

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UYUM GÖSTEREN GÖLGELEME BİLEŞENLERİNİN PARAMETRİK
TASARIM ARAÇLARIYLA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilan ÖNER

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ashhan ÜNLÜ TAVİL

ARALIK 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**UYUM GÖSTEREN GÖLGELEME BİLEŞENLERİNİN PARAMETRİK
TASARIM ARAÇLARIYLA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Dilan ÖNER
(502161526)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ashhan ÜNLÜ TAVİL

ARALIK 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502161526 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Dilan ÖNER, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “UYUM GÖSTEREN GÖLGELEME BİLEŞENLERİNİN PARAMETRİK TASARIM ARAÇLARIYLA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Aslıhan ÜNLÜ TAVİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Neslihan T. BAYRAKTAR
Kocaeli Üniversitesi

Teslim Tarihi : 13 Kasım 2019
Savunma Tarihi : 11 Aralık 2019





Aileme,



ÖNSÖZ

Tez çalışmasına başladığım ilk günden beri bilgisi ve deneyimleriyle beni yönlendiren, yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen, her zaman daha iyisini yapabilmem için beni yüreklendiren, tez konumun belirlenmesinden çalışmanın sonuçlandırılmasına kadar büyük emeği olan ve akademik çalışma konusunda kendilerinden çok şey öğrendiğim kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Aslıhan TAVİL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak tüm çalışma sürecimde manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen ve daima beni yüreklendiren babam Metin ÖNER, annem Aygün ÖNER, kardeşim Güven ÖNER'e ve beni yalnız bırakmayan sevgili arkadaşlarım Meltem EZEL ÇIRPI, Okan KÜLLÜK ve Demet YAĞCI'ya sonsuz teşekkürler.

Aralık 2019

Dilan ÖNER
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Problem	2
1.2 Amaç ve Kapsam	3
1.3 Yöntem	5
1.4 Varsayım	7
2. UYUM GÖSTEREN BİNA KABUKLARI VE GÖLGELEME	
BİLEŞENLERİ	9
2.1 Uyum Gösteren Bina Kabukları	9
2.1.1 İşlevi ve amacı	11
2.1.2 Uyum gösterme özellikleri.....	11
2.1.3 Uyum gösteren bina kabuk örnekleri	17
2.2 Uyum Gösterme Özelliklerine Göre Sınıflandırma.....	20
2.3 Bölüm Sonucu	20
3. PARAMETRİK TASARIM ARAÇLARININ (PTA) OLANAKLARI VE	
KULLANIMI	27
3.1 Parametrik Tasarım Alanları	27
3.2 Parametrik Tasarım Araçları	29
3.3 Parametrik Tasarımda Günışığı ve Enerji Analizi	32
4. PTA İLE UYUM GÖSTEREN GÖLGELEME BİLEŞENLERİNİN	
MODELLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ.....	39
4.1 Çalışmada Kullanılan Yazılımlar	39
4.2 Simülasyon Modeli	41
4.2.1 Boyutsal ve geometrik özellikler	42
4.2.2 Konum ve iklim özellikleri	43
4.2.3 İç mekan özellikleri.....	44
4.2.4 Uyum gösteren gölgeleme bileşenine ilişkin özellikler	44
4.2.5 Bina alt sistemine ilişkin kabuller	50
4.3 Değerlendirme Ölçütleri.....	51
4.3.1 Görsel performans değerlendirme ölçütleri	51
4.3.2 Enerji performansı değerlendirme ölçütleri	54
4.4 Simülasyon Süreci.....	55
4.4.1 Aydınlık düzeylerinin ve kamaşmanın değerlendirilmesi	56
4.4.2 Enerji performans değerlendirmesi.....	91

5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR.....	101
EKLER	109
ÖZGEÇMİŞ.....	135



KISALTMALAR

ASHRAE	: American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers
BMS	: Battery Management System
BYS	: Bina Yönetim Sistemleri
CHPS	: Collaborative for High Performance Schools
CIE	: CIE Glare Index
DA	: Daylight Autonomy
DGI	: Daylight Glare Index
DGP	: Daylight Glare Probability
DOE2	: Dış konveksiyon algoritması
IEA	: International Energy Agency
IES	: Illuminating Engineering Society
IESNA	: Illuminating Engineering Society of North America
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
LIGO	: Livingston Observatory Science Education Center
LLC	: Limited Liability Company
NZEBs	: Nearly zero-energy buildings
NURBS	: Non-uniform Rational B-spline
Mtoe	: Million Tonnes of Oil Equivalent
PTA	: Parametrik Tasarım Araçları
sDA	: Spatial Daylight Autonomy
SMA	: Shape Memory Alloys
STAAD Pro	: Structural Analysis And Designing Program
SHGC	: Solar Heat Gain Coefficient
TARP	: İç Konveksiyon Algoritması
TE	: Toplam Enerji
TS EN	: Türk Standartları Enstitüsü
U	: Isı iletim katsayısı
UDI	: Faydalı Günışığı Aydınlığı
UGGB	: Uyum Gösteren Gölgeleme Bileşenleri

UGK : Uyum Gösteren Kabuklar
UGR : Unified Glare Rating
UN : United Nations
WWR : Window to Wall Ratio



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Uyum gösterme özelliklerine ait sınıflandırma tablosu.	21
Çizelge 2.2 : Uyum gösterme özelliklerine ait sınıflandırma tablosu.	22
Çizelge 2.3 : Uyum gösterme özelliklerine ait sınıflandırma tablosu.	23
Çizelge 3.1 : Parametrik tasarımda günışığı ve enerji ile ilgili literatürde bulunan çalışmalar.	33
Çizelge 4.1 : İstanbul'a ait gün verileri.	43
Çizelge 4.2 : Binanın bulunduğu yere ait veriler.	44
Çizelge 4.3 : UGGB tiplerine ait sınıflandırma sistematığı.	46
Çizelge 4.4 : UGGB tiplerine ait perspektif görünüşleri ve tiplerin yaptığı hareketin diyagramatik anlatımı.	47
Çizelge 4.5 : Modelin iç yüzey, cam ve gölgeleme bileşeni özellikleri.	50
Çizelge 4.6 : Isıl simülasyonlar için girdi yükleri.	51
Çizelge 4.7 : Hacmin uzun kenarına göre oluşturulacak hesaplama gridine ait sağlanması gereken değerler.	52
Çizelge 4.8 : Aydınlık düzeyleri hesaplanırken kullanılan Radiance Parametreleri. .	53
Çizelge 4.9 : Aydınlık düzeyi için yapılan simülasyon toplamı.	53
Çizelge 4.10 : DGI ve DGP kamaşma kategorisi aralıkları	54
Çizelge 4.11 : Güney yönündeki referans oda için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	58
Çizelge 4.12 : Güney yönündeki A1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	60
Çizelge 4.13 : Güney yönündeki A2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	62
Çizelge 4.14 : Güney yönündeki B1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	65
Çizelge 4.15 : Güney yönündeki B2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	66
Çizelge 4.16 : Güney yönündeki C1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	70
Çizelge 4.17 : Güney yönündeki C2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	71
Çizelge 4.18 : Batı yönündeki referans oda için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	75
Çizelge 4.19 : Batı yönündeki A1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	77
Çizelge 4.20 : Batı yönündeki A2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	79
Çizelge 4.21 : Batı yönündeki B1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	81

Çizelge 4.22 : Batı yönündeki B2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	83
Çizelge 4.23 : Batı yönündeki C1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	85
Çizelge 4.24 : Batı yönündeki C2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.	86
Çizelge A.1 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.	110
Çizelge A.2 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.	111
Çizelge A.3 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.	112
Çizelge A.4 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.	113
Çizelge A.5 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.	114
Çizelge A.6 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.	115
Çizelge A.7 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.	116
Çizelge A.8 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.	117
Çizelge A.9 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.	118
Çizelge A.10 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.	119
Çizelge B.1 : Güney ve batı yönleri için vakalara ait DGI ve DGP sonuçları.....	120

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Dünya'nın birincil enerji talebi, enerji kaynaklı CO2 emisyonları.....	1
Şekil 1.2 : Sektöre göre nihai enerji tüketimleri, 2015.....	2
Şekil 1.3 : Yapıdaki sistemler.....	5
Şekil 1.4 : Çalışmaya ait akış şeması.....	6
Şekil 2.1 : Livingston Observatory Science Education Center'ın cephesi.....	13
Şekil 2.2 : Ana hareket tipleri ve malzeme deformasyonu.....	14
Şekil 2.3 : Türetilen hareket tipolojileri.....	15
Şekil 2.4 : Uyum Gösteren Kabukların iklim haritasındaki yerleri, yapım yılları ve fonksiyonları.....	18
Şekil 2.5 : Uyum Gösteren Kabukların iklim haritasındaki yerleri, yapım yılları ve fonksiyonları.....	19
Şekil 3.1 : Dış mekanlarda ısı konforu değerlendirmeye ait bir çalışma.....	28
Şekil 3.2 : Parametrik tasarım ve dekorasyon.....	28
Şekil 3.3 : Parametrik tasarım ve moda.....	29
Şekil 3.4 : Luigi Moretti'den bir stadyum modeli. Stadyum on dokuz parametreden oluşan (sağda) parametrik bir modelden türemiştir. Stadyum için planlar (solda) gösterilmiştir.....	30
Şekil 3.5 : Parametrik tasarım süreci (üstteki) ve geleneksel tasarım sürecinin (alttaki) karşılaştırılması.....	31
Şekil 3.6 : Gölgeleme bileşeninin optimizasyonun galapagos ile sağlanması.....	32
Şekil 3.7 : Tüm olası kombinasyonları hesaplamak için parametrik algoritma.....	34
Şekil 3.8 : Yirmi yedi gölgeleme konfigürasyonu: gölgeleme olmayan (A0; B0), tam gölgeleme (A100; B100) ve her biri belirli bir katlanma oranı için A ve B yüzleri karışık opaklık kombinasyonları.....	35
Şekil 3.9 : Ofis için kontrol edilen parametreleri gösteren kesitsel; x: pencerelerden uzaklık, y: yüzeyler arasındaki mesafe, L: hedefler arasındaki mesafe, h: yüzeyin bitiş çizgisinden eşik değeri.....	36
Şekil 3.10 : Bina kabuğu bileşenleri ve yapısı.....	37
Şekil 3.11 : Gölgeleme bileşeni konsepti ve bileşen geometrisi, önden görünüş ve yandan görünüş.....	38
Şekil 4.1 : Rhino arayüzü.....	40
Şekil 4.2 : Grasshopper'ın çalışma mantığı.....	40
Şekil 4.3 : DIVA'ya ait araç çubuğu.....	41
Şekil 4.4 : Referans iki odanın binadaki konumu.....	42
Şekil 4.5 : Referans odaya ait grasshopper kodu.....	42
Şekil 4.6 : Referans odaya ait, kısmi plan, kesit ve görünüş.....	43
Şekil 4.7 : DIVA'da gün ve iklimsel veri tanımlanması.....	43
Şekil 4.8 : 21 Hazirana ait gün uzunluğunun diyagramatik gösterimi ve saat 12.00 için streografik diyagram.DIVA'da iklimsel veri tanımlanması.....	44

Şekil 4.9 : Kesit perspektif olarak modelin iç yüzey, cam ve gölgeleme bileşeni özellikleri.	45
Şekil 4.10 : Katlanma dikey düzlemde panel (A1), katlanma yatay düzlemde panel (A2) ve dönme dikey düzlemde panel (B1) konfigürasyonları.....	48
Şekil 4.11 : Dönme yatay düzlemde panel (B2), kayma yatay düzlemde panel (C1), kayma dikey düzlemde panel (C2) konfigürasyonları.	49
Şekil 4.12 : DIVA’da aydınlık düzeylerinin hesaplanması için oluşturulan bağlantılar.	52
Şekil 4.13 : DIVA’da DGI ve DGP’nin hesaplanması.	54
Şekil 4.14 : Referans odaya yerleştirilen ızgara, tefriş düzeni ve X1 noktası.	55
Şekil 4.15 : Simülasyona ait akış şeması.	57
Şekil 4.16 : Güney yönüne bakan referans oda ile optimum saat\açılarda A1 ve A2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.....	59
Şekil 4.17 : Güney yönüne bakan referans oda için çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	61
Şekil 4.18 : Güney yönüne bakan A1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	63
Şekil 4.19 : Güney yönüne bakan A2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	64
Şekil 4.20 : Güney yönüne bakan B1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	67
Şekil 4.21 : Güney yönüne bakan B2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	68
Şekil 4.22 : Güney yönüne bakan referans oda, B1 ve B2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.....	69
Şekil 4.23 : Güney yönüne bakan referans oda, C1 ve C2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.....	69
Şekil 4.24 : Güney yönüne bakan C1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	72
Şekil 4.25 : Güney yönüne bakan C2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	73
Şekil 4.26 : Güney yönüne bakan vakaların D2 alan yüzdeleri karşılaştırması.	74
Şekil 4.27 : Batı yönüne bakan referans oda, A1 ve A2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.....	75
Şekil 4.28 : Batı yönüne bakan referans odaya ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	76
Şekil 4.29 : Batı yönüne bakan A1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	78
Şekil 4.30 : Batı yönüne bakan referans oda, B1 ve B2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.....	79
Şekil 4.31 : Batı yönüne bakan A2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	80
Şekil 4.32 : Batı yönüne bakan B1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	82
Şekil 4.33 : Batı yönüne bakan B2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	84
Şekil 4.34 : Batı yönüne bakan referans oda, C1 ve C2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.....	86
Şekil 4.35 : Batı yönüne bakan C1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	87

Şekil 4.36 : Batı yönüne bakan C2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.....	88
Şekil 4.37 : Batı yönüne bakan vakaların D2 yüzdeleri arasındaki ilişki.....	89
Şekil 4.38 : Batı yönüne bakan referans odanın X1 bakış doğrultusunda aydınlık dağılımı.	90
Şekil 4.39 : Güneye bakan A1 ve A2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdelerinin karşılaştırılması.....	91
Şekil 4.40 : Güneye bakan B1 ve B2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdelerinin karşılaştırılması.	92
Şekil 4.41 : Güneye bakan C1 ve C2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdelerinin karşılaştırılması.	92
Şekil 4.42 : Batıya bakan A1 ve A2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdelerinin karşılaştırılması.	93
Şekil 4.43 : Batıya bakan B1 ve B2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdelerinin karşılaştırılması.	93
Şekil 4.44 : Batıya bakan C1 ve C2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdelerinin karşılaştırılması.	94
Şekil C.1 : Güneye bakan referans oda için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.....	122
Şekil C.2 : Güneye bakan A1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.	123
Şekil C.3 : Güneye bakan A2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.	124
Şekil C.4 : Güneye bakan B1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları..	125
Şekil C.5 : Güneye bakan B2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları..	126
Şekil C.6 : Güneye bakan C1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları..	127
Şekil C.7 : Güneye bakan C2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları. .	128
Şekil C.8 : Batıya bakan A1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları. ..	129
Şekil C.9 : Batıya bakan A2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları. ..	130
Şekil C.10 : Batıya bakan B1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları..	131
Şekil C.11 : Batıya bakan B2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları..	132
Şekil C.12 : Batıya bakan C1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları..	133
Şekil C.13 : Batıya bakan C2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları..	134



UYUM GÖSTEREN GÖLGELEME BİLEŞENLERİNİN PARAMETRİK TASARIM ARAÇLARIYLA PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

Dünya'daki enerji tüketiminin artış göstermesiyle birlikte ortaya çıkan çevresel ve ekonomik sorunlar, bu konudaki endişelerin artmasına neden olmuştur ve bununla birlikte enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar artırılmış ve ülkeler çeşitli önlemler almaya başlamışlardır. Enerji verimliliğinin artırılması noktasında birçok ülkenin enerji tüketimini azaltmak için hedeflediği alan bina sektörü olmuştur. Ayrıca Avrupa Komisyonu tarafından da, bina sektöründeki enerji tasarrufu potansiyelinden yararlanma konusunda hedeflerin belirlenmesi ve yatırımların gerçekleştirilmesi amacıyla Binalarda Enerji Performansı Revize Direktifi (2010/31/EU) yayımlanmıştır.

Dış ortam faktörlerine en çok maruz kalan bina kabuklarında ısı ve enerji akışı oldukça yoğundur. Bundan dolayı enerji tasarrufu sağlamak için öncelik bina kabuklarıdır. Enerji etkin tasarım ve sürdürülebilirlik gibi konularında önem kazanmasıyla birlikte yapı kabukları üzerinde araştırmalar ve çalışmalar artış göstermiştir. Bu bağlamda gelişen teknolojiyle birlikte oldukça yenilikçi ve yaratıcı çözümler yapı kabuklarında uygulanmaktadır. Uyum gösteren kabuklar başlığı altına alınabilecek bu teknolojiler ve tasarımlarla birlikte iklimsel değişen şartlara ve kullanıcı ihtiyaçlarına dinamik olarak cevap verebilen, maksimum verimlilik ve minimum enerji hedefleriyle oluşturulan kabuk teknolojileri geliştirilmeye başlanmıştır.

Bu çalışmada, farklı hareket kabiliyetlerine sahip, cepheye düşey veya yatay olarak konumlanmış uyum gösteren gölgeleme bileşen tiplerinin İstanbul iklim koşullarında görsel ve ısı performansının değerlendirilmesini yapmak ve hangi tipin optimum performans sağladığını bulmak amaçlanmıştır.

Tez beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde; çalışmanın konusu, amacı, kapsamı ve amaca ulaşmak için izlenen yöntem hakkında bilgi verilen giriş bölümü yer almaktadır. Ayrıca ana amaca ek olarak alt problemler belirlenerek çalışma boyunca izlenecek yol belirlenmiştir.

İkinci bölümde UGK araştırılarak uyum göstermenin tanımı yapılmış ve UGK'nın işlevi ve amacı üzerine araştırmalar yapılarak UGK'nın potansiyeli belirlenmiştir. Aynı zamanda UGK'nın özellikleri belirlenerek diğer kabuklardan farkları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu özellikler uyum gösterme özellikleri olarak adlandırılmış olup; etki, tepki, ölçek, kontrol tipi, sistem konfigürasyonu, zaman, uyum yapısı, hareket türü, görünebilirlik, uyum ölçeği ve hareket kabiliyeti olarak belirlenmiştir ve bu özellikler üzerinden sınıflandırma tablosu oluşturulmuştur. İnşa edilmiş mevcut örnekler araştırılarak iklim haritasındaki yerleri, yapım yılları ve fonksiyonları belirlenmiştir. Oluşturulan sınıflandırma tablosu üzerinden uyum gösterme özellikleri araştırılarak değerlendirilmiştir ve bu teknolojinin kullanımında

uyum gösteren gölgeleme bileşenlerinin (UGGB) kullanımının diğerlerine oranla daha çok olduğu gözlemlenmiştir.

Üçüncü bölümde UGGB'nin performans değerlendirilmesinin nasıl yapıldığı üzerinde literatür araştırması yapılmıştır. Parametrik tasarım araçları üzerinde durularak literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. Parametrik tasarım araçlarından en çok Rhinoceros'un eklentisi olan Grasshopper'ın kullanıldığı gözlenmiştir.

Dördüncü bölümde çalışmada kullanılan yazılımlar incelenmiştir. Rhino ve Grasshopper tanıtılıp çevresel analiz eklentisi olan DIVA ve altyapısında kullandığı simülasyon motorları anlatılmıştır. Simülasyon modelini oluşturmak için binaya ait boyutsal ve geometrik özellikler belirlenmiş ardından referans olarak kullanılan standartlara göre iç mekan özellikleri ve bina alt sistemine ilişkin girdiler belirlenmiştir. İstanbul'da bulunduğu varsayılan ofis binası Grasshopper'da modellenmiştir. Daha sonra düşeyde katlanma hareketi (A1), yatayda katlanma hareketi (A2), düşeyde dönme hareketi (B1), yatayda dönme hareketi (B2), düşeyde kayma hareketi (C1) ve yatayda kayma hareketi (C2) yapan UGGB tiplerinin uyum gösterme özellikleri belirlenmiştir ve kontrol stratejileri geliştirilerek ardından Grasshopper'da modellenmiştir. Görsel performans ve enerji performansı değerlendirme ölçütleri referans olarak alınan standartlara göre belirlenerek simülasyon metodolojisi tamamlanmış, güney ve batı yönüne bakan bir ofis birimi üzerinden simülasyonları çalıştırma aşamasına geçilmiştir.

Öncelikle aydınlık düzeyleri hesaplanarak çalışma düzleminde oluşan aydınlık dağılımlarına bakılmıştır. Her iki yön içinde 21 Haziran günü için saat 8.00 ile 18.00 arası, önünde herhangi bir UGGB bulunmayan durum (referans durum) simüle edilmiştir. Daha sonra UGGB tipleri her iki yön içinde aynı gün ve saat aralıklarında belirlenen hareket adımları ile simüle edilmiş ve çalışma düzleminde en iyi aydınlık düzeyi yüzdesini veren (D2) hareket adımları belirlenmiş ve optimum saat\açılar elde edilmiştir. Daha sonra temel durum ve UGGB için ofis biriminde çalışan bir kullanıcı için DGI ve DGP değerleri hesaplanmış, ofis birimindeki aydınlık dağılımı incelenmiştir. Güney ve batı yönü kendi içinde değerlendirilerek UGGB tipleri karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve görsel performans değerlendirmesi tamamlanmıştır.

Görsel performans değerlendirmesi sonucu bulunan optimum saat\açılar üzerinden referans durum ve UGGB tiplerinin 21 Haziran günü seçildiği için sadece soğutma yükleri hesaplanmıştır. Optimum saat\açılar üzerinden elde edilen D2 yüzdeleri ile karşılaştırmalı grafikler üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Son bölümde genel bir değerlendirme yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Mevcut bina stokunun enerji tüketimini azaltmak ve enerji etkin yaklaşımlarla yeni binalar tasarlamak enerji tüketiminin artmasıyla önem kazanmıştır. Bu çalışmanın amacı, uyum gösteren bina kabuklarının görsel ve ısı performansını İstanbul iklim koşullarında değerlendirmek ve en uygun UGGB tipini seçmektir. Çalışmanın devamı olarak UGGB tiplerinin yapay aydınlatma sistemleri ile ofisin aydınlık düzeylerinin iyileştirilmesi ve aydınlatma yüklerinin hesaplanması planlanmaktadır. Ayrıca farklı aylardaki ve illerdeki performansı incelenebilir.

PERFORMANCE EVALUATION OF ADAPTIVE SHADING COMPONENTS WITH PARAMETRIC DESIGN TOOLS

SUMMARY

Environmental and economic problems that have arisen due to the increase in energy consumption in the world have increased the concerns about this issue, and efforts to reduce energy consumption have been increased and countries have started to take various measures. In order to increase energy efficiency, many countries targeted the construction sector to reduce its energy consumption. This situation can be explained by the fact that the construction sector has a high share in energy consumption and the intervention to it is easier compared to the other sectors. In addition to that, the European Commission has published the Revised Energy Performance of Buildings Directive (2010/31 / EU) in order to set aims and implement sanctions for the utilization of energy saving potential in the construction sector.

The heat and energy flow are quite intense on the building shells, which are exposed to the external factors the most. Therefore, in order to enable energy saving, the priority is given to building shells. Researches and studies on building shells have increased as a result of the subjects such as energy efficient design and sustainability had gained importance.

Architecture is often seen as a static element that remains indifferent to changing needs and conditions of its environment, but this perception has begun to change in the buildings that were constructed recently and technological products of increasing use. In this respect, as a result of the developing technology, innovative and creative solutions are now being applied in building shells. Thanks to these technologies and designs, which can be placed under the heading of adaptive shells, shell technologies that can respond dynamically to climatic changing conditions and user needs, have been developed with maximum efficiency and minimum energy consumption targets. Building shells, which are compatible with the ability to change their behaviour in real time according to their users and the external parameters, are promising to improve the energy efficiency and economy of buildings.

The high cost of these technological products and the complexity of the design processes have increased the importance of the decisions to be taken in the early design stage.

In this study, it is aimed to evaluate the visual and thermal performance of the shading component types which are adaptable vertically or horizontally to the façade with different mobility and to find out which type provides the optimum performance.

The thesis consists of five chapters. The first chapter is the introduction where the subject of the study, its purpose, scope and the method applied to achieve this purpose are presented. Moreover, sub-problems were determined in addition to the

main purpose and therefore, the path to be followed throughout the study was determined.

In the second chapter, the definition of compliance was investigated by researching the adaptive envelope and the potential of the adaptive envelope was determined by conducting research on the function and purpose of the adaptive envelope. At the same time, the characteristics of adaptive envelope were determined and their differences from other shells were tried to be revealed. These characteristics were named as adaptation characteristics and were identified as effect, response, scale, control type, system configuration, time, adaptation structure, motion type, visibility, adaptation scale and mobility and a classification table was created on these properties. The existing examples constructed were investigated and their place, construction years and functions in the climate map were determined. According to the classification table, conformity characteristics were investigated and evaluated and it was observed that the use of adaptive shading components was higher in the use of this technology than the others.

In the third chapter, a literature search is made on how performance evaluation of adaptive shading components is performed. Parametric design tools were emphasized and studies in the literature were examined. It was observed that one of the parametric design tools, Grasshopper, which is an add-on to Rhinoceros, was used the most frequently.

In the fourth chapter, the software that were used in the study is examined. Rhino and Grasshopper are introduced and the simulation engines used in DIVA, which is an environmental impact add-on, and its infrastructure are explained. Dimensional and geometric features of the building were determined to create the simulation model, and then interior features and inputs to the building subsystem were determined according to the standards used as reference. The office building assumed to be located in Istanbul is modelled in Grasshopper. Then, the adaptation characteristics of the adaptive shading components types that make vertical folding movement (A1), horizontal folding movement (A2), vertical rotation movement (B1), horizontal rotation movement (B2), vertical sliding movement (C1) and horizontal sliding movement (C2) were determined. and control strategies were developed and then modelled in Grasshopper. The visual performance and energy performance evaluation criteria were determined according to the standards taken as reference and the simulation methodology was completed. After then the stage of working on simulations on an office building which faces to south and west directions was initiated.

First of all, the luminance distributions on the working plane were examined by calculating the luminance levels. The case (reference case) when there is no adaptive shading components in both directions from 8.00 am to 6.00 pm on 21 June, was simulated. Then adaptive shading components types were simulated with motion steps determined in the same day and time intervals in both directions and motion steps giving the best percentage of luminance (D2) in the working plane were determined and optimum hours\angles were estimated. Then, DGI and DGP values were calculated for a user working in the office unit for the baseline and adaptive shading components and the luminance distribution in the office unit was examined. The south and west directions were evaluated separately and the adaptive shading components types were examined comparatively and visual performance evaluation was completed.

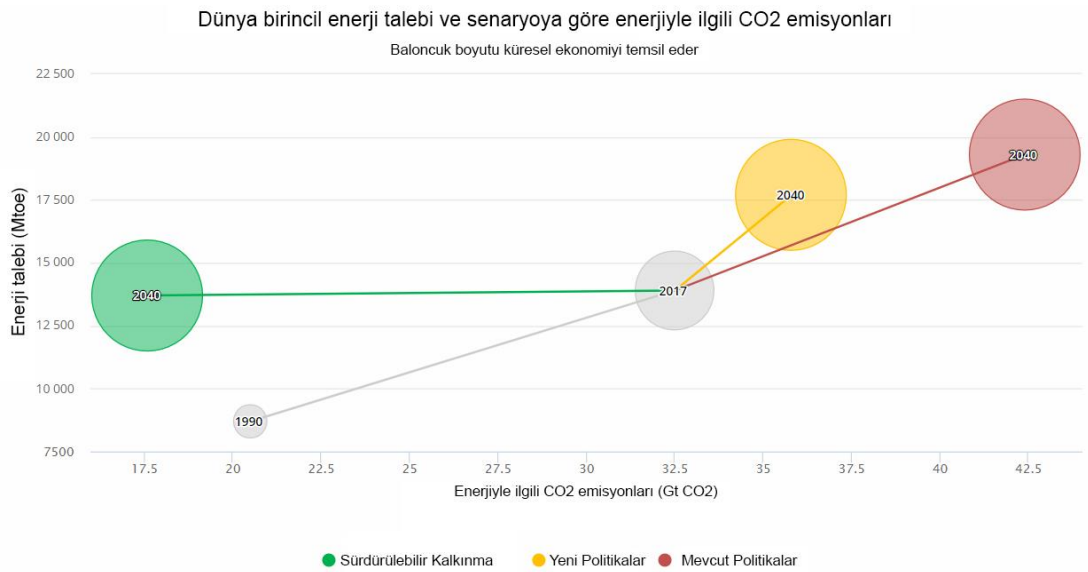
Since the reference case and adaptive shading components types were selected on June 21 at the optimum hours \ angles found as a result of visual performance evaluation, only cooling loads were calculated. D2 percentages obtained from optimum hours \ angles were evaluated by using comparative charts.

In the last section, a general evaluation is made and the results obtained are evaluated. The horizontal folding movement (A2) in the south direction and the horizontal rotation movement (B2) in the west direction indicate the best performance.

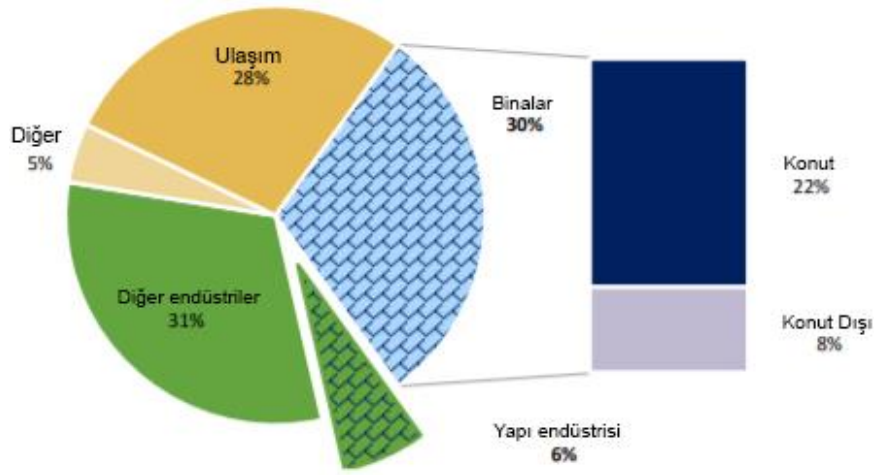
Decreasing the energy consumption of the existing building stock and designing new buildings with energy efficient approaches have gained importance as a result of increasing energy consumption. The aim of this study is to evaluate the visual and thermal performance of the adaptive building shells in Istanbul climatic conditions and to select the most suitable adaptive shading components type. As a continuation of the study, it is planned to improve the luminance levels of the office with the artificial lighting systems of adaptive shading components types and to calculate the lighting loads. In addition to that, performance in different months and provinces can be examined.

1. GİRİŞ

Enerji tüketimi, üretimi ve yönetimi gibi konular sürdürülebilir bir çevre için önemli bir gündem oluşturmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) raporu, dünyanın toplam nihai enerji tüketiminin 1973 ve 2014 yılları arasında kırk bir yılda 4661 Mtoe'den 9555 Mtoe'ye yükseldiğini açıklamıştır (International Energy Agency, 2018). Uluslararası Enerji Ajansı, Şekil 1.1' de gösterildiği üzere enerji tüketiminin azaltılması için hiçbir önlem alınmadığı takdirde dünya genelinde 2040 yılına kadar tüketilen enerjinin ve CO² emisyonlarının artacağı konusunda ciddi uyarılarda bulunmaktadır (Url-1). Enerji tüketimindeki artışa karşı uygulanacak stratejiler öncelikle en büyük enerji tasarrufu potansiyelini de oluşturan en yüksek miktarda enerji tüketen sektörlere yöneliktir. Dünyadaki en yüksek miktarda enerji tüketen sektör, Şekil 1.2'de gösterildiği gibi IEA tarafından bina sektörü olarak ilan edilmiştir (UN Environment and International Energy Agency, 2017). Binalarda tüketilen göreceli olarak yüksek enerji seviyeleri küresel olarak endişe kaynağı haline gelmiştir. Bundan dolayı farklı ülkeler tarafından belirlenen enerji verimliliği ve iklim değişikliği hedeflerinin gerçekleştirilmesi, binalara yönelik stratejilerin oluşturulması oldukça önemlidir .



Şekil 1.1 : Dünya'nın birincil enerji talebi, enerji kaynaklı CO2 emisyonları (Url-1).



Şekil 1.2 : Sektöre göre nihai enerji tüketimleri, 2015 (UN Environment and International Energy Agency, 2017).

Enerji verimliliğini sağlamak ve hedeflenen noktalara ulaşmak için ülkeler çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Avrupa’da binaların enerji verimliliğini iyileştirmeyi amaçlayan 2010/31/EU yönetmeliği, oluşturulmuş en önemli yönetmeliklerden biridir ve bu yönetmelik, neredeyse sıfır enerji tüketimli binaların (nZEBs) gerekliliğini vurgulamaktadır. Buna benzer politikalar ABD ve Kanada’da da desteklenmiştir.

Bina kabuklarının iç ve dış ortam arasında sınır görevi gördüğü göz önünde bulundurulduğunda enerji korunumunun buradan sağlanmaya başlanması gerektiği açıktır.

1.1 Problem

Bugüne kadar yapılan istatistiksel çalışmalar, binalarda enerjinin %30 oranlarında olduğunu göstermektedir (UN Environment and International Energy Agency, 2017). Bunun nedeni, gelişmiş ülkelerde yapılan son araştırmalara göre insanların zamanlarının %90’ını kapalı mekanlarda geçirmesi olarak gösterilebilir (European Commission, 2003).

Enerji tasarrufunu amaçlayan modern binalar, maksimum verimlilik ve çalışma konforu sağlamak için minimum enerji kullanmak üzere tasarlanmıştır. Artı enerji oluşturma konseptleri için bu hedef, yerel yenilenebilir kaynaklardan entegre bir enerji üretimine genişletilmiştir. Bu hedeflere ulaşmak için en önemli faktörlerinden birkaçı, binanın talebe, iklimsel değişen şartlara ve kullanıcı ihtiyaçlarına dinamik olarak cevap verebilmesidir. Binanın ve yapı bileşenlerinin duyarlı performans

davranışı, akıllı binalar ve bina teknolojileri alanındaki gelişmelerin ana odağını oluşturmaktadır. Bu bağlamda, iki iklim ortamı arasındaki arabirim olan bina kabuğu, enerji akışını aktif bir şekilde kontrol etmek için, çok çeşitli formel, işlevsel ve yapıcı kriterler ile başarılı bir şekilde başa çıkabilmek için tasarlanmış, yüksek mühendislik ürünü bir sistem haline gelmiştir (Gosztonyi , 2015).

Her projeye göre özelleşebilen tasarım süreci, son yıllarda geliştirilen yenilikçi malzemeler ve cephe bileşenleri ile daha da kompleks hale gelmiştir. Hem tasarım sürecinin hem de bu teknolojik bina kabuklarının kompleks olması beraberinde maliyetleri artırmıştır. Bundan dolayı erken tasarım aşaması önem kazanmış, enerji verimliliği ve kullanıcı konforunun hangi şekilde optimum olarak sağlanabileceği üzerine cevaplar aranmaya başlanmıştır.

Son yıllarda kullanımı hızla artan uyum gösteren kabuklar araştırılmış ve İstanbul iklim şartlarında ofis binası olarak kullanılan bir binada nasıl bir görsel ve ısı performans sergileyeceği üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Bu süreçte aşağıda belirtildiği gibi bazı alt problemler çalışmaya yön vermiştir.

- Uyum gösteren kabukların (UGK) amacı ve işlevi nedir?
- Uyum gösteren kabuklar ile ilişkili terimler nelerdir?
- Uyum gösterme özellikleri nelerdir?
- Mevcut UGK'nın uyum gösterme özellikleri nelerdir?
- Mevcut UGK'nın en çok ilişkili olduğu uyum gösterme özellikleri nelerdir?
- Uyum gösteren gölgeleme bileşenlerinin (UGGB) performansı nasıl değerlendirilir?
- Parametrik tasarım araçları (PTA) nelerdir ve günışığı ve enerji analizleri ile çalışması nasıldır?
- PTA ile değerlendirilirken girilmesi gereken parametreler ne olmalıdır?
- Görsel ve ısı performans değerlendirme ölçütleri neler olmalıdır?

Bu sebepler doğrultusunda bu çalışma, uyum gösteren kabuklar üzerine hem Türkçe bir kaynak hem de ülkemizde bu teknolojinin hangi biçimde ve hangi hareket mekanizması kullanımının avantaj olacağı konusunda bir yol gösterici olacaktır.

1.2 Amaç ve Kapsam

Mimarinin kinetik ile ilişkisi son yıllarda artmıştır. Sayısal ve robotik teknolojilerin yanı sıra dijital tasarım süreçlerinin ortaya çıkması, mimarlığın statik olduğu algısını

kırmıştır. Sonuç olarak, kinetik mimarinin pratik uygulamaları için fırsatlar yirminci yüzyılın sonlarında çarpıcı bir şekilde artmıştır (Kolarevic & Parlac, 2015) (Moloney, 2011). Mimaride kinetik kavramı sebep sonuç ilişkisine dayanır. Mekândaki veya alandaki kullanıcı talepleri ile birlikte ortamdaki istenen şey (amaç) değişir ve ortamın yeniden düzenlenmesi veya değiştirilmesi gerekir. Böyle bir alanı tasarlayabilmek için mimari ortamın dinamiklerini, esnekliğini ve uyumluluğunu araştırmak gerekir. Dinamikleri keşfetmeye başlamanın bir yolu, geleneksel statik ve tek fonksiyonlu mekânsal tasarımın ötesinde mimariyi yeniden düşünmektir. Sürekli değişen ihtiyaçlara göre fiziksel alanın dinamikliğine vurgu yapılır (Fox & Kemp, 2009).

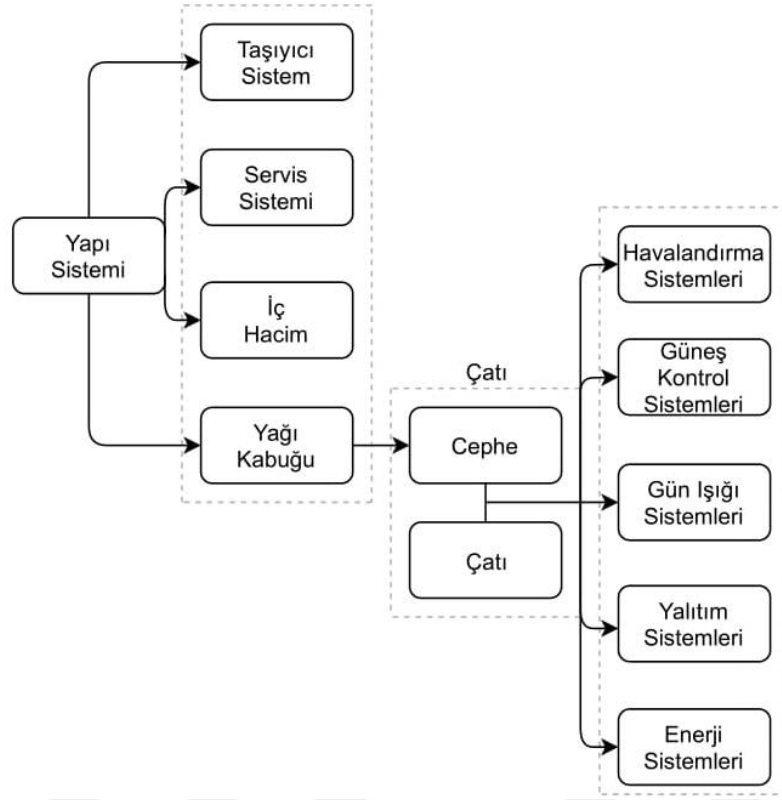
Teknolojinin gelişmesi ve bilgi birikiminin artmasıyla ve enerji etkin tasarım ve sürdürülebilirlik gibi konularında önem kazanmasıyla birlikte ısı ve enerji akışının oldukça yoğun olduğu yapı kabukları üzerinde kinetizm üzerine araştırmalar ve çalışmalar artış göstermiştir. Bu tez çalışması ile uyum gösteren kabuklar üzerine literatüre katkı sunmak ve bir kaynak oluşturmak hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, farklı hareket kabiliyetlerine sahip, cepheye düşey veya yatay olarak konumlanmış uyum gösteren gölgeleme bileşen tiplerinin İstanbul iklim koşullarında görsel ve ısı performansının değerlendirmesini yapmak ve hangi tipin optimum performans sağladığını bulmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda aşağıda sıralanan aşamalar izlenmiştir.

İlk olarak, uyum gösterme özellikleri araştırılarak başlanan çalışmada uyum göstermenin yapıdaki potansiyeli araştırılmıştır. Bir yapı, başlıca dört ana sistemden meydana gelmektedir (Şekil 1.3). Bu sistemlerden yapı kabuğunun uyum gösterme ile ilişkisi sorgulanmıştır. Mevcut örnekler üzerinden sınıflandırma yapılmış ve değerlendirilmiştir. Sınıflandırma göstermiştir ki; uyum gösterme en çok gölgeleme bileşenleriyle ilişkilidir ve en çok ısı ve görsel konforu sağlamak için kullanılmaktadır.

İkinci aşamada, dinamik olması sebebiyle UGGB'lerin performans değerlendirmesinin nasıl yapıldığı literatür üzerinden araştırmalar yapılarak incelenmiştir. Kullanılan yazılımlar ve araçlar incelenerek parametrik tasarım araçları üzerine odaklanılmıştır. Parametrik tasarım alanları, PTA olanakları ve

parametrik tasarımda günışığı ve analizi üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir (Şekil 1.4).



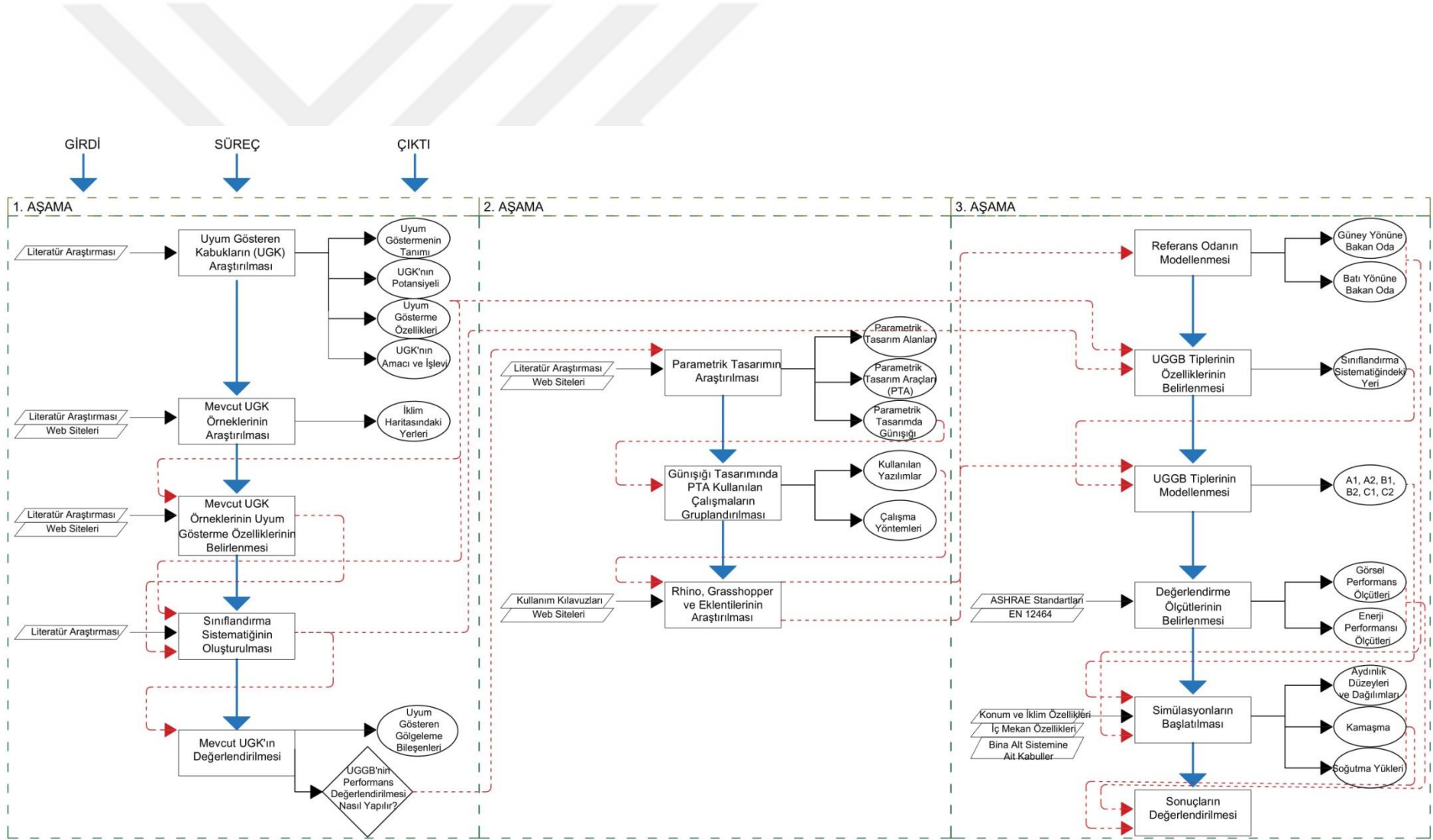
Şekil 1.3 : Yapıdaki sistemler (Schittich, 2001).

Üçüncü aşamada, UGGB'nin performans değerlendirmesini yapmak için Rhino ve eklentileri öğrenilip simülasyon modeli oluşturulmuştur. Mevcut örneklerden yararlanılarak UGGB tipleri belirlenmiş ve değerlendirmesi yapılmak üzere ilgili standartlar referans olarak kabul edilmiştir. Değerlendirme ölçütleri belirlenerek görsel ve enerji performans sonuçları incelenmiştir. Çalışma sonunda UGGB'nin geleceğı yorumlanarak genel bir değerlendirme yapılmıştır.

1.3 Yöntem

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Araştırma metodolojisi ve çalışma çerçevesi Bölüm 4'de sunulmaktadır .Tez çalışmasında literatür araştırması yapılmış ve benzetim araçları kullanılarak simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sürecinde son dönemde ön plana çıkan uyum gösteren kabuk teknolojilerinin özellikleri ve ortaya konan örnekleri araştırılarak teorik bilgiler derlenmiştir.



Şekil 1.4 : Çalışmaya ait akış şeması.

Mevzuatta yer alan standart ve yönetmelikler, kitaplar, tezler, uluslararası ve ulusal dergi makaleleri ve konferans bildirileri, kurumsal raporlar, vb. kaynaklardan elde edilen bilimsel bilgiler ve veriler tez çalışmasına altlık oluşturarak ilgili bölümlerde kullanılmıştır.

Tezin uygulama kısmında, elde edilen bilgiler doğrultusunda ofis olarak kullanılan bir odanın; gölgeleme bileşeni olmadan ve yazar tarafından ortaya konulan UGGB tipleri kullanılarak oluşturulan senaryoları, parametrik tasarım araçlarından Rhinoceros ve eklentileri ile 21 Haziran günü için saatlik olarak iç ortam aydınlık düzeyleri, kamaşma değerleri ve enerji tüketimleri simüle edilip karşılaştırılmıştır.

1.4 Varsayım

İstanbul'da bulunan bir ofis binasının, hem güney hem de batı yönüne bakan ofis birimlerinin, tasarlanan UGGB tiplerinden herhangi birine sahip olması durumu, gölgeleme bileşeni bulunmayan durumuna göre daha iyi görsel performans sağlamakta ve soğutma yüklerini azaltıp enerji korunumuna katkıda bulunmaktadır.



2. UYUM GÖSTEREN BİNA KABUKLARI VE GÖLGELEME BİLEŞENLERİ

2.1 Uyum Gösteren Bina Kabukları

Bugün mimari tasarım, biyoloji ve yazılım dahil her türlü bilgi alanından bilgiler devşirip teknoloji transferi yapmakta ve onları kendi bünyesinde temsil etmektedir ve bu temsiller, mimarının geleceğine dair fikirler vermektedir. Bu kapsamda, Kas Oosterhuis'in (2003) spekülatif E-motivasyon Evi ve TransPORT projeleri ile gösterdiği e-motivasyon mimarisi, yerel ve uzak ortamlar ile bilgi alışverişinde bulunabilecek sensör-aktüatör donanımlı esnek yapılar olarak önermektedir. Oosterhuis'e göre e-motivasyon mimarisi, "biçimini ve içeriğini gerçek zamanlı olarak değiştiren programlanabilir bir yapı organı" olarak adlandırılan Hyperbody denilen tasarım ve üretim için bir araştırma programıdır. Bu vizyonda, binalar, gerçek zamanlı olarak bilgiyi besleyebilen, işleyebilen ve iletebilen girdi-çıkı programlanabilir cihazlar olarak kavramsallaştırılmıştır. Farklı kullanıcı girişi ve çevresel uyarılara ve ayrıca diğer bağlı binalara sürekli olarak davranıp tepki verebilirler. Fonksiyonel kapasitelerin yanı sıra, e-motivasyon mimarisi, deneyimleri ve duyguları güçlendirebilecek, kendi özerkliğini ve kullanıcılar ile iletişim kurma ve etkileşim kurma yeteneğini geliştirebilecektir.

E-motivasyon mimarisinin geçmişine dönüp bakıldığında, mimarlar ve bina bilimcilerinin yıllardır gelecekteki binaların değişen çevresel koşullara uyum gösterme kabiliyetine sahip kabukları ve mekanları araştırdığını ve üzerine düşündüklerini görebiliriz. 1969 tarihli makalesinde, "Bir Ev Bir Ev Değildir", Banham (1965), çevreye cevaben sınırlarını ve ısı özelliklerini dinamik olarak değiştirebilen bir binanın temsili olarak çadır ve kamp ateşi gibi minimal çevresel çözümler sunmuştur. 1976'da Negroponte, 'Soft Architecture Machines' adlı kitabında, makine zekası beklentileri bağlamında karmaşık veya basit hesaplamaların bir sonucu ve fonksiyonu olarak, aktif bir rol oynayabilecek 'duyarlı mimari' kavramını açıklamıştır. Ona göre iç hesaplamalarına göre karar verebilecek ve proaktif olarak işlevleri yürütebilecek akıllı ortamlar yaratmak mümkün olabilecekti

(Negroponte, 1976). 1981'de, Mike Davies “Çok değerlikli duvar” fikrini yani içinde birkaç fonksiyonun bir katmana entegre edildiği bir kabuk sistemini önermiştir (Davies, 1981). Hesaplamalı teknolojilerin gelişmesiyle birlikte 1990'larda bu söylemler gerçekleştirilmeye başlanmıştır.

Bilgisayar donanım ve yazılımındaki gelişmeler ile binalardaki mekanik ve elektrikli ekipmanı kontrol eden bina yönetim sistemleri (BYS) yaygınlaşmıştır. 1990'ların sonlarında, BYS kontrollü bir hava boşluğuna sahip çift cidarlı cepheler ve uyum gösteren entegre gölgeler veya panjurlar popüler hale gelmiştir. Elektronik olarak kontrol edilen, mekanik olarak çalıştırılan gölgeleme ve havalandırma sistemlerinin daha fazla dahil edilmesiyle kinetik veya dinamik cepheler, aktif ve yüksek performanslı bina zarfları ortaya çıkmıştır (Kolarevic & Parlac, 2015).

Bina kabuklarının, binaların enerji performansını etkileyen ana parametre olduğu göz önünde bulundurarak binaların enerji akışı ve ısı konfor açısından gerekli olan esnekliği sağlamak için bina bileşenlerinin tasarlanması gerekmektedir. Öngörülen verimlilik ve işlevsellik seviyelerine ulaşmak için kabuğun değişmesi veya adapte olması gerekir. Enerji etkinliğinin ön plana çıkması ve mimari üzerine kurgulanan yaratıcılık ile birlikte UGK'ların kullanımı artmıştır ve çeşitli UGK konseptleri (malzeme, bileşen ve sistem) mevcutta geliştirilmiştir ve yakın gelecekte ortaya çıkan yenilikçi çözümlerde artış beklenmektedir. Bu nedenle, UGK'nın benimsenmesi, binaların ısı ve görsel konforunu korurken, bina enerji kullanımı ve CO2 emisyonlarında önemli düşüşler için fırsatlar sunmaktadır (Romano ve diğ., 2018).

“Uyabilen” olarak adlandırılan kabuklar, yüksek verimli malzemeler, entegre teknik cihazlar ve akıllı otomasyon sistemleri aracılığıyla enerji akışını otonom olarak kontrol eden yüksek mühendislik çözümleridir.

Literatür taraması kapsamında karakterizasyon sorunları, tasarım parametreleri ve sınıflandırma ile ilgili çalışmalar olmasına rağmen, tutarlı bir kabuk uyum tanımı yoktur. Bina kabukları bağlamında 'uyabilen' kelimesi, literatürde genellikle benzer kelimeler ile ilişkilendirilmektedir.

Mimarlık alanındaki araştırmalara göre, bina cepheleri bağlamında 'uyabilen' terimi, literatürde genellikle benzer terimlerin uzun bir listesiyle ilişkilendirilir: aktif (Ochoa & Capeluto, 2007), uyarlanabilir (Werner, 2013), ayarlanabilir, gelişmiş (Aa,

Heiselberg, & Perino, 2011), kinetik (Fortmeyer & Linn, 2014), akıllı (Knaack & Klein, 2008), interaktif (Velikov & Thün, 2013), reaktif, yeniden yapılandırılabilir, dönüşlü, esnek, duyarlı (Velikov & Thün, 2013), seçici, hassas, hissedebilir, akıllı (Fox & Kemp, Interactive Architecture: Adaptive World, 2009). Hangi terim kullanılırsa kullanılsın, bu yeni sistemlerin arkasındaki ana fikir binaların sürekli değişen çevresel koşullara dinamik bir şekilde yanıt vermesi ve bunu enerji verimli yollarla yapması gerektiğidir (Kolarevic & Parlac, 2015).

2.1.1 İşlevi ve amacı

Yapı endüstrisi yeni malzemeler ve teknolojiler geliştirmektedir ve bu ürünlerin birçoğu ilk bina kabuklarında uygulama bulmaktadır. Bundan dolayı giydirme cephe, gölgeleme sistemleri, çift cidarlı cepheler gibi uygulamalar cephe mühendisliğinde hiç bitmeyen tektonik bir evrime yol açmıştır. UGK'ın tasarlanmasındaki ana odak noktası, hem dış ortamdan binalara, hem de binanın iç alanlarından dışarıya doğru enerji hatlarının daha iyi yönetilmesidir; genel hedefler binanın performansının ve iç mekandaki kullanıcı konforunun iyileştirilmesidir (Kolarevic & Parlac, 2015).

Pasif tasarımın tamamlayıcı yönlerini aktif teknolojiyle birleştirmenin paradoksunu benimseyen UGK, enerji talebini azaltmak için yüksek bir potansiyel sunmaktadır. Aynı zamanda, iç mekan hava kalitesine, termal ve görsel konfor seviyelerine olumlu katkılar sunması beklenebilir (Loonen, Trčka, Cóstola, & Hensen, 2013).

Uyum gösteren kabuklar, malzemeler, bileşenler ve sistemler aracılığıyla iç mekân ve dış ortam parametrelerine göre gerçek zamanlı olarak davranışlarını değiştirebilme yetenekleriyle binanın enerji verimliliğini ve ekonomisini geliştirebilir.

2.1.2 Uyum gösterme özellikleri

UGK oldukça karmaşık teknolojilere sahiptir. Daha iyi anlayabilmek ve analiz edebilmek için sınıflandırma yapmak şarttır. 11 alt başlık olarak uyum gösterme özellikleri sıralanmıştır.

Etki

Etki değişiminin gerçekleşmesi için tetikleyicidir. Cepheler, bir tetikleyiciye verecek şekilde tasarlanmıştır. Böylelikle uyum gösteren kabuklar kullanıcılara, çevreye ve

nesnelere tepki verir (Schnadelbach, 2010). Bu alımda dış ortam ve iç ortam faktörleri olarak kabuğu etkileyen iki kola ayrılmıştır.

Tepki

Uyum gösteren kabuklar, etkiye statik veya dinamik bir şekilde cevap verebilir. Bir cephe fiziksel özelliklerini değiştirebilir ve statik yanıt olarak adlandırılan malzeme ve akıllı malzemelerin potansiyelini gerçekleştirerek i ve dış koşullara önceden karar verebilir. Uyarılama ajanına dinamik bir şekilde cevap veren uyarılmalı cepheler hareketli parçalara sahip olanlardır (Ogwezi ve diğ., 2011). Ek B’de tepki biçimleri belirtilmiştir.

Ölçek

Bina, sistem, bileşen ve malzeme olarak ölçek dörde ayrılabilir. En küçük ölçekte, değişiklik yapı malzemesinin moleküler yapısına göre gerçekleşir ve bu da optik veya termofiziksel özelliklerin değişmesine neden olur. Bina ölçeğinde durum incelendiğinde yapı bileşenlerinin hareketi bütünsel olarak binayı etkiler, tüm görünümleri etkilenir.

Kontrol tipi

Kontrol yöntemi veya tipi literatürde çeşitlilik göstermektedir. Bu alışma kapsamında dışsal ve içsel olarak ikiye ayrılmaktadır. Dışsal kontrol üç temel unsurdan oluşur: sensörler, işlemciler ve aktüatörler. İçsel kontrol ise alt sistemlerin doğal bir özelliği olması ile karakterize edilir. Bu tip, kendiliğinden ayarlanmaktadır çünkü uyum gösterme davranışı, sıcaklık, bağıl nem, yağış, rüzgar hızı ve yönü, güneş radyasyonu, bulut örtüsü veya CO2 seviyesi gibi çevresel uyarılar tarafından otomatik olarak tetiklenir. Bu tip özerk kontrol bazen “doğrudan kontrol” olarak da adlandırılır, çünkü çevresel etkiler dış karar verme bileşenini olmadan doğrudan eylemlere dönüştürülür. İçsel kontrolün dışsal kontrole kıyasla bir avantajı, bu tür sistemlerin durum geçişini kolaylaştırmak için herhangi bir yakıt veya elektrik harcamasına gerek kalmadan konfigürasyonlarını hemen değiştirebilmesidir (Loonen ve diğ., 2013).

Sistem Konfigürasyonu

Sistem konfigürasyonu yapı kabuğunda bulunma şekli veya nasıl yer aldığıdır. Bu çalışmada gömülü, entegre ve eklenmiş olmak üzere 3 kola ayrılmıştır.

Zaman

Uyum gösteren kabuğun verdiği tepkinin etkin bir şekilde gerçekleştiği zamansal ölçeği ifade eder. Farklı zaman dilimlerinde bu tepki gözlemlenebilir.

Saniye: Bu kısa vadeli dalgalanmalar tipik olarak doğada olasılıksaldır. Zaman diliminde saniye olarak cevap veren UGK, rüzgâr hızı veya basıncı ile hareket eder (Eldin Imbabi, 2006). Elde edilen kinetik hareket cephelerde estetik görünüm için de kullanılmaktadır. Livingston Observatory Science Education Center (LIGO) da güneye bakan ön cepheye yerleştirilmiş 122 alüminyum tüpten oluşan eleman, rüzgâr cepheye doğru geldiğinde, her bir tüp binanın yüzeyinde hareket eder (Url-2).



Şekil 2.1 : Livingston Observatory Science Education Center'in cephesi (Url-26).

Dakika: Mevsime ve konuma bağlı olarak dakikaya göre bulutluluk düzeyi ve yararlı günışığı miktarı değişim gösterir. Gün ışığı kullanımını ve güneş kırılmasını optimize etmeyi amaçlayan tüm uyum gösteren kabukların görsel konforu sağlamak ve enerji talebini azaltmak için, şeffaflık derecelerini dakika bazında bir değişim oranında değiştirmeyi amaçlamalarının nedeni budur. UGK tasarımlarının büyük bir kısmı güneş ışınımının mevcudiyetine cevap verecek şekilde tasarlandığından, bu kategoriye girerler. (Loonen, Trčka, Cóstola, & Hensen, 2013)

Saat: Güneşin gökyüzünde açısal hareketi sürekli bir süreçtir. Güneşin yolunu izleyen UGK tipik olarak saatlere göre ayarlanır. Hem iç hem de dış hava sıcaklığındaki dalgalanmalar saatlik veriler olarak ayrıştırılabilir. Sıcaklık uyarıcılarına cevap olarak doğrudan adapte olan UGK da bu kategoride sınıflandırılır. (Loonen, Trčka, Cóstola, & Hensen, 2013)

Günlük: Binalarda günlük programlar kullanıcı ile ilişkilidir. Ek olarak, bu gündüz-gece döngüleri, ortam hava sıcaklığı ve güneş ışınımının mevcudiyeti gibi meteorolojik sınır koşulları da günlük zaman diliminde belirgindir. Bazı UGK, bu sabit 24 saatlik düzenden yararlanmak için özel olarak tasarlanmıştır. (Loonen, Trčka, Cóstola, & Hensen, 2013)

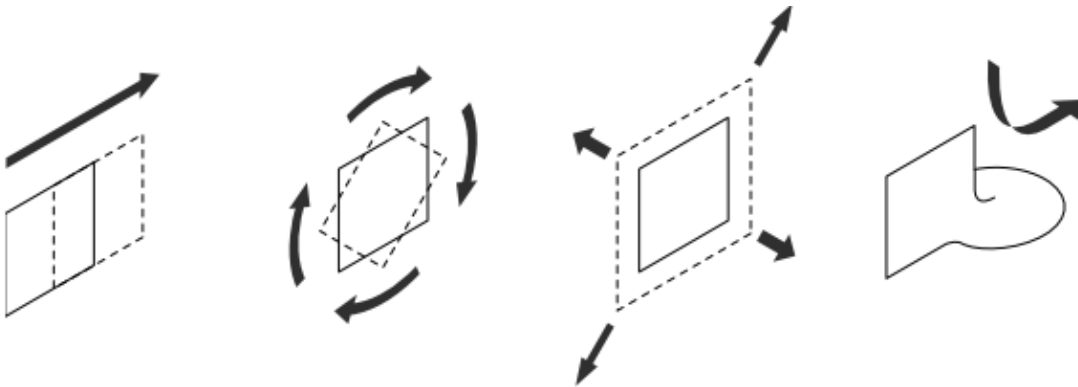
Mevsimler: Mevsimlerdeki koşul değişkenliklerine adapte olma, tartışmasız UGK en zorlu uygulama alanıdır. Özellikle orta ve yüksek enlemlerde, farklı sınır koşulları vardır ve bu değişikliklere uyum sağlayabilen binaların, önemli performans avantajları sağlaması beklenmektedir (Loonen, Trčka, Cóstola, & Hensen, 2013).

Uyum Yapısı

UGK'ı farklı kılan şey, neyin harekete geçirildiği değil, bu hareketin nasıl üretildiğidir (Kolarevic & Parlac, 2015). Bu çalışma kapsamında mekanik, kimyasal, pnömatik, malzeme bazlı, manyetik ve hidrolik olmak üzere altı farklı uyum yapısı incelenmiştir.

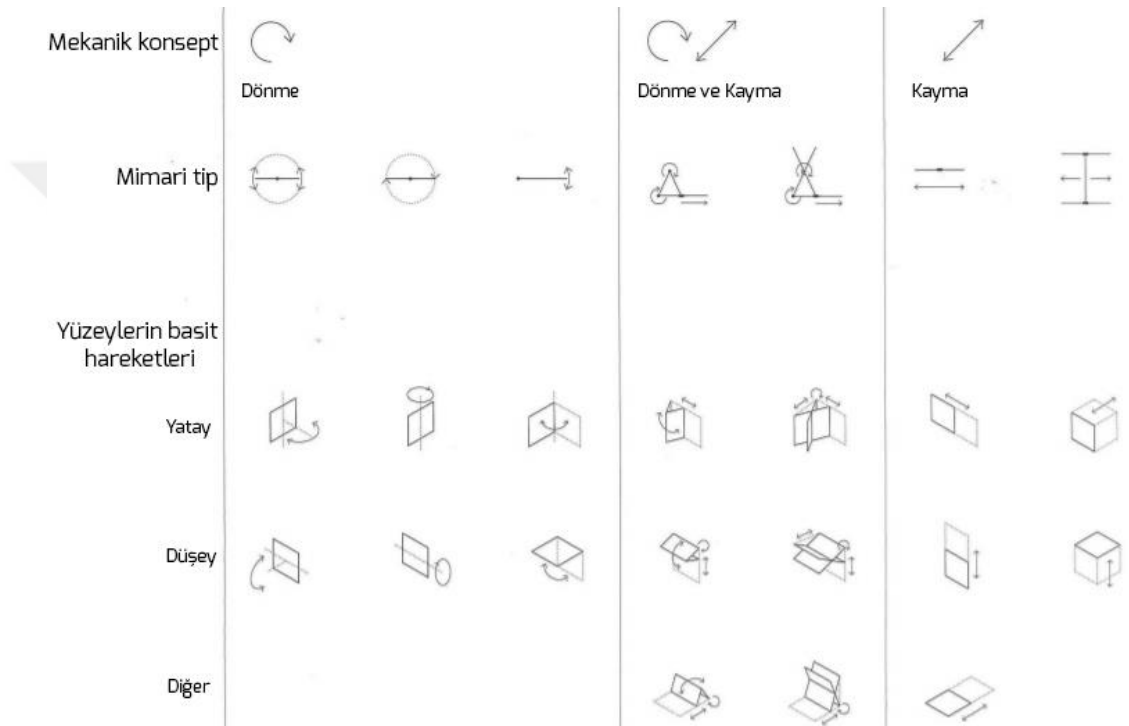
Hareket Türü

Bina kabuğunun dinamik olması için, yapı elemanının harekete geçirilmesi, yani hareket ettirilmesi, döndürülmesi, genişletilmesi, küçültülmesi, bükülmesi beklenir ve böylece istenen performans hedeflerinin sağlanması amaçlanır. Moloney (2011), uzaydaki herhangi bir hareket için oluşturulan malzeme deformasyonu ve üç ana hareket şekli tanımlamıştır: koordinat eksenlerine paralel doğrusal kayma, nesnenin uzayda yöneliminin, koordinat eksenlerinin etrafında döndürülerek değiştirildiği, dönme; ve birim büyüklüğünün artması veya azalması olan ölçeklendirme (Şekil 2.1).



Şekil 2.2 : Ana hareket tipleri ve malzeme deformasyonu (Moloney, 2011).

Bununla birlikte, şekil 2.2'de gösterildiği gibi, koordinat eksen sayısı gibi geometrik kısıtlamalarla ilgili serbestlik derecesine bağlı olarak her tür hareketten farklı tipolojiler üretilebilir. Bir, iki veya üç eksene göre pozisyon veya oryantasyondaki değişim formuna bağlı olarak bu hareketlerin her bir türü için üç serbestlik derecesi tanımlanabilir. Örneğin, dönme için üç farklı tipoloji üretilebilir: dönme (sınırlı rotasyon), dönme (serbest rotasyon) ve salıncak. Ayrıca, kayma ve dönme gibi iki temel hareketin bir kombinasyonları, Şekil 2.2 'de gösterildiği gibi genişletme, büzme, katlama, bükme veya yuvarlama gibi olabilir (Schumacher ve diğ., 2010).



Şekil 2.3 : Türetilen hareket tipolojileri (Schumacher ve diğ., 2010).

Görünebilirlik

Uyum gösterme sırasında kabuğun verdiği tepki ile birlikte mimari görünüş etkilenir. Bundan dolayı binanın hem kendi dış görünüşü hem de içerideki kullanıcılar tarafından algılanan iç görünüş değişime uğrar. Görünebilirlik yok, düşük ve yüksek olmak üzere 3 duruma ayrılabilir. Bazı durumlarda estetik kaygı edinilmez ve kullanılan malzemeler görünümünde herhangi bir değişiklik yapmadan özelliklerini değiştirebilir veya bazı bileşenler sadece gizlenir. Genellikle görünebilirlik, mimari projelerin önemli bir özelliği haline gelir, prestij olarak görülür ve bu özellik vurgulanır.

Görünen uyarlanabilir davranış, binanın ölçeğinin ötesine geçen projeye performans boyutları katabilen kentsel bir gösteriye yol açabilir. Bileşenlerin değişmez hareketi, çevreye duyarlılığı içeren birçok mimari projede kendi başına bir amaç olmasa da, binaların “canlı” görünmesi için sıklıkla yararlanır (Kolarevic & Parlac, 2015).

Uyum Ölçeği

Makro ölçekte uyum gösterme, hareket eden parçalar aracılığıyla genellikle yapı kabuğunun konfigürasyonunda değişikliklerle sonuçlanır. Yapının farklı ölçeklerinde makro uyum ölçeği gözlemlenebilir. Gözlenebilen hareket tipleri çeşitlilik gösterir. Mikro uyum ölçeği ile karşılaştırıldığında daha fazla mekanik olma eğilimindedir. Dinamik mekanik özelliklere sahip UGK bileşenleri dışında, akışkanların taşınmasıyla hareketin sağlandığı cephe sistemleri de makro uyum ölçeğinde davranabilir. Örnek olarak hava akışı, köpük kabarcıkları, polistren boncuklar, faz değişim malzemeleri verilebilir (Loonen, Trčka, Cóstola, & Hensen, 2013). Kısaca gözlemlenebilir hareketin var olduğu durumlar için makro ölçekte uyum gösterme terimi kullanılabilir.

Mikro ölçekte uyum gösterebilirlik, termofiziksel değişiklikler veya opak optik özellikler veya bir formdan diğerine enerji alışverişi yoluyla ortaya çıkar. Kısaca doğrudan bir malzemenin içyapısını etkiler denebilir. Bununla birlikte, mikro ölçekli UGK’ın çoğunluğu, malzemelerin ışık geçirgenlik özellikleriyle ilgilidir. Bu akıllı pencereler, optik özelliklerini ayarlayarak gelen gün ışığı ve güneş enerjisi seviyelerini değiştirme yeteneğine sahiptir. Uyum gösteren pencereler geleneksel olarak aktivasyon mekanizmasının tipine göre üç gruba ayrılır, yani yüzey sıcaklığına, olay radyasyonuna veya harici kontrol sinyallerine yanıt verir. Teknolojik gelişmelerle birlikte, ışık yönlendirme özellikleri, gelişmiş spektral seçicilik veya kendi operasyonu için elektrik üretme yeteneği vb. özelliklerle yeni nesil uyum gösteren pencereler artık alana girmek üzeredir (Loonen, Trčka, Cóstola, & Hensen, 2013).

Hareket Kabiliyeti

Uyum gösteren kabuk tarafından sağlanan hareketin maksimum boyutunu tanımlar. Bu çalışmada açık-kapalı, kademeli ve hibrid olmak üzere üç kola ayrılmaktadır.

2.1.3 Uyum gösteren bina kabuk örnekleri

Son teknolojilerle birlikte uyum gösterme özelliğine sahip mimari, çeşitlilik göstermeye başlamıştır. COST TU1403 AB projesi uyum gösteren kabuklardaki teknolojik bilgileri Avrupa düzeyinde uyumlaştırmak, paylaşmak ve yaymayı hedeflemektedir. Konunun karmaşıklığı ve bu sistemlerin performansını etkileyen çoklu değişkenler göz önüne alındığında, COST Eylem TU1403 dört çalışma grubu (ÇG) düzenlenmiştir:












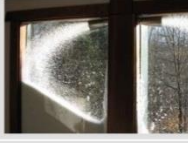
















- ÇG1: Uyarlanabilir teknolojiler ve ürünler,
- ÇG2: Bileşen performans ve karakterizasyon yöntemleri,
- ÇG3: Uyarlanabilir cephelerin tüm bina entegrasyonu ve tüm yaşam değerlendirme yöntemleri,
- ÇG4: Yaygınlaştırma ve gelecekteki araştırmalar (Aelenei ve diğ., 2015).

Bu çalışma gruplarına ait çalışmalar incelenmiştir ancak çalışmalar genelde prototip ve mock-up ölçeğinde olduğundan örneklere bu çalışmada yer verilmemiştir. Çalışma kapsamına alınan örnekler kullanımda ve yapım aşamasında olanlar ile alt sistemler ve bileşenlerdir.



















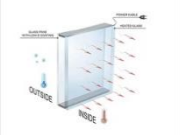

Malzeme bilimlerindeki hızlı gelişmelerden yararlanarak, günümüz profesyonelleri artık cepheleri dinamik hale getirmek için birçok seçeneğe sahipler (Schumacher, Schaeffer, & Vogt, Move: Architecture in Motion - Dynamic Components and Elements, 2010). Donanım, sistemler, sensörler ve aktüatör fiyatlarının düşme eğilimi, UGK'larının artık ekonomik açıdan daha cazip hale gelmesine zemin hazırlamaktadır (Fox, Interactive Architecture: Adaptive World, 2009).

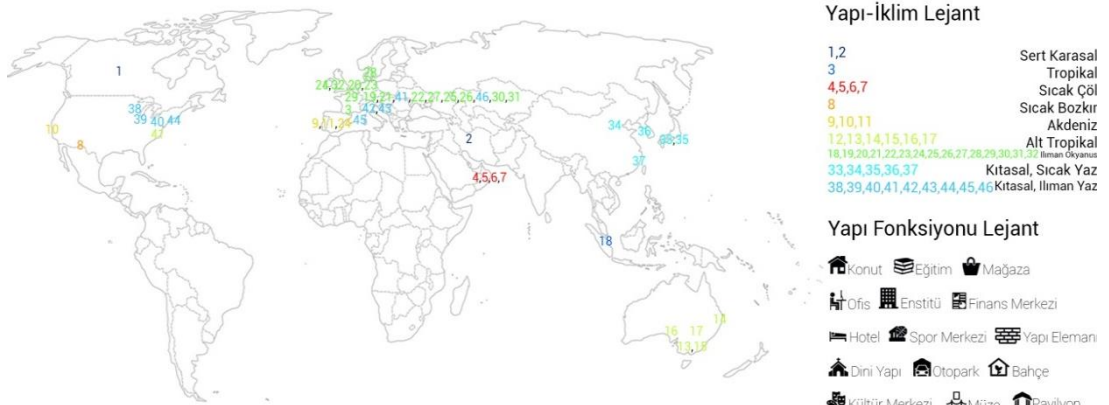
Güneş radyasyonu, dış ortam sıcaklığı, nem, rüzgar, yağış ve gürültü gibi dış ortam faktörleri enlem ve boylama göre farklılık gösterirken bina fonksiyonuna göre de kullanıcı ihtiyaçları değişmektedir.

Şekil 2.3 ve 2.4'de gösterildiği gibi 48 örneğin iklim haritalarındaki yerleri belirlenmiş ve gruplanmıştır. Çalışma kapsamında incelenen örneklerin fonksiyonları incelendiğinde çeşitlilik göstermektedir. Bu durum kullanıcı tipi değişiklik gösterse bile değişen ve dinamik olan bina kabuklarının çeşitli ihtiyaçlara farklı yollarla cevap verdiğini göstermektedir.

<p>Manitoba Hydro Kanada, 2009</p> <p>1</p>  <p>Icon: Person at desk</p>	<p>Sharifi-ha House İran, 2014</p> <p>2</p>  <p>Icon: House</p>	<p>Gardens by the Bay Singapur, 2012</p> <p>3</p>  <p>Icon: House</p>	<p>Al Bahr Towers Birleşik Arap Emirlikleri, 2012</p> <p>4</p>  <p>Icon: Person at desk</p>
<p>Apple Dubai Mall Birleşik Arpa Emirlikleri, 2017</p> <p>5</p>  <p>Icon: Shopping bag</p>	<p>Dubai Rotating Tower Birleşik Arap Emirlikleri</p> <p>6</p>  <p>Icon: Bed</p>	<p>Swiss International Scientific School Birleşik Arap Emirlikleri, 2017</p> <p>7</p>  <p>Icon: Book</p>	<p>Solar Barrel Wall ABD, 1971</p> <p>8</p>  <p>Icon: House</p>
<p>L'Hemisferic İspanya, 1998</p> <p>9</p>  <p>Icon: Person at desk</p>	<p>Wind Shaped Kinetic Pavilion ABD, 2007</p> <p>10</p>  <p>Icon: House</p>	<p>Media-TIC Office Building İspanya, 2010</p> <p>11</p>  <p>Icon: Person at desk</p>	<p>Beadwall ABD, 1983</p> <p>12</p>  <p>Icon: Brick wall</p>
<p>CH2 Melbourne City Council House 2 Avustralya, 2006</p> <p>13</p>  <p>Icon: House</p>	<p>Brisbane Domestic Terminal Car Park Avustralya, 2011</p> <p>14</p>  <p>Icon: House</p>	<p>RMIT Design Hub Avustralya, 2012</p> <p>15</p>  <p>Icon: Book</p>	<p>SAHMRI Avustralya, 2014</p> <p>16</p>  <p>Icon: Building</p>
<p>Thermochromic Glazing Avustralya</p> <p>17</p>  <p>Icon: Brick wall</p>	<p>Institute du Monde Arabe Fransa, 1987</p> <p>18</p>  <p>Icon: Building</p>	<p>Heliotrope Almanya, 1993</p> <p>19</p>  <p>Icon: House</p>	<p>Bremtex Hollanda, 1996</p> <p>20</p>  <p>Icon: Person at desk</p>
<p>Post Tower Bonn Almanya, 2003</p> <p>21</p>  <p>Icon: Person at desk</p>	<p>Zollverein School Almanya, 2007</p> <p>22</p>  <p>Icon: Book</p>	<p>Bloomframe Balcony Hollanda, 2007-2010</p> <p>23</p>  <p>Icon: Brick wall</p>	<p>Sliding House İngiltere, 2008</p> <p>24</p>  <p>Icon: House</p>
<p>Q1 - ThyssenKrupp Quarter Essen Almanya, 2010</p> <p>25</p>  <p>Icon: Building</p>	<p>Church of the Sacred Heart Almanya, 2000</p> <p>26</p>  <p>Icon: Church</p>	<p>St. Ingbert Town Hall Almanya, 2009</p> <p>27</p>  <p>Icon: Person at desk</p>	<p>SDU Campus Kolding Danimarka, 2014</p> <p>28</p>  <p>Icon: Book</p>

Şekil 2.4 : Uyum Gösteren Kabukların iklim haritasındaki yerleri, yapım yılları ve fonksiyonları.

<p>AGC Glass Europe Belçika, 2014</p> <p>29</p> 	<p>The Kfw Westarkade Almanya, 2010</p> <p>30</p> 	<p>Allwetterdach (Fledmex) Almanya</p> <p>31</p> 	<p>Black Box Apartment İngiltere</p> <p>32</p> 
<p>Museum of Paper Art Japonya, 2002</p> <p>33</p> 	<p>GreenPIX Çin, 2008</p> <p>34</p> 	<p>POLA Ginza Building Facade Japonya, 2009</p> <p>35</p> 	<p>One Ocean Güney Kore, 2012</p> <p>36</p> 
<p>Bund Finance Center Çin, 2017</p> <p>37</p> 	<p>Burke brise Soleil ABD, 2001</p> <p>38</p> 	<p>Bengt Sjostrom Starlight Theatre ABD, 2003</p> <p>39</p> 	<p>Articulated Cloud ABD, 2004</p> <p>40</p> 
<p>Ewe Arena Almanya, 2005</p> <p>41</p> 	<p>Kiefer Technic Showroom Avusturya, 2007</p> <p>42</p> 	<p>House at the Milsertor Avusturya, 2008</p> <p>43</p> 	<p>Metal Shutter Houses ABD, 2007-2010</p> <p>44</p> 
<p>GLASSX İsviçre</p> <p>45</p> 	<p>BIQ House Almanya, 2013</p> <p>46</p> 	<p>Electrically Heated Glass</p> <p>47</p> 	<p>Photochromic Glazing</p> <p>48</p> 



Şekil 2.5 : Uyum Gösteren Kabukların iklim haritasındaki yerleri, yapıyı yılları ve fonksiyonları.

2.2 Uyum Gösterme Özelliklerine Göre Sınıflandırma

Kapsamı geniş alanlarda, farklı kavramlar arasındaki ilişkileri daha iyi anlatmak ve tanımlamak için sınıflandırma şeması veya yaklaşımı hazırlamak önemlidir. Günden güne akıllı malzeme ve dinamik kabuk sistemlerin tasarımına ve geliştirilmesine artan eğilim nedeniyle farklı kavramları ortak özelliklerine göre alt gruplara ayırarak Loonen ve diğ (2013), Megahed (2017), Ramzya ve Fayed (2011) sınıflandırma üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar incelenerek, bölüm 2.1.2’de anlatılan uyum gösterme özellikleri kapsamında bir sınıflandırma tablosu hazırlanmış ve bölüm 2.1.3’te derlenen UGK ile bu tablo ilişkilendirilmiştir.

Etki, tepki, ölçek, kontrol tipi, sistem konfigürasyonu, zaman, uyum yapısı, hareket türü, görünebilirlik, uyum ölçeği ve uyum gösterme derecesi sınıflandırma sistematigi içerisine dahil edilmiştir.

Sınıflandırma kapsamında uyum yapısı en çok mekanik örneklere rastlanmıştır. Bundan dolayı Çizelge 4.1, 4.2, ve 4.3’te uyum yapısı mekanik olan örneklerin bir kısmı verilmiştir ve sınıflandırma tablosunun devamı Ek-A’da bulunabilir.

Çizelge 4.1, 4.2, ve 4.3 ve Ek-A göstermiştir ki UGK’ya en çok etki eden faktör güneş ışınımı ve sıcaklıktır. Buna bağlı olarak tepki mekanizmasında güneş ışığının ve ısı kazanımının içerideki etkisini ayarlama refleksi daha çok kullanılmaktadır. En çok rastlanan uyum yapısı mekanik olmakla birlikte, makro uyum ölçeği, görünürlüğün yüksek olması ve dışsal kontrol tipi arasında bağ olduğu gözlemlenmiştir. Ölçek olarak daha çok malzeme ve bileşen ölçekleri ön plana çıkmakla birlikte, malzeme ölçeği sistem konfigürasyonunda daha çok gömülü özelliği taşıırken, bileşen ölçeği eklenmiş özelliği taşımaktadır.

2.3 Bölüm Sonucu

Literatür araştırması sonucu elde edilen bulgular, uyum gösteren bina kabuğu teknolojisinin gerçekten de büyüdüğünü göstermektedir. Bununla birlikte, uyum gösteren bina kabuklarına sahip yapıların çoğu, bireysel projeler için özel çözümler olarak geliştirilmiştir. Tez kapsamında gözden geçirilen projeler, UGK’ın yaygın bir şekilde uygulanmasının, konfor açısından kullanıcı gereksinimleri kısıtlanmaksızın,

Çizelge 2.1 : Uyum gösterme özelliklerine ait sınıflandırma tablosu.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		Institute du Monde Arabe	Museum of Paper Art	Bengt Sjoström Theatre
Etki	Güneş Işınımı	X	X	X
	Sıcaklık		X	X
	Nem			X
	Rüzgar			X
	Yağış			X
Tepki	Gürültü			
	Hava değişimi		X	
	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X	X
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak		X	X
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik		X	
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek			
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek			
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek			
	Renk Değiştirme			
	Doku Değiştirme			
Ölçek	Şekil Değiştirme			
	Bina Sistem	X	X	X
Kontrol Tipi	Bileşen			
	Malzeme			
Sistem Konfigürasyonu	İç Kontrol			
	Dış kontrol	X	X	X
Zaman	Gömülü			
	Entegre	X	X	
	Eklenmiş			X
	Saniye			
	Dakika	X	X	
Uyum Yapısı	Saat			X
	Gün			
	Mevsim			
	Yıllar			
	Mekanik	X	X	X
Hareket Türü	Kimyasal			
	Manyetik			
	Pnömatik			
	Malzeme Esaslı			
Görünebilirlik	Hidrolik			
	Kayarak	X		
	Katlanarak			
Uyum Ölçeği	Dönerek	X	X	X
	Genişleyerek			
	Yok			
Uyum Gösterme Derecesi	Düşük			
	Yüksek	X	X	X
	Makro	X	X	X
Referanslar	Mikro			
	Açık -Kapalı		X	X
	Kademeli	X		
	Hibrit			
		Url-3	Url-4	Url-5, (Fox & Kemp, Interactive Architecture: Adaptive World, 2009)

Çizelge 2.2 : Uyum gösterme özelliklerine ait sınıflandırma tablosu.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		Kiefer Technic Showroom	Sliding House	House at the Milsertor	
Etki	Güneş Işınımı	X	X	X	
	Sıcaklık	X	X	X	
	Nem				
	Rüzgar				
	Yağış				
Tepki	Gürültü				
	Hava değişimi				
	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X	X	
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X	X	
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik				
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek				
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek				
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek				
	Renk Değiştirme				
	Doku Değiştirme				
	Şekil Değiştirme				
	Ölçek	Bina		X	
		Sistem			
		Bileşen	X		X
Kontrol Tipi	Malzeme				
	İç Kontrol				
Sistem Konfigürasyonu	Dış kontrol	X	X	X	
	Gömülü				
	Entegre		X		
	Eklenmiş	X		X	
	Saniye				
Zaman	Dakika	X		X	
	Saat				
	Gün		X		
	Mevsim				
Uyum Yapısı	Yıllar				
	Mekanik	X	X	X	
	Kimyasal				
	Manyetik				
	Pnömatik				
Hareket Türü	Malzeme Esaslı				
	Hidrolik				
	Kayarak		X	X	
	Katlanarak	X		X	
Görünebilirlik	Dönerek				
	Genişleyerek				
	Yok				
Uyum Ölçeği	Düşük				
	Yüksek	X	X	X	
	Makro	X	X	X	
Uyum Gösterme Derecesi	Mikro				
	Açık -Kapalı				
	Kademeli	X	X	X	
	Hibrit				

Referanslar

Url-6

Url-7,
Url-8

(Schumacher,
, Schaeffer,
& Vogt,
2010)

Çizelge 2.3 : Uyum gösterme özelliklerine ait sınıflandırma tablosu.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		Q1	Sharifi -ha House	Bund Finance Center	Black Box Apartm ent
Etki	Güneş Işınımı	X	X	X	X
	Sıcaklık		X		X
	Nem				
	Rüzgar				
	Yağış				
Tepki	Gürültü				
	Hava değişimi				
	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X	X	X
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak		X		X
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik				
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek		X		X
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek				
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek				
	Renk Değiştirme				
	Doku Değiştirme				
Ölçek	Şekil Değiştirme				
	Bina				
	Sistem		X		
Kontrol Tipi	Bileşen	X		X	X
	Malzeme				
Sistem Konfigürasyonu	İç Kontrol				
	Dış kontrol				
Zaman	Gömülü		X		
	Entegre	X		X	X
	Eklenmiş				
Uyum Yapısı	Saniye				
	Dakika	X	X	X	X
	Saat				
	Gün				
	Mevsim				
	Yıllar				
	Mekanik	X	X	X	X
	Kimyasal				
	Manyetik				
	Pnömatik				
Hareket Türü	Malzeme Esaslı				
	Hidrolik				
	Kayarak		X	X	
Görünebilirlik	Katlanarak				X
	Dönerek	X	X		
Uyum Ölçeği	Genişleyerek				
	Yüksek	X	X	X	X
	Makro	X	X	X	X
Uyum Gösterme Derecesi	Mikro				
	Açık -Kapalı		X		
	Kademeli	X		X	X
	Hibrit				
	Referanslar	Url-9	Url-10	Url-11	Url-12

enerji performansı hedeflerimizi yerine getirmek için katkı sağlayabileceğini ve kendi içinde daha özel projeler üretilebileceğini göstermektedir.

UGK'nın kullanım sonrası değerlendirmeleri hakkında bilgiler literatürde eksiktir. Ancak incelenen bazı çalışmalarda kullanıcı değerlendirmelerine rastlanmıştır. Bakker ve diğ. (2014), otomatik cephe ile rahatsızlık ve konforsuzluk arasında net bir bağlantı bulamamıştır. Ortalama olarak, çoğu kullanıcı otomatik dinamik cephe ile ilgili olarak oldukça olumlu bir deneyime sahip olduğunu bildirmiştir. Ancak otomatik dış cepheyi manuel olarak geçersiz kılma fırsatına sahip olmak, çalışma düzlemindeki ve genel olarak odadaki ışık seviyelerinde önemli ölçüde daha yüksek memnuniyet sağlamıştır. Bu nedenle, bu çalışma, manuel kontrolün, UGK'nın başarılı bir şekilde çalışmasını sağlamak için temel bir gereklilik olduğuna dair kanıt sunmaktadır. UGK'nın kontrolünde kullanıcı konforunu artırmak için, kullanıcılara ayarlama ya da elle geçersiz kılma için bir fırsat verilmelidir (Lee, Claybaugh, & LaFrance, 2012). Sistemin kararlarını geçersiz kılamamak, akıllı cephelerde en sık karşılaşılan şikayettir. Bu bağlamda dışsal kontrolü olan UGK, kişisel kontrol sağlamada daha kullanışlıdır.

Yatırımcılar, UGK'nın yenilikçi teknolojiler içermesi nedeniyle riskli olduğunu düşünmektedir. Proje geliştiricileri, bu tür yeni teknolojiyi benimsemek için katı bir tavır alma eğilimindedir; çünkü riskler, yüksek yatırım, bakım ve / veya başarısızlık maliyetleri nedeniyle orantısız geri ödeme süreleri için risklerle ilişkilidir. Bu kadar yüksek risk seviyelerinin iyi yönetilmiş tasarım kararları ile desteklenmesi gerekir. UGK'nın performansı özel bir durum olduğundan, onu evrensel kurallar veya derecelendirme şemalarında yakalamak pek mümkün değildir. Buna karşılık, bina performans simülasyonları ümit verici araçlar olarak kabul edilir, ancak iyi tasarım kararları alabilmek için daha fazlasına ihtiyaç vardır. UGK'nın etkilerini büyük ölçekte görebilmek için yakın gelecekte büyük ölçekli uyum gösteren malzeme ve bileşen üretimi gerekecektir. Bu durum, piyasaya daha fazla disiplinler arası ürün geliştirme çabalarının artmasına neden olacaktır (Loonen ve diğ., 2013).

Sınıflandırma sistematığına dahil edilen kırk sekiz örnek için genel bir değerlendirme yapıldığında, sistem konfigürasyonu, eklenmiş seçeneğini ön plana çıkarmaktadır ve bu durum ölçek ile eşleştirildiğinde UGK'nın daha çok gölgeleme bileşeni olarak çalıştığı söylenebilir.

Genel anlamda gölgeleme bileşenleri değerlendirilecek olursa; gölgeleme bileşenleri güneş radyasyonundan korumak ve bina içerisinde istenmeyen ısı birikimini engellemek başta olmak üzere bir dizi rol oynar. Bu koruma en iyi, binanın pencerelerini ve diğer açıklıkları gölgeleyerek elde edilir. Bina zarfının ve açıklıklarının gölgelenmesi doğrudan soğutma ihtiyacını azaltmaktadır. Soğutma yükü gölgeleme ile azaltılabilirken, alandaki gün ışığı seviyelerinde ilişkili herhangi bir azalma, daha yüksek bir yapay aydınlatma yüküne yol açabilir. Bu, azaltılmış soğutma yükünden elde edilen faydaların kısmen azalmasına yol açabilir (Stack, Goulding, & Lewis, 2000).

Ancak uyum gösteren gölgeleme bileşenleri (UGGB) ile hem görsel konforun sağlandığı hem de soğutma yüklerinin azaltıldığı tasarımlar yapmak mümkündür. UGGB'nin performansının değerlendirilmesi için özel bir benzetim aracı bulunmamakla beraber hangi parametrik tasarım araçları ile değerlendirildiği bölüm 3.3'te anlatılmaktadır.



3. PARAMETRİK TASARIM ARAÇLARININ (PTA) OLANAKLARI VE KULLANIMI

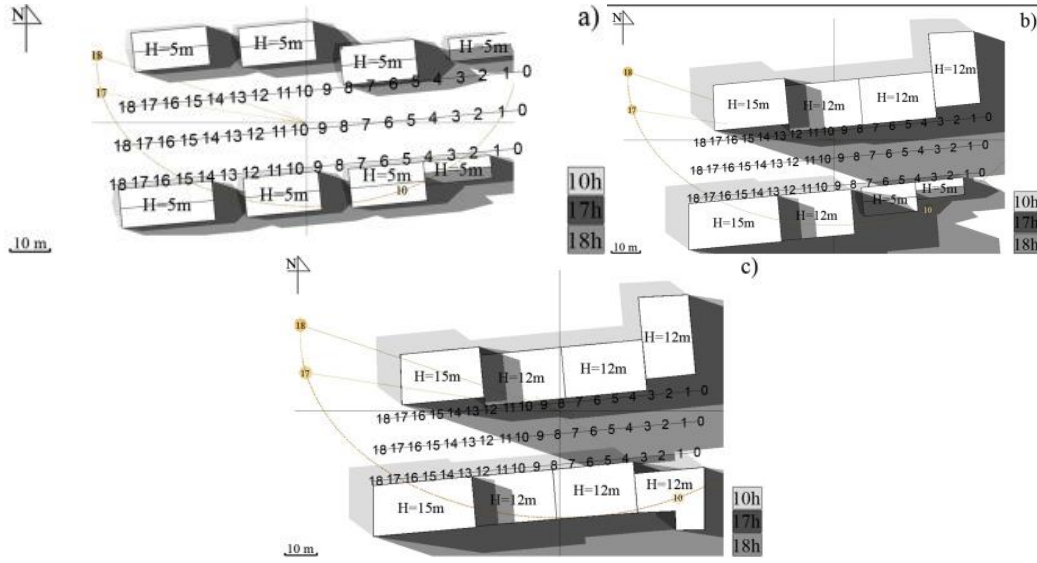
Günümüzde mimarlık farklı işlevleri yerine getirmek zorunda olan, içinde pek çok alt birimi olan bir alandır ve gittikçe kompleks hale gelmektedir. Mimarlığın birçok disiplinle birlikteliği, beraberinde tasarımı etkileyen problemleri doğurmaktadır. Bu durumu gidermek ve iş akışını hızlandırmak için, tasarımı etkileyen problemleri göz önünde bulundurarak yeni hesaplama yöntemleri ve tasarım teknikleri geliştirilmektedir. Son zamanlarda ön plana çıkan PTA bu yöntemlerden biridir ve Oxman (2017) parametrik tasarımı karmaşık formları modellemek için bir araç olmasının ötesinde farklı bir yaratıcılık ve yenilik modeli olarak sunmuştur.

Bölüm 2.3'de uyum gösteren kabukların kullanımıyla daha çok ısı ve görsel konforun sağlanmasının amaçlandığından bahsedilmiş ve bu kabukların daha çok bir gölgeleme bileşeni olarak kullanıldığına dair çıkarımda bulunulmuştur. Bu kapsamda uyum gösteren gölgeleme bileşenlerinin (UGGB) görsel ve enerji performansının nasıl ölçüldüğü ve değerlendirildiği literatürde araştırılmıştır.

3.1 Parametrik Tasarım Alanları

Kentsel Tasarım: Mimari proje tasarımlarında gittikçe kullanımı artan parametrik tasarım araçları; Zaha Hadid ve Patrik Schumacher gibi tanınmış mimarlar tarafından kazanılan geniş ölçekli kentsel tasarım yarışmalarıyla şehircilik, kentsel tasarım ve peyzaj şehirciliği gibi alanlara etki etmiştir. Örnek olarak Bajšanski ve diğ. (2015) kentsel alanlarda durağan olmayan dış mekan ısı konforunu değerlendirmek ve iyileştirmek için otomatik algoritmalar sunmuş ve uygulamıştır (Şekil 3.1).

Dekorasyon: Tasarım sürecinde el marifeti önemliyken, günümüzde bu süreç değişime uğramıştır. Bilgisayar destekli tasarım sayesinde algoritmik ilişkiler kurularak sınırsız sayıda form üretilebilmektedir (Şekil 3.2).



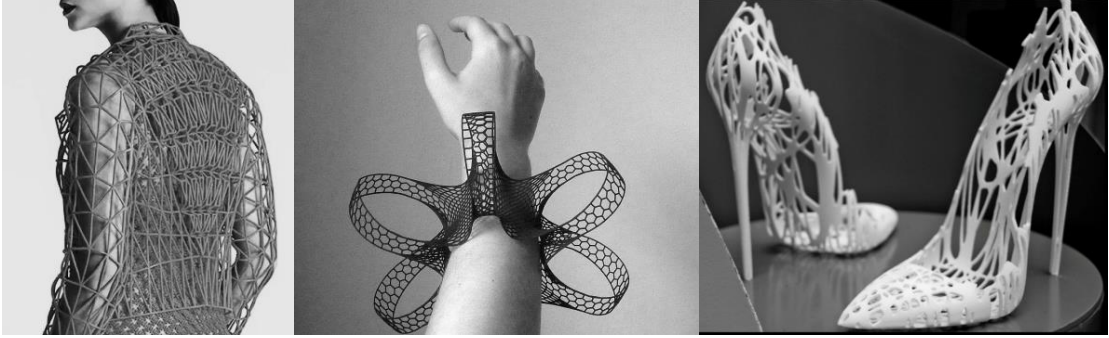
Şekil 3.1 : Dış mekânlarda ısı konforu değerlendirmeye ait bir çalışma (Bajšanski, Milošević, & Savić, 2015).



Şekil 3.2 : Parametrik tasarım ve dekorasyon (Url-13).

Mimarlık: Parametrik tasarımda, girdi olarak oluşturulan parametrelere verilen farklı değerlerle, farklı tasarımlar elde edilir. Parametreler arasındaki ilişkiyi şekillendirmek için denklemler, eşitlikler vb. yöntemler kullanılmaktadır. Bu tasarım yaklaşımı ile yaratıcı tasarımlar yapılabilir. Ayrıca bu tasarım yöntemi ile konsept aşamasındaki projelerde, çevre verileri ya da belirlenen diğer faktörler parametreler olarak programda girdi oluşturulabilir ve çeşitli analizler yapılabilir. Aynı zamanda yapısal olarak form test edilebilir.

Moda: Günümüzde parametrik tasarım geniş bir tasarım yelpazesinde kullanılmaktadır, çünkü yeni öngörülemeyen fikirler sunmaktadır (Eltaweel & SU, Parametric Design and Daylighting: A Literature Review, 2017). Yenilik arayışı moda parametrik tasarım kullanımını artırmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : Parametrik tasarım ve moda (Url-14, Url-15).

Sonik Çalışmalar: Parametrik programlar, sonik çalışmalarda yansımaları (sekerek) hesaplamak, çoklu ışınları toplamak, su akışı gibi eğimli bir yüzeyden aşağı akış yollarını hesaplamak için kullanılabilir (Eltaweel & SU, Parametric Design and Daylighting: A Literature Review, 2017)

Taşıyıcı Sistemler: Algoritmik hesaplama yöntemi sayesinde taşıyıcı sistem analizleri yapılabilir, birçok malzeme türü ile ilişkiler test edilebilir. Örneğin, Grasshopper eklentisi olarak çalışan Kangaroo Physics, Karamba, BullAnt, Hummingbird taşıyıcı sistemlerin tasarımı ve analizine yardımcı olur [Url-17].

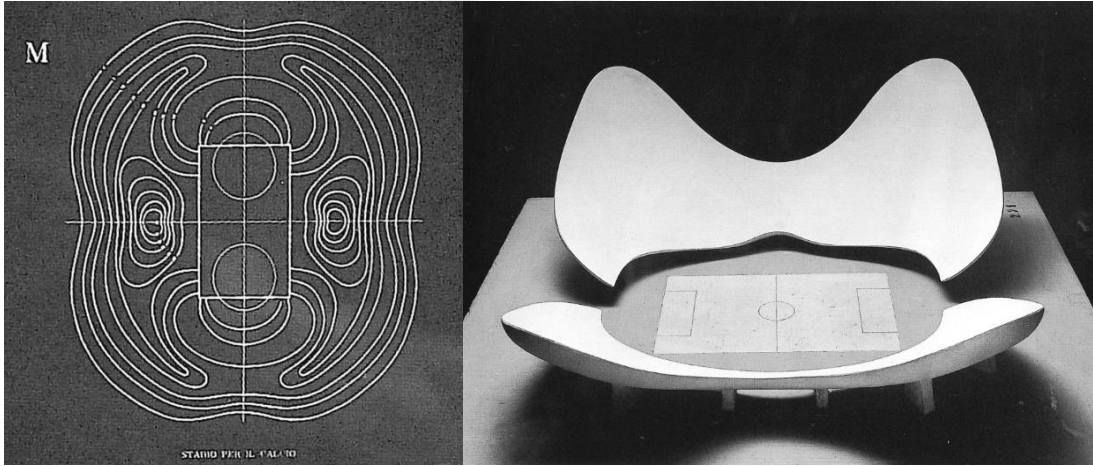
Çevresel Çalışmalar: Mimarlık alanında yüksek performanslı tasarım beklentileri arttıkça mimarları çevresel analiz araçları ile destekleme ihtiyacı artmıştır. Birçok parametrik tasarım arayüzü karar verme sürecinin desteklemesi için çevre tasarım eklentisine sahiptir. Bu eklentilerle güneş hareketi, nem, rüzgar hızı, gölgeleme ve aydınlatma gibi tüm iklimsel ve çevresel durumlar analiz edilebilir. Ayrıca zamanın bina performansını nasıl değiştirebileceğini ve etkileyebileceğini 4. boyutta simüle ederek veri sağlayabilir. Bu yüzden birçok tasarım sorununu tasarımın erken aşamalarında önceden tahmin edebilir ve çözebilir (Wagdy & Fathy, 2015).

3.2 Parametrik Tasarım Araçları

Temel olarak, parametrik terimi matematiğe dayanır ve denklem sonuçlarını manipüle etmek için değiştirilebilecek belirli parametrelerin veya değişkenlerin

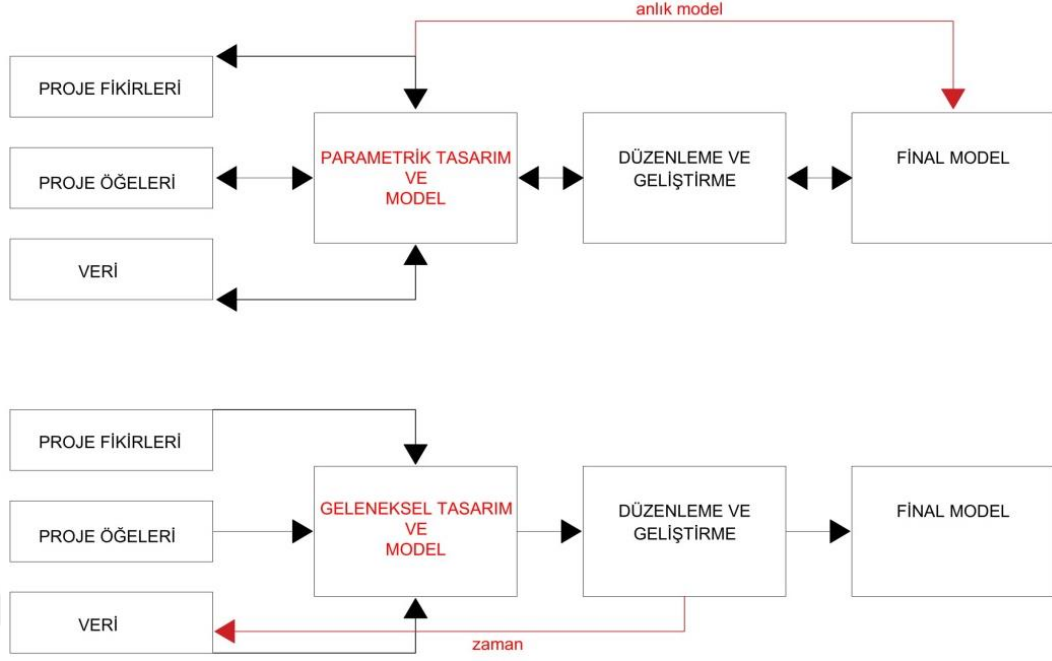
kullanılmasını ifade eder (Frazer, 2016). İlk kimin kullandığıyla ilgili tartışmalar olmakla birlikte Moretti parametrik mimariyi “çeşitli parametrelere bağlı boyutlar arasındaki ilişkileri tanımlama”yı amaçlayan mimari sistemler olarak tanımlamıştır. Bir stadyum formunun betonun ekonomik maliyeti, bakış açıları gibi 19 parametreye nasıl bölünebileceğini açıklamak için bir stadyumu ele almıştır. Şekil 3.4’de gösterilen bu parametrik stadyum 1960 yılında 12. Milano Triennali’deki parametrik mimari sergisinin bir parçası olarak sunulmuştur.

Tasarım süreci belirsizliklerden oluşur ve belirsizlikler beraberinde tekrarı, denemeleri ve yenilemeyi getirir. Şekil 3.5’de gösterildiği gibi bu süreç geleneksel tasarım metodunda oldukça zaman alıcıdır çünkü ilk model oluşturulduktan sonra tasarımcının, tasarıma anında müdahale etmesi zordur. Ancak parametrik tasarım araçlarıyla tasarım bileşenlerini aynı anda koordine etmek mümkündür. Optimum tasarıma ulaşıncaya kadar tasarım süreci yinelenir. Özellikle karmaşık ve farklı disiplinlere ihtiyaç duyulan projelerde koordinasyonu ve zamandan tasarrufu sağlamak açısından avantajlıdır.



Şekil 3.4 : Luigi Moretti'den bir stadyum modeli. Stadyum on dokuz parametreden oluşan (sağda) parametrik bir modelden türemiştir. Stadyum için planlar (solda) gösterilmiştir.

Catia, 3D MAX, 3D Maya, Revit, Rhino temelli Grasshopper, Dynamo, GenerativeComponents, Marionette ve Modelur gibi yazılımlar parametrik tasarım yazılımlarıdır. Parametrik tasarım yazılımları ilk 2008 yılında ortaya çıkmış ve birçok firma ve yazılım geliştiricisi tarafından geliştirilen yeni bir araçtır. (Eltaweel & SU, Parametric Design and Daylighting: A Literature Review, 2017).



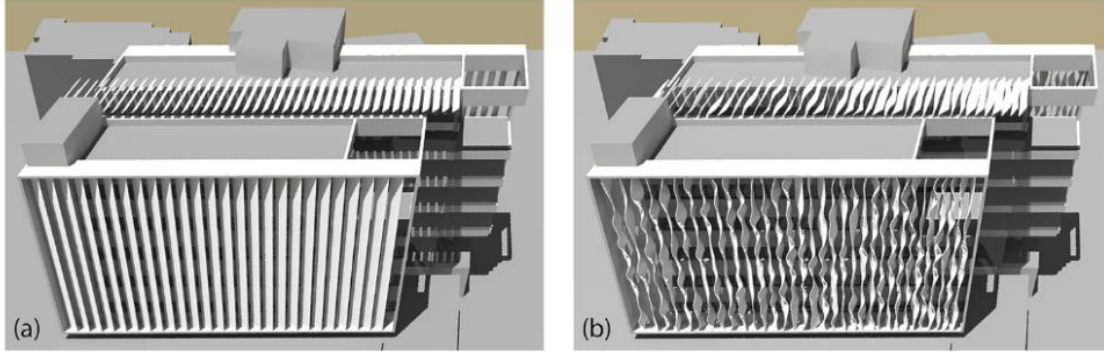
Şekil 3.5 : Parametrik tasarım süreci (üstteki) ve geleneksel tasarım sürecinin (alttaki) karşılaştırılması.

Bununla birlikte, parametrik tasarım denilince kullanılan en yaygın yazılım Grasshopper olup, birçok disiplinde farklı eklentiler sağlar ve mimari, kentsel planlama, yapısal çalışma, çevre analizi, mekanik mühendislik, sonik çalışma, tıp, moda, dekorasyon ve diğer birçok disiplinde çalışmaya imkan verir. Ayrıca birçok eklentiye aynı anda çalıştırarak disiplinler arası çalışma yapmayı kolaylaştırır.

Genetik algoritmalar, performans odaklı bir geometriye dayanarak optimize edilmiş yapı formları oluşturmak için parametrik modelleme teknikleriyle birlikte kullanılabilir bu anlamda grasshopper, optimizasyon çalışmalarında önemli bir özelliğe sahiptir. Örnek olarak Tarabieh ve diğ. (2019) depthmaX (uzay sözdizimi analizi), çok amaçlı optimizasyon eklentisi Octopus ile Radiance ve Daysim temelli Honeybee- Ladybug eklentileri birlikte kullanarak bir camide günışığının mekan kullanımındaki etkisini araştırmıştır.

“Galapagos” adlı bileşen ile tasarımcı ihtiyaçlarına bağlı olarak birden fazla parametre arasında en uygun sonuçları elde etmek için kullanılır. Ayrıca buna benzer optimizasyonu sağlamak için geliştirilen eklentilerde vardır(Url-16). Qingsong ve Fukuda (2015), Ercan ve Özkan (2015) ve González ve Fiorito (2015) gibi birçok araştırmacı galapagosu kullanarak optimizasyon çalışmaları yapmıştır.

Ercan ve Özkan (2015)'a ait çalışmada ilk durum ve optimizasyonu sağlanmış durum Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 : Gölgeleme bileşeninin optimizasyonun galapagos ile sağlanması (Ercan & Elias-Ozkan, 2015).

3.3 Parametrik Tasarımda Günışığı ve Enerji Analizi

Günışığı hem yenilenebilir enerjinin başlıca kaynağı olduğu için hem de insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olması nedeniyle mimari tasarım kararlarını etkileyen kayda değer bir olgu haline gelmiştir. Bundan dolayı cepheler, formlar, biçimler, işlevler, malzeme kullanımı ve iç mekan organizasyonu gibi mimari kavramlar ile günışığı ilişkisi arasında güçlü bağlar kurulmalıdır. Ancak enlem ve boylama bağlı olarak değişen iklim koşulları, güneş radyasyonu, ekinoks gibi birçok faktör günışığı kullanımını farklı şekillerde etkiler ve çeşitli tasarım sorunlarını birlikte getirir. Son zamanlarda bu sorunların üstesinden gelmek için parametrik tasarım araçları ile ilgili yazılımlar seçilerek çalışmalar yapılmaktadır. Bina tasarımında günışığı tasarımı ve analizleri bu araçlar ile yapılarak hem çeşitli varyasyonlar üretilmekte, hem hızlı sonuçlar alınmakta hem de sonuçlar optimum hale getirilebilmektedir. Çizelge 3.1'de parametrik tasarım araçlarıyla performans değerlendirilmesi yapılan çalışmalara ait bir özet verilmiştir.

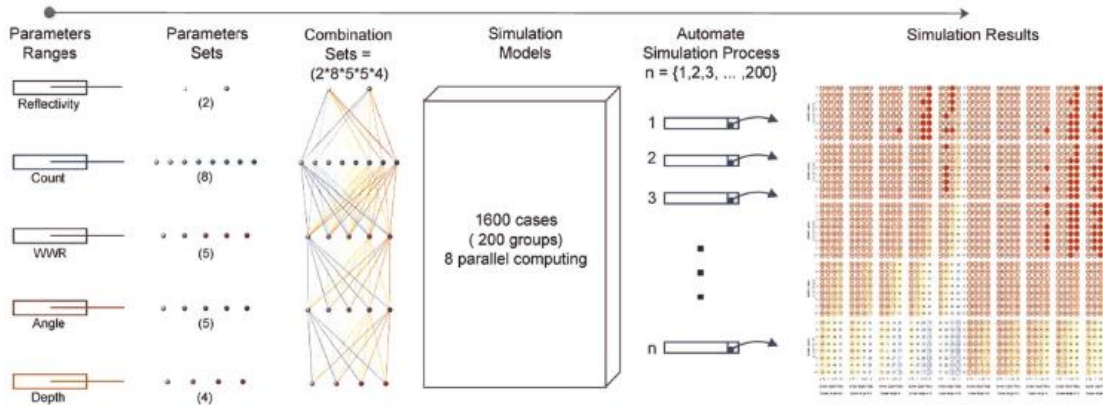
Grasshopper'ın içindeki bileşenler özel komut dosyalarının VB.NET veya C # .NET ile yazılmasını sağlar. Bu özellikten faydalanarak Lagios ve diğ. (2010) Zollverein okulunun performansını, Radiance ve Daysim hesaplama motorlarını Rhino\Grasshopper' a entegre ederek hesaplamışlardır. Böylelikle performans analizi sürecini basitleştirerek, güvenilir simülasyonların üretilme hızını arttırarak ve bir animasyon şeklinde kapsamlı bir görselleştirme ile çalışma sunulmuştur.

Çizelge 3.1 : Parametrik tasarımda günışığı ve enerji ile ilgili literatürde bulunan çalışmalar.

No	Çalışma	Sistem	Konum	Fonksiyon	Değerlendirilen	Araç
1	(Lagios, Niemasz, & Reinhart, 2010)	Çatı pencereleri ve pencereler	Essen, Almanya	Okul (Zollverein School)	Günışığı	Radiance, Daysim (Grasshopper ve Rhino arayüzünde)
2	(Wagdy & Fathy, 2015)	Gölgeleme bileşenleri ve pencereler	Cairo, Mısır	Okul, Sınıf	Günışığı	DIVA for Rhino
3	(Pesenti, Masera, & Fiorito, 2015)	Origami gölgeleme bileşeni	İtalya	Ofis	Günışığı ve enerji	Honeybee Ladybug
4	(Eltaweel & Su, 2017)	Gölgeleme bileşeni	Cairo, Mısır	Ofis	Günışığı	Honeybee Ladybug
5	(Omidfar, Torghabehi, & Buelow, 2014)	Cephe	New York	Ofis	Günışığı ve taşıyıcı	DIVA for Grasshopper, STAADPro
6	(Brotas & Rusovan, 2013)	Pencere ve gölgeleme bileşeni	Londra, İngiltere	Ofis	Günışığı ve enerji	DIVA
7	(Grobman, Capeluto, & Austern, 2016)	Statik ve dinamik gölgeleme bileşenleri	Akdeniz iklimi	Ofis	Günışığı	DIVA for Rhino
8	(Mahmoud & Elghazi, 2016)	Altıgen formlu kinetik gölgeleme bileşenleri	Cairo, Mısır	Ofis	Günışığı	DIVA for Rhino
9	(Elghazi, Wagdy, Mohamed, & Hassan, 2014)	Origami gölgeleme bileşeni	Cairo, Mısır	Konut	Günışığı	DIVA for Rhino
10	(Giovannini, Verso, Karamata, & Andersen, 2015)	Shape Variable Mashrabiya (SVM)	Abu Dabi	Ofis	Günışığı ve enerji	DIVA for Rhino
11	(Baş, 2019)	Gölgeleme bileşeni	İstanbul	Ofis	Enerji	Honeybee Ladybug

Çöl iklimlerinde, alanlar doğrudan güneş ışığına maruz kalır ve bu da üniform olmayan bir gün ışığı dağılımına ve aşırı ısı kazancına yol açar. Wagdy ve Fathy (2015) bunu problem olarak kabul edip optimum doğal aydınlatma performansını elde etmek için güneş gölgeleme bileşenleri ile parametrik bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, beş gölgeleme parametresinin (pencere / duvar oranı, panjur sayısı, panjur eğim açısı, ekran derinlik oranı ve ekran yansıtıcılığı) tüm kombinasyonlarının hesaplandığı parametrik bir yaklaşım uygulanmıştır. Şekil 3.4’de gösterildiği gibi her parametrenin önceden tanımlanmış aralığına göre 1600 farklı

kombinasyon üretilmiştir. Çalışma yıllık günışığı kamaşma olasılığına (annual DGP) ek olarak Mekansal Günışığı Özerkliği (sDA300 / 50%) ve Yıllık Güneş Işığı Pozlaması (ASE1000 / 250 saat) olmak üzere IES metriklerine göre değerlendirilmiştir. Rhinoceros için Diva-for Rhino eklentisi Radiance ve Daysim'i birleştirmek için kullanılırken Rhinoceros için Grasshopper eklentisi, 1600 güneş gölgeleme bileşeni konfigürasyonunu parametrik olarak üretmek ve simülasyon işlemini otomatikleştirmek için kullanılmıştır (Şekil 3.7). Simüle edilen örnek olay incelemesi Mısır'daki Kahire çölünde yer alan, güneye bakan bir sınıftır. Optimal çözümler bulmak için birden fazla Radiance simülasyonunun çalıştırılabileceği bir paralel hesaplama prosedürü kullanılmıştır. Her parametrenin genel eğilimi ve aralarındaki etkileşim incelenmiştir. Simülasyon sonuçları, aşağı doğru eğik açılı, 1:1 derinlik oranından başlayarak yakınsama çözümlerinin eğilimini göstermiştir. Son olarak, günışığı aydınlatma performansını arttırmada ekran yansıtıcılığını arttırmanın etkisi gösterilmiştir (Wagdy & Fathy, 2015).

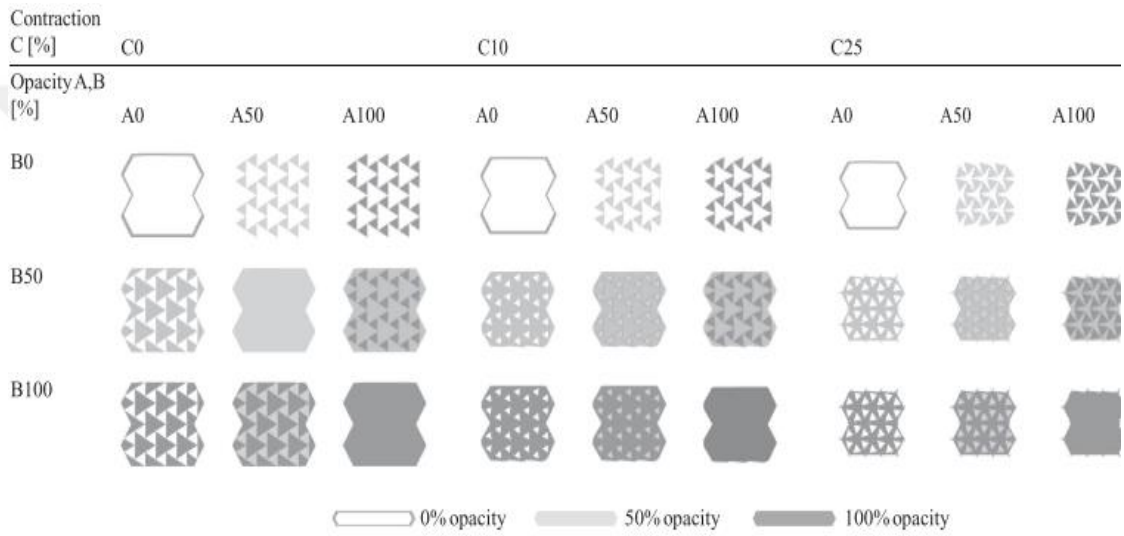


Şekil 3.7 : Tüm olası kombinasyonları hesaplamak için parametrik algoritma (Wagdy & Fathy, 2015).

Pesenti ve diğ. (2015), yaptıkları çalışmada, ofis binaları için aydınlatma yüklerini azaltırken, kullanıcılar iç mekân iklim kontrolü ve görsel konfor sağlayan bir gölgeleme sistemi tasarlamayı amaçlamışlardır. Çalışmada bir gölgeleme sisteminin görsel konfor metrikleri (Faydalı Günışığı Işığı (UDI), Günışığı özerkliği (DA) ve Gün Işığı Kamaşma Olasılığı (DGP)) ve Toplam Enerji (TE) tüketimi (yıllık soğutma, ısıtma ve aydınlatma) optimizasyonunu amaçlayan bir çalışmanın ilk sonuçları sunulmaktadır. Şekil hafızalı alaşımların (SMA) kullanımı dikkate alındığı için mikro aktüatörler kullanılmıştır. SMA tel aktüatörlerinin küçük bir

deformasyonu ile gölgeleme bileşenlerinin nispeten fazla yer değiştirmesini garanti etmek için origami deseni (Şekil 3.8) çalışılmıştır (Pesenti, Masera, & Fiorito, 2015).

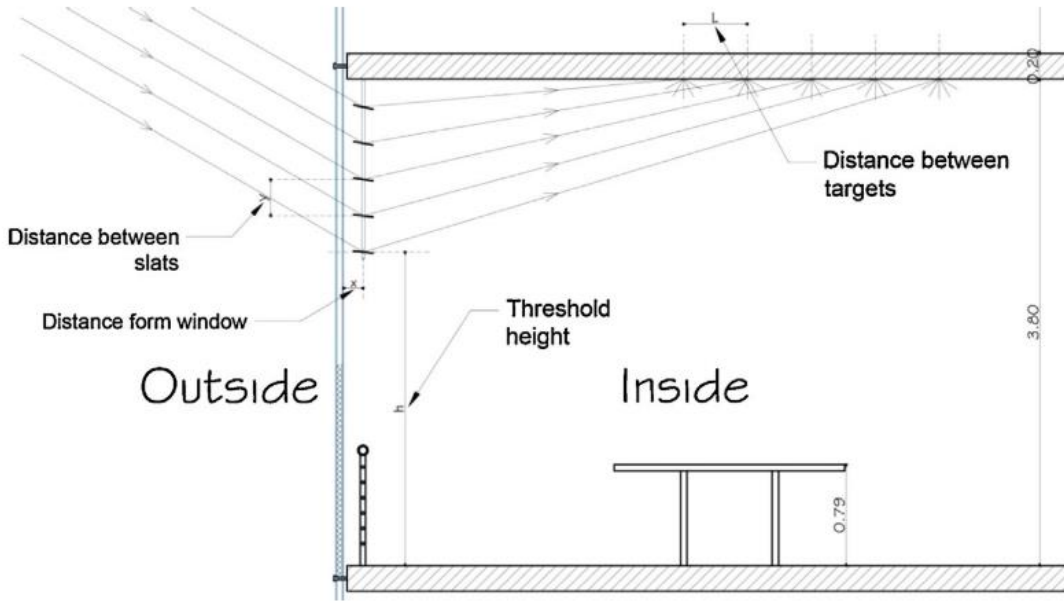
Çalışmanın parametrik yapısından dolayı, analizleri yapmak için Grasshopper kullanılmıştır. Tüm modellenmiş elemanların üretilmesi ve değiştirilmesi, kuralları tanımlayan özel algoritmalar sayesinde yazılım ile kontrol edilmiştir. Böylece, parametreleri değiştirerek, mimari elemanlar kolayca kontrol edilebilmiştir. Farklı boyutları ve oranları birleştirmek ve şekil kinetiğini simüle etmek için parametrik yazılım kullanılarak günışığı ve ısı analizleri yapılmıştır. Çevresel simülasyonlar Honeybee eklentisi kullanılarak yapılmıştır (Pesenti, Masera, & Fiorito, 2015).



Şekil 3.8 : Yirmi yedi gölgeleme konfigürasyonu: gölgeleme olmayan (A0; B0), tam gölgeleme (A100; B100) ve her biri belirli bir katlanma oranı için A ve B yüzleri karışık opaklık kombinasyonları (Pesenti, Masera, & Fiorito, 2015).

Yaygın olarak kullanılan güneş gölgeleme bileşenlerinden jaluziler manuel olarak kullanımın sınırlarını aşmak için giderek otomatik kullanımını yaygınlaşmaktadır. Eltaweel ve Su (2017), otomatik güneşlikler için gün ışığının faydasını optimize etmek için çalışmalarında yeni bir kontrol yöntemi ortaya koymaktadır. Önerilen kontrol yöntemiyle, gelen güneş ışığı tavana yansıtacak şekilde tasarlanır, sonra yansıyan ışık, kullanıcılar için ana ışık kaynağı olarak işlev görür böylece kullanıcılar hem doğrudan güneş ışığından korunur hem de algoritmik yöntemlere dayanarak ofis odasında günışığı kullanımını en üst düzeye çıkarılır (Şekil 3.9). Metodoloji, otomatik Jaluzi kullanmaya dayanmaktadır ve jaluziler Grasshopper kullanılarak parametrik olarak kontrol edilir. Çalışmada, hava durumu verilerini

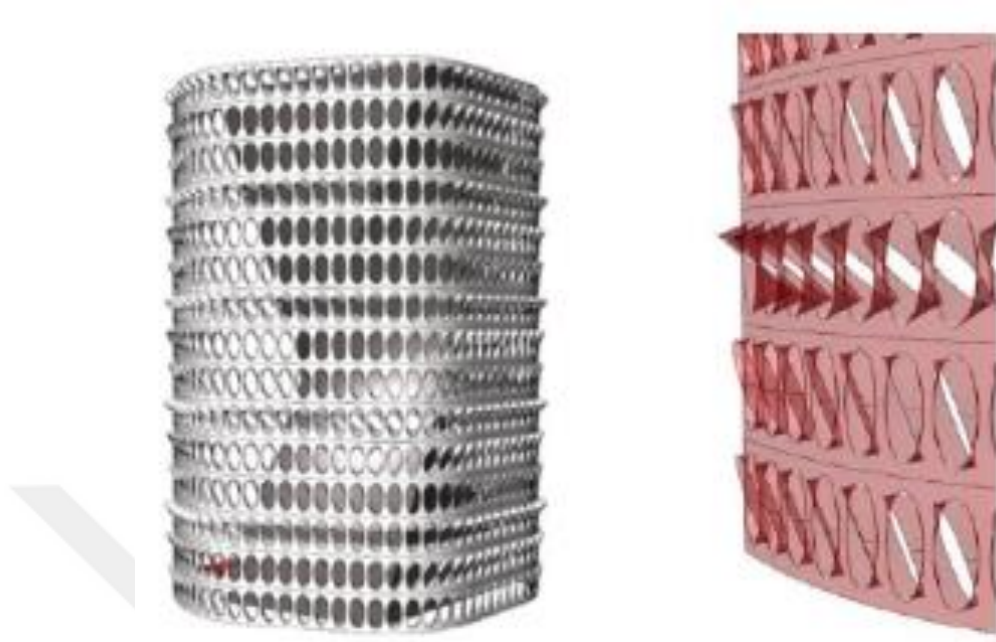
elde etmek ve günışığı analizlerini yapmak için Grasshopper ile birlikte Radiance, Daysim ve EnergyPlus, Ladybug ve Honeybee eklentileri kullanılmıştır. Yansıtıcı gölgeleme bileşenleri güneş yükseklerine parametrik olarak cevap verir ve yansıtılan ışığın gündüzleri nispeten sabit kalması sağlanır. Böylece doğal gün ışığının en iyi şekilde ana aydınlatma kaynağı olarak kullanılması ve aynı anda gölgeleme yapması sağlanır (Eltaweel & Su, Controlling venetian blinds based on parametric design; via implementing Grasshopper's plugins: A case study of an office building in Cairo, 2017).



Şekil 3.9 : Ofis için kontrol edilen parametreleri gösteren kesitsel; x: pencereleden uzaklık, y: yüzeyler arasındaki mesafe, L: hedefler arasındaki mesafe, h: yüzeyin bitiş çizgisinden eşik değeri (Eltaweel & Su, 2017a).

Omidfar ve diğ. (2014), çeşitli tasarım seçeneklerinin etkin bir şekilde üretilmesi ve değerlendirilmesi için bir kabuğun disiplinlerarası entegrasyonunun ve performans optimizasyonunun nasıl sentezlenebileceğini ve sistematik hale getirilebileceğini araştırmıştır. Bu araştırma projesi, tasarımcılara ve mühendislere performans odaklı tasarım oluşturmada yardımcı olabilecek form araştırması için kullanılan çok amaçlı bir optimizasyon modeli sunmaktadır. Kabuk yapısının geometrisi, yapı, gün ışığı ve radyasyon kontrolü ile ilgili performans değerleriyle yönlendirilen parametrik bir model ile oluşturulmuştur (Şekil 3.10). Çok amaçlı optimizasyon, Michigan Üniversitesi'nde geliştirilen, genetik tabanlı bir yöntem olan ParaGen ile gerçekleştirilmiştir. Geometrinin davranışını anlamak için STAAD.Pro kullanılırken, DIVA, Grasshopper'da belirlenen modül açıklığı boyunca radyasyon penetrasyonunu

simüle etmek için kullanılmıştır. DA (Daylight Autonomy), DIVA'daki 'iklime dayalı metrik' hesaplanarak ölçülmüştür. (Omidfar, Torghabehi, & Buelow, 2014).



Şekil 3.10 : Bina kabuğu bileşenleri ve yapısı (Omidfar, Torghabehi, & Buelow, 2014).

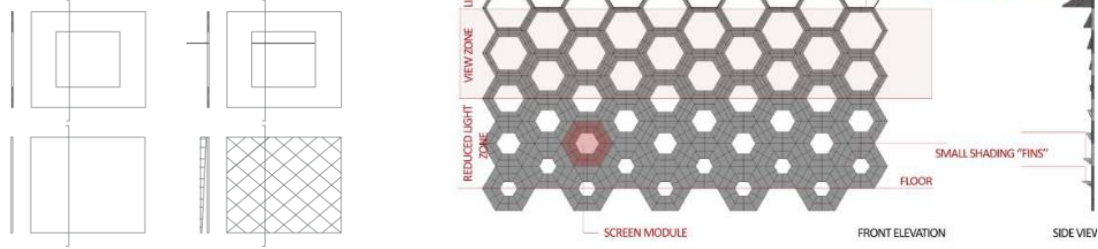
Al-Masrani ve diğ. (2018) sıfır enerji kullanan pasif sistemler, mekanik cihazlar kullanan aktif sistemler ve biyomimetik bir yaklaşımla entegre edilmiş hibrit sistemler olmak üzere üç ana gölgeleme sistemi kategorisi tanımlamıştır. Kapsamlı bir literatür taramasıyla bu sistemler üzerine yapılan çalışmaların yaklaşımları ve kullanılan değerlendirme araçları sınıflandırılmıştır. Kullanılan araçlar incelendiğinde parametrik tasarım araçlarının kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Brotas ve Rusovan (2013), hizmet binalarında yaygın olarak bulunan optimize bir cephenin çalışmasını sunmaktadır. Dört tip bina kabuğu, iklime dayalı ölçümler, kamaşma ve enerji tüketimi açısından simüle edilir. İlk iki tip% 40 pencere / duvar oranına (WWR) ve bunlardan biri ışık rafına sahiptir (Şekil 3.11). Üçüncüsü ve dördüncüsü % 100 WWR'dir ve bunlardan biri parametrik olarak sürülen sabit bir yüzeye sahiptir. Bu çalışma, entegre bir günışığı ve ısıl simülasyon yaklaşımı kullanarak, Londra, İngiltere'nin iklim koşullarında optimum bir çözüm bulmayı amaçlamaktadır. Önceden tanımlanmış geometrilerin üretilmesi ve optimizasyonu için Rhinoceros ve Grasshopper'ı kullanılmıştır. Günışığı ve ısıl analizler için DIVA eklentisi kullanılmış ve test edilen ofis alanında gün ışığını tahmin etmek için "iklim tabanlı ölçüm" hesaplanarak DA ve UDI ölçülmüştür. DIVA'da iklime dayalı bir

analiz yapıldıktan sonra saatlik aydınlatma programları üretilmiş ve ısı simülasyonları için Energyplus simülasyonlarında kullanılmıştır.

Façade Variations

- A. 40%WWR (parametrically optimized opening)
- B. 40%WWR + Light shelf (enhanced A case)
- C. 100%WWR
- D. 100%WWR + 3d parametrically designed 'screen' (enhanced C case)



Şekil 3.11 : Gölgeleme bileşeni konsepti ve bileşen geometrisi, önden görünüş ve yandan görünüş (Brotas & Rusovan, 2013).

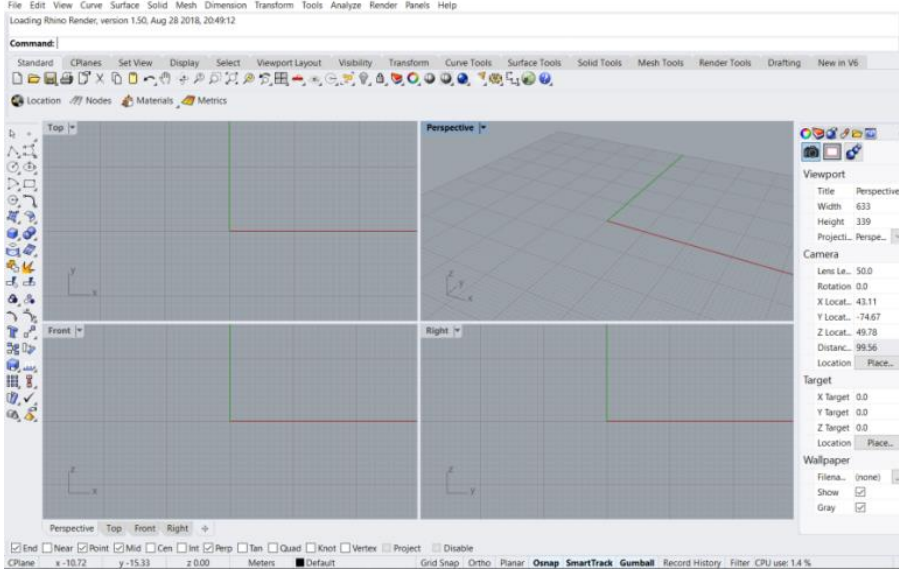
4. PTA İLE UYUM GÖSTEREN GÖLGELEME BİLEŞENLERİNİN MODELLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bölüm 3.3’de literatürde günışığının parametrik tasarım araçlarıyla değerlendirilmesi araştırılmış ve kullanılan yazılımlar incelenmiştir. Energy Plus, Radiance, Honeybee\Ladybug, DIVA gibi yazılımların ön plana çıktığı görülmüştür. Radiance bazlı DAYSIM simülasyonları 2001 yılında Reinhart tarafından onaylanmış ve gün ışığının otonomilerini iyi doğrulukla tahmin ettiği gösterilmiştir (Reinhart ve Walkenhorst, 2001). Bu çalışma kapsamında, arayüzünün diğerlerine göre daha kullanışlı olması ve alt yapı olarak EnergyPlus ve Radiance gibi güvenilir yazılımları kullanması nedeniyle DIVA\Archsım eklentileri kullanılmış ve UGGB tiplerinin görsel ve enerji performansının değerlendirilmesi yapılmıştır.

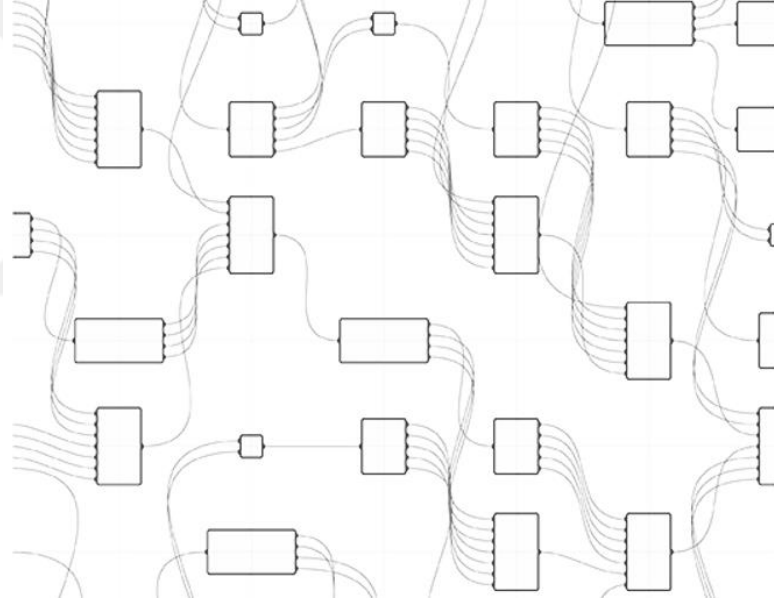
4.1 Çalışmada Kullanılan Yazılımlar

Robert McNeel & Associates şirketi tarafından geliştirilen Rhinoceros 3D, NURBS (Non-uniform rational B-spline) tabanlı ticari bir modelleme programıdır. Rhino 3D özellikle serbest formlu ”NURBS” modellemede uzmanlaşmıştır. Şekil 4.1’de gösterildiği gibi bir arayüze sahiptir. Aynı şirket tarafından yazılmış Rhinoceros 3D programına eklenebilen birçok yardımcı program vardır. Bunlar Grasshopper, Weaverbird, Heliotrope, Ladybug gibi tasarıma ve üretime yardımcı eklentilerdir. Ayrıca üçüncü şahıslar tarafından geliştirilmiş çeşitli eklentiler bulunmaktadır (Url-18).

Üretken algoritmalar kullanarak yeni şekiller keşfeden tasarımcılar için Grasshopper, Rhino’nun 3D modelleme araçları ile sıkıca bütünleşmiş bir grafik algoritma editörüdür. RhinoScript’ten farklı olarak Grasshopper, programlama veya komut dosyası bilgisi gerektirmez, ancak yine de tasarımcıların basitten komplekse form üreteçleri oluşturmasına izin verir (Url-19). Şekil 4.2’de gösterildiği gibi düğüm noktaları ve onlar arasında bağlantı sağlayan ağlar algoritmaların oluşturulmasını sağlar.

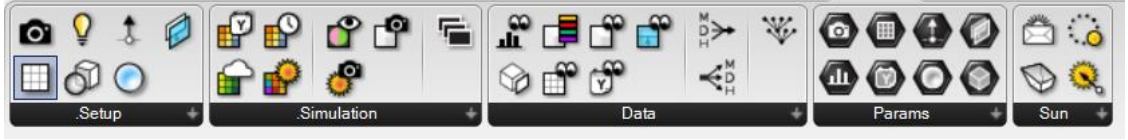


Şekil 4.1 : Rhino arayüzü.



Şekil 4.2 : Grasshopper'ın çalışma mantığı (Url-27).

Güneşli simülasyonları, optimize edilmiş doğal aydınlatma modelleme yazılımı olan DIVA'da gerçekleştirilmiştir (Versiyon 4.1.0.5). DIVA, Rhinoceros için optimize edilmiş bir güneşli ve enerji modelleme eklentisidir. Eklenti başlangıçta Harvard Üniversitesi Tasarım Enstitüsü'nde geliştirilmiştir ve Solemma LLC tarafından dağıtılmıştır. DIVA, radyasyon haritaları, fotogerçekçi renderler, iklim tabanlı güneşli aydınlatma metrikleri, yıllık ve tekil zamanlarda kamaşma analizi, LEED ve CHPS Güneşli Uyumluluğu ve Tek Termal Bölge Enerjisi ve Yük Hesaplamaları (Şekil 4.3) yapılmasını sağlar (Url-20).



Şekil 4.3 : DIVA'ya ait araç çubuğu.

Grasshopper için DIVA, günışığı ve bina enerji kullanımı için kapsamlı olarak onaylanmış ve test edilmiş Radiance ve EnergyPlus simülasyon motorları üzerine kuruludur.

Radiance, Kalifornia Lawrence Berkeley Laboratuvarları tarafından geliştirilmiş olup tasarımda aydınlatmanın analizi ve görselleştirilmesi için kullanılan programlar paketidir (Url-21). DIVA ile birlikteliğinde veri girişi gerçekleştirilirken, hesaplamanın yapılacağı mekanın fiziksel özellikleri doğru modellenmeli, malzemeler gerçeğe uygun olarak seçilmeli ve dış ortama ilişkin özellikler doğru olarak tanımlanmalıdır.

Evalglare, Radiance tabanlı olarak geliştirilmiş olup mekanlarda oluşabilecek kamaşmanın belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Radiance programı ile elde edilmiş mekan görselleştirmeleri bu programda veri olarak kullanılarak ilgili görseller üzerinde muhtemel kamaşma bölgeleri belirlenir. Bu programda, ele alınan görselin piksellerine ayrıştırılması tekniği ile her bir pikselin eşleştiği parlılık değerine bağlı olarak Günışığına Bağlı Kamaşma Olasılığı (DGP), Günışığına Bağlı Kamaşma İndisi (DGI), UGR (Unified Glare Rating) analizi ve CIE Kamaşma İndisi (CIE Glare Index) hesaplamaları gerçekleştirilir (Url-22).

EnergyPlus, mühendislerin, mimarların ve araştırmacıların hem enerji tüketimini modellemek için (ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma yüklerini) hem de binalarda su kullanımını modellemek için kullandıkları bir bina enerji simülasyon programıdır. Ücretsizdir ve açık kaynaklıdır (Url-23).

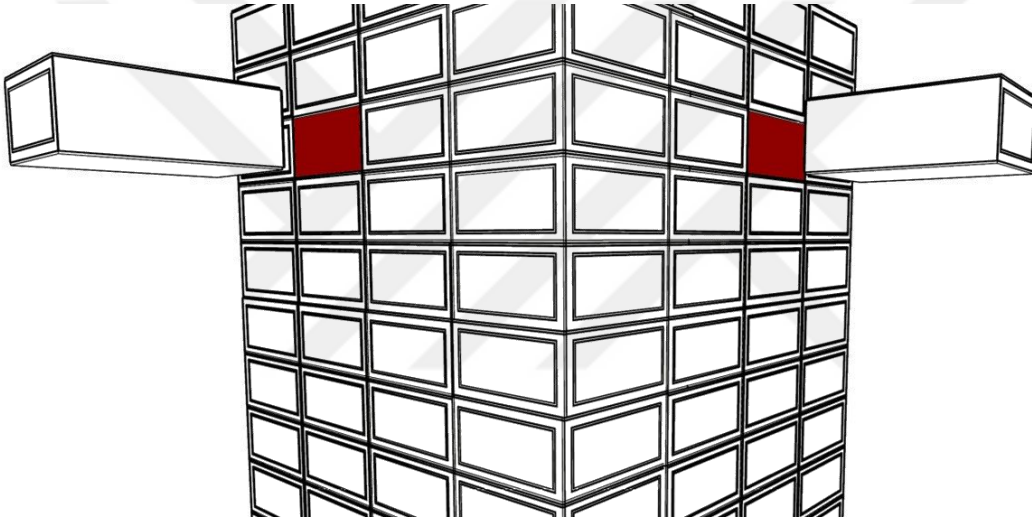
4.2 Simülasyon Modeli

Çalışma kapsamında referans bir ofis odası ve UGGB tiplerinin bütün detayları Grasshopperda modellenerek, DIVA ve Archsim eklentisiyle görsel ve ısı performans analizi gerçekleştirilmiştir. Modellemeye esas teşkil eden konum ve iklim özellikleri, boyutsal ve geometrik özellikler, iç mekan özellikleri, UGGB'ye ilişkin özellikler ve simülasyon girdilerine ilişkin bilgiler ve kabuller ayrıntılı olarak

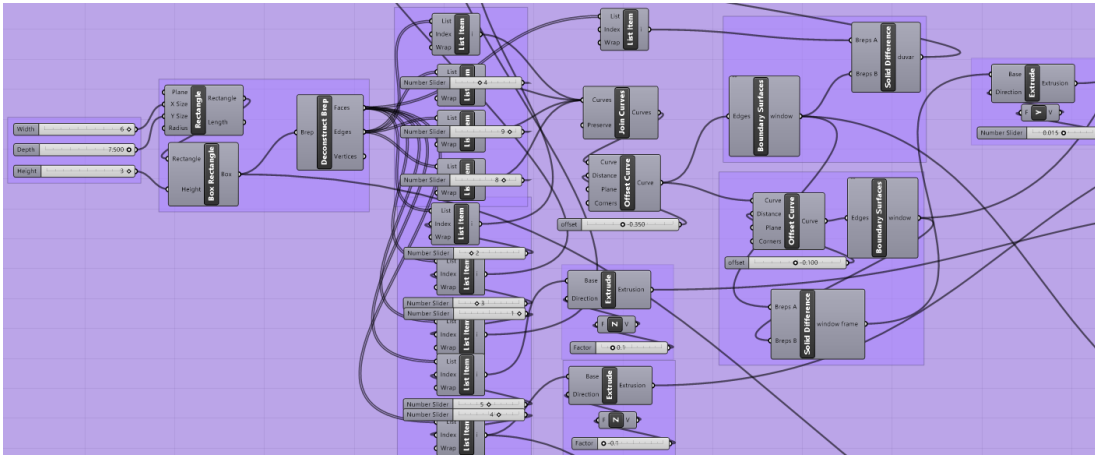
aşağıda anlatılmaktadır. Bilgisayar modellemesinde çevre, bina, kullanıcı ile ilgili gerekli parametreler ASHRAE standartlarına göre tanımlanmıştır.

4.2.1 Boyutsal ve geometrik özellikler

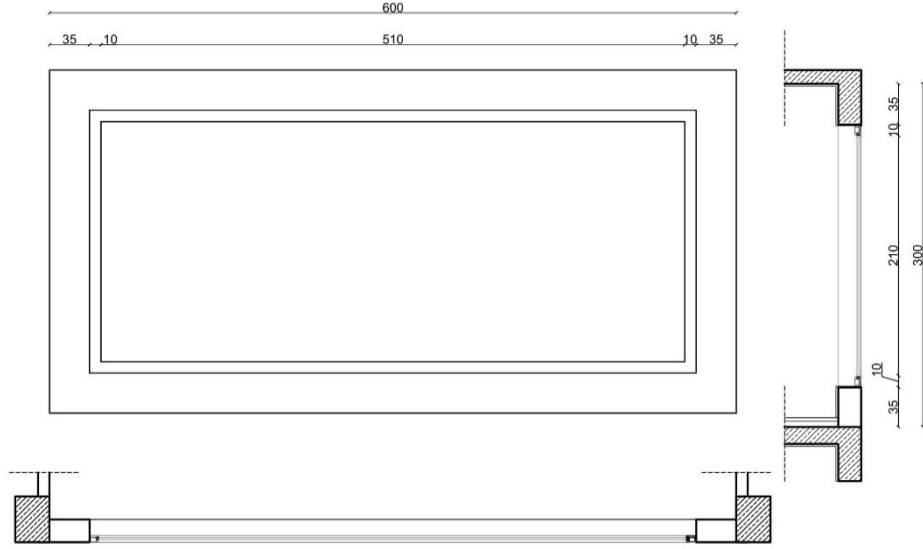
Çalışma için kullanılan alan %60 saydamlık oranına (10.71 m² saydam, 7.29 m² opak cephe alanı) sahip bir ofis odasıdır ve parametrik olarak Grasshopper'da modellenmiştir (Şekil 4.4). Alan 45 metrekare, 6.0 m genişliğinde, 7.5 m derinliğinde ve 3.0 m yüksekliğinde olup, odanın 20 kattan oluşan bir binanın 10. katında yer aldığı varsayılmaktadır. Güney ve batı yönüne bakmakta olan iki oda değerlendirilmiştir (Şekil 4.4). Şekil 4.6'da referans odaya ait plan, kesit ve görünüş yer almaktadır.



Şekil 4.4 : Referans iki odanın binadaki konumu.



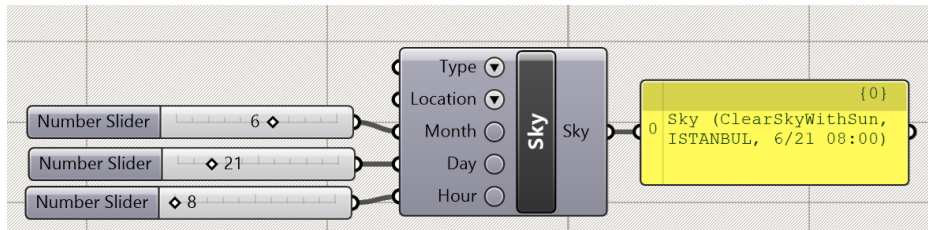
Şekil 4.5 : Referans odaya ait grasshopper kodu.



Şekil 4.6 : Referans odaya ait, kısmi plan, kesit ve görünüş.

4.2.2 Konum ve iklim özellikleri

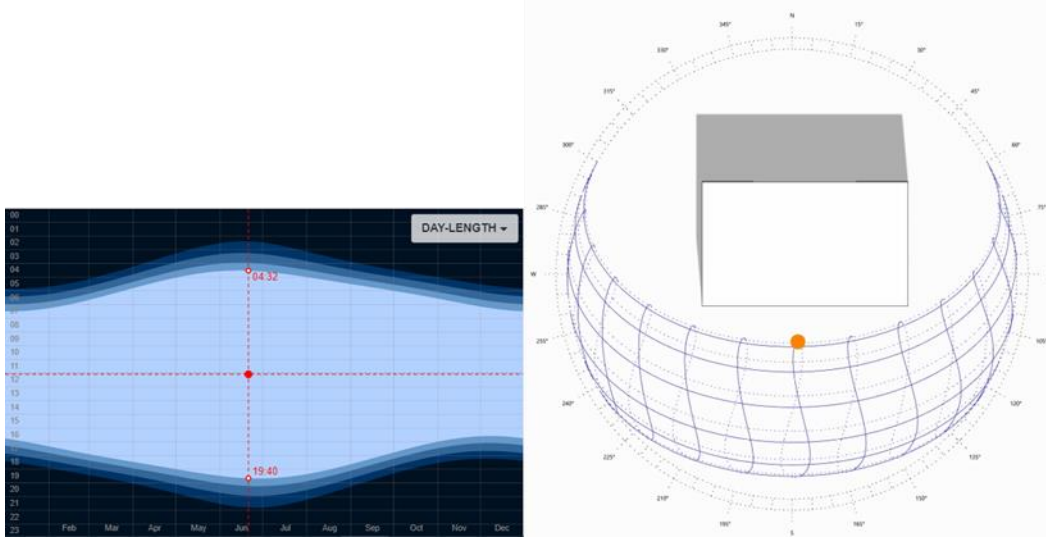
Binanın İstanbul'da yer aldığı kabul edilmiştir. Çevre binaların örnek binadan daha alçak olduğu ve aralarındaki mesafenin uzak olduğu varsayılarak modelleme yapılmıştır. İstanbul'a ait iklim, gün ve konum özellikleri Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3'de verilmiştir. İstanbul için iklimsel veriler İklimsel veri tanımlamasında Energy Plus tabanlı ve "epw." dosya uzantılı "TUR_Istanbul.170600_IWEC" dosyası kullanılmıştır (Url-24). Simülasyon günü olarak 21 Haziran tarihi kabul edilmiştir. Kamaşma için en kötü durum senaryosu olan 'ClearSkyWithSun' yani açık gökyüzü tipi seçilmiştir (Şekil 4.7). Bulanıklık değeri 2.45 alınmıştır.



Şekil 4.7 : DIVA'da gün ve iklimsel veri tanımlanması.

Çizelge 4.1 : İstanbul'a ait gün verileri.

Gün	Öğle vakti	Gün doğumu	Gün batımı	Gün uzunluğu	Günlük Tan
21 Haziran	Zaman Yükseklik	Zaman Azimut	Zaman Azimut	Saat Değişim	Şafak Alacakaranlık
	17:06 72.36°	04:32 57.29°	19:40 57.29°	15.08.04 00.00.03	3:58 20:13



Şekil 4.8 : 21 Hazirana ait gün uzunluğunun diyagramatik gösterimi ve saat 12.00 için streografik diyagram.DIVA’da gün ve iklimsel veri tanımlanması.

Çizelge 4.2 : Binanın bulunduğu yere ait veriler.

Bina Konum Özellikleri	
Konum	İstanbul
Deniz Seviyesinden Yükseklik (m)	37
Enlem	40 97'
Boylam	28 82'
İklim Tipi	Ilıman iklim
İklim Bölgesi (ASHRAE)	3C
İklim Bölgesi(TS825)	2. Bölge

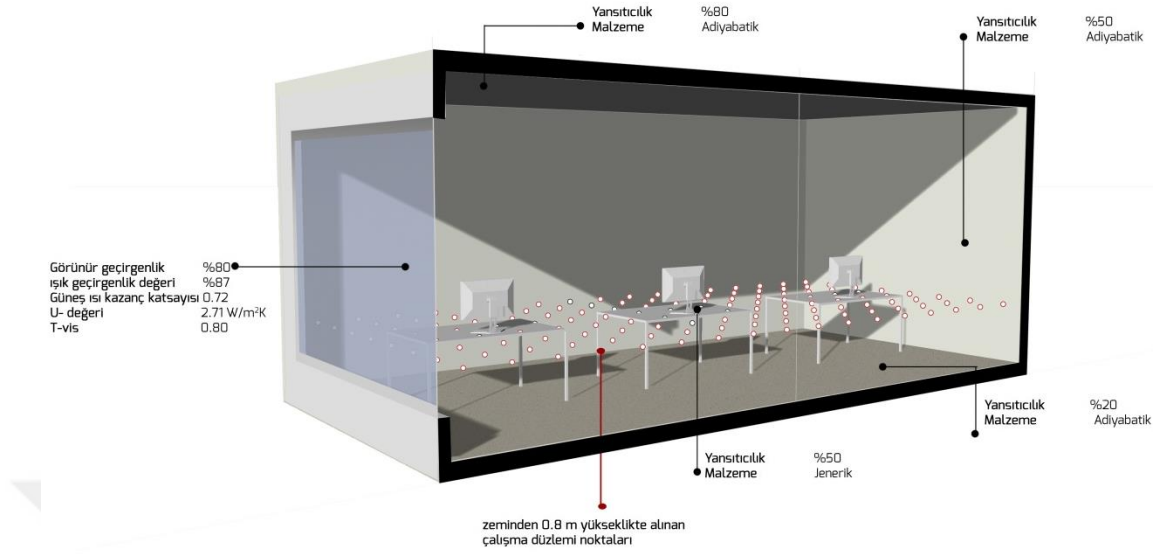
4.2.3 İç mekan özellikleri

İç mekan bitirme malzemeleri DIVA materyallerinden jenerik olarak atanmıştır. Yüzeylerin yansıtma oranları TS EN 12464 nolu “Işık ve Işıklandırma – İş Mahallerinin Aydınlatılması Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri” standardında tavsiye edilen yansıtma aralıklarına göre belirlenmiştir. Şekilde gösterildiği gibi ofis mobilyaları için %50, iç yüzeylere tavan için % 80, duvarlar için % 50 ve zemin için % 20 oranında bir yansıma atanmıştır (Şekil 4.9).

4.2.4 Uyum gösteren gölgeleme bileşenine ilişkin özellikler

Bölüm 2.2’de incelenen örnekler üzerinden mekanik uyum yapısı ve ölçek olarak bileşen sınıfına dahil olanlar incelenmiş ve onlar üzerinden UGGB tiplerinin

özelliklerine karar verilmiştir. Hareket türü hariç tüm tipler için uyum gösterme özellikleri aynıdır. Uyum gösterme özellikleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.9 : Kesit perspektif olarak modelin iç yüzey, cam ve gölgeleme bileşeni özellikleri.

Ayrıca bölüm 2.2'de örnekler incelendiğinde uyum gösteren gölgeleme bileşenlerinin pratik kullanımının genelde düz panellerden oluştuğu görülmüştür. Geometrik özellikler ise mevcut örneklerin teknik detaylarına ulaşamadığı için ortalama bir ebatlarda alınmıştır. Düşeyde ve yatayda dış cepheden 0.03 m dışarıya yerleştirilen 0.6 m enindeki dikdörtgen panellerin dönme, kayma ve katlanma olmak üzere 3 farklı hareket konfigürasyonu ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Hareket, Grasshopper'daki 'sürgü' ile temsil edilmiştir. Dönme hareketi , uzun kenar ekseninde 15 derecelik adımlarla 30 ile 165 derece aralığında, katlanma hareketi ise 10 derecelik adımlarla 0 ile 90 derece aralığındadır. Kayma hareketi 6 cm'lik 10 adımdan oluşmuştur (Şekil 4.5 ve 4.6). UGGB'nin % 90 yansıtıcılığı olan ince metal materyali vardır.

UGGB tiplerine ait kontrol stratejisi iç ortamda oluşan aydınlık düzeylerine göre belirlenmiştir. Aydınlık düzeylerinin kategorilere ayrılmasında hem Mardaljevic ve diğ. (2012) yaptığı çalışma hem de LEED v4 bir günışığı tasarım standardı olarak kullanılmıştır.

Üç aydınlık düzeyi D1, D2 ve D3 olarak adlandırılmıştır. D1 alanları aydınlık düzeyi 300 lux'ün altında kalan alanlardır. D2, 300 ile 3000 lux arasında aydınlık düzeyi ulaşan alanlardır. D3 ise 3000 lux üzerinde aydınlık düzeyi olan, potansiyel göz

kamaşmasına sahip olan alanlardır (Mahmoud & Elghazi, 2016). Saatlik olarak UGGB tiplerinin yaptığı hareketlerin iç ortamda sağladığı aydınlık düzeyine bakılarak, en iyi D2 oranına sahip saat\açılar belirlenmiştir.

Çizelge 4.3 : UGGB tiplerine ait sınıflandırma sistematığı.

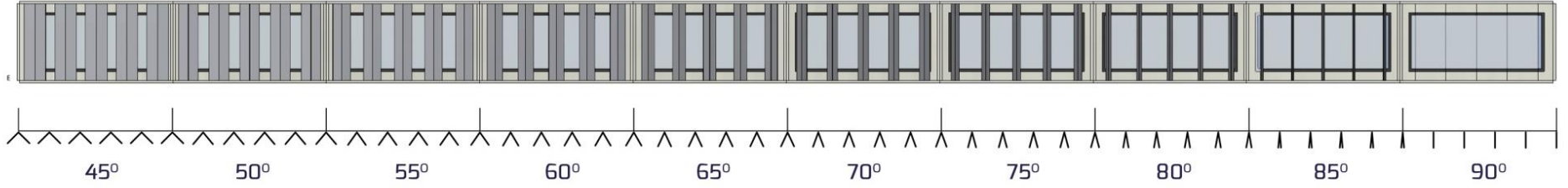
Uyum Gösterme Özellikleri		UGGB
Etki	Dış Ortam Faktörleri	X
	Güneş Işınımı	
	Sıcaklık	
	Nem	
	Rüzgar	
	Yağış	
	Gürültü	
	Hava değişimi	
Tepki	Güneş kazanımını engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya ayarlamak (depolamak veya dağıtmak)	X
	Konveksiyon, taşınım ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, geri çevirmek,içeri almak veya ayarlamak (depolamak veya dağıtmak)	
	Dış havanın değişimi ve filtrenmesi için kontrollü gözeneklilik	X
	Görüşü engellemek, görtüşe izin vermek veya yönlendirmek	
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek	
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek	
	Renk Değişirme	
	Doku Değişirme	
	Şekil Değişirme	
Ölçek	Bina	
	Sistem	
	Bileşen	X
	Malzeme	
Kontrol Tipi	İç Kontrol	
	Dış kontrol	X
Sistem	Gömülü	
Konfigürasyonu	Entegre	
	Eklenmiş	X
Zaman	Saniye	
	Dakika	
	Saat	X
	Gün	
	Mevsim	
	Yıllar	
Uyum Yapısı	Mekanik	X
Actuator (?)	Kimyasal	
	Manyetik	
	Pnömatik	
	Malzeme Esaslı	
	Hidrolik	
Hareket Türü	Kayarak	X1
	Katlanarak	X2
	Dönerek	X3
	Genişleyerek	
Görünebilirlik	Yok	
	Düşük	
	Yüksek	X
Uyum Ölçeği	Makro	X
	Mikro	
Hareket Kabiliyeti	Açık-Kapalı	
	Kademeli	X
	Hibrit	

Çizelge 4.4 : UGGB tiplerine ait perspektif görüşleri ve tiplerin yaptığı hareketin diyagramatik anlatımı.

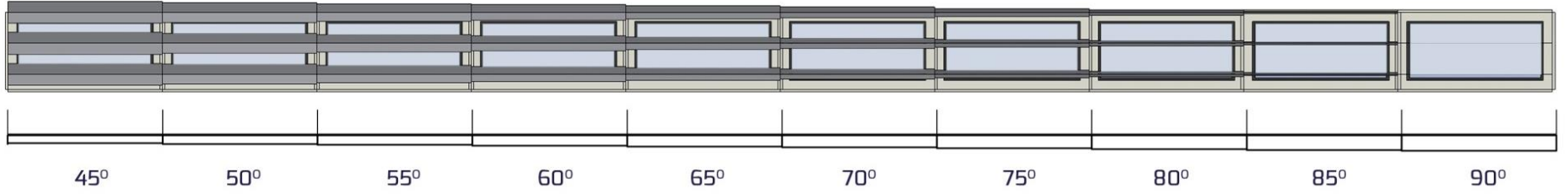
	KATLANMA (A)	DÖNME (B)	KAYMA (C)
DİKEY (1)			
YATAY (2)			



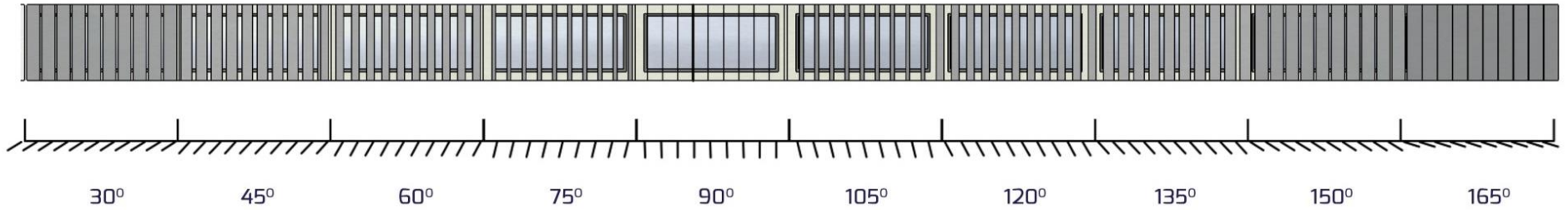
A1



A2

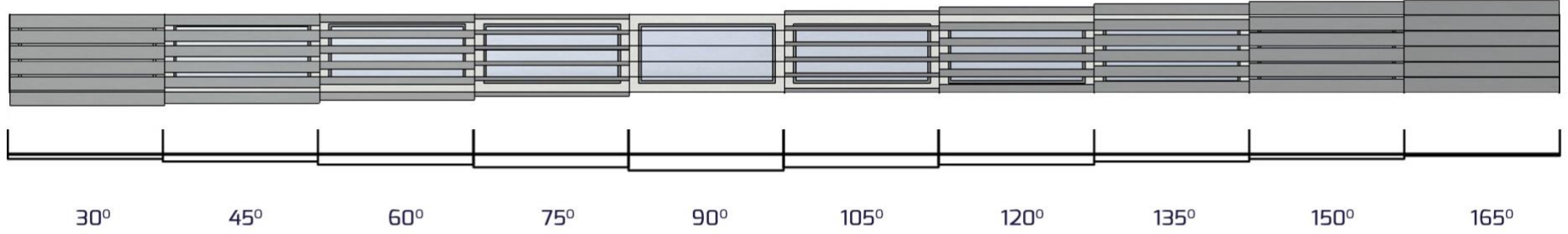


B1

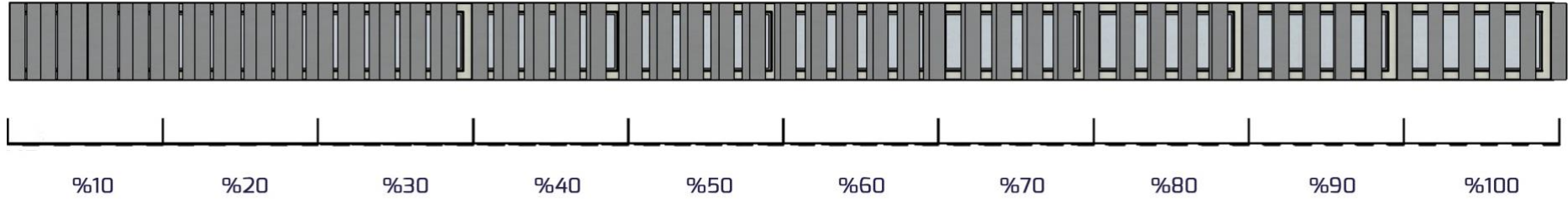


Şekil 4.10 : Katlanma dikey düzlemde panel (A1), katlanma yatay düzlemde panel (A2) ve dönme dikey düzlemde panel (B1) konfigürasyonları.

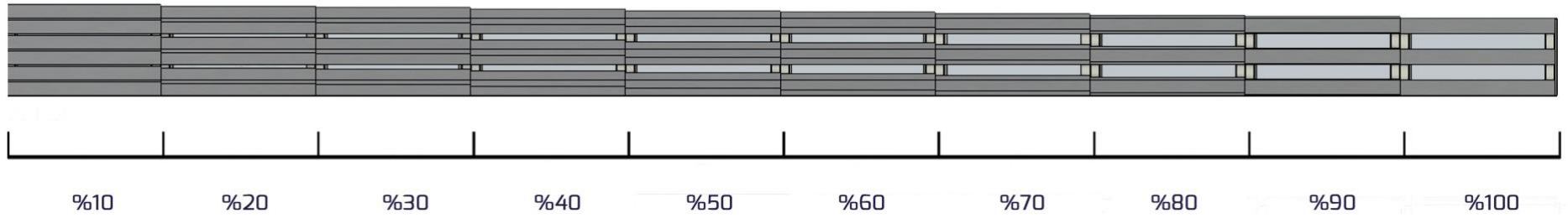
B2



C1



C2



Şekil 4.11 : Dönme yatay düzlemde panel (B2), kayma yatay düzlemde panel (C1), kayma dikey düzlemde panel (C2) konfigürasyonları.

4.2.5 Bina alt sistemine ilişkin kabuller

Kullanıcı ayarları haftaiçi 8.30-17.30 ofis çalışma saatlerine göre yapılmıştır. %60 saydamlık oranına sahip dış cephe hariç, tüm duvarlardan, tavandan ve tabandan ısı geçişi olmayacak şekilde ayarlanmıştır.

UGGB tiplerinin performansı inceleneceği için cam sistemi standart tipte seçilmiş olup, U değeri 2.71 W/m² K ve SGHC değeri 0.72, konstrüksiyonu 3 mm cam, 6 mm hava, 3 mm cam olan çift camdan oluşmaktadır (Çizelge 4.6). Soğutma ayar noktası 26°C'dir ve limit yoktur; minimum ve maksimum bağıl nem sırasıyla % 45 ve % 50'dir; mekanik havalandırma için temiz hava 12.5 L/s/kişi'ye ayarlanmıştır. Ölçülebilen ısı geri kazanımı ve gizli ısı gerikazanımı (EnergyPlus varsayılanı) sırasıyla 0.65 ve 0.6 olarak ayarlanmıştır. Ekonomizör yoktur. İnfiltrasyon dikkate alınmamıştır. Doluluk ve ekipman yükleri sırasıyla 0.1 kişi/m² ve 12 W/m²'dir. Aydınlatma gücü 10.6 W / m²'dir. Sıcak su sistemleri ve doğal havalandırma kapalı olarak ayarlanmıştır. Havalandırma programı 18 °C' lik ayar noktasına getirilmiştir (Çizelge 4.7). Saatlik hava değişimi (ACH) 0.6 'dır. Yeryüzü yansımaları %20, sıcaklığı 14 °C olarak belirlenmiştir.

Dış konveksiyon algoritması DOE2, iç konveksiyon algoritması TARP şeklinde ayarlanmıştır.

Isıl model Archsim'de tanımlandıktan sonra, EnergyPlus çalıştırılmakta ve her bir çalışma durumu için aydınlatma ve soğutma sağlamak için kullanılan saatlik enerji (kWh / m²) hesaplanmaktadır.

Çizelge 4.5 : Modelin iç yüzey, cam ve gölgeleme bileşeni özellikleri.

Yüzey	Özellik	Değer
Duvar	Yansıtıcılık değeri	%50
Zemin	Yansıtıcılık değeri	%20
Tavan	Yansıtıcılık değeri	%80
Cam	SHGC	0.72
	U- değeri	2.71 W/ m ² K
	T-vis	0.80
Gölgeleme Bileşeni	Yansıtıcılık değeri	%90
	Malzeme	İnce metal

Çizelge 4.6 : Isıl simülasyonlar için girdi yükleri.

Girdiler	Yükler
Doluluk Oranı	0.1 insan/m ²
Ekipman Yükleri	12 W/m ²
Aydınlatma Yükleri	10.6 W/m ²
Soğutma Ayar Noktası Sıcaklığı	26
Minimum Bağıl Nem	45%
Maksimum Bağıl Nem	50%
Temiz Hava	12.5 L/s/kişi
Hassas Isı Geri Kazanım	0.65
İnfiltrasyon	Kapalı

4.3 Değerlendirme Ölçütleri

Referans oda (önünde gölgeleme bileşeni bulunmayan) ve belirlenen UGGB tiplerinin görsel ve enerji performansını karşılaştırmak ve değerlendirmek için İstanbul iklim koşullarında bir ofis binası tasarlanmış ve Grasshopper arayüzü ile modellenmiştir. Grasshopper arayüzünün nasıl çalıştığı, referans binaya ilişkin modelleme esasları, UGGB tipleri ve iklimsel özellikler bağlamında geliştirilen simülasyon çalışmasına ait metodoloji önceki bölümlerde detaylı olarak anlatılmıştır.

Oluşturulan simülasyon metodolojisi kapsamında referans oda; katlanma hareketi dikeyde ve yatayda paneller (A1,A2), dönme hareketi dikeyde ve yatayda paneller (B1,B2) ve kayma hareketi dikeyde ve yatayda paneller (C1,C2) olmak üzere 6 farklı UGGB tipi İstanbul iklim koşullarında simüle edilmiştir. Çalışmaya ait simülasyon sonuçları kadar bu sonuçların hangi ölçütler doğrultusunda değerlendirileceği de önemlidir.

4.3.1 Görsel performans değerlendirme ölçütleri

Görsel performans analizi iki aşamadan oluşmaktadır. İlk adım olarak her tip için aydınlık düzeylerinde optimum saat\açı bulunmuştur. İkinci adımda optimum saat\açı için iç ortamda oluşan kamaşma düzeyleri incelenmiş ve aydınlık dağılımlarına bakılmıştır.

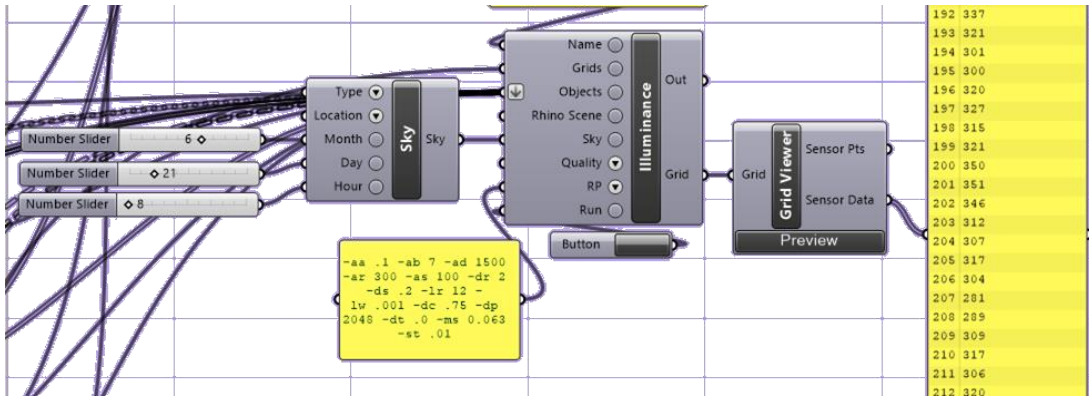
Aydınlık düzeyi (E) birim alana düşen ışık akısı olarak tanımlanmaktadır. Birimi lux'tür. Aydınlık düzeyi kavramı, gözün görme yeteneği ile doğrudan ilişkilidir. İç mekanlarda görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için gerekli aydınlık düzeyi değerlerinin sağlanması esastır.

21 Haziran tarihinde saat 8.00'dan 18.00'a kadar olan 11 saat için İstanbul iklim verileri baz alınarak günışığı simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.7'de EN-12464 standardında hesap için oluşturulacak grid sistemine dair spesifik ölçüler verilmiştir. Simülasyon süresinde göz önünde bulundurularak daha iyi sonuç almak için gridi oluşturan noktalar arası uzaklık 0.43 m olarak alınmıştır. Günışığı simülasyonlarında zemin seviyesinden 80 cm yükseklikte yerleştirilen 221 kareden oluşan grid üzerindeki aydınlık düzeyleri hesaplanmıştır (Şekil 4.12). Kullanılan Radiance parametreleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Hacmin uzun kenarına göre oluşturulacak hesaplama gridine ait sağlanması gereken değerler.

Hacim uzunluğu(d)[m]	Gridi oluşturan noktalar arasındaki maksimum uzaklık(p) [m]	Minimum grid noktası
0,4	0,15	3
0,6	0,2	3
1	0,2	5
2	0,3	6
5	0,6	8
10	1	10
25	2	12
50	3	17
100	5	30

Belirlenen 11 saat için UGGB'nin 10 adımdan oluşan hareketi ile 221 noktadan oluşan ızgara üzerindeki D1, D2 ve D3 aydınlık düzeylerinin yüzdeleri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler Excel'de toplanmıştır. Toplamda aydınlık düzeyleri için 1344 simülasyon gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.12 : DIVA'da aydınlık düzeylerinin hesaplanması için oluşturulan bağlantılar.

Çizelge 4.8 : Aydınlık düzeyleri hesaplanırken kullanılan Radiance Parametreleri.

Ortam Sıçramaları (ab)	Ortam Bölümü (ad)	Ortam Örnekleme (as)	Ortam Doğruluğu (aa)	Ortam Çözünürlüğü (ar)	Doğrudan Eşik (dt)	Kaynak Altyapısı (ds)
7	1500	100	0.1	300	0	0.2

Çizelge 4.9 : Aydınlık düzeyi için yapılan simülasyon toplamı.

Tipler	Güney Batı	Dönme Kayma Katlanma	Yatay Dikey	8.00-18.00	Hareket Adımı	Toplam
Referans oda	2	3	2	11	10	1320
	2			11		22
						1344

Kamaşma, lambaların uygun olmayan dağılımları ya da yüksek karşıtlık sonucu nesnelerin ya da ayrıntılarının ayırt edilmesindeki yetenek eksikliği olarak tanımlanır (Sirel, 1997). İstenmeyen ışığın bakış doğrultusunda kalmasından kaynaklanan bir durum olup gözün dış etkenlere bağlı olarak geçici bir süre görme yeteneğini kaybetmesi olarak nitelendirilmektedir (Özkaya, 2004). Kamaşma, görsel çevrede yer alan yüzeylerin parıltısının, çevredeki genel parıltı düzeyinden gözün alışık olmadığı derecede yüksek olması durumunda oluşan ve görsel performansın ve görünürlüğün azalmasına sebep olan bir durumdur (IESNA, 2011). Kamaşma özellikle gün boyu kullanılan ve görsel işlerin gerçekleştirilmesinin önemli olduğu hacim türlerinde, kullanıcıların göz sağlığını olumsuz etkileyen, görsel işte verim düşmesi, dikkat dağınıklığı gibi unsurları beraberinde getiren bir problemdir.

İç mekanlarda görsel rahatlık genellikle (rahatsızlık veren) kamaşma endeksleriyle gösterilir. Özellikle iç ortam gün ışığı için, en bilinen kamaşma endeksleri, Gün Işığı Kamaşma Endeksi (DGI) ve Günışığı Kamaşma Olasılığı'dır (DGP). DGI, dikey açıklıklardan gelen dağınık gün ışığından kaynaklanan kamaşma için Hopkinson (1972) tarafından geliştirilmiştir. DGI değerleri <18, algılanamaz olarak algılanırken, > 31 değerleri kabul edilemez.

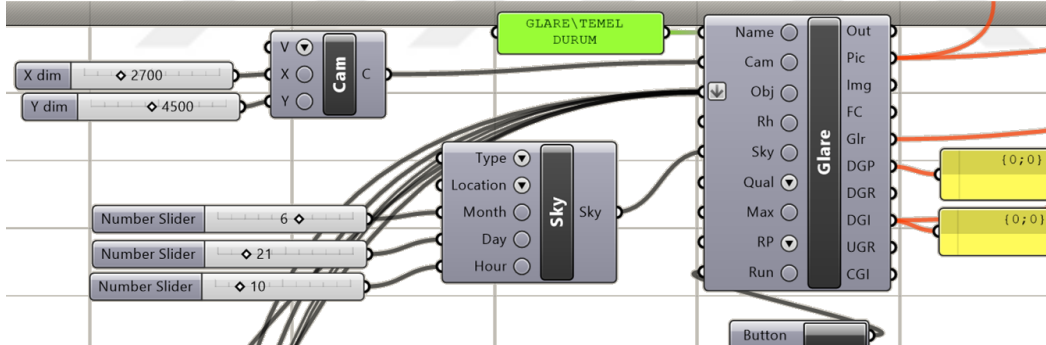
DGP olarak nitelendirilen Günışığı Kamaşma Olasılığı (Daylight Glare Probability) yöntemi, Wienold ve Christoffersen tarafından 2006 yılında geliştirilmiştir. Bu yöntem, mekanlarda ölçülen aydınlık ve parıltı değerleri ile kullanıcıların mekanlardaki aydınlatma koşullarına olan tepkisi arasındaki ilişkiye dayanır.

Günişliği için en doğrulanmış model DGP endeksidir (Wienold & Christoffersen, 2006).

Çizelge 4.10 : DGI ve DGP kamaşma kategorisi aralıkları (Jakubiec & Reinhart, 2012).

Kamaşma kategorisi	DGI	DGP
Hissedilmeyen kamaşma	<18	<35
Algılanabilir kamaşma	18-24	35-40
Rahatsızlık verici kamaşma	24-31	40-45
Katlanılamaz kamaşma	>31	>45

İncelenen vakalarda günüşiğine bağlı kamaşma analizlerinin gerçekleştirilebilmesi hedefiyle pencereye en yakın masalardan sol tarafta oturan bir kullanıcının (X1 noktası) bakış doğrultusu dikkate alınmıştır (Şekil 4.14). Günişliği kaynaklı kamaşma analizlerinin gerçeğe en yakın şekilde elde edilebilmesi için ilgili hacim, tefriş elemanları, hacim yüzeylerine ilişkin renk, doku, malzeme özellikleri gözetilerek modellenmiştir (Şekil 4.13). X1 noktası için hem DGI hem de DGP değerleri incelenmiştir.



Şekil 4.13 : DIVA'da DGI ve DGP'nin hesaplanması.

4.3.2 Enerji performansı değerlendirme ölçütleri

Simülasyonları gerçekleştirilen 6 adet UGGB tipine ait enerji performansları (soğutma ve yükleri) saatlik olarak mekan düzeyinde, referans oda ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmektedir. Saatlik değerlendirmelerde yaz ayını temsilen en uzun gün olarak 21 Haziran günü seçilmiş ve soğutma yüklerindeki değişim analiz edilmiştir.

Bina alt sistemine ilişkin kabuller kapsamında, Bölüm 4.2.5'de de anlatıldığı gibi soğutma sistemi yaz aylarında iç ortam sıcaklığını 26°C'de sabit tutacak şekilde

modellenmiştir. Değerlendirilecek UGGB tiplerinin soğutma yüklerini farklı şekilde etkileyeceği varsayılmaktadır.

208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207
182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194
169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181
156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155
130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142
117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129
104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Şekil 4.14 : Referans odaya yerleştirilen ızgara, tefriş düzeni ve X1 noktası.

Referans binaya ait aydınlatma sistemi özellikleri Bölüm 4.2.5 ve Bölüm 4.3.1’de anlatıldığı gibidir. İç mekanda kullanılacak yapay aydınlatma sistemi olarak, iç ortam aydınlık düzeyinin belirlenen değerinin üzerine çıktığında sürekli olarak aydınlatma gücünü düşüren, kontrol edilebilir bir aydınlatma sistemi seçilmiştir.

4.4 Simülasyon Süreci

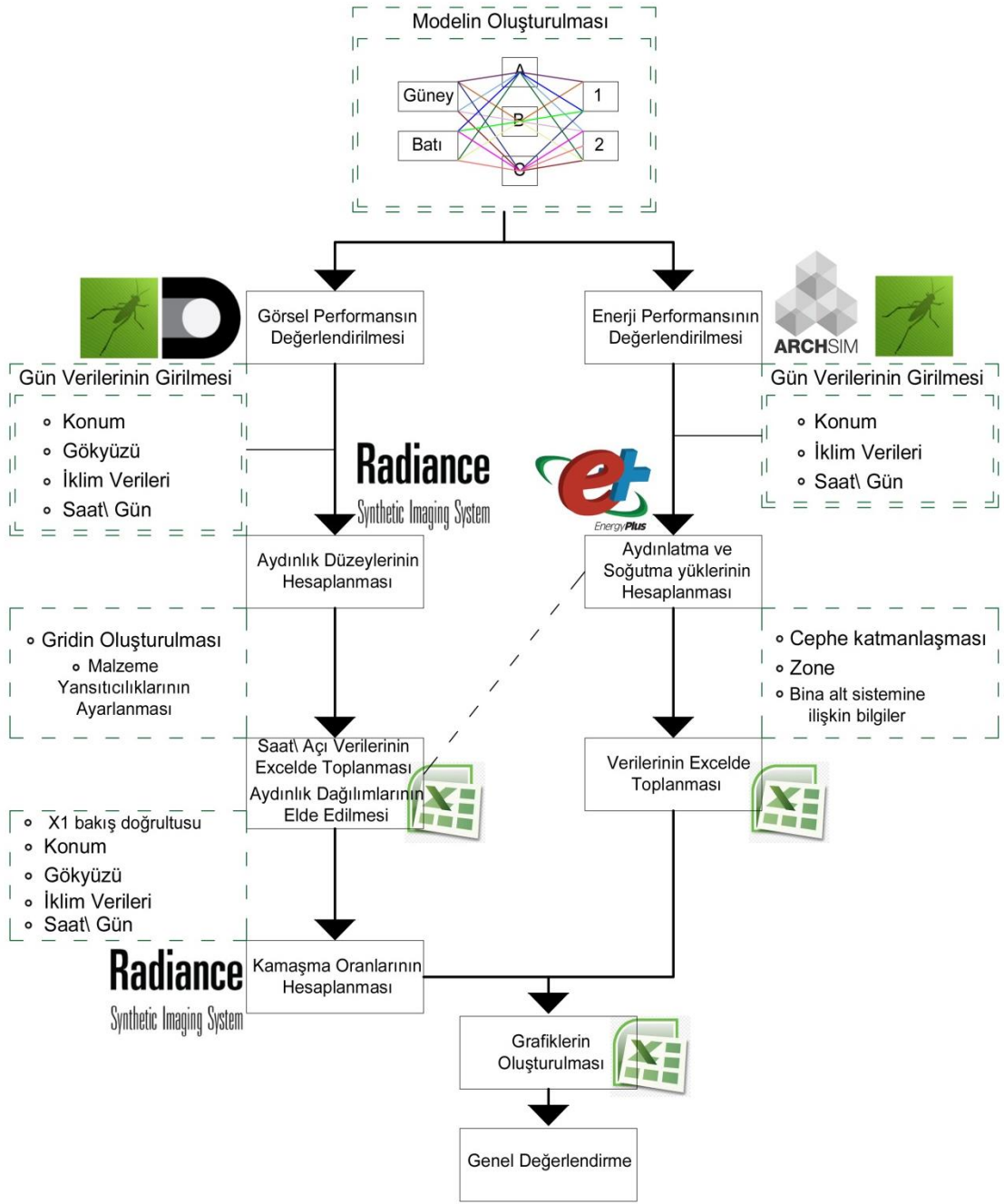
Belirlenen simülasyon akışıyla (Şekil 4.15) araştırma ardışık olarak 4 aşamaya ayrılmıştır ve referans odalar ve UGGB tiplerinin görsel konfor ve enerji performanslarının değerlendirilmesi yapılmıştır. İlk aşamada, her tip için aydınlık düzeyi simülasyonları gerçekleştirilmiş ve veriler excelde toplanmıştır. Tablolar yorumlanarak en iyi aydınlık düzeyini veren (D2, 300 ile 3000 lux arasında olan çalışma düzlemi yüzdesi) saat\açı-açılar bulunmuştur ve aydınlık dağılımlarına bakılmıştır. İkinci aşamada bazı saatler için birden çok saat\açı bulunduğundan dış görüşün fazla olduğu açılar üzerinden (optimum saat\açı) iç ortamda oluşan

kamaşma düzeyleri incelenmiştir. Üçüncü olarak, Haziran ayında ısıtmaya gerek duyulmadığı için optimum saat\açılarda sadece soğutma enerji tüketimi hesaplanmış, veriler excel dosyasında toplanarak değerlendirme yapılmıştır. Son aşamada UGGB tiplerinin görsel performansı ve soğutma için hesaplanan enerji tüketimi karşılaştırılarak güney ve batı yönleri için optimum performansı sağlayan UGGB çözümüne ulaşılmaya çalışılmıştır.

4.4.1 Aydınlık düzeylerinin ve kamaşmanın değerlendirilmesi

Bu bölümde UGGB tiplerinin saatlik doğal aydınlatma performansları 4.3.1 bölümünde anlatılan kriterlere göre değerlendirilmiş olup doğal aydınlatmanın değerlendirilmesi kendi içinde 3 aşamaya ayrılmıştır. İlk aşamada, UGGB tiplerinin her biri 21 Haziran gününün 11 saati için analiz edilip hareketlerine bağlı olarak iç ortama ne kadar gün ışığı sağladığı incelenmiştir. Aydınlık düzeyi 300 lux'ün altına indiğine aydınlatma kontrolü devreye girdiği için, bu sınırı sağlayacak biçimde gün ışığı geçirebilen UGGB hareketlerinin seçilmesi ile aydınlatma yönünden performansın daha yüksek olması öngörülmektedir. Ayrıca 3000 lux üzerinde görsel konforsuzluk oluşacağı için bu sınırı koruyacak UGGB hareketinin seçilmesi önemlidir. Bu bağlamda UGGB tipleri için en iyi aydınlık düzeyini sağlayan saat\açı durumları tablolarında yeşil ve mavi tonuyla vurgulanmıştır. Ancak dış görüşün maksimumunda sağlanması yeşil tonları ile sağlanmıştır ve kamaşma değerlerinin hesaplanmasında bu optimum saat\açılar baz alınmıştır. Ayrıca referans odalara ve UGGB tiplerine ait çalışma düzleminde oluşan optimum saat\açıların aydınlık düzeylerine ait sonuçlar değerlendirilmeye alınmıştır. Hesap sonuçlarının verildiği şekillerde maviden (en az) kırmızıya (en yüksek) gidecek şekilde bir renk skalası vardır.

İkinci aşamada, ele alınan UGGB tiplerinin kamaşma değerlerine bakılmaktadır. Çalışmada günışığına bağlı kamaşmanın değerlendirilmesi 4.3.1 bölümünde aktarılan DGI ve DGP yöntemleriyle gerçekleştirilmiştir. Ek B'de bütün vakalar için incelenen X1 noktasından bakış doğrultusunda elde edilen DGP ve DGI değerleri dikkate alınarak hazırlanmış saatlik kamaşma analizi matrisi yer almaktadır. Ancak kamaşma düzeylerinin değerlendirilmesi DGP verileri üzerinden yapılmıştır.



Şekil 4.15 : Simülasyona ait akış şeması.

Son olarak aydınlık düzeylerinin görsel konfor üzerindeki etkisi kadar ışığın mekanda eş dağılımında bir o kadar önemlidir. Bundan dolayı D1, D2 ve D3 (çalışma düzleminde ölçülen aydınlık düzeyi yüzdeleri) alan yüzdeleri ile birlikte Ek C’de verilen ofis odasında oluşan günışığı dağılımları da değerlendirmeye alınmıştır.

Güney yönü ve batı yönü kendi içinde olmak üzere UGGB tiplerinin doğal aydınlatma performansları referans odalar üzerinden karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilmiştir.

Güney Yönü

Güneye bakan referans oda (önünde herhangi bir güneş gölgeleme bileşeni bulunmayan) için elde edilen D1, D2 ve D3 alan yüzdeleri Çizelge 4.12’de, aydınlık dağılımı ise Şekil 4.17’de verilmiştir.

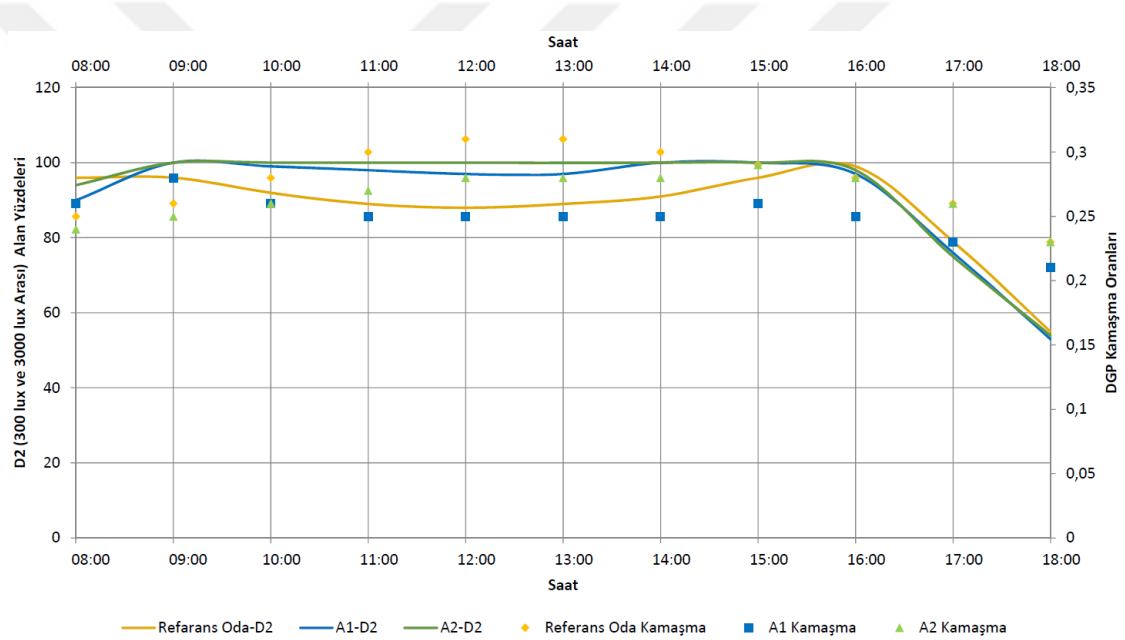
Çizelge 4.11 : Güney yönündeki referans oda için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

Referans Oda-Güney		
8.00	D1	4
	D2	96
	D3	0
9.00	D1	0
	D2	96
	D3	4
10.00	D1	0
	D2	92
	D3	8
11.00	D1	0
	D2	89
	D3	11
12.00	D1	0
	D2	88
	D3	12
13.00	D1	0
	D2	89
	D3	11
14.00	D1	0
	D2	91
	D3	9
15.00	D1	0
	D2	96
	D3	4
16.00	D1	1
	D2	99
	D3	0
17.00	D1	21
	D2	79
	D3	0
18.00	D1	45
	D2	55
	D3	0

Önünde hiçbir engel bulunmaması nedeniyle güney yönü için güneş ışınlarının en etkili olarak geldiği 9.00 ve 15.00 saatleri arasında D3 alan yüzdeleri referans oda için UGGB kullanılan tiplere göre daha yüksek çıkmıştır ve bu durum beraberinde kamaşma potansiyelini artırmıştır. Ayrıca en yüksek D3 alan yüzdesi saat 12.00’da

görülmüştür. Referans oda ve UGGB tiplerine ait D2 alan yüzdeleri arasındaki ilişki Şekil 4.25’de verilmiştir. Referans oda, saat 8.00 ve 16.00 sonrası için bütün vakalar arasında en iyi D2 alan yüzdesine sahiptir.

Referans oda, düşey panellerin katlanması A1 ve yatay panellerin katlanması A2’ye ait D2 alan yüzdeleri ve DGP değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.16’da verilmiştir. Genel anlamda DGP değeri en düşük A1’de görülürken en yüksek referans odadır. Ayrıca Çizelge 4.13 ve 4.14 karşılaştırıldığında elde edilen optimum saat\açılarda dış görüşün A2 tipinde daha fazla olduğu görülmüştür. Ancak elde edilen DGP verilerine göre, güney yönüne bakan vakalar için kamaşma olasılığı bulunmadığından en iyi D2 performansını gösteren A2 tipi, A1 ve referans odaya göre daha iyi bir seçenektir.

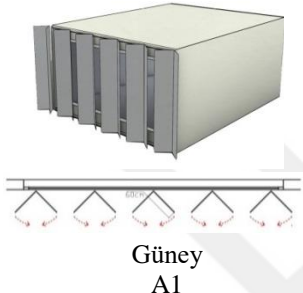


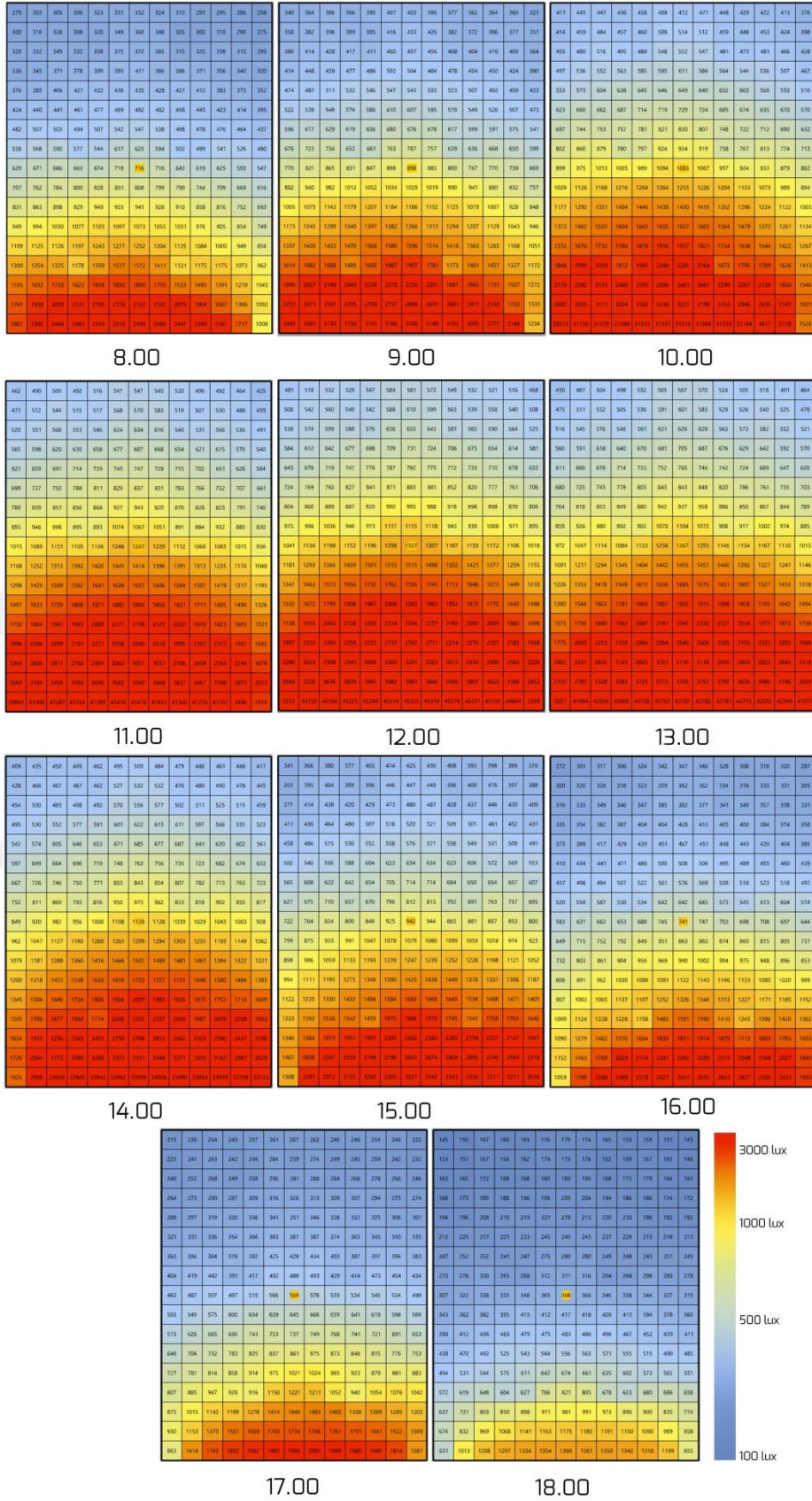
Şekil 4.16 : Güney yönüne bakan referans oda ile optimum saat\açılarda A1 ve A2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.

Düşey panellerin katlanma hareketi olan A1 tipi en iyi D2 alan yüzdesine 60° ile 90° açıları arasında hareket ederek (Çizelge 4.13) ulaşmaktadır ve 12.00’a kadar hareketini azalan derece yönünde yaparken 12.00 sonrası hareket derecesini artırma eğilimindedir. Sadece saat 11.00 ile 13.00 arasında gözardı edilebilek D3 alan yüzdesine sahiptir. Saat 8.00 ve 15.00 sonrasında tamamen açık olma eğilimi (90°) göstermektedir. Ayrıca hem çalışma düzleminde hem de mekansal olarak günışığı dağılımı düzgündür (Şekil 4.17 ve Şekil C.2).

Yatay panellerin katlanma hareketi olan A2 tipi en iyi D2 alan yüzdesine 55° ile 90° açıları arasında hareket ederek (Çizelge 4.14) ulaşmaktadır. Bu bağlamda güney yönü için hareket adımı çeşitliliği en çok olan tiptir ve hiçbir saatte D3 alan yüzdesine sahip değildir. A1 ile benzer şekilde 8.00 ve 15.00 sonrasında tamamen açık olma eğilimi (90°) göstermektedir. Ayrıca Şekil 4.18’te görüldüğü gibi günışığı dağılımı düzgündür.

Çizelge 4.12 : Güney yönündeki A1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

		Hareket Adımları (Açılar)											
		45	50	55	60	65	70	75	80	85	90		
	Güney A1	8.00	D1	61	52	45	36	26	19	16	11	11	10
		D2	39	48	55	64	74	81	84	89	89	90	
		D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		9.00	D1	51	43	29	19	8	1	0	0	0	0
		D2	49	57	71	81	92	99	100	100	100	99	
		D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		10.00	D1	46	34	19	5	1	0	0	0	0	0
		D2	54	67	81	95	99	99	96	95	93	93	
		D3	0	0	0	0	0	1	4	5	7	7	
		11.00	D1	38	27	14	2	0	0	0	0	0	0
D2	60	71	84	96	98	96	94	91	90	90			
D3	2	2	2	2	2	4	6	9	10	10			
12.00	D1	37	22	10	0	0	0	0	0	0	0		
D2	62	76	88	97	95	94	92	91	90	89			
D3	1	2	2	3	5	6	8	9	10	11			
13.00	D1	39	25	13	1	0	0	0	0	0	0		
D2	60	73	85	96	97	95	92	91	90	90			
D3	1	2	3	3	3	5	8	9	10	10			
14.00	D1	45	33	19	5	0	0	0	0	0	0		
D2	55	67	81	95	100	98	96	93	92	92			
D3	0	0	0	0	0	2	4	7	8	8			
15.00	D1	49	39	26	14	4	1	0	0	0	0		
D2	51	61	74	86	96	99	100	100	96	97			
D3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3			
16.00	D1	59	50	42	31	23	16	10	7	3	3		
D2	41	50	58	69	77	84	90	93	97	97			
D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17.00	D1	70	60	52	47	40	34	30	28	26	24		
D2	30	40	48	53	60	66	70	72	74	76			
D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18.00	D1	86	80	72	66	59	56	51	49	48	47		
D2	14	20	28	34	41	44	49	51	52	53			
D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

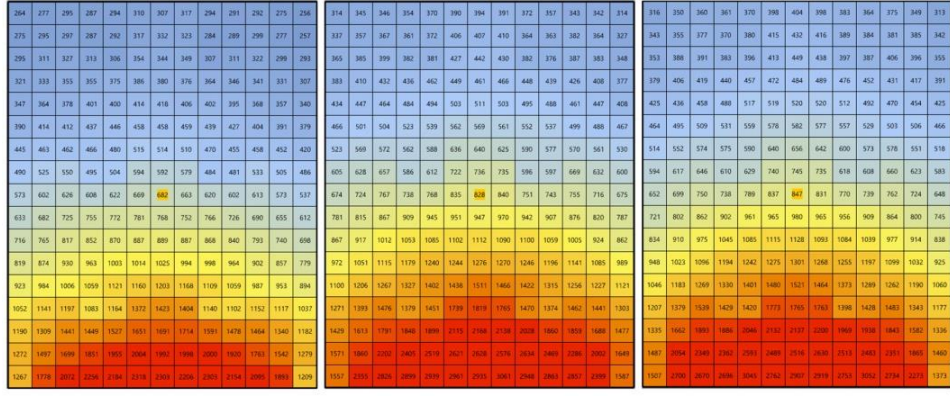


Şekil 4.17 : Güney yönüne bakan referans oda için çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.

Çizelge 4.13 : Güney yönündeki A2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

		Hareket Adımları (Açılar)									
		45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
8.00	D1	61	52	45	37	29	22	19	14	9	7
	D2	39	48	55	63	71	78	81	86	91	94
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	D1	49	40	27	17	8	2	1	0	0	0
	D2	51	60	73	83	92	98	99	100	100	96
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
10.00	D1	40	25	9	2	0	0	0	0	0	0
	D2	60	75	91	98	100	100	100	94	92	92
	D3	0	0	0	0	0	0	0	6	8	8
11.00	D1	33	17	2	0	0	0	0	0	0	0
	D2	67	83	98	100	100	100	98	91	91	91
	D3	0	0	0	0	0	0	2	9	9	9
12.00	D1	28	11	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	72	89	100	100	100	100	93	90	88	88
	D3	0	0	0	0	0	0	7	10	12	12
13.00	D1	32	15	1	0	0	0	0	0	0	0
	D2	68	85	99	100	100	100	96	91	91	90
	D3	0	0	0	0	0	0	4	9	9	10
14.00	D1	39	24	6	0	0	0	0	0	0	0
	D2	61	76	95	100	100	100	100	93	91	91
	D3	0	0	0	0	0	0	0	7	9	9
15.00	D1	48	37	23	13	4	2	0	0	0	0
	D2	52	63	77	87	96	98	100	100	96	96
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4
16.00	D1	58	50	42	32	24	20	13	9	5	3
	D2	42	50	58	68	76	80	87	91	95	98
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.00	D1	71	62	55	47	43	37	33	30	27	24
	D2	29	38	45	53	57	63	67	70	73	75
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.00	D1	86	82	74	67	61	55	52	50	48	47
	D2	14	18	26	33	39	45	48	50	52	54
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

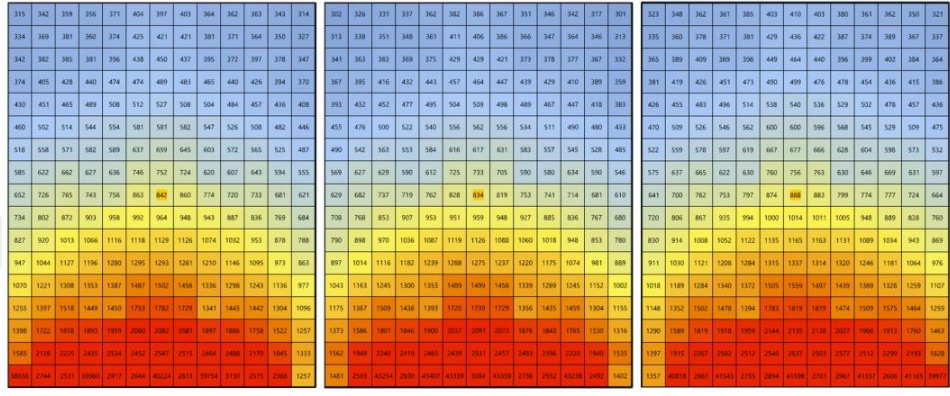
Dikey panellerin dönme hareketi olan B1 tipi en iyi D2 alan yüzdesine 45° ile 135° açıları arasında hareket ederek (Çizelge 4.15) ulaşmaktadır ve 12.00'a kadar hareketini azalan derece yönünde yaparken 12.00 sonrası hareket derecesini artırma eğilimindedir. Sadece saat 11.00'de %7 ve 12.00'de %4 D3 alan yüzdesine sahiptir. Ayrıca günışığı dağılımı düzgündür (Şekil 4.21).



8.00-90°

9.00-85°

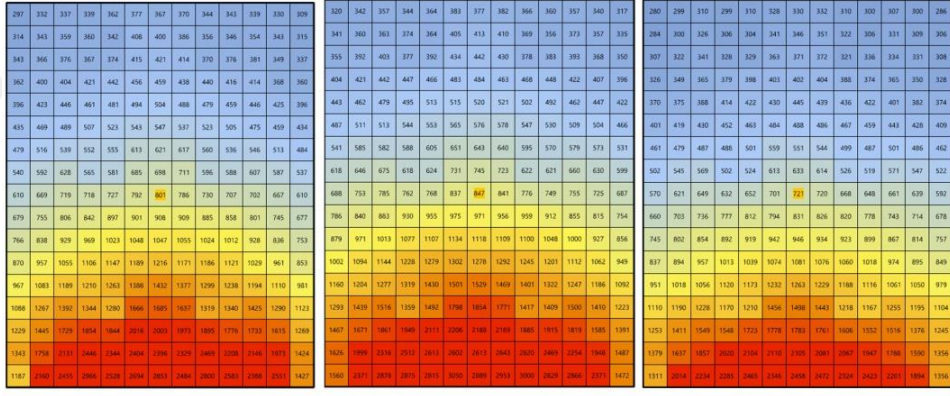
10.00-70°



11.00-65°

12.00-60°

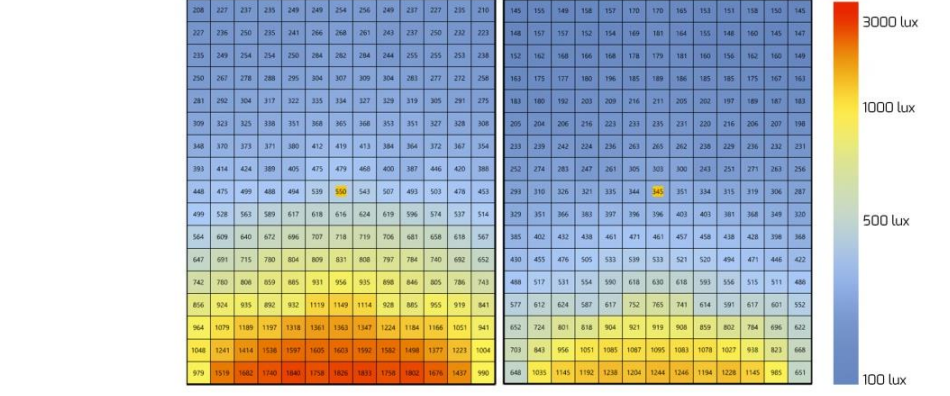
13.00-65°



14.00-65°

15.00-80°

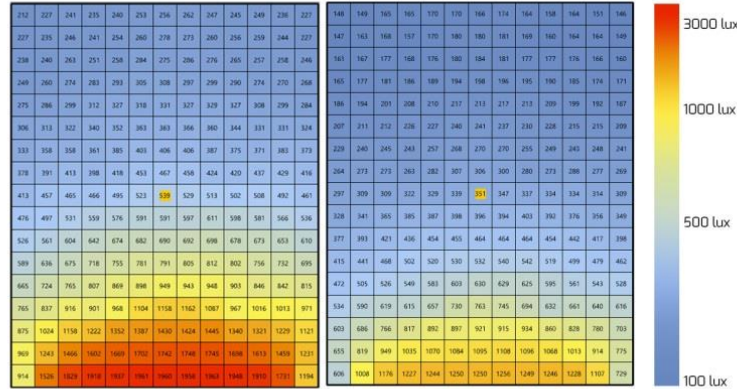
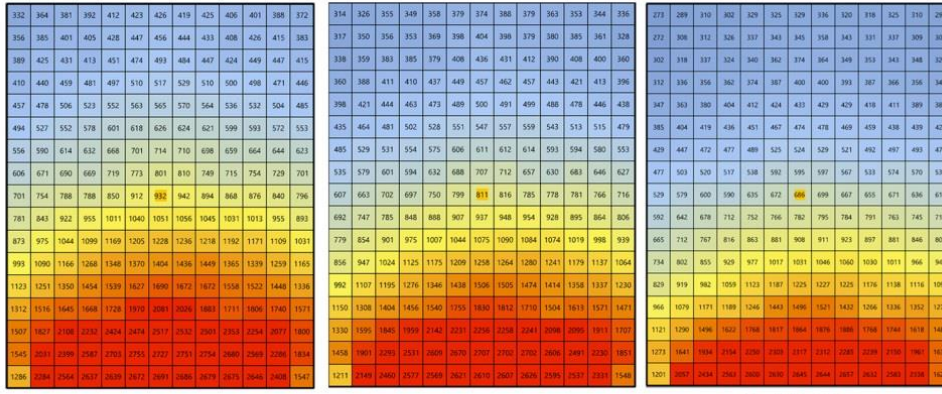
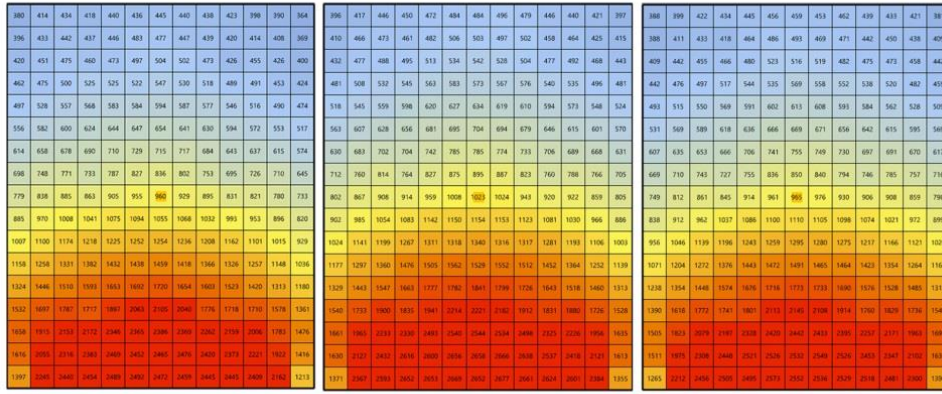
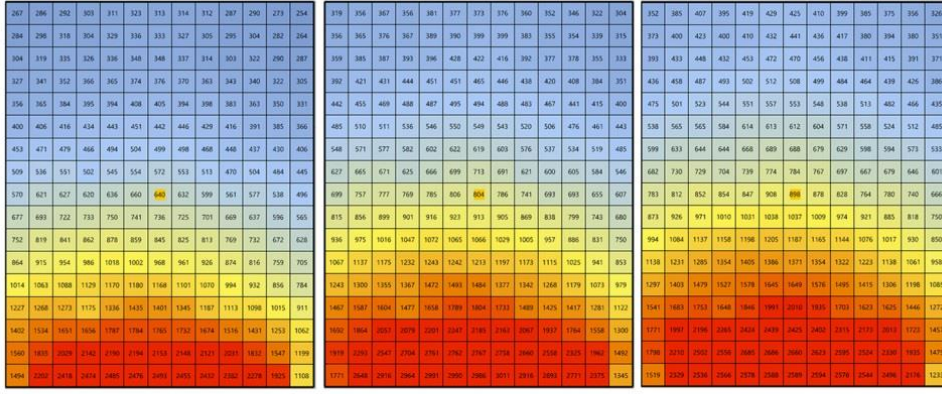
16.00-90°



17.00-90°

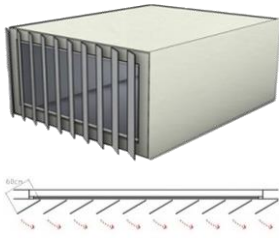
18.00-90°

Şekil 4.18 : Güney yönüne bakan A1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.



Şekil 4.19 : Şeney yönüne bakan A2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.

Çizelge 4.14 : Güney yönündeki B1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

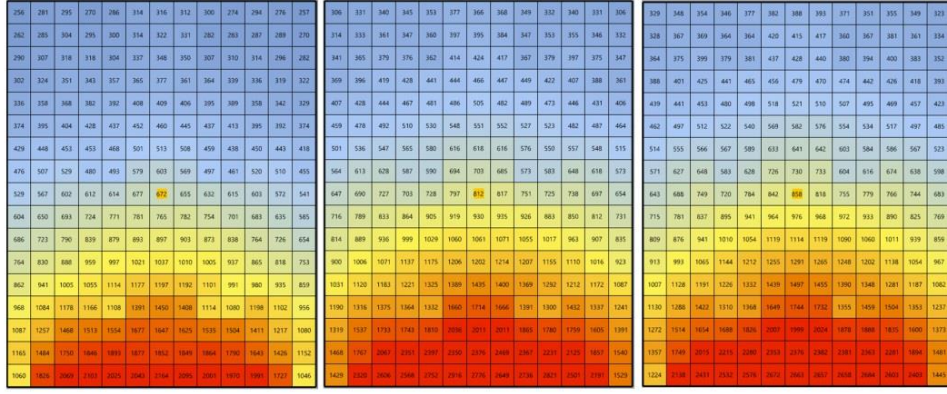
		Hareket Adımları (Açılar)											
		30	45	60	75	90	105	120	135	150	165		
 <p>Güney B1</p>		8.00	D1	55	34	21	15	11	6	12	29	49	73
		D2	45	66	79	85	89	94	88	71	51	27	
			D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		9.00	D1	47	20	3	1	0	0	9	33	61	
			D2	53	80	97	99	100	100	100	91	67	39
			D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		10.00	D1	39	7	0	0	0	6	0	1	23	55
			D2	61	93	100	96	96	94	95	95	73	45
			D3	0	0	0	4	4	0	5	4	4	0
		11.00	D1	31	1	1	0	11	0	0	0	19	55
			D2	69	99	95	92	81	91	92	93	77	44
			D3	0	0	4	8	9	9	8	7	4	1
		12.00	D1	23	1	0	0	0	0	0	1	21	61
			D2	76	95	95	91	90	91	91	95	78	39
			D3	1	4	4	9	10	9	9	4	0	0
		13.00	D1	19	0	1	0	0	0	0	0	29	65
			D2	79	93	90	91	91	91	95	100	71	35
			D3	3	7	9	9	9	9	5	0	0	0
		14.00	D1	20	1	1	0	0	0	0	7	38	72
			D2	75	95	92	92	93	96	100	93	62	28
			D3	5	4	7	8	7	4	0	0	0	0
		15.00	D1	29	10	0	0	0	0	3	19	44	76
			D2	71	90	100	100	100	100	97	81	56	24
			D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		16.00	D1	45	24	8	4	7	10	17	31	53	80
			D2	55	76	92	96	93	90	83	69	47	20
			D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		17.00	D1	58	41	29	26	27	28	34	47	64	86
			D2	42	59	71	74	73	72	66	53	36	14
			D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		18.00	D1	72	61	51	48	49	51	55	64	76	91
			D2	28	39	49	52	51	49	45	36	24	9
			D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 4.20’de görüldüğü gibi 9.00 ile 15.00 arası referans oda ve B1’e göre B2 daha kararlı bir çizgidedir ve en iyi D2 yüzdesine sahiptir. 10.00 ve 13.00 arasında B2’nin B1’e göre daha iyi performans sergilemesinin nedeni panellerin yansıtılığının yüksek olmasıyla birlikte gölgeleme bileşenlerinin bir anlamda ışık rafı özelliği göstermesidir. Bundan dolayı güney yönünde bu saatler arasında gelen güneş ışınlarını yatay paneller dikey panellere göre daha iyi karşılamakta ve gölgeleme bileşenine çarparak içeriye yansıtıp aydınlık düzeyini artırmaktadır.

Yatay panellerin dönme hareketi olan B2 tipi en iyi D2 alan yüzdesine 45° ile 90° açıları arasında hareket ederek (Çizelge 4.16) ulaşmaktadır. Hiçbir saatte D3 alan yüzdesine sahip değildir ve günışığı dağılımı düzgündür (Şekil 4.21).

Çizelge 4.15 : Güney yönündeki B2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

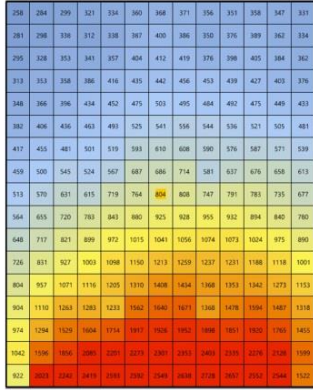
		Hareket Adımları (Açılar)										
		30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	
Güney B2												
	8.00	D1	47	28	20	18	21	29	35	45	61	80
		D2	53	72	80	82	79	71	65	55	39	20
		D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9.00	D1	37	15	2	1	2	10	16	29	50	72
		D2	63	85	98	99	95	86	84	71	50	28
		D3	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0
	10.00	D1	28	2	0	0	0	1	1	11	41	63
		D2	72	98	100	100	92	92	95	89	59	32
		D3	0	0	0	0	8	7	4	0	0	5
	11.00	D1	23	0	0	0	0	0	0	1	34	55
		D2	77	100	100	93	91	91	95	95	63	40
	D3	0	0	0	7	9	9	5	4	4	5	
12.00	D1	21	0	0	0	0	0	0	0	30	54	
	D2	79	100	100	91	91	91	93	96	65	41	
	D3	0	0	0	9	9	9	7	4	5	5	
13.00	D1	23	0	0	0	0	0	0	1	34	55	
	D2	77	100	100	92	91	91	95	95	62	39	
	D3	0	0	0	8	9	9	5	4	4	5	
14.00	D1	27	1	0	0	0	0	0	8	38	60	
	D2	73	99	100	97	91	92	96	92	62	35	
	D3	0	1	0	3	9	7	4	0	0	5	
15.00	D1	34	10	1	0	1	7	14	25	48	72	
	D2	66	90	99	100	95	89	86	75	52	28	
	D3	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	
16.00	D1	47	26	17	13	17	25	30	44	58	80	
	D2	53	74	83	87	83	76	70	56	42	20	
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17.00	D1	58	45	36	33	34	40	44	53	66	82	
	D2	42	55	64	67	66	60	56	47	34	18	
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18.00	D1	100	65	56	53	53	53	57	66	75	86	
	D2	0	35	44	47	47	47	43	34	25	14	
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	



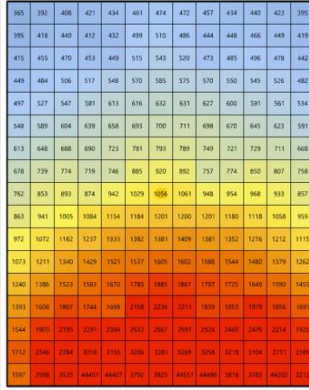
8.00-105°

9.00-90°

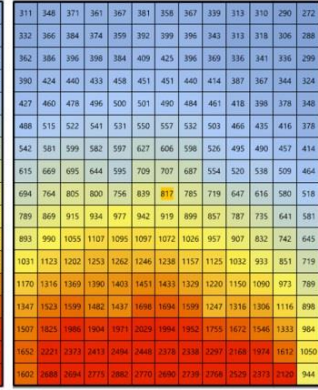
10.00-60°



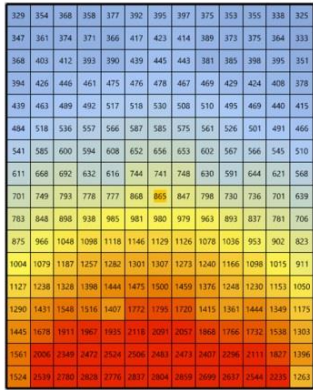
11.00-135°



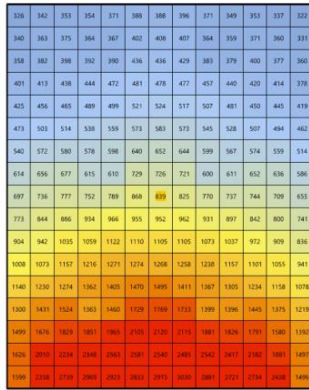
12.00-60°



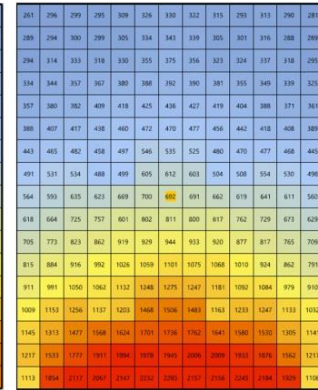
13.00-135°



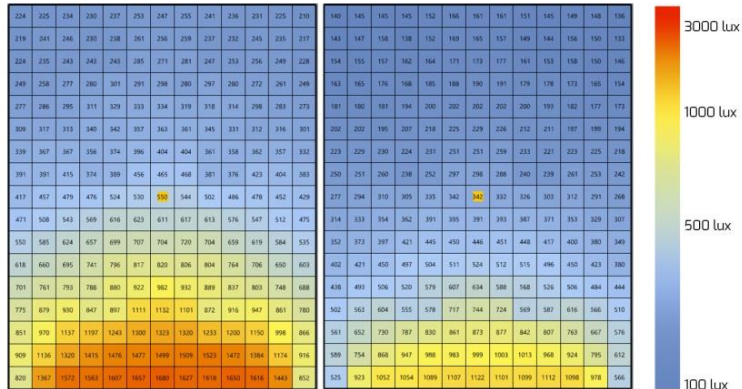
14.00-120°



15.00-90°



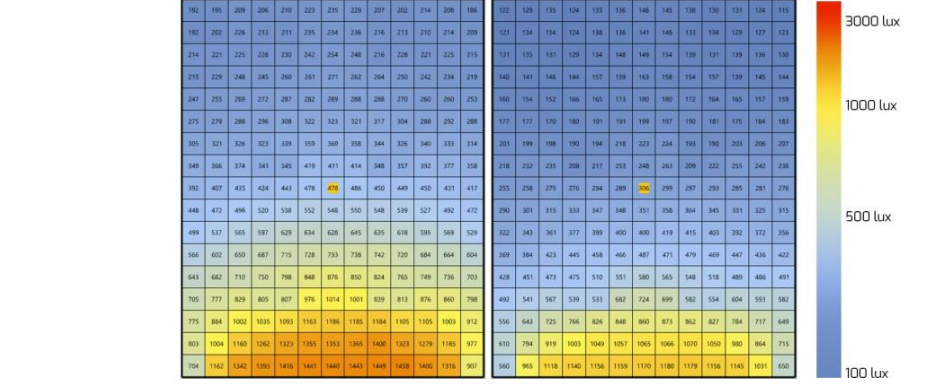
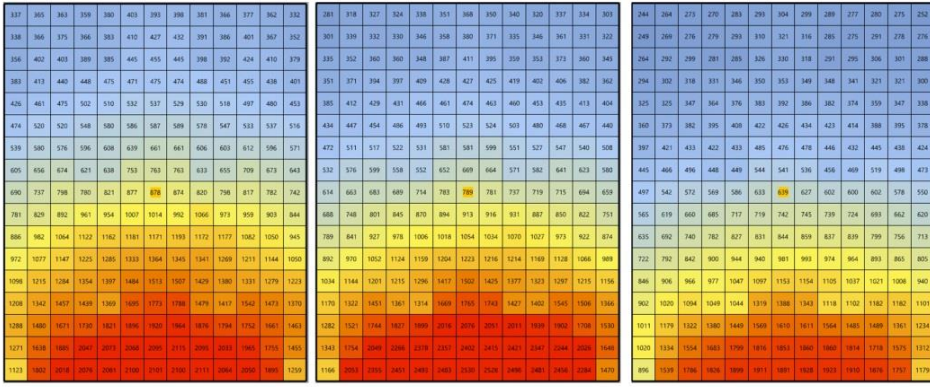
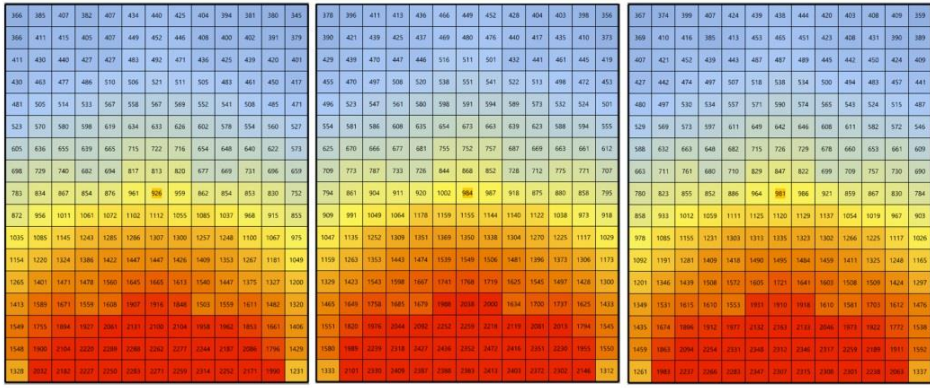
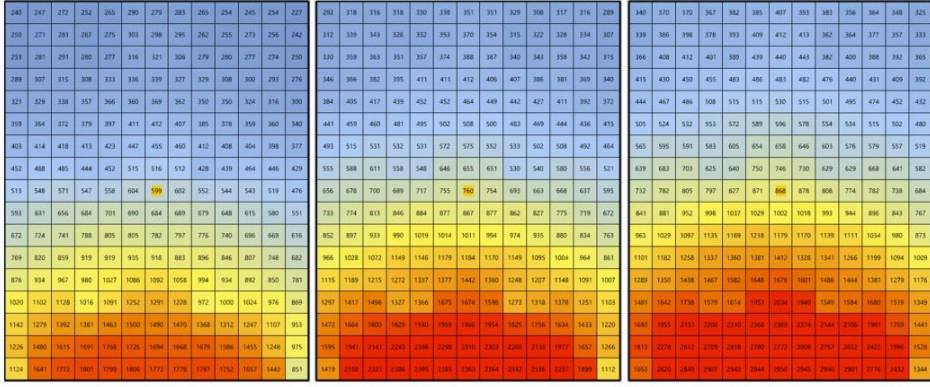
16.00-75°



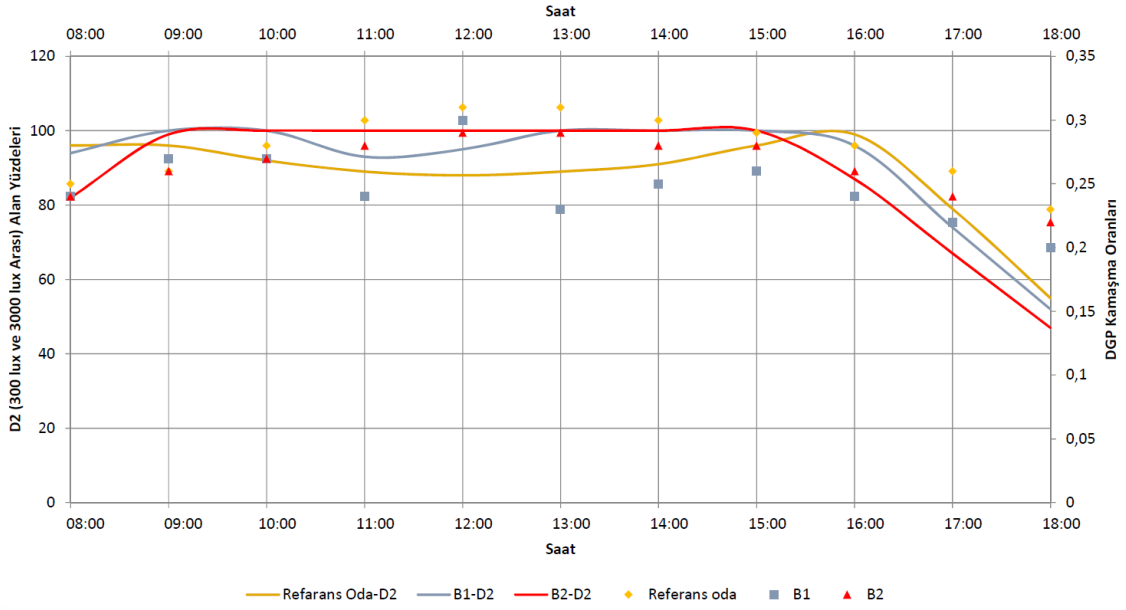
17.00-75°

18.00-75°

Şekil 4.20 : Güney yönüne bakan B1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.



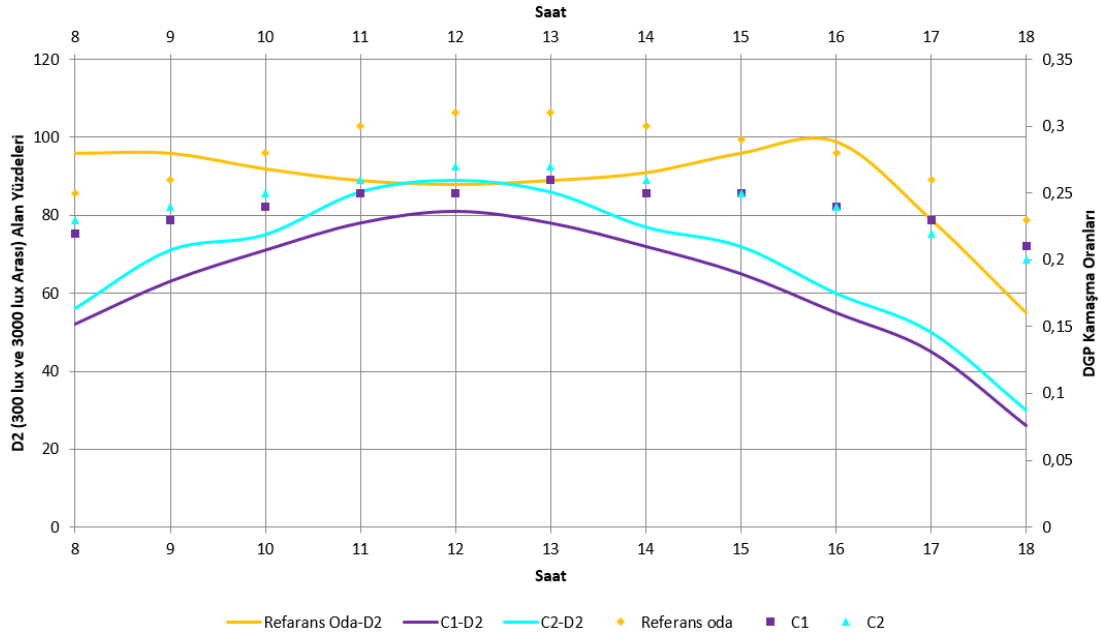
Şekil 4.21 : Güney yönüne bakan B2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.



Şekil 4.22 : Güney yönüne bakan referans oda, B1 ve B2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.

Saat 15.00'a kadar referans odadan daha iyi doğal aydınlatmaya sahiptir. B2, 15.00'a kadar referans odadan daha fazla D2 alan yüzdesine sahipken sonrasında referans odanın altına düşmüştür.

Şekil 4.22'de referans oda ile C1 ve C2 tipleri arasındaki görsel performans kıyaslamasında görülmektedir ki referans oda daha iyi görsel performansa sahiptir.



Şekil 4.23 : Güney yönüne bakan referans oda, C1 ve C2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.

Dikey panellerin kayma hareketi olan C1 ve yatay panellerin kayma hareketi olan C2 tipleri için hareket gözlenmemekle birlikte ve hep açık olma eğilimi vardır çünkü gölgeleme bileşenleri A1, A2, B1 ve B2 tiplerinde olduğu gibi cepheye dik değil paralel şekilde yerleşmektedir. Bundan dolayı tamamen açık olsa bile dış görüş sınırlı olmaktadır.

Çizelge 4.16 : Güney yönündeki C1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

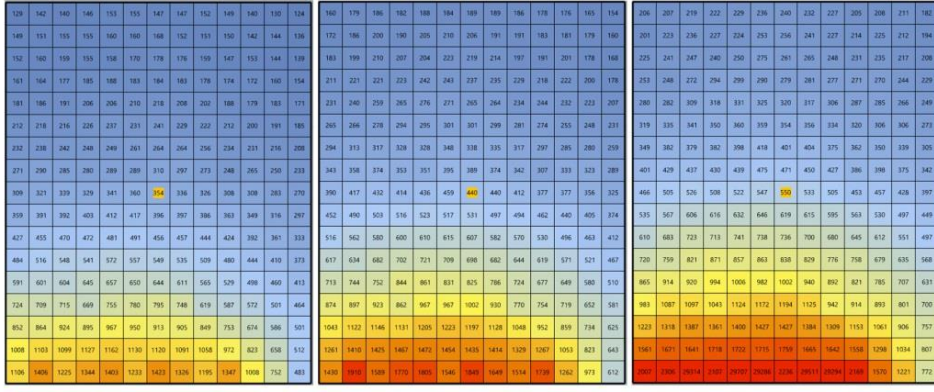
		Hareket Adımları (Oran)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Güney C1													
8.00	D1	100	100	93	85	80	72	65	58	52	48		
	D2	0	0	7	15	20	28	35	42	48	52		
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9.00	D1	100	96	87	80	71	62	55	50	43	37		
	D2	0	4	13	20	29	38	45	50	57	63		
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10.00	D1	100	93	84	73	63	54	48	41	34	27		
	D2	0	6	15	26	35	45	50	57	65	71		
	D3	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2,26		
11.00	D1	99	90	79	67	56	49	43	34	27	19		
	D2	0	9	20	32	43	49	56	64	71	78		
	D3	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3		
12.00	D1	99	89	77	64	54	47	38	32	24	16		
	D2	1	11	23	36	45	52	60	67	74	81		
	D3	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2		
13.00	D1	99	89	77	64	56	48	42	33	28	19		
	D2	1	11	22	35	43	50	56	64	70	78		
	D3	0	0	1	1	1	2	2	2	2	3		
14.00	D1	100	92	82	70	60	52	46	39	32	26		
	D2	0	8	17	29	38	46	52	58	66	72		
	D3	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2		
15.00	D1	100	95	85	77	67	59	53	47	41	35		
	D2	0	5	15	23	33	41	47	53	59	65		
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16.00	D1	100	98	91	84	76	68	62	56	51	45		
	D2	0	2	9	16	24	32	38	44	49	55		
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17.00	D1	100	100	97	90	85	79	72	67	61	55		
	D2	0	0	3	10	15	21	28	33	39	45		
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18.00	D1	100	100	100	100	94	91	87	83	78	74		
	D2	0	0	0	0	6	10	13	17	22	26		
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

C2, C1'e göre daha iyi performans göstermiştir ancak D1 alan yüzdeleri yüksek çıkmıştır ve referans odadan daha kötü doğal aydınlatma performansına sahiplerdir. Şekil 4.23 ve 4.24'te C1 ve C2'ye ait aydınlık dağılımları verilmiştir ve dağılımlar düzgündür.

Özetle C1 ve C2 haricindeki tiplerin referans durumdan daha iyi aydınlık düzeyleri sağladığı söylenebilir ancak A2 sağladığı aydınlık düzeyleriyle diğer tiplerden bir adım öndedir. A1, A2 ve B1 saat 15.00 sonrası referans duruma benzer aydınlık düzeyleri sağlamaktadır.

Çizelge 4.17 : Güney yönündeki C2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

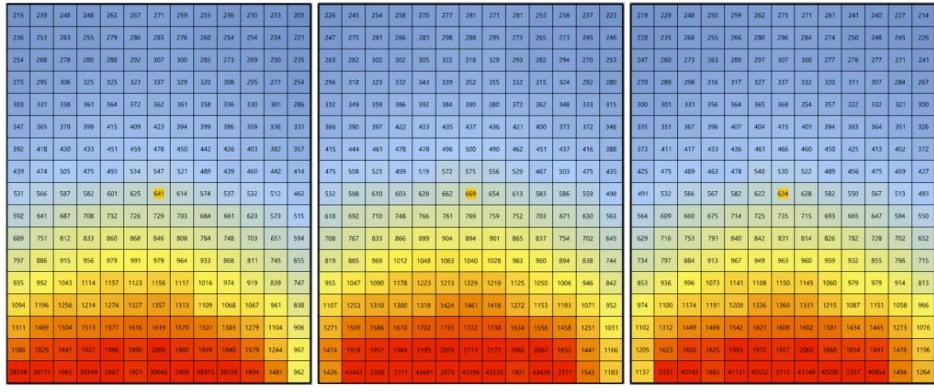
		Hareket Adımları (Oran)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8.00	D1	100	95	86	78	71	64	56	52	47	44
	D2	0	5	14	22	29	36	44	48	53	56
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	D1	100	91	83	72	62	55	49	43	36	29
	D2	0	10	17	29	38	45	51	57	64	71
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.00	D1	95	88	79	67	56	48	42	33	26	21
	D2	0	7	17	29	39	47	53	62	69	75
	D3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,52
11.00	D1	95	84	73	61	52	45	36	27	19	10
	D2	5	16	27	39	48	50	59	68	76	86
	D3	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
12.00	D1	95	83	69	58	48	41	32	23	15	6
	D2	5	17	31	43	52	59	63	72	80	89
	D3	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5
13.00	D1	95	85	72	58	50	43	33	26	17	9
	D2	5	15	29	42	50	51	62	68	78	86
	D3	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5
14.00	D1	97	88	80	65	55	47	41	31	24	18
	D2	3	12	20	30	40	48	54	64	71	77
	D3	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5
15.00	D1	100	90	81	69	62	53	47	40	33	28
	D2	0	10	19	31	38	47	53	60	67	72
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.00	D1	100	94	86	78	70	62	56	50	46	40
	D2	0	6	14	22	30	38	44	50	54	60
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17.00	D1	100	95	91	85	78	72	67	61	55	50
	D2	0	5	9	15	22	28	33	39	45	50
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18.00	D1	100	100	95	91	88	84	81	78	74	70
	D2	0	0	5	9	12	16	19	22	26	30
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



8.00-10°

9.00-10°

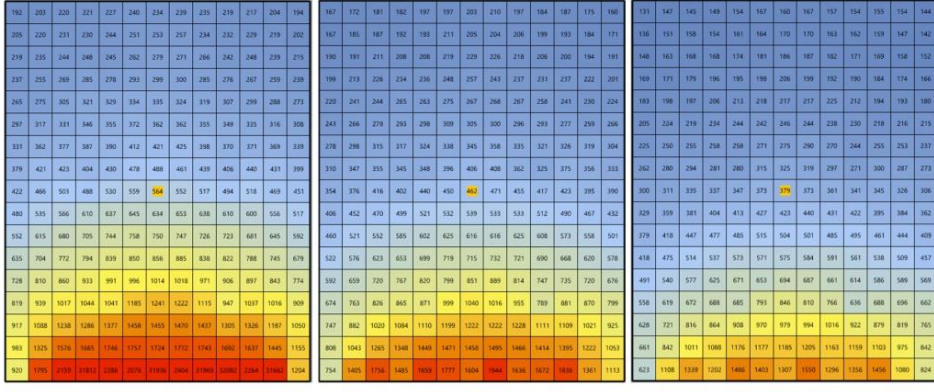
10.00-10°

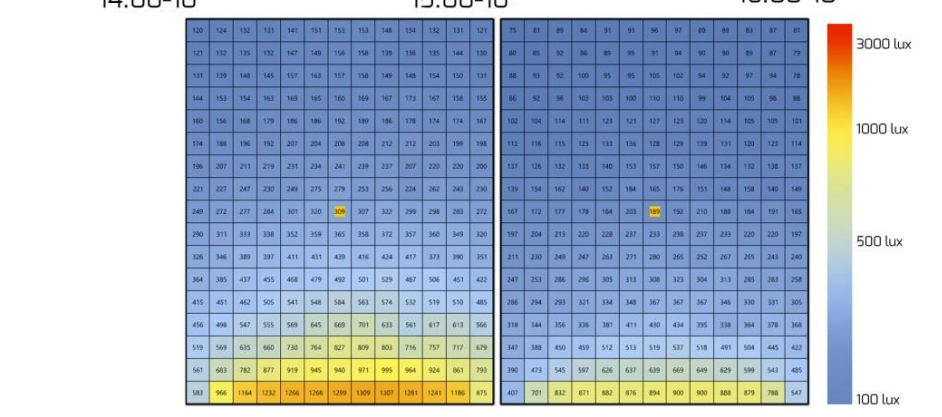
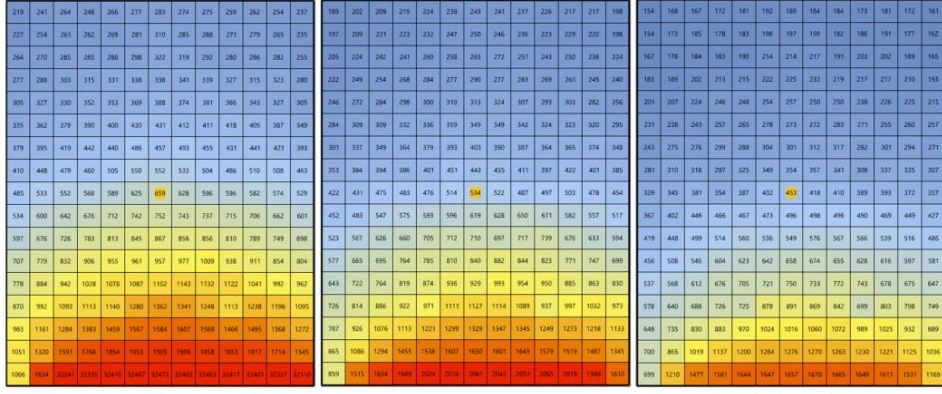
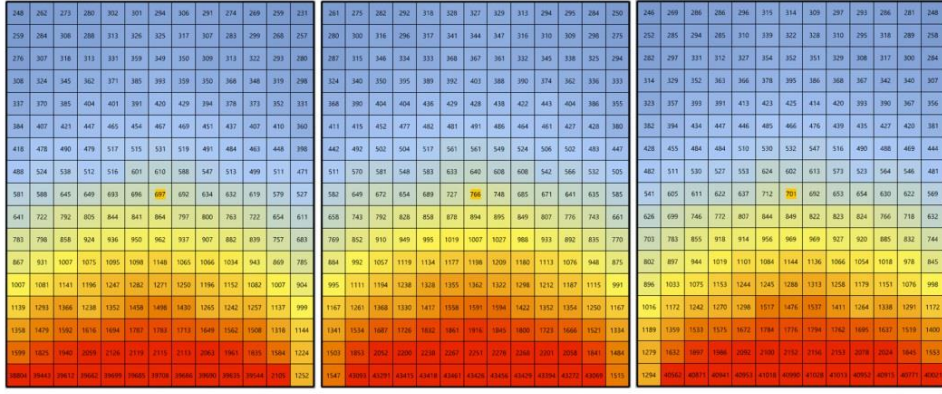
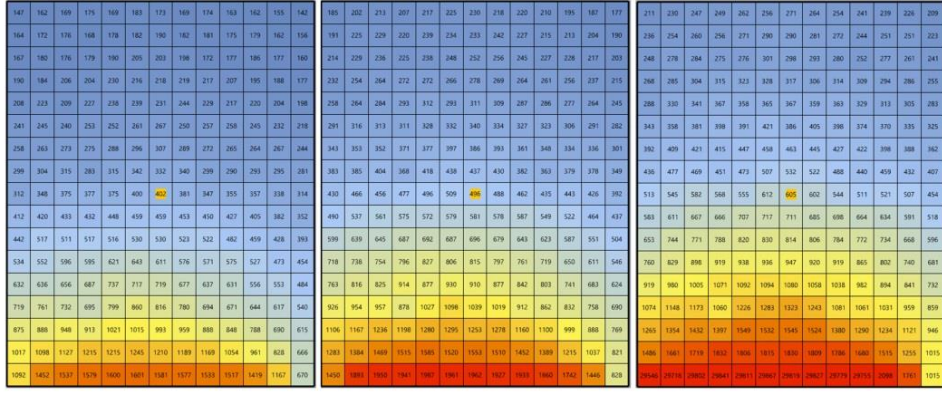


11.00-10°

12.00-10°

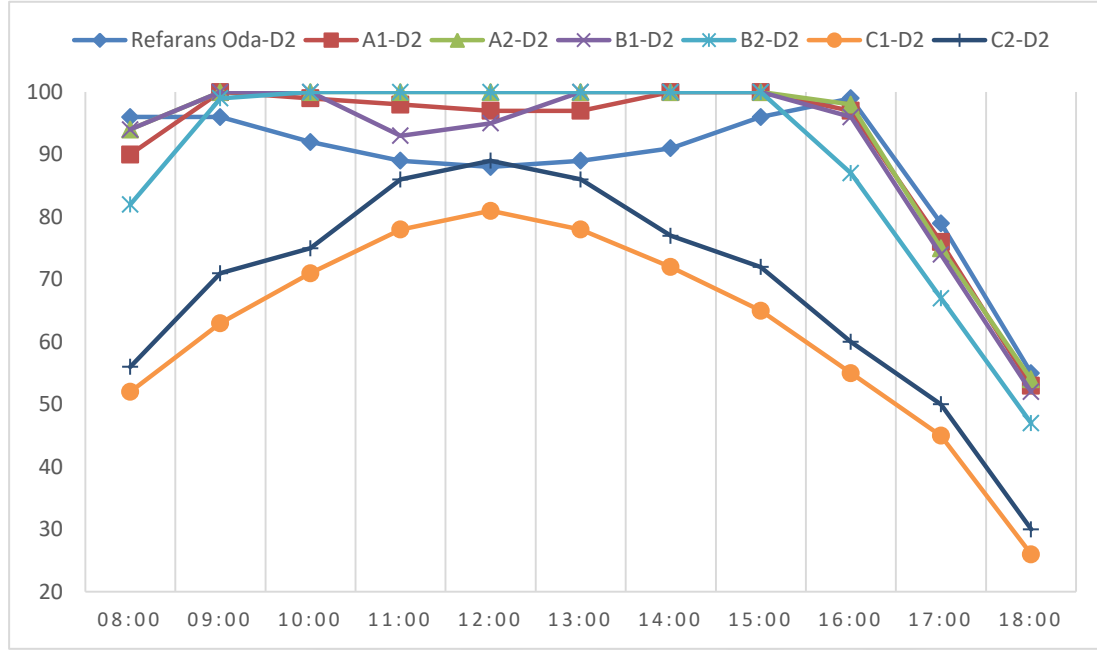
13.00-10°





Şekil 4.25 : Güney yönüne bakan C2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.

Güney yönüne bakan vakaların D2 alan yüzdelerinin birbiri ile olan ilişkisi şekil 4. 24’de verilmiştir. Özetle C tipleri referans odadan kötü performans sergilemiş ve A2 en iyi performansı sergilenen tip olmuştur.



Şekil 4.26 : Güney yönüne bakan vakaların D2 alan yüzdeleri karşılaştırması.

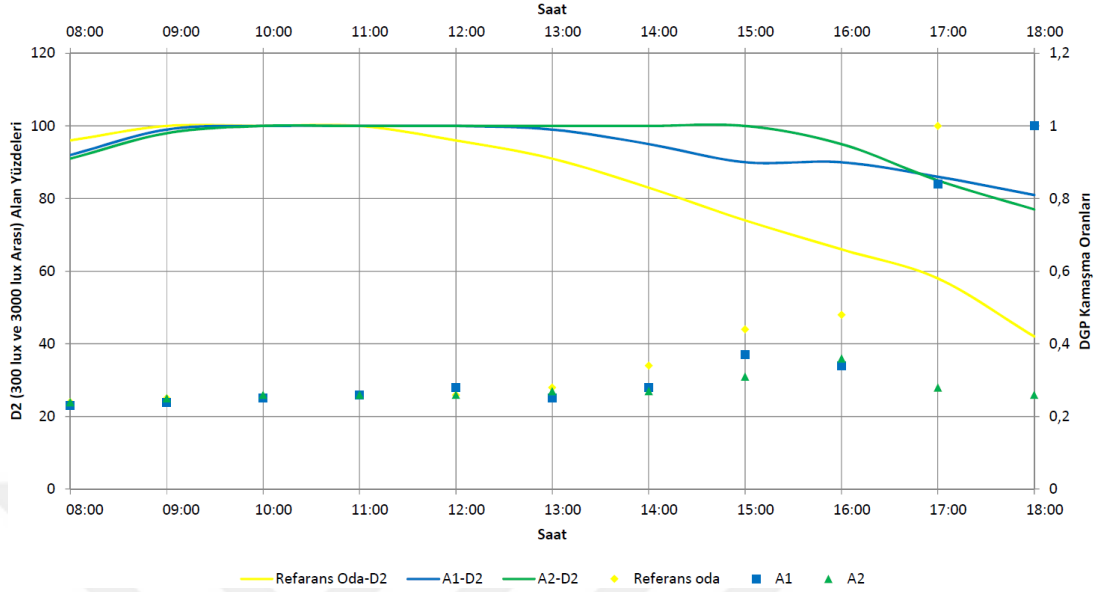
Batı Yönü

Batı yönüne bakan referans oda için elde edilen D1, D2 ve D3 alan yüzdeleri çizelge 4.19’da verilmiştir. Önünde hiçbir gölgeleme elemanı bulunmaması nedeniyle saat 12.00’den sonra D3 alan yüzdeleri referans oda için artış göstermiştir (Şekil 4.27) ve saat 15.00 sonrası için katlanılmaz kamaşmanın olduğu görülmüştür. Bundan dolayı batı yönünde gölgeleme bileşeni kullanımı önem kazanmıştır.

Batı yönüne bakan referans oda, A1 ve A2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki Şekil 4.26’da verilmiştir ve en iyi performansı A2’nin sergilediği görülmüştür çünkü A2 ile benzer bir D2 eğrisi çizen A1 kamaşma açısından daha kötü performans göstermiştir.

Dikey panellerin katlanma hareketi olan A1 tipi en iyi D2 alan yüzdesine 50° ile 90° açıları arasında hareket ederek (Çizelge 4.20) ulaşmaktadır ve D3 alan yüzdesi 13.00’den sonra artma eğilimindedir. Bu durum günışığı dağılımı 15.00’den sonra bozmaktadır (Şekil 4.28). Referans oda ve UGGB tiplerine ait D2 alan yüzdeleri arasındaki ilişki Şekil 3.25’de verilmiştir. A1 ve referans oda 10.00 ve 11.00’da için

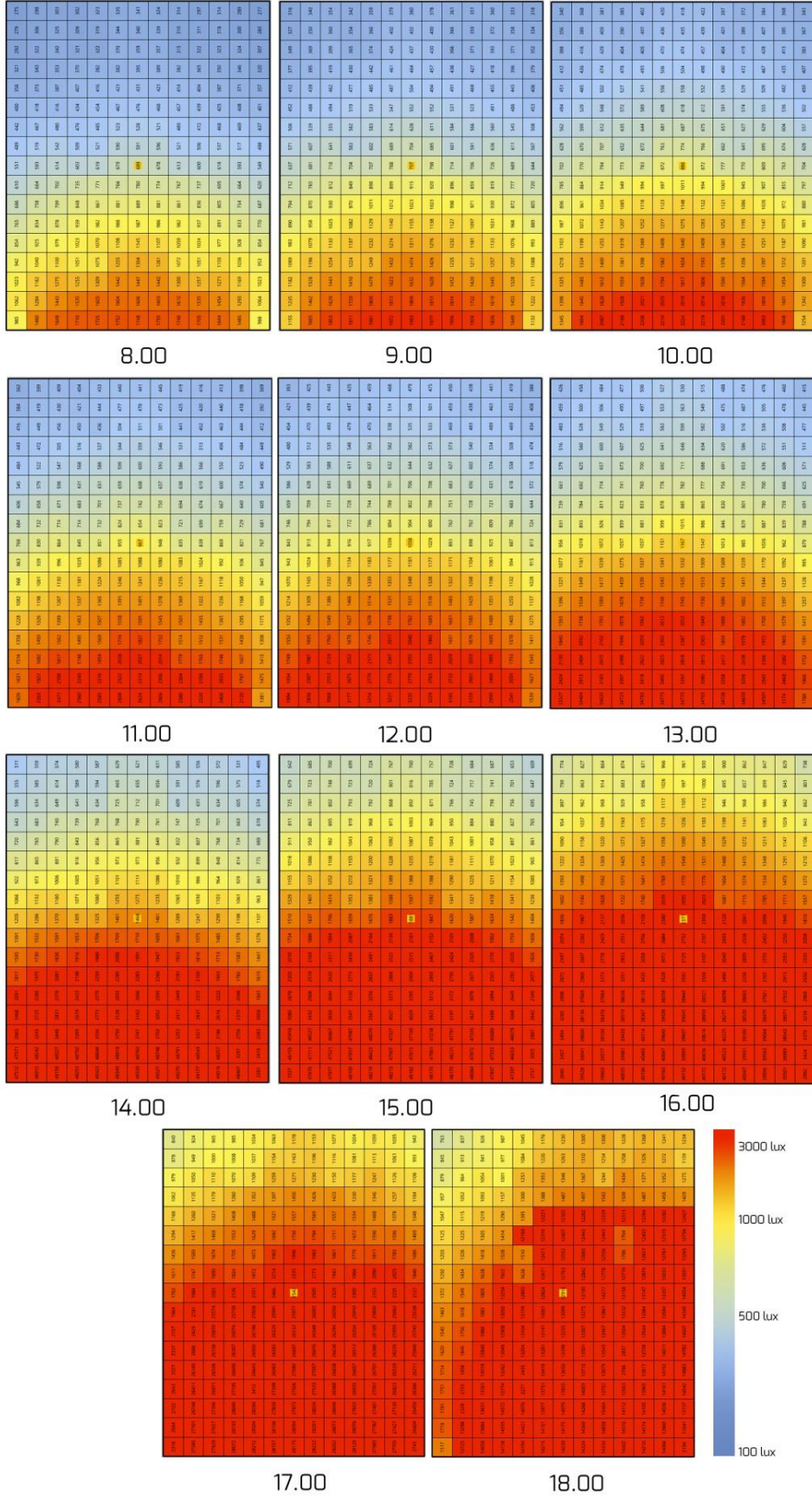
aynı aydınlık düzeyi yüzdelere sahiptir ancak 11.00 sonrasında referans odadan daha iyi performans sergilemektedir.



Şekil 4.27 : Batı yönüne bakan referans oda, A1 ve A2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.

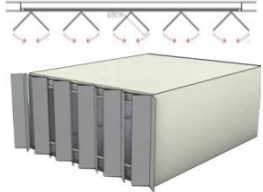
Çizelge 4.18 : Batı yönündeki referans oda için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

Referans Oda-Batı		
8.00	D1	4
	D2	96
	D3	0
9.00	D1	0
	D2	100
	D3	0
10.00	D1	0
	D2	100
	D3	0
11.00	D1	0
	D2	100
	D3	0
12.00	D1	0
	D2	96
	D3	4
13.00	D1	0
	D2	91
	D3	9
14.00	D1	0
	D2	83
	D3	17
15.00	D1	2
	D2	74
	D3	24
16.00	D1	0
	D2	66
	D3	34
17.00	D1	0
	D2	58
	D3	42
18.00	D1	0
	D2	42
	D3	58



Şekil 4.28 : Batı yönüne bakan referans odaya ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.

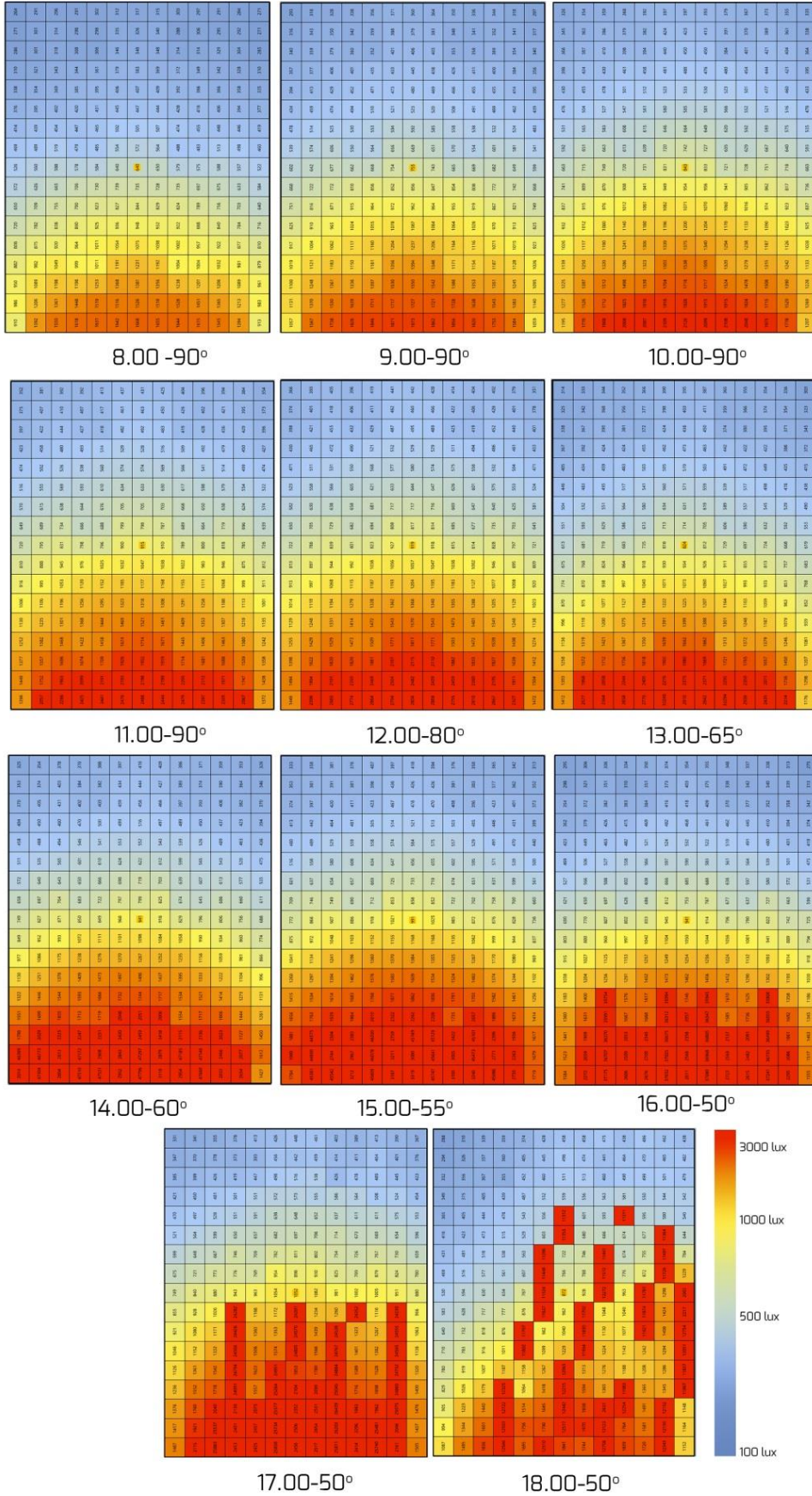
Çizelge 4.19 : Batı yönündeki A1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.



		Hareket Adımları (Açılar)									
		45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
8.00	D1	66	57	49	40	31	24	18	10	11	8
	D2	34	43	51	60	69	76	82	90	89	92
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	D1	60	50	42	29	19	9	2	2	1	1
	D2	40	50	58	71	81	91	98	98	99	99
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.00	D1	56	47	34	24	12	3	1	0	0	0
	D2	44	53	66	76	88	97	99	100	100	100
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.00	D1	52	40	27	13	3	0	0	0	0	0
	D2	48	60	73	87	97	100	100	100	100	100
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.00	D1	49	36	25	10	1	0	0	0	0	0
	D2	51	64	75	90	99	100	100	100	99	97
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
13.00	D1	45	30	15	3	0	0	0	0	0	0
	D2	55	70	85	97	99	98	95	93	91	91
	D3	0	0	0	0	1	2	5	7	9	9
14.00	D1	29	18	2	0	0	0	0	0	0	0
	D2	69	79	94	95	91	90	89	87	86	86
	D3	3	4	4	5	9	10	11	13	14	14
15.00	D1	19	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	77	90	90	88	87	84	84	81	78	76
	D3	4	5	10	12	13	16	16	19	22	24
16.00	D1	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	76	90	86	83	80	78	76	74	70	67
	D3	7	9	14	17	20	22	24	26	30	33
17.00	D1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	84	86	84	76	73	70	66	63	61	60
	D3	12	14	16	24	27	30	34	37	39	40
18.00	D1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	80	81	77	74	69	65	60	56	53	52
	D3	14	19	23	26	31	35	40	44	47	48

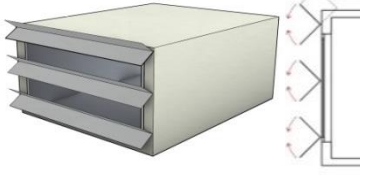
Yatay panellerin katlanma hareketi olan A2 tipi en iyi D2 alan yüzdesine 45° ile 90° açıları arasında hareket ederek (Çizelge 4.21) ulaşmaktadır. Bu bağlamda batı yönü için hareket adımı çeşitliliği en çok olan tiptir ve saat 15.00 sonrası D3 alan yüzdesi artış göstermektedir bununla birlikte 17.00 ve 18.00'da günışığı dağılımı düzgün değildir (Şekil 4.31). A2 ve referans oda 10.00 ve 11.00'da için aynı aydınlık düzeyi yüzdelere sahiptir ancak 11.00 sonrasında referans odadan daha iyi performans sergilemektedir. A2, A1'e göre daha iyi performans göstermektedir.

Dikey panellerin dönme hareketi olan B1 tipi en iyi D2 alan yüzdelere 30° ile 150° açıları arasında hareket ederek (Çizelge 4.22) ulaşmaktadır. Ayrıca günışığı dağılımı düzgündür (Şekil 4.32). B1, 9.00 ve 12.00 arası B2 ile aynı D2 alan yüzdelere sahiptir ve referans odadan daha iyi aydınlık düzeyi performansı göstermektedir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29 : Batı yönüne bakan A1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.

Çizelge 4.20 : Batı yönündeki A2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

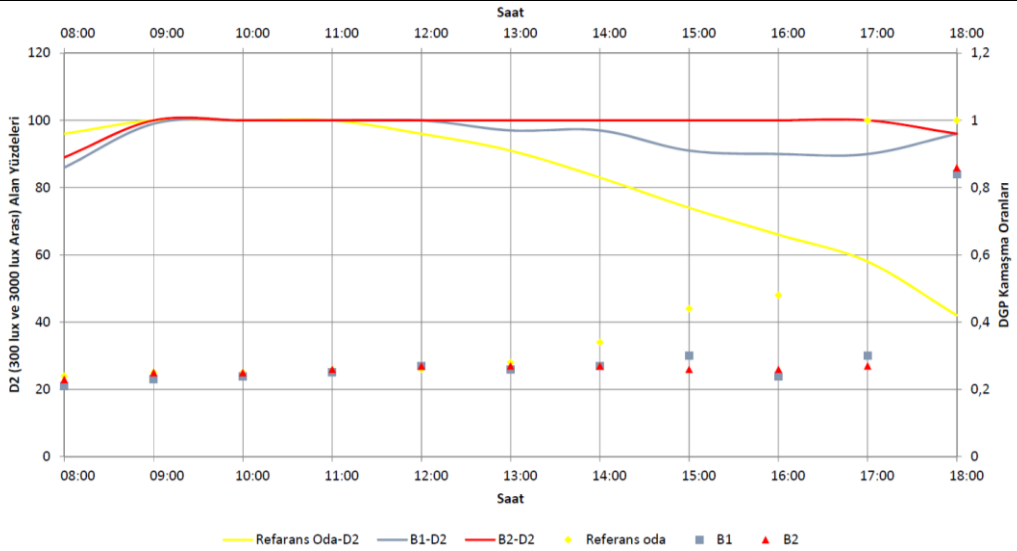


Batı
A2

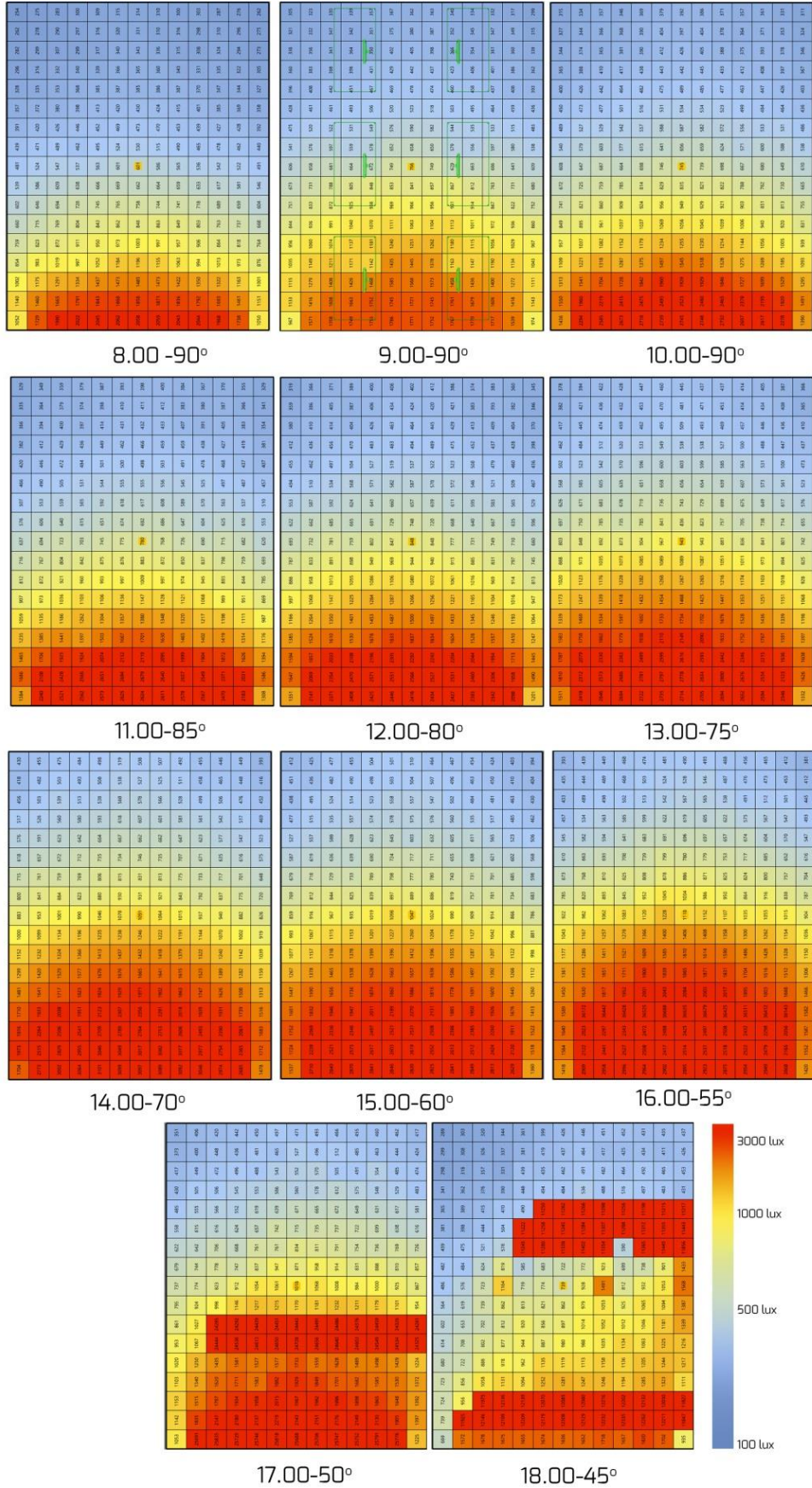
Hareket Adımları (Açılar)

	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Saat	D1	D2	D3	Hareket Adımları (Açılar)													
				45	50	55	60	65	70	75	80	85	90				
8.00	D1	66	57	51	43	35	31	24	20	16	9						
	D2	34	43	49	57	65	69	76	80	84	91						
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	D1	59	52	43	33	24	20	15	8	4	2						
	D2	41	48	57	67	76	80	85	92	96	98						
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.00	D1	55	47	37	26	18	12	5	1	1	0						
	D2	45	53	63	74	82	88	95	99	99	100						
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.00	D1	52	43	30	19	11	3	1	0	0	0						
	D2	48	57	70	81	89	97	99	100	100	97						
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.00	D1	48	36	23	10	1	0	0	0	0	0						
	D2	52	64	77	90	99	100	100	100	99	94						
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6					
13.00	D1	35	22	6	0	0	0	0	8	0	0						
	D2	65	78	94	100	100	100	100	92	91	91						
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9						
14.00	D1	27	11	0	0	0	0	0	0	0	0						
	D2	73	89	100	100	100	100	90	89	89	88						
	D3	0	0	0	0	0	0	10	11	11	12						
15.00	D1	23	8	0	0	0	0	0	0	0	0						
	D2	77	92	100	100	93	88	86	84	84	82						
	D3	0	0	0	0	7	12	14	16	16	18						
16.00	D1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	D2	88	95	95	89	83	81	79	78	73	70						
	D3	5	5	5	11	17	19	21	22	27	30						
17.00	D1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	D2	84	85	80	74	74	72	64	62	60	59						
	D3	15	15	20	26	26	28	36	38	40	41						
18.00	D1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
	D2	77	71	66	66	62	57	56	56	52	52						
	D3	22	29	34	34	38	43	44	44	48	48						

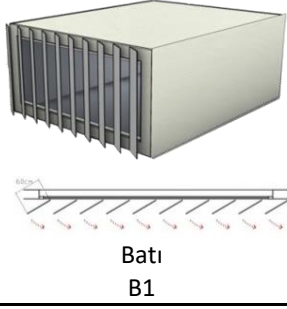


Şekil 4.30 : Batı yönüne bakan referans oda, B1 ve B2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.

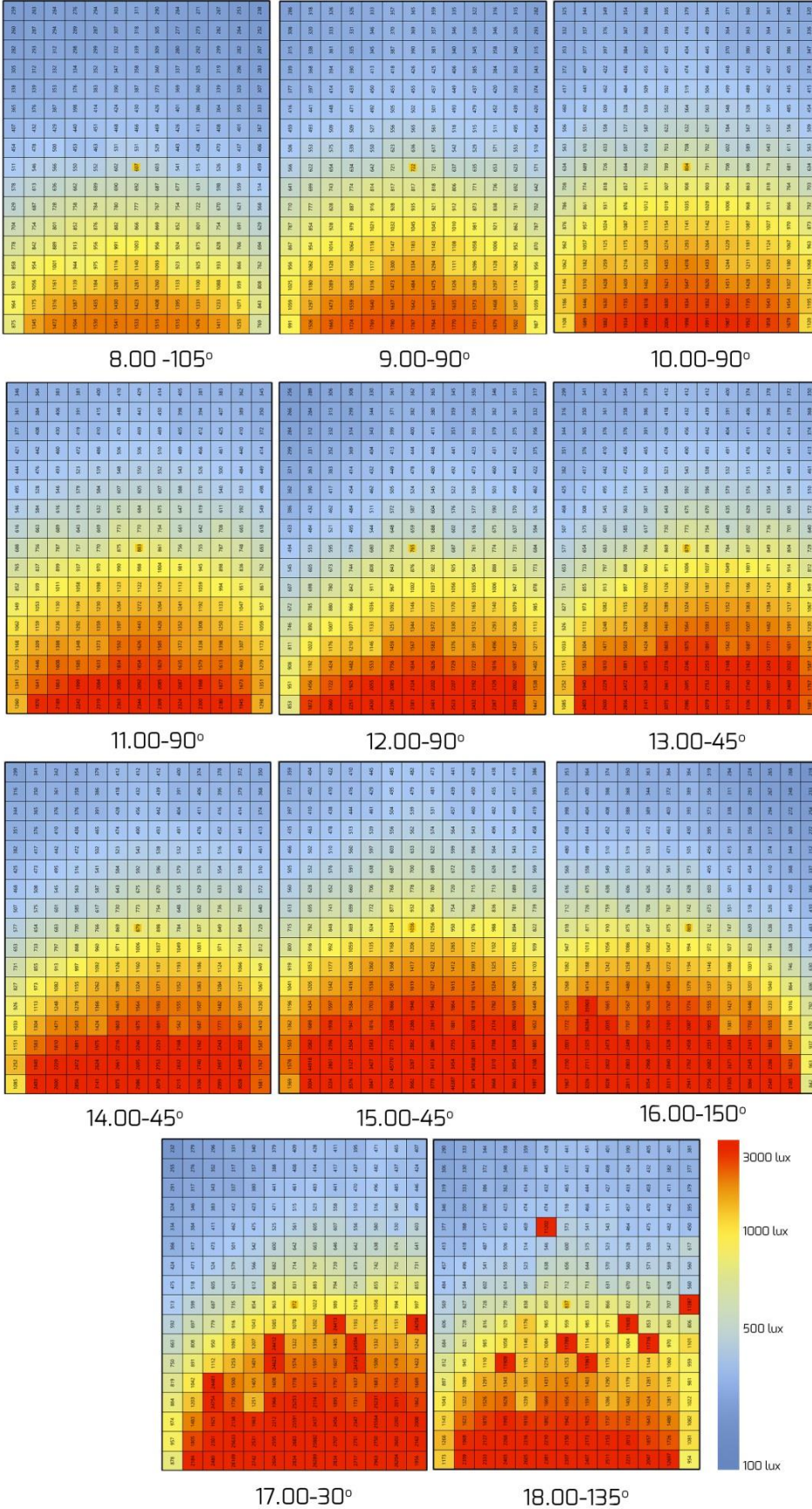


Şekil 4.31 : Batı yönüne bakan A2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.

Çizelge 4.21 : Batı yönündeki B1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

		Hareket Adımları (Açılar)									
		30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
											
8.00	D1	56	35	21	11	11	14	21	35	56	82
	D2	44	65	79	89	89	86	79	65	44	18
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	D1	48	23	9	2	1	2	6	25	47	76
	D2	52	77	91	98	99	98	94	75	53	24
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.00	D1	43	17	2	0	0	0	2	16	43	74
	D2	57	83	98	100	100	100	98	84	57	26
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.00	D1	40	11	0	0	0	0	1	9	38	70
	D2	60	89	100	100	100	100	99	91	62	30
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.00	D1	36	6	0	0	0	0	0	5	34	67
	D2	64	94	100	100	100	100	100	95	66	33
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.00	D1	33	3	0	0	0	0	0	2	20	56
	D2	67	97	97	95	92	92	95	94	76	42
	D3	0	0	3	5	8	8	5	5	4	2
14.00	D1	25	0	0	0	0	0	0	0	7	56
	D2	75	97	91	89	88	86	87	90	86	42
	D3	0	3	9	11	12	14	13	10	7	2
15.00	D1	13	0	0	0	0	0	0	0	7	52
	D2	87	91	86	82	79	78	81	86	86	47
	D3	0	9	14	18	21	22	19	14	7	1
16.00	D1	7	0	0	0	0	0	0	0	6	57
	D2	88	83	76	74	68	73	77	83	90	43
	D3	5	17	24	26	32	27	23	17	4	0
17.00	D1	3	0	0	0	0	0	0	0	11	63
	D2	90	76	66	61	60	66	74	85	86	37
	D3	8	24	34	39	40	34	26	15	2	0
18.00	D1	1	0	0	0	0	0	0	0	37	75
	D2	85	67	54	45	56	71	83	96	63	25
	D3	14	33	46	55	44	29	17	4	0	0

Yatay panellerin dönme hareketi olan B2 tipi en iyi D2 alan yüzdesine 45° ile 90° açıları arasında hareket ederek (Çizelge 4.23) ulaşmaktadır. Sadece saat 18.00'da %4'lük D3 alan yüzdesine sahiptir ancak saat 18.00 için güneşliği dağılımı (Şekil 4.33) sağ arka bölümde bozulmaktadır. Saat 12.00 sonrası B2, B1'den daha iyi D2 alan yüzdesine sahiptir.

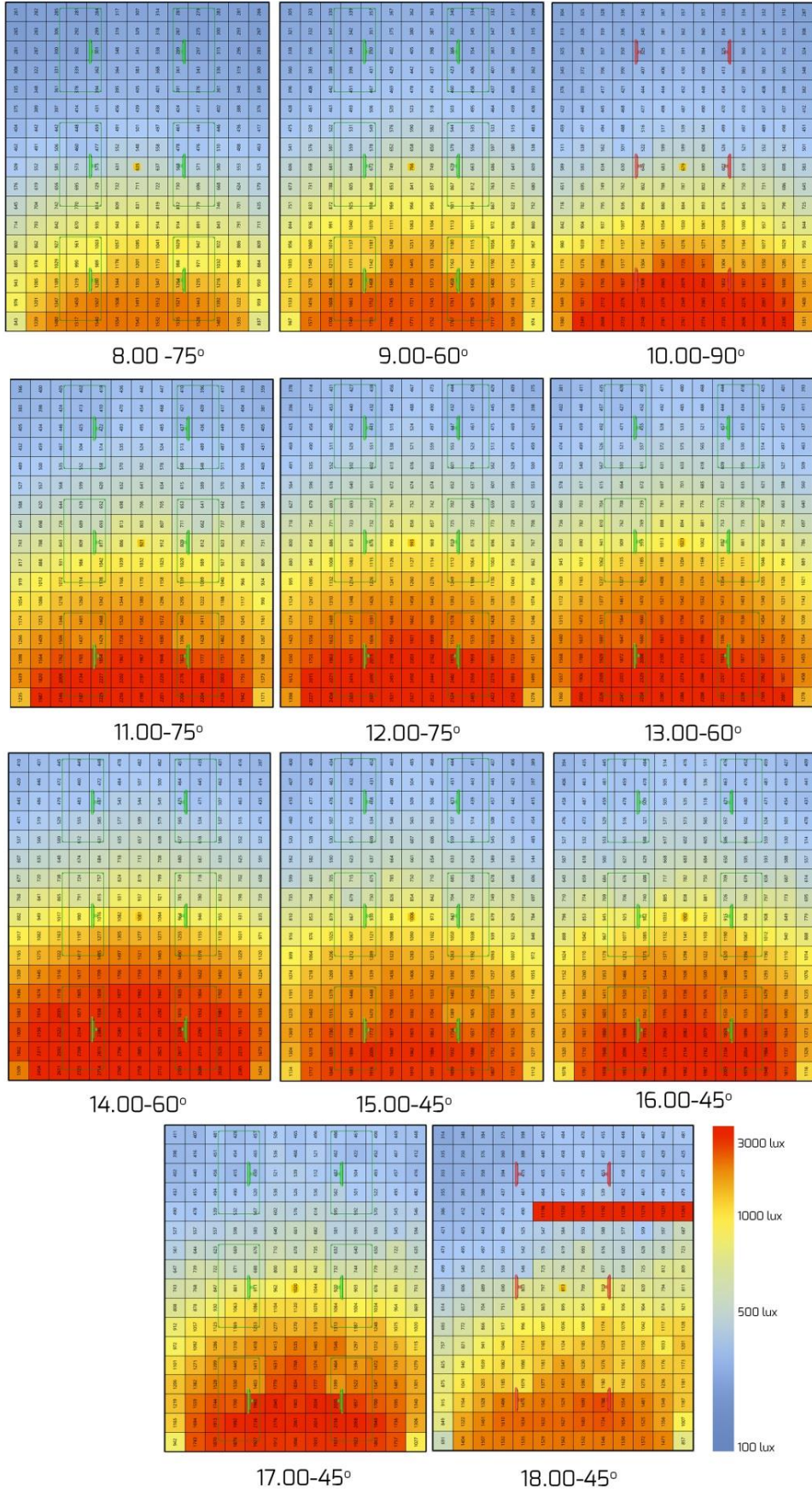


Şekil 4.32 : Batı yönüne bakan B1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.

Çizelge 4.22 : Batı yönündeki B2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.


		Hareket Adımları (Açılar)									
		30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
Batı B2											
8.00	D1	42	21	15	11	16	26	35	46	68	87
	D2	58	79	85	89	84	74	65	54	32	13
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	D1	31	5	1	0	3	16	27	40	66	84
	D2	69	95	99	100	97	84	73	60	34	16
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.00	D1	23	1	0	0	0	5	21	34	66	84
	D2	77	99	100	100	100	92	79	66	34	16
	D3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
11.00	D1	18	1	0	0	0	2	11	26	61	81
	D2	82	99	100	100	98	94	89	74	39	19
	D3	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0
12.00	D1	15	0	0	0	0	2	2	14	55	79
	D2	85	100	100	100	96	92	95	86	45	21
	D3	0	0	0	0	4	6	2	0	0	0
13.00	D1	15	0	0	0	0	0	0	0	34	65
	D2	85	100	100	89	91	92	96	99	63	30
	D3	0	0	0	11	9	8	4	1	3	5
14.00	D1	14	0	0	0	0	0	0	0	12	46
	D2	86	100	100	88	89	90	91	91	77	46
	D3	0	0	0	12	11	10	9	9	10	8
15.00	D1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	39
	D2	87	100	89	86	86	86	83	83	84	50
	D3	0	0	11	14	14	14	17	17	16	10
16.00	D1	11	0	0	0	0	0	0	0	0	34
	D2	89	100	84	82	84	78	77	75	80	52
	D3	0	0	16	18	16	22	23	25	20	14
17.00	D1	20	0	0	0	0	0	0	0	0	38
	D2	80	100	78	76	70	59	60	71	77	57
	D3	0	0	22	24	30	41	40	29	23	5
18.00	D1	37	0	0	0	0	0	0	0	0	51
	D2	63	96	81	73	58	44	55	62	81	45
	D3	0	4	19	27	42	56	45	38	19	5

Şekil 4.34'de görüldüğü gibi dikey panellerin kayma hareketi olan C1 ve yatay panellerin kayma hareketi olan C2 referans odaya göre daha iyi kamaşma oranlarına sahiptir ve hem C1 hem de C2 tipi en iyi D2 alan yüzdesine 7. ve 10. Kayma adımları arasında hareket ederek (Çizelge 4.23 ve 4.24) ulaşmaktadır. C2'nin, C1'e göre daha iyi aydınlık düzeylerine (Şekil 4.36) ulaştığı görülmektedir ancak her iki durumda performans olarak diğerlerinin gerisinde kalmıştır.



Şekil 4.33 : Batı yönüne bakan B2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.

Çizelge 4.23 : Batı yönündeki C1 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.



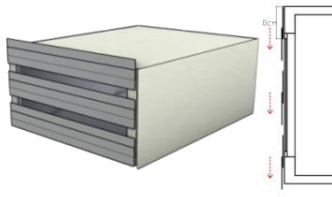
Hareket Adımları (Oran)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Batı C1											
8.00	D1	100	100	98	92	85	78	69	62	54	51
	D2	0	0	2	8	15	22	31	38	46	49
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	D1	100	100	97	89	79	69	62	55	48	45
	D2	0	0	3	11	21	31	38	45	52	55
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.00	D1	100	100	93	85	75	64	56	50	45	38
	D2	0	0	7	15	25	36	44	50	55	62
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.00	D1	100	98	90	81	69	58	53	47	39	34
	D2	0	2	10	19	31	42	47	53	61	66
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.00	D1	100	97	85	76	64	56	50	43	35	31
	D2	0	3	15	24	36	44	50	57	65	69
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.00	D1	100	91	82	68	59	53	46	39	31	25
	D2	0	8	17	30	39	46	52	59	67	72
	D3	0	1	1	1	1	1	2	2	2	3
14.00	D1	97	84	69	57	49	42	35	28	19	15
	D2	2	15	29	41	48	55	62	68	77	80
	D3	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
15.00	D1	98	81	63	52	44	34	27	17	5	1
	D2	1	17	35	45	52	61	68	77	88	91
	D3	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8
16.00	D1	96	80	59	46	33	22	14	4	0	0
	D2	1	17	37	49	61	70	78	86	88	87
	D3	3	3	4	5	6	8	8	10	12	13
17.00	D1	98	73	48	34	21	10	2	0	0	0
	D2	1	23	46	58	69	79	85	85	83	81
	D3	1	4	6	8	10	11	13	14	17	19
18.00	D1	95	82	59	42	25	10	5	1	0	0
	D2	1	12	33	47	61	74	76	76	75	72
	D3	4	6	8	12	14	17	19	22	25	28

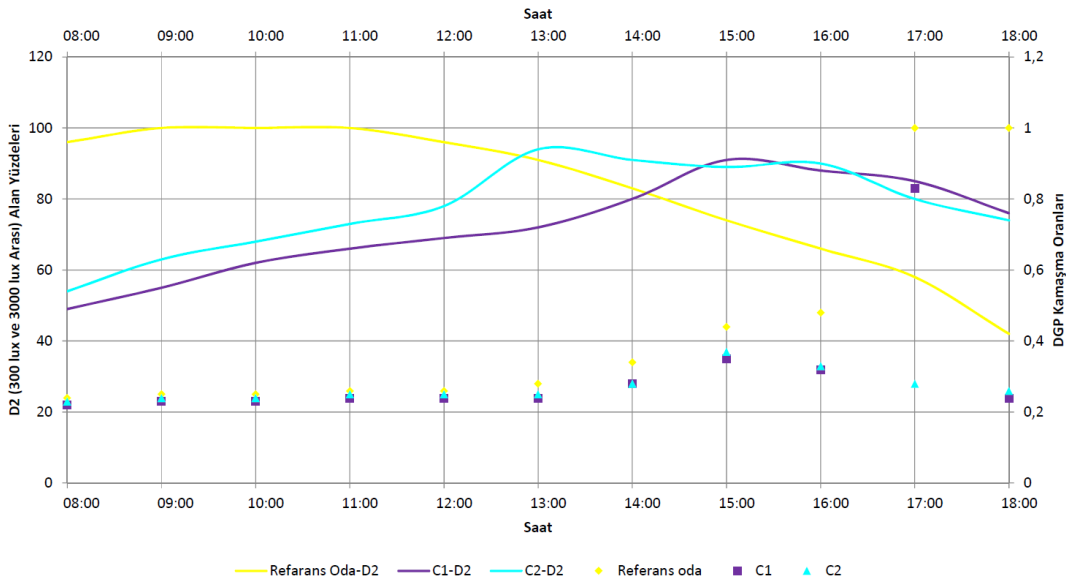
Özetle, çalışma kapsamında günışığına bağlı aydınlık düzeylerinin hesaplanması hedefiyle detayları bölüm 4.3.1’de açıklanan yaklaşım kullanılmış ve ele alınan vakalar bu açıdan değerlendirilmiştir. En iyi D2 alan yüzdesine B2 sahipken, hem D2 aydınlık yüzdelерinde hem de çalışma düzleminde ki aydınlık dağılımlarıyla (Şekil 4.35) C1 en kötü görsel performansı göstermiştir. Güney yönü için A2 diğer vakalardan daha iyi D2 aydınlık düzeyi yüzdelерine sahiptir.

Çizelge 4.24 : Batı yönündeki C2 tipi için elde edilen D1(0 lux-300 lux), D2 (300 lux- 3000 lux) ve D3 (3000 lux ve üstü) alan yüzdeleri.

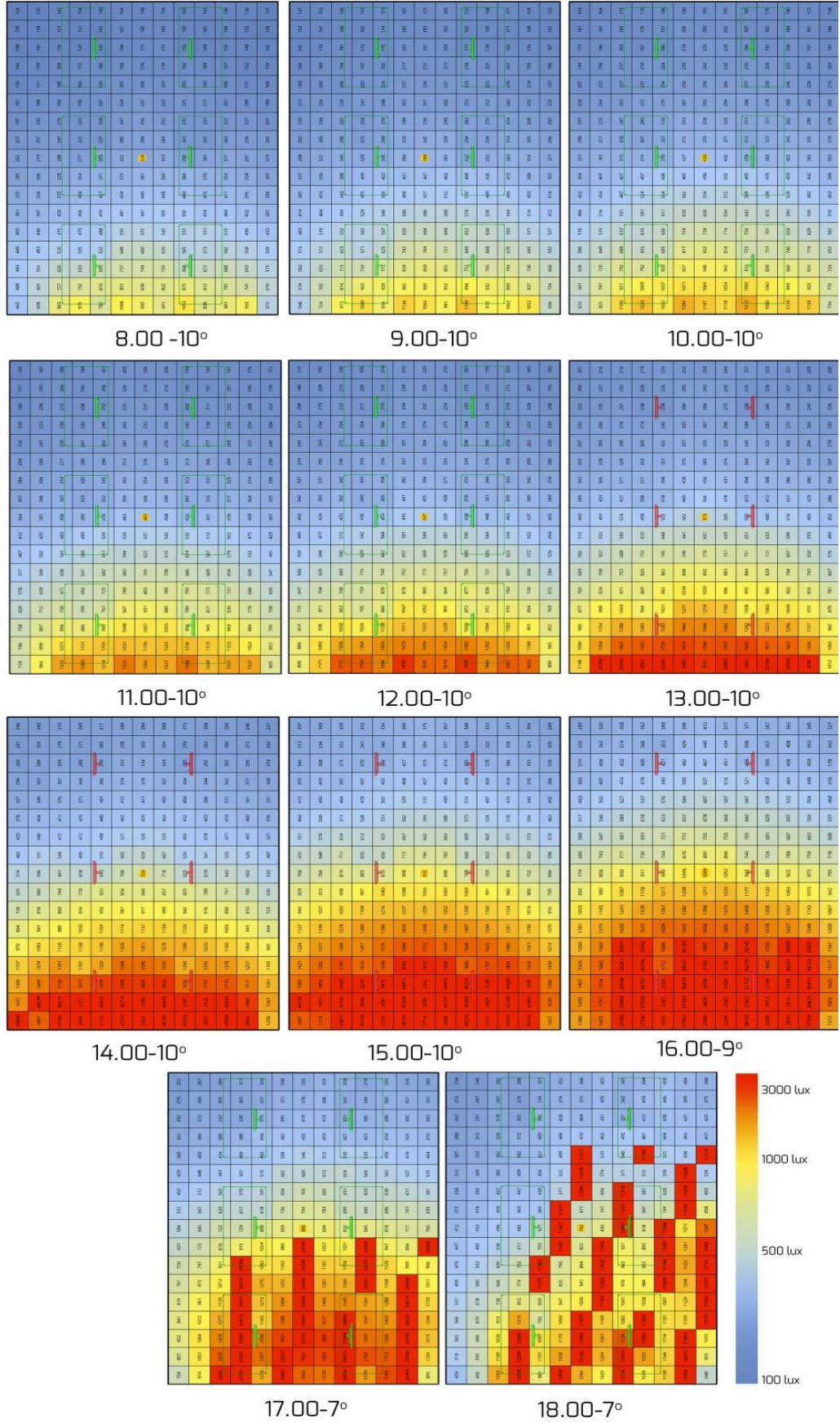


Hareket Adımları (Oran)

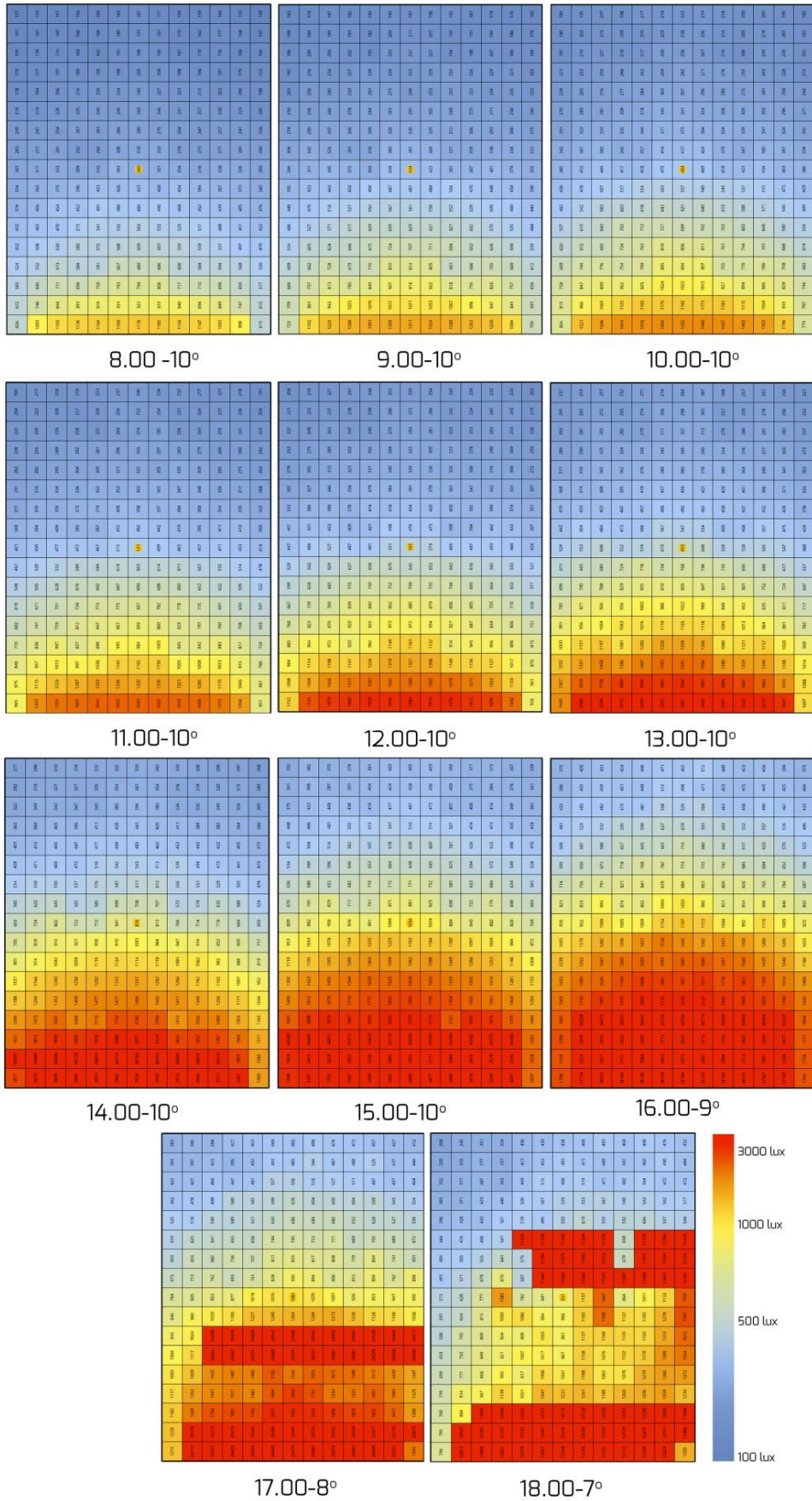
		Hareket Adımları (Oran)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8.00	D1	100	100	91	85	75	68	61	55	50	46
	D2	0	0	9	15	25	32	39	45	50	54
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9.00	D1	100	96	91	81	71	63	55	49	43	37
	D2	0	4	9	19	29	37	45	51	57	63
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.00	D1	100	96	88	76	67	57	52	45	38	32
	D2	0	4	12	24	33	43	48	55	62	68
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.00	D1	100	95	85	73	63	54	48	41	33	27
	D2	0	5	15	27	37	46	52	59	67	73
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12.00	D1	100	91	81	68	59	53	45	37	28	22
	D2	0	9	19	32	41	48	55	63	72	78
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.00	D1	95	89	76	65	55	48	39	29	22	6
	D2	5	11	24	35	45	52	61	71	78	94
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14.00	D1	90	80	66	53	46	35	26	17	7	4
	D2	5	15	29	42	49	60	69	78	88	91
	D3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
15.00	D1	93	72	56	46	34	24	13	3	1	1
	D2	7	23	38	49	61	71	78	87	89	89
	D3	0	5	5	5	5	5	9	10	10	10
16.00	D1	90	60	45	30	20	7	0	0	0	0
	D2	10	35	50	65	70	83	90	90	90	88
	D3	0	5	5	5	10	10	10	10	10	12
17.00	D1	89	55	35	20	9	1	0	0	0	0
	D2	5	35	54	65	76	79	80	80	74	74
	D3	5	10	10	15	15	20	20	20	26	26
18.00	D1	95	68	43	30	9	2	0	0	0	0
	D2	0	23	48	52	73	71	74	69	69	69
	D3	5	9	9	18	18	27	27	31	31	31



Şekil 4.34 : Batı yönüne bakan referans oda, C1 ve C2 tipinin D2 yüzdeleri ve kamaşma oranları arasındaki ilişki.



Şekil 4.35 : Batı yönüne bakan C1 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.

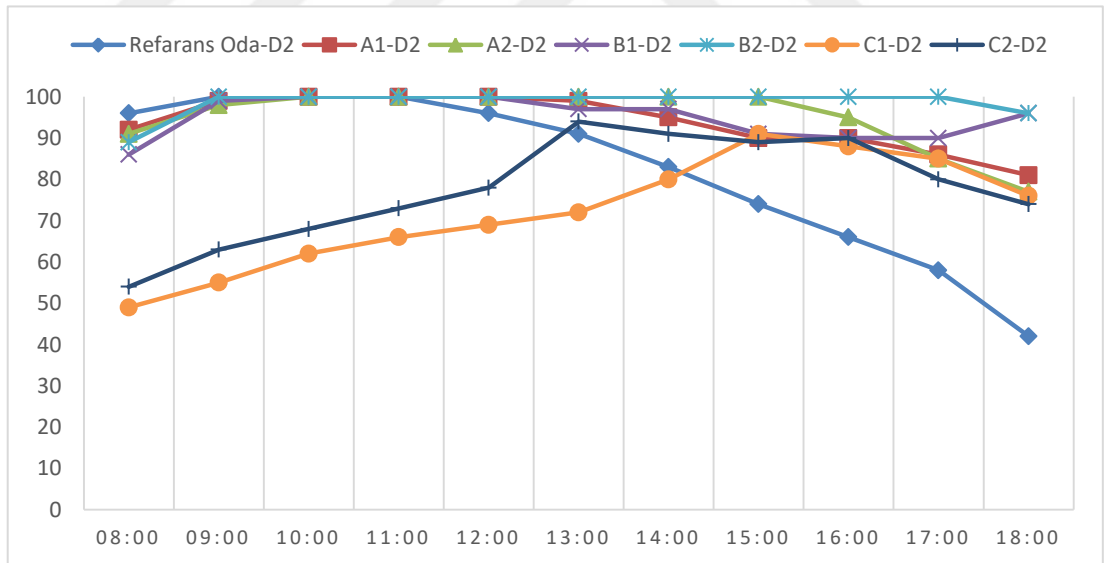


Şekil 4.36 : Batı yönüne bakan C2 tipine ait çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyleri.

Batı yönünden kaynaklı olarak bütün vakalar için aydınlık dağılımlarında düzensizlikler görülmüştür ancak batı yönü için en iyi D2 aydınlık düzeyi yüzdelerinde sahip olan B2'nin en başarılı aydınlık dağılımına sahip vaka olduğu gözlemlenmiştir. Her iki yön içinde kayma hareketi olarak tanımlanan C1 ve C2'nin aydınlık düzeylerini sağlama açısından başarısız olduğu gözlemlenmiştir.

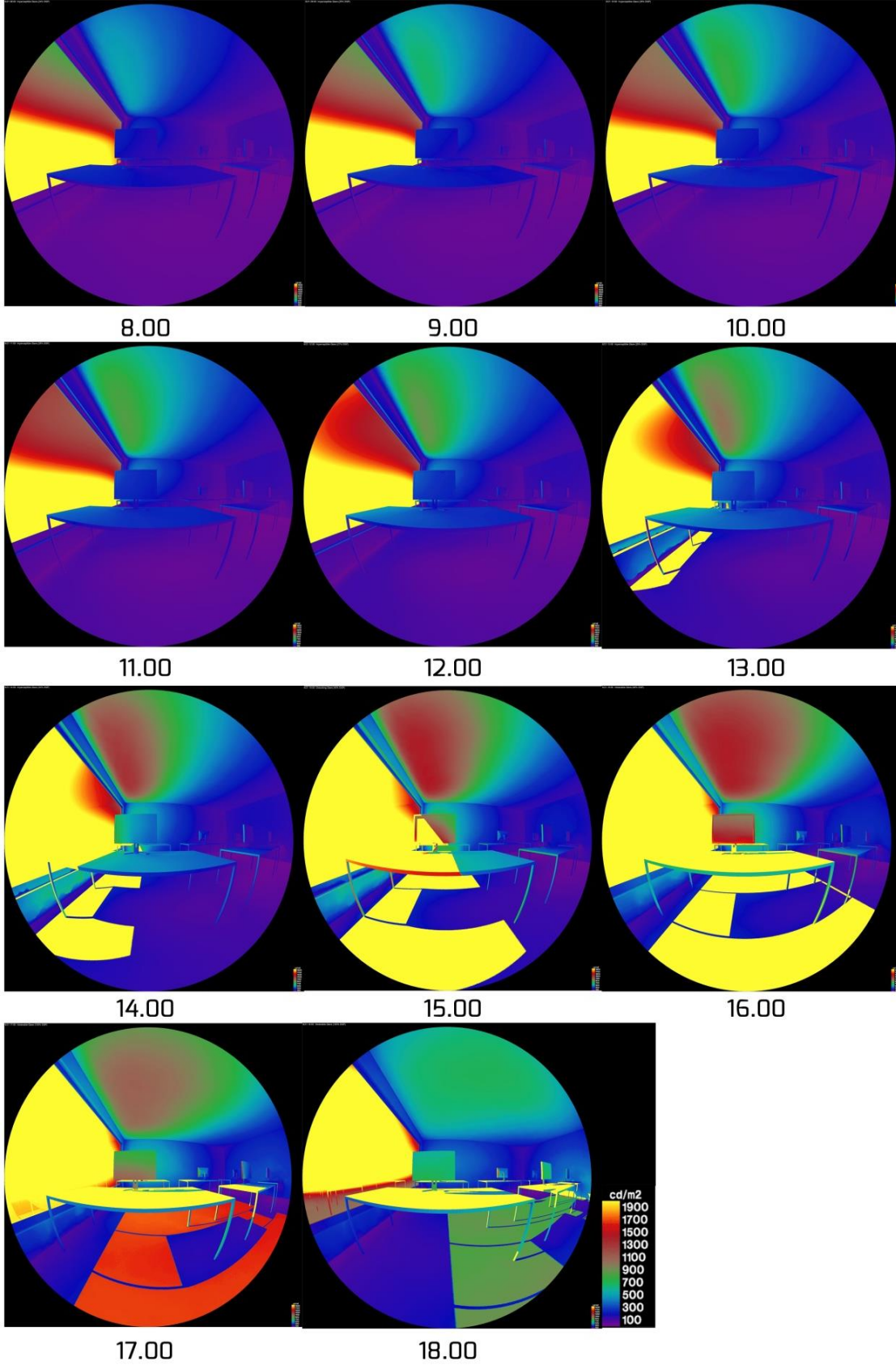
Sabit gölgeleme bileşenlerinde güney ve güneye yakın cepheler için yatay gölgeleme elemanlarının, doğu ve batı cepheleri için ise düşey gölgeleme elemanlarının kullanımının gösterdikleri performans bakımından daha uygun olması durumunun, UGGB için geçerli olmadığı gözlemlenmiştir.

Şekil 4.36'da görüldüğü gibi D2 oranlarını en iyi sağlayan B2 olmakla birlikte, onu sırasıyla A2, B1 ve A1 izlemektedir. Batı yönünde en iyi kamaşmaya karşı performansı C1 ve C2 sağlamıştır ancak aydınlık düzeylerini sağlama açısından yetersiz kalmışlardır. En iyi D2 aydınlık düzeyini sağlayan B2'de ise saat 18.00'da kamaşma olduğu görülmektedir. Bu durum tolere edilebilir veya B2'den sonra en iyi D2 aydınlık yüzdelere sahip olan A2 tipi seçilebilir.



Şekil 4.37 : Batı yönüne bakan vakaların D2 yüzdeleri arasındaki ilişki.

Şekil 4.35'de X1 noktasından bilgisayar ekranına bakış doğrultusundaki aydınlık dağılımını ifade eden görseller, batı yönüne bakan referans oda için örnek olarak verilmiştir. Bütün vakaların aydınlık dağılımını ifade eden görseller Ek C'de verilmiştir.



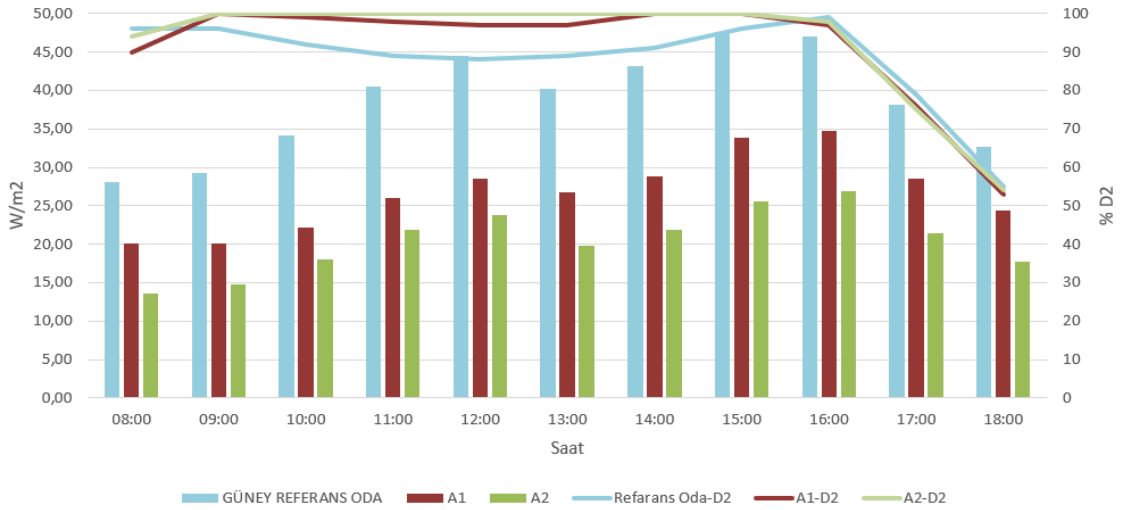
Şekil 4.38 : Batı yönüne bakan referans odanın X1 bakış doğrultusunda aydınlık dağılımı.

4.4.2 Enerji performans değerlendirmesi

Çalışmada güney ve batı yönüne bakan vakalar kendi ilerinde değerlendirilmiştir. Archsim aydınlatma yüklerinin hesaplanmasında ‘Split Flux Method’ benzeri bir method kullandığından dolayı 21 Haziran günü için sadece soğutma yüklerine bakılmıştır (Url-25). Simülasyonlar, görsel performansın sağlandığı optimum saat\açıları üzerinden yapılmıştır. Vakaların soğutma yüklerinin değerlendirilmesi bölüm 4.3.2’de anlatılan kriterler üzerinden yapılmıştır.

Güney Yönü

şekil 4.39, şekil 4.40 ve şekil 4.41’da güney yönüne bakan referans oda ve UGGB tiplerine ait soğutma enerjisi tüketimleri grafiksel olarak verilmiş ve her hareket tipi kendi içinde değerlendirilmiştir. Saat 8.00 ile 12.00 arası ve sonrasında 13.00 ile 15.00 arasında soğutma yüklerinde artış gözlemlenmiş olup, bu artış hava sıcaklığı ve güneş işınım şiddetinin artışıyla doğru orantılıdır. Bütün vakalar için saat 13.00’da tüketimin azalması oğle arası verilmesi ile bağdaştırılabilir. Referans odaya ait tüketim en fazla 15.00’da 47,5 W/m² ile olmaktadır. Referans odayı 36.2 W/m² ile C2, 35.5 W/m² ile B1, 34.5 W/m² ile C1, 33.8 W/m² ile A1, 27.8 ile B2, 25.5 W/m² ile A2 izlemektedir.



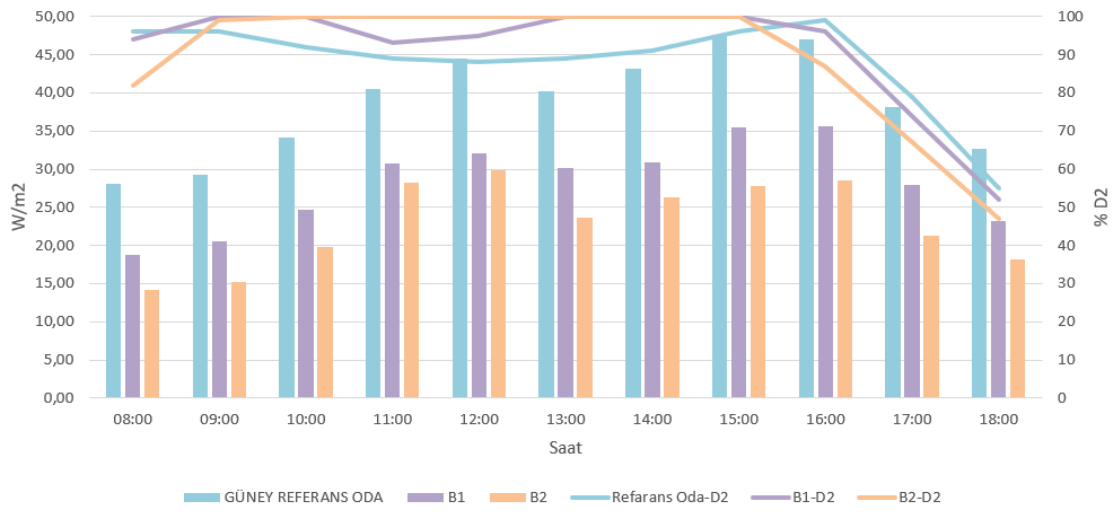
şekil 4.39 : Güneye bakan A1 ve A2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdelerinin karşılaştırılması.

Bütün saat aralıklarına bakıldığında soğutma yükünün en yüksek olduğu durum referans odadır. Referans odanın önünde herhangi bir gölgeleme bileşeni olmadığı için cam yüzeyine gelen güneş işınımının yüksek bir oranı iç ortama geçerek

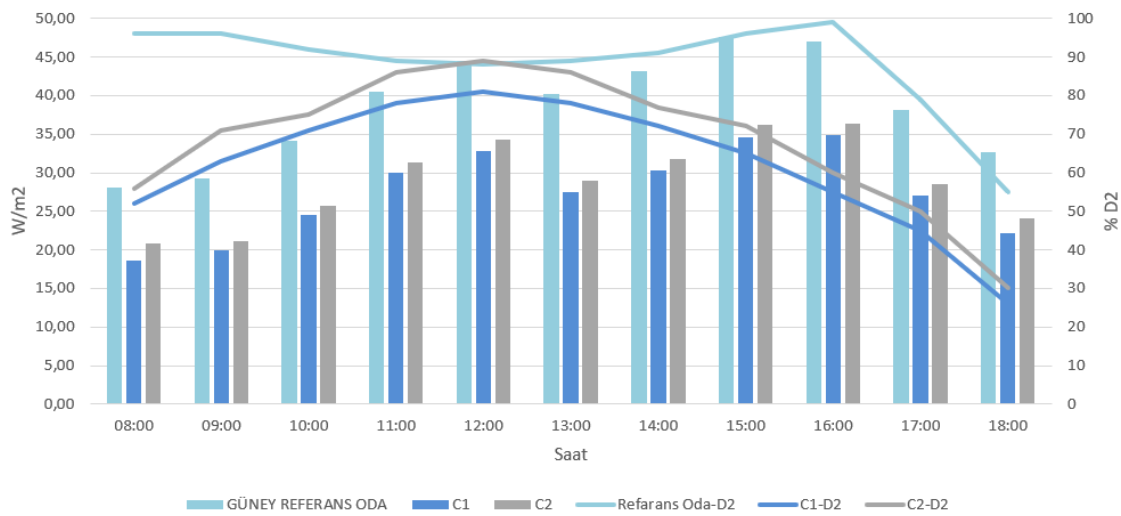
ısınmaya sebep olmaktadır, bu da dolayısıyla soğutma enerjisinde artışa sebep olmaktadır. Soğutma yüklerinin dış ortam hava sıcaklığı ve güneş ışınım şiddetindeki artışa bağlı olarak en yüksek seviyeye ulaştığı 12:00 ile 15:00 saatleridir. UGGB sahip vakalardan soğutma yükleri açısından en yüksek performans gösteren vaka A2 olup en düşük performansı gösteren vaka C2'dir.

B2, B1'den daha az soğutma yüküne sahip olmakla birlikte görsel performans açısından birbirine yakındır. Bundan dolayı B2, B1 yerine tercih edilebilir.

C1 ve C2, referans odadan daha az soğutma yüküne sahip olsa da görsel performans daha kötü olduğu için optimum çözüm olarak kabul edilememektedir.



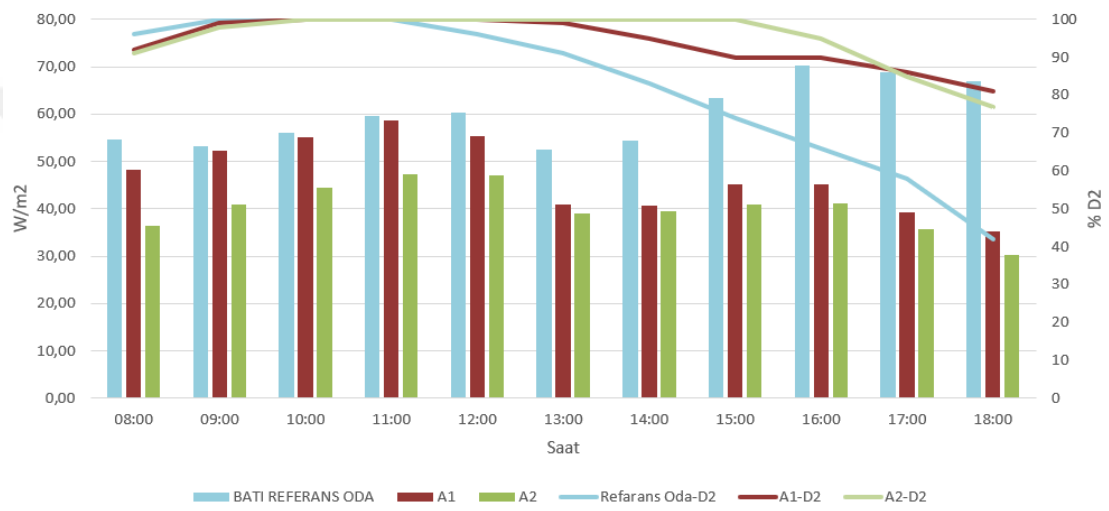
Şekil 4.40 : Güneye bakan B1 ve B2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdelere karşılaştırılması.



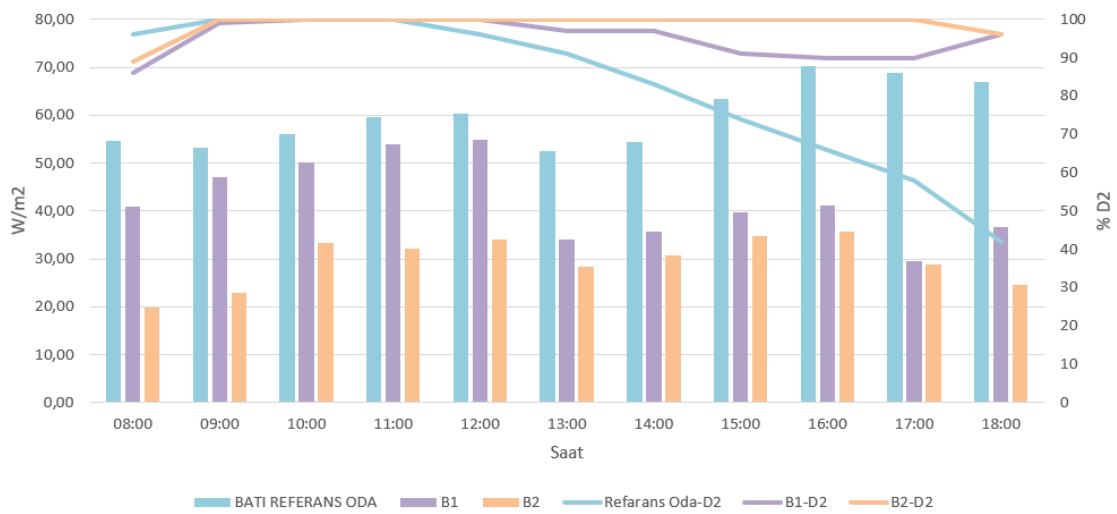
Şekil 4.41 : Güneye bakan C1 ve C2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdelere karşılaştırılması.

Batı Yönü

Şekil 4.42, Şekil 4.43 ve Şekil 4.44’de batı yönüne bakan referans oda ve UGGB tiplerine ait soğutma enerjisi tüketimleri grafiksel olarak verilmiştir. Saat 8.00 ile 12.00 arası ve sonrasında 13.00 ile 16.00 arasında soğutma yüklerinde artış gözlemlenmiş olup, bu artış hava sıcaklığı ve güneş ışınım şiddetinin artışıyla doğru orantılıdır. Bütün vakalar için saat 13.00’da tüketimin azalması öğle arası verilmesi ile bağdaştırılabilir. Referans odaya ait tüketim en fazla 16.00’da 70.29 W/m² ile olmaktadır. Referans odayı 51.24 W/m² ile C2, 50 W/m² ile C1, 45.11 W/m² ile A1, 41.25 W/m² ile A2, 41.2 W/m² ile B1, 35.73 W/m² ile B2 izlemektedir.

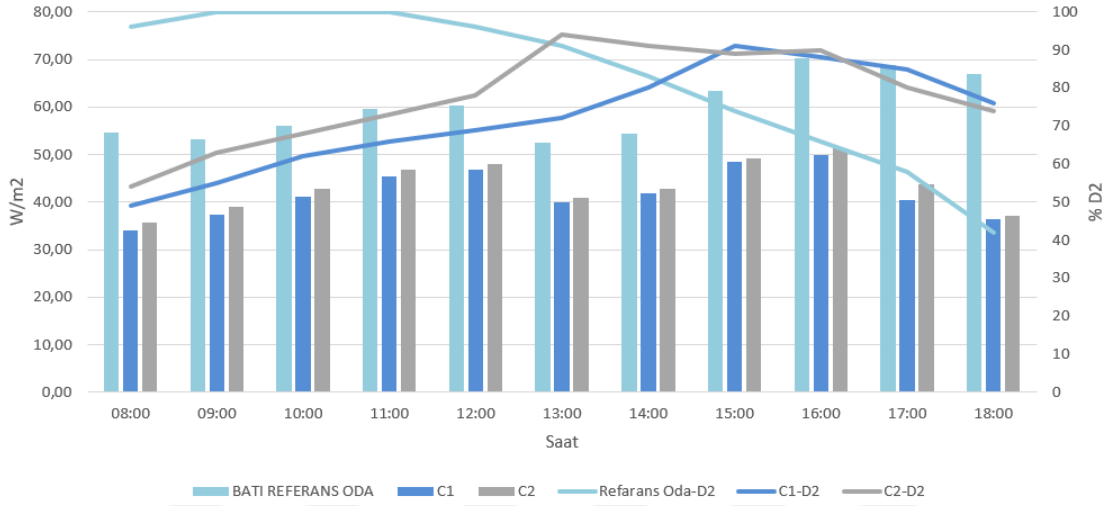


Şekil 4.42 : Batıya bakan A1 ve A2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdeliklerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.43 : Batıya bakan B1 ve B2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdeliklerinin karşılaştırılması.

UGGB sahip vakalardan soğutma yükleri açısından en yüksek performans gösteren vaka B2 olup en düşük performansı gösteren vaka 12.00'a kadar A1, 14.00 sonrası C2'dir.



Şekil 4.44 : Batıya bakan C1 ve C2 vakalarına ait soğutma yüklerinin ve D2 aydınlık düzeyi yüzdelerinin karşılaştırılması.

Özetle, çalışma kapsamında vakaların enerji performanslarının hesaplanması hedefiyle detayları bölüm 4.3.2'de açıklanan yaklaşım kullanılmış ve ele alınan vakalar bu açıdan değerlendirilmiştir. Güney yönünde yatay panellere sahip katlanma hareketi A2, batı yönünde ise yatay panellere sahip dönme hareketi B2 en iyi performansı gösteren durumdur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişmekte olan Dünya’da daha sürdürülebilir bir çevre ve gelecek için enerji tüketimi, üretimi ve yönetimi gibi konular giderek önem kazanmaktadır. Doğal kaynakların azalması ve iklim değişikliği gibi çevreyle ilgili sorunlar, hükümetlerin eylemlerini ve küresel politik tutumu etkileyen itici güçler haline gelmiştir ve yapı sektörünün tükettiği enerjinin diğer sektörlerle yarışıyor olması binalara yönelik stratejilerin oluşturulmasına neden olmuştur. Bu kapsamda teknolojinin imkanları kullanılarak enerji etkin bina tasarımları ile ilgili çalışmalar ve araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların hedefi maksimum verimlilik, çalışma ve yaşam konforu sağlayıp, minimum enerji tüketmek olmuştur ve bu çalışma ve araştırmaların önemli bir payı bina kabukları üzerinedir. Teknolojinin gelişmesiyle ve bilgi birikiminin artmasıyla birlikte geleneksel statik bina kabuk uygulamalarından uyum gösteren yapı kabuklarına bir evrilme söz konusudur. Uyum gösteren yapı kabukları (UGK), kendini değişen dış koşullara göre hareket ettirerek ve ayarlayarak düşük enerji tüketimi ile binanın çevresinde enerji, ısı, ışık ve hava akışını kontrol etmekte ve iç konfor koşullarını kullanıcı isteğine göre ayarlayan çözümler sunmaktadır.

Bu çalışmada, farklı hareket kabiliyetlerine sahip, cepheye düşey veya yatay olarak konumlanmış uyum gösteren gölgeleme bileşen tiplerinin İstanbul iklim koşullarında görsel ve ısı performansının değerlendirilmesini yapmak ve hangi tipin optimum performans sağladığını bulmak amaçlanmıştır.

Bu bağlamda, araştırmaya UGK üzerinden uyum göstermenin tanımı yapılarak başlanmıştır. UGK’ın işlevi ve amacı üzerine araştırmalar yapılarak UGK’ın potansiyeli belirlenmiştir. Uyum gösterme özellikleri belirlenerek bu özellikler üzerinden sınıflandırma sistematığı oluşturulmuş ve inşa edilmiş mevcut uyum gösteren yapı kabukları incelenerek bu sınıflandırmadaki yerleri belirlenmiştir. Sınıflandırma kapsamında mevcut örneklerin uyum gösterme özellikleri değerlendirilmiş ve uyum gösterme teknolojisine en çok etki eden faktör güneş ışınımı ve sıcaklıktır. Buna bağlı olarak tepki mekanizmasında güneş ışığının ve ısı kazanımının iç konfor koşullarına etkisini ayarlama refleksi daha çok

kullanılmaktadır. En çok rastlanan uyum yapısı mekanik olmakla birlikte, makro uyum ölçeği ve dışsal kontrol tipi arasında bağ olduğu gözlemlenmiştir. Ölçek olarak daha çok malzeme ve bileşen ölçekleri ön plana çıkmaktadır. Sistem konfigürasyonunda malzeme ölçeği daha çok gömülü özelliği taşıırken, bileşen ölçeği eklenmiş özelliği taşımaktadır. Bundan dolayı bu çalışma kapsamında, uyum gösteren gölgeleme bileşenlerinin (UGGB) görsel ve ısı performans değerlendirmesini ortaya koymak temel problemi oluşturmuştur.

Tasarım sürecinin belirsizliklerden oluşması ve giderek karmaşıklaşan tasarım süreci beraberinde yeni tasarım araçlarını üretmiştir. Parametrik tasarım araçlarıyla tasarım bileşenlerini aynı anda koordine etmenin mümkün olması karmaşık ve farklı disiplinlerin birlikteliğini içeren projelerde zamandan tasarrufu sağlamak açısından oldukça başarılıdır. Bundan dolayı, UGGB'nin karmaşık değerlendirme süreci için parametrik tasarım araçları üzerinde durulmuştur. Literatürde UGGB üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde parametrik tasarım araçlarından en çok Rhinoceros'un eklentisi olan Grasshopper'ın kullanıldığı gözlemlenmiştir. Grasshopper'ın çevresel analiz eklentisi olan DIVA, ara yüzünün diğer çevresel eklentilere göre daha kullanışlı olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Çalışma kapsamında, UGGB bileşenlerinin parametrik tasarım araçlarıyla görsel ve ısı performansını, İstanbul iklim koşullarında 21 Haziran günü baz alınarak bir ofis binası için değerlendirilmiştir. Açık gökyüzü tipi olan 'ClearSkyWithSun' gökyüzü modeli seçilerek, ofis çalışma saatlerinin 8.00 ile 18.00 arası olduğu varsayıp güney ve batı yönüne bakan iki ayrı ofis birimi için saatlik değerlendirme yapılmıştır.

Kontrol stratejileri belirlenen düşeyde katlanma hareketi (A1), yatayda katlanma hareketi (A2), düşeyde dönme hareketi (B1), yatayda dönme hareketi (B2), düşeyde kayma hareketi (C1) ve yatayda kayma hareketi (C2) yapan UGGB tiplerinin uyum gösterme özellikleri belirlenmiştir ve Grasshopper'da modellenmiştir. Görsel performans ve ısı performans değerlendirme ölçütleri referans olarak alınan standartlara göre belirlenerek simülasyon metodolojisi tamamlanmış, güney ve batı yönüne bakan bir ofis birimi üzerinden simülasyonlar yapıp değerlendirilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre aşağıda yer alan bulgulara ulaşılmıştır.

Görsel Performansın Değerlendirilmesi

Güney ve batı yönüne bakan ofis birimleri kendi içinde olmak üzere UGGB tiplerinin görsel performansları referans odalar üzerinden karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilmiştir. Görsel performans değerlendirilmesinde aydınlık düzeylerine, DGP ve DGI kamaşma değerlerine ve mekan içindeki aydınlık dağılımlarına bakılmıştır.

Güney Yönü

- 9.00 ve 15.00 saatleri arasında önünde gölgeleme elemanı bulunmayan güney yönündeki referans oda (önünde UGGB bulunmayan durum) için 3000 lux üzeri alan yüzdesi daha yüksek çıkmıştır. Bu yüzden kamaşma potansiyeli artmıştır.
- DGP verileri en düşük A1'de görülürken en yüksek referans odadır. Ancak elde edilen DGP verilerine göre, güney yönüne bakan vakalar için kamaşma olasılığı bulunmadığı için en iyi D2 (çalışma düzleminde oluşan 300 lux ile 3000 lux arası aydınlık düzeyi yüzdesi) performansını gösteren A2 tipi, A1 ve referans odaya göre daha iyi bir seçenektir.
- Hem B2 hem de B1, referans odaya göre daha iyi D2 yüzdesine sahiptir.
- A1, A2, B1 ve B2 tiplerinde gölgeleme bileşenlerin tam açık hali cepheye diktir ancak C1 ve C2 tiplerinde cepheye paralel biçimdedir. Bundan dolayı C1 ve C2 tipi için, 21 Haziran günü için hareket gözlenmemekle birlikte hep açık olma eğilimi vardır.
- C2, C1'e göre daha iyi görsel performans göstermesine rağmen her iki tipte görsel performans açısından referans odanın altında kalmıştır.
- Bütün tipler değerlendirildiğinde güney yönün için en iyi görsel performansı sağlayan A2 saat 8.00'da ve 16.00'dan itibaren tamamen açık olma eğilimi göstermektedir.

Batı Yönü

- Önünde hiçbir gölgeleme bileşeni bulunmaması nedeniyle saat 12.00'dan sonra D3 alan yüzdeleri referans oda için artış göstermiştir ve saat 15.00

sonrası için katlanılmaz kamaşmanın oluştuğu görülmüştür. Bundan dolayı batı yönünde gölgeleme bileşeni kullanımı önem kazanmıştır.

- A1 ve A2 benzer D2 eğrilerine sahip olmasına rağmen A2, A1'den daha iyi görsel performansa sahiptir çünkü A1 kamaşma açısından daha kötü performans sergilemiştir.
- A2 tipi optimum D2 düzeyini sağlama açısından en çok hareket çeşitliliğine sahip tiptir.
- Kamaşma değerleri birbirine yakın olmasına rağmen B2, B1'den daha iyi D2 alan yüzdelere sahip olması nedeniyle daha iyi görsel performans göstermektedir. Ayrıca çalışma düzlemindeki aydınlık dağılımları B1'e göre B2'de daha karardır.
- Hem C1 hem de C2'nin kamaşma değerleri referans odaya göre daha düşük seviyelerdedir.
- Diğer tiplerle karşılaştırıldığında C1 ve C2'nin çalışma düzlemindeki aydınlık dağılımları oldukça kararsızdır.
- Saat 14.00'dan itibaren C1 referans odadan daha iyi D2 alan yüzdesine sahiptir.
- Saat 13.00'dan itibaren C2 referans odadan daha iyi D2 alan yüzdesine sahiptir.
- Tüm tipler arasında B2 en iyi D2 yüzdesine sahip tiptir ancak 18.00'da kamaşma olduğu görülmektedir. Bu durum tolere edilebilir veya B2'den sonra en iyi D2 aydınlık yüzdelere sahip olan A2 tipi seçilebilir.

Eneji Performansın Değerlendirilmesi

Çalışmada güney ve batı yönüne bakan ofis birimleri kendi içinde değerlendirilmiş olup sadece soğutma yüklerine bakılmıştır.

Güney Yönü

- Bütün saat aralıklarına bakıldığında soğutma yükünün en yüksek olduğu durum referans odadır.

- Soğutma yüklerinin dış ortam hava sıcaklığı ve güneş ışınım şiddetindeki artışa bağlı olarak en yüksek seviyeye ulaştığı 12:00 ile 15:00 saatleridir.
- Referans odaya ait tüketim en fazla 15.00'da 47,5 W/m² ile olmaktadır. Referans odayı 36.2 W/m² ile C2, 35.5 W/m² ile B1, 34.5 W/m² ile C1, 33.8 W/m² ile A1, 27.8 W/m² ile B2, 25.5 W/m² ile A2 izlemektedir.
- Tüm tipler arasından en iyi görsel performansı gösteren A2, en az soğutma yükünede sahiptir.
- B2, B1'e göre daha fazla soğutma enerjisi harcamıştır.
- Tüm tipler arasından C1'den sonra en kötü görsel performansa sahip olan C2 en fazla soğutma yüküne sahip olan tip olmuştur.

Batı Yönü

- Saat 8.00 ile 12.00 arası ve sonrasında 13.00 ile 16.00 arasında soğutma yüklerinde artış gözlemlenmiş olup, bu artış hava sıcaklığı ve güneş ışınım şiddetinin artışıyla doğru orantılıdır.
- Referans odayı 51.24 W/m² ile C2, 50 W/m² ile C1, 45.11 W/m² ile A1, 41.25 W/m² ile A2, 41.2 W/m² ile B1, 35.73 W/m² ile B2 izlemektedir.
- UGGB tiplerine sahip vakalardan soğutma yükleri açısından en yüksek performans gösteren vaka B2 olup en düşük performansı gösteren vaka 12.00'a kadar A1, 14.00 sonrası C2'dir.

Hem görsel performans hem de ısı performans değerlendirildiğinde güney yönü için A2, batı yönü için B2 en iyi performansı gösteren tiptir.

Sabit gölgeleme bileşenlerinde güney ve güneye yakın cepheler için yatay gölgeleme elemanlarının, doğu ve batı cepheleri için ise dikey gölgeleme elemanlarının kullanımının gösterdikleri performans bakımından daha uygun olması durumunun, UGGB için geçerli olmadığı gözlemlenmiştir

Çalışmanın devamında UGGB tiplerinin yapay aydınlatma sistemleri ile ofisin aydınlık düzeylerinin iyileştirilmesi ve aydınlatma yüklerinin hesaplanması planlanmaktadır. Ayrıca farklı aylardaki ve illerdeki performansı incelenebilir.

Cephe çözümlerinin teknolojik gelişimine rağmen, birçok cephe camının ve pencere düzeninin yenilikçi dinamik kullanımı konusunda çığır açan UGK'lar, henüz önemli

bir pazar payına ulaşamamıştır (Attia, Bilir, Safy, Struck, Loonen, & Goia, 2018) ancak bina kabuğu üzerine yapılan araştırmaların artmasıyla uyum gösterme ile birleştirilen bina kabuklarının istenilen zaman ölçeğinde dış ortam koşullarına tepki vermesi sağlanmış, kabukların sınır görevi güçlendirilmiş ve dış ortam koşullarının içerideki kullanıcıyı ne şekilde etkileyeceği UGK sayesinde kontrollü hale getirilmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalarla iç ortam konforunun sağlanması daha dinamik ve etkili hale getirilir ve maliyetler düşürülürse hem enerji tüketimi azalacak hem de kullanımda olan bir binanın fonksiyonunun veya kullanıcı profilinin değişmesi sorun olmayacaktır.



KAYNAKLAR

- Aa, A., Heiselberg, P., & Perino, M.** (2011). *Designing with Responsive Building Elements*. Aalborg University.
- Aelenei, L., Brzezicki, M., Knaack, U., Luible, A., & Perino, M.** (2015). *Adaptive Facade Network - Europe*. Delft: TU Delft Open.
- Aelenei, L., Brzezicki, M., Knaack, U., Luible, A., Perino, M., & Wellershoff, F.** (2015). *Adaptive facade network – Europe*. Delft: TU Delft Open for the COST Action 1403 adaptive facade network.
- Al-Masrani, S. M., Al-Obaidi, K. M., Zalin, N., & Isma, M. A.** (2018). Design optimisation of solar shading systems for tropical office buildings: Challenges and future trends Salwa. *Solar Energy*, 849-872.
- Ataman, O., Rogers, J. and Ilesanmi, A.** (2006). Redefining the wall: Architecture, Materials and Macroelectronics, *International Journal of architectural computing* 4(4): 125-136.
- Attia, S., Bilir, S., Safy, T., Struck, C., Loonen, R., & Goia, F.** (2018). Current trends and future challenges in the performance assessment of adaptive façade systems. *Energy and Buildings*, 165-182.
- Baer, S.** (2009). ‘Some passive solar buildings with a focus on projects in New Mexico’, Presentation for the Albuquerque chapter of AIA, January 15, 2009.
- Baş, C.** (2019). *Investigating the energy efficiency of adaptive building skins and proposing a detailed folding adaptive skin system design for an office building in istanbul*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bajšanski, I., Milošević, D. D., & Savić, S. M.** (2015). Evaluation and improvement of outdoor thermal comfort in urban areas on extreme temperature days: Applications of automatic algorithms. *Building and Environment*, 94, 632-643.
- Bakker, L. G., Hoes-van Oeffelen, E. M., Loonen, R., & Hensen, J.** (2014). User satisfaction and interaction with automated dynamic facades: A pilot study. *Building and Environment*, 44-52.
- Banham, R.** (1965). “A Home Is not a House,”. *Art in America*, 2, 70-79.
- Brotas, L., & Rusovan, D.** (2013). Parametric Daylight Envelope LUISA. *PLEA2013 Sustainable Architecture for a Renewable Future*. Münih.
- Davies, M.** (1981). A Wall for all Seasons. *RIBA Journal* 88, 55-57.
- Dove, C.** (2007). Wind shaped pavilion, a mind-blowing experience, *Modern design, architecture and art*, 2007(6): 33.

- Eldin Imbabi, M. S.** (2006). Modular breathing panels for energy efficient, healthy building construction. *Renewable Energy*, 729-738.
- Elghazi, Y., Wagdy, A., Mohamed, S., & Hassan, A.** (2014). Daylighting Driven Design: Optimizing Kaleidocycle Facade For Hot Arid Climate. *Fifth German-Austrian IBPSA Conference*. Aachen: RWTH Aachen University.
- Eltaweel, A., & Su, Y.** (2017a). Controlling venetian blinds based on parametric design; via implementing Grasshopper's plugins: A case study of an office building in Cairo. *Energy & Buildings*, 31-43.
- Eltaweel, A., & SU, Y.** (2017b). Parametric Design and Daylighting: A Literature Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1086-1103.
- Ercan, B., & Elias-Ozkan, S. T.** (2015). Performance-based parametric design explorations: A method for generating appropriate building components. *Design Studies*, 33-53.
- Fortmeyer, R., & Linn, C.** (2014). *Kinetic Architecture: Designs for Active Envelopes*. Images Publishing Dist Ac.
- Fox, M., & Kemp, M.** (2009). *Interactive Architecture: Adaptive World*. (M. Fox, Dü.) New York: Princeton Architectural Press.
- Fox, M., & Yeh, B.** (1999). Intelligent Kinetic Systems in Architecture. P. Nixon, G. Lacey, & S. Dobson içinde, *Managing Interactions in Smart Environments* (s. 91-103). Dublin: Springer.
- Frazer, J.** (2016). Parametric Computation: History and Future. *Architectural Design*, 86(2), 18-23.
- Giovannini, L., Verso, V. R., Karamata, B., & Andersen, M.** (2015). Lighting and energy performance of an adaptive shading and daylighting system for arid climates. *6th International Building Physics Conference* (s. 370-375). Energy procedia 78.
- González, Javier, & Fiorito, F.** (2015). Daylight Design of Office Buildings: Optimisation of External Solar Shadings by Using Combined Simulation Methods. *Buildings*, 560--580.
- Gosztonyi, S.** (2015). Adaptive Façade – which design criteria are needed?. *Conference Façade 2015 – computational optimisation*. Detmold.
- Grobman, J. Y., Capeluto, G., & Austern, G.** (2016). External shading in buildings: comparative analysis of daylighting performance in static and kinetic operation scenarios. *Architectural Science Review*, 60(2), 126-136.
- Hopkinson, R. G.** (1972). Glare from daylighting in buildings. *Applied Ergonomics*, 206-215.
- IESNA.** (2011). *The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application* (10 b.). New York, ABD: Illuminating Engineering.
- International Energy Agency.** (2018). 7 11, 2019 tarihinde Key World Energy Statistics 2018: https://webstore.iea.org/download/direct/2291?fileName=Key_World_2018.pdf adresinden alındı

- Jakubiec, J., & Reinhart, C.** (2012). The ‘adaptive zone’ – A concept for assessing discomfort glare throughout daylight spaces. *Lighting Research and Technology*, 149-170.
- Knaack, U., Klein, T. Bilow, M. and Auer, T.** (2007) *Façades – Principles of construction*, Basel: Birkhäuser
- Knaack, U., & Klein, T.** (2008). *Future Envelope 1: A Multidisciplinary Approach*. Amsterdam: IOS Press BV.
- Kolarevic, B., & Parlac, V.** (2015). Adaptive, Responsive Building Skins. B. Kolarevic, & V. Parlac içinde, *Building Dynamics: Exploring Architecture of Change* (s. 70-88). Routledge.
- Lagios, K., Niemasz, J., & Reinhart, C. F.** (2010). Animated Building Performance Simulation (ABPS) – LINKING. *Fourth National Conference of IBPSA-USA*, (s. 321-327). New York.
- Lee, E. S., Claybaugh, E. S., & LaFrance, M.** (2012). End user impacts of automated electrochromic windows in a pilot retrofit application. *Energy and Buildings*, 267-284.
- Loonen, R., Trčka, M., Cóstola, D., & Hensen, J.** (2013). Climate adaptive building shells: State-of-the-art and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 483-493.
- Loonen, R., Rico-Martinez, J., Favoino, F., Brzezicki, M., Menezo, C., La Ferla, G., et al.** (2015). Design for façade adaptability- Towards a unified and systematic characterization. *In Proceedings of the 10th Energy Forum - Advanced Building Skins*, (s. 1274-1284). Bern, Switzerland.
- Mahmoud, A. H., & Elghazi, Y.** (2016). Parametric-based designs for kinetic facades to optimize daylight performance: Comparing rotation and translation kinetic motion for hexagonal facade patterns. *Solar Energy*, 111-127.
- Mardaljevic, J., Andersen, M., Roy, N., & Christoffersen, J.** (2012). *Daylighting, Artificial Lighting and Non-Visual Effects Study for a Residential Building*. VELUX.
- Megahed, N. A.** (2017). Understanding Kinetic Architecture: typology, classification, and design strategy. *Architectural Engineering and Design Management*, 130-14.
- Moloney, J.** (2011). *Designing Kinetics for Architectural Facades*. Canada: Routledge.
- Negroponte, N.** (1976). *Soft Architecture Machines*. Cambridge: The MIT Press.
- Ochoa, C. E., & Capeluto, I. G.** (2007). Strategic decision-making for intelligent buildings: Comparative impact. *Building and Environment*, 1829-1839.
- Ogwezi, B., Bonser, R., Cook, G., & Sakula, J.** (2011). Multifunctional, Adaptable Facades. *TSBE EngD Conference*.
- Omidfar, A., Torghabehi, O., & Buelow, P.** (2014). Performance-based design of a self-standing building skin; A methodology to integrate structural and daylight performance in a form exploration process. *Shells*,

Membranes and Spatial Structures: Footprints. Brezilya: IASS-SLTE 2014 Symposium.

- Oosterhuis, K.** (2003). *Hyperbodies : Towards An E-motive Architecture*. Italy: Birkhäuser.
- Oxman, R.** (2017). Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. *Design Studies*, 4-39.
- Özkaya, M.** (2004). *Aydınlatma Tekniği*. Birsen Yayınevi.
- Pesenti, M., Masera, G., & Fiorito, F.** (2015). Shaping an origami shading device through visual and thermal simulations. *Energy Procedia*, 346-351.
- Pfenninger, K.** (2009). Development in The Technology Of Façades. U. Knaack, & T. Klein (Dü.), *The Future Envelope 2: Architecture, Climate, Skin* içinde (s. 107--116). Delft University Press.
- Qingsong, M., & Fukuda, H.** (2015). Parametric Office Building for Daylight and Energy Analysis in the early design stages. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 216, 818-828.
- Ramzya, N., & Fayed, H.** (2011). Kinetic systems in architecture: New approach for environmental control systems and context-sensitive buildings. *Sustainable Cities and Society*, 170-177.
- Reinhart, C. F., & Walkenhorst, O.** (2001). Validation of Dynamic RADIANCE-based Daylight Simulations for a Test Office with External Blinds. *Energy and Building*, 683-697.
- Ritter, A.** (2007). *Smart Materials – in architecture, interior architecture and design*. Basel: Birkhäuser.
- Romano, R., Aelenei, L., Aelenei, D., & Mazzucchelli, E. S.** (2018). What is an adaptive façade? Analysis of Recent Terms and definitions from an international perspective. *Journal of Facade Design and Engineering*, 65-76.
- Schittich, C.** (2001). *In Detail Building Skins, Concepts, Layers, Materials*. Basel, Switzerland: Birkhauser.
- Schnadelbach, H.** (2010). Adaptive Architecture- A Conceptual Framework. J. Geelhaar, F. Eckardt, B. Rudolf, S. Zierold, & M. Markert (Dü) içinde, *Media City: Interaction of Architecture, Media and Social Phenomena* (s. 523-555). Weimar, Almanya.
- Schumacher, M., Schaeffer, O., & Vogt, M. M.** (2010). *Move: Architecture in Motion-Dynamic Components and Elements*. Basel: Birkhäuser .
- Sirel, Ş.** (1997). *Aydınlatma Sözlüğü*. İstanbul: Aydınlatma Sözlüğü, Yapı Endüstri Merkezi Yayınevi.
- Tarabieh, K., Nassar, K., Abdelrahman, M., & Mashaly, I.** (2019). Statics of space syntax: Analysis of daylighting. *Frontiers of Architectural Research*, 8(3), 311318.
- The European Parliament and the Council of the European Union** (2010). Directive 2010/31/EU of The European Parliament and of the Council

of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), Official Journal of the European Union, 18.6.2010, L153/13.

The European Commission (2003). IP/03/1278. Indoor air pollution: new EU research reveals higher risks than previously thought.

TS-EN 12464. (2013). Işık ve aydınlatma - Çalışma yerlerinin aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları, Türk Standartları Enstitüsü.

UN Environment and International Energy Agency (2017). *Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector.* Global Status Report 2017.

Velikov, K., & Thün, G. (2013). Responsive Building Envelopes: Characteristics and Evolving Paradigms. *Design and Construction of High Performance Homes* (s. 75-92). içinde London and New York: Routledge.

Wagdy, A., & Fathy, F. (2015). A Parametric Approach for Achieving Optimum Daylighting Performance Through Solar Screens in Desert Climates. *Journal of Building Engineering*, 155-170.

Werner, C. D. (2013). *Transformable and transportable architecture: analysis of buildings components and strategies for project design.* Barcelona, İspanya: Universidad Polit cnica de Catalu a.

Wienold, J., & Christoffersen, J. (2006). Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and Buildings*, 38(7), 743757.

Wigginton, M. and Harris, J. (2002) *Intelligent Skins.* Oxford, İngiltere: Butterword-Heinemann

Wyckmans, A. (2005). *Intelligent building envelopes—architectural concept & applications for daylighting quality.* Norwegian University of Science and Technology.

Url-1 <<https://www.iea.org/weo2018/>>, alındığı tarih 07.11.2019.

Url-2 <<http://charlessowers.com/wave-wall>>, alındığı tarih 08.08.2019.

Url-3 <<https://www.imarabe.org/en/architecture>>, alındığı tarih 05.11.2019.

Url-4 <<https://inspiration.detail.de/paper-museum-in-shizuoka103732.html?lang=en>>, alındığı tarih 05.11.2019.

Url-5 <<https://www.archdaily.com/28649/bengt-sjostrom-starlight-theatre-studio-gang-architects/>>, alındığı tarih 05.11.2019.

Url-6 <<https://www.e-architect.co.uk/austria/kiefer-technic-showroom>>, alındığı tarih 05.11.2019.

Url-7 <<http://drmm.co.uk/projects/view.php?p=sliding-house>>, alındığı tarih 05.11.2019.

Url-8 <<http://www.therussellhouse.org/>>, alındığı tarih 05.11.2019.

Url-9 <<https://www.archdaily.com/326747/q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswd-architekten-chaix-morel-et-associés>>, alındığı tarih 05.11.2019.

- Url-10** <<https://www.archdaily.com/522344/sharifi-ha-house-nextoffice> >, alındığı tarih 05.11.2019.
- Url-11** <<https://www.archdaily.com/881511/bund-finance-centre-foster-plus-partners-plus-heatherwick-studio>>, alındığı tarih 05.11.2019.
- Url-12** <<https://www.archdaily.com/916925/black-box-apartment-mata-architects> >, alındığı tarih 10.11.2019.
- Url-13** <<https://www.icmimarlikdergisi.com/2017/09/15/parametrik-bir-ofis-tasarimi-one-main-office/> >, alındığı tarih 10.11.2019.
- Url-14** <<http://www.arch2o.com/parametric-shoes-alessio-spinelli/> >, alındığı tarih 10.11.2019.
- Url-15** <<https://www.shapeways.com/blog/archives/2405-Daniela-Bertol-at-MAD-Shapeways-Designer-in-Residence.html> >, alındığı tarih 08.11.2019.
- Url-16** < www.food4rhino.com/browse?searchText=optimization&sortby>, alındığı tarih 08.11.2019.
- Url-17** <<https://www.food4rhino.com/browse> >, alındığı tarih 13.03.2019.
- Url-18** <<https://www.rhino3d.com/> >, alındığı tarih 13.03.2019.
- Url-19** <<https://www.grasshopper3d.com/> >, alındığı tarih 15.03.2019.
- Url-20** <<https://www.solemma.com/Diva.html> >, alındığı tarih 13.04.2019.
- Url-21** <<https://www.radiance-online.org/about> >, alındığı tarih 13.04.2019.
- Url-22** <<https://www.radiance-online.org/learning/documentation/manual-pages/pdfs/evalglare.pdf/view> >
- Url-23** <<https://energyplus.net/> >, alındığı tarih 13.04.2019.
- Url-24** <<https://energyplus.net/weather> >, alındığı tarih 13.04.2019.
- Url-25** <<http://diva4rhino.com/forum/topics/archsim-zones-light-electric-energy-vs-diva-lighting-energy-le> >, alındığı tarih 13.04.2019.
- Url-26** <<https://www.informalscience.org/news-views/ligo-and-informal-stem-education> >, alındığı tarih 19.06.2019.
- Url-27** <https://issuu.com/pabloherrera/docs/mode_lab_grasshopper_primer_third_e >, alındığı tarih 19.06.2019.
- Url-28** <<http://www.commonwealthsolar.com/cwbead.htm> >, alındığı tarih 19.06.2019.
- Url-29** <<https://inhabitat.com/heliotrope-the-worlds-first-energy-positive-solar-home/> >, alındığı tarih 25.06.2019.
- Url-30** <<http://www.rometa.com/portfolio/bremtex-oisterwijk/> >, alındığı tarih 25.06.2019.
- Url-31** <<http://www.vowarchitecten.nl/architecten/projecten/project03/project03-buiten.htm> >, alındığı tarih 10.02.2019.
- Url-32** <<https://calatrava.com/projects/ciudad-de-las-artes-y-de-las-ciencias-valencia.html> >, alındığı tarih 12.05.2019.

- Url-33** <<https://calatrava.com/projects/milwaukee-art-museum.html> >, alındığı tarih 12.05.2019.
- Url-34** <<https://www.archdaily.com/231521/flashback-post-tower-murphyjahn> >, alındığı tarih 12.05.2019.
- Url-35** <https://www.archlighting.com/projects/a-facade-for-the-future_o >, alındığı tarih 12.05.2019.
- Url-36** <<http://nedkahn.com/portfolio/articulated-cloud> >, alındığı tarih 12.05.2019.
- Url-37** <<https://www.arch2o.com/articulated-cloud-ned-kahn/> >, alındığı tarih 16.05.2019.
- Url-38** <http://www.pvdatabase.org/projects_view_detailmore.php?ID=256 >, alındığı tarih 16.05.2019.
- Url-39** <<https://www.archdaily.com/395131/ch2-melbourne-city-council-house-2-designinc> >, alındığı tarih 16.05.2019.
- Url-40** <<https://www.melbourne.vic.gov.au/building-and-development/sustainable-building/council-house-2/Pages/council-house-2.aspx> >, alındığı tarih 16.11.2019.
- Url-41** <<https://www.domusweb.it/en/architecture/2006/09/25/zollverein-school.html> >, alındığı tarih 16.05.2019.
- Url-42** <<https://inhabitat.com/wind-shaped-pavilion/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-43** <<https://www.designboom.com/technology/greenpix-zero-energy-media-wall-by-simone-giostra-partners-and-arup/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-44** <<http://sgp-a.com/#/single/xicui-entertainment-center-and-media-wall/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-45** <<https://www.o-s-d.com/en/facade/conversion-refurbishment/rathaus-st-ingbert>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-46** <<https://www.archdaily.com/44596/manitoba-hydro-kpmb-architects>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-47** <<https://www.hydro.mb.ca/corporate/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-48** <<https://redchalksketch.wordpress.com/2011/01/31/pola-ginza-building-by-nikken-sekkei-yasuda-atelier-and-the-adaptive-building-initiative-and-hoberman-associates/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-49** <<https://www.architecturalrecord.com/articles/5374-hoberman-s-transformable-design-gaining-momentum>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-50** <<https://www.bloomframe.com/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-51** <<https://www.archdaily.com/49150/media-tic-enric-ruiz-geli>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-52** <<https://www.arkitektuel.com/media-tic/>>, alındığı tarih 15.06.2019.
- Url-53** <<https://inspiration.detail.de/church-of-the-sacred-heart-in-munich-103830.html?lang=de>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-54** <<https://www.archdaily.com/153337/metal-shutter-houses-shigeru-ban-architects-dean-maltz-architect>>, alındığı tarih 18.05.2019.

- Url-55** <<https://www.dezeen.com/2011/07/27/metal-shutter-houses-by-shigeru-ban-architects-and-dean-maltz-architect/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-56** <<https://www.archdaily.com/69219/uap-ned-kahn-to-create-kinetic-artwork-for-brisbane-airport>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-57** <<https://www.designboom.com/art/brisbane-airport-kinetic-parking-garage-facade-by-ned-kahn-uap/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-58** <<https://www.archdaily.com/324309/cooled-conservatories-at-gardens-by-the-bay-wilkinson-eyre-architects>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-59** <<https://arcSPACE.com/feature/one-ocean/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-60** <<https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-61** <<https://www.archdaily.com/335620/rmit-design-hub-sean-godsell>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-62** <<https://www.architonic.com/en/project/arup-biq-house/5101636>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-63** <<https://www.archdaily.com/590576/sdu-campus-kolding-henning-larsen-architects>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-64** <<https://www.archdaily.com/644709/head-office-of-agc-glass-europe-samyn-and-partners>>, alındığı tarih 22.05.2019.
- Url-65** <<https://www.dezeen.com/2017/05/02/apple-dubai-mall-foster-partners-architecture-carbon-fibre-shop-united-arab-emirates/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-66** <<https://www.arch2o.com/dubais-rotating-tower-becoming-reality-2020/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-67** <<https://www.sageglass.com/en/case-studies/swiss-international-scientific-school-uae>>, alındığı tarih 24.05.2019.
- Url-68** <<https://heatvision.info/>>, alındığı tarih 24.05.2019.
- Url-69** <<https://greenliteglass.com/product/glass-x-crystal/>>, alındığı tarih 24.05.2019.
- Url-70** <<https://www.private.glass/tech/photochromic-glass/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-71** <<https://fledmex.com/de/portfolio/fledmex-de-luxe/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-72** <<https://suntuitiveglass.com/thermochromic-dynamic-glass/>>, alındığı tarih 18.05.2019.
- Url-73** <<https://www.commercialwindows.org/thermochromic.php>>, alındığı tarih 18.05.2019.

EKLER

EK A: Uyum gösteren kabuklara ait sınıflandırma tablosu.

EK B: Güney ve batı yönleri için vakalara ait DGI ve DGP sonuçları.

EK C: 21 Haziran günü için DIVA programı ile elde edilen saatlik aydınlık dağılımları.



EK A: Uyum gösteren kabuklara ait sınıflandırma tablosu.

Çizelge A.1 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		Solar Barrel Wall	Beadwal l	Heliotrope	Bremtex
Etki	Güneş Işınımı		X	X	X
	Sıcaklık	X	X	X	X
Tepki	Nem				
	Rüzgar				
	Yağış				
	Gürültü				
	Hava değişimi				
	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak		X	X	X
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X	X	X
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik				
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek			X	
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek				
Ölçek	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek				
	Renk Değiştirme				
	Doku Değiştirme				
	Şekil Değiştirme				
Kontrol Tipi	Bina			X	
	Sistem	X	X		
	Bileşen				X
Sistem Konfigürasyonu	Malzeme				
	İç Kontrol				
Zaman	Dış kontrol	X	X	X	X
	Gömülü				
Uyum Yapısı	Entegre				
	Eklenmiş	X	X	X	X
	Saniye				
	Dakika		X	X	X
	Saat				
Hareket Türü	Gün	X			
	Mevsim				
	Yıllar				
	Mekanik		X	X	X
Görünebilirlik	Kimyasal			X	
	Manyetik				
	Pnömatik				
	Malzeme Esaslı				
Uyum Ölçeği	Hidrolik				
	Kayarak				
	Katlanarak				
Uyum Gösterme Derecesi	Dönerek			X	X
	Genişleyerek				
Referanslar	Yok	X			
	Düşük				
Referanslar	Yüksek		X	X	X
	Makro	X		X	X
Referanslar	Mikro				
	Açık -Kapalı				
Referanslar	Kademeli		X	X	X
	Hibrit				
Referanslar		(Knaack ve diğ., 2007), (Baer, 2009)	Url-28	Url-29, (Wigginton ve Harris, 2002)	Url-30, Url-31

Çizelge A.2 : UGK'nın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		L'Hemisferic	Burke brise Soleil	Post Tower Bonn	Articulated Cloud
Etki	Güneş Işınımı	X	X		
	Sıcaklık	X	X		
Tepki	Nem				
	Rüzgar				X
	Yağış				
	Gürültü				
	Hava değişimi	X			
	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X		
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X		
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik	X			
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek	X			
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek				
Ölçek	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek				
	Renk Değiştirme			X	
	Doku Değiştirme				X
	Şekil Değiştirme				
Kontrol Tipi	Bina				
	Sistem	X			
	Bileşen		X	X	X
Sistem Konfigürasyonu	Malzeme				
	İç Kontrol				
Zaman	Dış kontrol	X		X	X
	Gömülü				
Uyum Yapısı	Entegre	X		X	
	Eklenmiş		X		X
Hareket Türü	Saniye			X	X
	Dakika	X	X		
	Saat				
	Gün				
	Mevsim				
	Yıllar				
	Mekanik	X	X	X	X
Görünebilirlik	Kimyasal				
	Manyetik				
	Pnömatik				
	Malzeme Esaslı				
	Hidrolik	X			
Uyum Ölçeği	Kayarak				
	Katlanarak	X			
	Dönerek		X		X
Uyum Ölçeği	Genişleyerek				
	Yok				
Uyum Ölçeği	Düşük				
	Yüksek	X	X	X	X
Uyum Ölçeği	Makro	X	X	X	X
	Mikro				
Uyum Gösterme Derecesi	Açık -Kapalı	X			
	Kademeli		X		
	Hibrit				
Referanslar		Url-32, (Ataman ve diğ., 2006)	Url-33, (Ataman ve diğ., 2006)	Url-34, Url-35	Url-36, Url-37

Çizelge A.3 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		Ewe Arena	CH2 Melbourn e	Zollverein School	Wind Shaped Kinetic Pavilion
Etki	Güneş Işınımı	X	X		
	Sıcaklık	X	X	X	
	Nem				
	Rüzgar				X
	Yağış				
	Gürültü				
	Hava değişimi				
Tepki	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X		
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X	X	
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik				
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek	X			X
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek				
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek				X
	Renk Değiştirme				
	Doku Değiştirme				
	Şekil Değiştirme				
Ölçek	Bina				X
	Sistem			X	
	Bileşen	X	X		
	Malzeme				
Kontrol Tipi	İç Kontrol				
	Dış kontrol	X	X	X	X
Sistem Konfigürasyonu	Gömülü				
	Entegre			X	X
	Eklenmiş	X	X		
Zaman	Saniye				
	Dakika	X	X		X
	Saat			X	
	Gün				
	Mevsim				
	Yıllar				
Uyum Yapısı	Mekanik	X	X		X
	Kimyasal	X			
	Manyetik				
	Pnömatik				
	Malzeme Esaslı				
	Hidrolik				
Hareket Türü	Kayarak	X			
	Katlanarak				
	Dönerek		X		X
	Genişleyerek				
Görünebilirlik	Yok			X	
	Düşük				
	Yüksek	X	X		X
Uyum Ölçeği	Makro	X	X	X	X
	Mikro				
Uyum Gösterme Derecesi	Açık -Kapalı				
	Kademeli	X			X
	Hibrit		X		
	Referanslar	Url-38	Url-39, Url-40	Url-41,	(Dove, 2007), Url-42

Çizelge A.4 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		GreenPIX	St. Ingbert Town Hall	Manitoba Hydro	POLA Ginza Building Facade
Etki	Güneş Işınımı	X	X		X
	Sıcaklık		X		X
	Nem				
	Rüzgar				
	Yağış				
Tepki	Gürültü				
	Hava değişimi	X		X	
	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X		X
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak		X		X
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik	X		X	
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek	X	X		
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek				
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek				
	Renk Değiştirme				
	Doku Değiştirme				
Ölçek	Şekil Değiştirme				
	Bina				
	Sistem	X		X	
Kontrol Tipi	Bileşen		X		X
	Malzeme				
	İç Kontrol	X			
Sistem Konfigürasyonu	Dış kontrol		X	X	X
	Gömülü				
	Entegre	X		X	
Zaman	Eklenmiş		X		X
	Saniye				
	Dakika	X	X	X	X
	Saat				
	Gün				
Uyum Yapısı	Mevsim				
	Yıllar				
	Mekanik	X	X	X	X
	Kimyasal	X			
	Manyetik				
Hareket Türü	Pnömatik				
	Malzeme Esası				
	Hidrolik				
	Kayarak				
Görünebilirlik	Katlanarak		X		X
	Dönerek			X	
	Genişleyerek				
Uyum Ölçeği	Yok	X		X	
	Düşük		X		
	Yüksek		X	X	X
Uyum Gösterme Derecesi	Makro	X			
	Mikro				
	Açık -Kapalı			X	
Referanslar	Kademeli		X		X
	Hibrit	X			
Referanslar		Url-43, Url-44	(Schumacher ve diğ., 2010), Url-45	Url-46 Url-47	Url-48, Url-49

Çizelge A.5 : UGK’ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		Bloomframe Balcony	Media- TIC Office Building	Church of the Sacred Heart	Metal Shutter Houses
Etki	Güneş Işınımı		X		X
	Sıcaklık	X	X	X	X
	Nem	X			X
	Rüzgar	X			X
	Yağış	X			X
	Gürültü	X			X
	Hava değişimi	X			X
Tepki	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak		X		X
	Konveksiyon, taşınım ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X	X	X
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik	X			X
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek				X
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek	X			X
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek				
	Renk Değiştirme				
Ölçek	Doku Değiştirme				
	Şekil Değiştirme				
	Bina				
Kontrol Tipi	Sistem	X	X	X	X
	Bileşen				
	Malzeme				
Sistem Konfigürasyonu	İç Kontrol				
	Dış kontrol	X	X	X	X
Zaman	Gömülü				
	Entegre	X	X	X	X
Uyum Yapısı	Eklenmiş				
	Saniye				
	Dakika		X		X
	Saat	X		X	
	Gün				
	Mevsim				
	Yıllar				
Hareket Türü	Mekanik	X	X	X	X
	Kimyasal				
	Manyetik				
	Pnömatik		X		
	Malzeme Esaslı				
Görünebilirlik	Hidrolik			X	
	Kayarak				X
	Katlanarak	X			
Uyum Ölçeği	Dönerek			X	
	Genişleyerek		X		
	Yok		X		
Uyum Gösterme Derecesi	Düşük	X		X	X
	Yüksek	X	X	X	X
	Makro				
Referanslar	Mikro				
	Açık -Kapalı	X	X	X	
	Kademeli				X
	Hibrit				
	Referanslar	Url-50	Url-51, Url-52	(Schumacher ve diğ., 2010), Url-53	Url-54, Url-55

Çizelge A.6 : UGK'nın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		Brisbane Domestic Terminal	Gardens by the Bay	One Ocean	Al Bahr Towers
Etki	Güneş Işınımı		X	X	X
	Sıcaklık		X		X
	Nem				
	Rüzgar	X			
	Yağış				
	Gürültü				
	Hava değişimi				
Tepki	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak		X	X	X
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak		X		X
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik				
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek				
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek				
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek				
	Renk Değiştirme				
	Doku Değiştirme	X			
	Şekil Değiştirme				
Ölçek	Bina				
	Sistem			X	
	Bileşen	X	X		X
	Malzeme				
Control Tipi	İç Kontrol				
	Dış kontrol	X	X		X
Sistem Konfigürasyonu	Gömülü				
	Entegre			X	
	Eklenmiş	X	X		X
Zaman	Saniye	X			
	Dakika		X	X	X
	Saat				
	Gün				
	Mevsim				
	Yıllar				
Uyum Yapısı	Mekanik		X	X	X
	Kimyasal				
	Manyetik				
	Pnömatik				
	Malzeme Esaslı				
Hareket Türü	Hidrolik			X	
	Kayarak		X		
	Katlanarak				X
	Dönerek	X			
Görünebilirlik	Genişleyerek				
	Yok				
Uyum Ölçeği	Düşük				
	Yüksek	X	X	X	X
	Makro	X	X	X	X
	Mikro				
Uyum Gösterme Derecesi	Açık -Kapalı			X	
	Kademeli		X		X
	Hibrit				
	Referanslar	Url-56, Url-57	Url-58, (Fortmeyer ve Linn, 2014)	Url-59	(Fortmeyer ve Linn, 2014), Url-60

Çizelge A.7 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		RMIT Design Hub	KfW	BIQ House	
Etki	Güneş Işınımı	X	X	X	
	Sıcaklık		X	X	
	Nem				
	Rüzgar				
	Yağış				
	Gürültü				
Tepki	Hava değişimi				
	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X	X	
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak		X	X	
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik				
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek				
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek				
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek				
	Renk Değiştirme				
	Doku Değiştirme				
	Şekil Değiştirme				
	Ölçek	Bina			
		Sistem			
		Bileşen	X	X	X
		Malzeme			
Kontrol Tipi	İç Kontrol			X	
	Dış kontrol	X	X		
Sistem Konfigürasyonu	Gömülü			X	
	Entegre				
Zaman	Eklenmiş	X	X		
	Saniye				
	Dakika	X	X		
	Saat			X	
	Gün				
	Mevsim				
Uyum Yapısı	Yıllar				
	Mekanik	X	X		
	Kimyasal			X	
	Manyetik				
	Pnömatik				
	Malzeme Esaslı				
Hareket Türü	Hidrolik				
	Kayarak				
	Katlanarak				
	Dönerek	X	X		
Görünebilirlik	Genişleyerek				
	Yok				
	Düşük	X	X	X	
Uyum Ölçeği	Yüksek	X	X	X	
	Makro	X	X		
	Mikro			X	
Uyum Gösterme Derecesi	Açık -Kapalı				
	Kademeli	X	X		
	Hibrit			X	
	Referanslar	Url-61	(Kolarevic ve Parlac, 2015), (Fortmeyer ve Linn, 2014)	Url-62	

Çizelge A.8 : UGK'nın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		SDU Campus Kolding	AGC Glass	Apple Dubai Mall	Dubai Rotating Tower
Etki	Güneş Işınımı	X	X	X	X
	Sıcaklık	X	X		X
	Nem				
	Rüzgar				
	Yağış				
	Gürültü				
Tepki	Hava değişimi				
	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X	X	X
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X		X
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik				
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek				
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek				
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek				
	Renk Değiştirme				
	Doku Değiştirme				
	Şekil Değiştirme				
	Ölçek	Bina			
Sistem					
Bileşen		X	X	X	
Kontrol Tipi	Malzeme				
	İç Kontrol				
Sistem Konfigürasyonu	Dış kontrol	X	X	X	X
	Gömülü				
Zaman	Entegre				X
	Eklenmiş	X	X	X	
	Saniye				
	Dakika	X	X	X	
	Saat				X
	Gün				
	Mevsim				
Uyum Yapısı	Yıllar				
	Mekanik	X	X	X	X
	Kimyasal				
	Manyetik				
	Pnömatik				
Hareket Türü	Malzeme Esası				
	Hidrolik				
	Kayarak				
	Katlanarak	X		X	
Görünebilirlik	Dönerek		X		X
	Genişleyerek				
	Yok				
Uyum Ölçeği	Düşük				
	Yüksek	X	X	X	X
	Makro	X	X	X	X
Uyum Gösterme Derecesi	Mikro				
	Açık -Kapalı				
	Kademeli	X	X	X	X
	Hibrit				
	Referanslar	Url-63	Url-64	Url-65	Url-66

Çizelge A.9 : UGK'ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		Swiss International Scientific School	Electrically Heated Glass	GLASSX
Etki	Güneş Işınımı	X		
	Sıcaklık		X	X
	Nem			
	Rüzgar			
	Yağış		X	
	Gürültü			
Tepki	Hava değişimi			
	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X		
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak		X	X
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik			
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek			
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek			
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek			
	Renk Değiştirme	X		X
	Doku Değiştirme			
	Şekil Değiştirme			
Ölçek	Bina			
	Sistem			
	Bileşen			
Kontrol Tipi	Malzeme	X	X	X
	İç Kontrol	X		X
	Dış kontrol		X	
Sistem Konfigürasyonu	Gömülü	X		X
	Entegre		X	
Zaman	Eklenmiş			
	Saniye			
	Dakika	X		
	Saat			X
	Gün			
Uyum Yapısı	Mevsim		X	
	Yıllar			
	Mekanik		X	
	Kimyasal			
	Manyetik			
Hareket Türü	Pnömatik			
	Malzeme Esaslı	X		X
	Hidrolik			
	Kayarak			
	Katlanarak			
Görünebilirlik	Dönerek			
	Genişleyerek			
	Yok		X	
Uyum Ölçeği	Düşük			
	Yüksek	X		X
	Makro			
Uyum Gösterme Derecesi	Mikro	X	X	X
	Açık -Kapalı			X
	Kademeli	X		
	Hibrit			
	Referanslar	Url-67	Url-68	Url-69

Cizelge A.10 : UGK’ın uyum gösterme özelliklerine göre sınıflandırılması.

UYUM GÖSTERME ÖZELLİKLERİ		Photochromic Glazing	Allwetterdach (Fledmex)	Thermo-chromic Glazing
Etki	Güneş Işınımı	X	X	
	Sıcaklık		X	X
	Nem			
	Rüzgar			
	Yağış			
	Gürültü			
Tepki	Hava değişimi		X	
	Güneş kazanımını engellemek, içeri almak veya ayarlamak	X	X	
	Konveksiyon ve uzun dalga radyant ısı akısını engellemek, içeri almak veya ayarlamak			X
	Dış havanın değişimi ve filtrelenmesi için kontrollü gözeneklilik		X	
	Görüşü engellemek, görüşe izin vermek veya yönlendirmek			
	Sesi engellemek, geri çevirmek, içeri almak veya yönlendirmek			
	Rüzgar enerjisini toplamak ve dönüştürmek			
	Renk Değiştirme	X		X
	Doku Değiştirme			
	Şekil Değiştirme			
Ölçek	Bina			
	Sistem			
	Bileşen		X	
Kontrol Tipi	Malzeme	X		X
	İç Kontrol	X		X
	Dış kontrol			
Sistem Konfigürasyonu	Gömülü	X		X
	Entegre		X	
	Eklenmiş			
Zaman	Saniye			
	Dakika	X		X
	Saat		X	
	Gün			
	Mevsim			
Uyum Yapısı	Yıllar			
	Mekanik		X	
	Kimyasal			
	Manyetik			
	Pnömatik			
Hareket Türü	Malzeme Esası	X		X
	Hidrolik			
	Kayarak			
	Katlanarak			
	Dönerek		X	
Görünebilirlik	Genişleyerek			
	Yok			
	Düşük	X	X	X
Uyum Ölçeği	Yüksek		X	
	Makro			
Uyum Gösterme Derecesi	Mikro	X		X
	Açık -Kapalı			
	Kademeli		X	
Derecesi	Hibrit	X		X
	Referanslar	Url-70, (Ritter, 2007)	Url-71	Url-72, Url-73

EK B: Güney ve batı yönleri için vakalara ait DGI ve DGP sonuçları.

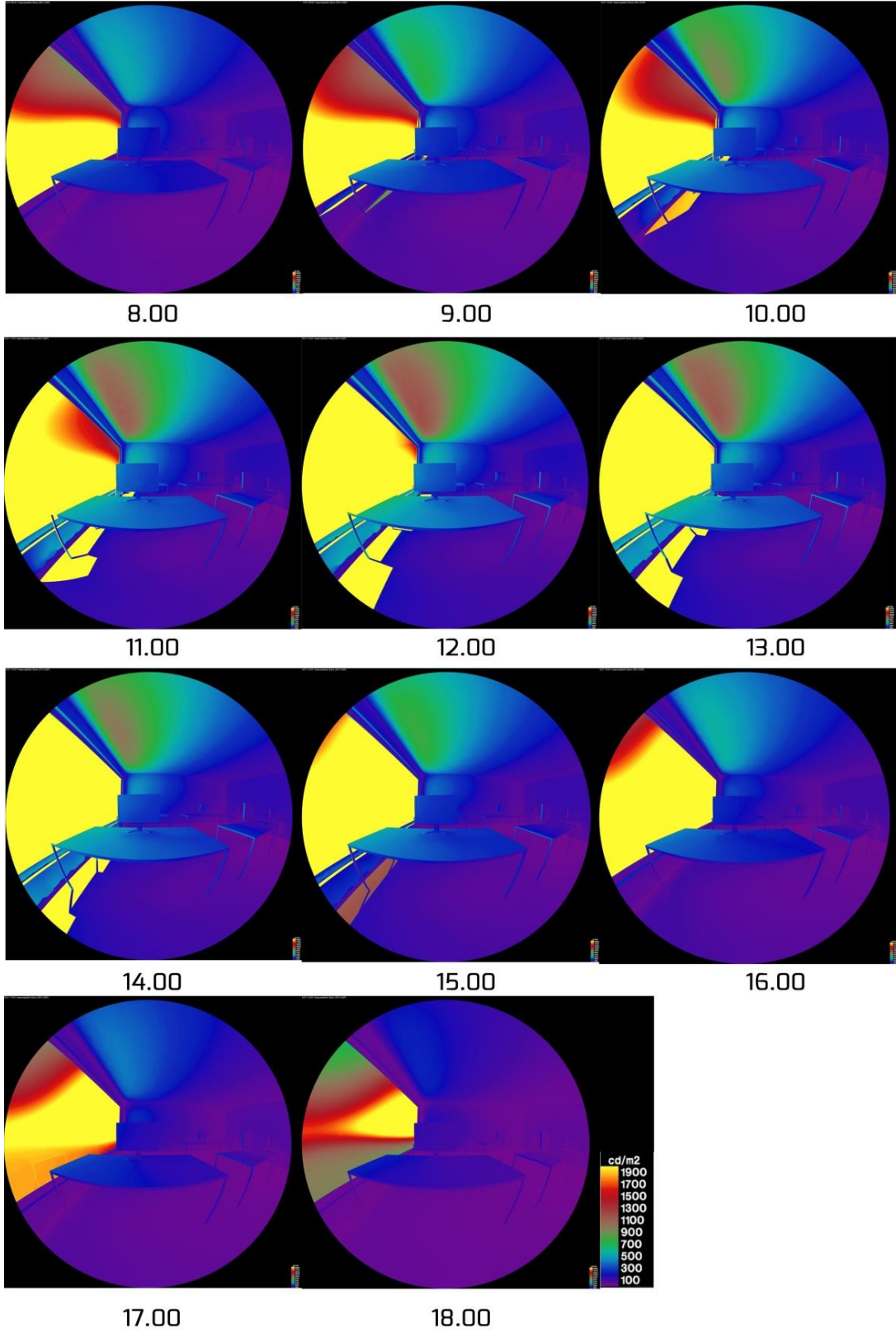
Çizelge B.1 : Güney ve batı yönleri için vakalara ait DGI ve DGP sonuçları.

Yön	Saat	8.00		9.00		10.00		11.00		12.00			
		DGI	DGP	DGI	DGP	DGI	DGP	DGI	DGP	DGI	DGP		
G	Kamaşma kategorisi		DGI	DGP	DGI	DGP	DGI	DGP	DGI	DGP	DGI	DGP	
	Referans oda		14.03	0.25	13.27	0.26	12.99	0.28	10.94	0.3	10.83	0.31	
	A	1	14.09	0.26	16.67	0.28	14.36	0.26	13.49	0.25	13.88	0.25	
		2	12.93	0.24	14.70	0.25	13.74	0.26	13.36	0.27	12.25	0.28	
	B	1	11.56	0.24	13.64	0.27	15.48	0.27	10.80	0.24	12.38	0.30	
		2	13.38	0.24	13.09	0.26	13.18	0.27	15.44	0.28	15	0.29	
	C	1	17.4	0.22	18.34	0.23	16.87	0.24	17.41	0.25	17.12	0.25	
		2	16.7	0.23	16.70	0.24	16.61	0.25	18.14	0.26	16.92	0.27	
	B	Referans oda		14	0.24	14.17	0.25	14.24	0.25	14.18	0.26	13.78	0.26
		A	1	13.14	0.23	13.22	0.24	13.68	0.25	13.59	0.26	14.13	0.28
2			13.58	0.24	14.70	0.25	15.00	0.26	15.11	0.26	15.32	0.26	
B		1	10.55	0.21	12.25	0.23	12.11	0.24	12.03	0.25	12.18	0.27	
		2	13.73	0.23	14.41	0.25	13.20	0.25	15.12	0.26	14.83	0.27	
C		1	17.79	0.22	18.58	0.23	18.70	0.23	18.78	0.24	18.79	0.24	
		2	16.71	0.23	16.87	0.24	17.14	0.24	17.26	0.25	17.21	0.25	

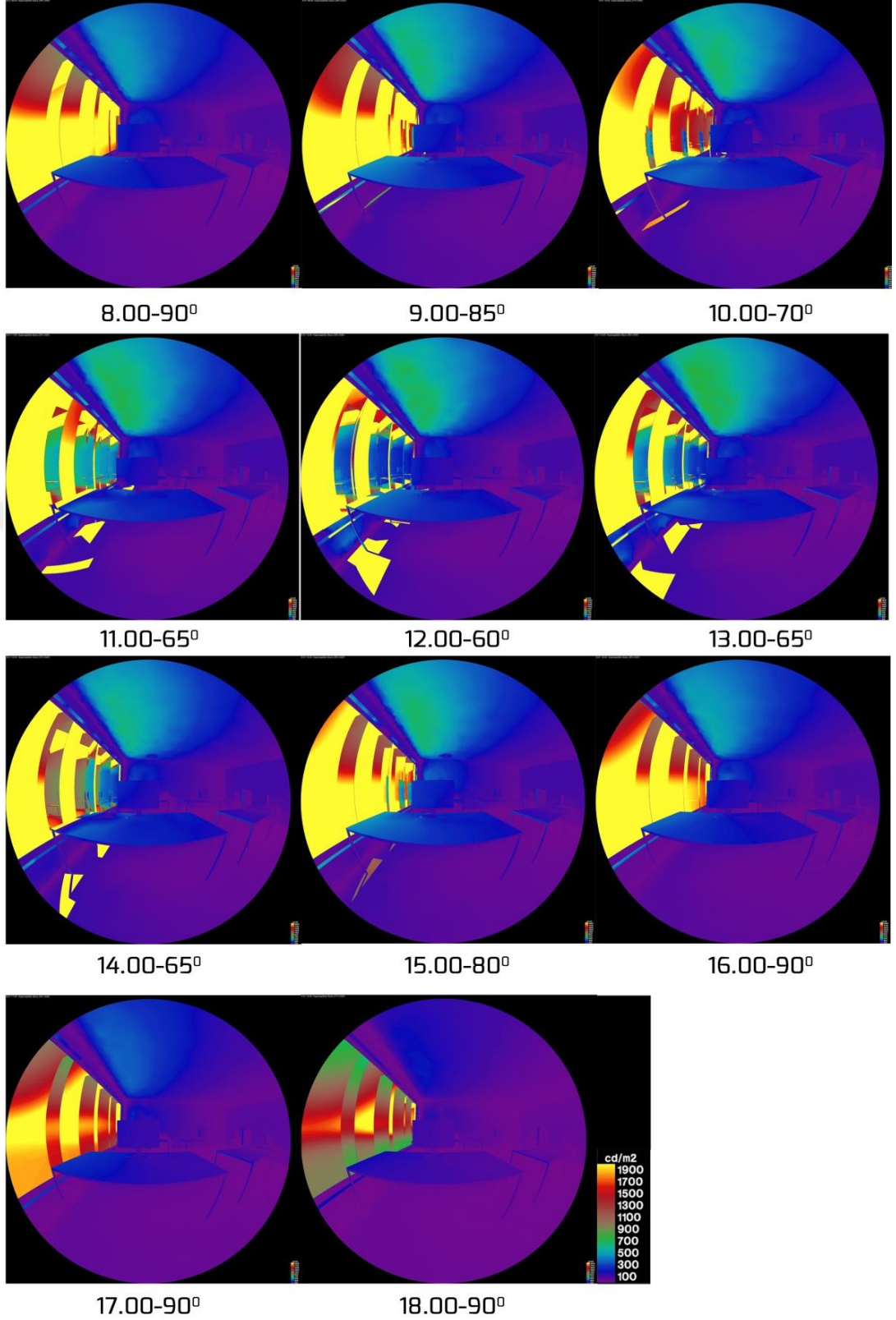
Çizelge B.1 (devam) : Güney ve batı yönleri için vakalara ait DGI ve DGP sonuçları.

Yön	Saat	13.00		14.00		15.00		16.00		17.00		18.00	
		DGI	DGP	DGI	DGP	DGI	DGP	DGI	DGP	DGI	DGP	DGI	DGP
G	Kamaşma kategorisi												
	Referans oda	9.75	0.31	8.27	0.30	11.67	0.29	14.59	0.28	14.87	0.26	13.8	0.23
	A 1	13.55	0.25	14.06	0.25	14.36	0.26	16.16	0.25	13.91	0.23	11.26	0.21
	A 2	11.91	0.28	13.15	0.28	14.68	0.29	15.19	0.28	15.35	0.26	14.23	0.23
	B 1	13.13	0.23	11.85	0.25	14.72	0.26	12.76	0.24	11.14	0.22	9.32	0.20
	B 2	14.96	0.29	15.11	0.28	14.98	0.28	15.30	0.26	13.08	0.24	13.87	0.22
	C 1	19.52	0.26	15.99	0.25	19.07	0.25	19.54	0.24	19.22	0.23	18.35	0.21
	C 2	17.23	0.27	17.59	0.26	18.09	0.25	17.91	0.24	17.32	0.22	16.06	0.20
	Referans oda	11.36	0.28	13.6	0.34	-1.22	0.44	10.90	0.48	29.11	1	31,84	1
	A 1	12.43	0.25	15.02	0.28	21.95	0.37	21.19	0.34	29.19	0.84	31.15	1
A 2	13.55	0.27	10.49	0.27	17.38	0.31	20.50	0.36	17.32	0.28	14.81	0.26	
B 1	14.03	0.26	13.25	0.27	15.18	0.30	14.51	0.24	14.67	0.30	30.19	0.84	
B 2	15.22	0.27	12.87	0.27	14.73	0.26	13.89	0.26	15.59	0.27	30.14	0.86	
C 1	18.65	0.24	19.40	0.28	19.91	0.35	18.16	0.32	29.19	0.83	15.43	0.24	
C 2	16.64	0.25	15.09	0.28	19.92	0.37	20.29	0.33	16.79	0.28	15.77	0.26	

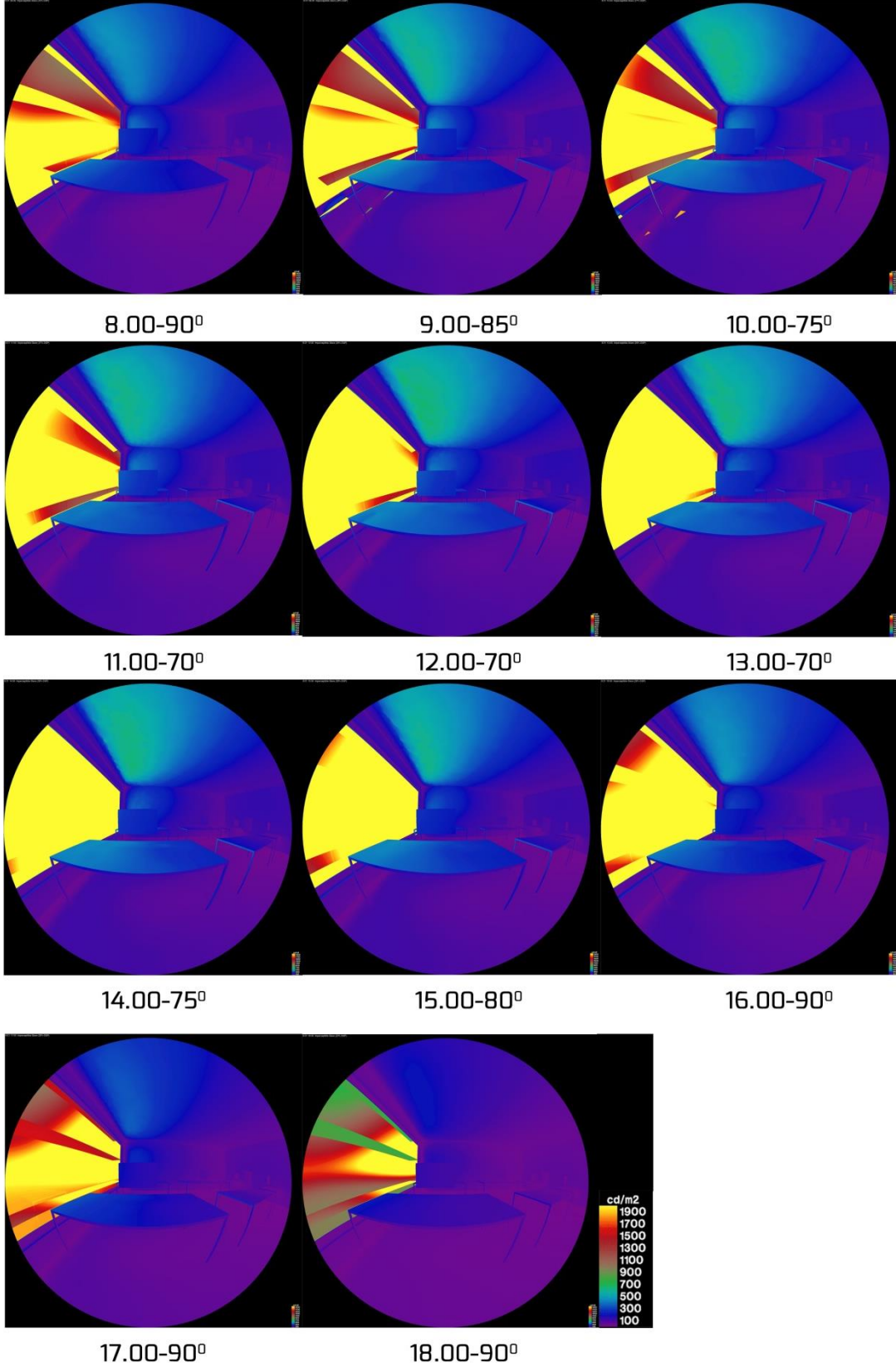
EK C: 21 Haziran günü için DIVA programı ile elde edilen saatlik aydınlık dağılımları



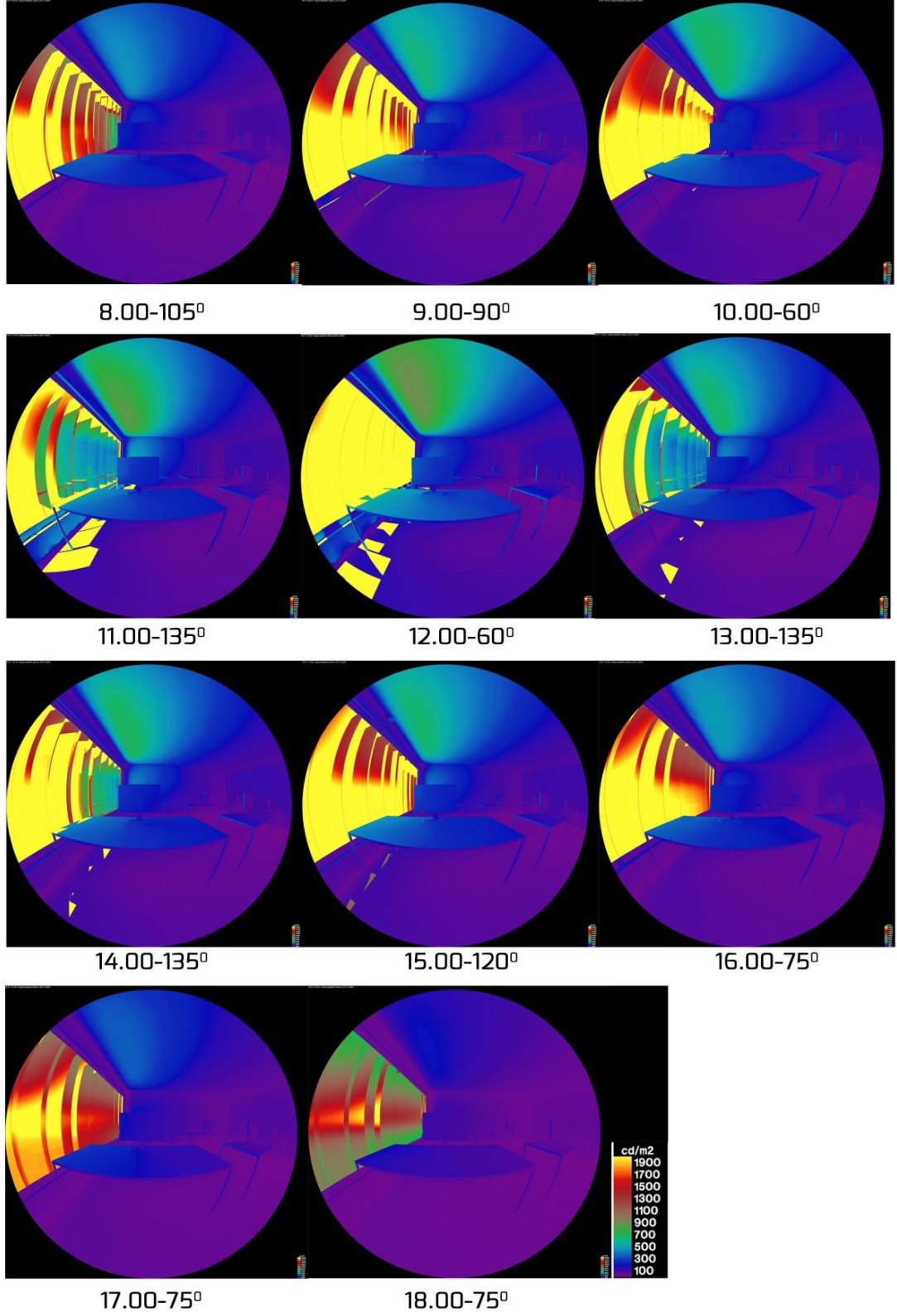
Şekil C.1 : Güneye bakan referans oda için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



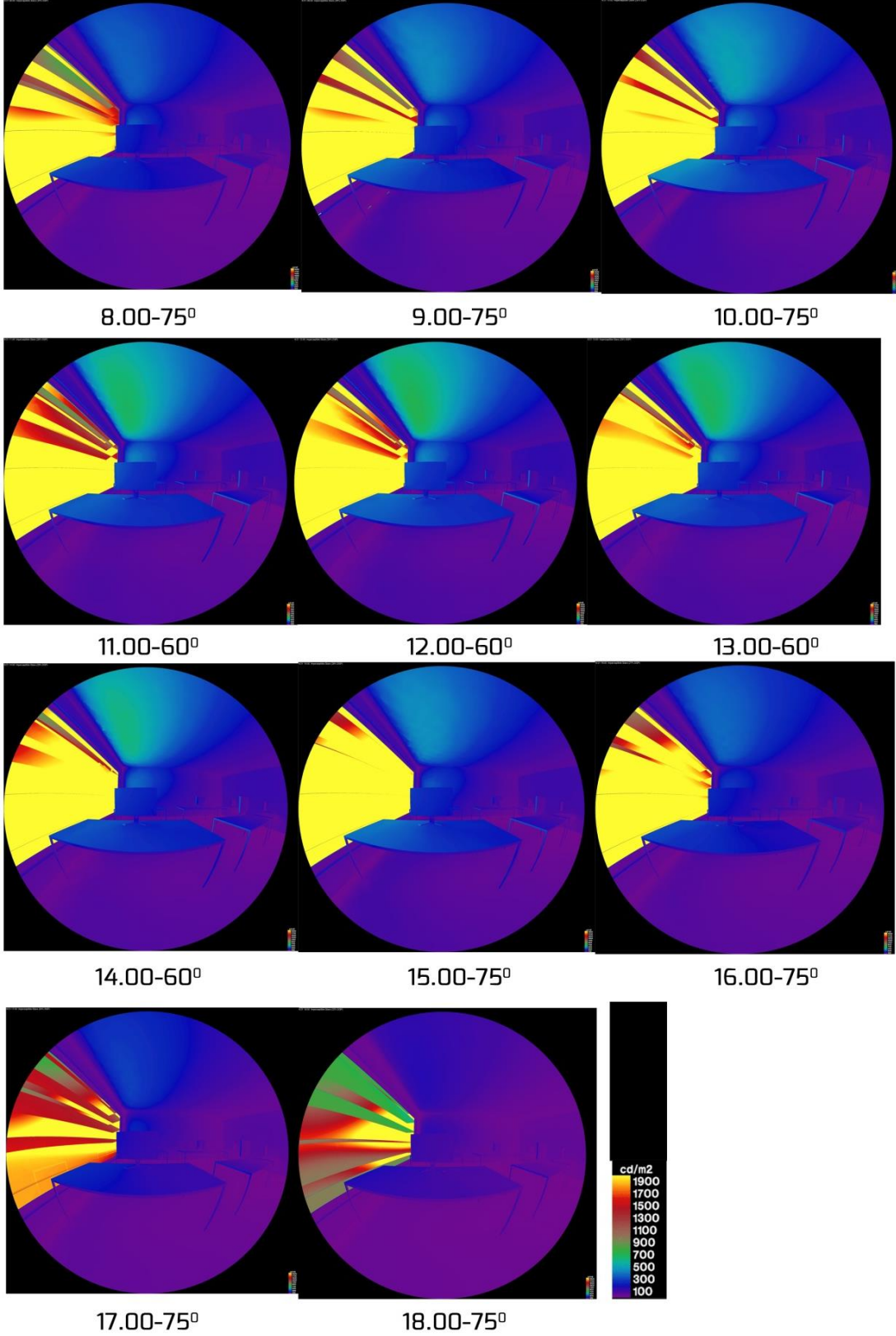
Şekil C.2 : Güneye bakan A1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



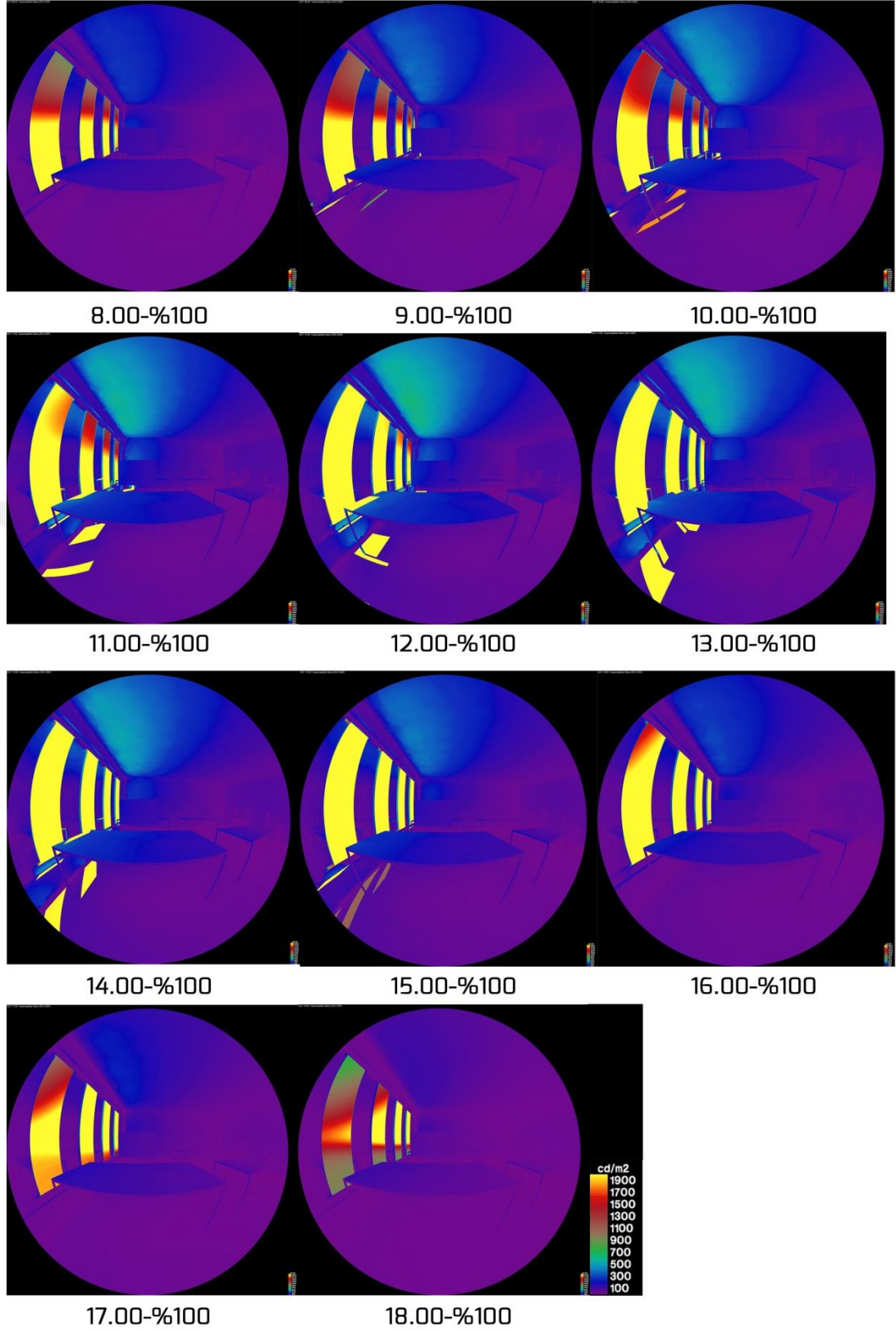
Şekil C.3 : Güneye bakan A2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



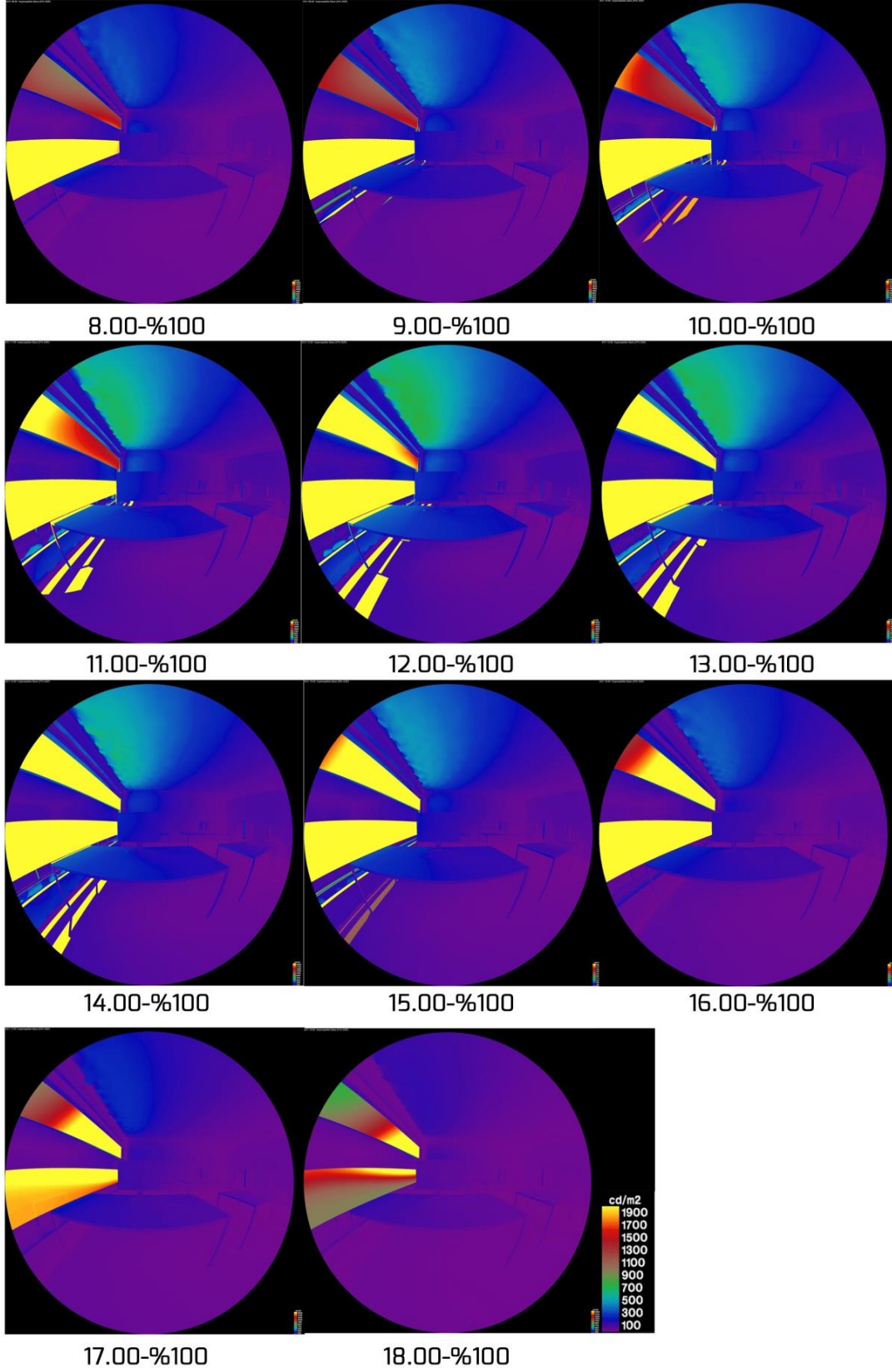
Şekil C.4 : Güneye bakan B1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



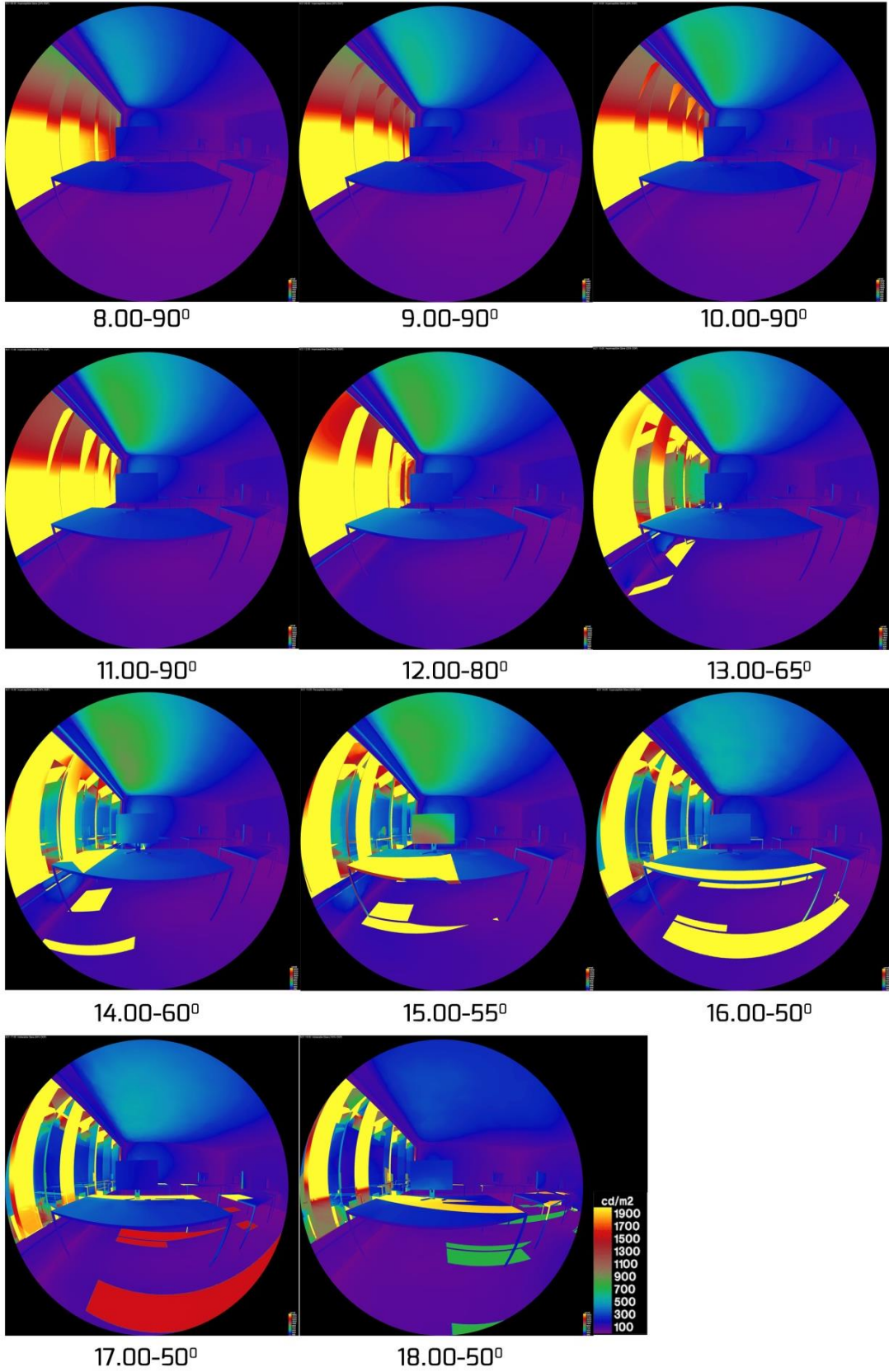
Şekil C.5 : Güneye bakan B2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



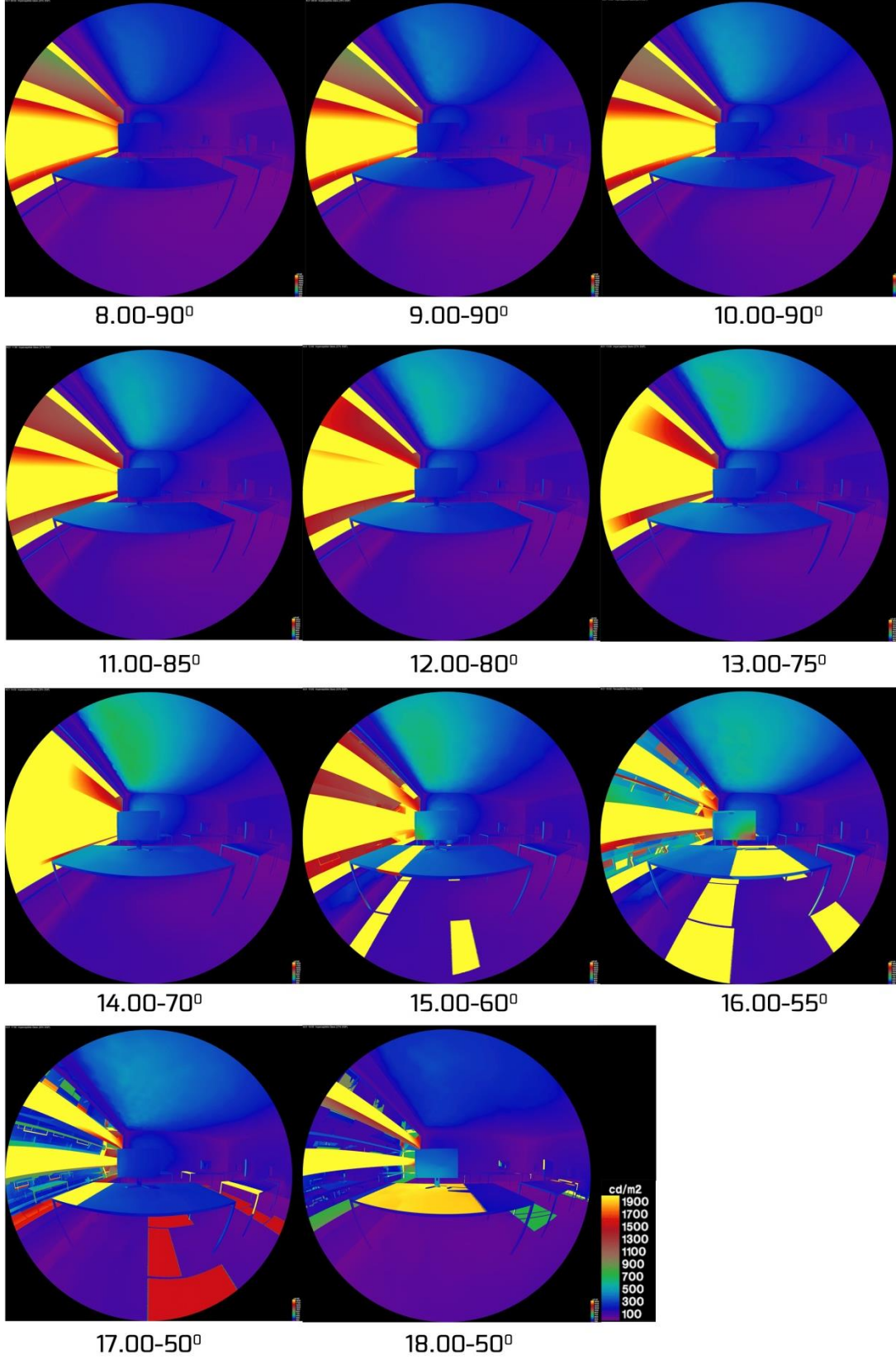
Şekil C.6 : Güneye bakan C1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



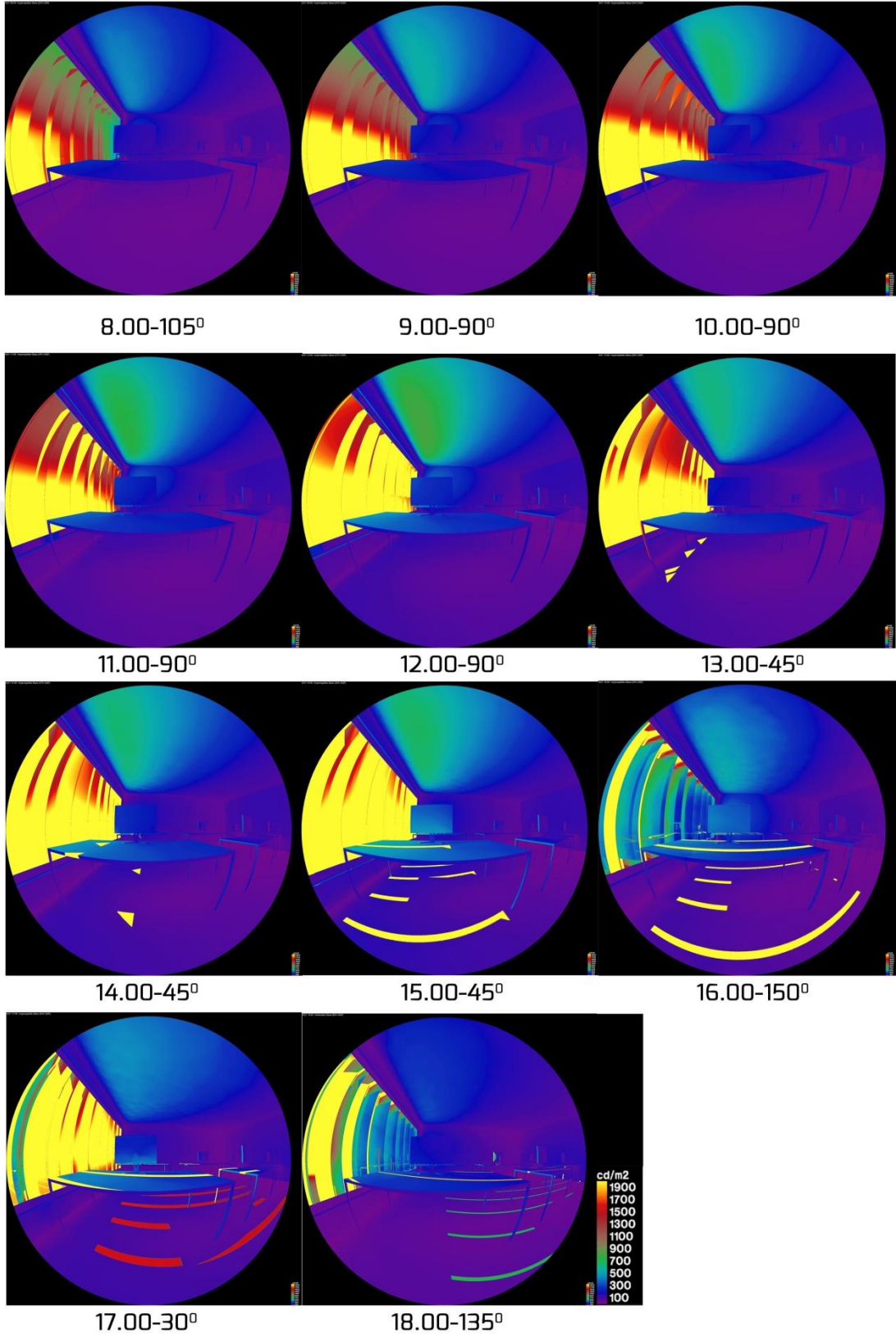
Şekil C.7 : Güneye bakan C2için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



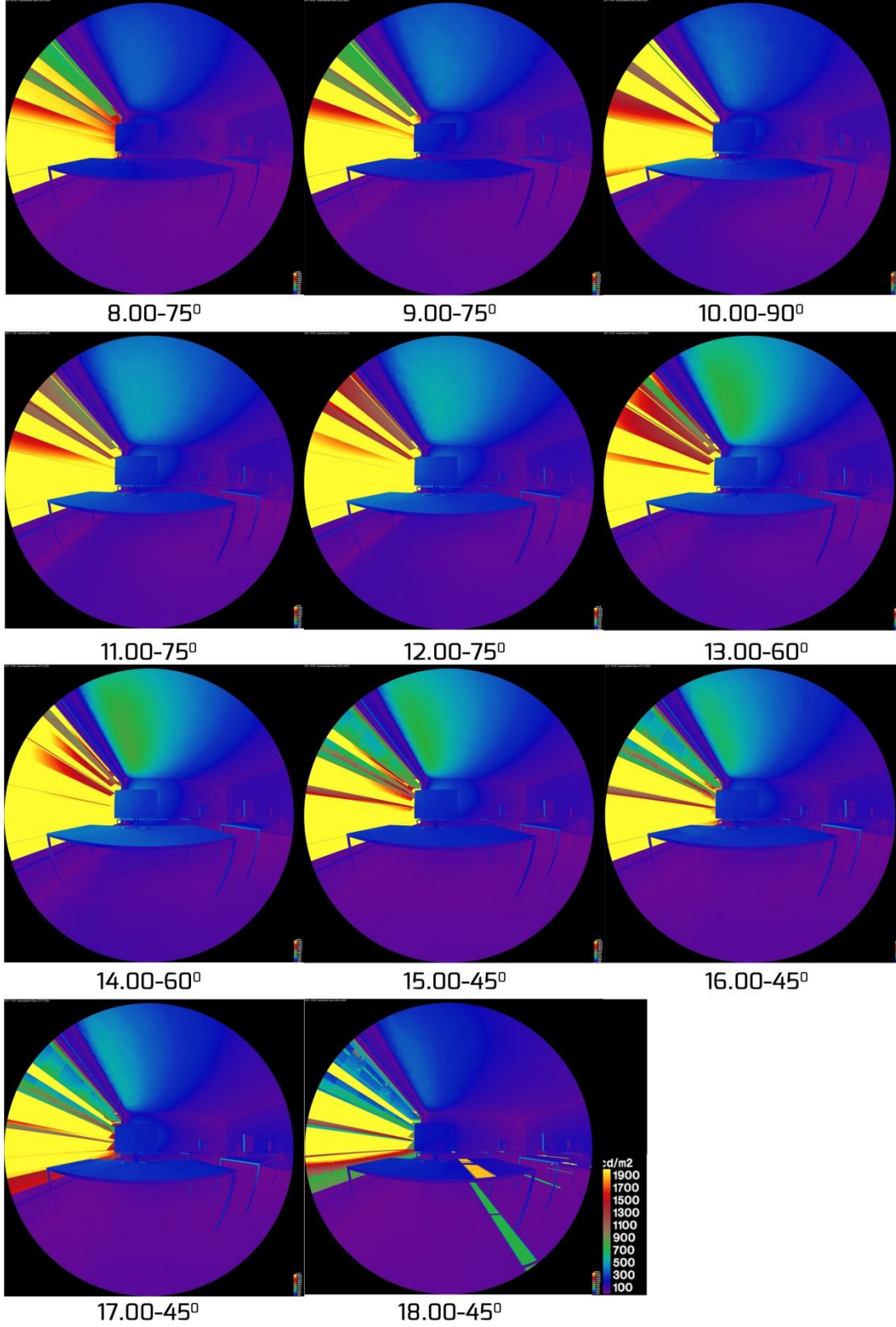
Şekil C.8 : Batıya bakan A1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



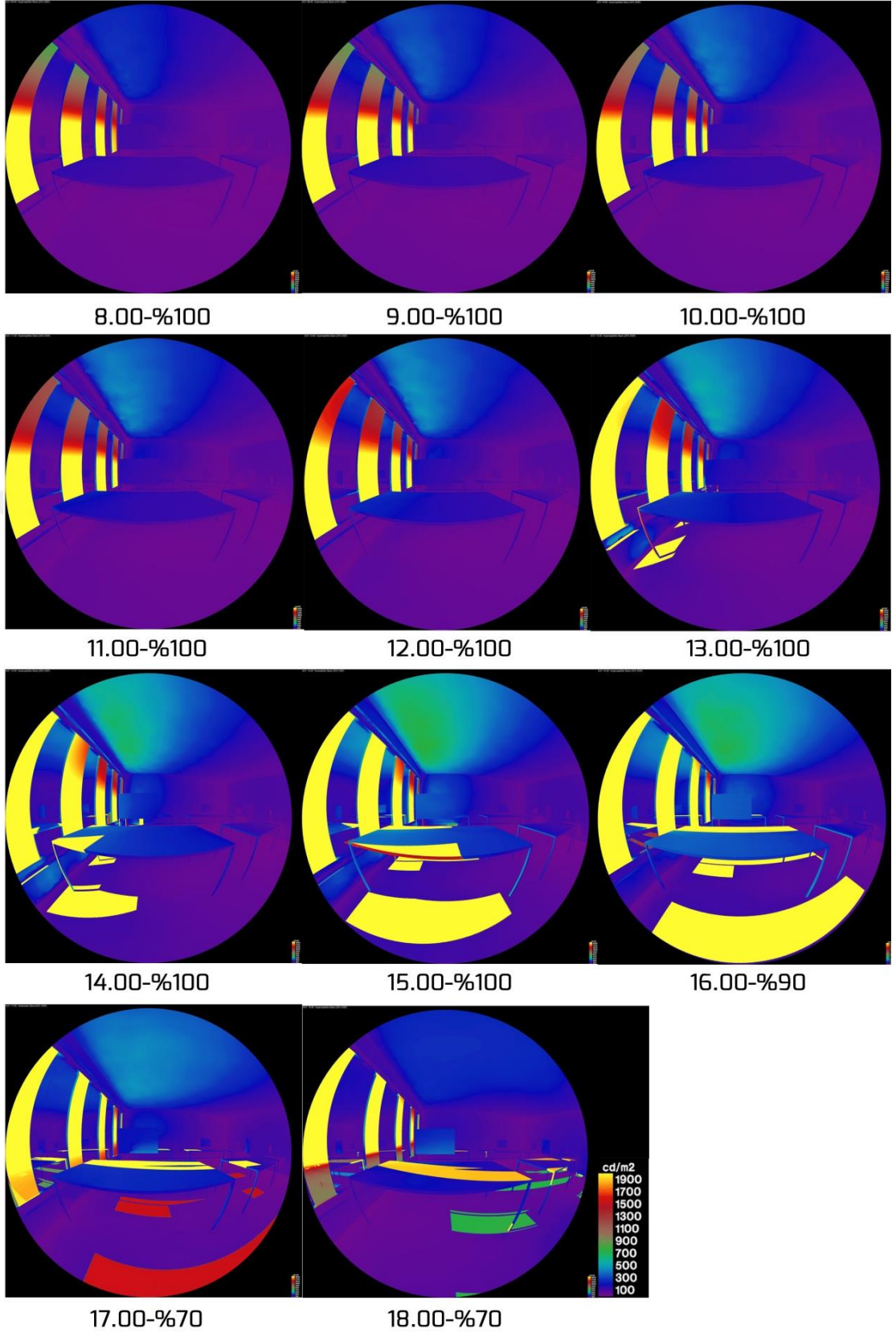
Şekil C.9 : Batıya bakan A2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



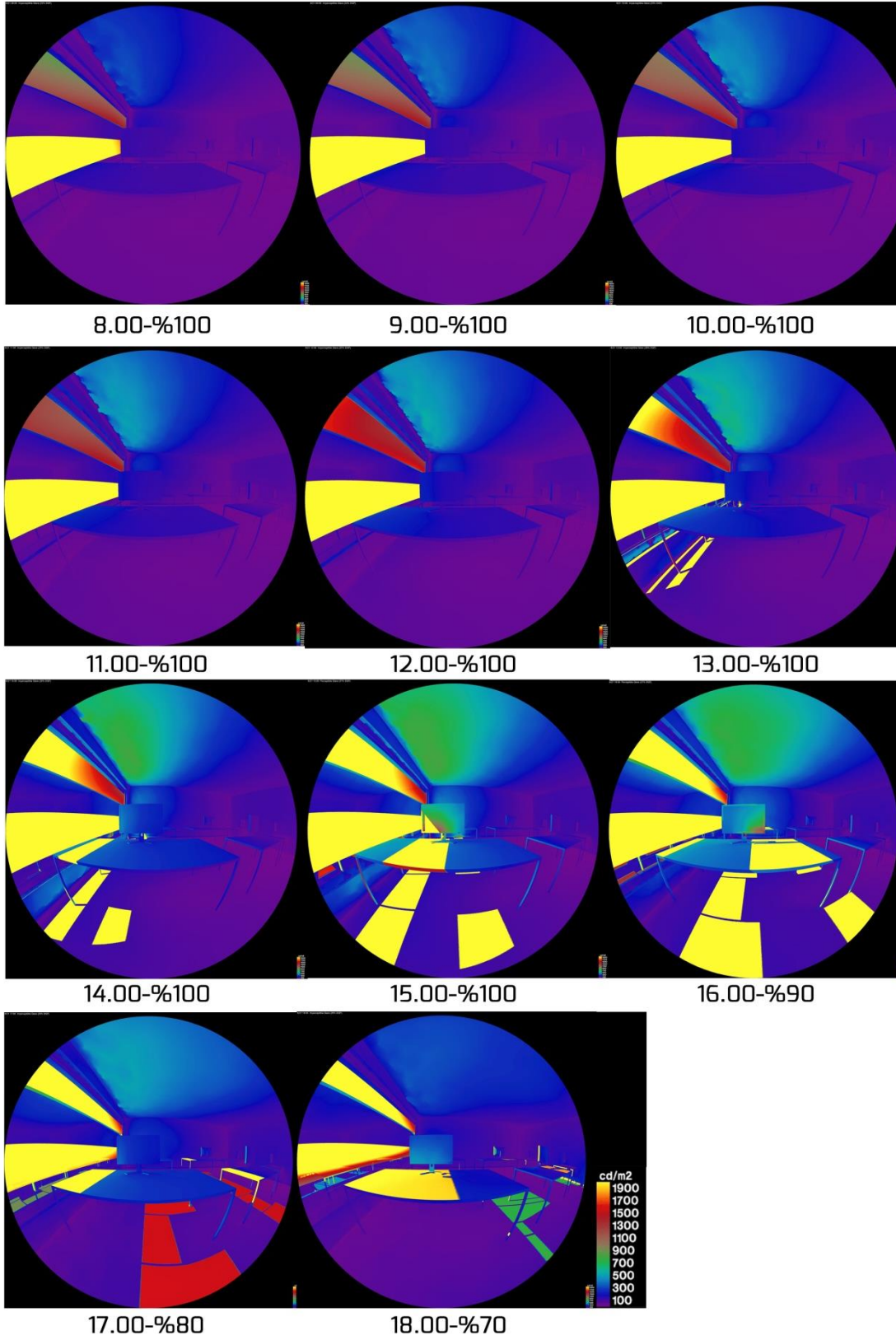
Şekil C.10 : Batıya bakan B1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



Şekil C.11 : Batıya bakan B2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



Şekil C.12 : Batıya bakan C1 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.



Şekil C.13 : Batıya bakan C2 için X1 bakış doğrultusundan aydınlık dağılımları.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Dilan ÖNER
Doğum Tarihi ve Yeri : 29.01.1992
E-posta : dilanoner2@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2018-...Araştırma Görevlisi, Kocaeli Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü