

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AÇIK PLANLI OFİSLERDE AYDINLATMA TASARIMININ İRDELENMESİ



ŞEVKET BARAN YÜCEL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. RENGİN ÜNVER**

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIK PLANLI OFİSLERDE AYDINLATMA TASARIMININ İRDELENMESİ

Şevket Baran YÜCEL tarafından hazırlanan tez çalışması 24.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Rengin ÜNVER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Rengin ÜNVER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Hikmet Selim ÖKEM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ayfer AYTUĞ
Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışması sürecimin her aşamasında desteğini, yardımını ve sabrını benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösteren sayın hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Rengin ÜNVER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan Yapı Fiziği Bölümündeki tüm değerli hocalarıma, çalışma hayatım süresince, yüksek lisans eğitimimin devamlılığı yönünde gösterdiği anlayış ve yol göstericiliği için değerli işverenim Nergiz ARİFOĞLU'na ve NA Lightstyle bünyesindeki çalışma arkadaşlarıma, yüksek lisans eğitimim ve tez sürecim boyunca yanımda yer alan yol arkadaşlarım Nazlıcan, Işıl, Gökşenay, Çiğdem, Nesim Doğuş, Gizem, Gül Şeyma ve Fatma Belgin'e, manevi desteklerini bir an olsun esirgemeyen tüm dostlarıma çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olan, desteklerini, ilgilerini ve öğütlerini asla esirgemeyen, aştığım her zorlukta arkamda olan en fedakar ve değerli destekçilerim annem, babam ve kardeşlerime, küçük destekçilerim Beren ve Asel'e çok teşekkür ederim.

Temmuz, 2019

Şevket Baran YÜCEL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT	xv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	3
BÖLÜM 2	
AYDINLATMA SİSTEMLERİ	4
2.1 Doğal Aydınlatma Sistemi	5
2.1.1 Hacim İçi Günışığı Etkileyen Etkenler	5
2.1.1.1 Güneş ve Gök Işığı	6
2.1.1.2 Hacim Dışı Engeller.....	8
2.1.1.3 Yer Örtüsünün Yansıtıcılık Özellikleri.....	8
2.1.1.4 Günışığı Açıklıklarının (Pencerelerin) Özellikleri	9
2.1.1.5 Hacmin Özellikleri	11
2.1.2 Gelişmiş Günışığı Sistemleri	11
2.1.3 Güneş Kontrol Sistemleri	15
2.2 Yapay Aydınlatma Sistemi.....	17
2.2.1 Elektrikli Işık Kaynakları.....	18
2.2.2 Aydınlatma Aygıtları.....	19
2.2.3 Aydınlatma Kontrol Sistemleri	21

BÖLÜM 3

OFİSLERDE AYDINLATMA	23
3.1 Ofis Hacimlerinin Tasarım Ölçütleri ve Plan Tipleri	24
3.2 Ofislerde Görsel Konfor Koşulları.....	28
3.2.1 Ofislerde Yapay Aydınlatma Standardı (TS EN 12464-1:2013)	28
3.2.2 Binalarda Günışığı Standardı (TS EN 17037:2019)	33
3.2.2.1 Günışığı Aydınlığının Sağlanması	33
3.2.2.2 Dış Ortamla Görsel Bağlantının Sağlanması	35
3.2.2.3 Güneşlenme	35
3.2.2.4 Kamaşmaya Karşı Korunma.....	36
3.3 Bütünleşik Aydınlatma	37

BÖLÜM 4

AÇIK PLANLI OFİS HACMİNDE DOĞAL, YAPAY VE BÜTÜNLEŞİK AYDINLATMA TASARIMINA YÖNELİK ÖRNEKLEMELER	40
4.1 Ofis Hacminin Özellikleri.....	40
4.2 Ofis Hacminde Mevcut Doğal Aydınlatma Düzeninin Özellikleri.....	46
4.3 Mevcut Doğal Aydınlatmanın İncelenmesi ve Değerlendirilmesi.....	47
4.3.1 Doğal Aydınlatma Düzeninin İncelenmesi	47
4.3.2 Doğal Aydınlatma Sonuçlarının Değerlendirilmesi	51
4.4 Yapay Aydınlatma Önerileri	53
4.5 Yapay Aydınlatma Önerilerine İlişkin Hesap Sonuçları ve Değerlendirilmesi.	59
4.5.1 Yapay Aydınlatma Önerilerine İlişkin Hesap Sonuçları	58
4.5.2 Yapay Aydınlatma Önerilerine İlişkin Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	67
4.6 Bütünleşik Aydınlatma Önerisi Hesap Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	70
4.6.1 Bütünleşik Aydınlatma Önerisi Hesap Sonuçları.....	70
4.6.2 Bütünleşik Aydınlatma Önerisi Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi	73

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	76
5.1 Sonuçlar.....	77
5.2 Öneriler	80
KAYNAKLAR.....	82

EK-A

DOĞAL AYDINLATMA HESAP SONUÇLARI	87
ÖZGEÇMİŞ.....	102

SİMGE LİSTESİ

C	Kontrast, Karşıtlık
cd	Kandela
cm	Santimetre
E	Aydınlık Düzeyi (lm/m ² , lux)
E _{ort}	Ortalama Aydınlık Düzeyi (E _m ; \bar{E})
E _p	Noktada Aydınlık Düzeyi
K	Kelvin, ışık kaynağı için renk sıcaklığı
L	Işıklılık (Luminance; cd/m ²)
lm	Lümen
lx	Lux
m	Metre
m ²	Metrekare
r	Işık yansıtma çarpanı (ρ)
Ra	Renksel Geriverim İndisi (Colour Rendering Index)
Tc	Renk Sıcaklığı (Colour Temperature)
U _o	Aydınlık Dağılım Düzensizliği (illuminance uniformity)
UGR	Kamaşma Düzeyi (Unified Glare Rating)

KISALTMA LİSTESİ

CEN	European Committee for Standardization
CIBSE	The Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	Commission Internationale de L'éclairage
CRI	Colour Rendering Index (Renksel Geriverim İndisi)
EN	European Standard
IESNA	The Illuminating Engineering Society of North America (IES)
LED	Light Emitting Diodes (Işık yayan Diyotlar)
OLED	Organic Light Emitting Diodes (Organik Işık Yayan Diyotlar)
TDK	Türk Dil Kurumu
TSE	Türk Standardları Enstitüsü

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1	Güneş ışığı ve atmosferde yayınması sonucu oluşan gök ışığı.....	6
Şekil 2. 2	Kuzey yarım kürede 40° Kuzey enlemi için ekinoks ve gün dönümü tarihlerinde güneşin konumu	7
Şekil 2. 3	Açık Gök – Kapalı Gök – Ortalama Gök modelleri	7
Şekil 2. 4	Yüksek binalar, alçak binaların güneş ışığını engellerler	8
Şekil 2. 5	Yandan(a-b-c-d-e) ve tepe(f-g) pencere tipi örnekleri	10
Şekil 2. 6	Işık raflarının şematik gösterimi.....	12
Şekil 2. 7	Anidolik tavan uygulaması	12
Şekil 2. 8	Prizmatik panelin ışığı yönlendirmesi	13
Şekil 2. 9	HOE sistem ile günışığının mekanın iç bölümlerine aktarılması	13
Şekil 2. 10	Yansıtıcı yüzey veya ışın kırıcı yüzey ile ışınımın yoğunlaştırılması.....	14
Şekil 2. 11	Yandan ışıyan ışık tüpü ile aydınlatılan iç mekan örneği	14
Şekil 2. 12	Uçtan ışıyan ışık tüpünün şematik gösterimi	15
Şekil 2. 13	Fiberoptik sistemin çalışma prensibi.....	15
Şekil 2. 14	İç ortam gölgeleme elemanları	16
Şekil 2. 15	Yatay-Düşey-Karma-Sabit Paralel Levha gölgeleme elemanları	17
Şekil 2. 16	Hareketli dış ortam gölgeleme elemanları. a-yatay / b-düşey / c-markiz / d-jaluzi / e-kinetik	17
Şekil 2. 17	Tespit biçimine göre aydınlatma aygıtı örnekleri.....	20
Şekil 3. 1	Hacmin yeterli günışığı alabilmesi için önerilen pencere-parapet ölçüleri..	25
Şekil 3. 2	Hücre planlı ofis örneği.....	25
Şekil 3. 3	Açık planlı ofis örneği.....	26
Şekil 3. 4	Serbest planlı ofis örneği	26
Şekil 3. 5	Grup planlı ofis ofis örneği.....	27
Şekil 3. 6	Karma planlı ofis örneği	27
Şekil 3. 7	Aydınlık düzeyi ve ışıklılık ilişkisinin şematik gösterimi	30
Şekil 3. 8	Genel aydınlatma yapılan (solda) ve bölgesel aydınlatma yapılan (sağda) ofis örneği	31
Şekil 3. 9	1000K-10000K aralığındaki renk sıcaklıklarının şematik ifadesi	31
Şekil 3. 10	R_a değeri farklı ışık kaynaklarıyla aydınlatılan aynı nesnenin görünüşleri ...	32
Şekil 3. 11	Işğın doğrultusal özelliklerine göre nesnelerin algılanış biçimi farklılaşır ...	33
Şekil 3. 12	Hacmin ağırlıklı kullanılan bölgesinin referans düzlem içindeki biçim ve konumuna örnekler	34
Şekil 3. 13	Güneşlenmenin değerlendirildiği referans nokta	36

Şekil 3. 14	PSALI yönteminin şematik gösterimi	38
Şekil 4. 1	Ofis kompleksi vaziyet planı.....	41
Şekil 4. 2	C yapısı Kuzey cephesi	41
Şekil 4. 3	C yapısı 7. kat planı	42
Şekil 4. 4	Ofis hacmi planı ve donatı yerleşimi	44
Şekil 4. 5	Ofisin tümünde genel aydınlatma durumunun incelenmesi için oluşturulan referans çalışma düzlemi (RÇD)	45
Şekil 4. 6	Çalışma masalarındaki genel aydınlatmanın ayrı ayrı incelenmesi için oluşturulan aydınlatma bölgeleri (Z1-Z6).....	45
Şekil 4. 7	Çalışma masalarındaki genel aydınlatmanın ayrı ayrı incelenmesi için oluşturulan çalışma düzlemleri (ÇD1-ÇD20).....	45
Şekil 4. 8	Günişliği aydınlık düzeyi değerlerinin hesaplandığı ızgara sistem (2 x 2 m) .	46
Şekil 4. 9	Ofis hacmi pencere açıklıkları alanları.....	46
Şekil 4. 10	Ofis hacmi kesiti.....	47
Şekil 4. 11	DIALux Evo programı ile yapılan modelleme görselleri.....	47
Şekil 4. 12	15 Aralık 9.00, 12.00, 15.00 saatlerinde RÇD üzerindeki aydınlık düzeyi renk skalası	49
Şekil 4. 13	15 Mart 9.00, 12.00, 15.00, 18.00 saatlerinde RÇD üzerindeki aydınlık düzeyi renk skalası.....	49
Şekil 4. 14	15 Haziran 9.00, 12.00, 15.00, 18.00 saatlerinde RÇD üzerindeki aydınlık düzeyi renk skalası.....	49
Şekil 4. 15	15 Eylül 9.00, 12.00, 15.00, 18.00 saatlerinde RÇD üzerindeki aydınlık düzeyi renk skalası.....	50
Şekil 4. 16	Koridor aydınlatması için kullanılan R1 ve R2 aygıtlarının şematik yerleşim planı.....	55
Şekil 4. 17	B1 durumu (bakış doğrultusuna dik) aydınlatma aygıtı yerleşim planı	57
Şekil 4. 18	B2 durumu (bakış doğrultusuna paralel – masa iki yanında) aydınlatma aygıtı yerleşim planı.....	57
Şekil 4. 19	B3 durumu (bakış doğrultusuna paralel – sandalye aksında) aydınlatma aygıtı yerleşim planı.....	57
Şekil 4. 20	Bakış doğrultusuna göre aygıt yönelimi önerilerinin şematik gösterimi	58
Şekil 4. 21	Mekan tavan düzlemi (TÇD).....	59
Şekil 4. 22	Koridor duvar düzlemi (DÇD)	60
Şekil 4. 23	ÇB1-Çalışma bölümü öneri 1: LD1–B1 durumu şematik kesiti	61
Şekil 4. 24	ÇB1-Çalışma bölümü öneri 1: LD1–B1 durumu model görselleri	61
Şekil 4. 25	ÇB2-Çalışma bölümü öneri 2: LD2–B1 durumu şematik kesiti	62
Şekil 4. 26	ÇB2-Çalışma bölümü öneri 2: LD2–B1 durumu model görselleri	62
Şekil 4. 27	ÇB3-Çalışma bölümü öneri 3: LD1–B2 durumu şematik kesiti	63
Şekil 4. 28	ÇB3-Çalışma bölümü öneri 3: LD1–B2 durumu model görselleri	63
Şekil 4. 29	ÇB4-Çalışma bölümü öneri 4: LD2–B2 durumu şematik kesiti	64
Şekil 4. 30	ÇB4-Çalışma bölümü öneri 4: LD2–B2 durumu model görselleri	64
Şekil 4. 31	ÇB5-Çalışma bölümü öneri 5: LD1–B3 durumu şematik kesiti	65
Şekil 4. 32	ÇB5-Çalışma bölümü öneri 5: LD1–B3 durumu model görselleri	65
Şekil 4. 33	ÇB6-Çalışma bölümü öneri 6: LD2–B3 durumu şematik kesiti	66
Şekil 4. 34	ÇB6-Çalışma bölümü öneri 6: LD2–B3 durumu model görselleri	66
Şekil 4. 35	Aydınlatma aygıtı gruplarının şematik gösterimi	70

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1	Yer örtüsü malzemelerinin yansıtma çarpanı örnekleri.....9
Çizelge 2. 2	Farklı cam türleri için ışık geçirme çarpanı (t) değerleri 11
Çizelge 2. 3	Bazı ışık kaynağı (lambda) tiplerinin özellikleri 19
Çizelge 2. 4	Aydınlatma kontrol sistemleri ve özellikleri 21
Çizelge 3. 1	Neufert'e göre ofis hacminde önerilen ölçüler 24
Çizelge 3. 2	Neufert'e donatılar arasında olması gereken mesafeler 24
Çizelge 3. 3	TS EN 12464-1'e göre ofislerde sağlanması gereken değerler 29
Çizelge 3. 4	TS EN 12464-1 standardında iç yüzeyler için önerilen ışık yansıtma çarpanları 30
Çizelge 3. 5	Kamaşma düzeyine göre duyulanma dereceleri 32
Çizelge 3. 6	Güneşten yararlanmaya ilişkin önerilen aydınlık düzeyi dereceleri .. 34
Çizelge 3. 7	Dış görüş derecelendirmesi..... 35
Çizelge 3. 8	Güneşlenme süresine yönelik dereceler 36
Çizelge 3. 9	Kamaşmadan korunmaya ilişkin önerilen dereceler 37
Çizelge 4. 1	Ofis hacmindeki donatıların ölçü ve şematik çizimleri 43
Çizelge 4. 2	Ofis hacmindeki iç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları..... 44
Çizelge 4. 3	İstanbul ili için Perez berraklık indisi yöntemi ile oluşturulmuş gök durumu sınıflandırması 48
Çizelge 4. 4	Doğal aydınlatma hesap sonuçları 50
Çizelge 4. 5	Referans çalışma düzleminin (RÇD) %95'inde ≥ 100 lx ve %50'sinde ≥ 300 lx aydınlık düzeyi sağlanması durumu. 51
Çizelge 4. 6	Koridor bölümü için önerilen R1 ve R2 aygıtlarının özellikleri 54
Çizelge 4. 7	Çalışma masaları için önerilen LD1 ve LD2 aygıtlarının özellikleri 56
Çizelge 4. 8	ÇB1-Çalışma bölümü öneri 1: LD1-B1 durumu hesap sonuçları..... 61
Çizelge 4. 9	ÇB2-Çalışma bölümü öneri 2: LD2-B1 durumu hesap sonuçları..... 62
Çizelge 4. 10	ÇB3-Çalışma bölümü öneri 3: LD1-B2 durumu hesap sonuçları..... 63
Çizelge 4. 11	ÇB4-Çalışma bölümü öneri 4: LD2-B2 durumu hesap sonuçları..... 64
Çizelge 4. 12	ÇB5-Çalışma bölümü öneri 5: LD1-B3 durumu hesap sonuçları..... 65
Çizelge 4. 13	ÇB6-Çalışma bölümü öneri 6: LD2-B3 durumu hesap sonuçları..... 66
Çizelge 4. 14	Öneri yapay aydınlatma durumları için harcanan enerji çizelgesi 67
Çizelge 4. 15	Örneklenen gün ve saatlerde, aygıt gruplarının dimmerleme senaryoları 71
Çizelge 4. 16	15 Aralık, 15 Mart, 15 Haziran, 15 Eylül bütünleşik aydınlatma sonuçları 72

Çizelge 4. 17	Bütünleşik aydınlatma düzeninde harcanan enerji çizelgesi	73
Çizelge A. 1	15 Aralık, saat 9.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	87
Çizelge A. 2	15 Aralık, saat 12.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	88
Çizelge A. 3	15 Aralık, saat 15.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	89
Çizelge A. 4	15 Mart, saat 9.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	90
Çizelge A. 5	15 Mart, saat 12.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	91
Çizelge A. 6	15 Mart, saat 15.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	92
Çizelge A. 7	15 Mart, saat 18.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	93
Çizelge A. 8	15 Haziran, saat 9.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	94
Çizelge A. 9	15 Haziran, saat 12.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	95
Çizelge A. 10	15 Haziran, saat 15.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	96
Çizelge A. 11	15 Haziran, saat 18.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	97
Çizelge A. 12	15 Eylül, saat 9.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	98
Çizelge A. 13	15 Eylül, saat 12.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	99
Çizelge A. 14	15 Eylül, saat 15.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	100
Çizelge A. 15	15 Eylül, saat 18.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları	101

AÇIK PLANLI OFİSLERDE AYDINLATMA TASARIMININ İRDELENMESİ

Şevket Baran YÜCEL

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rengin ÜNVER

İnsanoğlu var olduğundan bu yana doğal ışık kaynaklarından yayımlanan günışığı aracılığı ile görme eylemlerini gerçekleştirmeyi hedeflemiş ve kapalı mekanları günışığından en üst düzeyde yararlanacak özelliklerde tasarlamaya çalışmıştır. Tarihsel süreçte, günışığının yeterli ya da var olmadığı saatlerde ise ateşten, elektrikli ışık kaynaklarına (elektrik lambalarına) uzanan değişik yapay kaynaklar kullanılmıştır. Özellikle, 1930'lu yıllardan sonra lambalardaki teknolojik gelişmelere paralel olarak mekanların aydınlatılmasında yapay ışık kaynaklarının kullanımı ağırlık kazanmaya ve günışığından etkin biçimde yararlanılması durumu göz ardı edilmeye başlamıştır.

1970'li yıllara gelindiğinde, tüketimi oldukça artan elektrik enerjisinin, genellikle yenilenemeyen enerji kaynakları olan fosil yakıtlardan elde edilmesi, çevresel kirliliğe neden olan etmenlerden biri olarak görülmesine yol açmıştır. Ayrıca, elektrik enerjisi elde etme ve kullanım giderlerinin artması da ekonomik bir problem olarak gündeme gelmiştir. Bunların yanı sıra, yapılan bazı araştırmalar günışığından yeterince yararlanılmamasının, insan sağlığı ve psikolojisine olumsuz etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Kısacası, elektrikli yapay ışık kaynaklarının kullanımının artması küresel ve bireysel ölçekte çevresel, ekonomik, sağlıksal ve psikolojik bazı sorunların da güncel duruma gelmesine neden olmuştur. Söz konusu sorunların giderilmesi için aydınlatma açısından en etkili yöntemlerden biri de günışığının daha etkin kullanımudur.

Günışığının yetersiz kaldığı alanlarda yapay aydınlatmanın kullanılması esasına dayanan bütünleşik aydınlatma yaklaşımı, görsel konfor koşullarından ödün vermeden günışığının en etkin şekilde kullanılmasını amaçlar. Bütünleşik aydınlatmada, doğal ve

yapay aydınlatmanın birbiriyle uyumlu tasarlanması gereklidir. Günışığının etkin kullanımı için yapı kabuğu saydamlık oranı, pencere özellikleri, cephe yönü, gölgeleme elemanları vb. bütünleşik aydınlatmayı etkileyen etkenler dikkatle ele alınmalı ve yapay aydınlatma düzeni bu etkenlerden gelen veriler doğrultusunda tasarlanmalıdır.

Ofis yapıları, yapay aydınlatma enerjisi tüketimi açısından büyük paya sahip, ağırlıklı olarak gündüz saatlerinde kullanılan bina tipolojilerinden biridir. Bu nedenle, etkin enerji kullanımı, çalışanların görsel konforu, sağlığı ve psikolojisi vb. açılardan ofislerde doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma tasarımının doğru kurgulanması büyük önem taşır.

Tez çalışması 5 bölümden oluşmaktadır.

Bölüm 1’de konuya giriş yapılarak, çalışmanın literatür özeti, amacı ve hipotezi sunulmuştur.

Bölüm 2’de aydınlatma sistemleri doğal ve yapay aydınlatma başlıkları altında açıklanmıştır.

Bölüm 3’te ofis yapılarının mimari tasarımı ve plan tipleri ile ilgili bilgiler verilmiş, ofislerde görsel konfor koşulları altında doğal ve yapay aydınlatma konuları ile ilgili standartlardan söz edilmiş ve bütünleşik aydınlatma sistemine yer verilmiştir.

Bölüm 4’te açık planlı bir ofis mekanına ilişkin yapay aydınlatma düzeni önerisi, mevcut doğal ve öneri yapay aydınlatma düzenlerinin birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma durumu, İstanbul-Kadıköy’de yer alan bir ofis yapısı tasarımı üzerinden örneklenerek açıklanmıştır.

Bölüm 5’te örneklenen açık planlı ofis hacmine ilişkin doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma hesap sonuçlarının genel değerlendirmeleri yapılmış ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Doğal aydınlatma, yapay aydınlatma, bütünleşik aydınlatma, açık planlı ofis

EXAMINATION OF LIGHTING DESIGN IN OPEN PLAN OFFICES

Şevket Baran YÜCEL

Department of Architecture

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Rengin ÜNVER

Since its existence, human beings have aimed to realize the visual actions by using the sunlight radiated from natural light sources and tried to design the indoor spaces in the features that will benefit from the sunshine at the highest level. In the historical process, various artificial sources, ranging from fire to electric light sources (electric lamps), were used in times when daylight was not sufficient nor exist. Especially, after the 1930s, in parallel with the technological developments in the lamps, artificial light sources started to gain importance and utilizing daylight effectively was ignored.

In the 1970s, the consumption of electricity, which is highly consumed from fossil fuels (which are generally non-renewable energy sources) has been seen as one of the factors causing environmental pollution. In addition, the increase in the use of electricity energy costs has emerged as an economic problem, some studies have shown that the lack of adequate use of daylight has negative effects on human health and psychology. In short, the increase in the use of electric artificial light sources caused some environmental, economic, health and psychological problems on the global and individual scale. One of the most effective ways to solve these problems is to use sunlight more effectively.

The integrated lighting approach, which is based on the use of artificial lighting in areas where daylight is not sufficient, aims to make the most effective use of daylight without making concession visual comfort conditions. In integrated lighting, daylight and artificial lighting must be designed in compatible with each other. For the most

effective use of daylight, factor that affect integrated lighting such as transparency ratio of building envelope, window properties, facade direction, shading elements etc. should be handled carefully and the artificial lighting arrangement should be designed according to the data from these factors.

Office buildings are one of the building typologies used in daylight hours with a large share of artificial lighting energy consumption. For this reason, It is of great importance to have the correct design of daylighting, artificial lighting and integrated lighting in offices in perspective of effective energy use, visual comfort, health and psychology of employees.

The study consist of 5 chapters.

In Chapter 1, introduction of the literature, purpose and hypothesis are presented.

In Chapter 2, lighting systems are described under daylighting and artificial lighting.

In Chapter 3, general information about architectural design and plan types of office building is given, standards for daylighting and artificial lighting und visual comfort conditions in offices and integrated lighting system is explained.

In Chapter 4, artificial lighting layout proposal for an open plan office and integrated lighting system where existing daylighting and proposed artificial lighting are used together are explained with example of an office building desing in Istanbul-Kadıkoy.

In Chapter 5, general evaluations of daylighting, artificial lighting and integrated lighting calculation results of open plan office and some suggestion are given.

Keywords: Daylighting, artificial lighting, integrated lighting, open plan office

1.1 Literatür Özeti

Tez çalışması kapsamında ulusal, uluslararası çeşitli yayınlar (makale, tez, bildiri, kitap, seminer vb.), standartlar ve yönetmelikler incelenmiş, kaynak araştırması yapılmıştır.

Aydınlatma ile ilgili temel ilke ve ölçütler konusunda, Türk Standartlar Enstitüsü, Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisleri Derneği (Illuminating Engineering Society of North America-IESNA), Bina Hizmetleri Mühendisleri Yeminli Kurumu (Chartered Institution of Building Services Engineers-CIBSE) gibi kuruluşların yayınları bulunmaktadır.

Tez çalışması kapsamında doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma konularına yönelik yapılan literatür araştırması aşağıda kısaca örneklendirilmiştir.

Ofislerde aydınlatma tasarımı konusunda literatürde, Şenay Çelebi tarafından 2009 yılında hazırlanan “Büro Hacimlerinin İç Yüzeylerindeki Işıklılık Dağılımının İncelenmesi” başlıklı yüksek lisans tezi bulunmaktadır. 2015 yılında Kasım Çelik, Esra Küçükkılıç Özcan ve Rengin Ünver tarafından hazırlanan ve Megaron dergisinde yayımlanan “Hacim ve Aygıt Özelliklerinin Aydınlığa Etkisinin Açık Planlı Ofis Örneğinde İncelenmesi” başlıklı makalede, açık planlı ofislerde aydınlatma tasarımı konusu hacim ve aygıt özellikleri başlıkları altında incelenmiştir.

Ofis ve benzeri yapılarda enerji etkin aydınlatma tasarımı konusunda literatürde, Yeşim Çelikkol tarafından 2012 yılında hazırlanan “Lighting Energy Management For Office Buildings And A Case Study” başlıklı yüksek lisans tezi bulunmaktadır. 2014 yılında Feride Şener tarafından hazırlanan “Sürdürülebilir Çevre İçin Mimari Aydınlatma

Tasarımında Kullanılabilecek Bir Yaklaşım” başlıklı doktora tezinde ve sürdürülebilir aydınlatma tasarımı konusunda sunulan temel ilkeler, eğitim yapıları örneğinde incelenmiştir.

Ofislerde bütünlük aydınlatma konusunda literatürde, 2002 yılında Özkan F. Çelik ve Rengin ÜNVER tarafından hazırlanan ve 4. Ulusal Aydınlatma Kongresinde sunulan “Bürolarda Bütünlük Aydınlatma Kullanımı Üzerine Örnekler” başlıklı bildiri bulunmaktadır.

Yapılan literatür incelemesi sonucu, açık planlı ofislerde doğal, yapay ve ve bu iki aydınlatma düzeninin birlikte kullanıldığı bütünlük aydınlatma düzeninde sağlanması gereken görsel konfor koşullarını ele alan çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür.

1.2 Tezin Amacı

Ofisler, günışığının etkin olduğu saatlerde aktif kullanılan, kullanıcı sağlığı, konforu ve verimi yönünden titizlikle tasarlanması gereken yapı tipolojileridir. Bu nedenle, ofis mekanlarında doğal ve yapay aydınlatma düzenlerinin, işleve, eyleme uygun, enerji etkin tasarım ölçütleri dikkate alınarak, görsel konfor koşullarını karşılayacak biçimde kurgulanması gereklidir.

Tez çalışmasının amacı, ofislerde doğal, yapay ve bütünlük aydınlatma düzenlerinde sağlanması gereken görsel konfor koşullarına ilişkin temel ilkelerin verilmesi ve mevcut bir ofis alanı tasarımının incelenip, değerlendirilmesi ve aydınlatma ilkeleri doğrultusunda öneriler sunulmasıdır.

Ofislerde doğal, yapay ve bütünlük aydınlatma düzenlerini inceleyen bu çalışmada izlenen yöntemin adımları;

- Tez konusu hakkında literatür araştırmasının yapılması,
- Literatür araştırması sonucu elde edilen bilgiler bağlamında, ofislerde sağlanması gereken görsel konfor koşullarının belirlenmesi,
- Doğal, yapay ve bütünlük aydınlatma sistemlerinin ilkelerinin belirlenmesi,

- İstanbul'un Kadıköy ilçesinde yer alan bir ofis binasında, aydınlatma simülasyon programı aracılığı ile doğal aydınlatma hesaplarının yapılması ve elde edilen bulgulara göre yapay aydınlatma önerilerinin getirilmesi,
- Önerilen düzenlere ilişkin hesap sonuçlarının irdelenmesi ve değerlendirilmesi olarak sıralanabilir.

1.3 Hipotez

Çalışmanın hipotezi, genelde 25-65 yaş aralığını kapsayan bir kullanıcı kitlesinin, gününün önemli bir bölümünü geçirdiği ofis mekanlarında, doğal, yapay ve bu iki düzenin birlikte kullanıldığı bütünlük aydınlatma düzeninde, görsel konfor koşullarının sağlanması gerekliliğidir.

Tez çalışmasında, yılın dört tipik gününde (15 Ocak, 15 Mart, 15 Haziran, 15 Eylül) ve saatlerinde (9.00, 12.00, 15.00, 18.00), örneklenen açık planlı ofiste doğal aydınlatma koşulları ile alandaki günışığı varlığı incelenmiştir. Ofis alanı için üç yapay aydınlatma düzeni önerisi oluşturulmuş ve bunlara ek olarak mevcut doğal ve öneri yapay aydınlatmanın birlikte kullanıldığı bütünlük aydınlatma düzeni kurgulanmıştır. Bu düzenlerin sağladığı aydınlatma ölçütlerine ilişkin sonuçlar irdelenmiş ve görsel konfor koşullarına uygunluğu değerlendirilerek çalışmanın hipotezi sınanmıştır.

Bu çalışmada, açık planlı ofislerde oluşturulan düzenlerin görsel konfor koşullarına uygunluğu denetlenmiş olup, ısısal ve işitsel konfor koşulları değerlendirmeye alınmamıştır. Çalışmada sunulan temel ilkeler ve değerlendirme sonuçları, açık planlı ofislerde doğal, yapay ve bütünlük aydınlatma düzenlerinin kurgulanması açısından yararlı olacaktır.

AYDINLATMA SİSTEMLERİ

İnsanın çevresini algılayabilmesi ve güvenli yaşama-çalışma koşullarının oluşabilmesi, içinde bulunduğu fizik ortamın uygun konfor koşullarının sağlanmasına bağlıdır. Fizik ortamda uygun konfor koşulların sağlanması, eylemlerin zorlanmadan, yorulmadan ve uzun süre verimli bir biçimde gerçekleştirilebilmesi açısından önemlidir [1]. İnsanın tüm algılamalarının %80-%90'ının görme eylemi ile gerçekleştiği düşünüldüğünde [2], söz konusu koşulların en önemli öğelerinden biri de aydınlatma konusudur.

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE-Commission Internationale de L'Éclairage), aydınlatmayı “nesnelere, bunların çevrelerine, ya da bir bölgeye, bir kent bölgesine, gereği gibi görülebilmeleri için ışık uygulaması” olarak tanımlamıştır [3] [4]. Bu tanımdan yola çıkılacak olursa, aydınlatma için ışık olması ve dolayısıyla ışığın üretilebilmesi için bir ışık kaynağının var olması gereklidir. Çevresine ışık yayımlayan ve görebildiğimiz maddesel varlıkların tümü ışık kaynağı olarak adlandırılır. Işık kaynakları, ışığın elde edilmiş biçimine göre;

- Doğal ışık kaynakları,
- Yapay ışık kaynakları,

olarak iki bölüme ayrılır.

Bu bölümde, ışığın elde edilmiş biçimine göre doğal ve yapay ışık kaynaklarını kullanan aydınlatma sistemleri incelenmiş ve bu sistemlerin özelliklerine değinilmiştir.

2.1 Doğal Aydınlatma Sistemi

Dünyanın ve insanlığın varoluşundan bu yana temel enerji kaynağı olan güneş, doğal aydınlatma için de temel ışık kaynağıdır. İnsan, fizyolojik yapısı gereği gün içinde mutlaka güneşin yaydığı ışıktan yararlanmalıdır. Güneş ışınimleri, insan metabolizmasında enzim faaliyetlerini, merkezi sinir ve kas sistemini harekete geçirir ve biyolojik ritmi oluşturur. Dünyanın 24 saatlik kendi etrafındaki dönüşüne uyan biyolojik olaylar sirkadyan ritim olarak adlandırılır ve güneş ışınimleri bu ritmi düzenleyen başlıca etkenlerden biridir. İnsan gözüne gelen ışık beyin hipotalamus bölgesine iletilerek biyolojik ritmi oluşturur. Yapılan çalışmalar, günışığının biyolojik ritmin düzenlenmesinde yapay ışığa göre daha etkili olduğunu ve günışığı renginin insan fizyolojik yapısı için en iyi renk olduğunu ortaya koymuştur [5] [6].

Mimari mekan tasarımlarında, insanın güneş ışınimlarından yeterince yararlanması, üzerinde dikkatle durulması gereken bir konudur. Yapıların mimari tasarımını doğrudan etkileyen doğal aydınlatma sistemleri, günışığının, mekan işlevi ve kullanıcı eylemleri bağlamında gerekli koşulları sağlayacak biçimde kurgulanmasıdır. Doğal aydınlatma sistemi olan yapı kabuğundaki açıklıklardan giren günışığından yararlanmada,

- Günışığının etkin biçimde kullanılması,
- Dış ortam ile görsel bağlantının kurulması,
- Diğer yapı fiziği uygulamaları ile (ısısal konfor, işitsel konfor) uyumlu tasarımların uygulanması,
- Yapay aydınlatma, ısıtma-soğutma yüklerinin azaltılması

gibi konular hedeflenir. Bu konuların öncelikleri, yapının yer aldığı bölgenin iklimi, fonksiyonu, kullanıcı özellikleri ve kullanım saatleri gibi etkenlere değişebilir [7].

2.1.1 Hacim İçi Günışığını Etkileyen Etkenler

Güneşin yeryüzünde oluşturduğu aydınlık denetlenemez bir mimari tasarım değişkenidir. Doğal aydınlatmadan en üste düzeyde yararlanmak için, hacim içi gün ışığını etkileyen etkenler dikkate alınmalıdır. Bu etkenler;

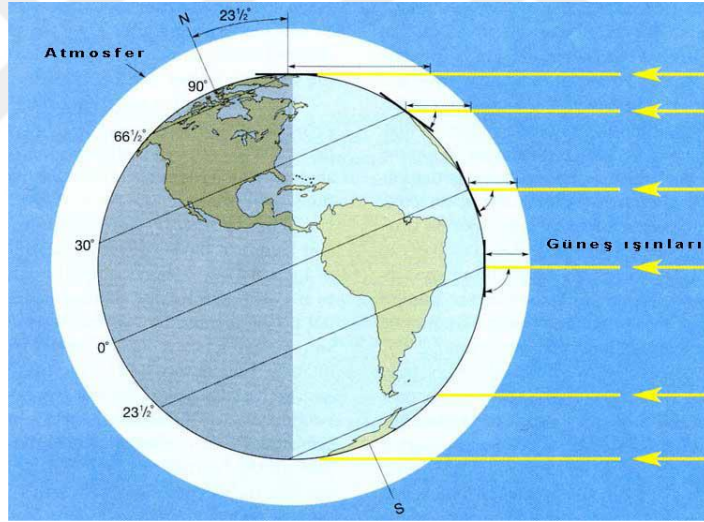
- Güneş ve gök ışığı,

- Hacim dışı engeller,
- Yer örtüsünün yansıtıcılık özellikleri,
- Güneş ışığı açıklıklarının (pencerelerin) özellikleri,
- Hacmin özellikleri,

olarak sıralanabilir [8].

2.1.1.1 Güneş ve Gök Işığı

Güneş en temel doğal ışık kaynağıdır. Güneş ışığı, güneşin doğrudan yaydığı görünür ışınımlardır. Güneş ışığı, yeryüzüne ulaşıncaya kadar atmosferde tutulur ve yayılır. Atmosferde yutulan ve yayılan güneş ışınımlarının görünür bölümü ise gök ışığı olarak tanımlanır (Şekil 2.1). Doğal ışık ya da güneş ışığı ise, güneşin toplam ışınımının görünür bölümü olup güneş ışığı ile gök ışığının toplamıdır [3] [4].



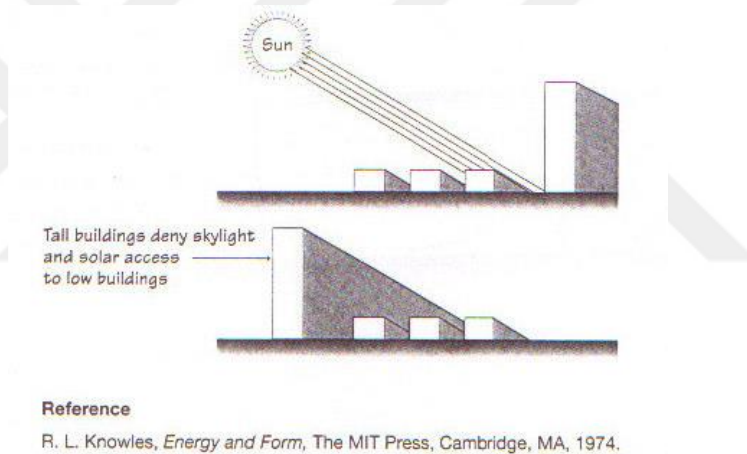
Şekil 2.1 Güneş ışığı ve atmosferde yayınması sonucu oluşan gök ışığı [9].

Güneş ışığının oluşturduğu aydınlığın nicelik ve niteliği, atmosfer özelliği, saat, gün, binanın yer aldığı enlem vb. değişkenlere göre farklılık gösterir [8]. Dünyanın kendi etrafındaki ve güneş etrafındaki dönüşüne bağlı olarak güneşin konumu yıl içinde saat, gün ve aylara göre değişiklik gösterir (Şekil 2.2).

Gök ışıklık dağılımının değişim içinde olma durumu gözetilerek “All-sky gök modelleri” yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu yaklaşım ile, yapının bulunduğu bölge ve tarih dikkate alınarak, standart açık gök ve standart kapalı gök arasındaki farklı gök koşulları ve günışığı aydınlığı için gerçeğe en yakın durumlar hesaplanabilmektedir [12].

2.1.1.2 Hacim Dışı Engeller

Binalar, topografya, bitki örtüsü vs. gibi hacim dışı engeller boyut, konum ve yansıtıcılık özellikleri ile hacim içindeki günışığı aydınlık düzeyini etkileyen önemli bir etkidir. Ayrıca yapının kendi girinti-çıkıntıları da günışığının hacme alınmasına engel oluşturur. Bu dış engeller, hacim içine giren güneş ve gök ışığının azalmasına neden olmasına karşın, üzerlerine gelen ışığı yansıtarak hacimdeki aydınlığa katkıda bulunurlar (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Yüksek binalar, alçak binaların güneş ışığını engellerler [13].

2.1.1.3 Yer Örtüsünün Yansıtıcılık Özellikleri

Yer örtüsünden yansıyan günışığı, hem hacme doğrudan girerek dolaysız hem de yapı yüzlerinden yansıyarak dolaylı olarak, hacim içi günışığı aydınlığına katkıda bulunur. Yer örtüsünden yansıyan ışığın niceliği, yer örtüsünün yansıtma çarpanlarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Yapı dışı engellerin olduğu durumlarda ise yol doğrultusu, yapı yüksekliği ve güneş devinimleri yerden yansıyan ışığın niceliğini etkiler. Kimi yer örtüsü malzemelerinin ışık yansıtma çarpanları Çizelge 2.1’de örneklenmiştir.

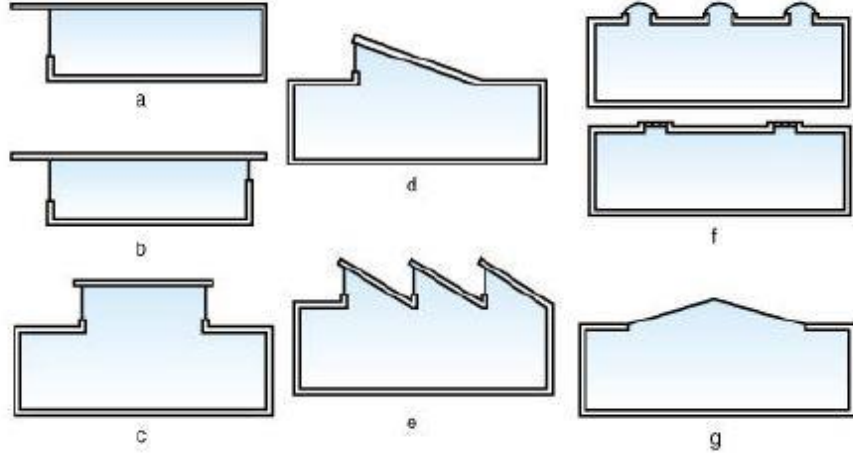
Çizelge 2. 1 Yer örtüsü malzemelerinin yansıtma çarpanı örnekleri [14].

Malzeme	Işık Yansıtma Çarpanı (r)
Tuğla	
•Açık sarı	0,35
•Kahverengi	0,30
•Kırmızı	0,15
Beton	0,30 - 0,40
Granit (gri)	0,30
Mermer	
•Açık	0,50 – 0,60
•Açık-Renkendirilmiş	0,30
•Koyu	0,15
Taş	
•Açık Renk	0,50
•Orta Koyu renk	0,30
•Koyu renk	0,15

2.1.1.4 Güneşli Açıklıklarının (Pencerelerin) Özellikleri

Güneş ve gökten dolaysız gelen ve yapı dışı engeller ile yer örtüsünden yansıyan dolaylı ışığı hacim içine alabilmek için, yapı kabuğunda güneşli açıklıkları, yani pencereler yapılmalıdır. Pencerelerin tip, yön, konum, boyut, ışık geçirme özellikleri, hacmin içine giren güneşli etkileyen, tasarımcı tarafından denetlenebilen değişkenler olup, kısaca aşağıda açıklanmıştır [8].

Pencere Tipleri: Güneşli'nin hacim içine alınmasında, yapı kabuğuna konumlanmış yandan ve tepe pencereler olarak iki tipte kullanılabilir (Şekil 2.5). Yandan pencereler genellikle göz hizasında bulunur ve kullanıcının dış ortamla görsel temasını sağlar. Bu pencerelerde hacim için güneşli aydınlık düzeyi, hacmin derinine gidildikçe düşer. Tepe pencereleri ise, binaların ağırlıklı olarak üst katlarında kullanılabilen, dış ortamla görsel bağlantı sağlamadan, yalnızca yeterli ve kontrollü güneşli alma amacı taşıyan elemanlardır [7].



Şekil 2.5 Yandan(a-b-c-d-e) ve tepe(f-g) pencere tipi örnekleri [15].

Pencere Yönleri: Güneşin, yıl ve gün içindeki hareketine bağlı konumuna göre, güneş ve gök ışığının niceliği ve niteliği değişmektedir. Bu durum, pencereden geçen günışığının hacim içinde oluşturduğu aydınlığı etkiler. Pencere baktığı yön, hacim içine giren günışığı açısından önemli bir etken olup yöne göre, hacim içine dolaysız güneş ışığı girebilir ya da girmeyebilir veya dolaysız güneş ışığı girdiği halde, hacmin belli bölümlerine ulaşmayabilir. Başka bir anlatımla, pencere yönüne göre hacim içi günışığı aydınlığının oluşturduğu koşullar değişkenlik gösterir.

Pencere Konum ve Boyutları: Pencere yapı kabuğundaki konumları, hacmin içindeki günışığı aydınlık dağılımının temel belirleyicisidir (Şekil 2.6). Pencere boyutları ise hacim içine giren günışığı niceliğini doğrudan etkiler. Pencere alanı büyüdükçe, günışığı aydınlık düzeyi de artar.

Yapı kabuğunda, pencere alanı büyüklüğünü tanımlamak için pencere boşluğu alanının, pencere duvarı alanına oranı olarak tanımlanan “saydamlık oranı (SO)” terimi kullanılır.

Pencerenin Işık Geçirme Özellikleri: Pencere ışık geçirme özelliklerinin değerlendirilmesinde cam türü ve doğramanın kalınlığı, camın kirlilik durumu gibi değişkenler, hacme giren günışığı miktarını doğrudan etkiler. Çizelge 2.2’de farklı cam türlerinin ışık geçirme çarpanı (t) değerleri örneklenmiştir.

Pencere boşluğu içindeki net cam alanı büyüklüğünü, doğrama türü (ahşap, plastik, alüminyum vb.) ve alanı belirler. Net cam alanının azalması da hacme giren günışığı miktarının düşmesine neden olur.

Çizelge 2. 2 Farklı cam türleri için ışık geçirme çarpanı (t) değerleri [8].

Cam türü	t	Cam türü	t
Düz renksiz cam (3, 4, 5 mm)	0,89 – 0,86	Telli cam (6 mm)	0,53 – 0,70
Düz cam (6 mm)	0,86 – 0,88	Akrilik cam (3 mm)	0,92
Çift cam (6mm + 6mm)	0,78 – 0,73	Opal akrilik cam (3 mm)	0,55 – 0,78
Üçlü cam (6mm+4mm+6mm)	0,63 – 0,70	Empirme cam (3-6 mm)	0,68 – 0,85

2.1.1.5 Hacmin Özellikleri

Hacim boyutları ve hacim iç yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanları (açıklık-koyuluğu) mekandaki aydınlık düzeyi ve dağılımını etkileyen, tasarımcı tarafından denetlenebilen tasarım etkenleridir.

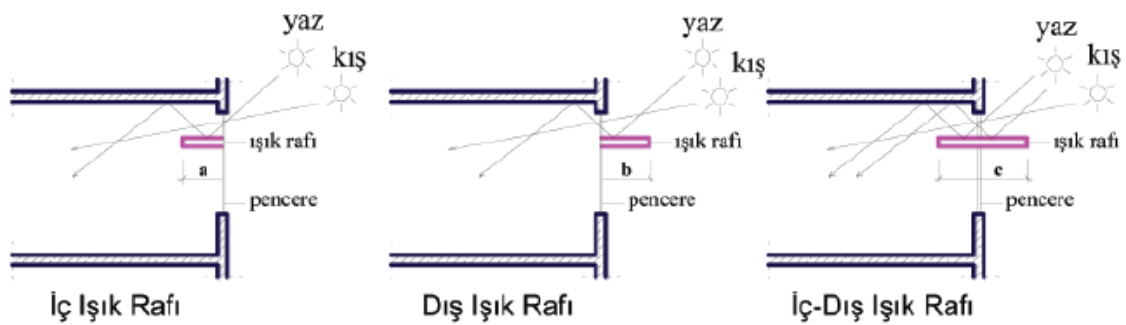
İç yüzey yansıtma çarpanları aynı kalmak üzere, hacim boyutları büyüdükçe, yansıtıcı yüzey alanının da büyümesine bağlı olarak yansıyan ışık artar ve dolayısıyla aydınlık düzeyi yükselir. Hacim derinliği ise pencereden uzaklaştıkça gün ışığı aydınlık düzeyinin azalması nedeniyle, doğal aydınlatma tasarımını doğrudan etkiler [16]. Boyutları aynı olan mekanlarda ise iç yüzey renkleri açık olanlarda (ışık yansıtma çarpanı daha büyük olan), yüzeylerden yansıyan ışığın artmasına bağlı olarak genişliği aydınlık düzeyi daha yüksektir. Ayrıca, hacim içi yüzeylerin kirlenmeleri de, yüzeylerin yansıtıcılığını azaltacağı için, aydınlık düzeyinin düşmesine neden olur [8].

2.1.2 Gelişmiş Günışığı Sistemleri

Hacim içine günışığı alınmasında kullanılan temel öğeler yapı kabuğunda yer alan pencerelerdir. Ancak, pencerelerden gelen günışığının düzgün yayılmaması, mekanda sıcaklık artışı ve kamaşma gibi olumsuzluklarda yol açabilmektedir [9]. Söz konusu olumsuzlukların giderilmesine yönelik aydınlatma sistemleri geliştirilmiştir. “Gelişmiş günışığı sistemleri” olarak adlandırılan bu aydınlatma sistemlerinin temel hedefleri, dolaysız günışığının yol açtığı olumsuz etkileri azaltmak, günışığını yönlendirerek hacim içi günışığı dağılımını düzenlemek ve gerekli aydınlık düzeyini hacmin tüm noktalarında

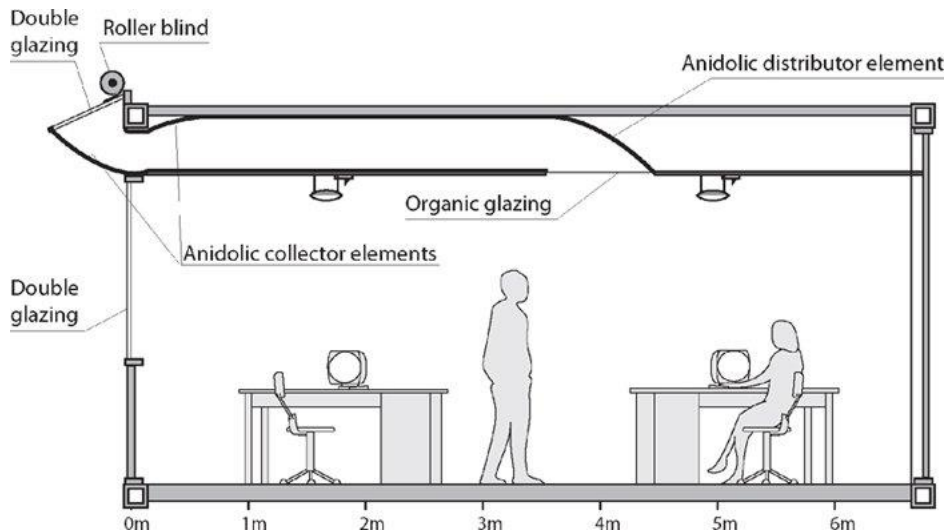
sağlamak olarak sıralanabilir [17]. Gelişmiş günışığı sistemleri örnekleri aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- **Işık rafları:** Temelde, yapı kabuğundaki düşey pencereye yerleştirilen, günışığını hacmin pencereden uzak bölümlerine ulaştırın elemanlardır [17]. Işık rafları genellikle göz seviyesinin üzerinde, yatay veya yataya yakın olarak pencerenin içine, dışına ya da içine-dışına yerleştirilebilir (Şekil 2.6). Hacimde pencereye yakın olan bölgeleri günışığından korurken, yüzeyinden yansıyan ışık tavanı aydınlatmaktadır [7].



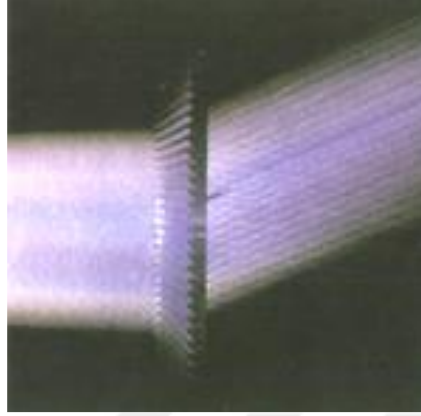
Şekil 2.6 Işık raflarının şematik gösterimi [17].

- **Anidolik sistemler:** Özellikle kapalı gök koşullarında, günışığından en verimli şekilde yararlanmayı hedefleyen sistemler olan anidolik sistemler, toplayıcı ve dağıtıcı yansıtıcılar ile günışığının hacim yüzeylerine olabildiğince düzgün dağıtılması ilkesine göre tasarlanır [18].



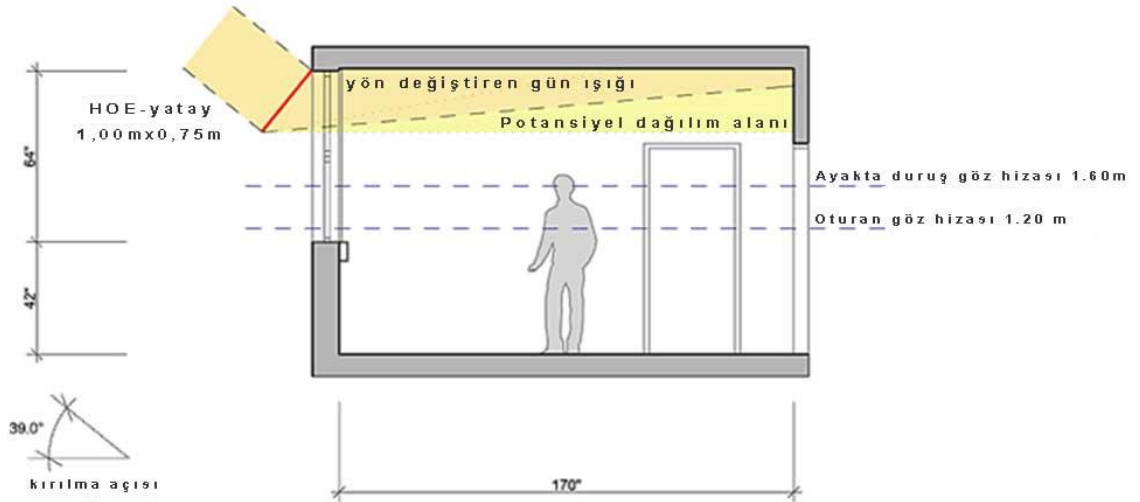
Şekil 2.7 Anidolik tavan uygulaması [19].

- **Prizmatik paneller:** Bir tarafı düz diğer tarafı prizmatik olan saydam malzemelerden oluşan prizmatik paneller, prizmatik elemanların açısına bağlı olarak günışığını mekanın iç kısımlarına yönlendiren sistemlerdir [18].



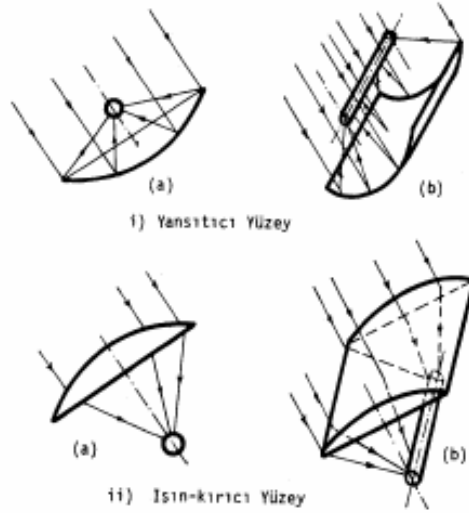
Şekil 2.8 Prizmatik panelin ışığı yönlendirmesi [9].

- **Holografik optik elemanlar (HOE):** Gökten gelen yayınlık ışığı bina içine yönlendiren holografik optik elemanlar, dolaysız günışığına maruz kaldığında renk bozulmasına uğradığı için, genellikle dolaysız güneş ışığı almayan cephelerde kullanılır [9].



Şekil 2.9 HOE sistem ile günışığının mekanın iç bölümlerine aktarılması [9].

- **Heliostatlar:** Güneş hareketini takip eden yansıtıcılar olan heliostatlar tek başına bir aydınlatma sistemi değildir. Aynalardan oluşan toplayıcılar, günışığını yansıtarak yönlendirir ve yoğunlaştırır (Şekil 2.10). Yönlendirilen günışığı, ışık tüpleri ve/veya fiber optik sistemler ile hacim içine taşınır [9].



Şekil 2.10 Yansıtıcı yüzey veya ışın kırıcı yüzey ile ışınımın yoğunlaştırılması [9].

- **Işık tüpleri:** Güneş ışığının taşınmasında kullanılan ışık tüpleri yandan ışık veren ve uçtan ışık veren olarak iki farklı biçimde tasarlanabilirler. Yandan ışık veren ışık tüpleri, yapının dışında heliostatlar ile yoğunlaştırılan güneş ışığının ikincil bir ayna ile tüpe iletilmesi ile çalışmaktadır (Şekil 2.11). Uçtan ışık veren ışık tüpleri ise, çatıda yer alan saydam kubbe aracılığı ile toplanan güneş ışığının, iç yüzeyi ışık yansıtma çarpanı çok yüksek borular ile hacmin tavanındaki ışık yayıcı eleman aracılığı ile hacim içine taşınması ilkesi ile çalışmaktadır (Şekil 2.12) [7].

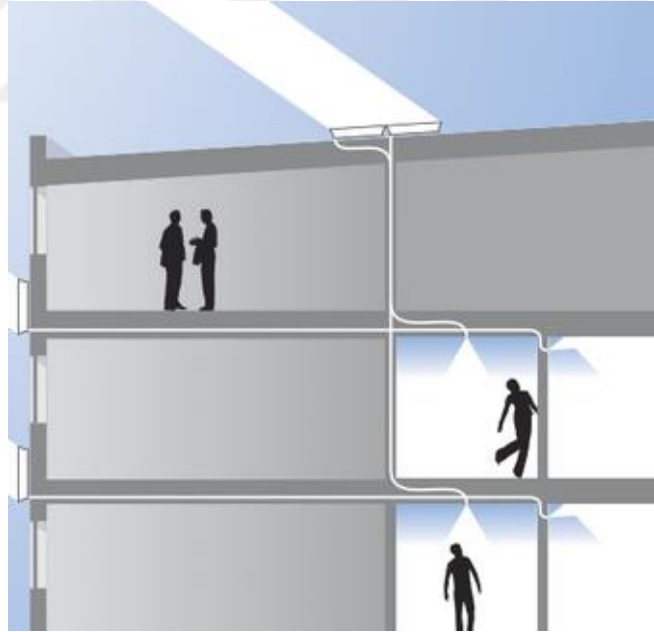


Şekil 2.11 Yandan ışık veren ışık tüpü ile aydınlatılan iç mekan örneği [9].



Şekil 2.12 Uçtan ışılan ışık tüpünün Şematik gösterimi [20].

- **Fiberoptik sistemler:** G n ŐiŐi tüplerine benzer Şekilde g n ŐiŐinin bir noktadan alınarak fiberoptik kablolar yardımıyla uzak noktaya taşınması ilkesiyle çalışan fiberoptik sistemler, g n ŐiŐi tüplerine göre kesitleri çok daha küçük olduğu için, ışığı daha uzak noktalara taŐıyabilir.



Şekil 2.13 Fiberoptik sistemin çalışma prensibi [21].

2.1.3 Güneş Kontrol Sistemleri

G n ŐiŐi tasarımınnın temel ilkesi, g n ŐiŐinden en verimli Şekilde faydanmak, kamaşma sorunlarından kaçınmak ve güneş ıŐınımı kaynaklı soğutma yükünü en aza indirmektir

[22]. Bu nedenle, görsel ve ısısal konforu sağlamak için günışığının hacim içine alınırken kontrol edilmesi gereklidir. Güneş kontrolü, öncelikle bina ve yapı kabuğu tasarımının doğru kurgulanmasıyla sağlanmalıdır. Gerçekleşmiş tasarımın ardından yapılacak güneş kontrolü için cam yüzeylere uygulanacak kaplamalarla günışığı geçirgenliği kontrol edilebileceği gibi, içeride ya da dışarıda kullanılacak gölgeleme elemanları yaygın olarak kullanılan güneş kontrol yöntemidir. Hacim içi ve dışına konumlandırılabilen gölgeleme elemanlarının genel özellikleri kısaca aşağıda açıklanmıştır.

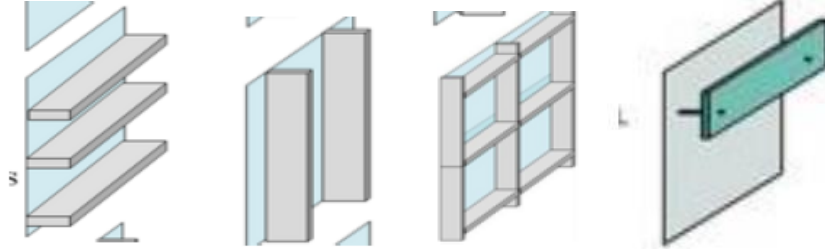
- **İç Ortam Gölgeleme Elemanları:** Günışığının hacim içine ulaştıktan sonra denetlenmesini sağlayan, bakımı ve kontrolü daha kolay iç ortam gölgeleme elemanları, storlar, perdeler ve jaluziler olarak çeşitlendirilebilir. Görsel ve ısısal konfor açısından dış ortam gölgeleme elemanlarına göre daha düşük performans gösterirler [23].



Şekil 2.14 İç ortam gölgeleme elemanları [24] [25] [26].

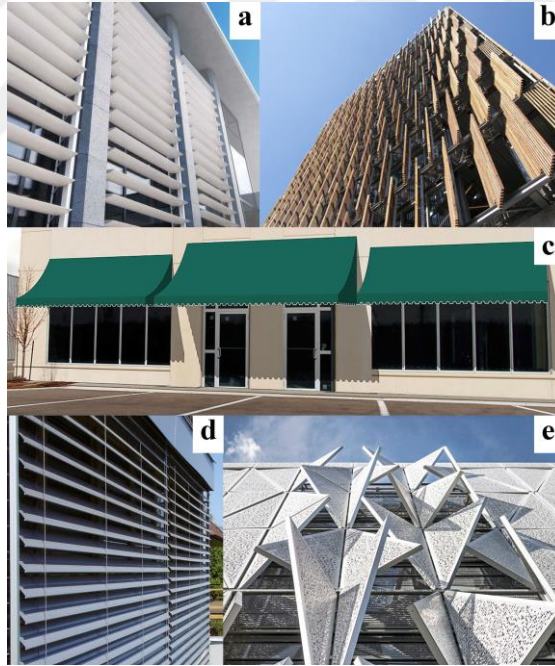
- **Dış Ortam Gölgeleme Elemanları:** Yapı kabuğuna yerleştirilen dış ortam gölgeleme elemanları, hareketsiz (sabit) ya da hareketli olarak tasarlanabilir. Sabit gölgeleme elemanlarının değişen zaman ve iklim koşulları gözetilerek tasarlanması gereklidir. Cephedeki biçimlenmelerine göre, yatay, düşey, karma, sabit paralel gölgeleme elemanları olarak sınıflandırılabilir (Şekil 2.15) [23].

Kuzey yarımküre için, güney yönünde güneş ışınları binaya daha dik açılarla ulaştığı için yatay, batı ve doğuda ise güneşin geliş açısı alçak olduğu için düşey gölgeleme elemanları kullanılması daha etkilidir [23].



Şekil 2.15 Yatay-Düşey-Karma-Sabit Paralel Levha gölgeleme elemanları [27].

Hareketli dış ortam gölgeleme elemanları ise iklim koşulları ve güneşin devinimine bağlı olarak, elle ve/veya otomatik olarak kontrol edilebilir. Bu nedenle, sabit gölgeleme elemanlarına göre daha etkilidir. Yapı kabuğundaki biçimlenmelerine göre, yatay, düşey, markiz, jaluzi-panjur, kinetik gölgeleme elemanları olarak sınıflandırılabilir (Şekil 2.16) [23].



Şekil 2.16 Hareketli dış ortam gölgeleme elemanları. a-yatay / b-düşey / c-markiz / d-jaluzi / e-kinetik [28] [29] [30] [31] [32].

2.2 Yapay Aydınlatma Sistemi

Mekanların aydınlatılmasında, doğal aydınlatmanın yeterli ya da var olmadığı zamanlarda, görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için yapay aydınlatmanın

uygulanması gereklidir. Belirli bir enerji tüketimi sonucunda yapay ışık kaynaklarının etkinleştirilmesiyle oluşturulan aydınlatma, ışık kaynağı (lamba) ve aydınlatma aygıtları ile sağlanabilmektedir [33]. Bu bölümde yapay aydınlatma sisteminin başlıca öğeleri olan elektrikli ışık kaynakları, aydınlatma aygıtları ve aydınlatma kontrol sistemleri kısaca açıklanmıştır.

2.2.1 Elektrikli Işık Kaynakları

Optik bir ışınım ve genelde görünür bir ışınım üretmek üzere oluşturulmuş olan kaynak olarak tanımlanan ışık kaynakları (lambalar) [3] [4], geçmişten günümüze sürekli bir gelişim halindedir. Işık kaynakları genel olarak,

- Akkor telli lambalar,
- Flüoresan lambalar,
- İndüksiyon lambalar,
- Cıva buharlı lambalar,
- Sodyum buharlı lambalar,
- Metal halide lambalar,
- Sülfür lambaları,
- LED-OLED,

olarak gruplanabilir. Çizelge 2.3'te bazı ışık kaynaklarının özelliklerine ilişkin bilgiler sunulmuştur.

Yapay aydınlatma sisteminin tasarımında kullanılacak ışık kaynağının seçiminde,

- Enerji verimliliği (lm/W)
- Işık rengi (renksel geri verim indisi- R_a ve renk sıcaklığı-K)
- Ömür (saat)
- İlk yatırım ve kullanım maliyeti,

- Geri dönüşüm,

gibi konular dikkate alınmalıdır.

Çizelge 2.3 Bazı ışık kaynağı (lamba) tiplerinin özellikleri [34].

Lamba türü	Işıksal verim (lm/W)	Ömür (saat)	Renksel geriverim (Ra, 0-	Renk sıcaklığı (K)	Tepki süresi	İlk yatırım maliyeti	İşletme gideri	Kullanım alanı
Cıva buharlı	40-60	12000	40-60	3200-4200	2-5 dk	Orta	Orta	Genel aydınlatma
Kompakt floüresan	50-85	6000-12000	80-90	2700-4000	Hızlı	Düşük	Düşük	Genel aydınlatma
Floüresan	70-110	10000-20000	80-99	2700-6000	Hızlı	Düşük	Düşük	Genel Aydınlatma
İndüksiyon	60-80	60000-100000	60-80	2800-6700	Hızlı	Yüksek	Düşük	Bakımı ve ulaşılması zor alanlar
Metal halide	70-100	6000-12000	70-95	3000-7000	5-10 dk	Yüksek	Düşük	Alışveriş merkezleri, mağazalar
Yüksek basınçlı sodyum	70-150	10000-24000	22-80	2000-3000	2-5 dk	Yüksek	Düşük	Dış mekan, sokak, depo vb.
LED	80-160	20000-100000	60-97	2700-8000	Hızlı	Yüksek	Düşük	Tüm alan

2.2.2 Aydınlatma Aygıtları

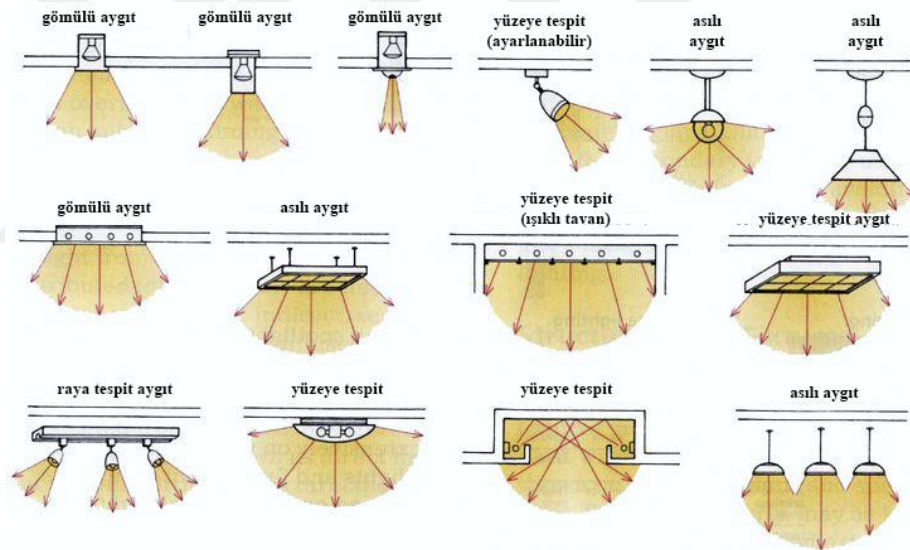
Aydınlatma aygıtları, lamba ya da lambaların ışığının dağılımını düzenlemeye, süzmeye ya da değiştirmeye yarayan, labaların dışında tutturucu, koruyucu tüm parçaları ve olası olarak yan devreleri ve şebeke bağlantısını sağlayan parçarlı da içeren aygıt olarak tanımlanır [3] [4]. Bir mekandaki iyi görme koşullarının eksiksiz oluşmasını sağlayacak

yapay aydınlatma düzeninin kurulmasını sağlayacak temel araç, aydınlatma aygıtıdır. Bu nedenle yapay ışık kaynakları, genelde aydınlatma aygıtları içinde kullanılır.

Aydınlatma aygıtlarının birbirinden farklı özellikleri göz önüne alındığında genel olarak,

- Yapım özelliklerine (aygıtın ışığı geçirme/yansıtma ve geometrik özellikleri),
- İçinde kullanılan ışık kaynağına (akkor lamba, flüoresan lamba, LED vb.),
- İçindeki lamba sayısına,
- Kullanım yerine (iç mekan-dış mekan),
- Koruma biçimine (kuru hacim, nemli hacim, tozlu hacimler için aygıtlar)
- Tespit biçimine (gömülü, asılı, taşınabilir vb.) (Şekil 2.17)

göre sınıflandırılabilir [35].



Şekil 2.17 Tespit biçimine göre aydınlatma aygıtı örnekleri [36]

Aydınlatma aygıtlarının seçiminde,

- Aygıt geriverimi (aygıtın yaydığı ışık akısının, aygıtın içinde bulunan ışık kaynağının yaydığı ışık akısına oranı - %),
- Işık yeğnilik dağılımı (dolaylı, dolaysız, yayınlık vb.)
- Aygıt geometrisi ve malzemeleri,
- Aygıtların koruma sınıfı (IP, IK sınıfı)

- Aygıtların tespit yerleri ve estetik özellikleri,

gibi konular dikkate alınmalıdır [35].

2.2.3 Aydınlatma Kontrol Sistemleri

Hacimlerin aydınlatılmasında kullanılan yapay aydınlatma sistemi, bir plan ve program ile denetlenmelidir. Aydınlatma düzeninin denetlenmesi amacıyla kullanılan aydınlatma kontrol sistemlerinin,

- Görsel konfor koşullarını sağlamak,
- Mimari ve aydınlatma planlamasında esneklik oluşturmak,
- Bakım kolaylığı sağlamak,
- Aydınlatma sisteminin ömrünü uzatmak,
- Enerji tasarrufu sağlamak,

gibi amaçları vardır [37]. Bu amaçların gerçekleştirilebilmesi için, doğru aydınlatma kontrol stratejileri uygulanmalıdır. Özelleştirilmiş durum ve senaryoların gerçekleştirilebilmesi için, yapay aydınlatma düzeni ve mevcut doğal aydınlatma düzeninin uyumu dikkatli bir biçimde planlanarak sağlanmalıdır. Bu doğrultuda bir veya birden fazla strateji uygulamak gerekebilir [37]. Çizelge 2.4'te aydınlatma kontrol stratejileri özellikleri kısaca açıklanmıştır.

Çizelge 2.4 Aydınlatma kontrol sistemleri ve özellikleri [12].

Kontrol Stratejisi	Özellikleri
Açma / Kapama	<ul style="list-style-type: none"> • Kullanıcı tarafından kontrol edilebilir. • Maliyeti düşüktür.
Loşlaştırma (Dimmerleme)	<ul style="list-style-type: none"> • Esneklik imkanı oluşturur. • Aydınlatma sistemi kullanıcı ve hacme göre düzenlenebilir. • Açma/Kapama sistemlere göre maliyeti daha yüksektir.
Sahne Kontrolü	<ul style="list-style-type: none"> • Kullanımı kolaydır. • Esneklik imkanı oluşturur. • Dimmerleme sistemlerine göre maliyeti daha yüksektir.

Çizelge 2.4 Aydınlatma kontrol sistemleri ve özellikleri (Devamı) [12].

Fotosensör (Işıkalıcısı) ile Loşlaştırma	<ul style="list-style-type: none">• Günüşiği düzeyine göre otomatik kontrol imkanı sunar.• İlk yatırım maliyeti yüksek, enerji tasarrufu sayesinde kullanım gideri düşüktür.• Doğru kurgulanmış aydınlatma düzeni ve işletmesi gereklidir.
Fotosensör (Işıkalıcısı) ile Açma / Kapama	<ul style="list-style-type: none">• Fotosensör dimmerlemeye göre maliyeti daha düşüktür.• Doğru kurgulanmış aydınlatma düzeni ve işletmesi gereklidir.
Varlık Kontrolü	<ul style="list-style-type: none">• Maliyeti düşüktür.• Enerji tasarrufu sağlar.
Zaman Kontrolü	<ul style="list-style-type: none">• Mekanın kullanım sürelerine göre otomatik kontrol imkanı sunar.• Aydınlık düzeyleri, önem düzeyi düşük alanlar için azaltılabilir.

OFİSLERDE AYDINLATMA

Doğan Hasol'un hazırladığı Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü'nde "Yazı ve yönetim işlerinin görüldüğü çalışma yeri" olarak tanımlanan ofis (büro) mekanları [38], endüstri devrimi sonrası değişen ekonomik yapıyla birlikte oldukça önemli çalışma mekanı tipolojileri arasına girmiştir. Endüstrideki gelişmenin iş sayı ve çeşitlerini arttırması, ofis fonksiyonlarının büyümesine neden olmuştur [39]. Günümüzde organizasyon tiplerine göre ofis mekanları farklı plan tiplerine ayrılmış ve bu tiplerin kendi işlevine uygun mimari özellikleri vardır.

Ofis kullanıcılarının eylemlerini zorlanmadan, yorulmadan ve uzun süre verimli biçimde yapabilmeleri, kendilerini fiziksel ve psikolojik olarak iyi hissetmeleri (well being) için, mekanların ergonomik açıdan doğru tasarlanması gereklidir. Bu bağlamda ofis mekanının mimari tasarımı ve donatı yerleşimi ile yapı fiziği konularının (ısısal, işitsel, görsel konfor) konfor koşulları, birbirleriyle ilişkilendirilerek kullanıcılara uygun olmalıdır.

1. Bölümde belirtildiği üzere tez çalışmasında ofis mekanlarındaki fizik ortam konularından ısısal ve işitsel konfor koşullarına değinilmemiş, kapsamı görsel konfor koşulları ile sınırlandırılmıştır. Bu bağlamda aşağıdaki bölümlerde önce ofis hacimlerinin tasarım ölçütleri ve ofis plan tiplerinden söz edilmiş, ardından ofislerde sağlanması gereken görsel konfor koşullarına yönelik aydınlatma standartları ve bütünleşik aydınlatma düzeni hakkında bilgiler verilmiştir.

3.1 Ofis Hacimlerinin Tasarım Ölçütleri ve Plan Tipleri

Ofis hacimleri tasarlanırken plan tipleri, boyutları, tefriş özellikleri ve konumları gibi konular dikkate alınmalıdır.

Ofis mekanlarının en, boy, yükseklik ölçüleri, aksları, pencere ve parapet ölçüleri, masa ölçüleri ve masa çevresi uzaklıklar, mimari tasarım açısından çok önemlidir. Neufert'e göre açık planlı bürolar için 1:2 en uygun en-boy oranıdır ve ortalama büro derinliği 4,50 – 6,30 m'dir [40]. Koridorların iki kişinin yan yana geçebileceği genişlikte tasarlanması gereklidir. Hacim ölçüleri büro tipine göre değişebilmektedir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3. 1 Neufert'e göre ofis hacminde önerilen ölçüler [40] [41].

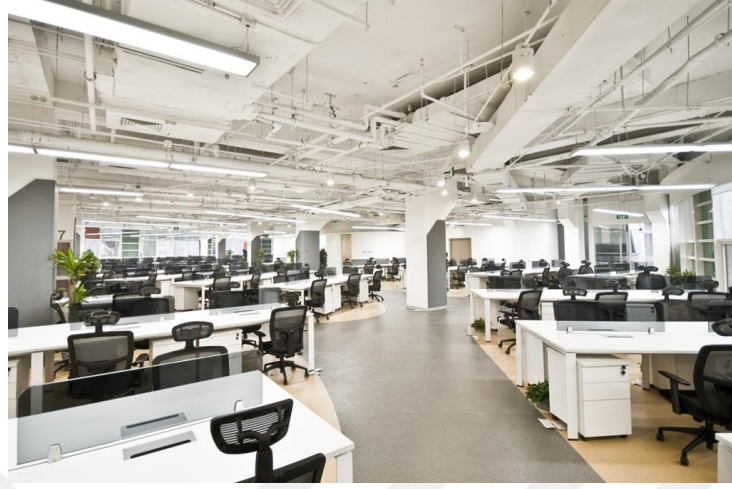
Tekli/Grup Ofisler	Standart	En Fazla
Hacim Derinliği	3,75 – 7,50 m	9,25 m
Pencere Aks Mesafesi	1,00 – 3,25 m	6,00 m
Yan Koridor Genişliği	1,50 – 2,00 m	2,50 m
Hacim Yüksekliği	2,50 – 4,00 m	5,00 m

Çalışanların rahat hareket edebilmeleri için donatılar arasında mesafeler bulunmalı ve tefriş bu mesafelere göre düzenlenmelidir (Çizelge 3.2). Çalışanların rahatça hareket edebildiği alanlar olan kullanıcı alanı, en az 1,5 m²'lik alanı kapsamalı ve hacim içinde kişi başına düşen alan en az 8-10 m² olmalıdır [40] [41]. Hacmin yeterli günışığı alabilmesi için pencere ve parapet ölçüleri önerileri Şekil 3.1'de gösterilmiştir [41] [42].

Çizelge 3. 2 Neufert'e donatılar arasında olması gereken mesafeler [40] [41].

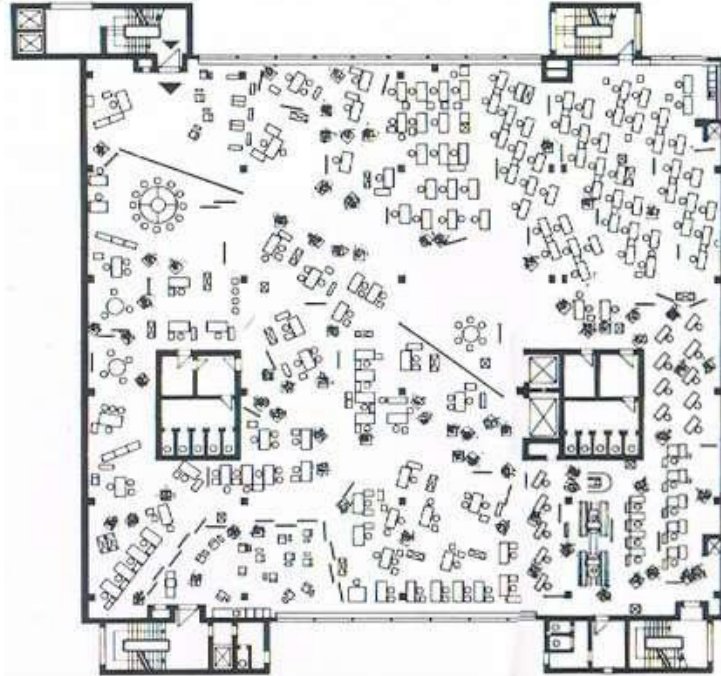
Tefriş Düzeni	Ölçüler (m)
Masa arkası duvar geçiş mesafesi	≥ 0,95
İki masa arası mesafe	≥ 0,85
Arkası birbirine bakan iki masa arası	≥ 1,00
Tek masa arkası dolap mesafesi	≥ 0,80

sıklıkla görülür (Şekil 3.3). Sabit bölücü duvarların olmaması, mekan organizasyonunda esneklik sağlar [43] [44].



Şekil 3.3 Açık planlı ofis örneği [46].

Serbest Planlı Ofisler: Açık planlı ofis ile hücre planlı ofis anlayışının bir araya gelmesiyle serbest planlı ofis tipolojisi ortaya çıkmıştır. Mobilya elemanları, paneller ve bitkilerin çokça kullanılması ile çalışanlar arasında bölücülerin oluşturulduğu bir düzeni olup bir örneği Şekil 3.4'te sunulmuştur [43].



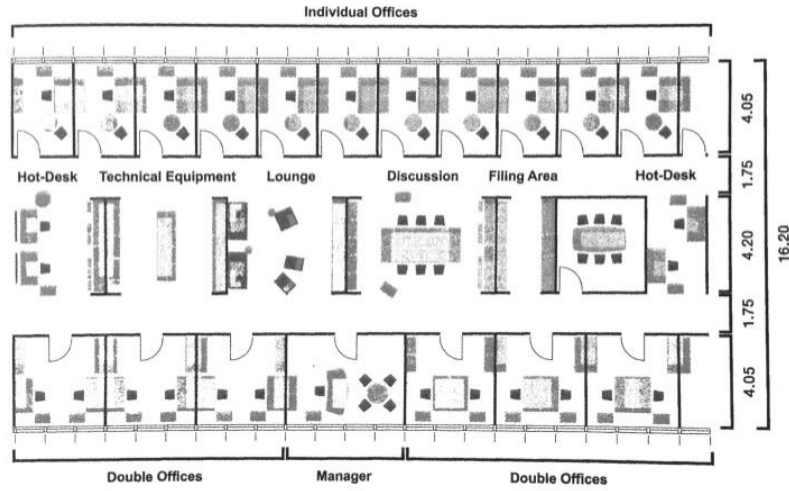
Şekil 3.4 Serbest planlı ofis örneği [47].

Grup Planlı Ofisler: Birden fazla grubun birlikte çalışabileceği büyüklükte tasarlanmış odalar grup planlı ofis tipolojisini oluşturur. 8-25 kişinin çalışabileceği hacimlerin alanı 10-50 m² arasında olabilir. Temelde büyük ofis mekanının parçalara ayrılmış hali olarak değerlendirilebilen grup planlı ofis tipine ilişkin bir örnek Şekil 3.5'te verilmiştir [44].



Şekil 3.5 Grup planlı ofis ofis örneği [44].

Karma Planlı Ofisler: Yönetici odalarının hücre plan tipinde, diğer çalışanların ve onları denetleyenlerin açık plan tipinde yer aldığı plan tipleri, karma planlı ofis tipolojisi olarak tanımlanabilir. Bu plan düzeni, günümüzde en yaygın kullanılan plan tipi olup bir örneği Şekil 3.6'da sunulmuştur [43].



Şekil 3.6 Karma planlı ofis örneği [48].

3.2 Ofislerde Görsel Konfor Koşulları

Günümüzde, genelde 25-65 yaş aralığında çok geniş bir kullanıcı kitlesi, gününün önemli bir bölümünü ofis mekanlarında geçirmektedir. Örneğin 08.00 ile 18.00 arası çalışan bir birey, gününün yaklaşık yarısını ofiste geçirmekte ve bu mekanlarda yaşamaktadır. Ofis kullanıcılarının uzun süre yorulmadan, verimli bir biçimde çalışabilmeleri için buldukları fizik ortamda görsel konfor koşullarının sağlanması gereklidir [49].

Kapalı mekanlardaki görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için, doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma konularına yönelik ilgili literatürde verilen değerlere uygun tasarımlar yapılmalıdır. Ülkemizde, binalarda yapay aydınlatmaya yönelik “TS EN 12464-1:2013 - Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları” ve doğal aydınlatmaya yönelik “TS EN 17037:2019 – Binalarda günışığı” standartları kullanılmaktadır. Çalışmada kullanılan terminoloji nedeniyle bu bölümde, önce TS EN 12464-1 standardı, ardından TS EN 17037 standardı açıklanmıştır.

3.2.1 Ofislerde Yapay Aydınlatma Standardı (TS EN 12464-1:2013)

Kapalı hacimlerin günışığının yeterli ya da var olmadığı saatlerde yapay ışık kaynakları ile aydınlatılması gereklidir. Ülkemizde de yürürlükte olan “TS EN 12464-1:2013 - Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları” başlıklı standartta farklı işlemlere göre, yapay ışığın oluşturduğu aydınlığın görsel konfor koşullarını karşılamasına yönelik,

- Aydınlık düzeyi (E),
- Aydınlığın düzeyinin düzgün dağılımı (U_0),
- Işığın renksel özellikleri (R_a - Kelvin),
- Kamaşma (UGR),

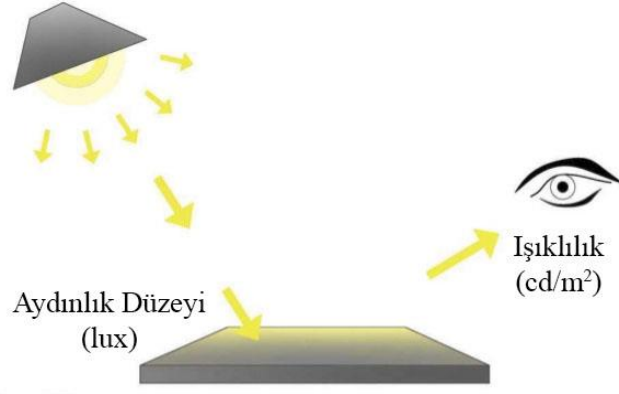
gibi ölçütler ve değerleri verilmektedir. Ayrıca, iç yüzeylerin yansıtma çarpanları, iç yüzeylerdeki ışıklılık, ışığın doğrultusu ve gölge özellikleri ile ilgili modelleme konularında da bilgiler yer almaktadır [34]. Görsel konfor koşullarının sağlanmasına

yönelik ölçütler aşağıda kısaca açıklanmış ve ofislerde sağlanması gereken ölçütler ve bunlara ilişkin değerler Çizelge 3.3'te sunulmuştur.

Çizelge 3.3 TS EN 12464-1'e göre ofislerde sağlanması gereken değerler
(\bar{E}_{ort} : Ortalama aydınlık düzeyi, UGR_L : Kamaşma düzeyi, U_o : Aydınlığın düzeyinin düzgün dağılımı (E_{min} / E_{ort}), R_a : Renksel geri verim indisi) [51].

Ref. No.	Eylem türü	\bar{E}_m lx	UGR_L -	U_o -	R_a -
5.26.1	Dosyalama, kopyalama vb.	≥ 300	≤ 19	$\geq 0,40$	≥ 80
5.26.2	Yazma, okuma, veri işleme	≥ 500	≤ 19	$\geq 0,60$	≥ 80
5.26.3	Teknik çizim	≥ 750	≤ 16	$\geq 0,70$	≥ 80
5.26.4	CAD çalışma istasyonu	≥ 500	≤ 19	$\geq 0,60$	≥ 80
5.26.5	Konferans ve toplantı odaları	≥ 500	≤ 19	$\geq 0,60$	≥ 80
5.26.6	Danışma masası	≥ 300	≤ 22	$\geq 0,60$	≥ 80
5.26.7	Arşiv	≥ 200	≤ 25	$\geq 0,40$	≥ 80

Aydınlık düzeyi (illuminance, E : lm/m^2 ; lux): Bir yüzeyin, bir noktasını çevreleyen sonsuz küçük bir parçacığının aldığı akının, bu yüzey parçacığının alanına bölümü olarak tanımlanır [3] [4]. Aydınlik düzeyinden bahsederken ışık akısının düştüğü alanın büyüklüğü (noktada aydınlık: E_p , ortalama aydınlık: E_{ort}), ışık akısının yüzeye hangi açıyla geldiği ve biçimi (yatay, dikey, silindirselsel-yarı silindirselsel) belirtilmelidir [50]. Aydınlik düzeyi, kişinin referans düzlem üzerinde görsel algılama ve çalışmasını güvenli, hızlı ve rahat bir şekilde gerçekleştirebilmesi için oldukça etkilidir. Aydınlik düzeyi gereksinimleri, hacmin işlevine, geometrik biçimine, yapılan eylem ve kullanıcı özelliklerine göre değişiklik gösterebilir (Çizelge 3.3) [51] [34]. Şekil 3.7'de ışıklılık ve aydınlık düzeyi ilişkisi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.7 Aydınlık düzeyi ve ışıklılık ilişkisinin şematik gösterimi [52].

Işıklılık (luminance, L : cd/m^2): İnsan gözü tarafından algınabilen tek ışık ölçümsel büyüklüktür. Temelde, ışık kaynağından belli bir doğrultuya (örneğin gözümüze) gelen ışık akısı büyüklüğü olarak tanımlanabilir. Işıklılık aydınlanan yüzeyin ışık yansıtma çarpanı ve yansıtma biçimiyle doğrudan ilgilidir. TS EN 12464-1 standardında, hacim içi yüzeyler için önerilen ışık yansıtma çarpanları Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4 TS EN 12464-1 standardında iç yüzeyler için önerilen ışık yansıtma çarpanları [51].

Yüzey	Işık yansıtma çarpanı (r)
Tavan	0,70 – 0,90
Duvar	0,50 – 0,80
Döşeme	0,20 - 0,40
Eşyalar	0,20 - 0,70

Aydınlığın düzeyinin dağılımı (U_0): Çalışma düzlemindeki en düşük aydınlık düzeyinin (E_{\min}), ortalama aydınlık düzeyine (E_{ort}) oranı aydınlık düzeyinin dağılımı (U_0) olarak tanımlanır. Aydınlik düzeyi dağılımı, mekanın işlevi ve kullanım özelliklerine göre genel ve bölgesel aydınlatma olarak ayrılabilir. Genel aydınlatma, aydınlığın hacmin tümüne yayılmış olma durumudur. Mekanın işlevine göre aydınlık düzeyi dağılımı düzgün yayılmış ve düzgün yayılmamış olabilir. Bölgesel aydınlatma ise hacmin belirli bir bölgesinde, geri kalan alanlara göre 3-4 kat daha fazla aydınlık düzeyi olması durumudur [50]. Şekil 3.8'de genel aydınlatma ve bölgesel aydınlatma yapılan ofis örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 3.8 Genel aydınlatma yapılan (solda) ve bölgesel aydınlatma yapılan (sağda) ofis örneği [53] [54].

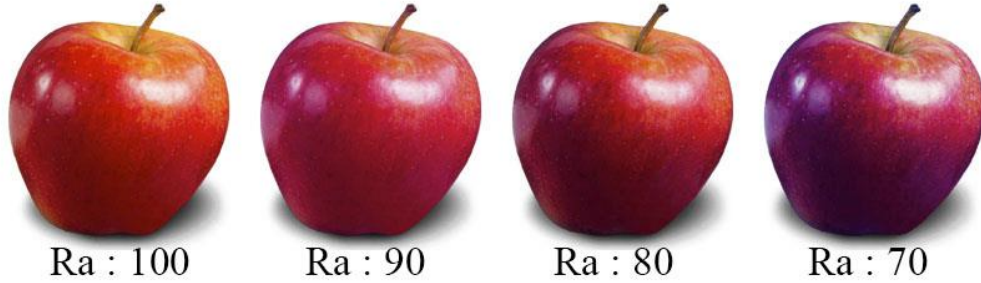
Işığın Renksel Özellikleri (R_a ve Kelvin): Işığın renksel özellikleri, renksel izlenim (sıcak-soğuk ışık), renk sıcaklığı (Kelvin,K) ve renksel geriverim (R_a) başlıkları altında tanımlanmaktadır. Işığın renksel izlenimi, ışığın renk sıcaklığına bağlı olarak sıcak-ılık-soğuk olarak sınıflandırılan bir niteliktir. 3300K'den küçük renk sıcaklığı sıcak, 3300K-5300K aralığı ılık, 5300K'den büyük renk sıcaklığı ise soğuk renkli ışıkları ifade eder [51]. Renk sıcaklığı seçimi çoğunlukla estetik ve psikolojik kriterlere bağlı olarak değişkenlik göstermekle beraber, bazı özel mekan tipleri için önerilen değerler standartlarda belirtilebilir. Şekil 3.9'da renk sıcaklığı farklılıkları şematik olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.9 1000K-10000K aralığındaki renk sıcaklıklarının şematik ifadesi [55].

Renksel geriverimi, ışık kaynaklarının renk türü ile ilgili görünüşleri (görünür renkleri) üzerindeki etkiyi anlatmak için kullanılan genel bir terimdir. Renksel geri verim indisi 0-100 arası değerlendirilen bir büyüklüktür. Doğru renk görmeyen önemli olduğu

ortamlarda (renkli baskı, renk eşleme, müze vb.) en az R_a değeri en az 80 olmalıdır [50]. Şekil 3.10'da farklı R_a değeri olan ışık kaynaklarıyla aydınlatılan aynı nesnenin görünüşleri örneklenmiştir.



Şekil 3.10 R_a değeri farklı ışık kaynaklarıyla aydınlatılan aynı nesnenin görünüşleri [56].

Kamaşma (UGR): “Işıklılıkların oransız dağılımı ya da yüksek karışıklık sonucu, nesnelerin ya da nesnelerin ayrıntılarının ayırt edilmesinde bir yetenek eksikliği ya da bir güçlüğe yol açan görme koşulları” kamaşma olarak tanımlanır [3] [4]. Kamaşma, konforsuzluk ve yetersizlik olarak iki bölümde ele alınmaktadır. Konforsuzluk kamaşması, görsel algılanmaya zarar vermeksizin hoş olmayan bir duyulanma oluşmasıdır. Yetersizlik kamaşması ise nesnelerin görülmesini bozabilen kamaşmalardır. Çizelge 3.4'te kamaşma düzeyine göre duyulanma dereceleri ifade edilmiştir.

Çizelge 3.5 Kamaşma düzeyine göre duyulanma dereceleri [50].

Duyulanma	Kamaşma Düzeyi (UGR)
Hemen Hemen Hissedilmez	10-13
Ancak Kabul Edilir	16-19
Rahatsızlık Verici	22-25
Katlanılamaz Rahatsızlık	28

Işığın Doğrultusal Özellikleri: Bir mekanın genel görünümü, yapısal özellikleri, içindeki insanlar ve nesneler aydınlatıldığında, form ve dokunun net bir şekilde ortaya çıkmasıyla pekişir. Nesnelerin ya da insanların doku, biçim ve derinliğinin algılanmasında aydınlatmanın etkisi “modelleme” olarak tanımlanır. TS EN 12464-1'e göre modelleme, belirli bir noktadaki silindirik aydınlığın yatay aydınlığa oranıdır ve 0,3

ile 0,6 arasında olmalıdır. Aydınlatma biçimi, sert gölgeler oluşturacak biçimde doğrultulu ya da modelleme özelliğini ortadan kaldıracak şekilde yayınlık olmamalıdır [51] [34]. Şekil 3.11’de aydınlatma biçimine göre aynı nesnenin algılanma etkisi gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Işığın doğrultusal özelliklerine göre nesnelerin algılanış biçimi farklılaşır [49].

3.2.2 Binalarda Günişığı Standardı (TS EN 17037:2019)

Doğal aydınlatmaya yönelik “TS EN 17037:2019 – Binalarda günişığı” standardında, binaların günişığından yararlanma ölçütleri:

- Günişığı aydınlığının sağlanması (daylight provision),
- Dış ortamla görsel bağlantının kurulması (dış görüş; view out)
- Güneşlenme (exposure of sunlight),
- Kamaşmaya karşı korunma (protection from glare)

olarak verilmiştir [57] [58]. Aşağıda bu ölçütler kısaca açıklanmıştır.

3.2.2.1 Günişığı Aydınlığının Sağlanması

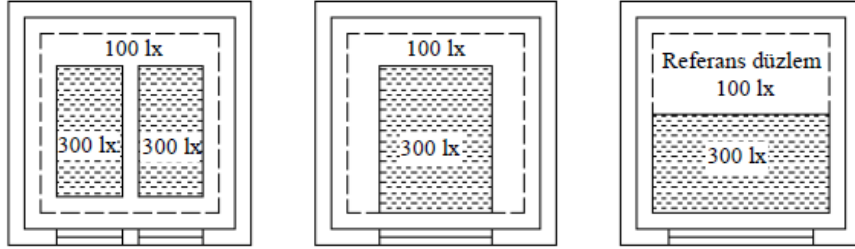
Günişığı, hacim içi aydınlatma ihtiyacını önemli oranda karşılayabilir. Bu nedenle günişığı açıklıklarının, yıl boyunca hacim içine etkin biçimde günişığı alacak biçimde tasarlanması oldukça önemlidir. Günişığı aydınlığının denetlenmesi için, hacim içi aydınlık düzeyi veya günişığı çarpanı ölçütleri kullanılabilir [57] [58].

Aydınlık düzeyi:

Hacim içi günişığı aydınlık düzeyinde;

- Çalışma (referans) düzlemi üzerinde (h=85 cm)
- Hacmin ağırlıklı kullanılan bölgelerinde,
- Yılın 2190 saatinde (~8 saat/5 gün/52 hafta) referans düzlemin >%50'sinde ve bütününde

hedeflenen düzeyleri sağlayıp sağlayamadığı denetlenir.



Şekil 3.12 Hacmin ağırlıklı kullanılan bölgesinin referans düzlem içindeki biçim ve konumuna örnekler [57] [58].

Çizelge 3.6 Günişığından yararlanmaya ilişkin önerilen aydınlık düzeyi dereceleri [57] [58].

Günişığından yararlanma derecesi	Ortalama Aydınlık düzeyi	
	Referans düzlemin \geq % 50 sinde	Referans düzlemin bütününde (% 95)
En az	\geq 300 lx	\geq 100 lx
Orta	\geq 500 lx	\geq 300 lx
Yüksek	\geq 750 lx	\geq 500 lx

Günişığı Çarpanı (GÇ):

“Işıklılık dağılımları bilinen, ya da varsayılan bir gökten dolaysız ya da dolaylı olarak gelen ışığın, verilmiş bir düzlemin bir noktasında oluşturduğu aydınlık düzeyinin, hiç engellenmemiş yarım küre biçimindeki gökten gelen ışığın, yatay düzlem üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine oranını gösteren çarpan” olarak tanımlanan günişığı çarpanının (GÇ) denetlenmesi için; hedeflenen aydınlık düzeyine göre saptanan GÇ değeri hesaplanır ve yılın 2190 saatinde (~8 saat/5 gün/52 hafta) referans düzlemin >%50'sinde ve bütününde söz konusu günişığı çarpanlarının sağlanıp sağlanamadığı belirlenir [57] [58].

3.2.2.2 Dış Ortamla Görsel Bağlantının Sağlanması

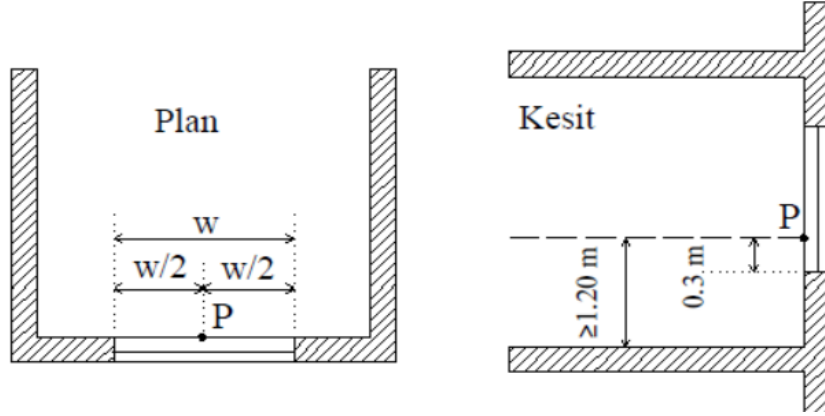
Kullanıcının konumuna göre (oturan 1.20m, ayakta 1.70m yükseklikte) pencereden gördüğü dış ortam görüntüsü 3 katman (gök, doğal ya da yapay manzara/landscape, zemin) üzerinden değerlendirilir. Bu değerlendirmede en az, orta, yüksek derecelendirmesi kullanılır. Dış görüş derecelendirmesi için sağlanması gereken değerler Çizelge 3.7’de gösterilmiştir [57] [58].

Çizelge 3.7 Dış görüş derecelendirmesi [57] [58].

Değişkenler	Verilmiş bir notaya göre görsel bağlantının derecesi		
	En az	Orta	Yüksek
Pencere genişliğine bağlı yatay görüş açısı	> 14°	> 28°	> 54°
Dış engellerin yapıdan uzaklığı	> 6 m	> 20 m	> 50 m
Kullanılan alanın en az %75 inden görünmesi gereken katmanlar - Gök - Manzara (yapay ve/ya da doğal) - Zemin	Manzara katmanı dahil	En az iki katman dahil	Tüm katmanlar dahil

3.2.2.3 Güneşlenme

21 Mart günü döşemeden 1.20m yükseklikte, planda pencere düzleminin orta noktasına gelen dolaysız güneş ışığı süreleri derecelendirilmiştir. Şekil 3.13’te güneşlenmenin değerlendirildiği referans nokta, Çizelge 3.8’de Güneşlenme süresine yönelik dereceler gösterilmiştir [57] [58].



Şekil 3.13 Güneşlenmenin değerlendirildiği referans nokta [57] [58].

Çizelge 3.8 Güneşlenme süresine yönelik dereceler [57] [58].

Güneşlenme derecesi	Güneşlenme süresi
En az düzeyde güneşlenme	1.5 saat
Orta düzeyde güneşlenme	3 saat
Yüksek düzeyde güneşlenme	> 4 saat

3.2.2.4 Kamaşmaya Karşı Korunma

Günişığına bağlı kamaşma, “günişığı kamaşma olasılığı (DGP, daylight glare probability)” ile değerlendirilmektedir. DGP, göz hizasındaki düşey aydınlık düzeyini ve kamaşma yaratan ışıklılığı yüksek kaynakları dikkate alarak, rahatsız olan kişilerin oranını dikkate almaktadır. Eşik değerlerin aşılmaması için gölgeleme elemanlarından yararlanılabilir.

Bir hacmin ağırlıklı kullanılan alanının, yıl boyunca kullanıldığı süre referans kullanım süresi olarak tanımlanmaktadır. Bu süre, yıl boyunca haftanın beş iş günü 8.00-18.00 saatleri olarak varsayılır. Günişığı kamaşma olasılığı eşik değerlerinin, referans sürenin en fazla % 5’inde aşılmasına izin verilmektedir. Çizelge 3.9’de kamaşmadan korunmaya ilişkin önerilen dereceler gösterilmiştir [57] [58].

Çizelge 3.9 Kamaşmadan korunmaya ilişkin önerilen dereceler [57] [58].

Kamaşmadan korunma derecesi	DGP _t	Kullanım süresi boyunca izin verilen maksimum
En az düzeyde korunma. Kamaşma algılanır ve sıklıkla rahatsız edicidir.	≤ 0.45	% 5
Orta düzeyde korunma. Kamaşma algılanır ancak çoğunlukla rahatsız edici değildir.	≤ 0.40	% 5
Yüksek düzeyde korunma. Kamaşma çoğunlukla algılanmaz.	≤ 0.35	% 5

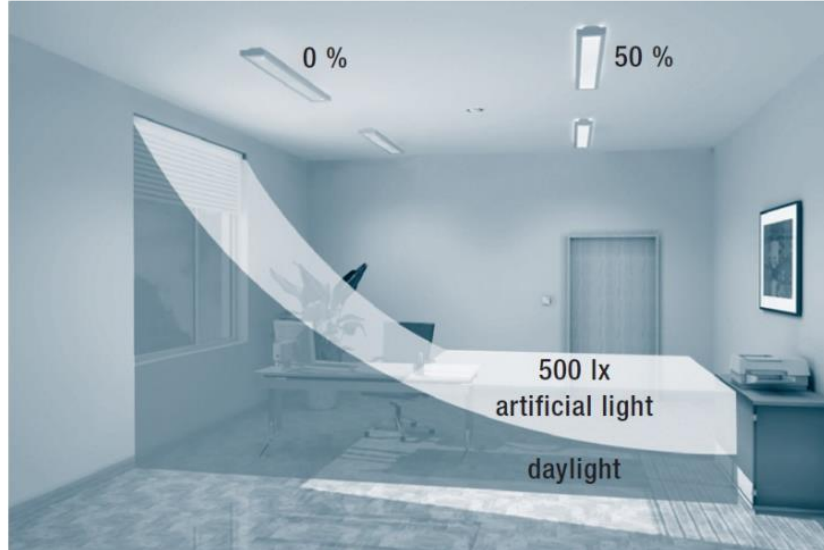
3.3 Bütünleşik Aydınlatma

Hacim içinde görsel konfor koşullarına uygun fizik ortamların oluşturulabilmesi için aydınlığın niteliği ve niceliği açısından doğru bir aydınlatma düzeni kurulması gereklidir. Doğal aydınlatma ile hacim işlevine uygun aydınlatma düzeni oluşturmak, yapay aydınlatma için harcanan enerjinin azaltılmasını sağlayacaktır [59]. Doğal aydınlatmanın hacmin görsel konfor koşullarını sağlayamadığı durumlarda, yapay aydınlatma ile desteklenmesi olarak tanımlanan bütünleşik aydınlatma, ağırlıklı olarak gündüz saatlerinde kullanılan mekanlarda (ofis, hastane, okul vb.) büyük önem taşımaktadır [60] [61].

Bütünleşik aydınlatma düzeninin kurulabilmesi için, günışığının hacim içinde oluşturduğu aydınlığın bilinmesine ihtiyaç vardır. Ancak, günışığının hacim içinde oluşturduğu aydınlık, Bölüm 2.1.1’de değinilen hacim içi günışığını etkileyen etkenlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Bütünleşik aydınlatma düzeninin doğru kurgulanması için, mevcut doğal aydınlatma düzeninin doğru biçimde incelenmeli ve doğal aydınlatma performansını iyileştirecek öneriler geliştirilmeli, yapay aydınlatma düzeni mevcut doğal aydınlatma performansına uyumlu tasarlanmalı, yapay ve doğal aydınlatma düzeni kontrol sistemleri ile denetlenerek birbiriyle uyumlu bir biçimde çalıştırılmalıdır.

Bir yapının mevcut doğal aydınlatma düzeninin incelenmesinde TS EN 17037 standardında belirlenen ölçütler dikkate alınmalıdır. Bu ölçütlerden günışığı aydınlık düzeyi, bütünleşik aydınlatma konusu bağlamında oldukça önemlidir. Ancak, günışığı aydınlık düzeyi derecelendirmeleri, mekanın günışığı performansı ile ilgili genel bir değerlendirime sonucunu oluşturmakta olup, mekanın tüm kullanılabilir alanlarının detaylı değerlendirilmesi için günışığı bölgeleme yöntemi kullanılabilir. Bu yöntem ile eylem tipi, aydınlık düzeyi ihtiyacı, kullanıcı konumu ve yönelimi, yapı kabuğu ilişkisi benzer veya aynı olan bölgeler gruplanmaktadır [37]. Bu yöntem ile bölgelerin doğal aydınlatma performansları ayrı ayrı değerlendirilerek, yüksek ve düşük aydınlık düzeylerinin mekan içindeki dağılımı incelenebilir ve yapay aydınlatma düzeninin tasarlanması ve kontrolü için önemli bir ölçüt oluşturulmuş olur.

Yapay aydınlatmanın, doğal aydınlatma ile birlikte kullanımına yönelik yapılan çalışmalardan biri olan PSALI (Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interiors) yöntemi ilk defa Hopkinson tarafından dile getirilmiştir [61]. Tek yönden günışığı alan derinliği fazla olan hacimlerde, pencereden uzaklaştıkça günışığı aydınlık düzeyinin azaldığı bölgelerde, yapay aydınlatmanın çalışarak aydınlık düzeyi istenilen düzeye çıkarılabilmektedir (Şekil 3.14) [34] [59].



Şekil 3.14 PSALI yönteminin şematik gösterimi [62].

Bütünleşik aydınlatmada, yapay ve doğal aydınlatmanın uyumlu tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli etkenlerden biri de kontrol sistemidir. Doğal aydınlatma sistemleri (gölgeleme ve gelişmiş günışığı sistemleri) ile yapay aydınlatma sisteminin

birbiriyle uyumlu çalışacak biçimde, kontrol sistemleri ile denetlenerek görsel konfor koşullarının devamlılığı sağlanmalıdır. Günışığı bölgeleri, aydınlatma kontrol sistemlerinin planlanması için önemli bir veridir. Doğal aydınlatma performansına göre belirlenen bölgeler dikkate alınarak gruplanan yapay aydınlatma aygıtları ile oluşturulacak senaryolar aracılığı ile görsel konfor koşullarının devamlılığı sağlanabilmektedir.



AÇIK PLANLI OFİS HACMİNDE DOĞAL, YAPAY VE BÜTÜNLEŞİK AYDINLATMA TASARIMINA YÖNELİK ÖRNEKLEMELER

Tez çalışmasının hipotezinde belirtildiği üzere 25-65 yaş aralığında geniş bir kullanıcı kitlesinin, gününün önemli bir bölümünü geçirdiği ofis mekanlarında, doğal ve yapay aydınlatmanın birlikte kullanıldığı bütünlük aydınlatma düzeninde görsel konfor koşullarının sağlanması gereklidir.

Bu bölümde, doğal, yapay ve bütünlük aydınlatma düzenlerinin oluşturduğu koşulların, İstanbul-Kadıköy’de yer alan bir ofis yapısında bulunan, işlevi kurumsal bir firmanın yönetim birimi tasarımı üzerinden örneklenerek açıklanması hedeflenmiştir. Belirlenen hedef bağlamında aşağıdaki bölümlerde, ofis hacminin ve mevcut doğal aydınlatma sisteminin genel özellikleri, yapay aydınlatma düzeni önerileri ile bütünlük aydınlatma düzenine ilişkin hesaplama ve değerlendirmeleri sunulmuştur.

4.1 Ofis Hacminin Özellikleri

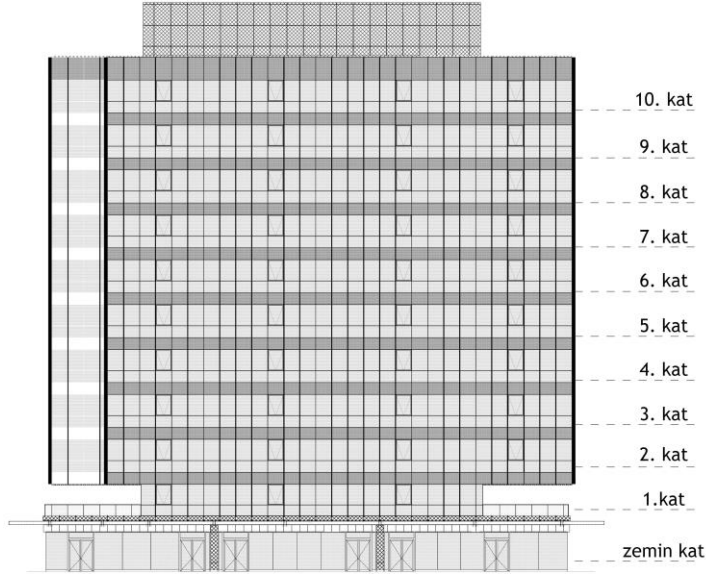
Çalışmada incelenen ofis hacmi, İstanbul’un Kadıköy ilçesinde tasarlanan 3 bloklulu bir ofis kompleksi içerisinde yer almaktadır. Ofis kompleksindeki yapılar A, B ve C yapıları olarak isimlendirilmiştir. Bu yapılardan A ve B yapıları 21 katlı ve 85 m, C yapısı ise 11 katlı ve 47.5 m yüksekliğindedir. Ofis binalarının vaziyet planı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında incelenmek üzere seçilen ofis hacmi C yapısında yer almaktadır. 1360 m² taban alanına sahip dikdörtgen planlı zemin kat üzerine oturan C yapısı, zemin kat üzerinde yükselen 900 m² taban alanına sahip H planlı 10 katın yer aldığı bir binadır. H planlı katlarda ortada yapı çekirdeği yer almakta, çekirdeğin Kuzey ve Güney

yönlerinde ofis alanları bulunmaktadır. Şekil 4.2'te C yapısı Kuzey yönü görünüşü gösterilmiştir.



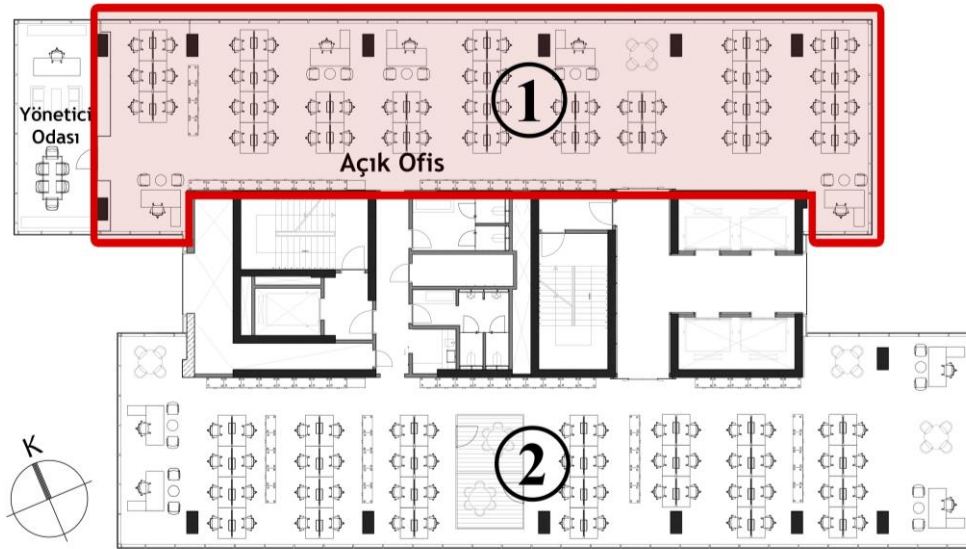
Şekil 4.1 Ofis kompleksi vaziyet planı.



Şekil 4.2 C yapısı Kuzey cephesi.

Çalışma kapsamında, ofis kompleksinin C bloğunun 7. katında yer alan iki ofisten, uzun cephesi Kuzeye yönelmiş ve Batı cephesinde yönetici odası bulunan 1 numaralı açık planlı ofis hacmi ele alınmıştır. Şekil 4.3' te C bloğun 7. Kat planı verilmiş ve çalışmada incelenen 1 numaralı ofis birimi kırmızı ile işaretlenmiştir. 280 m² büyüklüğündeki açık ofisin eni 9,8 m, boyu 35 m, döşeme ile asma tavan arası yüksekliği 2,8 m'dir.

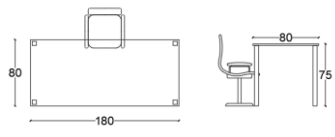
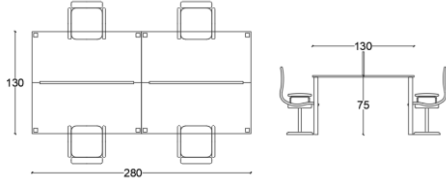
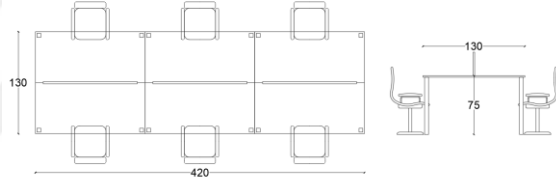
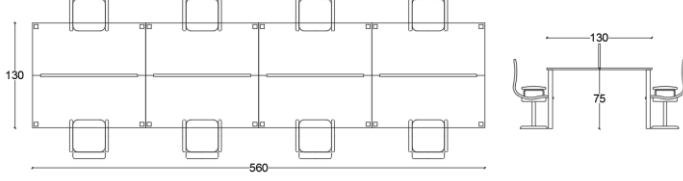
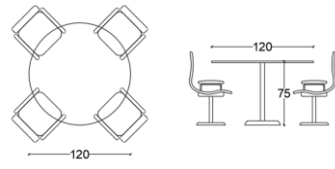
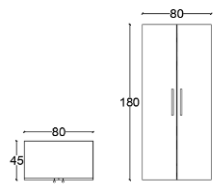
Tüm cephelerden doğal ışık alan C yapısı için, Güney ve Doğu yönünde yer alan A ve B binaları yapı dışı engel oluşturmakta ancak Kuzey ve Batı yönlerinde yapı dışı engel bulunmamaktadır. A ve B yapıları gibi, C yapısında da yapı kabuğunda alüminyum doğramalı giydirme cam cephe sistemi kullanılmıştır. Doğramaların kalınlığı 50 mm'dir. Pencereelerde 6 mm + 6 mm çift tabakalı, türsüz (renksiz) ve ışık geçirme çarpanı (t) 0,7 olan camlar vardır.

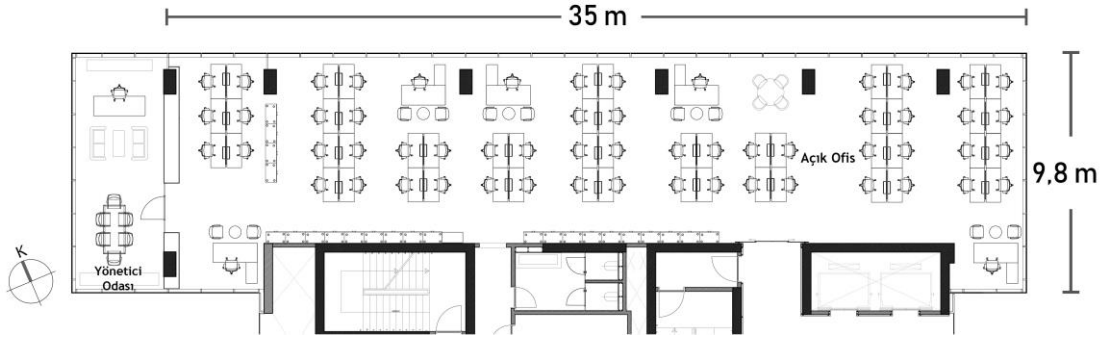


Şekil 4.3 C yapısı 7. kat planı.

İşlevi, kurumsal bir firmanın yönetim birimi olan açık planlı ofis hacmindeki eylemler, "yazma, okuma, veri işleme" olarak kabul edilmiştir. Ofis donatı düzeni, 140x65 cm boyutlarında ve 75 cm yüksekliğinde parçalardan oluşan 4 adet 8 kişilik, 1 adet 6 kişilik, 4 adet 4 kişilik çalışma masası grupları, 180x80 cm boyutlarında ve 75 cm yüksekliğinde 5 adet tek kişilik masa ve 120 cm çapında ve 75 cm yüksekliğinde 1 adet toplantı masası olmak üzere toplamda 15 adet masa bulunacak biçimde tasarlanmıştır. Çalışma masaları çoklu çalışma istasyonları halinde, Kuzey cephesine dik biçimde konumlandırılmıştır. Bina çekirdeği yönünde, ofis alanına giriş-çıkışlar ve dolaplar yer almaktadır. Ofis hacminde yer alan donatıların boyut ve şematik çizimleri Çizelge 4.1'de, ofis hacmi planı ve donatı yerleşimi ise Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Ofis hacmindeki donatılarının ölçü ve şematik çizimleri.

Donatı	Ölçü	Şematik Çizim
Tek Kişilik Masa	180 x 80 x 75 cm	
4 Kişilik Masa	280 x 130 x 75 cm	
6 Kişilik Masa	420 x 130 x 75 cm	
8 Kişilik Masa	560 x 130 x 75 cm	
Toplantı Masası	Ø120 x 75 cm	
Dolap	80 x 45 x 180 cm	



Şekil 4.4 Ofis hacmi planı ve donatı yerleşimi.

Ofis hacmindeki iç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları (r), TS EN 12464-1 standardı göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Standart değerler ve bu bağlamda belirlenen ışık yansıtma çarpanı değerleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Ofis hacmindeki iç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları.

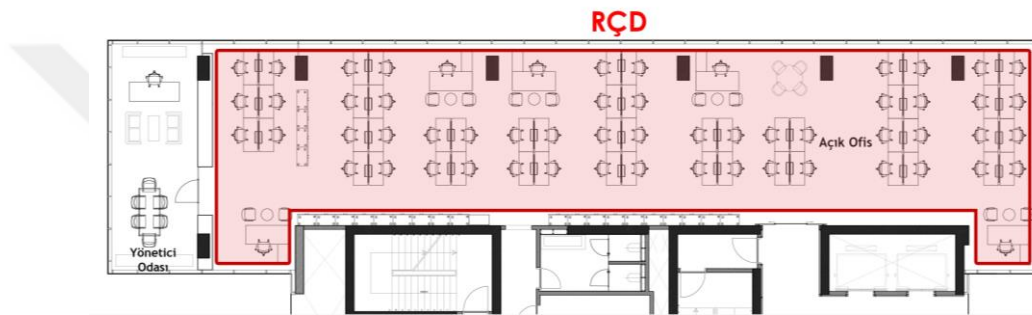
YÜZEY	STANDART DEĞERLER (TS EN 12464-1)	BELİRLENEN DEĞERLER
Duvar	0,5 – 0,8	0,7
Tavan	0,7 – 0,9	0,8
Döşeme	0,2 – 0,4	0,3
Masa	0,2 – 0,7	0,7
Sandalye	0,2 – 0,7	0,2
Dolap	0,2 – 0,7	0,7

Ofis hacminin aydınlatma koşullarının Dialux Evo 8.1 aydınlatma simülasyon programı aracılığıyla belirlenmesi işlemleri,

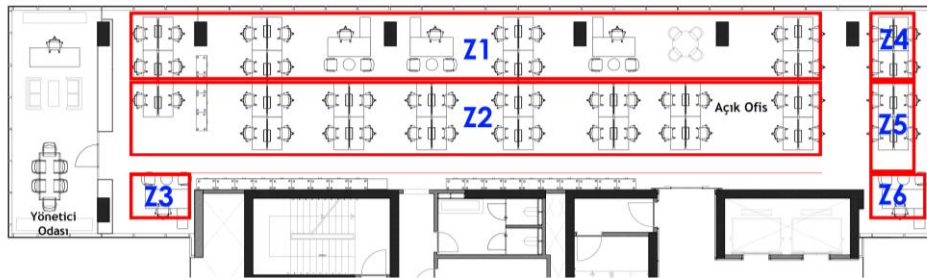
- Tüm mekanı kaplayan, duvardan 0,50 m uzaklıktaki, döşemeden 0,80 m yükseklikteki ve Şekil 4.5’te kırmızı ile belirtilen “referans çalışma düzlemi (RÇD)”,
- Donatı yerleşimi ve yapı kabuğu ilişkisi gözetilerek oluşturulan ve Şekil 4.6’da kırmızı çizgiler ile sınırları belirtilen altı bölgedeki (Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6),
- Z1, Z2, Z3, Z4, Z5 ve Z6 bölgelerinde yer alan ve Şekil 4.7’de kırmızı ile işaretlenen masa grupları için döşemeden 0,8 m yüksekliğindeki çalışma düzlemleri (ÇD1-ÇD20)

temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.6’da belirtilen Z1-Z6 bölgelerindeki 20 masa grubunun dağılımı Z1 bölgesi için ÇD1-ÇD8, Z2 bölgesi için ÇD9-ÇD16, Z3 bölgesi için ÇD17, Z4 bölgesi için ÇD18, Z5 bölgesi için ÇD19, Z6 bölgesi için ÇD20 olarak kabul edilmiştir.

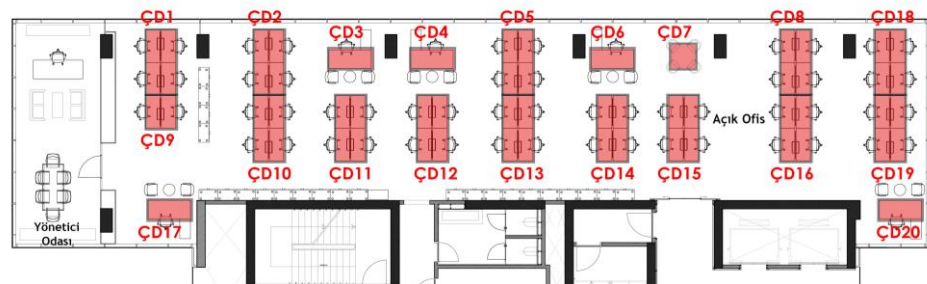
Referans çalışma düzlemi (RÇD) üzerindeki hesaplamalar TS EN 17037:2019 ve TS EN 12464-1:2013 standartlarında verilen koşullara uygun olarak, 2x2 m boyutlarındaki, Şekil 4.8’de sunulan ızgara sisteminin oluşturduğu 76 nokta için yapılmıştır. Simülasyon hesaplamalarında ofis kullanıcıları ve masa üzerindeki araçlar (bilgisayar, ayırıcı vb.) dikkate alınmamıştır.



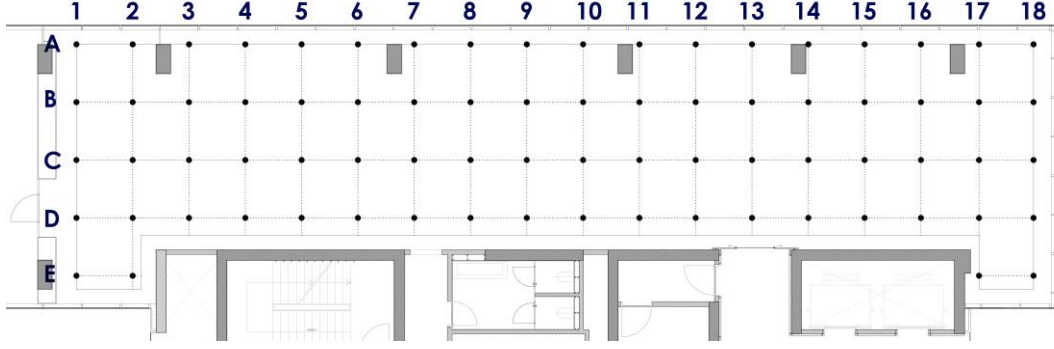
Şekil 4.5 Ofisin tümünde genel aydınlatma durumunun incelenmesi için oluşturulan referans çalışma düzlemi (RÇD).



Şekil 4.6 Çalışma masalarındaki genel aydınlatmanın ayrı ayrı incelenmesi için oluşturulan aydınlatma bölgeleri (Z1-Z6).



Şekil 4.7 Çalışma masalarındaki genel aydınlatmanın ayrı ayrı incelenmesi için oluşturulan çalışma düzlemleri (ÇD1-ÇD20).

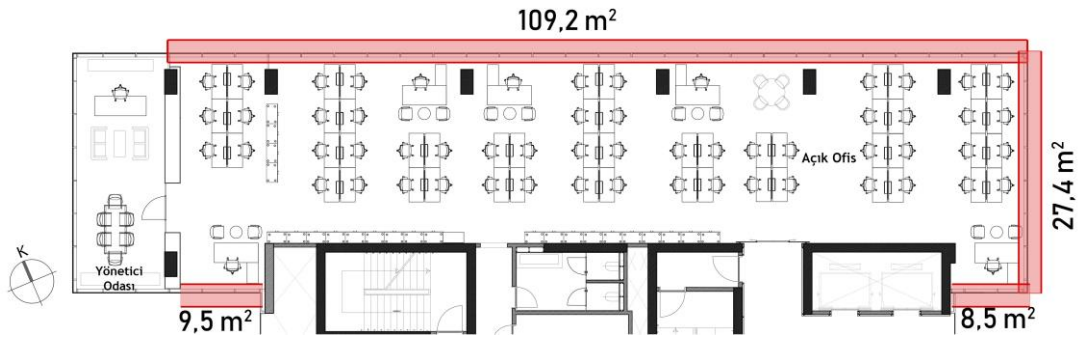


Şekil 4.8 Günışığı aydınlık düzeyi değerlerinin hesaplandığı ızgara sistem (2 x 2 m).

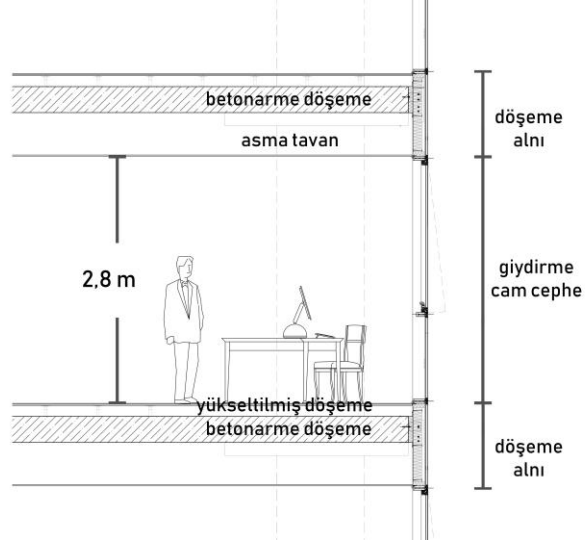
Ofis hacminin mevcut doğal aydınlatma düzeni özellikleri, öneri yapay aydınlatma düzeni önerileri ve bütünleşik aydınlatma durumu aşağıdaki bölümlerde sunulmuştur.

4.2 Ofis Hacmi Mevcut Doğal Aydınlatma Düzeninin Özellikleri

4.1 bölümünde belirtildiği üzere çalışmada Kuzey, Doğu ve Güney cephelerinden doğal ışık alan 1 numaralı açık ofis hacmi ele alınmıştır. Giydirme cephe sistemi kullanılan yapı kabuğundaki pencere boşluğu alanları, Kuzey cephesinde 98 m^2 , Doğu cephesinde $27,4 \text{ m}^2$, Güney cephesinde ise iki ayrı bölüm halinde toplam 18 m^2 'dir. Tüm cephelerde "saydamlık oranı" yaklaşık %100'dür. Şekil 4.9'da cephelerdeki pencere açıklıkları ve alanları, Şekil 4.10'da ise ofis hacmi kesitinde iç mekan ile yapı kabuğu ilişkisi görülebilmektedir.



Şekil 4.9 Ofis hacmi pencere açıklıkları alanları.



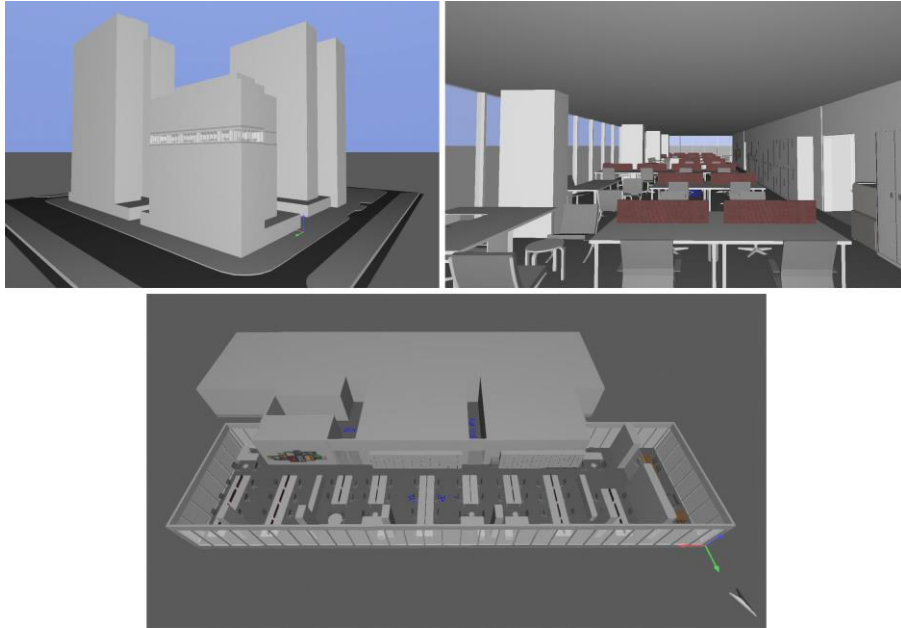
Şekil 4.10 Ofis hacmi kesiti.

4.3 Mevcut Doğal Aydınlatmanın İncelenmesi ve Değerlendirilmesi

Tez kapsamında ele alınan açık planlı ofis mekanının mevcut doğal aydınlatma düzeninin oluşturduğu koşullar, aşağıdaki bölümlerde incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

4.3.1 Doğal Aydınlatma Düzeninin İncelenmesi

Ofis hacminin mevcut doğal aydınlatma düzeni incelemesi için DIALux Evo 8.1 simülasyon programı ile hacim ile yapı dışı engeller üç boyutlu modellenmiştir (Şekil 4.11). Modelleme ve hesaplama sürecindeki aşamalar aşağıda sıralanmıştır.



Şekil 4.11 DIALux Evo programı ile yapılan modelleme görselleri.

- Mimari projelere uygun olarak ofis kompleksi A, B ve C binalarıyla birlikte modellenmiştir. Model mevcut konumuna bağlı koordinatlara ve Kuzey yönelimine uygun olarak konumlandırılmıştır.
- C binası 7. Katında bulunan ofis alanı duvar, döşeme, tavan, kapılar, pencere açıklıkları, pencereler ve taşıyıcı elemanları ile modellenmiştir.
- Donatı elemanları modele eklenmiştir ancak hesaplamalara katılmamıştır.
- Pencere camlarının ışık geçirme çarpanları (t) ile duvar, tavan, döşeme, donatıların ışık yansıtma çarpanları (r) Çizelge 4.2’de verilen değerlerle modele girdi olarak eklenmiştir.

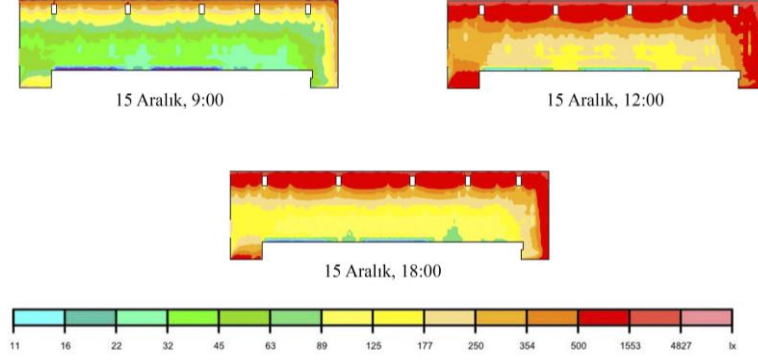
Doğal aydınlatma düzeninin oluşturduğu koşullar 4.1. bölümde açıklanan referans çalışma düzlemi (RÇD) ve masa çalışma düzlemleri (ÇD1-ÇD20) için hesaplanmıştır. Hesaplamalar tüm yılı temsilen 15 Aralık, 15 Mart, 15 Haziran, 15 Eylül günleri ve bu günlerdeki 9.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatleri için yapılmıştır. Seçilen gün ve saatlerdeki gök durumları için Şener tarafından Perez berraklık indisi yöntemi ile oluşturulan ve Çizelge 4.3’te sunulan sınıflandırmadan yararlanılmıştır [8].

Çizelge 4.3 İstanbul ili için Perez berraklık indisi yöntemi ile oluşturulmuş gök durumu sınıflandırması [8].

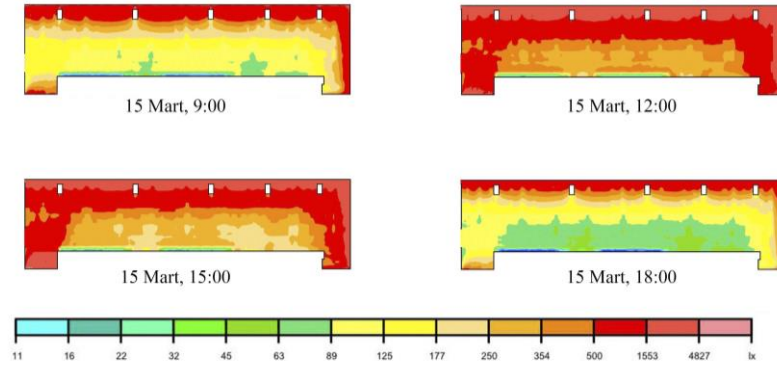
Istanbul	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
7	*	*	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Kapalı	*
8	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Kapalı	Kapalı
9	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Kapalı	Kapalı
10	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
11	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
12	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama
13	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Ortalama
14	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Kapalı	Kapalı
15	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Kapalı	Kapalı
16	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	Kapalı	Kapalı
17	*	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Ortalama	Ortalama	Açık	Ortalama	Ortalama	Kapalı	*	*
18	*	*	Kapalı	Kapalı	Kapalı	Ortalama	Açık	Ortalama	Kapalı	*	*	*
19	*	*	*	*	Kapalı	Ortalama	Ortalama	*	*	*	*	*

Ofis hacminin referans çalışma düzlemi (RÇD) için 76 noktadaki günışığı noktada aydınlık düzeyi hesap sonuçları Ek-A’da ayrıntılı olarak verilmiştir. Ek-A’da sunulan sonuçlardan yararlanılarak, çalışmada belirlenen gün ve saatler için referans düzlemdeki ortalama günışığı aydınlık düzeyleri Çizelge 4.4’te gösterilmiştir.

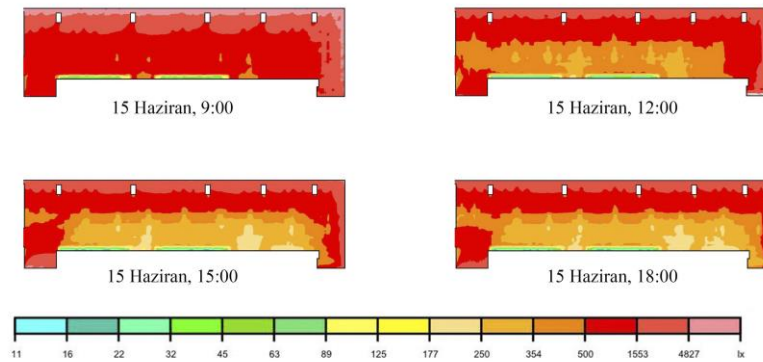
Referans çalışma düzlemine (RÇD) yönelik hesaplamalar ayrıca Şekil 4.12-4.15'te verilmiştir. Çizelge 4.4'de hacmin altı bölgesindeki (Z1-Z6) yirmi masa grubu (ÇD1-ÇD20) için ortalama günışığı yatay aydınlık düzeyleri hesaplanmış ve hesap sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.



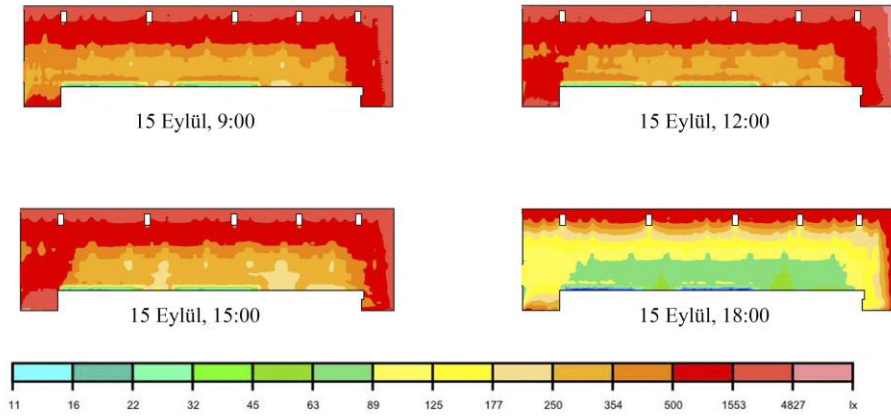
Şekil 4.12 15 Aralık 9.00, 12.00, 15.00 saatlerinde RÇD üzerindeki aydınlık düzeyi renk skalası.



Şekil 4.13 15 Mart 9.00, 12.00, 15.00, 18.00 saatlerinde RÇD üzerindeki aydınlık düzeyi renk skalası.



Şekil 4.14 15 Haziran 9.00, 12.00, 15.00, 18.00 saatlerinde RÇD üzerindeki aydınlık düzeyi renk skalası.



Şekil 4.15 15 Eylül 9.00, 12.00, 15.00, 18.00 saatlerinde RÇD üzerindeki aydınlık düzeyi renk skalası.

Çizelge 4.4 Doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Tarih	Saat	Eort	Günişığı Bölgeleri						RÇD
			Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	
			Çalışma Düzlemleri						
			ÇD1-ÇD8	ÇD9-ÇD16	ÇD17	ÇD18	ÇD19	ÇD20	
15 Aralık	09.00		173	86	79	215	99	133	113
	12.00		757	220	596	1218	766	924	559
	15.00		588	141	268	730	336	452	385
	18.00		0	0	0	0	0	0	0
15 Mart	09.00		540	130	246	667	304	408	353
	12.00		1462	488	2415	1550	2013	905	1096
	15.00		1137	328	1883	1584	849	1036	857
	18.00		370	88	169	458	209	280	242
15 Haziran	09.00		2676	748	681	3671	2253	2651	1793
	12.00		1188	475	722	1953	1523	11573	1874
	15.00		1310	350	1658	1636	738	967	954
	18.00		1213	347	1106	1305	536	601	801
15 Eylül	09.00		1311	384	438	1862	1148	1439	901
	12.00		1480	411	1020	2404	1491	1990	1114
	15.00		1222	350	2104	1640	843	1034	915
	18.00		369	144	185	504	232	312	266

4.3.2 Doğal Aydınlatma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada ofis hacmindeki doğal aydınlatma koşulları, Bölüm 3.2.2’de açıklanan “TS EN 17037:2019 Binalarda günışığı” standardının, yalnızca aydınlık düzeyi ölçütü açısından ele alınarak değerlendirilmiştir.

Ek-A ve Çizelge 4.4’te yer alan sayısal değerler aracılığı ile referans çalışma düzlemi (RÇD) üzerinde, 100 lx ve 300 lx günışığı aydınlığına sahip alan oranları hesaplanmıştır. Hesap sonuçları çalışmada ele alınan gün ve saatler bağlamında Çizelge 4.5’te verilmiş ve RÇD’nin %95’inde 100 lx ve %50’sinde 300 lx sağlanan durumlar kırmızı renkle işaretlenmiştir.

Çizelge 4.5 Referans çalışma düzleminin (RÇD) %95’inde ≥ 100 lx ve %50’sinde ≥ 300 lx aydınlık düzeyi sağlanması durumu.

	15 Aralık				15 Mart				15 Haziran				15 Eylül			
	Saat				Saat				Saat				Saat			
lx	9	12	15	18	9	12	15	18	9	12	15	18	9	12	15	18
≥ 100	% 38	% 100	% 95	0	% 88	% 100	% 100	% 60	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 72
≥ 300	% 23	% 60	% 42	0	% 38	% 96	% 82	% 28	% 100	% 100	% 86	% 84	% 94	% 98	% 83	% 29

Çizelge 4.5’ten görüleceği üzere:

- 15 Aralık’ta,
 - 9.00’da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95’inde (100 lx) ve %50’sinde (300 lx) sağlanamamıştır.
 - 12.00’da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95’inde (100 lx) sağlanmış, %50’sinde (300 lx) sağlanamamıştır.
 - 15.00’da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95’inde (100 lx) sağlanamamış, %50’sinde (300 lx) sağlanmıştır.
 - 18.00’da İstanbul ili için gün batımından sonra olması nedeniyle, gereken ortalama aydınlık düzeyi referans düzlemin %95’inde (100 lx) ve %50’sinde (300 lx) sağlanamamıştır.

- 15 Mart'ta,
 - 9.00'da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanamamıştır.
 - 12.00'da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanmıştır.
 - 15.00'da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanmıştır.
 - 18.00'da gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanamamıştır.

- 15 Haziran'da,
 - 9.00'da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanmıştır.
 - 12.00'da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanmıştır.
 - 15.00'da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanmıştır.
 - 18.00'da gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanmıştır.

- 15 Eylül'de,
 - 9.00'da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanmıştır.
 - 12.00'da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanmıştır.
 - 15.00'da, gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanmıştır.

- 18.00'da gereken ortalama aydınlık düzeyi, referans düzlemin %95'inde (100 lx) ve %50'sinde (300 lx) sağlanamamıştır.

Yukarıda yapılan değerlendirmeler ışığında, mevcut doğal aydınlatma düzeninin oluşturduğu günışığı aydınlığının, özellikle kış ve ilkbahar aylarında yetersiz olduğu ve mevcut doğal aydınlatmanın yapay aydınlatma kullanılarak desteklenmesi, bir başka anlatımla bütünlük aydınlatma yapılması gerektiği çıkarımı yapılmıştır.

4.4 Yapay Aydınlatma Önerileri


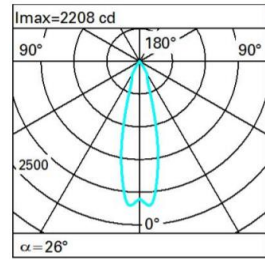
Ofis hacminde günışığının yeterli ya da var olmadığı saatlerde görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için, hacmin işlevine uygun, verimli ve mimari karakter ile uyumlu bir yapay aydınlatma düzeninin tasarlanması gereklidir. Çalışma kapsamında incelenen açık planlı ofis alanında gerçekleştirilen eylemler “yazma, okuma, veri işleme” olarak kabul edilmiştir ve Bölüm 3.2.1 Çizelge 3.3'te verilen TS EN 12464-1 standardındaki ölçütlere yönelik değerlerin sağlanması hedeflenmiştir. Belirtilen hedef doğrultusunda, bina çekirdeği yönündeki koridor ve masa çalışma bölümleri için oluşturulan yapay aydınlatma önerilerinin özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

- **Koridor aydınlatması önerisi (K1):**



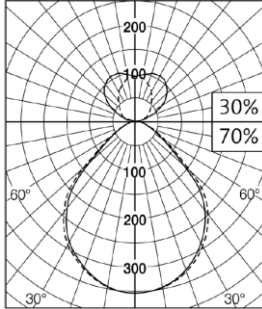
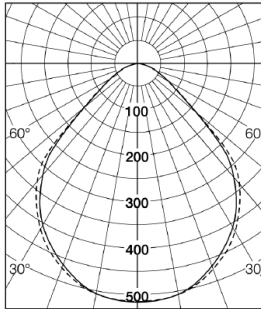
Ofis hacminin koridor bölümü aydınlatması için duvardan 1,2 m uzaklıkta koridor duvarına paralel, asma tavana gömülü raylara yerleştirilen 15 adet doğrusal (R1) ve 6 adet noktasal (R2) aygıtların kullanıldığı bir düzen önerilmiştir. Aygıtların yerleşim planı Şekil 4.16'da şematik gösterilmiş, aygıt özellikleri Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Şekil 4.16'da görülebileceği üzere doğrusal R1 aygıtları 1,6 m aralıklarla, noktasal R2 aygıtları ise ofise giriş-çıkış kapıları ve yönetici odası girişine 1 m aralıkla yerleştirilmiştir.

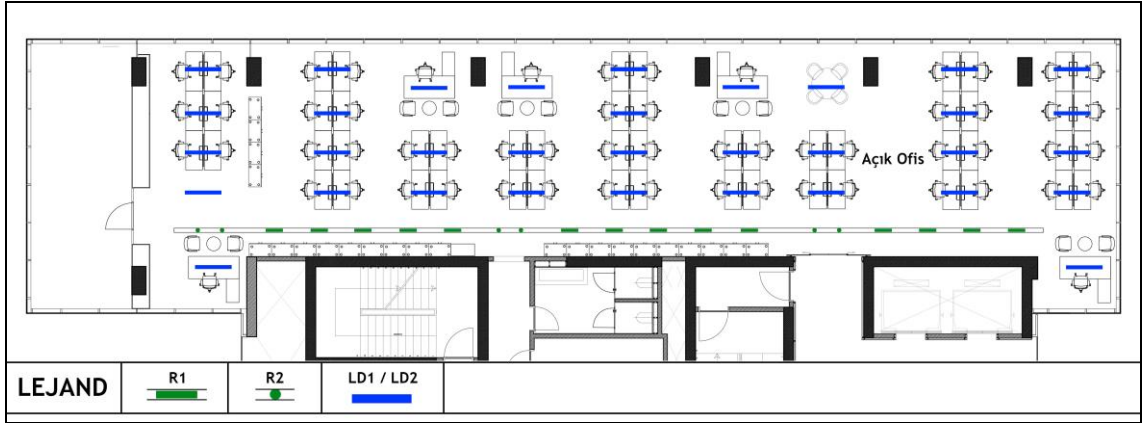
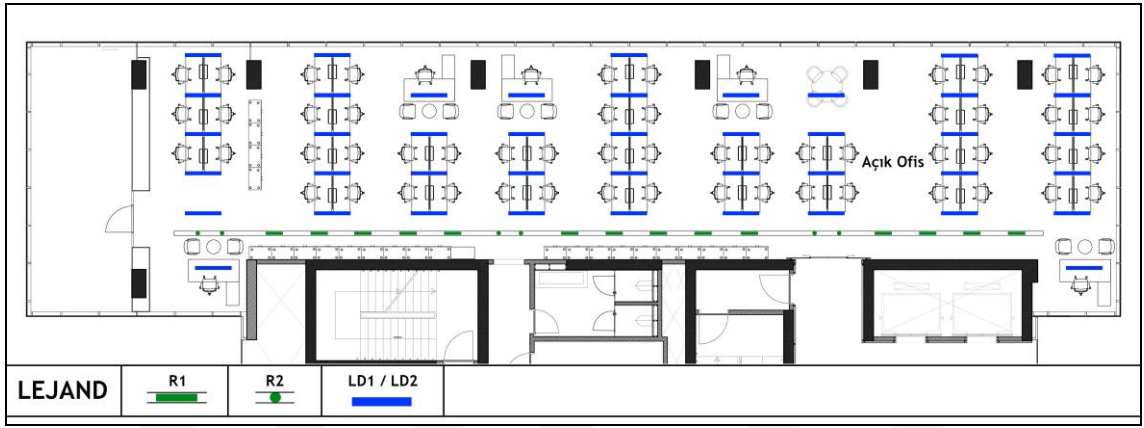
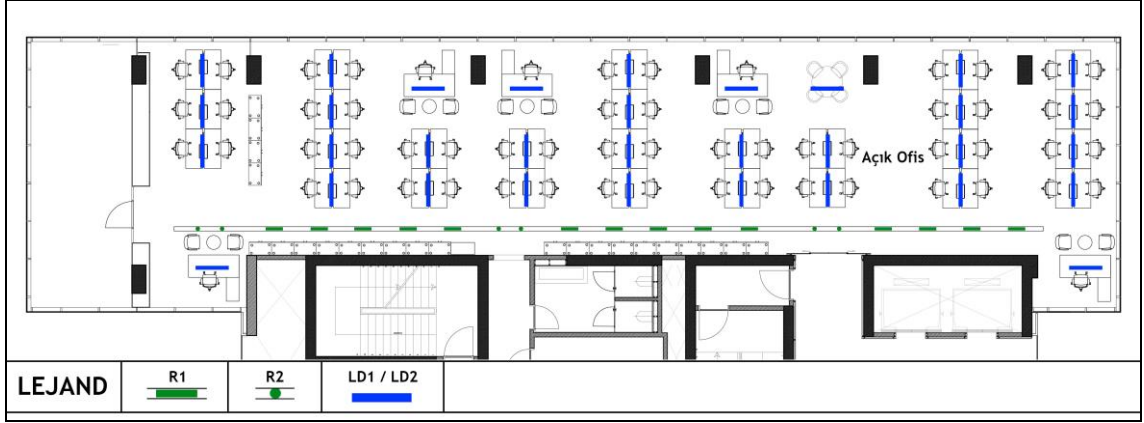
Önerilen koridor aydınlatma düzeninin koridor duvarı (DÇD), hacmin tavanı (TÇD) ve masa bölgesi çalışma düzlemleri (ÇD1-ÇD20) üzerinde oluşturduğu aydınlığın özelliklerine ilişkin hesap sonuçları Bölüm 4.5 ve 4.6'da verilmiş olup, bu bölümde ele alınmamıştır.

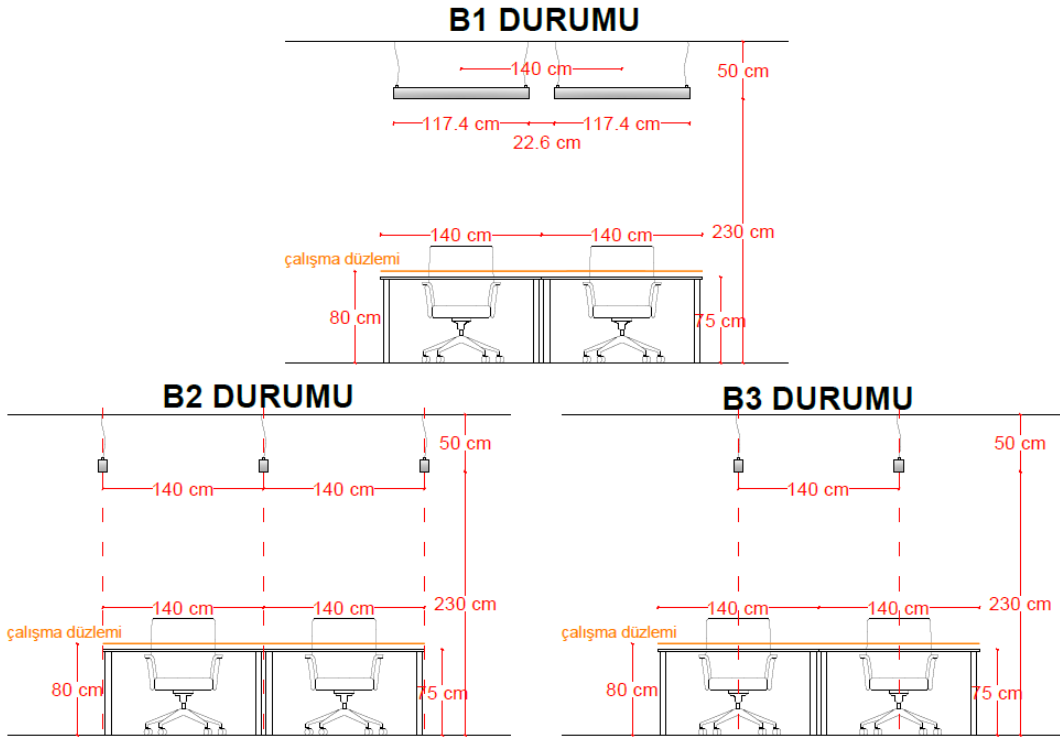
Çizelge 4.6 Koridor bölümü için önerilen R1 ve R2 aygıtlarının özellikleri [63].

	Aygıt Kodu	R1	R2
LAMBA	Lamba Türü	LED	LED
	Lamba Gücü	20 W	9 W
	Lamba Işık Akısı	1800 lm	750 lm
	Lamba Verimi	90 lm/W	83 lm/W
	Renk Sıcaklığı	3000 K	3000 K
	Renksel Geriverim (Ra)	90	90
AYGIT	Aygıt Tipi	Raya Montaj	Raya Montaj
	Aygıt Modeli	iGuzzini - Laser Blade / System53 - MT88	iGuzzini - Laser Blade / System53 – MQ53
	Aygıt Boyutu	270 x 48 x 89 mm	Ø 50 x 50 mm
	Aygıt Askı Yüksekliği	h = 280 cm	h = 280 cm
	Aygıt Yayıcı Tipi	Asimetrik Yayıcı	Yansıtıcı
	Aygıt Adedi	15	6
	Aygıt Görseli		
Aygıt Işık Yeğlilik Dağılımı			

Çizelge 4.7 Çalışma masaları için önerilen LD1 ve LD2 aygıtlarının özellikleri [64].

		ÖNERİ 1	ÖNERİ 2
	Aygıt Kodu	LD1	LD2
LAMBA	Lamba Türü	LED	LED
	Lamba Gücü	33 W	29 W
	Lamba Işık Akısı	3643 lm	2996 lm
	Lamba Verimi	110 lm/W	103 lm/W
	Renk Sıcaklığı	3000 K	3000 K
	Renksel Geriverim (Ra)	80	80
AYGIT	Aygıt Tipi	Doğrusal Sarkıt	Doğrusal Sarkıt
	Aygıt Modeli	FAGERHULT 13130-402 Notor 78	FAGERHULT 13228-402 Notor 78
	Aygıt Boyutu	1174 x 78 x 78 mm	1174 x 78 x 78 mm
	Aygıt Askı Yüksekliği	h = 230 cm	h = 230 cm
	Aygıt Yayıcı Tipi	Mikroprizmatik	Mikroprizmatik
	Aygıt Görseli		
	Işık Yeğirlik Dağılımı		





Şekil 4.20 Bakış doğrultusuna göre aygıt yönelimi önerilerinin şematik gösterimi.

Aygıt tipleri ve konumları bağlamında çalışma bölümü için hazırlanan altı yapay aydınlatma önerisinin kodları aşağıda verilmiştir.

- **ÇB1:** 1. öneri (LD1-B1 - Yayınık aygıt / Bakış doğrultusuna dik)
- **ÇB2:** 2. öneri (LD2-B1 - Dolaysız aygıt / Bakış doğrultusuna dik)
- **ÇB3:** 3. öneri (LD1-B2 - Yayınık aygıt / Bakış doğrultusuna paralel-masa iki yanında)
- **ÇB4:** 4. öneri (LD2-B2 - Dolaysız aygıt / Bakış doğrultusuna paralel-masa iki yanında)
- **ÇB5:** 5. öneri (LD1-B3 - Yayınık aygıt / Bakış doğrultusuna paralel-sandalye aksında)
- **ÇB6:** 6. öneri (LD2-B3 - Dolaysız aygıt / Bakış doğrultusuna paralel-sandalye aksında)

4.5 Yapay Aydınlatma Önerilerine İlişkin Hesap Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Tez kapsamında ele alınan açık planlı ofis mekanı için temel özellikleri 4.4. Bölümde yer alan, koridor ve çalışma bölümlerine yönelik olarak oluşturulan yapay aydınlatma düzeni önerilerine ilişkin hesap sonuçları ve değerlendirmesi aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

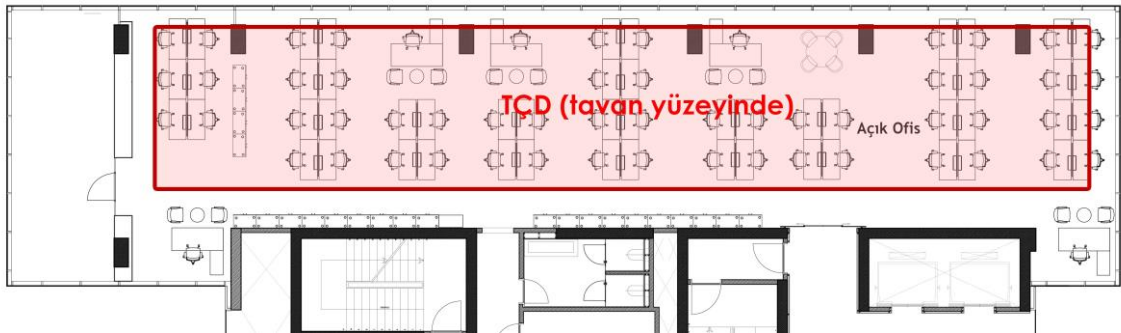
4.5.1 Yapay Aydınlatma Önerilerine İlişkin Hesap Sonuçları

Bu bölümde, koridor aydınlatması için kurgulanan bir adet (K1), çalışma bölümü için hazırlanan altı adet (ÇB1, ÇB2, ÇB3, ÇB4, ÇB5, ÇB6) yapay aydınlatma önerisinin, 4.1. Bölümde tanımlanan,

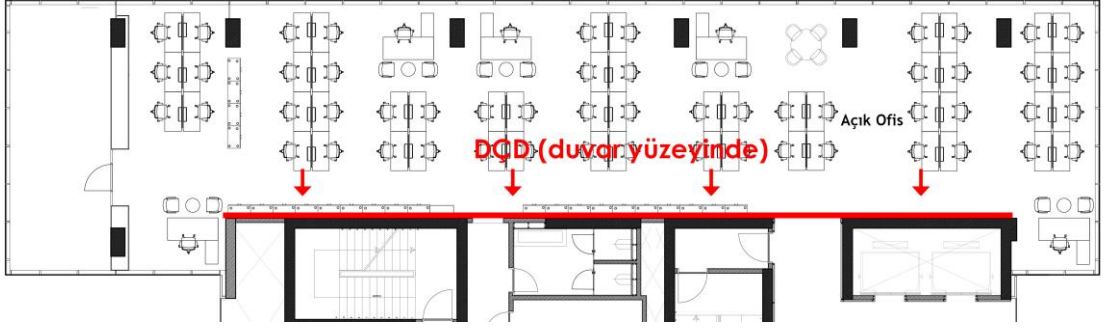
- Tüm mekanı kapsayan referans çalışma düzlemi (RÇD) (Şekil 4.5),
- Mekandaki altı bölgedeki (Z1-Z6) yirmi masa grubu (ÇD1-ÇD20) çalışma düzlemleri (Şekil 4.6 - 4.7),
- Mekan tavan düzlemi (TÇD) (Şekil 4.21),
- Koridor duvar düzlemi (DÇD) (Şekil 4.22)

üzerinde oluşturdukları aydınlığın özelliklerinin belirlenmesine yönelik simülasyon hesap sonuçları sunulmuştur.

Yukarıda verilen hesap düzlemlerinden RÇD, Z1-Z6 ve ÇD1-ÇD20 konumları 4.1. Bölümde Şekil 4.5 – 4.7’de verilmiştir. Mekan tavan düzlemi (TÇD) ve koridor duvar düzlemlerinin (DÇD) konumları ise Şekil 4.21-22’de gösterilmiştir.



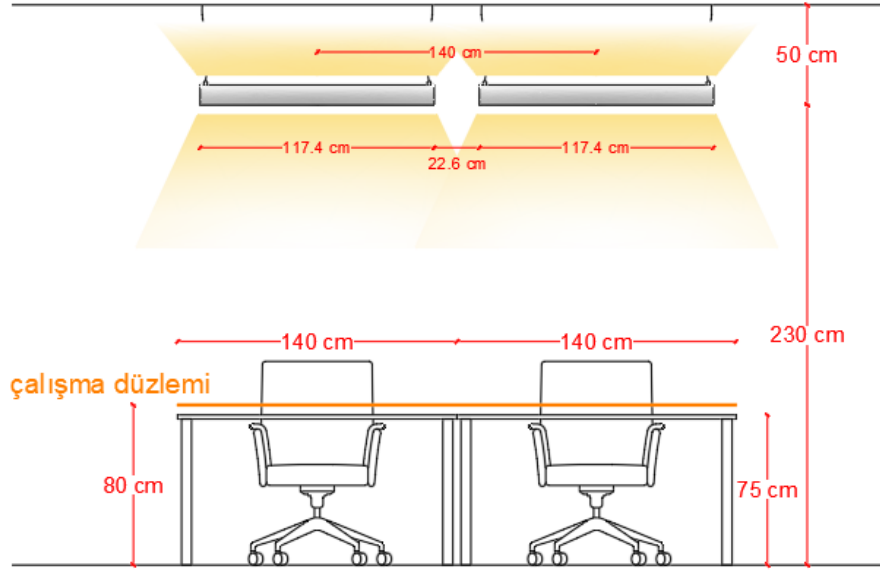
Şekil 4.21 Mekan tavan düzlemi (TÇD).



Şekil 4.22 Koridor duvar düzlemi (DÇD).

Yapay aydınlatma düzenlerinin yukarıda belirtilen düzlemler için hesaplanan ortalama yatay aydınlık düzeyi (E_{ort}), aydınlığın düzgünlüğü (U_0) ve masa kullanıcılarına yönelik kamaşma (UGR) değerleri Çizelge 4.8-4.13'de verilmiş ve TS EN 12464-1:2013 standardını sağlamayan durumlar kırmızı renk ile ifade edilmiştir. Çalışma bölümüne yönelik aydınlatma önerilerine ilişkin şematik kesitler ve hesap sonuçlarına ait simülasyon modeli görselleri Şekil 4.23 - 4.34'te sunulmuştur.

- **ÇB1: 1. öneri (LD1-B1 - Yayınık aygıt / Bakış doğrultusuna dik)**



Şekil 4.23 ÇB1-Çalışma bölümü öneri 1: LD1-B1 durumu şematik kesiti.

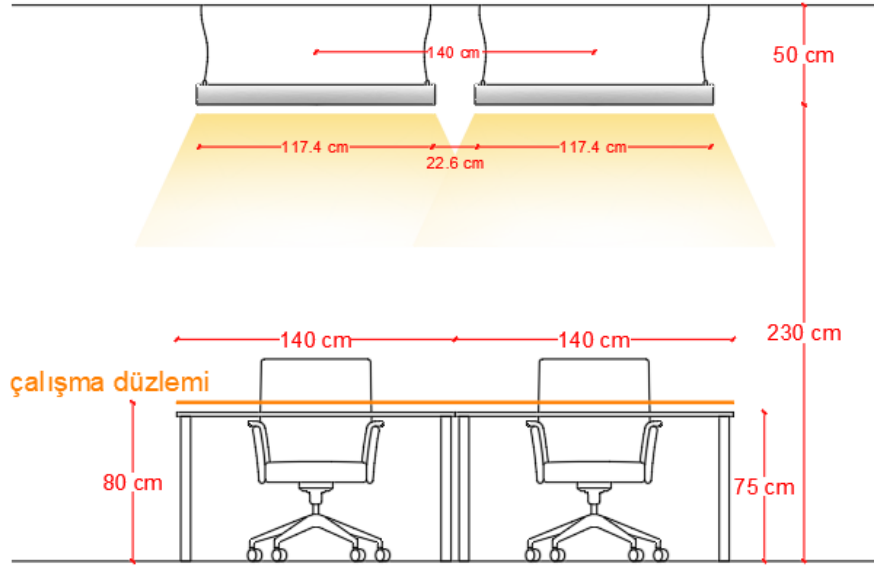


Şekil 4.24 ÇB1-Çalışma bölümü öneri 1: LD1-B1 durumu model görselleri.

Çizelge 4.8 ÇB1-Çalışma bölümü öneri 1: LD1-B1 durumu hesap sonuçları.

Aydınlatma Biçimi	Aygıt Yönelimi	Sağlanması Gereken Değerler (TS-EN 12464-1)	Aydınlatma Bölgeleri						RÇD	Ortalama Değerler
			Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6		
			Çalışma Düzlemleri							
			ÇD1-8	ÇD9-16	ÇD17	ÇD18	ÇD19	ÇD20		
LD1	B1	Eort ≥ 500 lux	521	587	398	579	597	600	394	502
		Uo $\geq 0,60$	0,69	0,70	0,74	0,59	0,64	0,60	0,21	0,71
		UGR ≤ 19	17,2	17,8	16,7	19	18,6	18,6	-	17,2
			TÇD	DÇD						
		Eort ≥ 50 lux	222	179						
		Uo $\geq 0,10$	0,24	0,63						

- **ÇB2: 2. öneri (LD2-B1 - Dolaysız aygıt / Bakış doğrultusuna dik**



Şekil 4.25 ÇB2-Çalışma bölümü öneri 2: LD2-B1 durumu şematik kesiti.

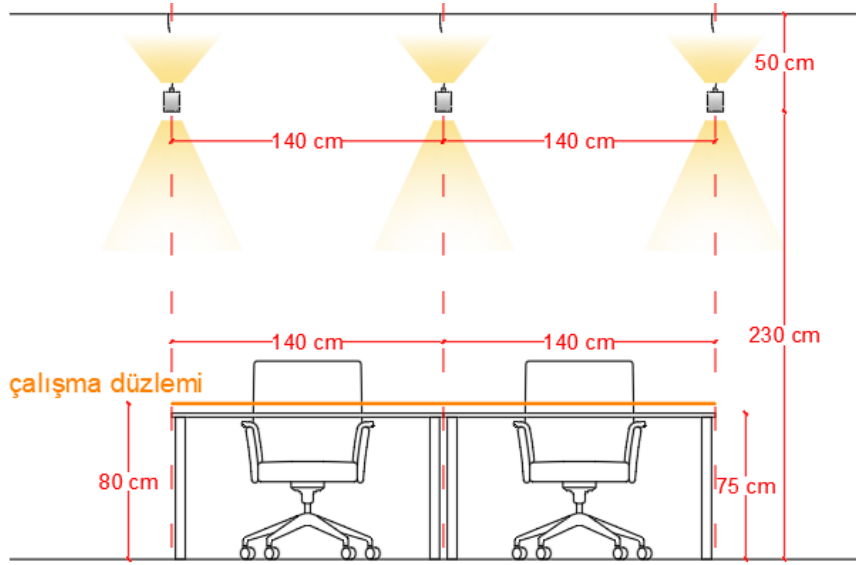


Şekil 4.26 ÇB2-Çalışma bölümü öneri 2: LD2-B1 durumu model görselleri.

Çizelge 4.9 ÇB2-Çalışma bölümü öneri 2: LD2-B1 durumu hesap sonuçları.

Aydınlatma Biçimi	Aygıt Yönelimi	Sağlanması Gereken Değerler (TS-EN 12464-1)	Aydınlatma Bölgeleri						RÇD	Ortalama Değerler	
			Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6			
			Çalışma Düzlemleri								
			ÇD1-8	ÇD9-16	ÇD17	ÇD18	ÇD19	ÇD20			
LD2	B1	Eort	≥ 500 lux	561	625	451	629	643	426	378	546
		Uo	≥ 0,60	0,66	0,66	0,70	0,57	0,60	0,71	0,13	0,67
		UGR	≤ 19	20,7	20,9	20,6	22,1	21,8	22	-	20,7
			TÇD	DÇD							
		Eort	≥ 50 lux	112	156						
		Uo	≥ 0,10	0,40	0,61						

- **ÇB3: 3. öneri (LD1-B2 - Yayınık aygıt/Bakış doğrultusuna paralel-masa iki yanında)**



Şekil 4.27 ÇB3-Çalışma bölümü öneri 3: LD1-B2 durumu şematik kesiti.

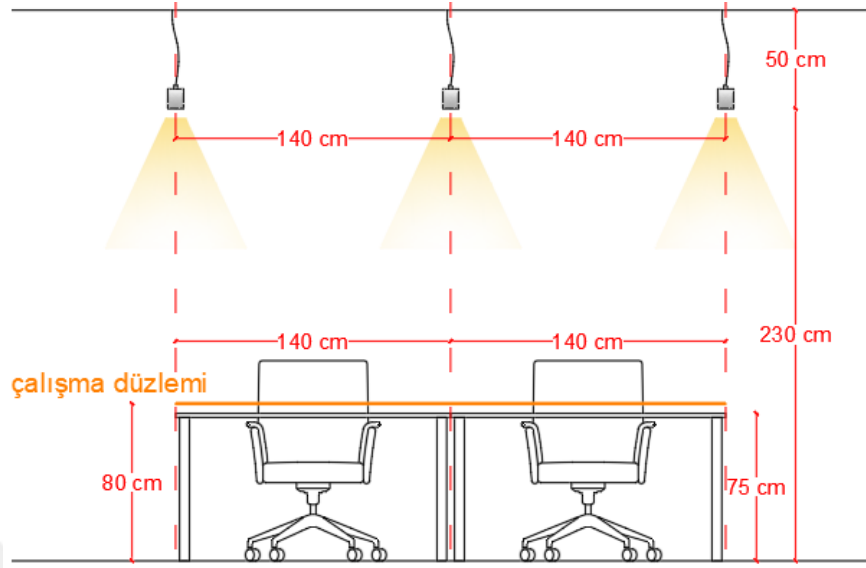


Şekil 4.28 ÇB3-Çalışma bölümü öneri 3: LD1-B2 durumu model görselleri.

Çizelge 4.10 ÇB3-Çalışma bölümü öneri 3: LD1-B2 durumu hesap sonuçları.

Aydınlatma Biçimi	Aygıt Yönelimi	Sağlanması Gereken Değerler (TS-EN 12464-1)	Aydınlatma Bölgeleri						RÇD	Ortalama Değerler	
			Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6			
			Çalışma Düzlemleri								
			ÇD1-8	ÇD9-16	ÇD17	ÇD18	ÇD19	ÇD20			
LD1	B2	Eort	≥ 500 lux	576	670	442	603	625	400	481	563
		Uo	≥ 0,60	0,76	0,88	0,74	0,83	0,86	0,73	0,21	0,79
		UGR	≤ 19	17,7	17,2	17	19,1	18,2	17,3	-	17,3
				TÇD	DÇD						
		Eort	≥ 50 lux	268	213						
		Uo	≥ 0,10	0,24	0,61						

- **ÇB4: 4. öneri (LD2-B2 - Dolaysız aygıt/Bakış doğrultusuna paralel-masa iki yanında)**



Şekil 4.29 ÇB4-Çalışma bölümü öneri 4: LD2-B2 durumu şematik kesiti.

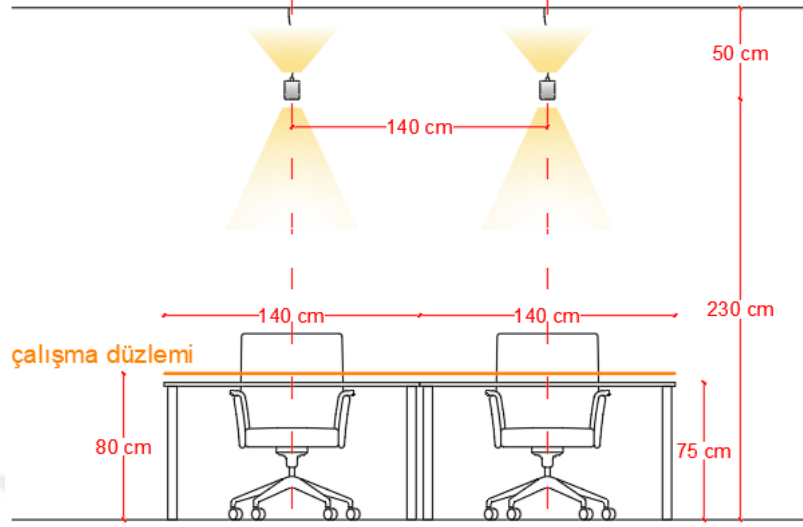


Şekil 4.30 ÇB4-Çalışma bölümü öneri 4: LD2-B2 durumu model görselleri.

Çizelge 4.11 ÇB4-Çalışma bölümü öneri 4: LD2-B2 durumu hesap sonuçları.

Aydınlatma Biçimi	Aygıt Yönelimi	Sağlanması Gereken Değerler (TS-EN 12464-1)	Aydınlatma Bölgeleri						RÇD	Ortalama Değerler		
			Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6				
			Çalışma Düzlemleri									
			ÇD1-8	ÇD9-16	ÇD17	ÇD18	ÇD19	ÇD20				
LD2	B2	Eort	≥ 500 lux	602	689	480	641	655	443	459	590	
		Uo	≥ 0,60	0,76	0,89	0,70	0,85	0,87	0,70	0,12	0,78	
		UGR	≤ 19	20,8	20,3	19,8	22,2	21,4	21,5	-	20,3	
				TÇD	DÇD							
		Eort	≥ 50 lux	129	183							
		Uo	≥ 0,10	0,40	0,58							

- **ÇB5: 5. öneri (LD1-B3 - Yayınık aygıt / Bakış doğrultusuna paralel-sandalye aksında)**



Şekil 4.31 ÇB5-Çalışma bölümü öneri 5: LD1-B3 durumu şematik kesiti.

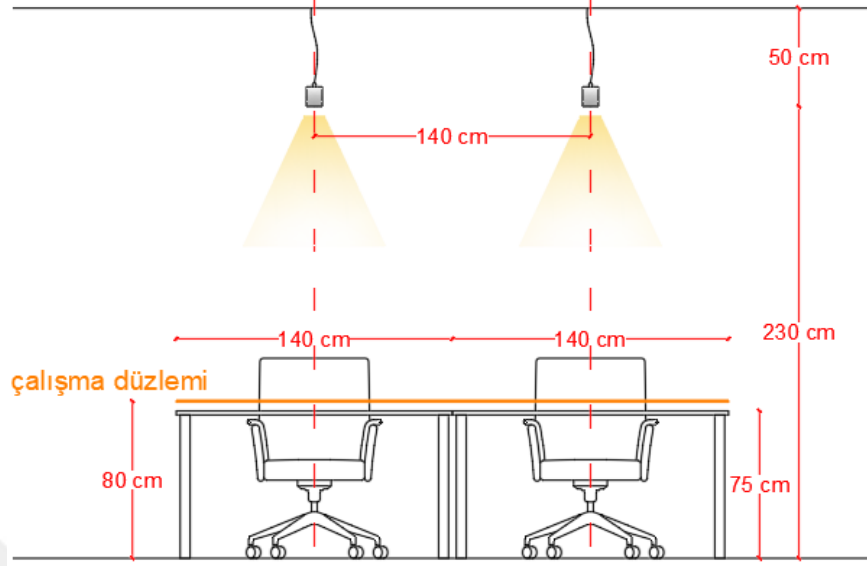


Şekil 4.32 ÇB5-Çalışma bölümü öneri 5: LD1-B3 durumu model görselleri.

Çizelge 4.12 ÇB5-Çalışma bölümü öneri 5: LD1-B3 durumu aydınlatma biçimi hesap sonuçları.

Aydınlatma Biçimi	Aygıt Yönelimi	Sağlanması Gereken Değerler (TS-EN 12464-1)	Aydınlatma Bölgeleri						RÇD	Ortalama Değerler	
			Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6			
			Çalışma Düzlemleri								
			ÇD1-8	ÇD9-16	ÇD17	ÇD18	ÇD19	ÇD20			
LD1	B3	Eort ≥ 500 lux	527	600	427	571	591	488	401	538	
		Uo $\geq 0,60$	0,70	0,74	0,74	0,6	0,65	0,74	0,2	0,73	
		UGR ≤ 19	15	14,8	15,6	15,8	15,7	15	-	15,1	
			TÇD	DÇD							
		Eort ≥ 50 lux	227	175							
		Uo $\geq 0,10$	0,23	0,62							

- **ÇB6:** 6. öneri (LD2-B3 - Dolaysız aygıt / Bakış doğrultusuna paralel-sandalye aksında)



Şekil 4.33 ÇB6-Çalışma bölümü öneri 6: LD2-B3 durumu şematik kesiti.



Şekil 4.34 ÇB6-Çalışma bölümü öneri 6: LD2-B3 durumu model görselleri.

Çizelge 4.13 ÇB6-Çalışma bölümü öneri 6: LD2-B3 durumu hesap sonuçları.

Aydınlatma Biçimi	Aygıt Yönelimi	Sağlanması Gereken Değerler (TS-EN 12464-1)	Aydınlatma Bölgeleri						RÇD	Ortalama Değerler	
			Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6			
			Çalışma Düzlemleri								
			ÇD1-8	ÇD9-16	ÇD17	ÇD18	ÇD19	ÇD20			
LD2	B3	Eort	≥ 500 lux	561	628	476	607	623	441	382	555
		Uo	≥ 0,60	0,67	0,67	0,71	0,59	0,62	0,71	0,12	0,68
		UGR	≤ 19	17,1	16,7	17,2	17,6	17,4	17,1	-	17,0
				TÇD	DÇD						
		Eort	≥ 50 lux	109	151						
		Uo	≥ 0,10	0,41	0,60						

Çalışma kapsamında ayrıca, çalışma bölümüne (ÇB) yönelik tüm yapay aydınlatma önerilerinin, aygıt adetleri ve güçleri dikkate alınarak harcadığı toplam güç ve saatlik güç (kWh) değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.14'te sunulmuştur. Saatlik güç tüketimi hesaplanırken, günlük 10 saatlik çalışma süresi dikkate alınarak (09.00-18.00), tüm aygıtların bu saat aralığında %100 çalıştığı varsayılmıştır. Yapılan enerji hesabında ısıtma-soğutma yükleri dikkate alınmamıştır.

Çizelge 4.14 Öneri yapay aydınlatma durumları için harcanan enerji çizelgesi.

	ÇB1 LD1-B1	ÇB2 LD2-B1	ÇB3 LD1-B2	ÇB4 LD2-B2	ÇB5 LD1-B3	ÇB6 LD2-B3
Aygıt Gücü	33 W	29 W	33 W	29 W	33 W	29 W
Aygıt Adedi	33	33	43	43	34	34
Toplam Güç	1089 W	957 W	1419 W	1247 W	1122 W	986 W
Saatlik Güç (kWh) (YILLIK)	~ 0,45 kWh	~ 0,40 kWh	~ 0,58 kWh	~ 0,52 kWh	~ 0,45 kWh	~ 0,40 kWh

4.5.2 Yapay Aydınlatma Önerilerine İlişkin Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ofis hacmi için hazırlanan öneriler için aydınlatma simülasyonlarından elde edilen ve Çizelge 4.8-4.13'te sunulan hesap sonuçları, TS EN 12464-1 standardında yer alan, aydınlık düzeyi değeri (E_{ort}), aydınlığın düzgün yayılmışlığı (U_0), kamaşma (UGR) ve renksel geriverim indisi (R_a) ölçütlerine göre değerlendirilmiştir. Tüm önerilerde kullanılan ışık kaynaklarının renksel geriverim indisi (R_a) değeri 80 olduğu için, standarda uygunluk göstermiştir. Önerilerin altı aydınlatma bölgesindeki (Z1-Z6) çalışma düzlemleri (ÇD1-ÇD20) ile mekanın tavan (TÇD) ve koridor duvarı (DÇD) yüzeylerinde oluşturduğu değerlerin ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}), aydınlığın düzgün yayılmışlığı (U_0), kamaşma (UGR) ölçütleri ve enerji tüketimi bağlamında değerlendirme sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

- **Çalışma bölümü öneri 1: LD1-B1 (Yayınık aygıt – Bakış doğrultusuna dik):**

-Z3 bölgesindeki ÇD17 dışında tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlık düzeyi değeri (≥ 500 lux) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlığın düzgün yayılmışlığı değeri ($\geq 0,60$) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken kamaşma değeri (≤ 19) sağlanmıştır.

-Tavan ve koridor duvarı hesap yüzeylerinde gereken aydınlık düzeyi (≥ 50 lux) ve aydınlığın düzgün yayılmışlığı ($\geq 0,10$) değeri sağlanmıştır.

- **Çalışma bölümü öneri 2: LD2-B1 (Dolaysız aygıt – Bakış doğrultusuna dik):**

-Z3 bölgesindeki ÇD17 ve Z6 bölgesindeki ÇD20 dışında tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlık düzeyi değeri (≥ 500 lux) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlığın düzgün yayılmışlığı değeri ($\geq 0,60$) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken kamaşma değeri (≤ 19) sağlanamamıştır.

-Tavan ve koridor duvarı hesap yüzeylerinde gereken aydınlık düzeyi (≥ 50 lux) ve aydınlığın düzgün yayılmışlığı ($\geq 0,10$) değeri sağlanmıştır.

- **Çalışma bölümü öneri 3: LD1-B2 (Yayınık aygıt – Bakış doğrultusuna paralel-masa iki yanında):**

-Z6 bölgesindeki ÇD20 dışında tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlık düzeyi değeri (≥ 500 lux) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlığın düzgün yayılmışlığı değeri ($\geq 0,60$) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken kamaşma değeri (≤ 19) sağlanmıştır.

-Tavan ve koridor duvarı hesap yüzeylerinde gereken aydınlık düzeyi (≥ 50 lux) ve aydınlığın düzgün yayılmışlığı ($\geq 0,10$) değeri sağlanmıştır.

- **Çalışma bölümü öneri 4: LD2-B2 (Dolaysız aygıt – Bakış doğrultusuna paralel-masa iki yanında)**

-Z3 bölgesindeki ÇD17 ve Z6 bölgesindeki ÇD20 dışında tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlık düzeyi değeri (≥ 500 lux) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlığın düzgün yayılmışlığı değeri ($\geq 0,60$) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken kamaşma değeri (≤ 19) sağlanamamıştır.

-Tavan ve koridor duvarı hesap yüzeylerinde gereken aydınlık düzeyi (≥ 50 lux) ve aydınlığın düzgün yayılmışlığı ($\geq 0,10$) değeri sağlanmıştır.

- **Çalışma bölümü öneri 5: LD1-B3 (Yayınık aygıt – Bakış doğrultusuna paralel-sandalye aksında)**

-Z3 bölgesindeki ÇD17 dışında tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlık düzeyi değeri (≥ 500 lux) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlığın düzgün yayılmışlığı değeri ($\geq 0,60$) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken kamaşma değeri (≤ 19) sağlanmıştır.

-Tavan ve koridor duvarı hesap yüzeylerinde gereken aydınlık düzeyi (≥ 50 lux) ve aydınlığın düzgün yayılmışlığı ($\geq 0,10$) değeri sağlanmıştır.

- **Çalışma bölümü öneri 6: LD2-B3 (Dolaysız aygıt – Bakış doğrultusuna paralel-sandalye aksında)**

-Z6 bölgesindeki ÇD20 dışında tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlık düzeyi değeri (≥ 500 lux) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken aydınlığın düzgün yayılmışlığı değeri ($\geq 0,60$) sağlanmıştır.

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken kamaşma değeri (≤ 19) sağlanmıştır.

-Tavan ve koridor duvarı hesap yüzeylerinde gereken aydınlık düzeyi (≥ 50 lux) ve aydınlığın düzgün yayılmışlığı ($\geq 0,10$) değeri sağlanmıştır.

- Çalışma bölümüne (ÇB) yönelik oluşturulan tüm yapay aydınlatma önerilerinin harcadığı toplam güç ve saatlik güç (kWh) değerlendirildiğinde (Çizelge 4.14), 3. ve 4. önerinin aygıt sayısının fazla olması nedeniyle diğer önerilere göre daha fazla enerji harcadığı, daha az enerji harcanan 1., 2., 5. ve 6. önerinin birbirine daha yakın düzeyde olduğu görülmüştür.

Yukarıda verilen açıklamalar bağlamında, ofis hacmi için çalışma bölümü için yapılan altı öneriden, 5. öneri olan **ÇB5: LD1-B3 (Yayınık aygıt / Bakış doğrultusuna paralel - sandalye aksı)** aydınlatma düzeninin, görsel konfor koşullarının tamamını karşılaması, özellikle kamaşma değeri bakımından diğer aydınlatma düzenlerine göre daha iyi performans göstermesi ve daha az enerji harcanan öneriler içinde yer alması nedeniyle en olumlu aydınlatma düzeni olduğu çıkarımı yapılabilmektedir.

4.6 Bütünleşik Aydınlatma Önerisi Hesap Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Bölüm 3.3'te belirtildiği üzere, doğal aydınlatmanın hacmin görsel konfor koşullarını sağlamadığı durumlarda, yapay aydınlatma ile desteklenerek bütünleşik aydınlatmanın kurgulanması, enerji tüketiminin de azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, çalışmada ele alınan ofis hacmindeki mevcut doğal aydınlatma düzeninin, 4.5.2. Bölümde yapay aydınlatma düzeni açısından en olumlu olarak değerlendirilen 5. Öneri (ÇB5: LD1-B3 - Yayınık aygıt/Bakış doğrultusuna paralel-sandalye aksı) ile birlikte kullanıldığı bir bütünleşik aydınlatma düzeni oluşturulmuştur.

Söz konusu bütünleşik aydınlatma düzenine ilişkin Dialux Evo 8.1 simülasyon programı aracılığı ile yapılan hesaplamalar ve değerlendirmesi aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

4.6.1 Bütünleşik Aydınlatma Önerisi Hesap Sonuçları

Çalışmada incelenen ofis hacminin masa bölgesi çalışma düzlemlerine (ÇD1-ÇD20) yönelik bütünleşik aydınlatma düzeni önerisi oluşturulurken,

- Doğal aydınlatma için, 4.3.1. Bölümdeki Çizelge 4.4'te verilen 15 Aralık, 15 Mart, 15 Haziran ve 15 Eylül günleri ve bu günlerdeki 9.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatleri hesap sonuçları,
- Yapay aydınlatma için yapılan önerilerden, 4.5.2. Bölümde en olumlu olarak değerlendirilen 5. Öneri (ÇB5: LD1-B3; Yayınık aygıt/Bakış doğrultusuna paralel-sandalye aksı) durumu (Şekil 4.31-4.32),
- TS EN 12464-1'de yer alan ortalama yatay aydınlık düzeyi değerinin ($E_{ort} \geq 500$ lux) sağlanması koşulu (Çizelge 3.3)

dikkate alınmıştır.

Bu bağlamda, Z1-Z6 aydınlatma bölgelerinde yer alan aydınlatma aygıtları G1-G6 olarak gruplandırılmış (Şekil 4.35) ve bu gruplar doğal aydınlık düzeylerine göre, örneklenen gün ve saatlerde, oluşturulan senaryoya bağlı olarak dimmerlenmiştir. Dimmerleme senaryoları, G1-G6 aygıt gruplarında yer alan aydınlatma aygıtlarının ışık akısı bakımından farklı düzeylerde (%0-%100 aralığında) çalıştırılarak, çalışma düzlemlerinde 500 lux ortalama aydınlık düzeyi değerlerinin sağlanması hedeflenerek kurgulanmış ve söz konusu dimmerleme senaryoları Çizelge 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.35 Aydınlatma aygıtı gruplarının şematik gösterimi.

Çizelge 4.15 Örneklenen gün ve saatlerde, aygıt gruplarının dimmerleme senaryoları.

Tarih	Saat	AYGIT GRUPLARI					
		G1	G2	G3	G4	G5	G6
15 Aralık	09.00	% 60	% 100	% 60	% 80	% 80	% 80
	12.00	% 0	% 60	% 0	% 0	% 0	% 0
	15.00	% 0	% 80	% 50	% 0	% 50	% 0
	18.00	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
15 Mart	09.00	% 0	% 80	% 50	% 0	% 50	% 20
	12.00	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
	15.00	% 0	% 40	% 0	% 0	% 0	% 0
	18.00	% 20	% 80	% 80	% 0	% 60	% 60
15 Haziran	09.00	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
	12.00	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
	15.00	% 0	% 40	% 0	% 0	% 0	% 0
	18.00	% 0	% 40	% 0	% 0	% 0	% 0
15 Eylül	09.00	% 0	% 20	% 20	% 0	% 0	% 0
	12.00	% 0	% 20	% 0	% 0	% 0	% 0
	15.00	% 0	% 40	% 0	% 0	% 0	% 0
	18.00	% 20	% 80	% 60	% 0	% 60	% 40

Çizelge 4.15'te yer alan dimmerleme senaryoları bağlamında Çalışma düzlemleri (ÇD1-ÇD20) hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) ve aydınlığın düzgün yayılmışlığı (U_0) ölçütlerine yönelik hesap sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiş ve TS EN 12464-1 standardındaki ölçütleri sağlamayan değerler kırmızı renk ile ifade edilmiştir.

Çizelge 4.16 15 Aralık, 15 Mart, 15 Haziran, 15 Eylül bütünlük aydınlatma sonuçları.

Tarih	Saat		Sağlanması Gereken Değerler (TS-EN 12464-1)	Günüşiği Bölgeleri						Ortalama Değerler (ÇD1-ÇD20)
				Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	
				Çalışma Düzlemleri						
				ÇD1-ÇD8	ÇD9-ÇD16	ÇD17	ÇD18	ÇD19	ÇD20	
15 Aralık	09.00	Eort	≥ 500	530	587	580	549	576	512	558
		Uo	≥ 0,60	0,89	0,79	0,81	0,88	0,69	0,71	0,83
	12.00	Eort	≥ 500	829	535	632	1232	787	942	725
		Uo	≥ 0,60	0,65	0,72	0,86	0,25	0,23	0,58	0,64
	15.00	Eort	≥ 500	676	558	489	787	585	482	611
		Uo	≥ 0,60	0,66	0,79	0,81	0,4	0,56	0,55	0,70
18.00	Eort	≥ 500	524	593	417	568	577	494	549	
	Uo	≥ 0,60	0,70	0,78	0,75	0,62	0,65	0,76	0,73	
15 Mart	09.00	Eort	≥ 500	611	559	466	727	559	513	553
		Uo	≥ 0,60	0,66	0,76	0,81	0,41	0,57	0,48	0,68
	12.00	Eort	≥ 500	1462	488	2415	1550	2013	905	1124
		Uo	≥ 0,60	0,53	0,59	0,85	0,23	0,20	0,54	0,54
	15.00	Eort	≥ 500	1177	626	1928	1601	870	1050	1564
		Uo	≥ 0,60	0,59	0,72	0,81	0,26	0,25	0,54	0,61
18.00	Eort	≥ 500	540	520	497	527	514	523	527	
	Uo	≥ 0,60	0,74	0,80	0,8	0,47	0,64	0,65	0,74	
15 Haziran	09.00	Eort	≥ 500	2677	747	681	3671	2253	2651	1832
		Uo	≥ 0,60	0,53	0,57	0,91	0,25	0,22	0,66	0,54
	12.00	Eort	≥ 500	1188	476	722	1953	1523	11573	1454
		Uo	≥ 0,60	0,61	0,73	0,88	0,41	0,49	0,14	0,63
	15.00	Eort	≥ 500	1366	568	1704	1653	757	983	1029
		Uo	≥ 0,60	0,52	0,71	0,67	0,28	0,31	0,51	0,58
18.00	Eort	≥ 500	1134	563	1140	1318	553	612	860	
	Uo	≥ 0,60	0,58	0,70	0,73	0,34	0,39	0,61	0,61	
15 Eylül	09.00	Eort	≥ 500	1353	498	526	1876	1163	1336	985
		Uo	≥ 0,60	0,57	0,65	0,88	0,26	0,23	0,67	0,59
	12.00	Eort	≥ 500	1526	528	1047	2453	905	2089	1146
		Uo	≥ 0,60	0,59	0,67	0,84	0,23	0,21	0,51	0,59
	15.00	Eort	≥ 500	1283	568	2149	1656	862	1047	1026
		Uo	≥ 0,60	0,58	0,71	0,79	0,28	0,28	0,54	0,61
18.00	Eort	≥ 500	576	528	442	571	532	482	543	
	Uo	≥ 0,60	0,74	0,80	0,81	0,46	0,63	0,62	0,74	

Bütünleşik aydınlatma düzeni önerisinde, aydınlatma dimmerleme senaryoları oluşturulduğunda harcanan toplam güç ve saatlik güç (kWh) değerleri hesaplanmış ve Çizelge 4.17’de sunulmuştur. Yapılan enerji hesabında hacmin ısıtma soğutma yükleri dikkate alınmamıştır.

Çizelge 4.17 Bütünleşik aydınlatma düzeninde harcanan enerji çizelgesi.

	Bütünleşik Aydınlatma (mevcut doğal ve ÇB5:LD1-B3 yapay aydınlatma düzeni)			
	15 Aralık	15 Mart	15 Haziran	15 Eylül
Aygıt Gücü	33 W			
Aygıt Adedi	34			
Toplam Güç	1122 W			
Saatlik Güç (kWh) (AYLIK)	~ 0,29 kWh	~ 0,13 kWh	~ 0,04 kWh	~ 0,10 kWh
Saatlik Güç (kWh) (YILLIK)	~ 0,14 kWh			

4.6.2 Bütünleşik Aydınlatma Önerisi Hesap Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Ofis hacminde mevcut doğal ve yapay aydınlatmaya yönelik koridor (K1) ile çalışma bölümü için hazırlanan **ÇB5: 5. öneri - LD1-B3 (Yayınık aygıt / Bakış doğrultusuna paralel - sandalye aksı)** düzeninin birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma düzeni önerisinin, altı aydınlatma bölgesindeki (Z1-Z6) çalışma düzlemleri (ÇD1-ÇD20) yüzeylerinde oluşturduğu ve Çizelge 4.15 ‘te verilen değerlerin ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) ve aydınlığın düzgün yayılmışlığı (U_0) ölçütleri ve enerji tüketimi bağlamında değerlendirme sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

- **15 Aralık’ta,**

-Tüm hesap yüzeylerinde, gereken ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) değeri (≥ 500 lux) sağlanmıştır.

-Saat 12.00’da ÇD18 ve ÇD19’da, 15.00’da ÇD18’de, gereken aydınlığın düzgün yayılmışlığı (U_0) değeri ($\geq 0,60$) sağlanamamıştır.

- **15 Mart'ta,**
 - Tüm hesap yüzeylerinde, gereken ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) değeri (≥ 500 lux) sağlanmıştır.
 - Saat 09.00'da ÇD18 ve ÇD20'de, 12.00'da ÇD18, ÇD19 ve ÇD20'de, 15.00'da ÇD18, ÇD19 ve ÇD20'de, 18.00'da ÇD18'de gereken aydınlığın düzgün yayılmışlığı (U_0) değeri ($\geq 0,60$) sağlanamamıştır.
- **15 Haziran'da,**
 - Tüm hesap yüzeylerinde, gereken ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) değeri (≥ 500 lux) sağlanmıştır.
 - Saat 09.00'da ÇD18 ve ÇD19'da, 12.00'da ÇD18, ÇD19 ve ÇD20'de, 15.00'da ÇD18, ÇD19 ve ÇD20'de, 18.00'da ÇD18 ve ÇD19'da gereken aydınlığın düzgün yayılmışlığı (U_0) değeri ($\geq 0,60$) sağlanamamıştır.
- **15 Eylül'de,**
 - Tüm hesap yüzeylerinde, gereken ortalama aydınlık düzeyi (E_{ort}) değeri (≥ 500 lux) sağlanmıştır.
 - Saat 09.00'da ÇD18 ve ÇD20'de, 12.00'da ÇD18, ÇD19 ve ÇD20'de, 15.00'da ÇD18, ÇD19'da, 18.00'da ÇD18'de gereken aydınlığın düzgün yayılmışlığı (U_0) değeri ($\geq 0,60$) sağlanamamıştır.
- Örneklenen tüm gün ve saatler için, harcanan toplam güç ve saatlik güç (kWh) değerleri (Çizelge 4.17) değerlendirildiğinde, yapay aydınlatma dimmerleme senaryoları ile oluşturulan bütünleşik aydınlatma düzeninde, Çizelge 4.14'te sunulan aygıtların tamamının çalıştığı durumlara göre yaklaşık %70 daha az enerji harcandığı görülmüştür.

Yukarıda verilen açıklamalar doğrultusunda tüm hesap yüzeylerinde ortalama aydınlık düzeyleri ($E_{ort} \geq 500$ lx) sağlanmasına karşın, ÇD18, ÇD19 ve ÇD20 çalışma düzlemlerinde aydınlığın düzgün yayılmışlığı ($U_0 \geq 0,60$) değeri bazı gün ve saatlerde sağlanamamaktadır. Söz konusu çalışma düzlemleri ofis hacminin Doğu yönünde yer almakta olup, yapı kabuğu ilişkisi nedeniyle Doğu ve Güney cephelerinden günışığı

almaktadır. Ofis hacminin mevcut doğal aydınlatma düzeni incelendiğinde, yapı kabuğunda güneş kontrol sistemleri yer almadığı için, günışığı düzey farklılıkları daha fazla olmakta ve yapay aydınlatma sistemi çalışsa bile günışığı aydınlık düzeylerinin yüksek olması nedeniyle aydınlığın düzgün yayılmışlığı değerleri standart ölçütleri sağlayamamaktadır.



SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanın çevresini doğru ve gerektiği algılayabilmesi, güvenli yaşama-çalışma koşullarının oluşabilmesi, içinde bulunduğu fizik ortamın uygun konfor koşullarının sağlanabilmesine bağlıdır. Söz konusu koşulların en önemli öğelerinden biri aydınlatma konusudur.

Yapıların iç mekanlarının aydınlatılmasında öncelikli olarak doğal aydınlatma sisteminden yararlanılmalı ve binalar hacim içine günışığını en etkin biçimde alacak şekilde tasarlanmalıdır. Bir başka anlatımla, doğal aydınlatma sistemleri, mekan işlevi ve kullanıcı eylemleri bağlamında gerekli görsel konfor koşullarını sağlayacak biçimde kurgulanmalıdır. Doğal aydınlatmanın yeterli ya da var olmadığı zaman dilimlerinde ise görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için yapay aydınlatmanın uygulanması gereklidir.

Ofisler, günışığının etkin olduğu saatlerde 25-65 yaş aralığında geniş bir kitle tarafından aktif kullanılan, kullanıcı sağlığı, konforu ve verimi yönünden önemli mekanlardır. Bu nedenle, ofis mekanlarında doğal ve yapay aydınlatma düzenlerinin, işleve, eyleme uygun ve görsel konfor koşullarını karşılayacak biçimde tasarlanması büyük önem taşır. Ofislerde görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için, ülkemizde yapay aydınlatmaya yönelik “TS EN 12464-1:2013 - Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları” ve doğal aydınlatmaya yönelik “TS EN 17037:2019 – Binalarda günışığı” standartları kullanılmaktadır. Bu bağlamda, ofislerde aydınlatma düzenlerinin oluşturulmasında, bu iki standartta belirlenen ölçütlerin sağlanabilmesi amaçlanmalıdır.

Dünyanın kendi ve güneş etrafındaki hareketine bağlı olarak, güneşin konumunun değişkenlik göstermesi, yapı tasarımında denetlenemez bir olgudur. Bu nedenle, doğal aydınlatmanın hacimlerin görsel konfor koşullarını sağlayamadığı durumlarda yapay aydınlatma ile desteklenmesi gereklidir. Doğal ve yapay aydınlatmanın birbiriyle uyumlu olarak birlikte kullanılması olarak tanımlanabilecek bütünleşik aydınlatma sistemi, ağırlıklı olarak gündüz saatlerinde kullanılan ofis mekanlarında en önemli konulardandır.

Bu çalışmada, işlevi kurumsal bir firmanın yönetim birimi olan açık planlı bir ofis mekanına ilişkin yapay aydınlatma düzeni önerileri, mevcut doğal ve öneri yapay aydınlatma düzenlerinin birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma durumu, İstanbul-Kadıköy'de yer alan bir ofis yapısı tasarımı üzerinden örneklenerek incelenmiş ve değerlendirilmiştir. İnceleme yöntemi olarak aydınlatma simülasyon programı aracılığı ile hesaplamalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar ilgili aydınlatma standartları kapsamında değerlendirilmiştir. Bu inceleme ve değerlendirmelere ilişkin sonuçlar ve öneriler aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

5.1 Sonuçlar

Bu bölümde, açık planlı ofis alanının mevcut doğal aydınlatma düzeni, öneri yapay aydınlatma düzenleri ve mevcut doğal ile 5. öneri yapay aydınlatma düzeninin birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma düzenine yönelik yapılan hesap sonuçlarına ilişkin genel değerlendirmeler sunulmuştur.

a-) Mevcut doğal aydınlatma düzenine ilişkin genel değerlendirmeler:

Açık planlı ofis hacminin tüm yılı temsilen 15 Aralık, 15 Mart, 15 Haziran ve 15 Eylül günlerinde ve çalışma saat aralığını temsilen 9.00, 12.00, 15.00 ve 18.00 saatlerinde yapılan mevcut doğal aydınlatma hesaplarına ilişkin değerlendirme ve sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Aralık ayında sabah saatlerinde doğal aydınlatma yetersizdir.
- Aralık ayında gün içinde tüm saatlerde cepheye uzak alanlarda doğal aydınlatma yetersizdir.

- Mart ayında sabah ve akşam saatlerinde doğal aydınlatma yetersizdir.
- Haziran ayında gün içinde tüm saatlerde doğal aydınlatma yeterlidir.
- Haziran ayında cepheye yakın bazı alanlarda doğal aydınlık düzeyi konforsuzluk yaratacak düzeyde yüksektir.
- Eylül ayında akşam saatlerinde doğal aydınlatma yetersizdir.

Bu nedenle, günışığı aydınlık düzeyinin yetersiz olduğu durumlarda, yapay aydınlatma desteğine ihtiyaç vardır.

b-) Öneri yapay aydınlatma düzenlerine ilişkin genel değerlendirmeler:

Açık planlı ofis hacminde, çalışma masalarının genel aydınlatma düzenine yönelik, aydınlatma aygıtlarının aydınlatma biçimine ve yönelimlerine göre oluşturulan 6 aydınlatma düzeni önerisi hesap sonuçlarına ilişkin değerlendirmeler aşağıda özetlenmiştir.

- Aydınlık düzeyleri (E_{ort}), tüm öneriler için duvar, tavan ve masa yüzeylerinde görsel konfor koşullarına uygundur.
- Aydınlığın düzgün yayılmışlığı (U_0), tüm öneriler için duvar, tavan ve masa yüzeylerinde görsel konfor koşullarına uygundur.
- Kamaşma düzeyi (UGR), yayınlık aydınlatma biçimine sahip aygıtların olduğu durumların tamamında (ÇB1, ÇB3, ÇB5) dolaysız aydınlatma biçimindeki aygıtların olduğu durumlara (ÇB2, ÇB4, ÇB6) göre kamaşma düzeyi (UGR) daha düşüktür.

Dolaysız aydınlatma biçimine sahip aygıtların, bakış doğrultusuna dik (B1) ve bakış doğrultusuna paralel – masa iki yanında (B2) olduğu durumlarda (ÇB2, ÇB4) kamaşma düzeyi görsel konfor koşullarına uygun değildir.

Aygıtların bakış doğrultusuna paralel – sandalye aksında olduğu (B3 durumu) durumda (ÇB5, ÇB6), kamaşma düzeyleri diğer durumlara göre daha düşüktür.

- Çalışma bölümüne (ÇB) yönelik tüm yapay aydınlatma önerileri değerlendirildiğinde, ofislerde doğrusal sarkıt aygıtların kullanıldığı aydınlatma düzenlerinde, yayınlık aydınlatma biçimindeki aygıtların kullanılmasının görsel konfor koşulları açısından daha olumlu sonuç verdiği çıkarımı yapılmıştır.

- Çalışma bölümüne (ÇB) yönelik tüm yapay aydınlatma önerileri değerlendirildiğinde, ofislerde doğrusal sarkıt aygıtların kullanıldığı aydınlatma düzenlerinde, aygıt yönelimlerinin bakış doğrultusuna paralel (B1) ve sandalye aksında kullanılmasının (B3), görsel konfor koşulları açısından daha olumlu sonuç verdiği çıkarımı yapılmıştır.

Öneri yapay aydınlatma düzenlerine yukarıda verilen genel değerlendirmeler doğrultusunda, çalışma bölümü için yapılan altı öneriden **ÇB5: 5. öneri - LD1-B3 (Yayınık aygıt / Bakış doğrultusuna paralel - sandalye aksı)** aydınlatma düzeninin, görsel konfor koşullarının tamamını karşılaması ve özellikle kamaşma (UGR) ölçütü bakımından diğer önerilere göre daha iyi sonuçlar elde edilmesi nedeniyle bütünleşik aydınlatma düzeni önerisi için de kullanılmasına karar verilmiştir.

c-) Bütünleşik aydınlatma düzenine ilişkin genel değerlendirmeler:

Ofis hacminde mevcut doğal ve **ÇB5: 5. öneri - LD1-B3 (Yayınık aygıt / Bakış doğrultusuna paralel - sandalye aksı)** yapay aydınlatma düzeninin örnek gün ve saatlerde oluşturulan senaryoya bağlı olarak dimmerlenerek birlikte kullanıldığı bütünleşik aydınlatma düzeni hesap sonuçlarına ilişkin değerlendirmeler aşağıda sıralanmıştır.

- Tüm günler ve saatlerde masa yüzeylerinde aydınlık düzeyleri görsel konfor koşullarına uygundur.
- Kuzey cephesi çeperinde yer alan Z1 bölgesinde ve bina çekirdeği çeperinde yer alan Z2 bölgesinde tüm günler ve saatlerde aydınlık düzeyi, aydınlığın düzgün yayılmışlığı düzeyleri görsel konfor koşullarına uygundur.
- Güney cephesinden doğal ışık alan Z3 ve Güney, Doğu ve Kuzey cephelerinden doğal ışık alan Z4, Z5 ve Z6 bölgelerinde belli gün ve saatlerde, güneşin devinimine bağlı olarak aydınlığın düzgün yayılmışlığı görsel konfor koşullarına uygun değildir.
- Bütünleşik aydınlatma düzeninde harcanan enerji, sadece yapay aydınlatma düzeni kullanılarak aygıtların %100 çalıştığı durumlara göre çok daha düşüktür.

Açık ofis hacminde mevcut doğal, öneri yapay ve bütünleşik aydınlatma hesap sonuçları için yapılan değerlendirmeler dikkate alınarak oluşturulan öneriler aşağıdaki bölümde sunulmuştur.

5.2 Öneriler

Açık ofis hacminde mevcut doğal, öneri yapay ve bütünleşik aydınlatma hesap sonuçları için yapılan değerlendirmeler dikkate alınarak oluşturulan öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- Mevcut doğal aydınlatma düzeninde, bazı masa yüzeylerinde konforsuzluk yaratacak düzeyde yüksek çıkan güneşiği aydınlık düzeylerinin önlenmesi için, Güney ve Doğu cephelerinde güneş kontrol sistemlerinden yararlanılmalıdır.
- Bütünleşik aydınlatma düzeninde, güneşin devinimine bağlı olarak bazı gün ve saatlerde aydınlık düzeyinin düzgün yayılmışlığının artırılması için, gelişmiş güneşiği sistemlerinden ve güneş kontrol sistemlerinden yararlanılmalıdır.
- Ofislerde yapay aydınlatma düzeni oluşturulurken, dolaysız aydınlatma biçimine sahip aygıtlar yerine yayınlık aydınlatma biçimine sahip aygıtlar kullanılmalıdır.
- Açık planlı ofislerde doğrusal sarkit aygıtların kullanıldığı yapay aydınlatma düzenlerinde, aygıtların bakış doğrultusuna paralel ve masa kullanıcılarının sandalye aksında yönecek biçimde yerleştirilmelidir.
- Bu çalışmada açık ofis bağlamında örneklenen bütünleşik aydınlatma düzenlerinde, görsel konfor koşulları, mimari ve aydınlatma planlamasında esneklik, bakım kolaylığı, aydınlatma sisteminin ömrü ve enerji tasarrufu konularında daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamak için zaman kontrolü, ışıkalcısı ve varlık sensörü gibi kontrol stratejileri ile bütünleştirilerek otomatik kontrol imkanı geliştirilmelidir.

Bu çalışmada, doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma düzenleri ile ilgili sunulan temel ilkeler ve bu düzenlerin görsel konfor koşullarına uygunluğu bir açık ofis hacmi örneğinde irdelenmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular ve

değerlendirme sonuçları açık planlı ofis ve benzer işlevli hacimlerde doğal, yapay ve bütünleşik aydınlatma düzenlerinin kurgulanması açısından yararlı olacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] Çelik, K., Küçükılıç Özcan, E. ve Ünver, R., (2015). "Hacim ve Aygıt Özelliklerinin Aydınlığa Etkisinin Açık Planlı Ofis Örneğinde İncelenmesi", *Megaron*, 10(1):80-91.
- [2] Çetin, F. D., Gümüş, B. ve Özbudak, Y.B., (2003). "Aydınlatma Özelliklerinin Ergonomik Açısından Değerlendirilmesi", 2. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi, 8–10 Eylül 2003, Diyarbakır.
- [3] e-ILV, <http://eilv.cie.co.at/>, [Erişim tarihi: 13 Mart 2019].
- [4] Sirel, Ş., Aydınlatma Sözlüğü, <http://www.yfu.com/sozluk/aydinlatmasozlugu.pdf>, [Erişim tarihi: 9 Mart 2019].
- [5] Yenidoğan, C., (2017). Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemlerinin İç Mekanda Kullanımı Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] Ayan, E., Şen, O. ve Toros, H., (2003). "Biyolojik Ritim", 3. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 19-21 Mart 2003, İstanbul.
- [7] Yener, A. (2003). "Binalarda Günışığında Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler", VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 25-28 Ekim 2007, İzmir, 231-241.
- [8] Ünver, R., (2002). Yapı Dışı Engellerin Hacim İçi Günışığı Aydınlığına Etkisi: İstanbul Örneği, YTÜ Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.
- [9] Okutan, H., (2008). Gün Işığı ile Aydınlatmanın Temel İlkeleri ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] Güneşin konumu, http://3.bp.blogspot.com/-hnKACETBSgw/Uc6_WHNzWAI/AAAAAAAAA-0/TdYEgwHR6pk/s506/29-6-2556+18-04-23.jpg, [Erişim tarihi: 10 Haziran 2019].
- [11] DiLaura, D. L., Houser, K. W., Mistrick, R. G., Steffy, G. R., (2011). *The Lighting Handbook Tenth Edition: Reference and Application*, Illuminating Engineering Society of North America, New York.

- [12] Şener, F., (2014). Sürdürülebilir Çevre İçin Mimari Aydınlatma Tasarımında Kullanılabilecek Bir Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] Öztürk, Ç., (2006). Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemleri ve Uygulama Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [14] CIE 150, (2017). Guide On The Limitation Of The Effects Of Obtrusive Light From Outdoor Lighting Installations.
- [15] Rea, M. S., ve Illuminating Engineering Society of North America. (2000). The IESNA lighting handbook: Reference & Application, Illuminating Engineering Society of North America, New York
- [16] Küçükdoğu, M. Ş., (1980). "Güneşten Yararlanmada En Etkili Olan Hacim Derinliğinin Belirlenmesi", İTÜ, Mim. Fak., İstanbul.
- [17] Aydın Yağmur, Ş. ve Ünver, R., (2015). "Etkin Enerji Kullanımı Bağlamında Gün Işığı Sistemleri: Işık Rafı Boutlarına İlişkin Bir İnceleme", Ege Mimarlık, 80-91.
- [18] Aschehoug, Ø., Christoffersen, J., Jakobiak, R., Johnsen, K., Lee, E., Ruck, N., Selkowitz, S., (2009). Daylight in Buildings, A Source Book on Daylighting Systems and Components, A Report of IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex, International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, ECBCS.
- [19] Anidolik tavan uygulaması, http://spie.org/Images/Graphics/Newsroom/Imported-2009/1743/1743_fig1.jpg, [Erişim tarihi: 10 Haziran 2019].
- [20] Işık Tüpü Şematik Gösterimi, <https://raysolar.ca/wp-content/uploads/2015/09/Smart-LED-image.jpg>, [Erişim tarihi: 10 Haziran 2019].
- [21] Güneş ve Fiber Optik, <https://dornob.com/wp-content/uploads/2010/09/fiber-optic-building-image.png>, [Erişim tarihi: 10 Haziran 2019].
- [22] Wong, N. H. ve Istiadji, A. D., (2004). "Effect of external shading devices on daylighting penetration in residential buildings", Lighting Res. Technol., 36(4):317-333.
- [23] Kılıç, Z. A., (2018). Cephe Açıklıklarının İç Mekandaki Güneş Performansına Etkisinin Konut Örneğinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [24] Stor görseli, https://cdn.tekzen.com.tr/images/product/tac/2687121/tac-mat-polyester-stor-perde-siyah-mp-124-70x200-cm_1000x1000.jpg, [Erişim tarihi: 10 Haziran 2019].

- [25] Perde Görseli, <https://fabrikamagaza.co/image/thumbs/1-111466/Blackout-perde-tedavi-g%C3%B6lge-karartmak-tam-k%C4%B1sa-oturma-odas%C4%B1-modern-blok-odas%C4%B1-perde-g%C3%BCne%C5%9F-%C4%B1%C5%9F%C4%B1%C4%9F%C4%B1-pencere-odas%C4%B1.jpeg>, [Erişim tarihi: 10 Haziran 2019].
- [26] Jaluzi görseli, http://gumustulperde.com/uploads/galeri_resim/jaluzi2_93416.jpg, [Erişim tarihi: 10 Haziran 2019].
- [27] Faisal, G. ve Aldy, P., (2016). "Typology of building shading elements on Jalan Sudirman corridor in Pekanbaru", International Conference on Innovation in Engineering and Vocational Education, 128.
- [28] Yatay hareketli gölgeleme elemanı, https://www.agc-yourglass.com/sites/default/files/maps_picture/original/39867-PLIB-2975.jpg, [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2019].
- [29] Düşey hareketli gölgeleme elemanı, <httpswww.architetturaecosostenibile.it/images/stories/2015energia-architettura-superutilizzati-j.jpg>, [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2019].
- [30] Markiz gölgeleme elemanı, <https://i.shgcdn.com/852d36bd-4fdc-4238-af16-de03ac360d2e/-/format/auto/-/preview/3000x3000/-/quality/lighter/>, [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2019].
- [31] Jaluzi gölgeleme elemanı, https://www.perfectblinds.co.uk/wp-content/uploads/2018/01/Outdoor-Venetians_0002_1.jpg, [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2019].
- [32] Kinetik gölgeleme elemanı, https://buildingandinteriors.com/wp-content/uploads/2018/09/Kinetic_Buildings_04_Jens-Lindhe.jpg, [Erişim tarihi: 15 Mayıs 2019].
- [33] Yılmaz, Ç., (2016). Sürdürülebilirlik Bağlamında Mimari Aydınlatma ve Bir Örneklemeye, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [34] Çelik, K., (2018). Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarımı İçin Bütüncül Bir Yaklaşım, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [35] Ünver, R., (1999). "Lambalarda Işıksal Verim ve Renksel Geriverim İlişkisi", Elektrokent – Perpa, 69: 94-98.
- [36] Tesbit biçimine göre aydınlatma aygıtları, https://cdn.shopify.com/s/files/1/1246/6441/files/image1_785d56e2-1787-4fba-9890-0dbd596d8b56_grande.png, [Erişim tarihi: 10 Temmuz 2019]
- [37] Çelikkol, Y., (2012). Lighting Energy Management For Office Buildings and A Case Study, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [38] Hasol, D., (2012). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yem Yayın, İstanbul.

- [39] Çimen, T., (2008). Teknolojik Gelişmelerin Sonucunda Değişen Üretim İlişkilerinin, Ofis Yapılarına Etkisi ve Ofis Mekanları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [40] Neufert E., (1983), Neufert Yapı Tasarımları Temel Bilgileri, 30. Baskı, Güven Yayıncılık, İstanbul.
- [41] Çelebi, Ş., (2009). Büro Hacimlerinin İç Yüzeylerinin Işıklılık Dağılımının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [42] Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, (2006), Teil 2: Leitfaden zur Planung und zum Betrieb der Beleuchtung BGR 131-2, Natürliche und Künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten.
- [43] Taşoluk, D., (2014). Mimari Tasarıma Bir Girdi Olarak Doğal Aydınlatma, Konya'daki Ofis Binalarının Doğal Aydınlatma Bakımından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [44] Fördergemeinschaft Gutes Licht (FGL), (2002), Good Lighting for Offices and Office Buildings, Booklet 4, Frankfurt.
- [45] Hücre Planlı Ofis, [http://city-office.lv/uimg/office-type-cellular-office\(2\).gif](http://city-office.lv/uimg/office-type-cellular-office(2).gif), [Erişim tarihi: 15 Haziran 2019].
- [46] Açık planlı ofis, <https://loftwall.com/wp-content/uploads/2017/12/Essential-Open-Office-Design-Do-Dont-1.jpg>, [Erişim tarihi: 15 Haziran 2019].
- [47] Serbest Planlı Ofis, https://www.researchgate.net/profile/Mohd_Shahrizal_Dolah/publication/292971289/figure/fig7/AS:668980662501385@1536508827148/Burolandschaft-Source-Knoble-1987.jpg, [Erişim tarihi: 15 Haziran 2019].
- [48] Karma Planlı Ofis, https://cdn.slidesharecdn.com/ss_thumbnails/combi-office-150429094033-conversion-gate02-thumbnail-4.jpg?cb=1430300484, [Erişim tarihi: 15 Haziran 2019].
- [49] The Society of Light and Lighting, (2012). The SLL Code for Lighting, CIBSE.
- [50] Ünver, R., (2011). "Görsel Konfor ve Aydınlatma", VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 24-25 Kasım 2011, İzmir, ss.127-138.
- [51] TS EN 12464-1, (2013). Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları, TSE, 1. Baskı, Ankara.
- [52] Aydınlik Düzeyi ve Işıklılık, <https://image.slidesharecdn.com/luminance-170528142534/95/luminance-and-illumiance-3-638.jpg?cb=1495981702>, [Erişim tarihi: 15 Haziran 2019].
- [53] Ofiste Genel Aydınlatma, <http://na-lightstyle.com/portfolyo-ets-tur-genel-mudurluk>, [Erişim tarihi: 15 Haziran 2019].
- [54] Ofiste Bölgesel Aydınlatma, <https://www.brightlec.co.uk/wp-content/uploads/2017/01/LED-Office-Lighting2.jpg>, [Erişim tarihi: 15 Haziran 2019].

- [55] Işık renk sıcaklık farkları, <https://thegreensunshineco.com/wp-content/uploads/2018/09/Color-Temperature-Lights.jpeg>, [Erişim tarihi: 15 Haziran 2019].
- [56] Ra değeri farkları, <http://www.westinghouselighting.com/images/pageassets/led/education/cri-kelvin-temperatures-02.jpg>, [Erişim tarihi: 15 Haziran 2019].
- [57] Dokuzer Öztürk, L., (2014). Pencere Tasarımını Etkileyen Önemli Bir Parametre: Güneşine Yönelik Yeni Avrupa Standardı, 1. İstanbul Konut Kurultayı, 10-11 Mayıs 2018, İstanbul.
- [58] TS EN 17037, (2019). Binalarda Güneşiği, TSE, 1. Baskı, Ankara.
- [59] Çelik, Ö. Ve Ünver, R., (2002), "Bürolarda Bütünleşik Aydınlatma Kullanımı Üzerine Örnekler", 4. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 5 Ekim 2002, İstanbul.
- [60] Ünver, R, (2000). "Aydınlatmada Enerji Kullanımı", Elektrokent – Perpa, 73: 104-105.
- [61] Hopkinson, R. G., Petherbridge, P. ve Longmore, J., (1966). Daylighting, David & Charles, Londra.
- [62] Zumtobel, (2008). The Lighting Handbook, 2nd Edition, Dornbirn.
- [63] iGuzzini aydınlatma aygıtları fotometrik dataları, <https://www.iguzzini.com> [Erişim tarihi: 1 Mayıs 2019].
- [64] Fagerhult aydınlatma aygıtları fotometrik dataları, <https://www.fagerhult.com> [Erişim tarihi: 1 Mayıs 2019].

DOĞAL AYDINLATMA HESAP SONUÇLARI

Çizelge A.1 15 Aralık, saat 9.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günişliği Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		9.00				
		A	B	C	D	E
15 ARALIK	1	395	86	41	49	65
	2	393	89	46	44	82
	3	401	94	48	36	
	4	323	80	36	33	
	5	375	113	48	32	
	6	380	103	38	31	
	7	409	86	42	29	
	8	399	111	45	29	
	9	370	91	42	32	
	10	387	101	44	32	
	11	503	76	43	32	
	12	386	104	41	29	
	13	364	83	41	26	
	14	425	76	42	28	
	15	395	101	45	30	
	16	394	54	45	34	
	17	414	109	78	64	63
	18	471	246	231	241	202

Çizelge A.2 15 Aralık, saat 12.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Güneşiği Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		12.00				
		A	B	C	D	E
15 ARALIK	1	1639	447	267	347	568
	2	1591	408	289	319	598
	3	1647	493	296	208	
	4	1312	393	201	183	
	5	1490	525	232	187	
	6	1534	458	198	171	
	7	1703	480	216	151	
	8	1616	539	227	170	
	9	1535	421	221	172	
	10	1547	460	216	170	
	11	2040	400	223	180	
	12	1563	507	217	166	
	13	1459	390	201	150	
	14	1701	375	226	166	
	15	1624	511	243	189	
	16	1603	481	281	227	
	17	1833	776	620	535	507
	18	2467	1313	1630	1667	1275

Çizelge A.3 15 Aralık, saat 15.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günişliği Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		15.00				
		A	B	C	D	E
15 ARALIK	1	1339	291	140	166	235
	2	1334	298	156	149	277
	3	1358	320	164	123	
	4	1095	272	121	113	
	5	1270	383	163	109	
	6	1289	351	127	105	
	7	1388	261	144	97	
	8	1354	305	151	98	
	9	1281	305	142	108	
	10	1311	342	150	109	
	11	1704	253	145	109	
	12	1308	354	140	99	
	13	1234	282	139	89	
	14	1442	258	142	94	
	15	1339	343	154	101	
	16	1335	319	153	114	
	17	1403	370	265	215	214
	18	1556	839	782	818	683

Çizelge A.4 15 Mart, saat 9.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günişliği Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		9.00				
		A	B	C	D	E
15 MART	1	1227	268	132	150	219
	2	1225	273	145	137	252
	3	1246	289	153	111	
	4	1004	254	116	100	
	5	1162	353	140	104	
	6	1188	319	120	99	
	7	1268	273	135	87	
	8	1244	343	137	90	
	9	1175	281	137	99	
	10	1204	314	135	98	
	11	1591	248	133	101	
	12	1192	327	126	91	
	13	1132	269	124	83	
	14	1326	240	134	85	
	15	1235	321	139	93	
	16	1226	295	142	107	
	17	1293	335	240	197	189
	18	1454	755	710	738	613

Çizelge A.5 15 Mart, saat 12.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günişığı Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		12.00				
		A	B	C	D	E
15 MART	1	3251	874	476	583	1039
	2	3170	781	534	535	981
	3	3296	940	542	387	
	4	2638	742	387	347	
	5	2977	990	438	352	
	6	3044	851	364	335	
	7	3402	868	424	294	
	8	3224	1013	429	296	
	9	3036	800	427	318	
	10	3096	848	414	339	
	11	4073	753	420	337	
	12	3116	980	418	320	
	13	2887	697	391	289	
	14	3403	719	428	315	
	15	3229	980	468	346	
	16	3193	911	545	434	
	17	3117	1423	1176	1062	1058
	18	5303	2875	3655	3805	2921

Çizelge A.6 15 Mart, saat 15.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günişliği Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		15.00				
		A	B	C	D	E
15 MART	1	2515	671	479	824	1847
	2	2507	685	522	775	1948
	3	2532	694	528	367	
	4	2024	576	319	275	
	5	2369	764	356	267	
	6	2435	733	305	258	
	7	2543	585	337	233	
	8	2461	740	328	240	
	9	2375	644	327	261	
	10	2383	666	311	250	
	11	3179	584	330	257	
	12	2397	684	308	233	
	13	2287	605	318	211	
	14	2697	568	314	222	
	15	2482	674	345	240	
	16	2428	661	375	278	
	17	2722	634	695	581	516
	18	3701	2065	1966	2003	1603

Çizelge A.7 15 Mart, saat 18.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günişliği Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		18.00				
		A	B	C	D	E
15 MART	1	842	184	90	103	150
	2	841	187	99	94	173
	3	855	199	105	76	
	4	689	174	79	69	
	5	798	242	96	71	
	6	816	219	82	68	
	7	870	187	93	60	
	8	854	210	94	62	
	9	807	194	94	68	
	10	826	215	93	67	
	11	1092	187	91	69	
	12	818	228	87	62	
	13	777	178	87	57	
	14	910	165	92	58	
	15	847	220	95	64	
	16	841	202	98	73	
	17	887	130	165	135	130
	18	996	521	487	505	421

Çizelge A.8 15 Haziran, saat 9.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günlüğü Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		9.00				
		A	B	C	D	E
15 HAZİRAN	1	5431	1617	743	578	688
	2	5135	1315	787	583	676
	3	5483	1721	854	639	
	4	3918	1377	678	632	
	5	4930	1881	826	643	
	6	4966	1581	681	595	
	7	5823	1870	782	545	
	8	5389	1849	830	578	
	9	5003	1440	750	615	
	10	5160	1619	786	592	
	11	7169	1381	768	606	
	12	5247	1873	801	564	
	13	4767	1271	709	513	
	14	5869	1305	791	570	
	15	5342	1836	844	596	
	16	5270	1663	920	740	
	17	5740	2448	1776	152	1754
	18	6213	3441	4308	4374	3352

Çizelge A.9 15 Haziran, saat 12.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Güneşli Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		12.00				
		A	B	C	D	E
15 HAZİRAN	1	2452	715	426	497	600
	2	2431	703	482	468	684
	3	2455	764	499	409	
	4	1969	620	369	391	
	5	2240	872	453	388	
	6	2308	785	379	371	
	7	2530	708	418	328	
	8	2449	814	423	342	
	9	2329	884	417	381	
	10	2339	764	409	389	
	11	3311	648	419	403	
	12	2355	814	405	363	
	13	2185	640	415	323	
	14	2670	636	434	352	
	15	2444	835	473	396	
	16	2409	825	543	531	
	17	2891	1229	1189	1220	1431
	18	46818	27397	45878	17651	45765

Çizelge A.10 15 Haziran, saat 15.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günlüğü Aydınlatma Düzeyi Değerleri (lx)						
		15.00				
		A	B	C	D	E
15 HAZİRAN	1	3131	648	458	763	1374
	2	3112	716	505	667	1731
	3	3102	709	498	370	
	4	2531	619	337	304	
	5	2945	851	385	303	
	6	3041	826	322	269	
	7	3160	882	372	253	
	8	3084	861	354	261	
	9	2994	827	366	280	
	10	2994	763	358	294	
	11	4014	610	366	285	
	12	2967	746	326	263	
	13	2893	673	339	225	
	14	3363	616	349	240	
	15	3068	719	369	260	
	16	3029	656	364	289	
	17	3251	775	584	491	443
	18	4003	2055	1843	1855	1537

Çizelge A.11 15 Haziran, saat 18.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günişığı Aydınlık Düzeyi Değerleri (lx)						
		18.00				
		A	B	C	D	E
15 HAZİRAN	1	2542	616	388	712	788
	2	2566	744	460	582	1217
	3	2528	656	469	374	
	4	1971	595	326	312	
	5	2396	869	398	296	
	6	2497	876	321	273	
	7	2528	807	362	264	
	8	2506	861	354	261	
	9	2403	846	367	293	
	10	2433	785	358	297	
	11	3335	620	376	288	
	12	2395	740	330	262	
	13	2379	577	349	249	
	14	2843	644	337	240	
	15	2476	723	353	259	
	16	2418	677	320	259	
	17	2570	639	486	370	303
	18	2767	1263	1013	997	835

Çizelge A.12 15 Eylül, saat 9.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Güneşli Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		9.00				
		A	B	C	D	E
15 EYLÜL	1	2718	803	388	341	442
	2	2626	680	405	347	437
	3	2755	888	462	342	
	4	2178	685	349	327	
	5	2636	864	436	337	
	6	2573	865	372	319	
	7	2556	639	400	298	
	8	2596	837	345	268	
	9	2577	938	427	304	
	10	2236	666	338	325	
	11	2631	682	415	336	
	12	2619	853	367	301	
	13	2644	941	388	290	
	14	2610	643	344	266	
	15	2742	861	451	316	
	16	2545	599	407	332	
	17	2912	1258	927	845	326
	18	3231	1779	2222	2280	1677

Çizelge A.13 15 Eylül, saat 12.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günişığı Aydınlik Düzeyi Değerleri (lx)						
		12.00				
		A	B	C	D	E
15 EYLÜL	1	3364	838	471	592	1010
	2	3279	734	505	545	1020
	3	3421	933	534	394	
	4	2738	739	371	354	
	5	3094	987	436	335	
	6	3161	855	370	329	
	7	3486	878	415	289	
	8	3347	1015	440	304	
	9	3183	803	415	315	
	10	3227	861	406	326	
	11	4237	735	417	332	
	12	3225	972	444	317	
	13	3008	714	392	289	
	14	3535	700	437	313	
	15	3352	954	476	342	
	16	3310	919	534	444	
	17	3801	1376	1138	1006	984
	18	5535	3015	3744	3914	2924

Çizelge A.14 15 Eylül, saat 15.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günişliği Aydınlık Düzeyi Değerleri (lx)						
		15.00				
		A	B	C	D	E
15 EYLÜL	1	2639	653	513	929	2013
	2	2694	711	569	836	2185
	3	2739	733	549	395	
	4	2180	617	340	289	
	5	2545	828	374	292	
	6	2627	785	309	264	
	7	2733	846	387	246	
	8	2667	780	337	254	
	9	2570	634	355	269	
	10	2602	718	350	260	
	11	3410	601	353	270	
	12	2569	734	325	247	
	13	2497	851	338	226	
	14	2912	591	345	236	
	15	2668	712	258	257	
	16	2639	770	377	294	
	17	2902	638	694	574	510
	18	3890	2117	1939	1957	1591

Çizelge A.15 15 Eylül, saat 18.00, mevcut doğal aydınlatma hesap sonuçları.

Günişliği Aydınlık Düzeyi Değerleri (lx)						
		15.00				
		A	B	C	D	E
15 EYLÜL	1	925	201	97	115	162
	2	922	206	108	103	191
	3	938	221	113	85	
	4	756	188	84	78	
	5	877	264	112	76	
	6	891	242	88	72	
	7	959	201	99	67	
	8	935	280	104	68	
	9	885	213	98	74	
	10	905	236	103	75	
	11	1177	177	100	76	
	12	903	246	97	68	
	13	852	195	96	62	
	14	996	178	98	65	
	15	918	206	107	69	
	16	867	249	100	70	
	17	970	255	183	149	148
	18	1102	577	540	564	472

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Şevket Baran YÜCEL
Doğum Tarihi ve Yeri : 08.09.1991, Bozova
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : sbaranyucel@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Mimarlık	Anadolu Üniversitesi	2016
Lise		Rekabet Kurumu Cumhuriyet Fen Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2017	Nergiz Arifoğlu Lightstyle	Proje Tasarımcısı

YAYINLARI

Bildiri

1. Yücel, Ş.B., Ünver, R., (2019) "Ofislerde Bütünleşik Aydınlatmayı Etkileyen Etkenler ve Bir Örnekleme", 1. Mimarlık ve Şehircilik Lisansüstü Sempozyumu, 28-29 Mart 2019, İstanbul, 207-208

