resimde gösterildiği gibi beş farklı UGR hesap noktası oluşturularak yapılıyor ve Şekil 4.70'ten anlaşılacağı üzere parlama indisi 19 değerlerinden küçük hesaplanıyor.



Şekil 4.70 Relux deney-5 UGR noktaları sonuçları

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan araştırmalardan görüldüğü üzere ortam aydınlatması geniş kapsamlı bir konudur. İç mekan aydınlatmasında armatür seçerken dikkat edilmesi gereken birçok unsur bulunmaktadır. Bu unsurlar bir bütün oluşturduğunda hem dekoratif açıdan hem de ortamda istenilen ışık değerlerini sağlamalıdır.

Enerji verimli aydınlatma seçenekleri, enerji tüketimini azaltarak hem bireysel hem de toplumsal olarak önemli bir tasarruf ve avantaj sağlamamıza imkân tanır. Ayrıca enerji verimli aydınlatma seçenekleri, çevre dostu ve sürdürülebilir bir yaşam tarzının da bir parçasıdır. Bu sebeple yapılan simülasyon çalışmasında ofis ortamında kullanılan armatür tipler LED olarak seçilmiştir. Çünkü LED armatürler akkor lambalara kıyasla hem daha az enerji tüketimi hem de daha uzun ömürlü olmalarıyla ön plana çıkmaktadır.

Ofis alanlarında da aydınlatma önemli bir unsurdur. Çünkü ofis alanlarında yapılan aydınlatmalar, çalışan personelin performansı üzerinde önemli bir ölçüde etkiye sahiptir. Ayrıca personelin uyku düzeni, göz ve sağlığını da etkilemektedir. İyi yapılan bir aydınlatma çalışan personelin verimini artırırken, kötü yapılan bir aydınlatma çalışan personelin hem sağlığına olumsuz etki yapar hem de performansını düşürebilir. Ofislerde genel olarak 500 lux aydınlatma seviyesi sağlanmalıdır ancak bazı uygulamalar incelendiğinde bu değer 300 lux değerine kadar düşerek kabul gördüğü gözlemlenmiştir. Ofislerde genel olarak kare armatürler, downled armatürler, lineer ve sarkıt armatürler kullanılabilir. Bu seçimi yaparken ofiste asma tavan olup olmaması önem arz etmektedir. Ofis genelinde simülasyon çalışmasında da yapıldığı gibi armatürün odaya homojen dağılım yapması önemlidir. Çünkü armatürden çıkan ışık akısının oda genelinde eşit oranda dağılması ve oda da karanlık ortam kalmayacak şekilde yapılan tasarım gözü yormayarak dikkatin dağılmasını önlemektedir. Kısacası aydınlatma ergonomisine büyük katkı sağlar. Böylece hem fiziksel hem de psikolojik olarak olumlu etkiye sebep olur. Ayrıca homojen dağılımın yanında ofisteki kamaşma değeri de önem arz etmektedir.

Genellikle UGR değerinin düşük seviyelerde olması yüksek verimlilik ve konforlu bir yaşam alanı sunarken UGR değerinin yüksek seviyelerde olması gözleri rahatsız edecek şekilde kamaşmaya ve düşük verime sebep olmaktadır. Ofis ortamlarında 19 lux ve altında hesaplanan UGR değerleri olumlu sonuçlar vererek gözü

yormadan ve rahatsız etmeden verimli bir çalışma ortamı sunmaktadır. Ayrıca uzun süre bilgisayar karşısında çalışan insanlar için göz sağlığını da korumaktadır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

DIALux ve Relux programlarında tasarımı yapılan ofisin çeşitli aşamalar neticesinde ortaya çıkardığı sonuçlar bulunmaktadır. Tasarım çalışmalarından kısaca bahsedecek olursak toplamda dört farklı tip armatür kullanılmıştır ve aynı özelliklere sahip dokuz adet ofis için simülasyon çalışmaları yapılmıştır.

DIALux programında yapılan simülasyon çalışmasında Ofis-Tasarım/7, Ofis-Tasarım/8 ve Ofis-Tasarım/9'de kullanılan armatür tipinin uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Çünkü ışık şiddeti iki armatür için 57 lx, dört armatür için 106 lx ve altı armatür için 154 lx çıkmıştır. Düzgünlük seviyesi değerleri ise iki armatür için 0.135, dört armatür için 0.191, altı armatür için 0.19 hesaplanmıştır. Hesaplanan ışık şiddeti ve düzgünlük seviyeleri oldukça düşüktür. Parlama indisi ise 26 ve 27 hesaplanarak oldukça yüksektir. Bu sebeple kullanılan Tip-3 10W değerine sahip armatürün ofis ortamında kullanılmasının uygun olmadığı açıkça görülmektedir.

Relux programında yapılan simülasyon çalışmasında Ofis-Tasarım/7, Ofis-Tasarım/8 ve Ofis-Tasarım/9'de kullanılan armatür tipinin uygun olmadığı gözlemlenmiştir. Çünkü ışık şiddeti iki armatür için 69 lx, dört armatür için 127 lx ve altı armatür için 178 lx çıkmıştır. Düzgünlük seviyesi değerleri ise iki armatür için 0.08, dört armatür için 0.2, altı armatür için 0.55 hesaplanmıştır. Hesaplanan ışık şiddeti ve düzgünlük seviyeleri oldukça düşüktür. Parlama indisi ise 23 ve 15.5 arasında değerler hesaplanarak her armatür için farklı olduğu görülmüştür. Bu sebeple kullanılan Tip-3 10W değerine sahip armatürün ofis ortamında kullanılmasının uygun olmadığı açıkça görülmektedir.

Ofis-Tasarım/1, Ofis-Tasarım/2 ve Ofis-Tasarım/3'de kullanılan armatür tipinin yapılan tasarım çalışmasında ilgili ortam için yeterli bulunamamıştır. Çünkü altı adet armatür kullanılarak yapılan simülasyon çalışmasında ışık şiddeti yeterli seviyede iken düzgünlük seviyesi oldukça düşük olduğu gözlemlenmiştir. DIALux programında yapılan simülasyon çalışmasında ışık şiddeti iki armatür için 196 lx, dört armatür için 363 lx ve altı armatür için 527 lx çıkmıştır. Düzgünlük seviyesi değerleri ise iki armatür

için 0.139, dört armatür için 0.251, altı armatür için 0.414 hesaplanmıştır. Relux programında yapılan simülasyon çalışmasında ise ışık şiddeti iki armatür için 211 lx, dört armatür için 388 lx ve altı armatür için 557 lx çıkmıştır. Düzgünlük seviyesi değerleri ise iki armatür için 0.16, dört armatür için 0.42, altı armatür için 0.44 hesaplanmıştır. Bu sebeple kullanılan Tip-1 24W değerine sahip armatürün tasarımı yapılan ofis için uygun olmadığı gözlemlenmiştir.

Ofis-Tasarım/4, Ofis-Tasarım/5 ve Ofis-Tasarım/6'de kullanılan armatür tipinin yapılan tasarım çalışmasında ilgili ortam için kısmen yeterli bulunmuştur. Çünkü DIALux programında yapılan simülasyon çalışmasında ışık şiddeti iki armatür için 138 lx, dört armatür için 255 lx ve altı armatür için 370 lx çıkmıştır. Düzgünlük seviyesi değerleri ise iki armatür için 0.162, dört armatür için 0.367, altı armatür için 0.435 hesaplanmıştır. Yani ışık şiddeti değeri altı adet armatür için hem 370 lx çıkmış hem de düzgünlük seviyesi 0.435 hesaplanarak dengeli bir dağılım olduğu görülmüştür. Relux programında yapılan simülasyon çalışmasında ise ışık şiddeti iki armatür için 139 lx, dört armatür için 255 lx ve altı armatür için 366 lx çıkmıştır. Düzgünlük seviyesi değerleri ise iki armatür için 0.16, dört armatür için 0.35, altı armatür için 0.55 hesaplanmıştır. Yani ışık şiddeti değeri altı adet armatür için hem 366 lx çıkmış hem de düzgünlük seviyesi 0.55 hesaplanarak dengeli bir dağılım olduğu görülmüştür. Ancak ulaşılan sonuçların henüz yeterli olmadığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple Tip-2 armatür cinsi kullanılarak deneyler yapılmaya devam edilmiştir.

Deney-1 için yapılan çalışmada Tip-2 24W armatür kullanılmıştır. Yapılan çalışma yansıma katsayılarının tavanlar için 70, duvarlar için 50 ve zemin için 20 olarak baz alınmıştır. Aynı zamanda gözlemcinin ise 1.2 metre yükseklikten karşı duvara baktığı pozisyon için hesaplama yapılmıştır. Sonuç olarak deney-1 için DIALux programında yapılan simülasyona göre ışık şiddetinin 365 lx, düzgünlük faktörünün 0.586 ve parlama indisinin ise 22 olduğu, Relux programında yapılan simülasyona göre ise ışık şiddetinin 307 lx, düzgünlük faktörünün 0.34 ve parlama indisinin ise 15,6 olduğu gözlemlenmiştir. Yani bu durumda hala istenilen ışık şiddeti ve düzgünlük değeri değerlerine ulaşamadığımız görülmüştür. Bu kısımda DIALux ile Relux simülasyon programlarından alınan parlama indisi değerlerinin farklı olmasının birkaç sebebi vardır. DIALux genellikle UGR tablosundan faydalanarak hesaplama yaparken Relux genellikle doğrudan görüş doğrultusunda UGR hesabı yapar. Bu durumda iki yöntem içinde aynı ortamda farklı sonuçlar verebilir. Çünkü tablo yöntemi tüm görüş

doğrultularına göre ortalama bir değer verirken doğrudan yöntem belirli bir bakış yönünde en kötü duruma göre hesaplama yapar.

Deney-2 için yapılan çalışmada Tip-2 24W armatür kullanılmıştır. Yapılan çalışma yansıma katsayılarının tavanlar için alçı-sıva 78, duvarlar için kolza sarısı 55 ve zemin için beton 27 olarak baz alınmıştır. Aynı zamanda gözlemcinin ise 1.2 metre yükseklikten karşı duvara baktığı pozisyon için hesaplama yapılmıştır. Sonuç olarak deney-2 için DIALux programında yapılan simülasyona göre ışık şiddetinin 406 lx, düzgünlük faktörünün 0.602 ve parlama indisinin ise 21 olduğu gözlemlenmiştir. Yani ışık şiddeti ve düzgünlük seviyesi deney-1'e göre bir miktar artmıştır. Düzgünlük seviyesi 0.6'dan yüksek olduğu için düzgünlük seviyesi düzgün bir şekilde sağlandığı görülürken ışık şiddetinin henüz sağlanmadığı görülmüştür. Parlama indisinin ise istenilen değere daha çok yaklaştığı gözlemlenmiştir. Relux programında yapılan simülasyona göre ise ışık şiddetinin 321 lx, düzgünlük faktörünün 0.34 ve parlama indisinin ise 14,7 olduğu gözlemlenmiştir. Yani ışık şiddeti deney-1'e göre bir miktar artmıştır. Düzgünlük seviyesi 0.6'dan düşük olduğu için düzgünlük seviyesinin sağlanamadığı ve parlama indisinin ise istenilen değere ulaşamadığı gözlemlenmiştir.

Deney-3 için yapılan çalışmada Tip-4 34W armatür kullanılmıştır. Kullanılan bu armatür Tip-2 armatür cinsine sahip ancak gücü daha yüksektir. Yani aynı tip armatürün 34W değeri kullanılmıştır. Yapılan çalışma yansıma katsayılarının tavanlar için alçı-sıva 78, duvarlar için kolza sarısı 55 ve zemin için beton 27 olarak baz alınmıştır. Aynı zamanda gözlemcinin ise 1.2 metre yükseklikten karşı duvara baktığı pozisyon için hesaplama yapılmıştır. Sonuç olarak deney-3 için DIALux programında yapılan simülasyona göre ışık şiddetinin 537 lx, düzgünlük faktörünün 0.614 ve parlama indisinin ise 22 olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak istenilen ışık şiddeti ve düzgünlük değerleri sağlanmış durumdadır. Ancak parlama indisi hala sağlanamamıştır. Relux programında yapılan simülasyona göre ise ışık şiddetinin 578 lx, düzgünlük faktörünün 0.67 ve parlama indisinin ise 19.1 olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak istenilen ışık şiddeti ve düzgünlük değerleri sağlanmış durumdadır. Ancak parlama indisi hala sağlanamamıştır.

Deney-4 için yapılan çalışmada Tip-4 34W armatür kullanılmıştır. Yapılan çalışma yansıma katsayılarının tavanlar için alçı-sıva 78, duvarlar için kolza sarısı 55 ve zemin için beton 27 olarak baz alınmıştır. Aynı zamanda gözlemcinin ise ofisin orta konumunda oturduğu yükseklikten karşı duvara ve yan duvara baktığı pozisyon için hesaplama yapılmıştır. Sonuç olarak deney-4 için DIALux simülasyon programına göre

parlama indisi karşı duvara bakan pozisyon için 18, yan duvara bakan pozisyon için 19 olduğu, Relux simülasyon programına göre ise parlama indisi karşı duvara bakan pozisyon için 17, yan duvara bakan pozisyon için 10 olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak istenilen parlama indisi değeri sağlanmış durumdadır.

Deney-5 için yapılan çalışmada Tip-4 34W armatür kullanılmıştır. Yapılan çalışma yansıma katsayılarının tavanlar için alçı-sıva 78, duvarlar için kolza sarısı 55 ve zemin için beton 27 olarak baz alınmıştır. Gözlemcinin ise çalışma masasında yer alan sandalyede oturduğu varsayılarak sağa, sola, karşıya ve çapraz yönler baktığı pozisyonlar için hesaplama yapılmıştır. Sonuç olarak deney-5 için parlama indisi değerleri 19 seviyesinin altında çıktığı gözlemlenmiştir.

6.2. Öneriler

Yapılan simülasyon çalışmaları genel olarak ofis ortamı için yapılmış olup DIALux ve Relux programından faydalanarak tasarlanmıştır. Bundan sonra bu konuda yapılacak olan çalışmalar için farklı bir mekan tasarlanarak simülasyon programını daha aktif olarak kullanarak farklı mekanların aydınlatma hesapları üzerinde çalışılması literatüre olumlu katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Ağacabey T., 2001, Bilgisayar Teknolojilerinin Mimaride Aydınlatma Tasarımına Etkileri, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, 2001.
- Albayram M.A., 2009, Aydınlatma Tasarımı ve Simülasyonu, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 253 Sayfa.
- Atmaca, A. B., Zoroğlu, F., Ünver, F. R., & Zorer Gedik, G., 2022, A method for determining and improving the visual comfort change in strengthened buildings: educational building-the example of classroom Güçlendirme yapılan binalarda görsel konfor değişiminin saptanması ve iyileştirilmesi için bir yöntem: eğitim binası-derslik örneği. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* , vol.37, no.4, 1915-1930.
- Bal A., 2005, Ofis Mekanlarında Aydınlatma Tekniklerinin Değerlendirilmesi ve Yorumlanması, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Ana Sanat Dalı, İstanbul, 86 Sayfa.
- Bayrakdar G., 2016, İşyerlerinde Aydınlatma Koşullarının İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2016.
- Çelebi Z., 2007, Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Bilgisayar Programları Üzerine Bir İnceleme, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, İstanbul, 2007.
- Ekren, N. (2007). Sanal Aydınlatma Tekniğinin Aydınlatma Eğitimindeki Önemi. *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 204-211.
- Günaydın T.İ., 2022, Eğitim Yapılarında Aydınlatma Tasarımı. *Journal Of Social, Humanities and Administrative Sciences (joshas)*. DOI: 10.31589/Joshas.890.
- Kayakuş M., 2018, Eğitim Kurumlarındaki Aydınlatmanın Uluslararası Standartlara Göre İncelenmesi. *Mesleki Bilimler Dergisi (MBD)*, 7(2), 240-246.
- Onak, B., & Yıldırım, N., 2020, Eğitim Yapılarında Aydınlatma Türü ve Kullanımı Önerileri: Kocaeli Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Binası. *Mimarlık Ve Yaşam*, 5(2), 361-380.

- Şahin P., 2006, Aydınlatma Tasarımı ve Mağaza Kimliğine Katkısı, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Ana Bilim Dalı, İstanbul, 2006.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2011, TS EN 12464-1: Işık ve Aydınlatma-Çalışma Yerlerinin Aydınlatılması-Bölüm 1: İç mekan çalışma yerleri, Türk Standartları Enstitüsü, 2011.
- Usal T., 2021, Led armatürler ile aydınlatma tasarımlarının insanlar üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkilerinin incelenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizik Ana Bilim Dalı, Samsun, 2021.
- Uyan E., Küçükdoğu, M. Ş., & Aydemir, İ. (2018). Aydınlatma Kalitesini Belirleyen Psikolojik Parametrelerin Çalışma Alanı Örneğinde İncelenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(33), 51-60.
- Uygun E., & Görgülü, S., 2016, DIALux ve Relux Aydınlatma Benzetim Programlarının Gün Işığı Benzetimi Karşılaştırması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(Özel (Special) 1), 1-8.
- Uz N., 2017, Alışveriş Merkezlerinde Dış Cephe Aydınlatma Sistemlerinin Performans açısından incelenmesi; Akasya ve Akbatı alışveriş merkezleri, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, 2017.
- Ünver, F. R., & Öztürk, L., 1993, *Eğitim Yapılarında, Görsel Konforun Doğal ve Yapay Aydınlatma Açısından İncelenmesi*. 21. Yüzyıla Doğru Eğitim Yapıları Sempozyumu (pp.230-242). İstanbul, Turkey.
- Ünver, F. R., 2011, *Görsel Konfor ve Aydınlatma*. ATMK Aydınlatma Seminer, İTO (pp.1-10). İstanbul, Turkey.
- Yeni A.A., 2012, Raylı Sistem Taşımacılığında Aydınlatma Tasarım ve Uygulaması, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya, 2012.
- Yetiş E., 2010, İlaç Endüstrisinde Aydınlatma Tasarımı, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya, 2010.
- Yılmaz, Ö., 2007, Simülasyon Programlarının Aydınlatma Eğitimi'ndeki Önemi ve Örnek Bir Uygulama. *Technological Applied Sciences*, 2(3), 208-213.

EKLER**EK-1** DIALux Aydınlatma Hesap Raporu**EK-2** Relux Aydınlatma Hesap Raporu