

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Genetik Algoritma Aracılığıyla Günışığına Göre Optimum
Yerleşim ve Cephe Tasarım Alternatiflerinin Geliştirilmesi**

Ayşegül BİLGİLİ

Mimarlık Anabilim Dalı

2025

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

**Genetik Algoritma Aracılığıyla Günışığına Göre Optimum
Yerleşim ve Cephe Tasarım Alternatiflerinin Geliştirilmesi**

Ayşegül BİLGİLİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 31/01/2025 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Dr. Öğr. Üyesi Kasım ÇELİK (Danışman)

: Prof. Dr. Onur ERMAN

: Doç. Dr. Gökhan UŞMA

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı.....	4
1.2. Tezin Kapsamı	4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
3. MATERYAL VE METOT	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Rhinoceros 3D Simülasyon Programı	14
3.1.2. Rhinoceros 3D Simülasyon Programı Eklentileri	16
3.1.2.1.Ladybug Bileşenleri.....	17
3.1.2.2.Honeybee Bileşenleri.....	20
3.1.2.3.Genetik Algoritma ‘Galapagos’ Eklentisi.....	23
3.2. Metot	26
4. SÜRDÜRÜLEBİLİR BİNA TASARIMI	29
4.1. Cephe Tasarım Parametreleri.....	29
4.1.1. Gölgeleme Sistemleri.....	31
4.2. Güneşli Parametreleri	31
4.2.1. Binalarda Güneşli Standardı	33
4.2.1.1. Gün ışığı sağlanmasına ilişkin kriterler	33
4.2.1.2 Dış Ortam ile Görsel Bağlantı Kurulmasına İlişkin Kriterler.....	35
4.2.1.3. Güneşlenme Kriterleri	37
4.2.1.4. Kamaşmadan Korunma Kriterleri.....	38
4.3. Isısal Konfor Parametreleri	39
4.3.1. ANSI/ASHRAE 55 Isısal Konfor Standardı	40
4.3.1.1. Öngörülen Ortalama Oy (PMV).....	41
4.3.1.2. Uyarlanabilir Isısal Konfor Modeli.....	42
5. TOPLU KONUTLARDA GÜNEŞLİNE GÖRE OPTİMUM YERLEŞİM VE CEPHE TASARIMI	43
5.1. Kıyıkent Evleri 1. Etap Konutları	43
5.2. Mevcut Bina Konumlarına Göre Güneşli Analizleri	47

5.2.1. Gökyüzü Görüş Faktörü (SVF) Analizi	49
5.2.2. Gökyüzü Görünüm Yüzdesi Analizi	50
5.2.3. Güneş Enerjisi Kazanımı Analizi	51
5.2.4. Mevcut Bina Konumlarına Göre Toplam Güneşli Saati Analizleri	52
5.3. Mevcut Bina Durumlarının İç Mekan Analizleri	58
5.3.1. AS3.1 Binası 2. Kat Mevcut Durum Analizleri	58
5.3.1.1. Güneşli Saati Analizleri	60
5.3.1.2. Enerji Kullanımları	63
5.3.1.3. Isısal Konfor Haritaları	68
5.3.2. AS4.8 5. Kat Binası Mevcut Durum Analizleri	69
5.3.2.1. Güneşli Saati Analizleri	70
5.3.2.2. Enerji Kullanımları	73
5.3.2.3. Isısal Konfor Haritaları	79
5.3.3. AS5.20 Binası 2. Kat Mevcut Durum Analizleri	80
5.3.3.1. Güneşli Saati Analizleri	81
5.3.3.2. Enerji Kullanımları	83
5.3.3.3. Isısal Konfor Haritaları	88
5.3.4. AS5.20 Binası 10. Kat Mevcut Durum Analizleri	88
5.3.4.1. Güneşli Saati Analizleri	89
5.3.4.2. Enerji Kullanımları	91
5.3.4.3. Isısal Konfor Haritaları	96
5.4. Mevcut Bina Durumlarının İç Mekan Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	97
5.5. Alternatif Bina Konumuna Göre Güneşli Saati Analizleri	102
5.6. Alternatif Cephe Tasarımları	105
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	119
KAYNAKLAR	124
ÖZGEÇMİŞ	127

**Genetik Algoritma Aracılığıyla Güneşine Göre
Optimum Yerleşim ve Cephe Tasarım Alternatiflerinin
Geliştirilmesi**

Ayşegül BİLGİLİ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kasım ÇELİK

Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZ

İklim değişikliğinin sebep olduğu çevresel sorunlar binaların harcadığı enerji miktarını ve kullanıcıların ısısal konforunu etkilemektedir. Güneşiği görünürlüğü yüksek olan bölgelerde ısı kazanımı ile birlikte doğal aydınlatmadan yararlanma imkanı artmaktadır. Bina tasarımında güneşinin olumlu ve olumsuz etkilerine dikkat edilmelidir. Bina yerleşim ve yönelimleri güneşine uyum sağlamalı, bina cepheleri optimum güneşiği kullanımına hizmet edecek şekilde tasarlanmalıdır. Mevcut binaların cephe tasarımlarında yapılacak iyileştirmeler ile binaların enerji performansı ve kullanıcı konforunda optimum koşullara ulaşılabilir. Bu çalışmanın amacı mevcut toplu konut binalarının cephe sistemleri ve bina yerleşim açılarındaki yapılacak tasarım değişikliklerinin güneşiği kullanımına etkisini simülasyon programı aracılığıyla değerlendirmek ve genetik algoritma yardımıyla optimum çözümü bulmaktır. Bu bağlamda seçilen örnek toplu konut projesinin mevcut durumdaki güneşiği analizleri, Rhinoceros 3D programı ile yapılmıştır. Genetik algoritma kullanılarak doğrudan güneşiği saatine göre optimum bina yerleşim açıları belirlenmiştir. Mevcut durumdaki hacimler incelenerek iç mekanda güneşiği, enerji ve ısısal konfor analizleri yapılmıştır. Örnek mekan hacimleri seçilerek genetik algoritma kullanımıyla doğrudan güneşiği saatine göre optimum balkon çıkıntısı ve pencere boyutları belirlenmiştir. Sonuç olarak simülasyon programı yardımıyla güneşinin verimli bir şekilde kullanılabildiği optimum tasarımların yapılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritma, Güneşiği, Optimum Bina Yerleşimi, Optimum Cephe Tasarımı, Simülasyon Programı

**Development of Optimal Layout and Façade Design
Alternatives Based on Sunlight through Genetic Algorithms**

Ayşegül BİLGİLİ

Advisor: Asst. Prof. Dr. Kasım ÇELİK

Department of Architecture

ABSTRACT

The environmental issues caused by climate change affect the amount of energy consumed by buildings and the thermal comfort of their users. In areas with high daylight visibility, the possibility of benefiting from natural lighting increases along with heat gain. The positive and negative effects of daylight should be carefully considered in building design. Building placement and orientation should align with daylight, and building facades should be designed to optimize the use of daylight. Improvements to the facade designs of existing buildings can help achieve optimal energy performance and user comfort. The aim of this study is to evaluate the impact of design changes in the facade systems and building orientation angles of existing housing blocks on daylight utilization through simulation software and to find the optimal solution with the help of a genetic algorithm. In this context, daylight analyses of the selected housing project in its existing condition were carried out using Rhinoceros 3D software. Using a genetic algorithm, the optimal building orientation angles were determined based on direct daylight hours. The volumes of the existing situation were examined, and daylight, energy, and thermal comfort analyses were performed in the interior spaces. By selecting example room volumes and using the genetic algorithm, the optimal balcony protrusion and window sizes were determined according to direct daylight hours. As a result, it was observed that optimal designs for efficient daylight use could be achieved with the help of simulation software.

Keywords: Genetic Algorithm, Daylight, Optimal Building Layout, Optimal Facade Design, Simulation Software,

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim ile beraber tez çalışmam süresince gösterdiği büyük özveri, emek ve sabırla sağladığı destek ve rehberlik için saygıdeğer hocam, tez danışmanım Dr. Öğr. Kasım ÇELİK'e, en içten teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve Yüksek Lisans süreci boyunca desteklerini gösteren Çukurova Üniversitesi Mimarlık Bölümü öğretim üyelerine ve elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman desteklerini hissettiğim, satır aralarındaki kahkahalarını her zaman duyacağım canım aileme, onlarla beraber 'Bitmedi mi artık?' diye soran değerli arkadaşlarıma, son olarak her zorluğun üstesinden gelen kendime teşekkürlerimi sunarım.

Ayşegül BİLGİLİ

Ocak 2025

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1.	Düşey ve eğimli yüzeylerdeki gün ışığı açıklıklarıyla gün ışığı sağlanmasına ilişkin alternatifler (TS EN 17037)	34
Çizelge 4.2.	Dış ortam ile görsel bağlantı kurulmasına ilişkin dereceler.	36
Çizelge 4.3.	Güneşlenme dereceleri	37
Çizelge 4.4.	Kamaşmadan korunma seviyeleri	39
Çizelge 4.5	İncelenen standartlardan çalışma için değerlendirmeye alınan parametreler	42
Çizelge 5.1	Rhinoceros 3D programında yapılan analizlerde değerlendirmeye alınan parametreler	47
Çizelge 5.2.	AS3.1 için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri .	65
Çizelge 5.3.	AS4.8 için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri .	74
Çizelge 5.4.	AS5.20 2. kat için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri.....	85
Çizelge 5.5.	AS5.20 10. kat için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri.....	93
Çizelge 5.6.	Hacimlerden elde edilen en yüksek günışığı analizi değerleri	97
Çizelge 5.7.	Son kullanım yoğunluğu değerleri	98
Çizelge 5.8.	Hacimlerin saat başına en çok ihtiyaç duyduğu ısıtma ve soğutma enerjisi miktarları.....	98
Çizelge 5.9.	Yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklıkları.....	101
Çizelge 5.10.	Yıllık ısısal konfor oranları.....	102
Çizelge 5.11	Genetik algoritma önerisine göre binaların dönme açıları	103
Çizelge 5.12.	Doğrudan günışığı saati seviyelerine göre cephe alternatifleri	107
Çizelge 5.13	Genetik algoritma aracılığıyla elde edilen pencere oranları	117

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Seçilen alanın konumu.....	5
Şekil 1.2	Seçilen toplu konut binaları.....	5
Şekil 3.1	Rhinoceros 3D programı ve kullanılan eklentiler.....	17
Şekil 3.2	Galapagos penceresi	24
Şekil 3.3	Tez çalışmasının yol haritası	28
Şekil 4.1.	Yatay görüş açısı	36
Şekil 4.2.	Görme alanı içindeki katman sayısının belirlenmesi	37
Şekil 4.3.	Güneşlenme süresinin belirleneceği noktanın seçimi	38
Şekil 4.4.	PMV ölçeği.....	41
Şekil 4.5.	Uyarlanabilir ısısal konfor modeli	42
Şekil 5.1.	Kıyıkent Evleri konut tipleri.....	44
Şekil 5.2.	AS1 kat planı	44
Şekil 5.3.	AS2-AS3 kat planı.....	45
Şekil 5.4.	AS4 kat planı	46
Şekil 5.5.	AS5 kat planı	46
Şekil 5.6.	Rhinoceros 3D programında konutların 3 boyutlu modeli	47
Şekil 5.7.	Türkiye için EPW Map veri konumları	48
Şekil 5.8.	Yıl içindeki güneş yolu grafiği	48
Şekil 5.9	Gökyüzü görüş faktörleri.....	49
Şekil 5.10.	Çalışma alanına ait gökyüzü görüş faktörü sayısal verileri	50
Şekil 5.11.	Gökyüzü görünüm yüzdesi bileşeni	50
Şekil 5.12.	Bina yüzeylerinde gökyüzü görünüm yüzdeleri (Güneydoğudan bakış).....	51
Şekil 5.13.	Enerji kazanımını belirlemek için kullanılan Ladybug bileşenleri	51
Şekil 5.14	yıllık enerji kazanımı görsel grafiği (Güneydoğudan bakış)	52
Şekil 5.15	Yıllık enerji kazanımı görsel grafiği (Güneybatıdan bakış)	52
Şekil 5.16.	Yıllık enerji kazanımı görsel grafiği (Kuzeydoğudan bakış).....	52
Şekil 5.17.	Yıllık toplam görülen güneş saati hesabı için gereken bileşenler.....	53
Şekil 5.18	Yıllık toplam güneş saati görsel grafiği (Plan düzlemi)	53
Şekil 5.19	Yıllık toplam güneş saati görsel grafiği (Güneydoğudan bakış)	54
Şekil 5.20	Yıllık toplam güneş saati görsel grafiği (Güneybatıdan bakış)	54
Şekil 5.21.	Yıllık toplam güneş saati görsel grafiği (Kuzeyden bakış)	54
Şekil 5.22	21 Mart tarihinde kazanılan doğrudan günışığı saatleri (Güneyden bakış)	55
Şekil 5.23	21 Haziran tarihinde kazanılan doğrudan günışığı saatleri (Güneyden bakış)	55
Şekil 5.24	21 Eylül tarihinde kazanılan doğrudan günışığı saatleri (Güneyden bakış)	55
Şekil 5.25	21 Aralık tarihinde kazanılan doğrudan günışığı saatleri (Güneyden bakış).....	56

Şekil 5.26.	21 Aralık saat 12:00 tarihinin belirlenmesi	56
Şekil 5.27	Gridlerin ulaştığı toplam güneş saatlerinin toplamı.....	57
Şekil 5.28.	21 Aralık saat 12.00'da toplam güneş saati grafiği (Güneyden bakış).....	57
Şekil 5.29.	Pencere ve balkon çıkıntılarının programa tanıtılması	59
Şekil 5.30.	Bina koşullarının Honeybee bileşenleri aracılığıyla tanıtılması	59
Şekil 5.31.	AS3.1 binası 2. kat hacimleri.....	60
Şekil 5.32.	AS3.1 için yıllık günışığı özerkliği grafiği	61
Şekil 5.33.	AS3.1 için yıllık ortalama ısıtım grafiği	61
Şekil 5.34.	AS3.1 için yıllık günışığı faktörü grafiği.....	62
Şekil 5.35.	Honeybee bileşenleri ile doğrudan günışığı saati analizinin yapılması	63
Şekil 5.36.	AS3.1 için 15 Mart tarihindeki doğrudan günışığı saati grafiği	63
Şekil 5.37.	AS3.1 için son kullanım yoğunluğu miktarları.....	64
Şekil 5.38.	AS3.1 için yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi kullanımları	64
Şekil 5.39.	Uyarlanabilir ısısal konfor haritası oluşturma bileşenleri.....	68
Şekil 5.40.	AS3.1 için yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı grafiği	69
Şekil 5.41.	AS3.1 için ısısal konfor grafiği.....	69
Şekil 5.42.	AS4.8 binası 5. Kat hacimleri.....	70
Şekil 5.43.	AS4.8 için yıllık günışığı özerkliği grafiği	71
Şekil 5.44.	AS4.8 için yıllık ortalama ısıtım grafiği	71
Şekil 5.45.	AS4.8 için yıllık günışığı faktörü grafiği.....	72
Şekil 5.46.	15 Mart tarihinde AS4.8 için doğrudan günışığı saatleri.....	73
Şekil 5.47.	AS4.8 için son kullanım yoğunluğu miktarları.....	73
Şekil 5.48.	AS4.8 için yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi kullanımları	74
Şekil 5.49.	AS4.8 için yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı grafiği	79
Şekil 5.50.	AS4.8 için ısısal konfor grafiği.....	80
Şekil 5.51.	AS5.20 2. kat hacimleri	81
Şekil 5.52.	AS5.20 2. kat için yıllık günışığı özerkliği grafiği	82
Şekil 5.53.	AS5.20 2. kat için yıllık ortalama ısıtım grafiği	82
Şekil 5.54.	AS5.20 için yıllık günışığı faktörü grafiği.....	83
Şekil 5.55.	AS5.20 2. kat için yıllık doğrudan günışığı saatleri	83
Şekil 5.56.	AS5.20 2. kat için son kullanım yoğunluğu miktarları.....	84
Şekil 5.57.	AS5.20 2. kat için yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi kullanımları.....	84
Şekil 5.58.	AS5.20 2. kat için yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı grafiği	88
Şekil 5.59.	AS5.20 2. kat için ısısal konfor grafiği.....	88
Şekil 5.60.	AS5.20 10. kat hacimleri	89
Şekil 5.61.	AS5.20 10. kat için yıllık günışığı özerkliği grafiği	90
Şekil 5.62.	AS5.20 10. kat için yıllık ortalama ısıtım grafiği	90

Şekil 5.63.	AS5.20 10. kat için yıllık günışığı faktörü grafiği.....	91
Şekil 5.64.	AS5.20 10. kat için yıllık doğrudan günışığı saatleri	91
Şekil 5.65.	AS5.20 10. kat için son kullanım yoğunluğu miktarları.....	92
Şekil 5.66.	AS5.20 10. kat için yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi kullanımları.....	92
Şekil 5.67.	AS5.20 10. kat için yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı grafiği	96
Şekil 5.68.	AS5.20 10. kat için ısısal konfor grafiği.....	96
Şekil 5.69	Galapagos’a parametrelerin tanıtılması	102
Şekil 5.70	Dönme açılarına göre elde edilen maksimum toplam güneş saati.....	103
Şekil 5.71	Simülasyon alternatifine göre yeni yerleşim düzeni (Güneyden bakış).....	105
Şekil 5.72.	AS5.20 10. kat daire 3’te bulunan mutfak hacmi doğrudan günışığı saati mevcut durumu (Güneybatıdan bakış).....	106
Şekil 5.73	AS5.20 binası 10. kat mevcut durum pencerelerine göre 15 Mart tarihindeki Doğrudan günışığı saati grafiği (Güneybatıdan bakış).....	116
Şekil 5.74	AS5.20 binası 10. kat için önerilen pencereler (Güneybatıdan bakış).....	118
Şekil 5.75	Önerilen pencere oranlarına göre doğrudan günışığı saati grafiği.....	118

SİMGELER VE KISALTMALAR

ASE	: Yıllık güneş ışığına maruz kalma
BIPV	: Bina Entegre Fotovoltaik Sistemi
CLO	: Giysi yalıtım oranı
CSP	: Soğuk Algılama Yüzdesi
DA	: Gün Işığı Özerkliği
DF	: Güneş ışığı faktörü
DGP	: Rahatsız Edici Parlama Olasılığı
DSH	: Doğrudan güneş ışığı saati
DT	: Gerekli güneş ışığı çarpanı
EPW	: EnergyPlus hava durumu verileri
ET	: Hedef aydınlatması
ETM	: Minimum hedef aydınlatma
EUI	: Son kullanım yoğunluğu
Ev,d,med	: Gökyüzünden yayılan ışığın yatayda oluşturduğu medyan aydınlık düzeyi
GA	: Genetik algoritma
HSP	: Isı Algılama Yüzdesi
HVAC	: Isıtma, Havalandırma ve Klima
IRR	: Ortalama ışıınım
MET	: Metabolizma hızı
MRT	: Ortalama radyant sıcaklık
nZEB	: Neredeyse/net sıfır enerjili bina
PET	: Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık
PMV	: Öngörülen Ortalama Oy
PPD	: Tahmin edilen memnuniyetsizlik yüzdesi
RH	: Bağıl nem
sDA	: Mekansal Gün Işığı Özerkliği
SVF	: Gökyüzü görüş faktörü
Ta	: Hava sıcaklığı
Tave	: Aylık ortalama dış hava sıcaklığı
TCP	: Isısal Konfor Yüzdesi
Tn	: Nötralite sıcaklığı
UDI	: Faydalı Gün Işığı Aydınlatması
UTCI	: Evrensel ısısal iklim indeksi
Va	: Rüzgar hızı
WWR	: Pencere duvar oranı

1. GİRİŞ

21. yy'da insanlığın karşılaştığı en temel zorluklarından biri iklim değişikliğidir. İklim değişikliği; küresel sıcaklık artışı, okyanusların asitlenmesi ve ısınması, eriyen buz tabakaları, kontrol edilemeyen yangınların sıklaşması, deniz seviyesinin yükselmesi ve aşırı hava olayları gibi çeşitli olumsuz çevresel etkilere sebep olmaktadır. Son zamanlarda artan sıcaklık artışları tarihin en sıcak yıllarını yaşamamıza yol açmaktadır. Enerji tüketimi ve insan kaynaklı sera gazı emisyonları ile iklim değişikliği arasında önemli bir bağlantı bulunmaktadır. İnsanların zamanının büyük bir kısmını geçirdiği binalar yaşam süreleri boyunca (tasarım, inşa, onarım, bakım, yenileme, işletme ve yıkım süreçleri) yüksek miktarda enerji ve doğal kaynak tüketirken büyük oranda sera gazı, su kirleticisi ve katı atık açığa çıkarmaktadır (Akköse ve ark. 2023).

Nüfus artışı ve yapıli çevrenin giderek büyümesiyle dünya çapında sağlık ve çevre sorunları endişe verici bir hale gelmektedir. Şu anda dünya nüfusunun %55'i şehirlerde yaşamaktadır. 2050 yılı itibariyle bu oranın %70'e ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu nüfus artışı ağır olumsuz çevresel etkilere yol açarken enerji kaynaklarının tükenmesine de sebep olacaktır (Bocaneala, 2021). İnşaat sektörü günümüzde, toplam enerji tüketiminin yaklaşık üçte birini ve CO₂ emisyonlarının %15'ini kapsamaktadır. Elektrik ve ısıtma ihtiyacından kaynaklanan dolaylı emisyonlarla beraber bu pay %30'a ulaşmaktadır (Akköse ve ark. 2023). Kullanıcıların istek ve ihtiyaçlarına ulaşabilmek için inşaat sektörü sürekli yenilenerek farklı faktörlere uyum sağlamaya çalışmaktadır (Bocaneala, 2021).

Doğal gaz, petrol ve kömür gibi geleneksel enerji kaynakları, artan ihtiyaç ve enerjiye olan bağımlılık sebebiyle hızla tükenirken çevreye önemli derecede zarar vermektedir. Güneş panelleri ve rüzgar türbini gibi yenilenebilir enerji sistemleri, verimli, güvenilir ve çevre dostu seçenekler olarak binaların sürdürülebilir ve düşük karbon emisyonlu kalkınma elde etmesine olanak sağlamaktadır. Enerji ve çevre sorunlarını ele almak için belirli bir zamanda tükettikleri enerjiyle aynı miktarda enerji üreten neredeyse/net sıfır enerjili bina (nZEB) fikri ortaya atılmıştır. Gerçekleştirmek için kesin bir yaklaşımı olmayan nZEB'in nasıl tasarlanacağı, temelde pasif ve aktif iklim kontrolü ve enerji üretim sistemlerinin karmaşıklığı sebebiyle büyük bir zorluktur (Lu ve ark. 2017).

Geleneksel tasarım yaklaşımları farklı tasarım şartlarında büyük boyutlu sisteme ya da memnun edici olmayan performansa yol açabilmektedir (Lu ve ark. 2017). Enerji tasarruflu binalara olan ilgi sonucunda binaların yapısı ve işlevselliği değişmekte ve iyileştirilmektedir. Bu durum Avrupa komisyonunun tanımladığı sifra yakın enerji binası (nZEB) kavramını desteklemektedir (Bocaneala, 2021).

Enerji tüketimi ve küresel karbon emisyonlarını arttıran kentsel yayılma, fiziksel çevrede önemli değişikliklere sebep olmaktadır. Bu çevresel değişim ve artan enerji tüketimi, araştırmacıları inşaat sektöründe sürdürülebilir arayışlara itmektedir. Yıkım ve yeniden inşanın maliyeti düşünöldüğünde mevcut binaların yenilenmesi teknik olarak daha uygun ve maliyet açısından

verimli olmaktadır (Lin ve ark. 2023). Gittikçe artan konut açığına çözüm arayışı olan yeni toplu konut uygulamalarında mevcut yönetmelik ve yasalara uyarak enerji tasarrufu ve ısısal konfor koşulları sağlanmaya çalışılmaktadır. Ancak mevcut yönetmeliklerde bir karşılığı olmayan eski toplu konut yapılarının da konfor koşulları ve enerji tüketimleri iyileştirilmelidir (Yüksel, 2021). Binaların yenilenmesine yönelik enerji iyileştirmeleri pek çok çalışmada aktif veya pasif güçlendirme yöntemleriyle uygulanmıştır (Lin ve ark. 2023).

Binalar ve iklim değişikliği birbirini karşılıklı olarak olumsuz etkilemektedir. İklim değişikliğiyle bina sistemlerinin kapasitesinde aşırı yüklenme, uyumsuzluk, arızalanma ve bina performansında verimsizlik gibi önemli etkiler olduğu düşünülmektedir. Artan sıcaklıklara karşı binaların uygunsuz yapı fiziği ısıtma talebinde azalmaya ve soğutma talebinde artışa sebep olarak iklimlendirme sistemlerine bağımlılığı arttırmaktadır. İklim değişikliği kullanıcılar üzerinde de ısı rahatsızlık, üretkenlik ve performans kaybı, iç mekan aşırı ısınmasına bağlı hastalıklar ve yüksek ölüme sebep olabilmektedir. Tüm bu sorunlar sonucunda karbon emisyonları artarak iklim değişikliği daha fazla tetiklenmektedir (Akköse ve ark. 2023).

Bu sorunların ele alınmasına yardımcı olmak için düşük enerjili bina teknolojileri ve sistemleri geliştirilmektedir. Bu yöntem yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla enerji tüketimini azaltmayı amaçlamaktadır (Bocaneala, 2021). Bina cephesi yoluyla enerji kaybını azaltıp iç mekanlarda ısısal konfor dengesini oluşturmak için etkili çözümlerden biri cephedeki saydam elemanların yani pencerelerin alanını, konumunu ve ısısal performansını optimize etmektir. Cephede, enerji kayıplarının önemli bir kısmının pencere camlarında gerçekleşmesi cam elemanlarının önemini arttırmaktadır (Akköse ve ark. 2023).

Bina cephesi, binalardaki enerji akışının yönetiminde ve bina ölçeğinde güneş enerjisinden yararlanılmasında önemli bir rol oynar. Cephenin optimum tasarımı binanın toplam enerji talebinin azaltılmasına katkıda bulunabilir. Cephede bulunan saydam alanlar zayıf noktalardır ve ısı kayıpları gibi olumsuz etkileri bulunmaktadır. Ancak bu saydam alanlar kazanacağı güneş enerjisi ile hem ısıtma hem de aydınlatma talebini karşılayacak yeteneğe sahiptir (Goia ve ark. 2013). Özellikle soğutma yükünün fazla olduğu iklimlerde yararlı doğal ışığı engellemeden istenmeyen güneş enerjisi kazanımlarını azaltmak önemli bir tasarım problemidir. Doğal ışık ile aydınlanmayı sağlamak enerji performansını önemli ölçüde artırmaktadır (Ercan ve Elias-Özkan, 2015). Enerji performansını artırmak, sürdürülebilir tasarımın öncelikli amacıdır (Samadi ve ark. 2019).

Sürdürülebilir mimari tasarım, yapıların, ekolojik sınır faktörlerinin ve kullanıcı isteklerini bir arada ele alan karmaşık bir süreçtir. Çevrenin en önemli faktörlerinden gün ışığının, uygun iç ortam koşulları, enerji verimliliği ve diğer sürdürülebilirlik çözümleri için dikkate alınması gerekmektedir. Sağlıklı ve konforlu bir iç mekan ortamı için gün ışığı kullanımının önemi artmıştır. Uygun bir tasarım, mekana yeterli miktarda doğal ışık alımına izin vermeli ve gün ışığını dengeli bir şekilde yönlendirmelidir. Bu tasarımların ana hedefi içeriye giren gün ışığının kontrolünü sağlamaktır (Bahdad ve ark. 2020).

Bu sebeple yapılarda doğal ışığın kullanımı tasarımın en önemli faktörlerinden birini oluşturmaktadır. Binaya giren gün ışığı seviyesini etkileyen birçok değişkenin varlığı sebebiyle optimum gün ışığı seviyesini elde etmek zorlaşmaktadır. Bina tipolojisi ve iç mekânlardaki optimum gün ışığı seviyelerine etkisi bu değişkenlerden biridir. İyi bir doğal aydınlatma için iç mekânın hem nicel hem nitel özellikleri tasarım sürecinde iyi bir şekilde belirlenmelidir. Gün ışığının dinamik doğası özellikle sıcak iklim bölgelerinde tasarım sorunlarına karmaşıklık katmaktadır. Çünkü gün ışığı tasarımında faydalı gün ışığı yeterliliği dengelenmek zorundadır (Bahdad ve ark. 2020).

İklim değişikliği, hava kalitesi, gün ışığı ve ısısal konforun insan sağlığı ve refahı üstünde etkisi bulunmaktadır. Görsel konforu etkileyen doğal bir ışık kaynağı olan gün ışığı hem kullanıcıların fiziksel ve zihinsel sağlığını hem de binanın konforunu arttırmaktadır. Bu özelliklerinden dolayı gün ışığı yapılı çevrenin faydalanabileceği önemli bir tasarım parametresidir. Günümüzde binalarda doğal aydınlatmaya yönelik araştırmalar birçok tasarımcının dikkatini çekmektedir (Indrawan ve ark. 2023). Daha gelişmiş bir tasarım amacı olan tasarımcılar gün ışığı ve ısısal performans analizi, parametrik tasarım ve genetik algoritmaları içeren çevresel yazılımları kullanmaktadır. Bu yöntemle bina simülasyonları ve performans tahminleri oluşturularak basit veya karmaşık parametrik geometriler tasarlanmaktadır (Bocaneala, 2021).

Optimum bina tasarımı, binanın enerji ihtiyacını oluşturan, ısıtma, soğutma ve aydınlatma talepleri analiz edilerek yapılmalıdır (Goia ve ark. 2013). Optimizasyon tasarımında bina şekilleri, servis sistemleri, peyzaj elemanları ve kaplama malzemeleri gibi çeşitli tasarım faktörleri ve parametreleri de dikkate alınmalıdır (Lu ve ark. 2019). Bu kriterlerle beraber gün ışığı ve enerji performansının optimizasyonunu tasarım süreciyle birleştirmek her zaman zorlayıcı olmuştur. Çoğu simülasyon aracının doğru sonuçlara ulaşması için önemli miktarda zaman ve tekrarlama gerekmektedir. Detaylı hesaplamaların da yapılabilmesi için çoğu zaman farklı yazılımlara gerek duyulduğundan, gün ışığı ve enerji performanslarının entegrasi her zaman sorun olmuştur. Bilgisayar modellemeleri entegre otomasyon sistemleri ve simülasyon tekniklerindeki ilerlemelerle bina performans tasarımındaki analiz ve değerlendirme süreçleri daha çok desteklenmektedir (Indrawan ve ark. 2023). Bu ilerlemeler sayesinde Rhinoceros 3D gibi farklı amaçlı yazılımları birleştiren simülasyon programları geliştirilmiştir (González ve Fiorito, 2015). Geleneksel çözümlerden farklı olan hesaplamalı araçlarla optimize edilmiş çözümler test edilen belirli problemlerin çözümünde daha etkili yanıtlar verebilmektedir. Bina formu ve yönelimi, pencere duvar oranı ve dış cephenin ısı direnci gibi parametrelerin dahil olabildiği tasarım sorunlarını optimize etmek için bu yöntemler kullanılabilmektedir. Yeni yapılacak binaların yanında mevcut binalar için de gün ışığı aydınlatması, parlama olasılığı ve dış görüş faktörü gibi görsel konfor parametrelerinin dahil edildiği optimizasyon koşulları incelenebilmektedir (González ve Fiorito, 2015).

Buna göre bu çalışmada Adana ili, Seyhan ilçesinde, İsmetpaşa-Barış Mahallesi Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Projesi (Kıyıkent Evleri Projesi) kapsamında yapılan toplu konut binalarının mevcut durum analizleri yapılmıştır. Daha sonra oluşturulan senaryolarla optimum tasarım çözümlerin bulunması amaçlanmıştır. Toplu konutlarının bulunduğu konumda binalara engel oluşturan başka bir yapı bulunmaması, binaların yapım yılı, diğer bölgelerde bulunan toplu konutlardan farklılık gösteren bina formları ve yerleşimleri, bu bölgenin seçilmesinde etkili olan faktörlerdir. Rhinoceros 3D – Grasshopper programları kullanılarak binaların mevcut güneşiği, enerji performansı, görsel ve ısısal konfor analizleri yapılmış, cephe tasarım ve bina yerleşim kararları değiştirilerek çeşitli senaryolar oluşturulmuştur. Genetik algoritmanın kullanımıyla bu senaryolar arasından olabilecek en uygun çözüm aranmıştır. Yapılan analizlerin sonuçları renkli haritalar ve grafikler yardımıyla değerlendirilmiştir.

1.1. Tezin Amacı

Günümüzde artan iklim değişikliği ve beraberinde getirdiği sorunlar binalarda enerji tüketimini ve kullanıcı konforunu etkilemektedir. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde güneşiği görünürlüğünün yüksek olması ısı kazanımını artırırken aynı zamanda doğal aydınlatma için faydalı olabilmektedir. Bina yerleşimleri ve cepheleri güneşiğinin olumlu ve olumsuz özelliklerini dengeleyecek bir tasarıma sahip olmalıdır. Mevcut binaların cephelerinde yapılacak tasarım değişiklikleriyle binaların enerji performansı ve konfor koşullarında iyileştirmeler yapılabilmektedir. Bu çalışmanın amacı mevcut toplu konut binalarının cephe sistemleri ve bina yerleşiminde yapılacak tasarım değişikliklerinin güneşiği kullanımına etkisini simülasyon programı aracılığıyla değerlendirmek ve genetik algoritma yardımıyla optimum çözümü bulmaktır.

1.2. Tezin Kapsamı

Çalışma alanı olarak, Adana ili, Seyhan ilçesinde, İsmetpaşa-Barış Mahallesi Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Projesi (Kıyıkent Evleri Projesi), kapsamında yapılan toplu konutları seçilmiştir (Şekil 1.1). Üç etaptan oluşan projenin 2012 Ekim ayında başlanan 1. Etap konutları Seyhan Belediyesi ve TOKİ ortaklığı ile 2019 yılında tamamlanmıştır. Bu alan Adana kent merkezinin kuzey batısında, kent içi ulaşımında büyük bir etkisi olan Kıyıboyu Caddesinin güneyinde bulunmaktadır. Alanın kuzeyinde Seyhan Barajı sulama kanalı yer almaktadır (Alaş, 2016).



Şekil 1.1. Seçilen alanın konumu (Google Earth programından alınan uzay fotoğrafı üzerinden düzenleme yapılmıştır.)

Çalışma alanında 2+1, 3+1 ve 4+1 olmak üzere 5 tip konut bulunmaktadır. Bu konutların alanı brüt $119,22 \text{ m}^2$ ile $188,51 \text{ m}^2$ arasında değişmektedir. Bu alanda konutların yanı sıra çeşitli sosyal, ticari ve dini ve yeşil alanlar bulunmaktadır (Alaş, 2016).

Seçilen alanın çevresinde, toplu konut binalarına engel oluşturacak yükseklikte herhangi bir yapı bulunmamaktadır. Böylece, yapılacak analizlerde sadece toplu konut binalarının birbiriyle olan ilişkisi incelenmiştir. Alanda, cepheleri ve plan tipleriyle değişiklik gösteren 5 farklı bina formu bulunmaktadır (Şekil 1.2)



Şekil 1.2 Seçilen toplu konut binaları (Google Earth programından alınan uzay fotoğrafı üzerinden düzenleme yapılmıştır.)

Binaların mevcut durum analizleriyle karşılaştırmaları yapılarak uygun formun bulunması ve alternatiflerin çeşitli alternatiflerle iyileştirme çalışmalarının yapıldığı süreç iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada binaların enerji performansı, güneşliği kazanımı, güneşliği aydınlatması ve ısısal konfor açısından mevcut durum analizleri yapılmıştır. İkinci aşamada binaların yerleşim ve cephe sistemlerinde oluşturulan farklı alternatifler doğrudan güneşliği saatine göre incelenerek optimum sonuçlar değerlendirilmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bina performansı açısından optimum cephe tasarımı araştırmacıların dikkatini çeken güncel bir konudur. Birçok çalışma ve araştırma enerji tasarrufu sağlayan optimum cephe tasarımı alternatifleri sunmaktadır. Bazı araştırmalarda tasarım alternatifleri genetik algoritmalar ile desteklenmektedir. Buna göre tez çalışması kapsamında bina enerji performansı, doğal aydınlatma, cephe tasarımı, ısısal ve görsel konfor, binalarda enerji tasarrufu ve toplu konutlarda enerji performansları üzerine yapılmış araştırmalar incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda, tez çalışmasını kavramsal anlamda destekleyen makaleler, tezler, bildiriler ve standartlar önem sırasına göre aktarılmıştır.

Goia ve arkadaşları (2013) ‘Toplam Enerji Perspektifinde Entegre Isısal ve Aydınlatma Simülasyonları Aracılığıyla Ofis Binaları İçin Cephe Modülünün Konfigürasyonunun Optimize Edilmesi’ adlı makalelerinde, düşük enerjili ofis binaları için bir cephe modülünde en uygun şeffaflık yüzdesinin araştırılmasına ilişkin bir metodoloji ve sonuçlarını sunmaktadır. Araştırma ılıman okyanus ikliminde, dört ana yönelimde, ofis binasının üç versiyonunda ve farklı HVAC sisteminin verimliliğiyle gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, binanın yönlerinden ve cephe alanından bağımsız olarak, şeffaflık yüzdesinin toplam cephe modülü alanının %35 ila %45'i arasında olduğunda optimum konfigürasyona ulaşıldığını göstermektedir. Optimum konfigürasyon ile en kötü konfigürasyon arasındaki en yüksek fark kuzeye bakan cephede ortaya çıkarken, güneye bakan cephe ise optimal ve en kötü konfigürasyon arasındaki en küçük farkı gösteren cephe olmuştur (Goia ve ark. 2013).

Lopez ve arkadaşları (2016) ‘Şehir Planlaması Yoğunlaştırma Politikalarının Etkilerini Değerlendirme Yöntemi Olarak Sky-View Factor (SVF) Analizini Kullanan Güneş Radyasyonu ve Güneşli Değerlendirmesi’ adlı çalışmalarında, karmaşık kentsel çevrede güneş radyasyonu, güneşli kullanılabilirliği ve Sky-View Factor (SVF) modifikasyonunu değerlendirmek için basit yöntemler önermiştir. Sayısal yöntemler ve 3 boyutlu simülasyon yazılımı, yarım küre ortamı dairesel bir görüntüye yansıtmak için özel aynalara sahip dijital kameralar kullanılarak fotoğraf işleme yöntemleriyle birleştirilir. Bu metodoloji, çok hızlı bir kentsel yoğunlaşma sürecinden geçen İsviçre’de, kentsel planlama stratejilerinin binalarda güneş ışınımının tadını çıkarma olasılığını önemli ölçüde belirleyeceği gerçek bir vaka çalışmasına uygulanmıştır. Kentsel yoğunlaştırma planlama stratejilerinin mevcut binalar, özellikle tarihi korunan binalar üzerindeki etkilerini göz önünde bulundurarak farklı kentsel senaryoların özellikleri analiz edilmiştir. Çalışma, yoğun kentsel politikaların, güneş radyasyonu kaybı, azalan güneş kazanımları ve gün ışığı kullanılabilirliğinin sağlanması açısından enerji verimliliği önlemleri üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğunu kanıtlamıştır (López ve ark. 2016).

de Sousa Freitas ve arkadaşları (2020), 'Parametrik Rhinoceros Eklentileri Grasshopper ve Ladybug'ı Kullanarak BIPV Cephelerini Modelleme ve Değerlendirme' isimli makalelerinde, Brezilya'daki 7 kurumsal ofis binasını güçlendirmeyi amaçlayan BIPV cephelerini değerlendirmek için Rhinoceros CAD yazılımı ve Grasshopper ve Ladybug eklentilerini kullanan bir fizibilite çalışması sunmaktadır. Yöntem, nihai kullanım enerji tüketimi (yıllık ortalama 155,31 kWh/m²), bina morfolojisi ve merkezi kentsel çevre karakterizasyonuna ilişkin ölçülen verileri dikkate alınmıştır. Mevcut kurumsal ofis binalarının cephelerinin ve çatılarının BIPV çözümleri ile güçlendirilmesine yönelik sonuçlar hem enerjik hem de mimari açıdan sunulmuştur. Elde edilen sonuçlarla, gelecekteki tasarım araçlarının geliştirilmesinde iyileştirilecek yönler öne çıkarılmış ve CAD 3 boyut modelleme yazılımı ile BIPV sistemleri için simülasyon araçları arasındaki entegrasyonun önemi vurgulanmıştır (de Sousa Freitas ve ark. 2020)

Lobaccaro ve arkadaşları (2012) 'Kentsel Güneş Enerjisi Bölgesi: Milano'daki Bir Konut Binası İçin Güneş Cephelerinin Geometrik Optimizasyonuna İlişkin Bir Örnek Olay Çalışması' adlı bildirilerinde, mevcut bir kentsel bölgedeki binaların güneş erişimini optimize etmek için bina hacminin parametrik geometrik dönüşümü ve cephe yüzeylerinin dönüşümleri üzerine yapılan bir araştırmanın sonuçlarını göstermişlerdir. Çalışma, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu için cephe yüzeylerindeki en iyi alanların lokalize edilmesini ve enerji taleplerinin bir kısmını karşılamak amacıyla güneş enerjisi üretimini optimize etmeyi amaçlamıştır. Optimizasyon süreci, sabit parametrelerle (bina yüksekliği, taban alanı ve hacmi) basit bir üç boyutlu hacimsel modellemeyle başlamıştır. Daha sonra cephe yüzeyleri, üretken bir dijital modelleme yazılımı (Rhinoceros + Grasshopper) ve güneş dinamiği simülasyon aracı (Radiance/Daysim) kullanılarak farklı geometrik dönüşümlerin güneş ışıınımını değerlendirmek için yinelemeli bir parametrik tasarım sürecinde manipüle edilmiştir. Süreç, Milano'daki mevcut bir binanın yıkılmasını ve aynı hacmin güneş enerjisi açısından optimize edilmiş bir şekilde yeniden inşa edilmesini içeren tipik bir gelişmeyi analiz eden bir vaka çalışmasıyla doğrulanmıştır (Lobaccaro ve ark. 2012).

Lee ve Lee (2020), 'İlman İklim Sahip Yüksek Yoğunluklu Bir Kentte Apartman Kompleksi Yerleşim Planlamasının Gün Işığında Erişilebilirlik İçin Optimizasyonu' adlı makalelerinde, iç mekan gün ışığı ortamına odaklanarak kentsel bağlamlarda apartman kompleksi yerleşim planlamasına yardımcı olacak bir simülasyon aracı ve yöntemi geliştirmeyi amaçlamıştır. Rhino-Grasshopper'ın bir bileşeni olan Galapagos, optimize edilmiş sonuçları keşfeden bir genetik algoritmayı uygulamak için kullanılmıştır. Seul'deki standart daire tipi bir apartman kompleksi, mevcut planın optimize edilmiş yerleşim planıyla karşılaştırılması amacıyla geliştirilen araçlarla analiz edilmiş ve apartmanların çoğunlukla güneybatı yönelimli olduğu, en uygun yerleşim planına sahip binaların ise çoğunlukla güneydoğu yönelimli olduğu görülmüştür. Simülasyonun sonuçları ve alternatifler analiz yöntemleri, ılıman iklimde sahip yüksek yoğunluklu bir şehirde entegre bir sürdürülebilir tasarımın ilk planlama aşamalarında yardımcı olabilmektedir (Lee ve Lee 2020).

Köse ve Manioğlu (2019) ‘Farklı İklim Bölgelerinde Faz Değiştiren Malzemelerle İnşa Edilen Bir Bina Kabuğunun Oryantasyona İlişkin Performansının Değerlendirilmesi’ isimli çalışmalarında İstanbul ve Diyarbakır olmak üzere iki ilde ılıman-nemli ve sıcak kuru iklim bölgelerinde 10x10m boyutlarında tek cepheli 3 katlı bir binada bir ünite değerlendirilmiştir. Isıtma ve soğutma yüklerini azaltmak için bina kabuğunun yüzeyine faz değiştiren bir malzeme uygulanmıştır. Faz değiştiren malzemenin uygulanan yüzeydeki kalınlığı her adımda artırılarak farklı bina kabuğu alternatifleri oluşturulmuştur. Dış cephenin farklı yönelimleri için ısıtma ve soğutma enerji tüketimleri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, faz değiştiren malzemenin kalınlığı arttıkça üniteye oluşan enerji yüklerinin giderek azaldığı görülmüştür. Aynı şekilde, faz değiştiren malzemelerin performansının yönlenmeye bağlı olarak değiştiği anlaşılmıştır (Köse ve Manioğlu, 2019).

Kamel (2023), ‘Bina Enerji Modelleme Aracının Test Edilmesi ve Ampirik Doğrulanması Örnek Olay İncelemesi: Orta Gelirli Konut Binaları’ adlı çalışmada, Grasshopper tarafından desteklenen Ladybug ve Honeybee V 1.5.1 eklentilerini kullanırken enerji tüketimini doğru bir şekilde tahmin etmek için tüm bina enerji modelini kalibre etmeye yönelik yaklaşımlara ek olarak mevcut bir vaka çalışmasını araştırmıştır. Model, simülasyon çıktısını ölçülen Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI) ile karşılaştırarak kalibre edilmiştir. Bina simülasyonunun iyileştirilmesinin, tasarımcılara ve araştırmacılara potansiyel enerji tasarrufu alternatiflerini belirlemede ve alternatiflerin enerji tasarrufu önlemlerinin verimliliğini ve maliyet etkinliğini değerlendirmede yardımcı olabileceği görülmüştür (Kamel, 2023).

Mohamadin ve arkadaşları (2016) ‘Verimli Gün Işığı ve Enerji Performansı İçin Parametrik İslam Geometrik Desen’ adlı bildirimlerinde mevcut bir eğitim tasarım stüdyosunda üretken tasarım ve simülasyon tekniklerini kullanarak gün ışığı ve enerji performansı açısından en uygun İslami geometrik desenli (IGP) gölgeleme perdesi tasarımını araştırmışlardır. Çalışma sıcak ve kurak bir iklime sahip Mısır’ın Kahire kentinde bulunan 6 Ekim Üniversitesi’ndeki tipik bir eğitim tasarım stüdyosunda gerçekleştirilmiş ve kuzeydoğu yönelimli cepheye odaklanılmıştır. IGP parametrik varyasyonlarını oluşturmak için Grasshopper kullanıldı. Simülasyonda Radiance / DAYSIM kullanarak gün ışığı analizi yapan Diva-For-Rhino ve EnergyPlus kullanarak ısısal yük simülasyonları yapan Design Builder kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları, soğutma yükünün enerji tüketimi seviyelerinde önemli bir azalma ile gerekli gün ışığı seviyelerine ulaşmıştır. Bu, sıcak ve kurak iklimlerde eğitim tasarım stüdyosunda hem verimli gün ışığı hem de enerji performansı elde etmek için cephe düzenlemesinde parametrik IGP gölgeleme perdelerinin uygunluğunu göstermektedir (Mohamadin ve ark. 2016)

Tong (2023), ‘Ladybug + Honeybee Parametrik Yaklaşımına Dayalı Gün Işığı Simülasyon Analizi Oluşturma: Gando İlköğretim Okulu Örneği’ isimli makalesinde Gando İlköğretim Okulu’nu araştırma nesnesi olarak kullanmış ve binanın gün ışığı, parlama analizi ve iç mekan ısısal konforuna ilişkin sayısal simülasyonlar ve değerlendirmeler yürütmek için Ladybug + Honeybee (L + H)

parametrik araçlarından yararlanmıştır. Bu çalışmanın amacı, aşırı çevresel koşullar altında enerji tasarrufunda pasif tasarım stratejilerinin uygulamak, L + H ile parametrik bir enerji tasarrufu değerlendirme stratejisi önermek ve ekonomik olarak az gelişmiş Üçüncü Dünya ülkelerinde enerji tasarrufu sağlayan tasarım fikirlerini araştırmaktır. Çalışma sonucunda Gando İlköğretim Okulu için geliştirilen pasif günışığı tasarımı, parametrik araçlardan elde edilen sayısal verilere göre yüksek düzeyde doğal günışığı aydınlatma kabiliyetine sahip etkili bir günışığı aydınlatma stratejisi olmuştur (Tong, 2023).

Indrawan ve arkadaşları (2023), 'Surabaya Sınıflarında Gün Işığını ve Güneş Radyasyonunu Optimize Etmek İçin İris Mekanizmasını ve Genetik Algoritmaları Kullanmak' isimli makalelerinde, Surabaya'daki sınıflarda doğal ışığa maruz kalma kalitesini iris mekanizmalı otomatik açıklık kavramını kullanarak araştırmayı amaçlamaktadır. Çalışma, Surabaya sınıflarında gün ışığı kalitesini optimize etmek ve güneş ışıınımını azaltmak için iris ilkesini ve genetik algoritma metodolojisini kullanmıştır. Simülasyonlar Ladybug yazılımı kullanılarak yapılırken, Rhinoceros yazılımı kullanılarak iklim faktörlerinin etkisinin 3 boyutlu modellenmesi ve görselleştirilmesi gerçekleştirilmektedir. Galapagos eklentisi, gün ışığı kalitesi ve güneş ışıınımı yoğunluğuna ilişkin referans değerini optimize etmek için kullanılmıştır. Başlangıç ışık dağılım yüzdeleri %0 ile %97,78 arasında değişirken, İris mekanizmasının uygulanmasıyla ışık dağılımı %90 ile %100 arasında değişen daha düzgün bir seviyeye gelmiştir. Çalışma, iris mekanizması ve genetik algoritma metodolojisini kullanan parametrik tasarım yaklaşımının, mevcut bir binanın günışığı performansını ve güneş ışıınım yoğunluğunu optimize edebileceğini göstermiştir (Indrawan ve ark. 2023).

Ercan ve Elias-Özkan (2015), 'Performansa Dayalı Parametrik Tasarım Araştırmaları: Uygun Bina Bileşenlerini Oluşturmaya Yönelik Bir Yöntem' adlı çalışmalarında sıcak ve nemli bir iklime sahip bir ofis binasında aşırı güneş ısı kazanımlarını engellerken gün ışığını optimize edebilen gölgeleme cihazları üretmeye yönelik tasarım alternatiflerini keşfetmek için özelleştirilmiş bir iş akışı metodolojisi sunmaktadır. Tasarım alternatifleri, gün ışığı performans gereksinimlerine uygun olarak evrimsel algoritmalar Rhino 3D, Grasshopper tarafından oluşturulmuş ve gölgeleme ve gün ışığı verimliliklerini değerlendirmek üzere Diva ve Galapagos ile simüle edilmiştir. Oluşturulan tasarım alternatifleri gün ışığı sayısal değerlerine göre karşılaştırılarak optimum çözüm aranmıştır (Ercan ve Elias-Özkan, 2015).

Samadi ve arkadaşları (2019), 'Otomatik Kinetik Gölgeleme Sistemleri Aracılığıyla Binaların İçinde Optimum Gün Işığı Elde Etmeye Yönelik Hesaplamalı Bir Yaklaşım' isimli çalışmalarında 3 boyutlu dönme (ünitelerin merkezleri etrafında) ve 2 boyutlu hareket (gölgeleme sisteminin yüzeyinde) yoluyla güneş ışığına parametrik olarak tepki veren bağımsız birimlere sahip kinetik bir gölgeleme sistemi tasarlayarak bina içindeki gün ışığını iyileştirmiştir. Ünitenin temel formunu oluşturacak ve tasarımcıya geniş bir seçenek yelpazesi sunacak şekilde çeşitli desenler belirlenmiştir. Birimler "Grasshopper" eklentisi ile tanımlandı. Binanın içinde sürekli optimize edilmiş gün ışığı sağlamak için "Honeybee" ve "Uğur Böceği" eklentileri kullanılarak dönüşleri

güneş yolu ve hava durumu verileri temelinde parametrik olarak kontrol edilmiştir. Sonuçlar, böyle bir gölgeleme sisteminin optimum durumlarda kullanılmasının iç mekan gün ışığı verimliliğini büyük ölçüde artırabileceğini göstermiştir (Samadi ve ark. 2019).

González ve Fiorito (2015), ‘Ofis Binalarının Güneşli Tasarımı: Birleşik Simülasyon Yöntemleri Kullanılarak Dış Güneş Kırıcıların Optimizasyonu’ adlı makalelerinde Avustralya'daki tipik bir ofis alanındaki dış gölgemelerin optimizasyonunu sunmuştur. Sonuçlar, endüstri standardı uygulamalar olarak benimsenen ortak çözümlerle karşılaştırılmıştır. Görsel konfor ve enerji verimliliği bütünlük bir yaklaşımla analiz edilmiştir. Rhinoceros/Grasshopper yazılımı için DIVA (Tasarım, Yineleme, Doğrulama ve Uyarlama) eklentisi, gün ışığı ölçümlerini (Radiance/Daysim motorunu kullanarak) ve enerji tüketimini (EnergyPlus motorunu kullanarak) etkili bir şekilde hesaplama yeteneği ile ana araç olarak kullanılmıştır. Optimizasyon işlemi, gölgeleme geometrilerinin parametrik olarak kontrol edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Yineleme parametrelerini kontrol ederek optimum sonuçlara yakın sonuçlar elde etmek amacıyla evrimsel çözücü Galapagos'a yerleştirilmiş Genetik Algoritma (GA) benimsenmiştir. Optimize edilmiş sonuç, geleneksel tasarım teknikleriyle karşılaştırıldığında konfor seviyelerinde ve enerji verimliliğinde önemli bir artış olduğunu ortaya koymuştur (González ve Fiorito, 2015).

Bahdad ve arkadaşları (2020), ‘Malezya'nın Tropikal İkliminde Genetik Algoritmalar Kullanılarak Kontrol Edilebilir Işık Rafi Parametrelerine Dayalı Gün Işığı Performansının Optimizasyonu’ adlı makalelerinde, ışık rafi sistemi ile entegre edilmiş tamamen camlı bir cephenin çalışma düzlemi ortamlarında gün ışığı mevcudiyeti dengesini sağlamayı amaçlamıştır. Çalışmada parametrik tasarım, simülasyon modelleme ve genetik algoritmaları kullanılmıştır. Bir hafif raf sistemi için optimizasyon prosedürünün etkinliğini test etmek ve doğrulamak amacıyla tipik bir ofise ilişkin bir vaka çalışması yapılmıştır. Işık rafi tasarımının beş parametresi, Malezya gökyüzü koşulları altında iki güneş gündönümünde (Haziran ve Aralık) ve mart ayındaki bir ekinoksta optimize edilmiştir. Optimizasyon sonuçları, ışık rafi parametrelerinin optimal tasarım seçeneklerinin, aydınlatmanın iyileştirilmesi için büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (Bahdad ve ark. 2020).

Akköse ve arkadaşları (2023), ‘Makina Öğrenmesi ile Pencere Parametrelerinin Bina Performansına Etkisinin İklim Değişikliği Gözetilerek İncelenmesi’ adlı çalışmalarında, Ankara’da seçtikleri mevcut bir ortaokul binasına iklim değişikliğinin etkisini enerji tüketimi ve ısısal konfor üzerinden incelemiştir. Pencere parametrelerine göre oluşturulan olası 2050 pasif tasarım iyileştirme alternatifleri makine öğrenmesi ve istatistiksel analizler ile değerlendirilmiştir. EnergyPlus ve Ladybug yazılımlarında oluşturulan simülasyon verilerinin bir alt kümesi ile Rastgele Orman (RO) tahmin modelleri eğitilmiştir. Sonuçlar pencere parametrelerinin bina enerji performansına etkisinin büyük olduğunu ve iklim değişikliğine göre yapılacak bina tasarım süreçlerinde makine öğrenmesinin etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir (Akköse ve ark. 2023).

Lu ve arkadaşları (2019), ‘Kavisli Cephe Optimizasyonu ile Ofis Binalarının Gün Işığı Verimliliğini Artırma Potansiyelinin Araştırılması’ adlı makalelerinde, kavisli şekiller için tasarım optimizasyonunu uygulamayı ve bunların katkıda bulunabileceği performans iyileştirmelerini keşfetmeyi amaçlamıştır. Kavisli bir cepheye sahip tipik bir ofis binası, Rhinoceros'ta parametrik olarak modellenmiş, DIVA tarafından gün ışığında simüle edilmiş ve alan ağırlıklı ortalama UDI'sini maksimuma çıkarmak için Galapagos tarafından optimize edilmiştir. 3 düzeyde geometrik karmaşıklık, 3 konum ve 4 yönelim ile 20 optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, optimize edilmiş kavisli cephelerin, alan ağırlıklı ortalama UDI'de 0,4376'ya kadar çıkan iyileştirmelerle ofis binalarının gün ışığı verimliliğini önemli ölçüde artırabildiğini kanıtlamıştır (Lu ve ark. 2019).

Saad ve Saad (2016) ‘Kare Birim Tabanlı Gölgeleme Sistemlerinde Etkili Parametrelerin İncelenmesi; Gün Işığı ile Isı Performansı Arasındaki Dengeyi Sağlama Kapsamı’ isimli bildirilerinde gölgeleme sisteminin performansını artırmak amacıyla yumurta kasası gölgeleme sisteminin bu parametrelerinin etkisi üzerine derinlemesine bir araştırma yapmayı amaçlamıştır. İncelenen pencere-duvar oranları için optimum çözümlere varmak amacıyla alternatifler farklı parametreler kullanılarak önceden tanımlanmış algoritmalar şeklinde kaba kuvvet parametrik simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Çalışılan gölgeleme cihazının tüm farklı tasarım konfigürasyonlarının parametrik modelleme sürecini gerçekleştirmek için Rhinoceros için Grasshopper eklentisi kullanılmıştır. Çalışma, yaygın olarak kullanılan simülasyon motorları Radiance, Daysim ve EnergyPlus'ın arayüzü olan Rhino için DIVA kullanılarak gerçekleştirilen iki ardışık aşamadan oluşan bir simülasyon sürecini benimsemiştir. Ayrıca simülasyon, özellikle Uzamsal Gün Işığı Özerkliği (sDA) ve Yıllık Güneş Işığına Maruz Kalma (ASE) olmak üzere IES onaylı gün ışığı ölçümlerine dayalı olarak türetilmiştir. Sonuçlar, gün ışığı dağıtımını iyileştiren ve LEED v4 gün ışığı aydınlatma standartlarıyla uyumlu olan belirli pencere-duvar oranları (WWR) ilişkili optimum kompozisyonu gerçekleştirmiştir. Çalışma, uygulama için uygun sisteme karar vermek amacıyla yüksek aralıktaki derinlikler ve ızgara boyutları için tam bir rehber sunmuştur. Parametrik simülasyondan elde edilen tablolar ile gün ışığı yeterliliği sağlayan ve enerji tüketimini azaltan senaryolar belirlenmiştir (Saad ve Saad, 2016).

Özerol ve Selçuk (2023) ‘Gün Işığı Parametresine Dayalı Biyoklimatik Cephe Tasarımı ve Alternatiflerin Genetik Algoritmalar Aracılığı ile Optimizasyonu: Ankara'da Bir Ofis Binası’ isimli araştırma makalelerinde Ankara’da bulunan bir ofis binası cephesi için optimizasyon simülasyonlarıyla tasarım alternatifleri oluşturmuş ve bu senaryoların genetik algoritma ile değerlendirilmesiyle optimum cephe tasarımını araştırmışlardır. Modelin çevresel verileri Rhino–Grasshopper programında bulunan Ladybug eklentisi ile, güneş ışığı verileri Honeybee eklentisiyle elde edilmiştir. Galapagos eklentisi ile genetik algoritma kullanılarak gün ışığına göre oluşturulan cephe senaryolarından optimum tasarım seçilmiştir. Sonuç olarak cephe bölümlerinin güneşin konumuna göre değiştiği görülmüştür (Özerol ve Selçuk, 2023).

Bocaneala (2021) 'Enerji Verimliliğini Artırmak İçin Parametrik Dinamik Cepheler Kullanan Gün Işığı Optimizasyonu' adlı makalesinde gün ışığı optimizasyonu yoluyla enerji verimliliği elde etmek için kullanılan dinamik cephelerin tasarım desenlerinin, araştırma özelliklerinin, optimizasyonunun ve tekniklerinin ayrıntılı analizine ilişkin kapsamlı bir literatür taraması sunmuştur. Makale, gün ışığını optimize etmek için kullanılan dinamik cephe sistemlerinin parametrik tasarımının ve çevresel analizinin enerji verimliliği elde etmek için gerekli olduğunu bulmaya yardımcı olan, çeşitli dinamik cephe optimizasyon yaklaşımlarının ikincil verilerinin çapraz durum analizi yönteminin sonuçlarını temsil etmektedir. Bu metodolojinin uygulanması için bir yol haritası alternatiflemiştir (Bocaneala, 2021).

Lin ve arkadaşları (2023), 'Belirsizlikleri Dikkate Alan Bir Kentsel Bina Enerji Modeli Kullanarak Bir Üniversite Kampüsündeki Tarihi Binaların Enerji İyileştirmelerinin Değerlendirilmesi' isimli çalışmada Çin'de bulunan bir kampüsteki modern ve tarihi karma binalar için bir 'Kentsel Bina Enerji Modeli' oluşturmuştur. %20 hata aralığını karşılayan modellenmiş sonuçlara sahip kalibre edilmiş KBEM seti, daha sonra dört bina enerji iyileştirme (BEİ) önleminin enerji tasarrufuna ilişkin belirsizlikleri değerlendirmek için kullanılmıştır. BEİ 1, binaların tarihi değerlerini koruyan; BEİ 2 yeşil bina tasarımı standardını karşılayan; BEİ 3, BEİ 2'den %20 daha fazla tasarruf elde etmek için ve BEİ 4, yenilenebilir fotovoltaiik enerjiden yararlanmak için oluşturulan tedbirlerdir. BEİ 1, BEİ 2 ve BEİ 3 için farklı yaşlardaki binaların enerji tasarrufu %10 ila %44 arasında değişmiştir. BEİ 4 için binaların enerji tasarrufu sırasıyla %49 ila %505 arasında değişmiştir ve %100'ün üzerinde olmasının nedeni enerji üretiminin enerji talebinden çok daha yüksek olmasıdır. Bina fonksiyonları için de benzer sonuçlar çıkarılmıştır; BEİ 1, BEİ 2 ve BEİ 3 için enerji tasarrufu potansiyelleri %6 ila %45 arasında değişirken, BEİ 4 için %97 ila %492 arasında değişmiştir (Lin ve ark. 2023).

İncelenen bu çalışmaların ortak amacı günışığını kullanarak enerji ve konfor bakımından optimum tasarımlara ulaşmaktır. Mevcut binalar için bina cephelerinde yapılacak iyileştirmeler ile günışığından optimum şekilde faydalanan çözümler üretilebilmektedir. Bu çözümlere ulaşılmasına yardım edecek çeşitli standart ve yönetmeliklerden yararlanılmaktadır. Sürdürülebilirlik bağlamında günışığı ve fiziksel çevre koşullarını doğru analiz ederek enerji tasarrufuna katkı sağlayacak optimum tasarımların bulunmasında, teknolojinin gelişimiyle beraber çeşitli yazılım ve simülasyonların kullanımı artmıştır. Bu yazılım ve simülasyon programı tasarım kararlarının alınması sürecini hızlandırırken, tasarımcının optimum kararlar vermesini kolaylaştırmaktadır. Buna göre tez çalışmasında toplu konut binalarının mevcut durumdaki günışığı, enerji ve ısısal konfor koşulları analiz edilmiştir. Sonrasında günışığını dikkate alan optimum bina yerleşim açıları ve cephede bulunan balkon çıkıntılarının uzunlukları genetik algoritma yardımıyla değiştirilerek alternatifler oluşturulmuştur. Elde edilen alternatiflerden günışığı standardına uygun çözümler değerlendirilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Günişliği, binalarda cephe tasarımı açısından önemli bir parametredir. Günişliğine göre optimum bina yerleşimi ve cephe tasarımı ile binalarda enerji tüketimi ve kullanıcı konforu kontrol edilebilmektedir. Adana ili, Seyhan ilçesinde, İsmetpaşa-Barış Mahallesi Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Projesi (Kıyıkent Evleri Projesi) kapsamında yapılan toplu konutları için optimum bina yerleşimi ve cephe tasarımları önermeyi amaçlayan bu çalışma için kullanılan materyaller ve izlenilen yöntem sonraki bölümlerde açıklanmıştır.

3.1. Materyal

Çalışmanın kuramsal çerçevesini oluşturmak için, günişliğine göre optimum bina yerleşimi ve cephe tasarımı ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar, araştırmalar, uygulamalar ile konuyla ilgili standartlar ve yönetmeliklerden faydalanılmıştır. Çalışma alanı olarak Adana ili, Seyhan ilçesinde, İsmetpaşa-Barış Mahallesi Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Projesi (Kıyıkent Evleri Projesi) kapsamında yapılan toplu konutları seçilmiştir. Bu konutların Google Earth programından hava fotoğrafları kullanılmıştır. Konutların AutoCAD ortamında plan, kesit ve görünüş çizimleri elde edilmiştir. Binaların ve hacimlerin 3 boyutlu modellerini oluşturmak için Rhinoceros 3D programı içinde bulunan Grasshopper eklentisi kullanılmıştır. EPWMap sitesinden hava durumu verileri .zip dosyası olarak indirilmiştir.

Analizler için TS EN 17037 ve ASHRAE55-2017 standartlarında belirtilen değerler dikkate alınmıştır. 3 boyutlu bina ve mekanlara ait hacim modelleri üzerinde yapılan analizlerin görsel grafikleri oluşturulmuştur. Mevcut durum gün ışığı analizleri, enerji kullanımları ve ısısal konfor koşulları Grasshopper içinde bulunan Ladybug ve Honeybee eklentileri kullanılarak incelenmiştir. Optimum bina yerleşim açıları ve cephe alternatiflerinin oluşturulması için Grasshopper içinde bulunan Galapagos eklentisinde bulunan genetik algoritma kullanılmıştır.

3.1.1. Rhinoceros 3D Simülasyon Programı

Mimari tasarım sürekli tekrar eden süreçlerden oluşmakta ve tasarımcı zihninde art arda yeni fikirler üretmektedir. Bu fikirlerin kaybolmadan önce geliştirilmesi önemlidir. Ancak her tasarım seçeneği için uzmanlara yaptırılan performans simülasyonları pahalı ve zaman alıcıdır. Bu durum tasarım sürecinin herhangi bir adımında her problemin mimar tarafından ele alınabileceği bir ortamın oluşturulması ihtiyacını doğurmaktadır. Bu tür araçların kullanımı kolay ve hızlı olmalı aynı zamanda sayısal verilerle beraber görsel çıktılar da oluşturması gerekmektedir. Yazılım ve grafik kullanıcı arayüzlerindeki son gelişmelerle bilgisayar kodu yazmadan veya yazmayı azaltan yöntemlerle tasarım süreci ve iş akışı kolayca tanımlanabilmektedir. Bu sayede mimarlar performans odaklı parametrik ve üretken tasarım araçlarını kullanarak çeşitli tasarım seçeneklerini hızlı bir

şekilde oluşturup, belirleyici parametrelerini tanımlayarak özelleştirilmiş yöntemler üretebilmektedir (Ercan ve Elias-Özkan, 2015).

Hesaplamalı tasarım teknolojileri ile gerçek zamanlı veri analizleri gerçekleştirilebilmektedir. Bina modelleri için geliştirilen simülasyon programları binalardaki enerji kullanımı ve ısısal yükleri hesaplamak ve sayısallaştırmak için kullanılmaktadır. Tasarım aşaması boyunca veya mevcut bir binanın yenilenmesi sırasında elde edilebilecek enerji tasarrufları bu programlar ile elde edilmektedir. Binaların optimizasyonuna odaklanma süreçleri CAD ve BIM teknolojileri sayesinde tasarım aşamalarına entegre edilmiştir (Özerol ve Selçuk, 2023). Simülasyon yöntemleri ilk olarak 1980'lerin başında kullanılmış ve geliştirilmeye devam etmektedir. Özel HVAC sistemleri ve enerji tasarrufunu sağlayacak ileri tekniklerin modele eklenebilmesi simülasyon programlarının önemini arttırmaktadır (Kamel, 2023).

Simülasyon sürecinin temel amaçlarından biri enerji modellerinin doğrulamaktır. Model doğrulaması ile enerji tüketimi ve bu tüketimi en aza indirecek yollar kolayca tanımlanabilmektedir. Simülasyon çıktıları ölçülen değerlerle karşılaştırılmakta ve gerçek verileri yansıtan sonuçlar elde edilene kadar süreç devam etmektedir. Bu süreç ve yinelemeler hatalı veya eksik tahminleri tespit ederek modelleme yöntemlerinde kanıta dayalı uygulamaları geliştirmektedir (Kamel, 2023).

Parametrik modelleme, proje öğelerinin otomatik parametre tabanlı oluşturulmasını ifade eder. Bu nedenle, bir proje içindeki öğelerin oluşumu ve değişimi, belirli algoritma tarafından oluşturulan kural kümeleri ile kontrol edilir (de Sousa Freitas ve ark. 2020). Parametrik modelleme araçları tasarım ve modellemeye yeni bir bakış açısı getirmiştir. Verilere dayanan parametrik modellemede farklı veri düzeyleri arasındaki bağlantı ve değişiklikler anlıktır. Bu sistem, tasarım ve analizi entegre etmek için birçok fayda sağlamaktadır. Çevresel analiz çıktılarının görselleştirilebilmesi ile tasarım ve veri analizi arasında bağlantı kurulabilmektedir (Roudsari ve ark. 2013). Rhinoceros, karmaşık geometrilerin modellenmesine olanak tanıyan ve diğer dosya formatlarıyla yüksek uyumluluk sunan güçlü ve iyi bilinen bir 3D CAD yazılımıdır. Yazılımda, kolaylıkla 3 boyutlu modeller oluşturulmakta ve çeşitli simülasyon eklentileri kullanılabilmektedir. Bir 3D işleme yazılımına bağlı bir parametrik modelleyici olduğundan, eklenti sanal modelleme alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (de Sousa Freitas ve ark. 2020).

Grasshopper, Rhinoceros yazılımı tarafından desteklenen bir ana eklentidir. Dijital tuval arayüzünde çalışan sıralı algoritmik komutlara sahiptir. Ladybug ve Honeybee, Grasshopper içindeki eklentilerdendir. Çevresel alternatif tasarım çözümlerine uyum sağlamak amacıyla bir modelin kapsamlı parametrik analizini ölçmek için kullanılmaktadır (Kamel, 2023). Ladybug, çeşitli EnergyPlus onaylı modellere dayanan, enerji simülasyonu için kullanılan bir eklentidir ve Rhinoceros, Grasshopper'da oluşturulan geometriye ve hedef konumun EnergyPlus Hava Durumu dosyasına (EPW) dayalı simülasyonlar gerçekleştirebilir (de Sousa Freitas ve ark. 2020).

Honeybee ve Ladybug araçları, farklı hesaplama çekirdekleri ve ek setleri ile kapsamlı bir mimari sistem oluşturmaktadır. Ladybug meteorolojik verileri işleyerek biyoiklimsel haritalar ve pasif tasarım yöntemleri için Grasshopper ile etkileşimli bir arayüz sunmaktadır. Rüzgar hızı, güneş yolu ve diğer veri görselleştirmelerini sağlamaktadır. Honeybee, ışık ortamı, havalandırma ve bina enerji tüketimi simülasyonlarını oluştururken, Radiance, Daysim, Butterfly ve EnergyPlus araçlarını entegre etmektedir (Tong, 2023).

Doğal aydınlatma performansını değerlendirmek için doğal aydınlatma parametreleri kullanılarak Ladybug ortamında çalışma simüle edilebilmekte, Rhinoceros / Grasshopper ortamında ise bu parametrelerin etkisi 3 boyutlu model ve görselleştirmelerle incelenebilmektedir. Tasarıma dair istenen gün ışığı kalitesi ve gün ışıınımı yoğunluğu gibi değerlerin optimize edilebilmesi için ise Grasshopper içinde bulunan Galapagos yazılımı kullanılmaktadır (Indrawan ve ark. 2023).

Rhino-Grasshopper'ın bir bileşeni olan Galapagos, optimize edilmiş sonuçları keşfeden bir genetik algoritma eklentisidir (Lee ve Lee 2020). Galapagos eklentisi optimum sonuçları bulma hedefiyle optimizasyon için çok amaçlı genetik algoritmaları kullanmaktadır. Genetik algoritmalar geniş bir arama alanının incelenmesini sağlarken açık olmayan veya sezgisel çözümler bulabilmektedir. Galapagos eklentisi birden fazla amaç arasında optimum sonucu sağlamak için “en uygun olanın hayatta kalması” işlevini kullanmaktadır. Döngü daha sonra yeni bir seçeneğin oluşmasıyla kendini tekrar etmektedir (Indrawan ve ark. 2023).

Performansa yönelik yapılan parametrik tasarım sürecinde, veri tabanının okuması, yazılması, yorumlanması ve işlenmesini gerektiren özelleşmiş iş akışları formüle edilmektedir. Tasarımcıların yüksek performanslı bir bina tasarımı için iş akışı ile bina modelinin oluşturulması ve değerlendirilmesine dair performans ölçümlerini birleştirmesi gerekmektedir. Birden fazla tasarım koşulu barındıran binalar için yapılacak çözümler hesaplamalı tasarım yöntemleri kullanılarak hızlandırılabilir. Gelişmiş bina performansı simülasyon yazılımları kullanıcı dostu arayüzleri ve dijital tasarım araçlarıyla özelleştirme ve çeşitlendirme imkanlarına sahiptir. Bu sayede tasarımcılar simülasyon uzmanına gerek olmadan performansa yönelik tasarım çalışmaları yapabilmektedir (Ercan ve Elias-Özkan, 2015).

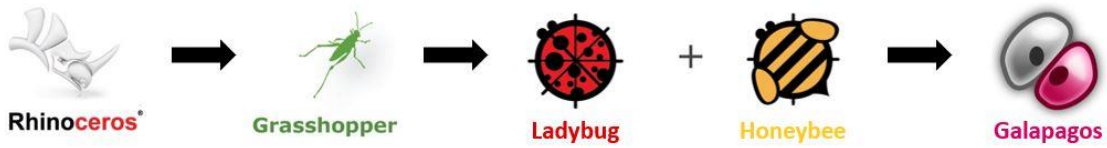
Bir bina için yenileme ya da güçlendirme kararlarının uygun bir şekilde alınabilmesi için söz konusu binanın enerji tüketiminin doğru belirlenmesi önemli olmaktadır. Mevcut binalar için uygun iyileştirme kararını verebilmek adına binanın enerji potansiyelini değerlendiren ölçüm ve simülasyonlarda genel olarak yerel hava durumu, inşaat programı ve malzeme özellikleri vb. gibi detaylı bina parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir (Sheikh ve ark. 2011).

3.1.2. Rhinoceros 3D Simülasyon Programı Eklentileri

Rhinoceros, karmaşık geometrilerin modellenmesine olanak tanıyan ve diğer dosya formatlarıyla yüksek uyumluluk sunan güçlü ve iyi bilinen bir 3D CAD yazılımıdır (de Sousa Freitas ve ark. 2020). Grasshopper, Rhinoceros yazılımı tarafından desteklenen bir ana eklentidir. Dijital

tuval arayüzünde çalışan sıralı algoritmik komutlara sahiptir. LadyBug ve HoneyBee Grasshopper içindeki eklentilerdendir. Çevresel alternatif tasarım çözümlerine uyum sağlamak amacıyla bir modelin kapsamlı parametrik analizini ölçmek için kullanılmaktadır (Kamel, 2023). Ladybug meteorolojik verileri işleyerek biyoiklimsel haritalar ve pasif tasarım yöntemleri için Grasshopper ile etkileşimli bir arayüz sunmaktadır. Rüzgar hızı, güneş yolu ve diğer veri görselleştirmelerini sağlamaktadır. Honeybee, ışık ortamı, havalandırma ve bina enerji tüketimi simülasyonlarını oluştururken, Radiance, Daysim, Butterfly ve EnergyPlus araçlarını entegre etmektedir (Tong, 2023).

Bu tez çalışmasında kullanılan toplu konutların AutoCAD ortamında bulunan projeleri, Rhinoceros programına aktarılmıştır. Grasshopper aracılığı ile 3 boyutlu çalışma modelleri oluşturulmuştur. Ladybug ve Honeybee eklentilerinde bulunan bileşenler aracılığı ile günışığı, enerji kullanımı ve ısısal konfor analizleri yapılmıştır. Galapagos eklentisinin genetik algoritması kullanılarak günışığına göre bina yerleşim açıları ve cephe tasarım alternatifleri geliştirilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Rhinoceros 3D programı ve kullanılan eklentiler

3.1.2.1. Ladybug Bileşenleri

Bu bölümde, tez çalışması için kullanılan Ladybug eklentisi içinde yer alan, günışığı ve ısısal konfor analizlerinin yapılmasına yardımcı bileşenler açıklanmıştır.

LB Incident Radiation;

Bu bileşen "Kümülatif Gökyüzü Matrisi" bileşeninden bir gökyüzü matrisi kullanarak geometriye gelen radyasyonu hesaplamaktadır. Gelen radyasyona ilişkin bu tür çalışmalar, fotovoltaik veya güneş ısısal sistemlerinden toplanabilecek enerjinin yaklaşık olarak tahmin edilmesi için kullanılabilir. Ayrıca bir binanın yönünün hem enerji kullanımı hem de soğutma sistemlerinin boyutu/maliyeti üzerindeki etkisini değerlendirmek için de faydalı olmaktadır. Çalışma alanında belirlenen her noktadaki kümülatif veya ortalama radyasyonu kwh/m² cinsinden göstermektedir.

LB Direct Sun Hours

"LB SunPath" bileşeninden elde edilen güneş vektörlerini kullanarak geometrinin aldığı doğrudan güneş ışığının saat sayısını hesaplamaktadır. Bu tür doğrudan güneş hesaplamaları, dış ortamların gölge çalışmaları için veya iç mekandaki doğrudan güneş ışığından kaynaklanan parlama potansiyelini tahmin etmek için kullanılabilir. Bu bileşen çalışma alanında belirlenen her noktanın aldığı doğrudan güneş ışığının saat sayısını göstermektedir.

LB View Percent

Çalışma geometrilerinin gökyüzüne yönelik yüzde görünümü değerlendirilmektedir. Bu tür görüş hesaplamaları, iç mekandaki belirli bir konumdan dış mekana bakan görüntünün kalitesini tahmin etmek için kullanılabilir. Ayrıca sokak kanyonlarının gökyüzüne açıklığını değerlendirmek için dış mekanlarda da kullanılabilir; bu, yaya deneyiminin yanı sıra kentsel yüzeylerden ve geceleri gökyüzünden yayılan ısı kaybının oranını da etkilemektedir. Çalışma alanında bulunan her noktanın bağlam geometrisi tarafından engellenmeyen görünüm vektörlerinin yüzdesini göstermektedir. 5 farklı görünüm analizi bulunmaktadır; yatay radyal, yatay 30° derece ofset, küresel, gökyüzüne maruz kalma, gökyüzü görünümü.

LB Sunpath

Bu bileşen çalışma alanının güneş grafiğini, güneş enerjisine erişim analizi ve gölgeleme tasarımı için kullanılabilecek güneş vektörlerinin çıktısını vermektedir.

LB Cumulative Sky Dome

Gökyüzü kubbesinin her bir kısmından radyasyon değerlerini içeren bir matris almaktadır. Bu matrisin oluşturulması, Rhino geometrisi ile olay radyasyon analizi yapmadan veya bir radyasyon gücü oluşturmadan önce gerekli bir ön adımdır.

LB Sky Dome

"LB Kümülatif Gökyüzü Matrisi" bileşeninden bir gökyüzü matrisini, her bir yama için bir radyasyon değeri ile alt bölümlere ayrılmış, renkli bir kubbe olarak görselleştirmektedir. Renkler, gökyüzü parçalarının her biri için kWh/m² veya W/m² cinsinden radyasyon değerlerini temsil etmektedir.

LB Benefit Sky Matrix

Bu bileşen sıcaklık verilerine dayalı radyasyonun faydasını/zararını temsil eden bir matris elde etmektedir. Bu gökyüzü matrisi radyasyon çalışmalarında veya radyasyon grafikleri üretmek için kullanıldığında, pozitif değerler soğuk sıcaklıklarda ısıtma yüklerini dengeleyebilen yararlı kış güneş enerjisini temsil ederken, negatif değerler sıcak sıcaklıklarda soğutma yüklerini artırabilen

zararlı yaz güneş enerjisini temsil etmektedir. Radyasyon yararlı gökyüzü, pasif güneş ısısı kazanımı ile soğutma enerjisi artışı açısından bina kütlelerinin ve cephe tasarımlarının değerlendirilmesinde özellikle yararlıdır.

Bu bileşende radyasyonun faydadan zarara geçtiği sıcaklık belirlenmelidir. Tipik konut binalarının denge sıcaklıkları 18C ° iken, ticari binaların 12C ° civarında daha düşük değerlere sahip olma eğilimi bulunmaktadır.

LB Indoor Solar MRT

Açık havada doğrudan insanların üzerine düşen kısa dalga güneş ışığının yanı sıra gökyüzüyle uzun dalga ışıyım alışverişinin bir sonucu olarak C° cinsinden ortalama ışıyım sıcaklığını (MRT) hesaplamaktadır.

Bu bileşen, kısa dalga güneş enerjisinin etkilerini tahmin etmek için ASHRAE-55'in SolarCal modelini ve uzun dalga radyant değişimini belirlemek için basit bir gökyüzüne maruz kalma yöntemini kullanmaktadır.

LB PMV Comfort Parameters

ASHRAE-55 ve EN-15251 standartlarına göre memnuniyetsizlik yüzdesi (PPD), nem oranı sınırları ve hava hızı eşiği belirlenerek konfor parametreleri oluşturulmaktadır.

LB PMV Comfort

Bu bileşen, tahmini Ortalama Oyu (PMV) hesaplamaktadır. PMV, ısıtma veya soğutma sisteminin çalıştığı binaların iç mekanlarında kullanıma yönelik bir ısısal konfor modelidir. Doğal olarak havalandırılan binalar için uyarlanabilir ısısal konfor modeli ve dış mekan koşulları için Evrensel Isısal İklim İndeksi (UTCI) veya Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (PET) gibi modeller bulunmaktadır.

Bu bileşen PMV'yi hesaplamak için, hava sıcaklığı, ortalama radyant sıcaklık (MRT), bağıl nem, hava hızı, bireysel metabolizma hızı, bireysel giysi yalıtım değeri ve LB PMV Konfor Parametreleri bileşeninden aldığı verileri girdi olarak kullanmaktadır.

PMV: Tahmini Ortalama Oy (PMV). PMV, Fanger'in konfor araştırmalarında kullanılan, soğuktan (-3) sıcağa (+3) kadar yedi puanlık bir ölçektir. Ölçeğin her bir tamsayı değeri aşağıdakileri göstermektedir:

- * -3 = Soğuk
- * -2 = Soğuk
- * -1 = Biraz Soğuk
- * 0 = Nötr

- $+1$ = Biraz Sıcak
- $+2$ = Sıcak
- $+3$ = Sıcak

PPD: Memnun Olmayan İnsanların Yüzdesi (PPD). Spesifik olarak bu, PMV'si kabul edilebilir eşiklerin (tipik olarak $<-0,5$ ve $>+0,5$) ötesinde olan kişilerin yüzdesi ile tanımlanır. PMV modeliyle elde edilebilecek en iyi PPD %5'tir ve çoğu standart PPD'yi %10'un altında tutmayı hedeflemektedir.

LB Adaptive Comfort Parameters

Uyarlanabilir ısısal konfor modelinin kabul edilebilir koşullarını tanımlayan parametreler oluşturmaktadır. Bu parametreler Uyarlanabilir ısısal konforu hesaplayan bileşenlerin herhangi biri için kullanılabilir. Bu bileşende girdi olarak, ASHRAE-55 nötr sıcaklık fonksiyonu veya EN-1251 fonksiyonu seçilerek bu standartların belirlediği nötr sıcaklık ayarlanmaktadır. Yüksek hava hızı etkisi bu seçimlere göre belirlenmekte ve ortam, klimalı (1) veya klimasız (0) olarak koşullandırılmaktadır. Hem ASHRAE-55 hem de EN-1251 standartları, ısıtma/soğutma sistemi aktifken uyarlanabilir konfor yöntemlerinin kullanımını yasakladığından varsayılan değer 0'dır.

LB Adaptive Comfort

Bu bileşen uyarlanabilir ısısal konforu hesaplamaktadır. Uyarlanabilir ısısal konfor modeli, ısıtma veya soğutma sisteminin çalışmadığı ve bina sakinlerinin doğal havalandırma için pencereleri açma seçeneğine sahip olduğu binaların iç kısımlarında kullanıma yöneliktir. Şartlanmış binalar için PMV modeli kullanılmaktadır. Konfor parametreleri girdilerine göre bir kişinin ısısal durumunu belirten tamsayı değerleri oluşturulmaktadır. Bu değerler -1 = soğuk, 0 = nötr, $+1$ = sıcak şeklinde olmaktadır.

3.1.2.2. Honeybee Bileşenleri

Bu bölümde, tez çalışması için kullanılan Honeybee eklentisi içinde yer alan, güneş ışığı, enerji ve ısısal konfor analizlerinin yapılmasına yardımcı bileşenler açıklanmıştır.

HB Ventilation Control

Sıcaklık ayar noktalarını ve havalandırma soğutma programını belirlemek için bir havalandırma kontrolü nesnesi oluşturmaktadır. Örneğin pencere açılma özelliği aktif pencerelerde kullanılarak hava akışı tahmini yapılabilmektedir.

HB Read Room Comfort Result

Enerji simülasyonundan oluşturulan bir SQL sonuç dosyasından oda düzeyinde konforla ilgili (ortalama hava sıcaklığı (C°), ortalama radyant sıcaklık (C°) ve bağıl nem (%)) tüm ortak sonuçları elde etmektedir.

HB PMV Comfort Map

Çalışma modelinden mekansal olarak çözümlenmiş çalışma sıcaklığı ve Tahmini Ortalama Oy (PMV) ısısal konforu hesaplayarak görsel haritalarını oluşturmaktadır. Bu bileşen, yüzey sıcaklıklarını, iç mekan hava sıcaklıklarını ve nem değerlerini elde etmek için EnergyPlus'ı kullanır. Dış hava sıcaklıkları, bağıl nemler ve hava hızları doğrudan EPW'den alınmaktadır.

TCP: Isısal Konfor Yüzdesi (TCP), ısısal koşulların kabul edilebilir/rahat olduğu yerde geçirilen zamanın yüzdesidir. Çıktı olarak 0 ile 100 arasındaki TCP değerlerinin listesi oluşturulmaktadır. Bu çıktılar, mekansal ısısal konforu görselleştirmek için sensör ızgaralarının ağlarıyla birlikte "LB Uzamsal Isı Haritası" bileşenine takılabilmektedir.

HSP: Isı Algılama Yüzdesi (HSP), ısısal koşulların kabul edilebilir/rahat kabul edilenden daha sıcak olduğu durumlarda geçirilen zamanın yüzdesidir. Çıktı olarak 0 ile 100 arasındaki HSP değerlerinin listesi oluşturulmaktadır. Bu çıktılar, rahatsız edici derecede sıcak konumları görselleştirmek için sensör ızgaralarının ağlarıyla birlikte "LB Uzamsal Isı Haritası" bileşenine takılabilir.

CSP: Soğuk Algılama Yüzdesi (CSP), ısısal koşulların kabul edilebilir/rahat kabul edilenden daha soğuk olduğu durumlarda geçirilen zamanın yüzdesidir. Çıktı olarak 0 ile 100 arasındaki CSP değerlerinin listesi oluşturulmaktadır. Bu çıktılar rahatsız edici derecede soğuk konumları görselleştirmek için sensör ızgaralarının ağlarıyla birlikte "LB Uzamsal Isı Haritası" bileşenine takılabilmektedir.

HB Annual Daylight

Bu bileşen, çalışma alanına tanımlanan sensör ızgarasındaki her bir sensör için yıllık gün ışığı çalışması ile saatlik aydınlatma hesabı yapmaktadır. Hesaplamanın her saatinde her bir sensörden gelen ışınları güneş konumuna kadar takip ederek doğrudan güneşi doğru bir şekilde modelleyen, gün ışığı simülasyonu için geliştirilmiş 2 aşamalı bir yöntem uygulamaktadır. Ortaya çıkan parlaklık aşağıdaki ölçümleri hesaplamak için kullanılmaktadır.

Gün Işığı Özerkliği (DA); Her sensörün aydınlatma eşiğinden daha fazlasını aldığı meşgul saatlerin yüzdesidir.

Sürekli Gün Işığı Özerkliği (cDA); Aydınlatma eşiğinin altındaki değerlerin kısmen nihai yüzdeye dahil edilebilmesi dışında DA'ya benzemektedir.

Faydalı Gün Işığı Aydınlatması (UDI); Minimum ve maksimum eşikler arasında kalan aydınlatmanın kullanıldığı saatlerin yüzdesidir.

HB Annual Irradiance

Bu bileşen, çalışma modelinin sensör ızgaralarındaki her sensör için saatlik güneş ışımasını hesaplamak üzere yıllık bir ışıma çalışması yürütmektedir. Temel hesaplama, her simülasyon adımımda doğrudan güneşi doğru bir şekilde hesaba katmak için geliştirilmiş 2 aşamalı bir yöntemin kullanılması açısından "HB Yıllık Gün Işığı" ile aynıdır. Ancak burada, görünür aydınlık lüks olarak değil, geniş bant güneş ışımasını W/m^2 olarak hesaplanmaktadır. Sonuç olarak, bu reçeteye üretilen ortalama ışıma ve kümülatif radyasyon değerleri, "HB Kümülatif Radyasyon" tarifiyle üretilenlerden daha doğru olmaktadır. Ayrıca, saatlik ışıma değerleri doğru olduğundan, bu bileşen, "tepe ışıması" değerlendirmek ve soğutma tasarımı günlerini temsil eden açık gökyüzü hava durumları üzerindeki en kötü durum güneş yüklerini belirlemek için kullanılabilir.

HB Daylight Factor

Gün Işığı Faktörü (DF), engelsiz bulutlu bir gökyüzü altında iç mekan gün ışığı aydınlatmasının dış mekan aydınlatmasına oranı olarak tanımlanmaktadır. 0 ile 100 arasında yüzde olarak ifade edilmektedir. Gün ışığı faktörü kapalı bir gökyüzü kullanılarak hesaplandığından, yönler göre değişmemektedir. Bu nedenle bulutlu koşulların yaygın olduğu iklimlerde gün ışığının değerlendirilmesi için daha uygun olmaktadır. "HB Yıllık Gün Işığı" tarifi, gün ışığının çok daha doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlamakta ve tüm iklimler için uygundur, ancak gün ışığı faktörüne göre çok daha uzun bir hesaplama süresi gerektirmektedir. Bu bileşen çıktı olarak gün ışığı faktörü değerlerini yüzde cinsinden vermektedir. Her değer ızgaranın farklı bir sensörü içindir. Bunlar, sonuçları görselleştirmek için sensör ızgaralarının ağılarıyla birlikte "LB Uzamsal Isı Haritası" bileşenine takılabilmektedir.

HB Direct Sun Hours

Bu bileşen çalışma modelindeki sensör ızgaralarının aldığı doğrudan güneş saatlerinin sayısını hesaplamaktadır. Bu tarifi temel hesaplaması "LB Doğrudan Güneş Saatleri" bileşeninkiyle aynıdır, ancak bu tarif, simülasyonun çok sayıda sensör için daha iyi ölçeklendirilmesine olanak tanıyan Radiance'ı kullanmaktadır.

HB End Use Intensity

Bu bileşen, EnergyPlus SQL dosyasından son kullanım yoğunluğu hakkında bilgi vermektedir.

Son kullanım yoğunluğu (EUI): Tüm elektrik, yakıt, bölgesel ısıtma/soğutma vb.nin toplamının brüt taban alanına (hem koşullandırılmış hem de koşullandırılmamış alanlar dahil) bölünmesiyle elde edilmektedir.

HB Read Room Energy Result

Bu bileşen, enerji simülasyonundan oluşturulan bir SQL sonuç dosyasından oda düzeyindeki enerjiyle ilgili tüm ortak sonuçları kWh cinsinden ayrıştırmaktadır. Çıktı olarak toplam enerjinin ısıtma, soğutma, aydınlatma vb. kullanımlarda ne kadarına ihtiyaç duyulduğu elde edilmektedir.

HB Thermal Load Balance

Enerji simülasyon sonuçlarından ve çalışma modelinden eksiksiz bir ısısal yük dengesi grafiği oluşturmaktadır.

HB Adaptive Comfort Map

Bu bileşen Honeybee modelinden mekansal olarak çözümlenmiş çalışma sıcaklığı ve uyarlanabilir ısısal konforu hesaplanmaktadır. Bu tarif, yüzey sıcaklıklarını ve iç hava sıcaklıklarını nemleri ile beraber elde etmek için EnergyPlus'ı kullanmaktadır. Çözümlenmiş çalışma sıcaklığı; hayali bir siyah muhafazanın ve içindeki havanın, bir sakinin radyasyon artı konveksiyon yoluyla gerçek düzensiz ortamda olduğu gibi aynı miktarda ısı alışverişinde bulunacağı tekdüze sıcaklığıdır. Dış hava sıcaklıkları, bağıl nemler ve hava hızları doğrudan EPW'den alınmaktadır. Model geometrisinin enerji özellikleri, simülasyonun sonucunu belirlerken, konfor haritalamasının nerede gerçekleştiğini belirleyen araç modelin sensör ızgaralarıdır.

3.1.2.3. Genetik Algoritma ‘Galapagos’ Eklentisi

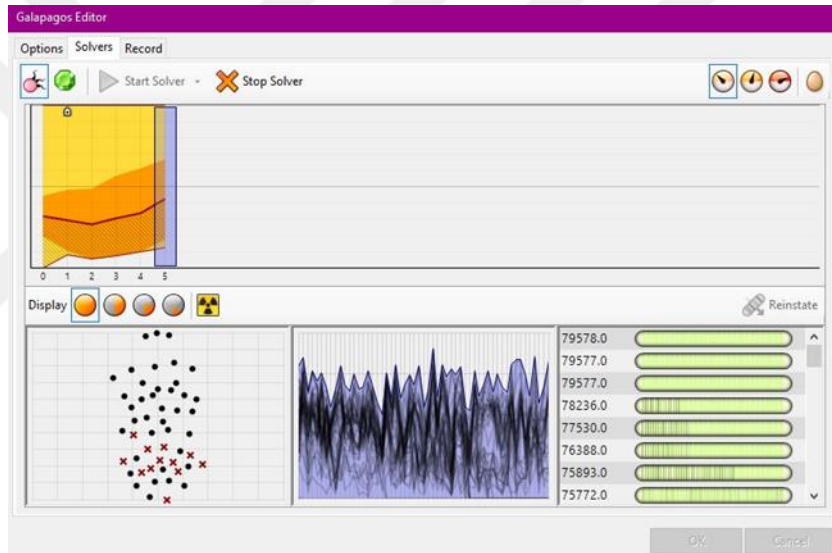
Bina performansında tek ve çok hedefli problemleri çözmek için birçok optimizasyon yaklaşımı simülasyonlar kullanılarak yapılmaktadır. Çok amaçlı modelleme problemi alanında yapılan çok sayıda araştırmayla genetik algoritma, optimizasyon algoritması türü olarak çok yaygın hale gelmiştir. Parametrik modelleme teknolojilerini birleştiren GA çok amaçlı performans optimizasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. GA nispeten kısa bir hesaplama süresinde en iyi çözümleri bulmada genellikle başarılı olmaktadır. Optimizasyon, çeşitli değişkenlerdeki çeşitli kısıtlamaları seçerek bir fonksiyonun minimum veya maksimum değerini bulmanın yoludur. Grasshopper’da çok amaçlı optimizasyon işlemi Galapagos eklentisi içinde bulunan GA kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Bahdad ve ark. 2020).

Rhino-Grasshopper'ın bir bileşeni olan Galapagos, genetik algoritmayı sezgisel bir çözücüyle birleştiren genel bir evrimsel çözücü elemanıdır. Bu sayede üst seviye hesaplama veya matematik bilgisine gerek duyulmadan değişik optimizasyon problemleri analiz edilebilmektedir (González ve Fiorito, 2015).

Galapagos’un performans araçlarına entegre edilmesi ile deneme yanılma süreci için gereken süre azalırken üst seviyede çevresel performans sağlanabilmektedir. Otomatik olarak gerçekleştirilebilen simülasyonların sonuçları performanslarına göre saklanıp düzenlenebilmektedir. Bu sayede kullanıcılar her simülasyon için farklılık yapmaktansa belirledikleri bir tasarım problemine göre optimizasyonu yapılmış sonucu elde edebilmektedir (González ve Fiorito, 2015).

Galapagos genetik algoritma çözücü dört farklı grafik alanına ayrılmıştır (Şekil 3.2). Nesilleri ve karşılık gelen popülasyonun uygunluğunun grafiksel gösterimi üst alanda bulunmaktadır. Kırmızı uygunluk eğrisi çizgisi popülasyon ortalamasını gösterirken turuncu alan standart sapmayı belirtmektedir. 3 bölüme ayrılan alt alanın sol bölümü popülasyon üyelerinin grafiksel gösterimidir. Orta bölümde her bir seçeneğin değişkenlerinin grafiksel gösterimi bulunmaktadır. Dikey çizgiler Grasshopper'da belirlenen kaydırıcıları, bunları birbirine bağlayan çizgiler ise popülasyonun her bir üyesinin gen kombinasyonunu temsil etmektedir (Ercan ve Elias-Özkan, 2015).

Sağ bölümde seçilen neslin her üyesinin yukarıdan aşağıya uygunluğunu gösteren metin esaslı kronolojik listesi bulunmaktadır. Galapagos'ta kaydedilen sonuçlar saklanmadığından kayıt ve veri depolama başka araçlarla yapılmaktadır. Kaydedilen veriler tablo ve grafik oluşturmak için MS Excel'de okunabilir (Ercan ve Elias-Özkan, 2015).



Şekil 3.2 Galapagos penceresi

Evrimsel algoritmaların kullanıldığı Galapagos eklentisi; “Sınırlı kaynaklara sahip bir ortamda bireylerden oluşan bir popülasyon göz önüne alındığında, bu kaynaklara yönelik rekabet doğal seçilime (en uygun olanın hayatta kalması) neden olur” ana fikrini benimsemektedir (Özerol ve Selçuk, 2023).

Mutasyon ve popülasyonların farklı kombinasyonları ile elde edilen genetik algoritmalarda her bir kromozom çözüm yöntemini ifade etmektedir. Kromozomların oluşturduğu genler ise değişken parametreleri temsil etmektedir. Burada yapılan çaprazlamalarla en iyi çözüm seçeneği simülasyonda daha öncelikli gösterilmektedir. Örneğin cephedeki saydamlık oranının güneşin konumuna olan uzaklığına göre değişim değişkenleri bir gen olarak adlandırılırken, her cephe seçeneği bir kromozomu temsil etmektedir (Özerol ve Selçuk, 2023).

Galapagos'un genetik algoritması aşağıdaki sıraya göre hesaplanır (Lee ve Lee 2020):

1. Uygunluk işlevi
2. Seçim mekanizması
3. Bağlantı algoritması
4. Birleşme algoritması
5. Mutasyon fabrikası

İstenilen hedeflere göre hangi sonuçların daha uygun olduğunu belirlemek için genetik algoritmaya kriterlerin verilmesi gerekir. Her neslin genleri bir uygunluk fonksiyonu aracılığıyla puanlanır ve bu onlara karşılaştırmalı bir avantaj sağlar, bu da optimizasyon sürecinin temelidir. Uygunluk değeri değerlendirmesi tamamlandıktan sonra bir sonraki adım seçim mekanizması sürecidir. Genetik algoritmada dışlayıcı seçim ve önyargılı seçim gibi çeşitli temsili seçim mekanizmaları vardır.

Ayrıcalıklı seçim, uygunluk değerlerine göre sıralama yapan ve çiftleşme sürecinden önce popülasyonun yalnızca en üstteki %N'sinin hayatta kalmasını sağlayan bir yöntemdir. Önyargılı seçim, daha yüksek uygunluk değerine sahip bir popülasyonun seçilme ve hayatta kalma olasılığının daha yüksek olduğu anlamına gelir. Galapagos örneğinde ayrıcalıklı seçim kullanılmaktadır.

Daha sonra, daha fazla çeşitlilik elde etmek için bir birleştirme mekanizması işlemi dahil edilmektedir. Hayatta kalanlar diğer nesnelere bağlanıp genomlarını değiştirmektedir. Ancak genom alışverişi yapılmadan önce her birey arasındaki benzerlik, belirli bireylerin eşleştirilmesinin uygun olup olmadığı ölçülür. Bunun nedeni, benzer bireylerin çiftleştirildiği yöntemde, gelecek neslin çeşitliliğinin büyük ölçüde azaltılabilesidir. Optimizasyon sürecinin olumsuz etkilenmesini önlemek için birbirine çok benzeyen bireyler eşleştirilmemelidir. Aksine, aşırı derecede farklı bireyler arasında sınırlanma meydana gelirse, optimizasyon süreci üzerinde de olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Bu nedenle orta derecede farklılığa sahip bireylerin bir araya getirilmesi teşvik edilmektedir.

Bireyler çiftleştiğinde genom alışverişinde bulunmakta ve birleşme algoritmaları adı verilen yeni nesiller üretmektedir. Yaygın bir yöntem çapraz birleştirmedir. Yöntem, genomun kırılacağı rastgele bir bölünme noktası belirlemekte ve yavru, her genom parçasını bu noktaya göre miras almaktadır. Galapagos'ta harman birleştirme yöntemi kullanılmaktadır.

Yöntem, oluşturulan genomların kalıtımı öncesinde her iki ebeveynle eşleşmeye dayalı olarak yeni genomlar üretmektedir. Temel olarak bir genom, her iki ebeveynin ortalama değeriyle oluşturulmakta, ancak aynı zamanda daha yüksek uygunluk değerine sahip olan ebeveynin genomuna daha yakın olacak şekilde de oluşturulabilmektedir.

Son adım, bazı genomları düşük olasılıklı diğer varyant genomlara dönüştüren bir mutasyon sürecidir. Genetik algoritma süreci ilerledikçe popülasyon arasındaki çeşitlilik giderek azalacaktır. Bu sorunu telafi etmek için, daha fazla çeşitliliği teşvik etmeye devam edecek mutasyon sürecine ihtiyaç vardır.

İşlem tamamlandığında, yani istenilen uygunluk değerine sahip işlenecek gen kalmadığında, algoritma ilk adıma geri dönülerek tekrarlanır (Lee ve Lee 2020).

3.2. Metot

Tez çalışmasının kuramsal temelini oluşturmak için binalarda günışığına göre optimum bina yerleşimi ve cephe tasarımı ile ilgili çalışmalar incelenmiş, buna göre optimum bina yerleşimi, cephe tasarımı ve gün ışığı ile ilgili bilgiler verilmiş, gün ışığı ve tasarım arasındaki ilişki örnek araştırmalarla açıklanmıştır. Ayrıca, günışığına göre ısısal ve görsel konforun önemi, gün ışığına göre optimum cephe tasarımı süreçleri, örnekler, enerji kazanımı, günışığı aydınlatması ve ısısal konfor ile ilgili standartlar hakkında bilgiler de çalışmada yer almaktadır.

Tez kapsamında binalarda günışığına göre bina yerleşimi ve cephe tasarımı için izlenecek yol haritası oluşturulmuştur (Şekil 3.3). Tez için geliştirilen yol haritası bina yerleşimi, cephe özellikleri ve günışığı bağlamında bütünsel bir yaklaşımla ele alınmıştır. Bu süreçte seçilen toplu konut binaları için yerleşim ve cephe tasarım alternatifleri sunulmuştur.

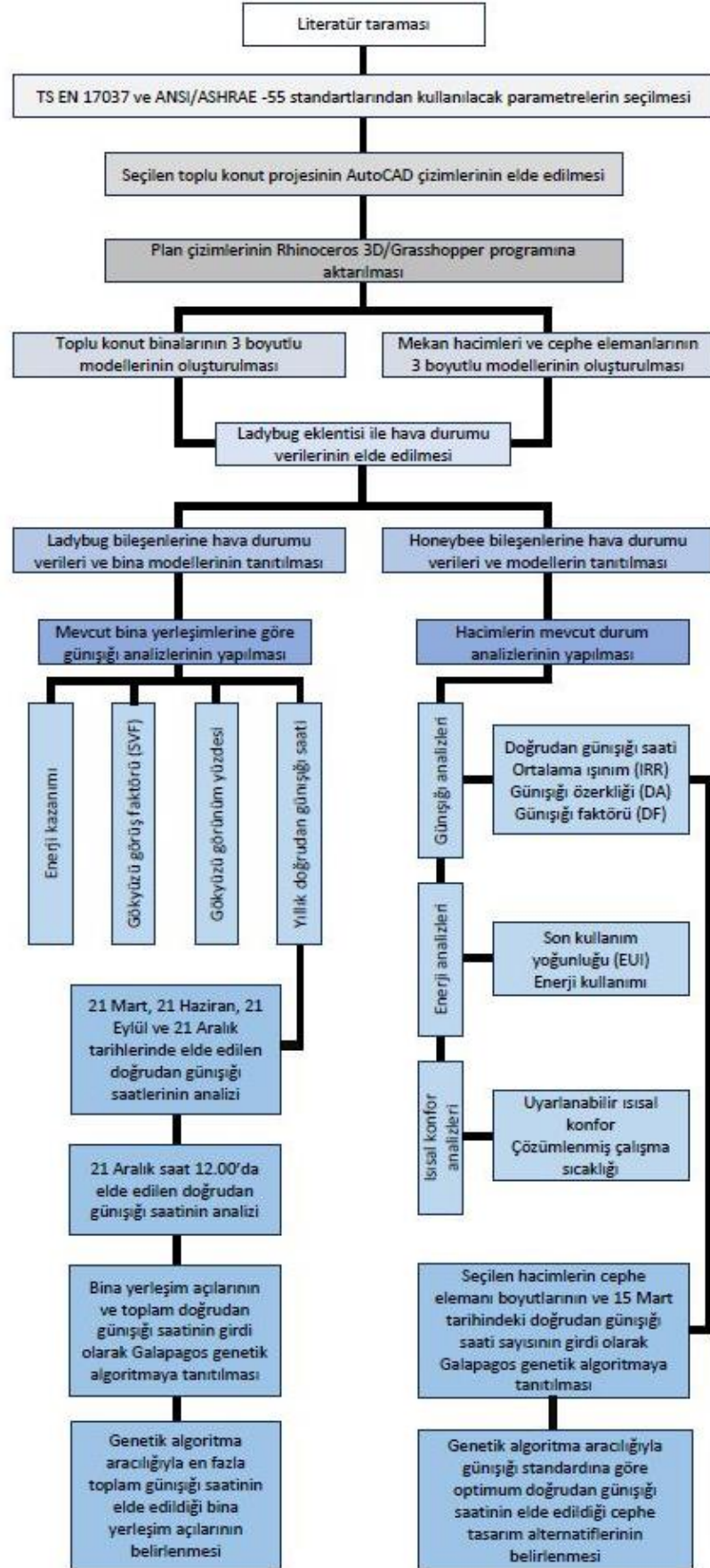
AutoCAD ortamında elde edilen toplu konut planları parametrik tasarım ve çeşitli enerji simülasyonlarının yapılabildiği Rhinoceros 3D simülasyon programına aktarılmıştır. Program içinde bulunan Grasshopper eklentisi ile toplu konut binalarının 3 boyutlu modelleri hazırlanmıştır. Binalara ait mekan hacimleri ve cephe elemanlarının 3 boyutlu modelleri oluşturulmuştur. Balkon çıkıntılarını oluşturan cephe elemanları programın özelliği sayesinde parametrik olarak değişebilmektedir. Bina özelliği bakımından konut seçeneği seçilmiştir. Ladybug eklentisi ile EPW Map sitesinden bölgenin hava durumu verileri programa aktarılmıştır. Grasshopper programında bulunan bileşenlerin birbirlerine bağlanmasıyla programa gerekli parametreler tanıtılarak analizler değerlendirilmiştir. Binaların birbirleriyle olan ilişkisini değerlendirmek amacıyla Ladybug eklentisi içinde bulunan ‘Sky View Factor’ bileşeni kullanılarak gökyüzü görüş faktörü (SVF) belirlenmiştir. Ladybug eklentisi içinde bulunan bileşenlere tanıtılan binaların mevcut yerleşimlerine göre yıllık toplam doğrudan günışığı saatleri, gökyüzü görünüm yüzdesi, enerji kazanımları, 21 Mart, 21 Haziran, 21 Eylül ve 21 Aralık’ta kazandığı doğrudan günışığı saatleri incelenmiştir. Bu tarihlerdeki günışığı saatleri karşılaştırıldığında en az günışığı saati sayısının 21 Aralık tarihinde olduğu görülmüştür. Isıtma ihtiyacının fazla olduğu dönemlerde güneşten maksimum oranda faydalanılması enerji tasarrufu açısından önem arz etmektedir. Bu sebeple 21 Aralık tarihi seçilerek güneşin en tepede olduğu saat 12.00’da kazandığı doğrudan günışığı saatinin görsel grafiği incelenmiştir. Bu görsel grafikte 21 Aralık saat 12.00’da binaların birbirlerine yaptığı gölge durumları gözlemlenmiştir.

Bir sonraki aşamada örnek binaların belirli katları seçilerek iç mekan hacimlerinin bulunduğu konum ve cephe elemanlarına göre mevcut durum analizleri yapılmıştır. Hacimlerin bulunduğu bina ve katlarının seçimi için 21 Aralık saat 12.00’daki doğrudan günışığı saati görsel grafiği kullanılmıştır. Bu grafiğe göre bina formu, bina yönelimi, hacimlerin bulunduğu kat

yükseklikleri, güneş ve gölge durumları bakımından farklılık gösteren hacimler seçilmiştir. Ladybug ve Honeybee eklentilerinde bulunan bileşenlerin birlikte çalıştırılması ile hacimlerin doğrudan günışığı saati (DSH), ortalama ışıınım (IRR), günışığı özerkliği (DA), günışığı faktörü (DF), son kullanım yoğunluğu (EUI), enerji kazanımı, uyarlanabilir ısısal konfor ve çözümlenmiş çalışma sıcaklığı durumları incelenmiştir. Yapılan analizlerle hacimler birbiriyle karşılaştırılarak konum, yönelim ve cephe özelliklerinin etkisi araştırılmıştır.

Mevcut durum analizleri incelendikten sonra bina yerleşimi ve cephe tasarımlarında günışığına göre iyileştirmelerin yapılabilmesi için Grasshopper içinde bulunan Galapagos genetik algoritma bileşenine gerekli parametreler tanıtılmıştır. İlk olarak bina yerleşim açılarına göre 21 Aralık saat 12.00'da toplam doğrudan günışığı saatinin maksimum olarak elde edilmesi için genetik algoritma çalıştırılmıştır. Bu girdilere göre genetik algoritma, bina yerleşimlerini belirli açılarda döndürerek en fazla toplam doğrudan günışığı saatine ulaşan açıları belirlemiştir.

Cephe çıkıntıları ve pencere-duvar oranlarında doğrudan günışığı saatine göre optimum sonuçlara ulaşabilmek için dış engellere maruz kalmayan ve doğu-batı doğrultusunda uzanan binalardan birinin son katı seçilmiştir. Cephe çıkıntıları ve pencere boyutlarının genetik algoritma aracılığıyla değiştirilmesine göre günışığı standardında önerilen zaman aralığında olan 15 Mart tarihindeki doğrudan günışığı saati durumları incelenmiştir. Bu girdilere göre günışığı standardına uygun olan cephe tasarım alternatifleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre genetik algoritmanın tasarım kararlarına etkisinin önemi anlaşılmıştır.



Şekil 3.3 Tez çalışmasının yol haritası

4. SÜRDÜRÜLEBİLİR BİNA TASARIMI

Tasarım yöntemi tasarım ve bina performansını etkilemektedir (Lu ve ark. 2019). Günümüzde sürdürülebilirlik ilkesine bağlı olarak yapıldığı yere ait olan tasarımların oluşturulması için fiziksel çevre koşullarının ele alınması gerekmektedir. Fiziksel çevredeki güneş, rüzgar, malzeme gibi değişkenlerin değerlendirilmesiyle enerji performansına yönelik yapılar tasarlanmaktadır (Özerol ve Selçuk, 2023).

Tasarım probleminin ve çevresel faktörlerin net bir şekilde analiz edilmesi çevreye duyarlı tasarım kararlarının alınmasında önem arz etmektedir (Roudsari ve ark. 2013). Son zamanlarda artış gösteren şiddetli çevre ve enerji krizlerinin karşısında insanların konforlu ve sağlıklı yaşamını destekleyecek gün ışığı, havalandırma ve iç hava kalitesi bina performans parametrelerinin önemi giderek artmaktadır. Mimari tasarımın ilk aşaması olan şekil tasarımı binaların görünüş ve estetik değerini belirlerken bina performansını da etkilemektedir (Lu ve ark. 2019).

Sürdürülebilirlik ilkesine bağlı olarak tasarlanan yerleşim ve binalar için kullanılan tasarım parametreleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- Yerleşmenin yeri
- Yerleşme dokusunun biçimi
- Binaların konumu
- Bina dışı mekanlarda yer alan çeşitli fonksiyonel elemanlar
- Bina aralıkları
- Bina boyutları
- Bina biçimi ve formu
- Çatı eğimi
- Bina yönlendirilişi
- Hacimlerin organizasyonu
- Hacmin yönü
- Hacmin boyutları

4.1. Cephe Tasarım Parametreleri

Binalarda ısıtma enerjisi toplam tüketilen enerjinin %82'sini oluşturmaktadır. Bunun yanında soğutma enerjisi ihtiyacı da giderek artmaktadır. Yenilenemez enerji kaynaklarının olumsuz etkileri düşünüldüğünde, binalarda ısıtma ve soğutma enerjisi tüketiminin azaltılması gerekli hale gelmiştir. Binalarda ısıtma ve soğutma enerji yüklerini etkileyen değişkenler hakkında doğru kararların alınmasıyla enerji tasarrufu sağlanabilir. Bina cephesi, iç mekanların enerji gereksinimlerine katkıda bulunan ana unsurlardan biridir (Saad ve Saad, 2016). Dış ve iç ortamlar arasındaki fiziksel koruyucu olan bina cephesi, yönelimi, görsel ve termo-fiziksel özellikleri ile enerji

tüketimini etkileyen en önemli parametrelerden biridir (Köse ve Manioğlu, 2019). Cephe tasarımı binanın yıllık enerji talebini ısıtma, soğutma ve aydınlatma ihtiyaçları açısından etkilemektedir (Goia ve ark. 2013). Bina cephesinde alınacak pasif önlemler ile enerji tüketimi azaltılabilmektedir (Köse ve Manioğlu, 2019). Sürdürülebilirlik ilkesine bağlı olarak tasarlanan cepheler için kullanılan tasarım parametreleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır;

- Bina kabuğu saydamlık oranı,
- Efektif toplam ısı geçirme katsayısı,
- Pencerelerin biçimi
- Boyutu ve konumu
- Pencerelerin toplam ısı geçirme katsayısı
- Doğrama alanı ve toplam ısı geçirme katsayısı
- Camın ısı ve ışıyım geçirme ve emme katsayıları
- Opak bileşenin toplam ısı geçirme katsayısı
- Kabuğun zaman geciktirmesi
- Opak bileşenin ışıyım emme katsayısı
- Kabuğun buhar difüzyon direnç faktörü

Cephe tasarımının binanın toplam enerji verimliliğini etkilemesindeki parametrelerden biri pencere ve duvar alanları arasındaki dengenin sağlanmasıdır (Goia ve ark. 2013). Pencere yönü, boyutu ve camların ısı performans kriterleri binaların ısıtma ve soğutma talebini azaltmada önemli değişkenlerdir. Bu değişkenlerin iklim bölgelerine göre farklı kombinasyonlarıyla, pencerelerin ısı performansları artırılabilir. Pencere boyutları veya pencere duvar oranının değişimi her cephede farklı çözümler oluşturabilmektedir. Cam performansının, iç mekan ısısal konforunda etkileri bulunmaktadır (Akköse ve ark. 2023). Cam elemanlar ısı iletimle yaşanan ısı kaybı ve kazançlarını, güneş ışıyımıyla ısıtma ve doğal aydınlatmayı ve doğal havalandırma faktörü ile soğutma talebini etkilemektedir.

Pencerelerin yönü, yerleşimi ve boyutları mekana giren gün ışığının miktarını önemli derecede etkilemektedir. Genellikle pencereler parlamayı ve doğrudan güneş ışığını en aza indirirken, mevcut gün ışığı miktarını en üst seviyeye çıkaracak şekilde tasarlanmalıdır (Indrawan ve ark. 2023).

Geniş açıklıklı pencerelerin kullanımı çok sayıda mimari ve psikolojik faydalar sağlamaktadır. Dikey büyük pencereler beş metre uzaklığa kadar gün ışığını iletebilmektedir. Bina cephesindeki pencerelerin artırılmasıyla daha fazla gün ışığı alınabilmektedir (Mohamadin ve ark. 2016). Ancak dengesiz bir şekilde boyutlandırılan pencerelerden orantısız miktarda giren gün ışığı istenmeyen parlamalara, homojenliğin kontrol edilememesine, ısı kazanımının artmasıyla soğutma yükünde daha fazla enerji tüketimine veya yetersiz gün ışığı kazanımına sebep olabilmektedir.

(Bahdad ve ark. 2020). Bu sebeple aydınlatma ve ısısal performansı iyileştirmek için binaların konumu, yönü ve pencere türlerine göre, iç mekanlardaki gün ışığını arttırabilmek amacıyla çeşitli doğal aydınlatma sistemleri/ gölgeleme sistemleri tasarlanmaktadır. Mekanların görsel ve ısısal konforu açısından önemli olan gün ışığı seviyesini ve dış çevrenin görünümünü etkileyen bu sistemler yılın farklı zamanlarına göre ısı kazanımını değiştirebilmektedir (Samadi ve ark. 2019). Binalara entegre edilen bu sistemlerin basit ve uygun maliyetli olması gerekmektedir (Bahdad ve ark. 2020).

4.1.1. Gölgeleme Sistemleri

Gölgeleme sistemleri, tüm güneş pozisyonları için ışığı dağıtabilen sabit elemanlar, parlamayı azaltarak ışığı dağıtan sistemler ve kontrol edilerek ayarlanabilen gölgelikler gibi gün ışığını farklı yollarla kontrol edebilecek şekilde değişmektedir (Samadi ve ark. 2019). Güneş kırıcılar binalardaki mekanların ısısal yüklerini azaltmada etkili elemanlardır (Mohamadin ve ark. 2016). Aşırı ısınma ve parlamayı önleme ve doğal ışık ihtiyacını karşılamak için karmaşık gölgeleme cihazları geliştirilmektedir (Ercan ve Elias-Özkan, 2015). Bu cihazlar ışık rafı, panjurlar, ışık boruları, fiber optikler, jaluziler ve diğer karmaşık gün ışığı sistemleri olarak örneklendirilebilmektedir (Bahdad ve ark. 2020).

4.2. Günışığı Parametreleri

Yapay aydınlatma karbon emisyonu ve küresel ısınmayı arttıran etkenlerden biridir. Elektrikli aydınlatma enerji tüketiminin %15'ini yıllık bina enerji tüketiminin %40'ını oluşturmaktadır (Samadi ve ark. 2019). Güneş enerjisi ısıtma ve aydınlatma ile birlikte birçok amaca hizmet edebilecek önemli bir role sahiptir. Binalarda pasif güneş enerjisi tasarımı son zamanlarda daha önemli hale gelmiştir. Gün ışığı aydınlatması ise en doğrudan ve verimli pasif güneş enerjisi tasarımlarından biridir. Modern mimaride gün ışığı, binanın enerji tüketimini ve görsel konforunu dengeleyebilen, yapay aydınlatmayı değiştirmek ya da desteklemek için bina açıklıkları ile iç mekana doğal ışık getirmeyi amaçlayan bir yöntemdir (Indrawan ve ark. 2023).

Görsel konfor ve eylemler için gerekli ışık yoğunluğunu etkileyen gün ışığı yaşam alanları tasarımında önem arz etmektedir. Gün ışığı parlaklığı ve kontrast kalitesi görsel konfor açısından uygun düzeyde olmalıdır. Yapay aydınlatma kullanımı ile karşılaştırıldığında doğal aydınlatmada kullanılan gün ışığı kullanıcıların kan dolaşimleri, metabolik süreçleri ve hormon seviyeleri gibi görsel olmayan özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Buna göre gün ışığı psikolojik olarak iyi ruh halini, yapılan işe odaklanmayı, bilişsel performansı, uyku kalitesini, hafızayı ve uyanıklığı arttırmaktadır. Bunlar iyi bir yaşam kalitesi için önemli etkenlerdir (Indrawan ve ark. 2023).

Yapı bileşenlerinin tasarımı binanın enerji tüketimini etkilemektedir. Bir binanın aydınlatma, ısıtma veya soğutma amaçlı enerji tüketiminde, cephedeki açıklıklar ve camlı alanlar önemli bir role sahiptir. Yeni inşa edilen binalarda yerel iklim koşulları göz önünde bulundurulmadan, güneş

kazanımı, gün ışığına erişim ve dış görünümü arttırma amacıyla arttırılan cam oranı, yüksek enerji tüketimi ve görsel rahatsızlığa sebep olabilmektedir. Öte yandan gün ışığı, mekan kalitesini, kullanıcı memnuniyetini ve görsel konforu olumlu etkileyen gereksinimlerden biridir. Gün ışığı açıklıkları, cam malzemeler ve gölgeleme sistemlerini içeren eksiksiz bir gün ışığı aydınlatma sisteminin kullanılmasıyla optimum gün ışığına ulaşılabilir. Sadece mekanda kullanılan gün ışığı aydınlatması değil mekanın ısısal konforu da dikkate alınarak enerji tüketimi en aza indirilmelidir. Gölgeleme sistemi bunu başararak mekanı ısıtmadan gereksiz gün ışığını engellemenin yollarını bulmaktadır (Saad ve Saad, 2016).

Günışığı kalitesi iyi dengelenmediğinde parlamaya, yansıtıcı yüzeylerin bozulmasına ve aşırı ışık yoğunluğuna sebep olarak oda sıcaklığını arttırmakta ve kullanıcıların konforunu azaltmaktadır. Güneş ışınımının yoğunluğu gün ışığının kalitesini dengelemek için optimum değerler gerekmektedir. Gün ışığının yoğunluğu ve dağılımını pencere tasarımı önemli derecede etkilemektedir. Yıl içinde genellikle gökyüzünün açık olduğu bölgelerde uzun süreli güneş ışığı ve az bulutluluk, temelde iç mekan günışığı kalitesini etkilemektedir. Fakat gün ışığına fazla maruz kalma, parlamaya, aşırı ısınma problemlerine ve ısısal rahatsızlığa sebep olabilmektedir. Kullanıcıların aydınlatma konforu günışığı kalitesinden etkilenmektedir. Bina tasarımında gün ışığının olumlu koşullarından faydalanmak için görsel konfor parametrelerine dikkat edilmesi gerekmektedir. Binalardaki gün ışığını optimize etmek için aydınlatmaya dayalı Gün Işığı Özerkliği (DA), Faydalı Gün Işığı Aydınlatması (UDI), Mekansal Gün Işığı Özerkliği (SDA) ve Yıllık Güneş Işığına Maruz Kalma (ASE) ölçümleri bulunmaktadır. Aydınlatmayı esas alan bu ölçümler gün ışığının yeterliliğini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Parlaklığa bağlı ölçümler olarak bilinen diğer ölçümler ise Rahatsız Edici Parlama Olasılığı (DGP) gibi parlama olasılığını tahmin etmeye yardımcı olur (Indrawan ve ark. 2023).

Binaların yüksekliğine, uzunluğuna ve aralıklarına göre değişen kentsel doku, enerji alışverişi ile kentsel alanların sıcaklıkları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Sokak profiliyle doğrudan bağlantılı olan bir kentsel alanın yerel mikro iklimini etkileyen bu enerji alışverişleri aynı zamanda yön (K-G; D-B), görüş faktörleri ve bina yüksekliği: genişlik (Y:B) oranına da bağlıdır. Bu anlamda gökyüzü görüş faktörü (SVF), kentsel dokunun görülme sıklığını analiz etmeye hizmet eder. Gökyüzü görüş faktörü kentsel hava sıcaklığı üzerinde etkilidir. Yerleşik alanlardaki ısısal özellikler ve engeller nedeniyle etkili radyasyon eksikliği, net radyasyonu ve dolayısıyla kentsel alanlardaki sıcaklık modelini etkiler (López ve ark. 2016).

Gökyüzü görüş faktörü, düzlemsel bir yüzey tarafından alınan güneş radyasyonunun, tüm yarımküresel yayılan ortamdan alınana kıyasla oranını temsil eder. Gökyüzü, önemli kabartmalar veya bitki örtüsü (mevsimden mevsime değişir), şehir mobilyaları ve ayrıca yeni binalar ile kaplanabilir.

Gün ışığını etkileyen SVF kapalı ortamdaki engeller nedeniyle güneş ışınımının ve doğal ışığın katkısını/yokluğunu belirtmek için kullanılmaktadır. Gökyüzünün algılanması ve görülmesi ile doğal aydınlatmanın insan sağlığına doğrudan faydası olduğundan dolayı SVF insan konforunu da etkilemektedir.

Analitik yöntemler, hemisferik ortamın (çevredeki binalar) her bir ögesinin azimut açılarını (α) ve ilişkili yükseklik açılarını (üretilen gölge ile bağlantılı olarak) (β) bilerek, sitenin geometrisinin bir fonksiyonu olarak denklemler kullanır.

Ayrıca, gökyüzü görüş faktörü (SVF), balıkgözü lensli dijital kameralar veya yarım küre ortamı dairesel bir görüntü düzlemine yansıtmak için özel aynalar kullanılarak incelenebilir (López ve ark. 2016).

4.2.1. Binalarda Günüşiği Standardı

Binalarda günüşiği standardı (TS EN 17037), yıl boyunca gün ışığı aydınlatma performansını ele almaktadır. Bu standart, bina tasarımcılarını başarılı bir şekilde gün ışığı alan alanları değerlendirmeye ve sağlamaya teşvik eder. Aynı zamanda bina tasarımcılarının ve geliştiricilerinin gün ışığıyla ilgili hedefleri hedeflemelerine ve ayrıca gün ışığı tasarımıyla ilgili dışarı görüş, parlamaya karşı koruma ve güneş ışığına maruz kalma gibi diğer konuları ele almalarına da olanak tanır.

Bu standart, doğal ışık aracılığıyla, iç mekânda yeterli bir öznel aydınlık izlenimi elde etmek ve yeterli bir dışarı görüş sağlamak için gereken unsurları kapsar. Ayrıca, kullanılan odaların güneş ışığına maruz kalma süresine ilişkin alternatifler de verilmektedir.

Bu standart, iç mekanlarda aydınlatma sağlamak için gün ışığının nasıl kullanılacağı ve parlamanın nasıl sınırlandırılacağı hakkında bilgi vermektedir. Standart, doğal aydınlatma koşullarının değerlendirilmesi için kullanılan ölçümleri tanımlar ve hesaplama ve doğrulama ilkelerini verir. Bu ilkeler, gün ışığının günler ve yıllar boyunca değişkenliği sorununun çözülmesine olanak tanır.

Bu standart, gün ışığının yapılan fiili işin niteliğine ve rolüne aykırı olduğu durumlar dışında, insanlar tarafından uzun süreler boyunca düzenli olarak kullanılan tüm alanlar için geçerlidir (TS EN 17037).

Bu çalışma konutlardaki düşey pencereleri ele aldığından dolayı bu bölümde yalnızca düşey pencereler ile ilgili parametrelere yer verilmiştir.

4.2.1.1. Gün ışığı sağlanmasına ilişkin kriterler

Günüşiği, girdiği hacimde yeterli aydınlatmayı sağlamalıdır. Günüşiği aydınlık düzeyi alternatifleri en az seviye için ≥ 300 lx, orta seviye için ≥ 500 lx ve yüksek seviye için ≥ 750 lx olarak belirtilmiştir. Mimari tasarım aşamasında bu seviyelerden biri seçilmelidir. Seçilen aydınlık düzeyi hacmin referans düzleminin ve yıl boyunca gündüz saatlerinin $\geq \%50$ 'sinde sağlanmalıdır. Referans

düzlemi, hacmin duvarlarından 50 cm uzaklıkta, döşemeden 85 cm yükseklikte ve döşemeye paralel olmalıdır. Bu sayede pencerenin bulunduğu duvara yakın olan yüksek aydınlık seviyeleri ve pencere bulunmayan duvar yakınındaki düşük aydınlık seviyeleri hacmin genel durum hesaplaması dışında tutulmaktadır. Referans düzlemi içinde seçilen aydınlık düzeyinin sağlandığı alan hacim ve pencere özelliklerine göre değişmektedir (Sayın, 2019). Hedef aydınlatma düzeyleri, minimum hedef aydınlatma düzeyleri ve referans düzleminin kesirleri Çizelge 4.1’de verilmiştir (TS EN 17037) (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Düşey ve eğimli yüzeylerdeki gün ışığı açıklıklarıyla gün ışığı sağlanmasına ilişkin alternatifler (TS EN 17037)

Dikey ve eğimli gün ışığı açılması için alternatif düzeyi	Hedef aydınlatması E_T lx	Hedef seviye için alan oranı $F_{plane} \%$	Minimum hedef aydınlatma E_{TM} lx	Minimum hedef seviye için alan oranı $F_{plane} \%$	Gündüz saatlerinin kesri $F_{zaman} \%$
En az	300	50%	100	95%	50%
Orta	500	50%	300	95%	50%
En çok	750	50%	500	95%	50%

Seçilen aydınlık düzeyi hacmin uzun süreli olarak kullanılan alanında bir yılda en az 2190 saat karşılanmalıdır. Aydınlık düzeyi hesaplarının 0.5 saat ya da 1 saat aralıklarla yapılması alternatiflmektedir. Yapının yer aldığı bölgenin iklimsel verileri kullanılarak onaylı bilgisayar programları yardımıyla hesaplama yapılmalıdır (Sayın, 2019).

EN 12464-1 Avrupa standardında referans düzlemin boyutuna göre aydınlık düzeyi hesabı yapılacak noktaların sayısı ve bu noktaların birbirinden uzaklığı aşağıda alternatifflen yöntemdeki gibi belirlenmektedir (Sayın, 2019).

$$p = 0,2 \times 5 \log_{10}(d)$$

Formülde,

d: hesabı yapılacak alanının uzun kenarı (m) (uzun kenarın kısa kenara oranı ≥ 2 olduğunda, d hesabı yapılacak alanının kısa kenarı olarak seçilmelidir)

p: iki ölçme noktası arasındaki maksimum uzaklık (m)

olarak belirtilmiştir.

Yukarıda gösterilen formül kullanılarak tespit edilen hesap noktalarının en az yarısı, yılda 2190 saat belirlenen aydınlık düzeyini sağlamalıdır. Belirlenen hedefin sağlanıp sağlanmadığının kontrolünde iki ayrı yöntem kullanılmaktadır (Sayın, 2019):

1. Referans düzlemi üzerinde tespit edilmiş hesap noktalarındaki aydınlık düzeyleri yıl boyunca saatlik veya yarım saatlik aralar ile hesaplanır. Hesaplama sonuçları analiz edilerek yılda en az 2190 saatte referans düzleminin $\geq 50\%$ 'sinde ve $\geq 95\%$ 'inde hedeflenen aydınlık seviyelerinin karşılanıp karşılanmadığı kontrol edilir.

2. Referans düzleminde belirlenmiş hesap noktalarındaki günışığı çarpanı hesaplanır. Mesela 500lx aydınlık istendiğinde gerekli olan günışığı çarpanı aşağıdaki eşitlik ile sağlanır.

$$D_T = 300 \text{ lx} / E_{v,d,med}$$

D_T : gerekli günışığı çarpanı

$E_{v,d,med}$: gökyüzünden yayılan ışığın yatayda oluşturduğu medyan aydınlık düzeyi

Hedeflenen aydınlık seviyesinin sağlanması için, referans düzlemdeki hesap noktalarının en az yarısında ve yıl boyunca en az 2190 saat boyunca gerekli günışığı çarpanı karşılanmalıdır. Bu bağlamda, yapı dışındaki açık alanlardaki dış aydınlığa ilişkin yılın bütünü kapsayan medyan değer kullanılabilir. Medyan değer ($E_{v,d,med}$), yılda 2190 saat boyunca gökyüzünden gelen dağılmış ışık ile yatay bir yüzeyde oluşan aydınlık seviyesini temsil eden tek bir değerdir. Bu nedenle, hesaplamaların daha hızlı ve pratik bir şekilde yapılması, medyan değer kullanılmasıyla sağlanmaktadır. Bir şehrin medyan değerini belirlemek için, yıl boyunca 8760 saatlik yayılmış yatay aydınlık verilerine ulaşmak mümkündür; bu da Energyplus, Meteororm ve Satel-Light gibi iklim veri setlerinden yararlanarak yapılabilmektedir. Saatlik veriler (8760 saat), en büyükten en küçüğe sıralanarak, büyük değerleri içeren 4380 saatlik bir veri grubu oluşturulur. Medyan değer, günışığı çarpanı hesaplamasında kullanılmak üzere bu seçilen veriler arasından belirlenir. EN 17037 standardında, 33 ülkenin başkentine ait medyan aydınlık düzeyleri yer almaktadır; örneğin, Ankara için 19000 lx olarak belirlenmiştir (Sayın, 2019).

4.2.1.2 Dış Ortam ile Görsel Bağlantı Kurulmasına İlişkin Kriterler

Kapalı mekanlarda geçirilen süre boyunca, insanların dış ortamla görsel bir bağlantı kurması beklenir. Kişinin mekan içindeki konumuna göre, görme alanına giren görüntülerin nitelikleri değişmektedir. Görüntünün niteliği, pencerelerin boyutu ve yerleşimi, görünen katman sayısı ve algılanan çevrenin özelliklerine de bağlı olmaktadır. Standartta dikkat edilen 3 değişken, dış ortam ile sağlanan görsel bağlantıyı değerlendirmek için kullanılmaktadır (Sayın, 2019):

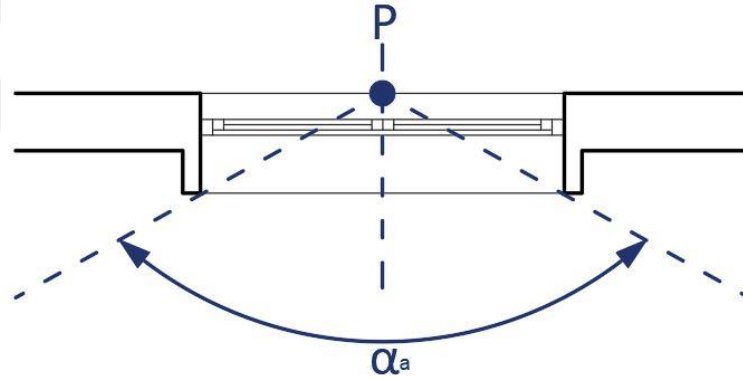
- Görünürdeki katman sayısı
- Pencere genişliğine göre yatay görüş açısı
- Dış engellerin yapıya olan mesafesi

Bu değişkenler için en az, orta ve yüksek olacak şekilde üç derece tanımlanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Dış ortam ile görsel bağlantı kurulmasına ilişkin dereceler (Sayın, 2019'dan alınarak yazar tarafından yeniden hazırlanmıştır).

Görünüm için alternatifler düzey	Parametreler		
	Yatay görüş açısı	Görüş alanının dış mesafesi	Kullanılan alanın en az %75'inden görülebilecek katman sayısı: - gökyüzü - manzara (kentsel ve/veya doğa) - zemin
En az	$\geq 14^\circ$	$\geq 6,0$ m	Manzara katmanı dahil
Orta	$\geq 28^\circ$	$\geq 20,0$ m	En az iki katman dahil
Yüksek	$\geq 54^\circ$	$\geq 50,0$ m	Tüm katmanlar dahil

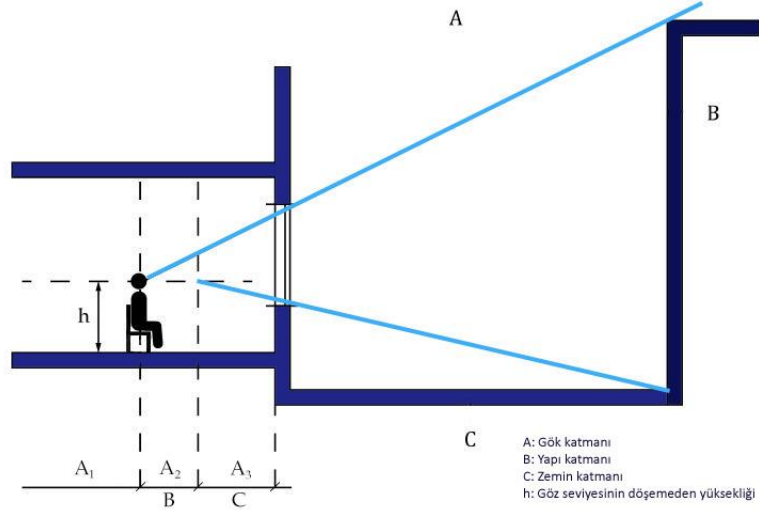
Pencere boyutlarına ve insanın hacimde bulunduğu yere göre değişen yatay görüş açısı hacmin planında şekildeki gibi belirlenmektedir (Şekil 4.1). Hacim içerisinde değiştirilen konuma göre yatay görüş açısı da değişmektedir (Sayın, 2019).



P : Referans noktası
α_a : Yatay görüş açısı

Şekil 4.1. Yatay görüş açısı (Sayın, 2019'dan alınarak yazar tarafından yeniden hazırlanmıştır).

Katman sayısının değişmesine bağlı olarak görme alanı içerisindeki görüntü değişebilmektedir. Hacmin plan ve kesiti kullanılarak görme alanı içindeki katman sayısı tespit edilebilmektedir (Sayın, 2019). Şekilde katman sayısı tespiti ve yapının dış engelle olan ilişkisi gösterilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Görme alanı içindeki katman sayısının belirlenmesi (Sayın, 2019'dan alınarak yazar tarafından yeniden hazırlanmıştır).

Katman sayısını belirlemek için sandalyede oturan bir insanın göz yüksekliği belirleyici olmaktadır. Oturan insanın gözü, döşeme seviyesinden 1.2 m yüksekte kabul edilmektedir. Katman sayısını tespit edebilmek için hacmin kesitinde, göz yüksekliğinde ve döşemeye paralel şekilde bir çizgi çizilmelidir. Görme alanını etkileyen dış engelin en alt noktası ile pencerenin en alt noktası; engelin en üst noktası ile üst noktası birleştirilerek göz yüksekliğindeki çizgi ile kesiştirilmelidir. Oturan insanın konumu şekilde gösterilen A₁ bölümündeyken 1 katman (yapı), A₂ ve B bölümündeyken 2 katman (yapı, gök), A₃ ve C bölümünde 3 katman (yapı, gök, zemin) görülmektedir. Şartlara bağlı olarak ayakta duran bir insan için aynı yaklaşım kullanılarak katman sayısı tespit edilebilmektedir (Sayın, 2019).

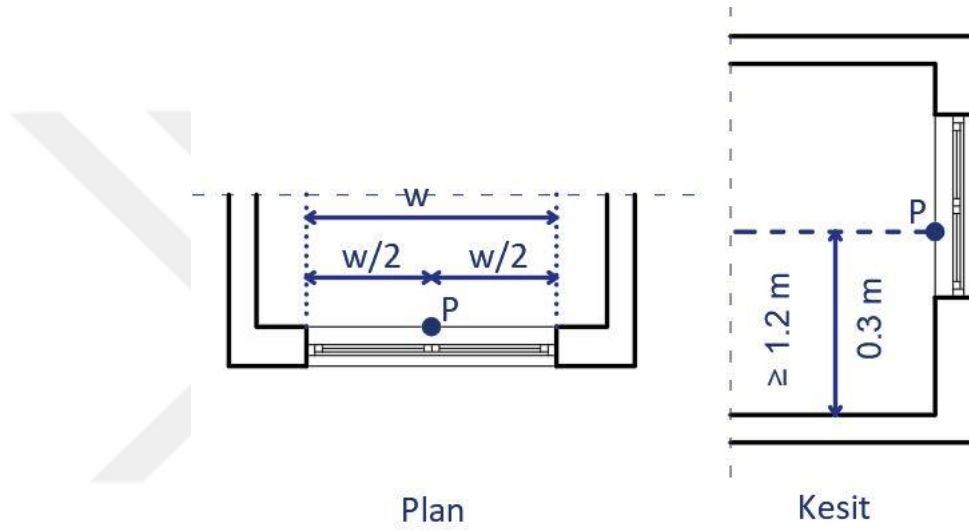
4.2.1.3. Güneşlenme Kriterleri

İnsan sağlığına önemli etkileri bulunan güneşlenme, enerji kazanımı ve kamaşma açısından da dikkate alınmalıdır. Standarda göre en az güneşlenme için güneş ışınları 1 Şubat -21 Mart tarihleri arasındaki bir günde, 1.5 saat süre boyunca hacim içine alınmalıdır (Sayın, 2019). Yüksek, orta ve en az olarak belirlenmiş üç seviye içim güneşlenme süresi aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Güneşlenme dereceleri (Sayın, 2019'dan alınarak yazar tarafından yeniden hazırlanmıştır).

Güneşlenme seviyesi	Güneşlenme süresi
En az	1.5 saat
Orta	3 saat
Yüksek	4 saat

Pencere genişliğinin (w) ortasındaki bir nokta referans (P) alınarak güneşlenme süresi değerlendirilmektedir. Referans alınan noktanın döşemeden en az 1.2m yüksekliğinde ve duvarın iç bölümünde olması gerekmektedir. Bu alanda parapet olduğunda referans noktası parapetin 0.3 m üstünde seçilmelidir (Şekil 4.3). Hacimde birden fazla pencere olması ve güneşin farklı zamanlarda bu pencerelerden görülmesi durumlarında her pencerenin kendisine ait güneşlenme süreleri toplanabilmektedir. Pencerenin baktığı yön referans noktasındaki güneşlenme süresini değiştirmektedir. Yapının yer aldığı bölgedeki iklim şartlarına göre hesaplama yapan simülasyon programları ile güneşlenme süresi belirlenebilmektedir. Standartta Walderam diyagramı, gölge eğrileri, güneş yolu diyagramı gibi yöntemler, yararlanılabilecek yaklaşımlar olarak açıklanmıştır.



Şekil 4.3. Güneşlenme süresinin belirleneceği noktanın seçimi (Sayın, 2019'dan alınarak yazar tarafından yeniden hazırlanmıştır).

4.2.1.4. Kamaşmadan Korunma Kriterleri

Görme alanı içinde ışıklılığı yüksek yüzeylerin olması, hacim içinde kamaşma oluşmasına neden olmaktadır. Gözde rahatsızlığa sebep olan kamaşma, hacme giren direkt güneş ışınları ve görme alanı içine giren yüksek ışıklılıkta gök sebebiyle gerçekleşebilmektedir. Günışığına bağlı oluşan kamaşma, standartta belirtilen 'günüşiği kamaşma olasılığı (DGP, daylight glare probability)' ile değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmede, göz seviyesindeki düşey aydınlık düzeyi ve kamaşmaya sebep olabilecek yüzeyler ele alınmaktadır. Kamaşmayı önleme açısından yüksek orta ve en az olmak üzere üç seviye alternatiflmektedir (Sayın, 2019). Bu seviyeler için belirlenmiş günüşiği kamaşma olasılığı değerleri (DGP) aşağıdaki çizelgede yer almaktadır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Kamaşmadan korunma seviyeleri (Sayın, 2019'dan alınarak yazar tarafından yeniden hazırlanmıştır).

Kamaşmadan korunma derecesi	DGP	Kullanım süresi boyunca izin verilen maksimum aşılma oranı
En az: kamaşma algılanır ve sıklıkla rahatsız edicidir.	$0.40 < DGP \leq 0.45$	% 5
Orta: kamaşma algılanır fakat çoğunlukla rahatsız edici değildir.	$0.35 < DGP \leq 0.40$	% 5
Yüksek: kamaşma çoğunlukla algılanmaz.	$DGP \leq 0.35$	% 5

Referans kullanım süresi, hacimde en çok kullanılan alanın yıl boyu kullanıldığı süre şeklinde açıklanmaktadır. Bu sürenin hesaplanmasında bir yıl süresince haftanın beş günündeki 8:00 – 18:00 saatleri seçilmektedir. Kamaşma olasılığı değerleri, referans sürenin en fazla %5'inde aşılabilmektedir. 2600 saat olan yıllık referans kullanım süresinin %5'ini kapsayan 130 saatinde, orta koruma için verilmiş eşik değerler 0.35 ve 0.40 arasında olmalıdır. DGP değerinin 0.45'ten büyük olduğu durumda kamaşma dayanılmaz olarak belirtilmektedir (Sayın, 2019).

Bilgisayar programları, standartta verilen basitleştirilmiş formüller ve balık gözü lensli kamera (high dynamic range) ile günışığı kamaşma olasılığı hesap ve ölçümleri yapılabilmektedir. DGP değeri için döşemeden 1.2m yüksekte bulunan göz seviyesinden geçen düzlemdeki hesap noktaları ele alınmaktadır. Hacmin kullanımına göre pencereye yakın ve kullanıcı bakışının pencereye doğru olan bölümündeki noktalar seçilebilmektedir. Hesaplamalar görme alanında güneşinde bulunduğu açık gök koşullarında yapılmalıdır. Kamaşmayı önlemede güneşi kontrollü şekilde engelleyen perde/güneş kırıcı gibi mimari elemanlar kullanılabilmektedir (Sayın, 2019).

4.3. Isısal Konfor Parametreleri

Çeşitli mikroklimatik parametreler ve fizyolojik durumlar ısısal konforu etkilemektedir. Hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı ve ortalama ışıma sıcaklığını içeren dört farklı hava parametresi, bir insanın metabolizma hızı ve giysilerinin yalıtım oranı ısısal konfor için dikkat edilmesi gereken koşullardır (Yazıcıoğlu, 2023).

Hava sıcaklığı (T_a), ısısal konfor için oldukça önemlidir. Bu sıcaklık, kuru termometreli bir termometre ile ölçülür, bu nedenle kuru termometre hava sıcaklığı olarak da bilinir. Ayrıca, havanın sıcaklığı ve rüzgar hızı birlikte konvektif ısı dağılımı oranını etkiler (Yazıcıoğlu, 2023).

Bağıl nem (RH), deriden evapotranspirasyona izin verir. %30 ile %60 arasında bir nem oranı ile vücudu soğutmak uygundur. Bunun dışında ya çok düşük bağıl nem (%30'dan az) ya da yüksek bağıl nem (%60'ın üzerinde) terleme ve cilt kurumasını zorlaştırarak rahatsızlığa neden olabilir.

Rüzgar hızı (va), metre/saniye (m/s) veya fit/dakika (ft/dak) cinsinden ölçülür. Rüzgar hızı arttığında buharlaşmalı soğutma artar. Saatlik ortalama rüzgar hızının 5 m/s'nin altında tutulması, Hollanda rüzgar konfor standardına (NEN 8100) göre konforlu olmak olarak tanımlanmaktadır.

Ortalama radyant sıcaklık (MRT), bir insan vücudunun kısa ve uzun dalga radyasyon değişimini gösterir. Bunu ölçmek için, ısısal radyasyon alışverişi yapacağı belirli bir noktayı çevreleyen yüzeylerin ortalama sıcaklığına tepki veren bir küre termometre kullanılır. Görüş faktörü, sıcaklığına ek olarak her yayılan yüzeyin görünen boyutunun bir ölçümüdür. Görüş faktörüne bağlı olarak, ortalama ısıma sıcaklığı farklı konumlarda değişir.

Metabolizma hızı (met), faaliyetlere göre enerjinin ısıya ve mekanik işe dönüşmesinin ölçüsüdür. Toplam vücut alanı, birim alanı cinsinden tanımlanır. Ortalama olarak, bir bireyin vücut yüzey alanı 1,8 m², metabolizma hızı yaklaşık 58,15 W/m² ve oturma aktivitesi 1 metre birimdir. Dinlenme, yürüme, koşma gibi egzersizin türüne göre aktivite seviyesi değişir. Aktivite seviyesi arttıkça met de eş zamanlı olarak değişir. Yaş, cinsiyet, kilo ve boyun yanı sıra metabolik hız da bu faktörlerden etkilenir.

Giysi yalıtım oranı (Clo), vücudun kapladığı alanın ifadesidir. İnsan vücudundan çevreye ısı transferinin tam olarak anlaşılması önemlidir. Clo'nun 0 ile 1 arasında dalgalanması tipiktir. Örnek olarak 1 clo, vücudun büyük bir bölümünü kaplayan pantolon, tişört, uzun kollu gömlek ve uzun kollu süveterin yalıtım değeri ile karşılaştırılabilir.

Isısal konfor farklı girdilere bağlı olmasına rağmen, onu doğru bir şekilde ölçmek için kullanılabilecek birçok ölçüm vardır. Bu ölçütleri dış ortam ve iç ortam ısısal konfor olarak sınıflandırmak mümkündür. Bu tez kapsamında sadece iç ortam ısısal konfor parametreleri incelenecektir (Yazıcıoğlu, 2023).

4.3.1. ANSI/ASHRAE 55 Isısal Konfor Standardı

ANSI/ASHRAE Standardı 55-2017, Standart 55'in beşinci baskısıdır. Standardın uygulayıcılar tarafından uygulanmasına ve açık, uygulanabilir bir dilin kullanılmasına yeniden odaklanılarak yazılan 2013 baskısına yedi ek içermektedir (ANSI/ASHRAE 55-2017).

Standart, binalarda ve diğer alanlarda, bina sakinlerinin önemli bir kısmının belirli bir metabolizma hızı ve giyim seviyesinde kabul edilebilir bulacağı ısısal çevre koşullarını (sıcaklık, nem, hava hızı ve ışıyım etkileri) belirlemeye yönelik yöntemleri belirtir. Bu koşulları belirlemeye yönelik kapsamlı analitik yöntem, standart ve eklerde yer alan ve tamamı ASHRAE Isısal Konfor Aracında uygulanan hesaplama algoritmalarını kullanır.

Bina sakinlerinin iki kişisel özelliği (metabolizma hızı ve giyim düzeyi) farklılık gösterdiğinden, binalar için çalışma ayar noktaları bu standart tarafından zorunlu kılınmamaktadır.

Bu standardın amacı, mahalde bulunanların çoğunluğu için kabul edilebilir ısısal çevre koşullarını üretecek iç mekan ısısal çevresel faktörleri ile kişisel faktörlerin kombinasyonlarını belirlemektir.

Bu standartta ele alınan çevresel faktörler sıcaklık, ısısal radyasyon, nem ve hava hızıdır; kişisel faktörler aktivite ve giyimdir. İç ortamdaki konfor karmaşık olduğundan ve burada ele alınan tüm faktörlerin etkileşimine yanıt verdiğinden, bu standarttaki tüm kriterlerin birlikte uygulanması amaçlanmaktadır.

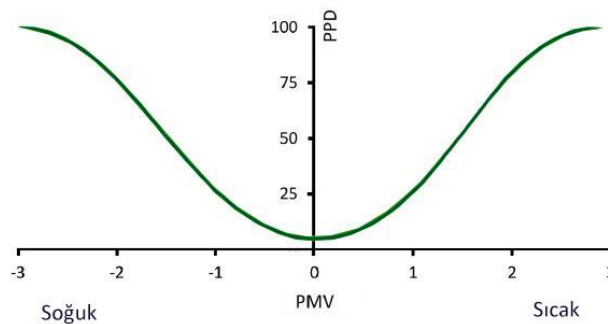
Bu standart, 15 dakikadan az olmayan süreler boyunca insanların ikamet etmesi için tasarlanmış kapalı alanlarda, 3000 m²'ye (10.000 ft) kadar rakımlara eşdeğer atmosferik basınçta, sağlıklı yetişkinler için kabul edilebilir ısısal çevre koşullarını belirtmektedir.

Kabul edilebilir ısısal konfor koşulları tanımlanırken altı faktörün tamamı dikkate alınmalıdır; Metabolizma hızı, giysi izolasyonu, hava sıcaklığı, radyan sıcaklık, hava hızı ve nem (ANSI/ASHRAE 55-2017).

4.3.1.1. Öngörülen Ortalama Oy (PMV)

1960'larda Fanger, iç mekanlar için ısısal konfor modelini, tahmin edilen ortalama oy (PMV) ve tahmin edilen memnuniyetsizlik yüzdesi (PPD) olarak tanımlamıştır. Bu modelin amacı uygun iç mekan iklimi için ideal ortam sıcaklığını belirlemeye yardımcı olabilecek bir model geliştirmektir.

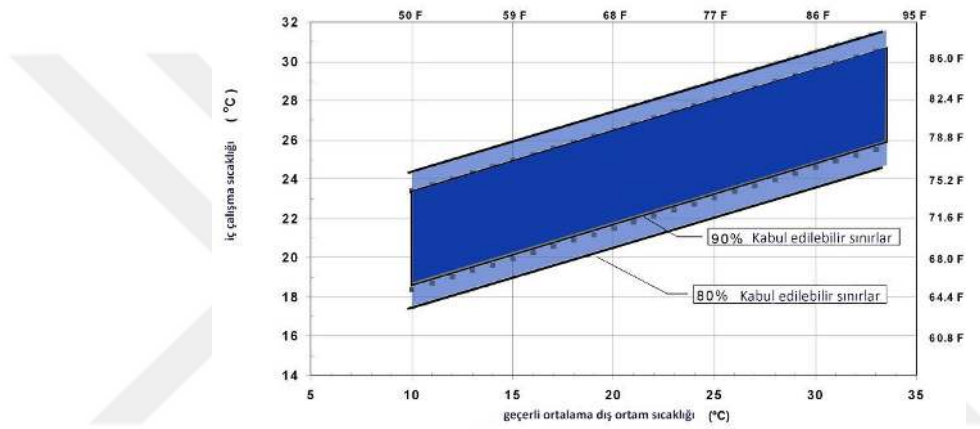
Öngörülen ortalama oy (PMV), belirli bir çevresel koşul kümesine tabi tutulan bir grup denek için teorik bir endeks tarafından tahmin edilen ortalama konfor oyu anlamına gelir. PMV, ideal olarak sıfır olmak üzere soğuktan (-3) sıcağa (+3) uzanan yedi noktalı bir ısısal ölçek kullanır (Şekil 4.4). Daha düşük veya daha yüksek değerler mümkündür. PMV'den PPD belirlenebilir. PMV pozitif veya negatif yönde sıfırdan uzaklaştıkça, PPD artar. Konfor koşullarından memnun olmayanların maksimum sayısı %100'dür. Ancak optimum koşullarda bile herkesi memnun etmek mümkün olmadığı için optimum konfor koşullarında bile minimum PPD sayısı %5'tir (Yazıcıoğlu, 2023).



Şekil 4.4. PMV ölçeği (ANSI/ASHRAE 55-2017'den alınarak yazar tarafından yeniden hazırlanmıştır)

4.3.1.2. Uyarlanabilir ısısal konfor Modeli

Gerçek yaşam ortamlarında yapılan ısısal konfor çalışmalarına göre, özellikle odalarda mekanik iklimlendirme sistemi olmadığında, katılımcıların tepkileri PMV modelini kullanan tahminlerden farklılık göstermektedir. 1976'da Humphreys, ortalama kuru termometre sıcaklığı ile çoğu insanın rahat ettiği ve ısısal stres yaşamadığı bir sıcaklık olan ısısal nötralite sıcaklığı (T_n) arasında istatistiksel bir ilişki bulmuştur (Şekil 4.5). 1998'de De Dear ve Brager tarafından dünya çapında 160 binadan 20.000'in üzerinde inceledikleri gözlemler sonucunda PMV modelinin HVAC sistemleri ile donatılmış binalarda iç ortam sıcaklıklarını doğru bir şekilde tahmin edebildiğini tespit etmişlerdir. Ancak, yalnızca doğal havalandırması olan binalarda oturanların daha geniş bir sıcaklık aralığını tolere edebildiğine yönelik kesin bir hüküm yoktur (Yazıcıoğlu, 2023).



Şekil 4.5. Uyarlanabilir ısısal konfor modeli (ANSI/ASHRAE 55-2017'den alınarak yazar tarafından yeniden hazırlanmıştır)

ASHRAE'de konfor sıcaklığının hesaplanmasında aşağıdaki denklem kullanılır:

$$T_n = 0,31T_{ave} + 17,8 \quad (10^\circ\text{C} \leq T_{ave} \leq 33,5^\circ\text{C})$$

T_n : nötralite sıcaklığı

T_{ave} : aylık ortalama dış hava sıcaklığı

Bu modelin, kullanıcıların ısısal konforlarını ayarlama konusunda daha fazla kontrole sahip olduğu doğal havalandırmalı binalar gibi istisnaları vardır. Örneğin ortalama aylık dış hava sıcaklığı 10°C ile $33,5^\circ\text{C}$ aralığında seyrederken, iç mekan çalışma sıcaklığının iç mekanlarda konfor düzeyini koruyabilmek için 18°C ile 23°C arasında olması gerekmektedir (Yazıcıoğlu, 2023).

Açıklanan günışığı ve ısısal konfor standartlarında belirtilen parametrelerden 3 tanesi tez çalışmasında değerlendirmeye alınmıştır (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 İncelenen standartlardan çalışma için değerlendirmeye alınan parametreler

Kullanılan standartlar	TS EN 17037	Günışığı aydınlık düzeyi, güneşlenme süresi
	ANSI/ASHRAE 55-2017	Uyarlanabilir ısısal konfor modeli

5. TOPLU KONUTLARDA GÜNEŞİĞİNE GÖRE OPTİMUM YERLEŞİM VE CEPHE TASARIMI

Adana kenti kışları ılık, yazları sıcak ve kurak olan Akdeniz iklimine sahiptir. Yaşanan iklim değişikliği ve kentsel gelişmelere bağlı olarak bina yoğunluklarının artışı, kentlerdeki çevresel koşulların değişmesine yol açmaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi Adana kentinde de yıllar içinde sıcaklık artışları yaşanmış ve gelecekte de bu süreç devam edecektir. Binalar bu değişen koşullara ayak uydurmak ve doğal kaynakların kullanımını arttırmak zorundadır. Adana güneş görünürlüğünün yoğun olduğu kentlerden biridir. Bu sebeple güneşin ısıtma, aydınlatma ve enerji kazanımlarından faydalanma imkanı yüksektir.

Bu bölümde Adana ili, Seyhan ilçesinde, İsmetpaşa-Barış Mahallesi Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Projesi (Kıyıkent Evleri Projesi) kapsamında yapılan toplu konut binalarının mevcut durum analizleri yapılmış, alternatif senaryolar oluşturularak güneşiğine göre optimum tasarım araştırılmıştır. Analizler, Rhinoceros 3D simülasyon programının Grasshopper sekmesinde bulunan eklentiler ile yapılmıştır. İlk olarak analizlerde kullanılan bu eklentiler ve kullanım amaçları açıklanmıştır. Sonrasında toplu konut binalarının yerleşim, plan ve cephe özellikleri tanıtılmıştır. Toplu konutların güneşiğine göre ısısal konfor, aydınlatma ve enerji için mevcut durum analizleri görseller yardımıyla açıklanmıştır. Alternatiflen senaryolar doğrultusunda alternatif analizleri yapılmış ve optimum tasarım aranmıştır.

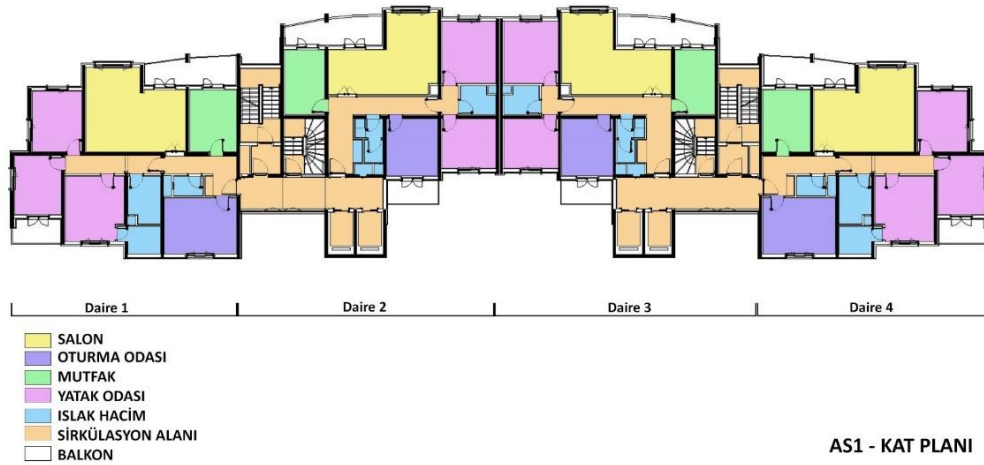
5.1. Kıyıkent Evleri 1. Etap Konutları

Kıyıkent Evleri 1. Etap konutları 5 farklı konut tipinden oluşmaktadır. Alanın kuzeyinde doğu-batı doğrultusunda bulunan binalara AS1, alanın batısında kuzey-güney doğrultusunda bulunan binalara AS2, AS1 binalarının güneyinde yer alan binalara AS3, çalışma alanının köşe parsellerinde bulunan binalara AS4, geri kalan binalara AS5 isimleri verilmiştir (Şekil 5.1). Bu binaların kat zemin+9, ve zemin+10 şeklinde değişmektedir. AS1, AS2, AS3 ve AS5 binalarında bir katta 4 daire bulunurken AS4 binasında bir katta 6 daire bulunmaktadır. Binalar farklı aç ve yönlerde alana yerleştirilmiştir. Anlaşılır olması bakımından binalara ek numaralar verilmiştir.



Şekil 5.1. Kıyıkent Evleri konut tipleri

AS1 bina tipi doğu batı doğrultusunda uzanmaktadır. 1 katında toplam 4 daire bulunmaktadır. Bu çalışmada, daha iyi anlaşılması açısından dairelere numaralar verilmiştir (Şekil 5.2). Batıda bulunan daire 1 ve 2 için ayrı, doğuda bulunan daire 3 ve 4 için ayrı ana sirkülasyon alanları bulunmaktadır. Daire 1’de, kuzeyde salon ve mutfak, güneyde oturma odası ve ıslak hacimler, batıda yatak odaları planlanmıştır. Daire 2’de kuzeyde salon ve mutfak, güneyde oturma odası ve tuvalet, doğuda yatak odaları ve banyo planlanmıştır. Daire 3’te, kuzeyde salon ve mutfak, güneyde oturma odası ve tuvalet, batıda yatak odaları ve banyo planlanmıştır. Daire 4’te, kuzeyde salon ve mutfak, güneyde oturma odası ve ıslak hacimler, doğuda yatak odaları planlanmıştır.



AS1 - KAT PLANI

Şekil 5.2. AS1 kat planı

AS2 bina tipi doğu batı doğrultusunda uzanmaktadır. Çalışma alanının doğusuna kuzey-güney doğrultusunda sıralanmış 7 binadan oluşmaktadır. Her binanın yerleşim açısı farklıdır. 1 katında toplam 4 daire bulunmaktadır. Bu çalışmada, daha iyi anlaşılması açısından dairelere numaralar verilmiştir (Şekil 5.3). Batıda bulunan daire 1 ve 2 için ayrı, doğuda bulunan daire 3 ve 4 için ayrı ana sirkülasyon alanları bulunmaktadır. Daire 1’de, güneyde yatak odası, salon ve mutfak, kuzeyde yatak odaları ve ıslak hacimler planlanmıştır. Daire 2’de güneyde salon ve mutfak, kuzeyde yatak odaları ve ıslak hacimler planlanmıştır. Daire 3’te, güneyde salon ve mutfak, kuzeyde yatak odaları ve ıslak hacimler planlanmıştır. Daire 4’te, güneyde yatak odası, salon ve mutfak, kuzeyde yatak odaları ve ıslak hacimler planlanmıştır.

AS3 bina tipi AS1 binalarının güneyinde doğu batı doğrultusunda sıralanan 6 binadan oluşmaktadır. Plan şeması olarak AS2 binası ile aynı tasarlanmıştır.

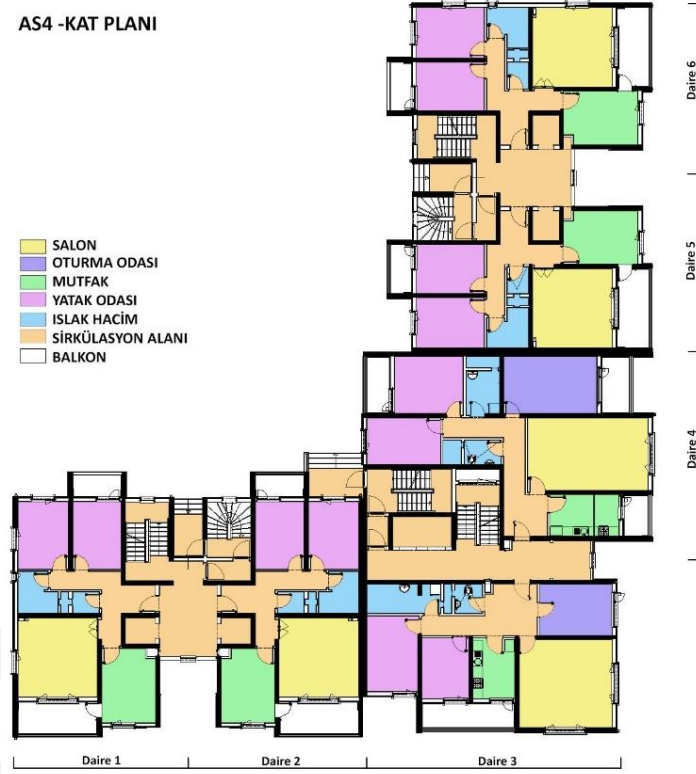


Şekil 5.3. AS2-AS3 kat planı

AS4 bina tipi L formundadır. Çalışma alanında farklı yönelimlerde, parsellerin köşe kısımlarına yerleştirilmiştir. Her katta toplam 6 daire bulunmaktadır. Her iki daireye ayrı yerlerden toplam 3 ana sirkülasyondan giriş yapılmaktadır. Bu çalışmada, daha iyi anlaşılması açısından dairelere numaralar verilmiştir (Şekil 5.4). Şekildeki plana göre Daire 1 ve 2’de, güneyde salon ve mutfak, kuzeyde yatak odaları bulunmaktadır. Islak hacimler daire 1 için batıda, daire 2 için doğudadır. Daire 3’te güneyde salon, mutfak ve yatak odaları, kuzeyde ıslak hacimler ve kuzeybatıda oturma odası bulunmaktadır. Daire 4, daire 5 ve daire 6’da salon, mutfak ve oturma odaları doğuda, yatak odaları batıda, ıslak hacimler bu iki alanın ortasında yer almaktadır.

AS4 -KAT PLANI

SALON
 OTURMA ODASI
 MUTFAK
 YATAK ODASI
 ISLAK HACİM
 SİRKÜLASYON ALANI
 BALKON



Şekil 5.4. AS4 kat planı

AS5 bina tipi doğu-batı doğrultusunda uzanmakta, her katta 4 daire bulunmaktadır. Her iki daireye ayrı yerlerden toplam 2 ana sirkülasyondan giriş yapılmaktadır. Bu çalışmada, daha iyi anlaşılması açısından dairelere numaralar verilmiştir (Şekil 5.5). Tüm dairelerde salon ve mutfak güneyde, yatak odaları kuzeyde bulunmaktadır. Islak hacimler bu iki alan arasında bulunmaktadır.



AS5 - KAT PLANI

Şekil 5.5. AS5 kat planı

Mevcut durum ve alternatif senaryo analizleri için Rhinoceros 3D programı içinde bulunan eklentilere ait bileşenlerde bulunan parametreler kullanılmıştır (Çizelge 5.1). Bu parametrelerin önerdiği optimum koşullar göz önünde bulundurularak analiz sonuçları değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.1 Rhinoceros 3D programında yapılan analizlerde değerlendirmeye alınan parametreler

Rhinoceros 3D programında	değerlendirilen analiz parametreleri
Güneşli parametreleri	Doğrudan güneşli saati (DSH)
	Gökyüzü görüş faktörü (SVF)
	Gökyüzü görünüm yüzdeleri
	Ortalama ışınlam (IRR)
	Güneşli özerkliği (DA)
	Güneşli faktörü (DF)
Enerji parametreleri	Son kullanım yoğunluğu (EUI)
	Enerji kullanımı
Isısal konfor parametreleri	Uyarlanabilir ısısal konfor
	Çözümlemiş çalışma sıcaklığı

5.2. Mevcut Bina Konumlarına Göre Güneşli Analizleri

Mevcut bina analizlerinin yapılabilmesi için, Kıyıkent Evleri 1. Etap konutlarının AutoCAD ortamında bulunan plan çizimleri Rhinoceros 3D programına aktarılmıştır. Rhinoceros 3D programında, binaların 3 boyutlu modelleri oluşturulmuştur (Şekil 5.6). Hazırlanan modeller, Rhinoceros 3D içinde bulunan Grasshopper programına tanıtılmıştır. Grasshopper programı içinde bulunan Ladybug eklentisi ile bu modellerin güneşli analizleri yapılmıştır.



Şekil 5.6. Rhinoceros 3D programında konutların 3 boyutlu modeli

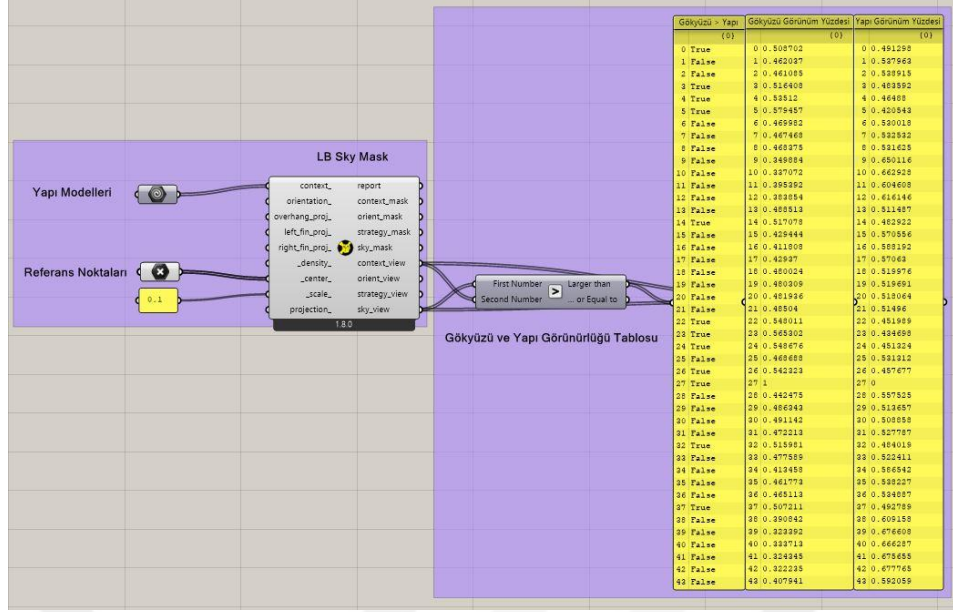
5.2.1. Gökyüzü Görüş Faktörü (SVF) Analizi

Gökyüzü görüş faktörü bileşeni kullanılarak çalışma alanındaki gökyüzü görülme oranı belirlenmiştir. Alanda farklı açı ve konumlarda bulunan binaların birbirleriyle ilişkileri farklı olmaktadır. Binalara eşit uzaklıkta seçilen noktalardan yapılan hesaplamalara göre gökyüzü görüş faktörü değişmektedir. Binaların birbirlerine yaklaşmasıyla gökyüzü görüş faktörü sıfıra yaklaşırken, binaların birbirinden uzaklaşmasıyla 1'e yaklaşmaktadır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 Gökyüzü görüş faktörleri

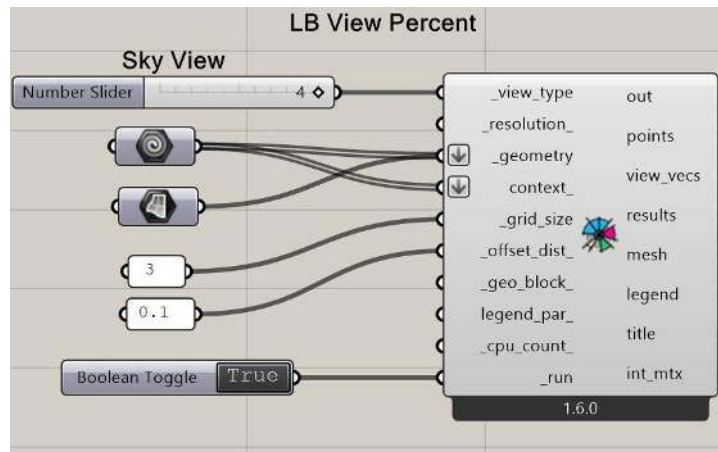
Yapılan hesaplamalara göre AS1 ile AS3 binaları arasında belirlenen noktalarda gökyüzü görüş oranı %46-58 arasında değişmektedir. AS3 binalarının güneyinde bulunan noktalarda bu oran %32-47 arasında değişmektedir. AS2 binalarının arasında bulunan noktalarda bu oran %41-50 arasındadır. Çalışma alanının doğusunda bulunan AS4 ve AS5 binaları arasında bulunan noktalarda bina konumlarının farklılığı daha çok gözlemlenmiş, gökyüzü görüş faktörü oranı %34-100 arasında değişmektedir. Çalışma alanının batısında bulunan AS4 ve AS5 binaları arasında bulunan noktalarda bu oran %46-56 arasında farklılaşmaktadır. Gökyüzü görüş faktörü oranının en çok olduğu nokta AS4-AS5 binalarının bulunduğu bölgede, en az olduğu nokta ise AS3-AS5 binalarının arasındaki bölgede hesaplanmıştır. Genel olarak çalışma alanında gökyüzü görüş faktörü oranı %50'den düşük çıkmıştır (Şekil 5.10).



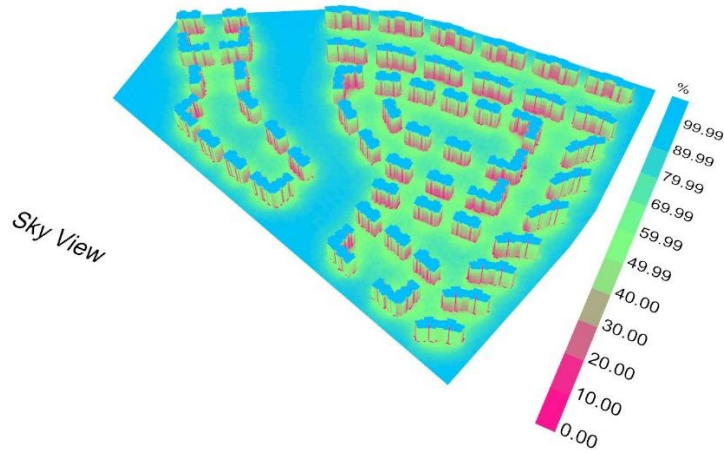
Şekil 5.10. Çalışma alanına ait gökyüzü görüş faktörü sayısal verileri

5.2.2. Gökyüzü Görünüm Yüzdesi Analizi

Zemin yüzeyi ile beraber bina yüzeylerinin gökyüzünü görme oranı Ladybug eklentisindeki “LB View Percent” bileşeni ile belirlenmektedir. Bina ve yer yüzeyi modeli bileşene tanıtılarak gökyüzü görünürlük yüzdesinin renkli görsel grafiği elde edilmektedir (Şekil 5.11). Bina yüzeylerindeki girinti çıkıntılar, bina yönelimi ve bina yerleşimleri, bina yüzeylerinin gökyüzünü görme oranını etkilemektedir. Şekilde de görüldüğü gibi bina girintilerinin olduğu, AS4 binası gibi bina formunun engel oluşturduğu bölgelerde bu oran azalmaktadır. Güneyde bulunan AS2 binası gibi başka bir binanın engeline maruz kalmayan binalarda ise bu oran artmaktadır (Şekil 5.12).



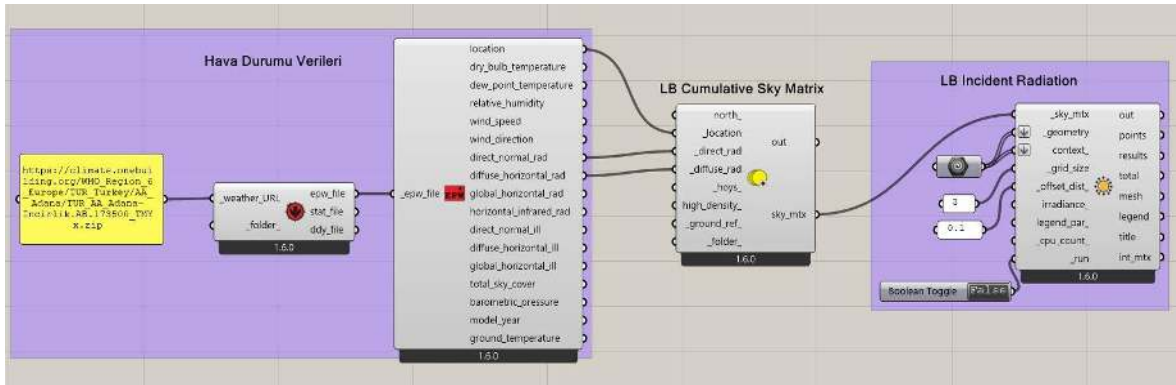
Şekil 5.11. Gökyüzü görünüm yüzdesi bileşeni



Şekil 5.12. Bina yüzeylerinde gökyüzü görünüm yüzdeleri (Güneydoğudan bakış)

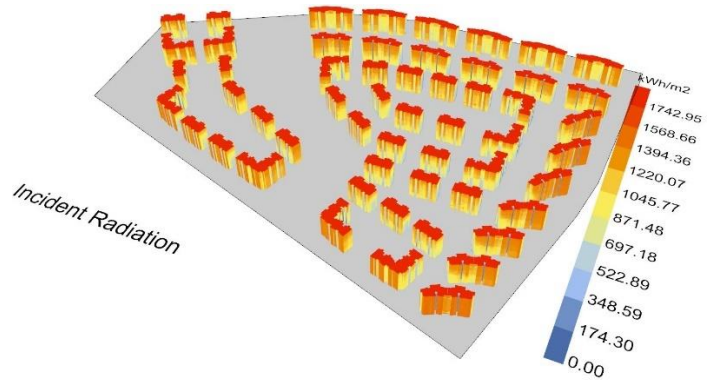
5.2.3. Güneş Enerjisi Kazanımı Analizi

Güneşli gün sayısının yüksek olduğu sıcak-nemli iklim bölgelerinde güneşten enerji kazanımı konusu büyük önem taşımaktadır. Ladybug eklentisinde bulunan “LB Incident Radiation” bileşeni ile binaların alabileceği toplam enerji kazanımı belirlenebilmektedir. Belirlenen bu enerji kazanımlarının belirlenmesiyle binalara uygulanabilecek fotovoltaik paneller gibi pasif enerji sistemlerinin kurulumları daha iyi planlanabilmektedir. “LB Incident Radiation” bileşenine hava durumu verilerinden elde edilen gökyüzü matrisi ve bina modelleri tanıtarak yıllık toplam enerji kazanımları belirlenmiştir (Şekil 5.13).

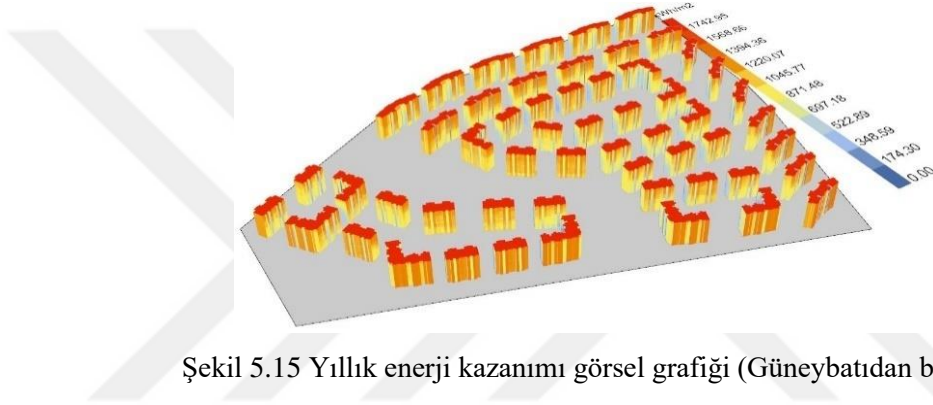


Şekil 5.13. Enerji kazanımını belirlemek için kullanılan Ladybug bileşenleri

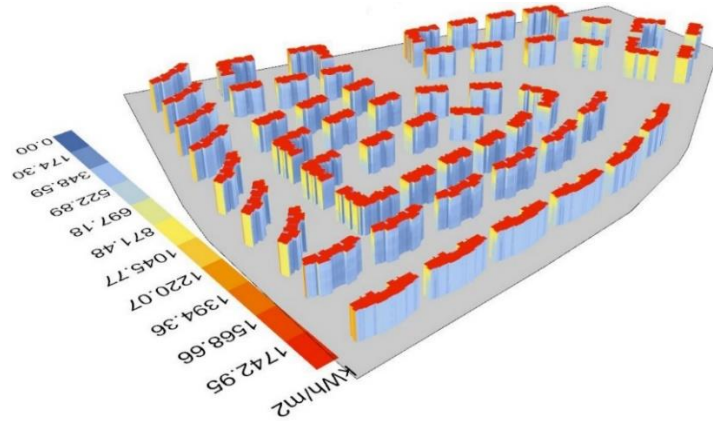
Bu bileşenden elde edilen verilere göre yıllık enerji kazanımı en fazla 1745.92 kWh/m²'dir. Bu kazanım güneşi en fazla ve dik açıyla gören bina çatılarından elde edilmektedir. Bina cephelerinde bu oran, güneşi görme açısı ve güneşi engelleyen çeşitli koşullar sebebiyle daha az olmaktadır. Çalışma alanında güney yönüne bakan ve bir engelle karşılaşmayan yüzeylerde enerji kazanımını artmaktadır. Ancak kuzey yönüne bakan ve güneye bakan yüzeyleri engelle karşılaşan yüzeylerde enerji kazanımı azalmaktadır. Güneşten yıllık enerji kazanımının en fazla olduğu bölgeler kırmızı, en az olduğu bölgeler ise mavi renk ile görselleştirilmiştir (Şekil 5.14-16).



Şekil 5.14 yıllık enerji kazanımı görsel grafiği (Güneydoğudan bakış)



Şekil 5.15 Yıllık enerji kazanımı görsel grafiği (Güneybatıdan bakış)

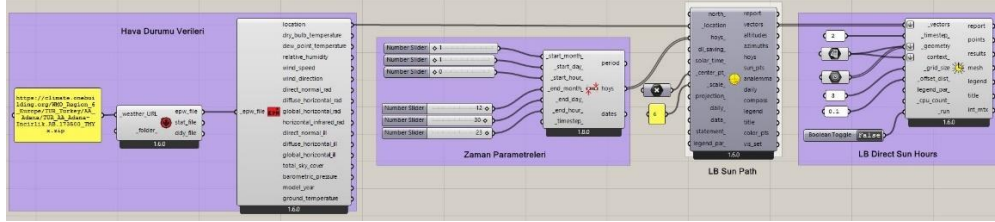


Şekil 5.16. Yıllık enerji kazanımı görsel grafiği (Kuzeydoğudan bakış)

5.2.4. Mevcut Bina Konumlarına Göre Toplam Güneşli Saati Analizleri

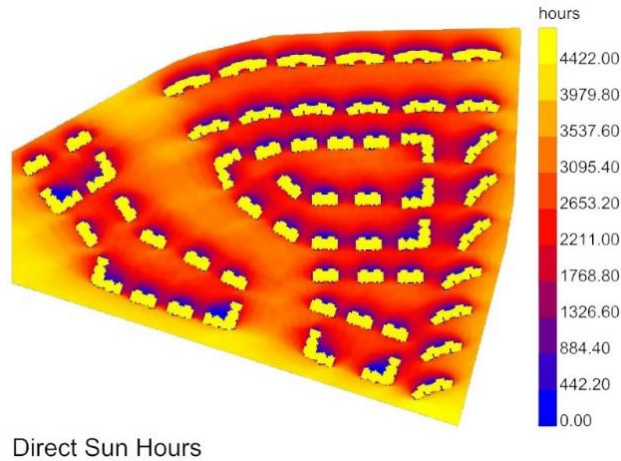
Grasshopper programında Ladybug eklentisi aracılığıyla oluşturulan Güneş Yolu grafiği bileşeni, yıllık toplam görülen güneşli saatini belirlemek için “LB Direct Sun Hours” bileşenine bağlanmıştır (Şekil 5.17). Bu bileşene bina modelleri ve yer yüzeyi de tanıtılmıştır. Yapı ve yer

yüzeyleri 3 metrelik gridlere bölünmüştür. Her bir gridi temsil eden saat sayısı bir renk ile temsil edilmektedir. Böylece bina ve yer yüzeyine gelen yıllık toplam güneşliği saatleri hesaplanarak görselleştirilmiştir.



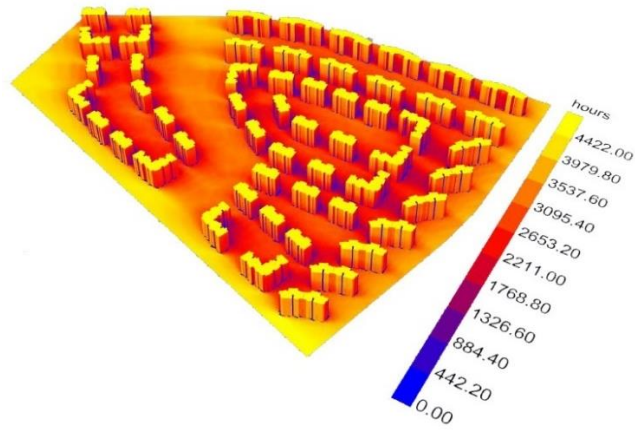
Şekil 5.17. Yıllık toplam görülen güneş saati hesabı için gereken bileşenler

Bileşenin hesapladığı sonuca göre Adana'da yıl içinde herhangi bir engelle karşılaşmayan bir yüzey en fazla 4422 saat boyunca direk güneşliğine maruz kalabilmektedir. Yıl içinde çeşitli engellerle karşılaşan yüzeyler ise, karşılaşılan engel sıklığı veya güneşe bakış açısı sebeplerinden dolayı bu saatten daha az güneşliğine maruz kalmakta veya güneşliğini yıl boyu hiç görememektedir. Bina modellerine baktığımızda binaların en yüksekte bulunan çatı yüzeyleri yıl boyu en çok güneşe maruz kalan bölgedir. Bina konumlarının değişimine göre gün içindeki belirli saatlerde binalar birbirlerine engel oluşturabilmektedir. Bina formlarındaki değişikliklere göre farklılaşan girinti ve çıkıntılar sebebiyle de güneşliği belirli saatlerde engellenebilmektedir. Buna göre bina modellerine baktığımızda gün içindeki değişimlere göre direk güneşliğine maruz kalma saatlerinde değişimler olduğu görülmektedir. Görsel grafiğe göre en çok güneşe maruz kalınan bölgeler sarı, en az güneşe maruz kalınan veya hiç güneşin görülmediği bölgeler lacivert olarak gösterilmiştir (Şekil 5.18-21).

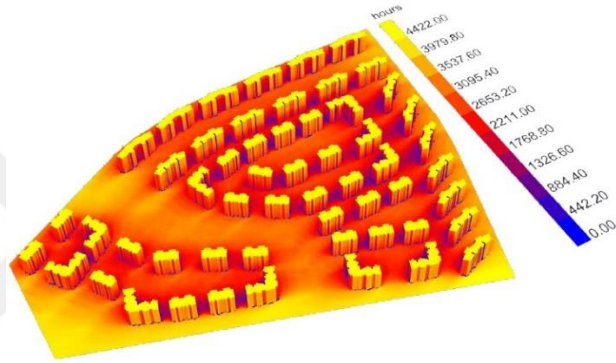


Direct Sun Hours

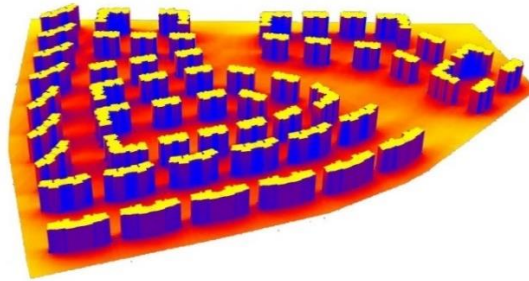
Şekil 5.18 Yıllık toplam güneş saati görsel grafiği (Plan düzlemi)



Şekil 5.19 Yıllık toplam güneş saati görsel grafiği (Güneydoğudan bakış)

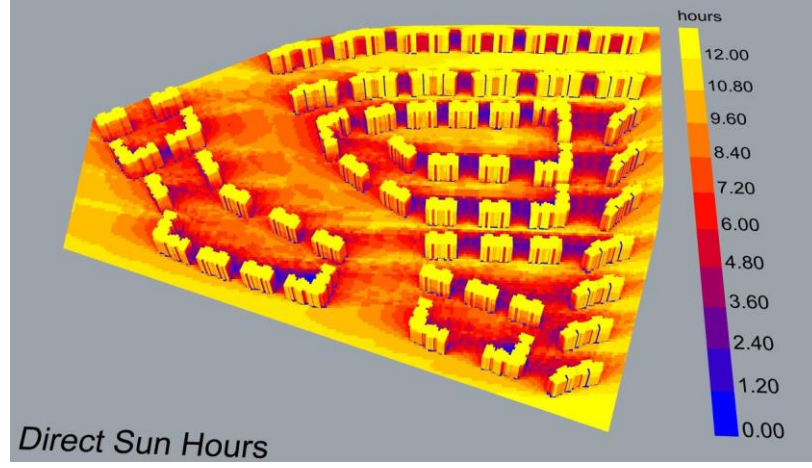


Şekil 5.20 Yıllık toplam güneş saati görsel grafiği (Güneybatıdan bakış)

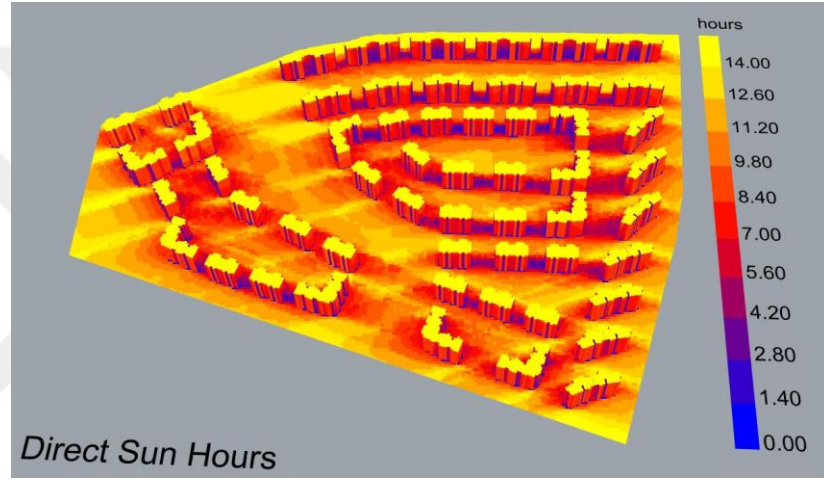


Şekil 5.21. Yıllık toplam güneş saati görsel grafiği (Kuzeyden bakış)

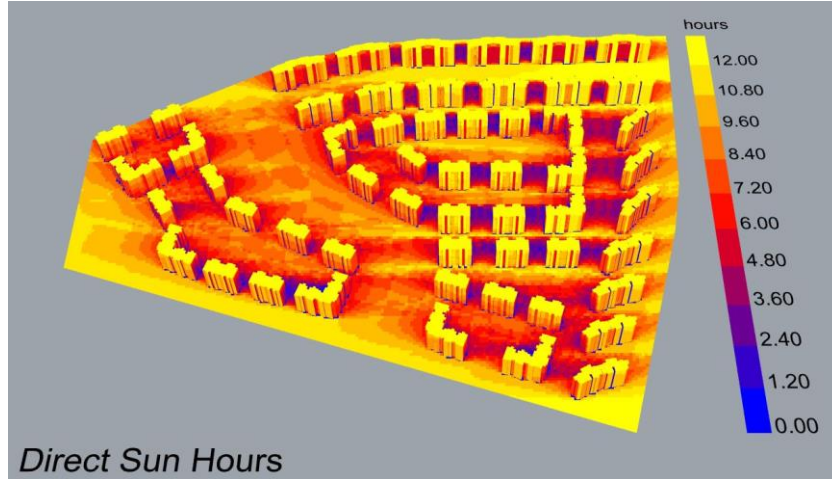
Isıtma ihtiyacının fazla olduğu günlerde güneş ışığına ulaşım, binalarda yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılması bakımından önem arz etmektedir. Bu günlerde, binanın ısıtma ihtiyacını güneşten karşılayabilmesi için günışığını olabildiğince kullanması gereklidir. Bina formu, yerleşimi ve binaların birbirleriyle olan ilişkileri belirli zamanlarda günışığı ulaşımına engel olabilmektedir. Mevcut bina yerleşimlerine göre 21 Mart, 21 Haziran, 21 Eylül ve 21 Aralık tarihlerinde gün boyu kazanılan doğrudan günışığı saatleri incelenmiştir (Şekil 5.22-25).



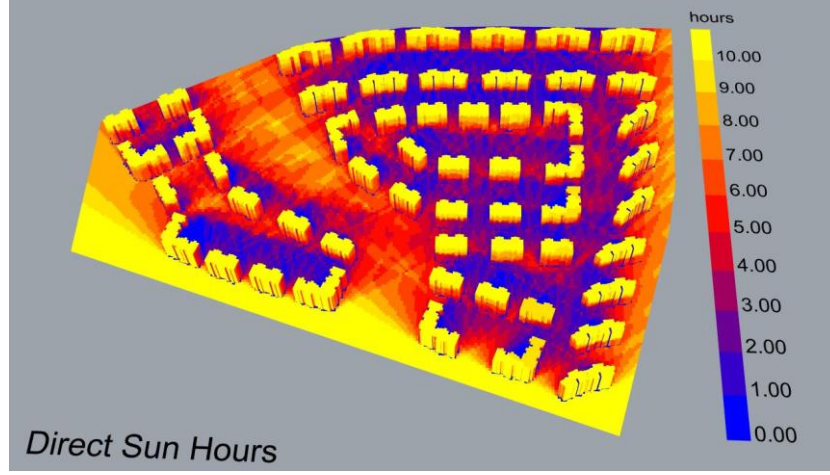
Şekil 5.22 21 Mart tarihinde kazanılan doğrudan güneşliği saatleri (Güneyden bakış)



Şekil 5.23 21 Haziran tarihinde kazanılan doğrudan güneşliği saatleri (Güneyden bakış)

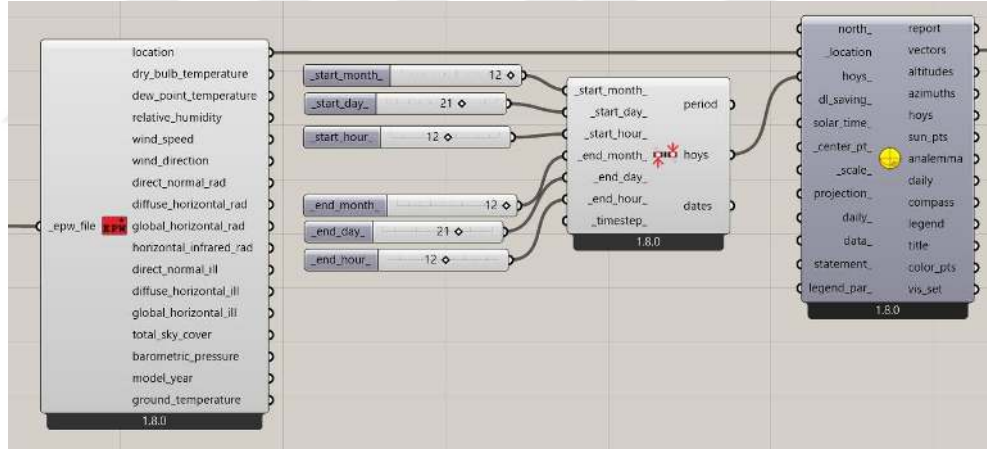


Şekil 5.24 21 Eylül tarihinde kazanılan doğrudan güneşliği saatleri (Güneyden bakış)



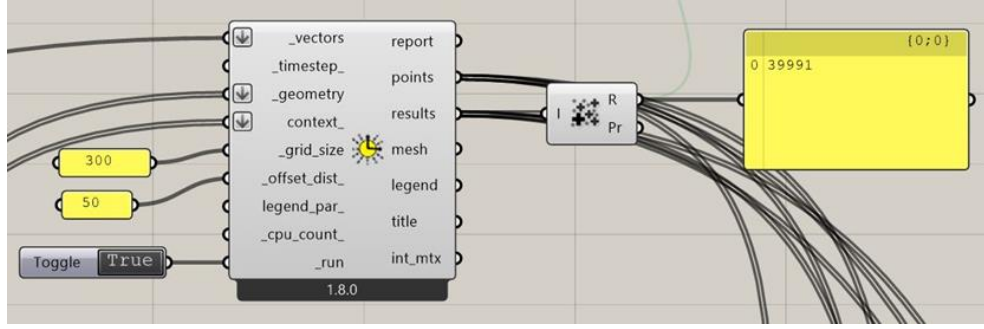
Şekil 5.25 21 Aralık tarihinde kazanılan doğrudan güneşliği saatleri (Güneyden bakış)

Doğal aydınlatma ve ısıtma ihtiyacını güneşışığından karşılayan binaların tasarımında, güneşışığına engel oluşturabilecek durumlar en aza indirilmelidir. İklimsel verilere göre kış gündönümü olan 21 Aralık tarihi, güneş ışınlarının en az görüldüğü aynı zamanda ışınların gelme açısının en eğimli olduğu gündür. Bu sebeple çalışma alanı için 21 Aralık'ta, güneşin en tepede olduğu saat 12.00'daki bir saatlik süre için toplam güneş saati incelenmiştir (Şekil 5.26).

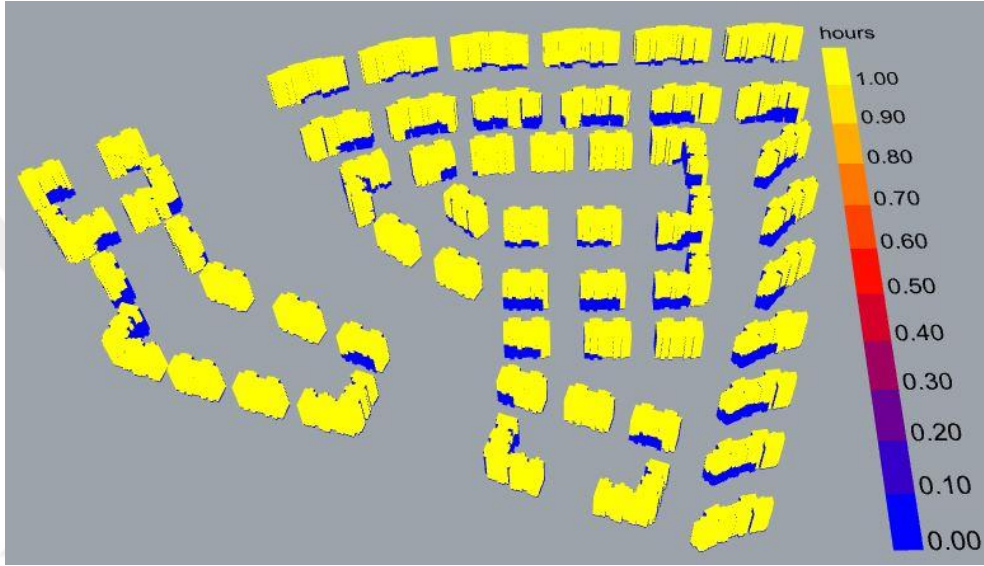


Şekil 5.26. 21 Aralık saat 12:00 tarihinin belirlenmesi

21 Aralık'ta bir saat boyunca her grid için güneş ışığına ulaşılan saat sayılarının toplamı '39991' saattir (Şekil 5.27). Yapı yüzeyleri 3 metrelik gridlere bölünmüştür. Bir saat boyunca güneşe ulaşabilen gridler sarı, güneşe ulaşamayan gridler ise mavi renk ile gösterilmiştir (Şekil 5.28). Binaların birbirleriyle olan ilişkileri, binaların yerleşim açıları ve formlarına göre belirli bölgeler güneşışığına ulaşamamaktadır. Bina konumlarının birbirine yaklaştığı yerlerdeki AS3 AS4 ve AS5 binalarının alt kattaki bölümlerine daha az güneşışığı ulaşmıştır. Başka binaların engel oluşturmadığı binaların güney cepheleri bir saat boyunca güneşışığına ulaşan kısımlardır. Binaların doğu ve batı bölümlerinde bulunan belirli yüzeyleri, kuzey cephedeki yüzeyler çeşitli engellerden ve güneşışığının açılarından dolayı güneşışığına ulaşamamaktadır.



Şekil 5.27 Gridlerin ulaştığı toplam güneş saatlerinin toplamı



Şekil 5.28. 21 Aralık saat 12.00'da toplam güneş saati grafiği (Güneyden bakış)

Tüm bu analizlerin sonucunda mevcut bina yerleşimleri aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir;

- Binaların birbirleriyle olan mesafesi gökyüzü görüş faktörünü de etkilemektedir. AS3-AS5 binaları arasındaki mesafenin yakınlığı, gökyüzü görüş faktörü oranının en az seviyede olmasına neden olmuştur. Bu oran binaların birbirinden yeterince uzak olduğu alanlarda artarak %100'e ulaşmaktadır.
- Tüm binalar için gökyüzü görünümü yüzdesi kat seviyesi arttıkça artmaktadır. Kat seviyesi azaldıkça çevre binaların gökyüzü görünümüne engel olması sebebi ile bu oran azalmaktadır. AS4 gibi farklı formdaki binaların iç bükey bölgeleri bu oranı azaltmaktadır.
- Güneş ışınlarının dik açıda geldiği yüzeylerde enerji kazanımı en yüksek seviyede olmaktadır. Bina cepheleri gibi güneş ışınlarının daha eğimli geldiği yüzeylerde bu seviye düşmektedir. Bina girinti ve çıkıntıları, bina yönelimleri ve binaların birbirlerine olan mesafeleri bu seviyeyi etkilemektedir.
- Çalışma alanında AS3-AS5 binaları gibi, binaların birbirine olan mesafesi azaldıkça, engellenen binanın yıllık günışığını görme süresi azalmaktadır.

- AS4 binasının L şeklindeki formu ve bina yönelimi binanın belirli bölgelerine günışığı ulaşımını engellemektedir. Tüm binalarda bulunan girinti ve çıkıntıların değişikliğine göre günışığını görme süresi artıp azalmaktadır.
- Doğrudan günışığı saati, günışığının geliş açısına bağlı olarak tarihlere göre değişmektedir. 21 Mart, 21 Haziran, 21 Eylül ve 21 Aralık tarihlerinde incelenen grafiklere göre doğrudan günışığı saati en az olan tarih güneş ışığı açılarının en eğimli geldiği zaman olan 21 Aralık tarihi olmuştur.
- Isıtma enerjisinin en çok ihtiyaç duyulduğu zamanlarda gün ışığından en verimli şekilde faydalanılması, enerji tasarrufu bakımından önem arz etmektedir. 21 Aralık tarihi saat 12.00’da incelenen doğrudan günışığı saatine göre belirli bina yüzeylerinin günışığına ulaşımı engellemiştir.
- Doğrudan günışığına ulaşma süresinde, binaların birbiriyle olan ilişkisi, bina formu ve yönelimleri etkili olmaktadır.

5.3. Mevcut Bina Durumlarının İç Mekan Analizleri

Günışığının iç mekandaki etkisi, doğal aydınlatma ve ısısal konfor açısından önem arz etmektedir. Günışığına yeterince ulaşamayan mekanlarda yapay aydınlatma ve ısıtma ihtiyacı artarken, günışığına yeterince ulaşabilen mekanlarda bu ihtiyaçlar azalmakta ama aynı zamanda soğutma ihtiyacı artabilmektedir. Soğutma veya ısıtma ihtiyacının artması, ısısal konforu etkileyebilmektedir. Soğutma ve ısıtma ihtiyacını dengeleyebilen mekanlarda ısısal konfor da olumlu yönde etkilenmektedir.

Kıyıkent evleri projesinde bulunan binalarda 3 farklı plan tipi bulunmaktadır. Genel olarak AS1, AS2, AS3 ve AS5 binalarının planları benzerlik göstermektedir. AS4 binası L formdaki planıyla farklılaşmaktadır. Mevut bina konumlarına göre 21 Aralık’ saat 12.00’da binaların belirli yüzeyleri farklı miktarda günışığına ulaşmaktadır. Buna göre iç mekan hacimlerinin mevcut durumunun incelenmesi için temsili binalar seçilerek gün ışığı ve ısısal konfor analizleri yapılmıştır.

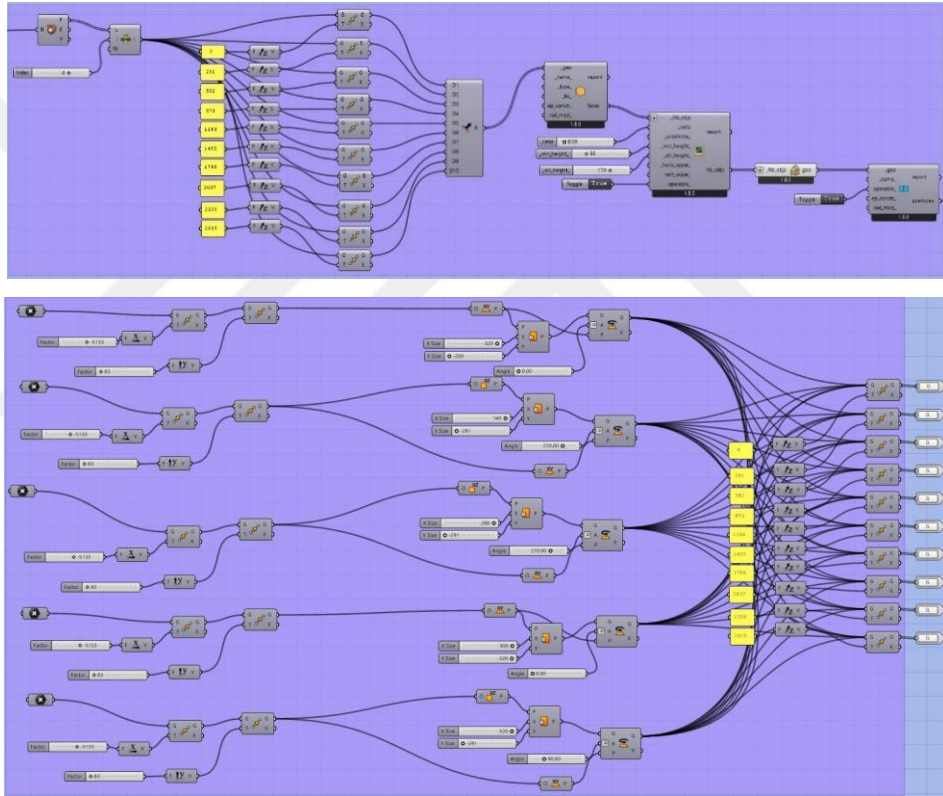
5.3.1. AS3.1 Binası 2. Kat Mevcut Durum Analizleri

AS3.1 binası, çalışma alanının kuzeybatısında ve AS1 binalarının güneyinde yer almaktadır. Binanın 21 Aralık 12.00’da maruz kaldığı toplam gün ışığı saati analizine bakıldığında, mevcut konumunun etkisiyle alt kattaki doğuda bulunan dairelerin günışığına ulaşamadığı görülmektedir. Buna göre aynı katta bulunan dairelerin günışığına farklı şekillerde maruz kalmasının etkisinin incelenmesi için 2. kattaki dairelerin analizi yapılmıştır. 2.katta bulunan 4 dairenin doğuda bulunan hacimleri, özellikle 21 Aralık 12.00’da çevredeki binaların etkisiyle günışığına ulaşamamaktadır.

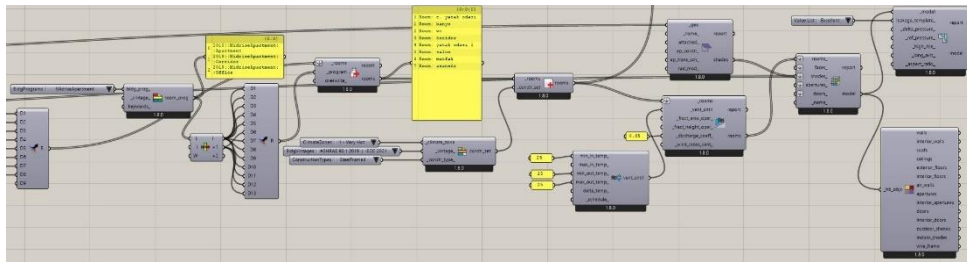
AutoCAD ortamında bulunan bina planları Rhinoceros 3D programına aktarılarak Grasshopper üzerinde dörtgen hacimler oluşturulmuştur. Bu hacimlerde bulunan pencereler ve balkon çıkıntıları ölçülerine göre belirlenmiştir (Şekil 5.29). İç mekan analizlerinin yapılabilmesi

için bina hacimlerinin Honeybee eklentisi ile birleştirilmesi gerekmektedir. Yapılacak analizler için binanın bulunduğu iklim özellikleri, bina özellikleri, kullanılacak standart, hacimlerin havalandırma koşulları Honeybee bileşenleri aracılığıyla programa tanıtılmıştır (Şekil 5.30). Buna göre bina için belirlenen özellik ve koşullar aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Bina programı: Orta yükseklikte bina (Midrise Apartment)
- Yapı Sistemi: Çelik çerçeve
- İklim özelliği: Çok sıcak
- Kullanılacak standart: ASHRAE standardı
- Havalandırma kontrolü: 25 C° 'de açılabilir pencerelerle doğal havalandırma

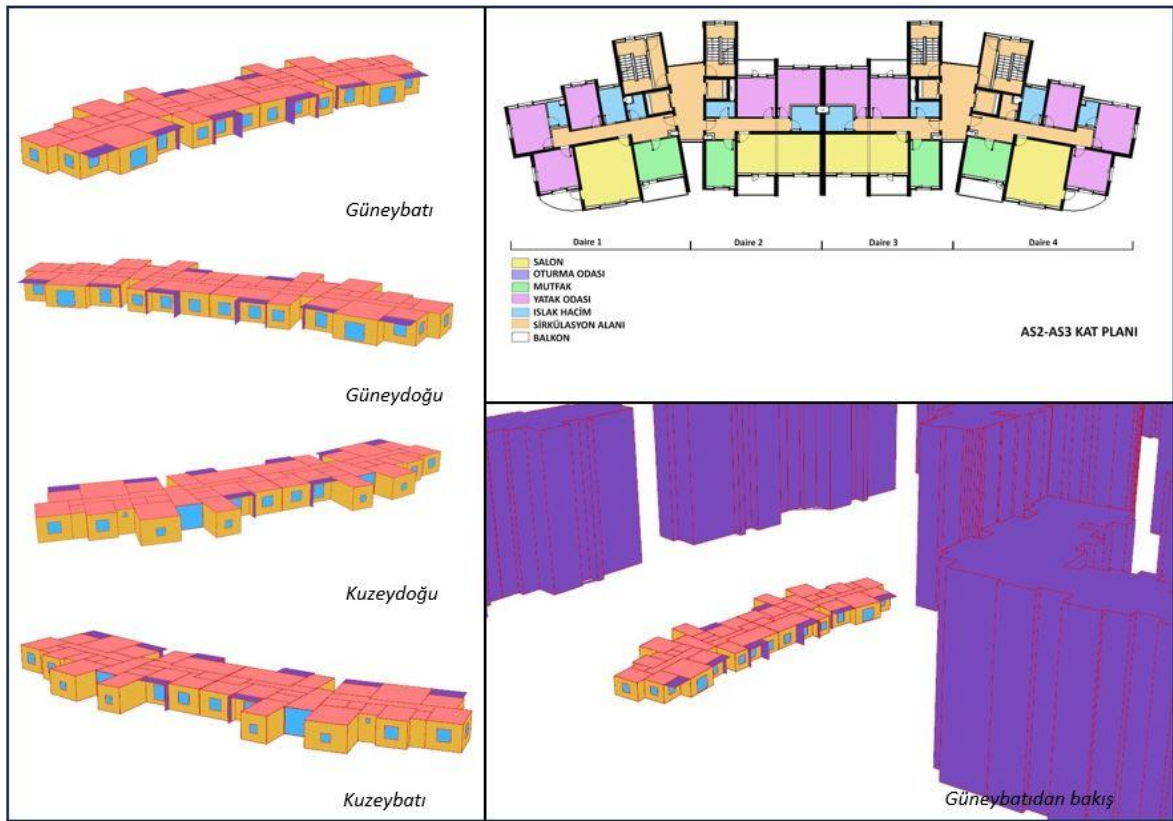


Şekil 5.29. Pencere ve balkon çıkıntılarının programa tanıtılması



Şekil 5.30. Bina koşullarının Honeybee bileşenleri aracılığıyla tanıtılması

Binaya dair tüm özellikler programa tanıtıldıktan sonra hacimlerin 3 boyutlu modeli Rhinoceros 3D penceresinde gözlemlenebilmektedir (Şekil 5.31). Binanın 2. katında bulunan hacimler diğer katlardaki hacimlerden ayrılarak analizlerin sadece bu hacimler özelinde yapılması sağlanmıştır. Hacimlerde gerekli analizlerin yapılabilmesi için her hacme özel 50 cm’lik sensör gridleri tanımlanmıştır. Bu hacimlerde, gün ışığı özerkliği (DA), güneş ışıınımı (IRR), günışığı faktörü (DF), doğrudan güneş saati, son kullanım yoğunluğu (EUI), enerji kullanımı, uyarlanabilir ısısal konfor ve çözümlenmiş çalışma sıcaklığı parametreleri incelenmiştir. Böylece iç mekanlardaki günışığı, enerji kullanımı ve ısısal konfor koşulları analiz edilmiştir.



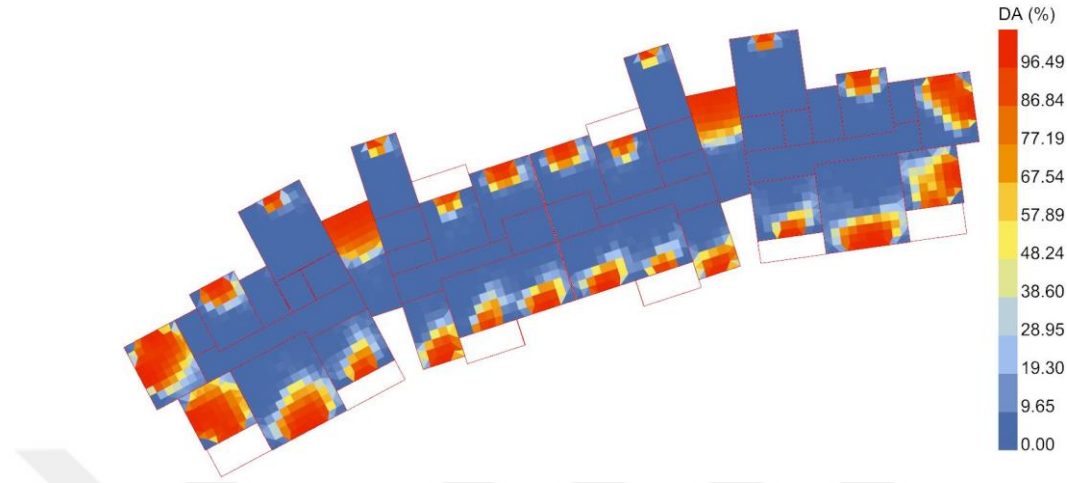
Şekil 5.31. AS3.1 binası 2. kat hacimleri

5.3.1.1. Günışığı Analizleri

Günışığı Özerkliği (DA)

Her sensörün aydınlatma eşiğinden daha fazlasını aldığı meşgul saatlerin yüzdesini inceleyen günışığı özerkliğini belirlemek için Honeybee eklentisinin ‘HB Annual Daylight’ bileşenine sensör gridleri, hava durumu verileri ve günışığı standardında belirlenen hedef aydınlatma oranları tanıtılmıştır. Bu parametrelerin girilmesinden sonra elde edilen yıllık günışığı özerklik yüzdelерinin plan düzleminde görsel grafiği oluşturulmuştur. Bu grafiğe göre bir sensörün aydınlatma eşiğinden fazlasını aldığı saatlerin yüzdesi en çok %96,49’dur (Şekil 5.32). Bu oranlar pencere-duvar oranı ve pencereye olan uzaklıktan etkilenmektedir. Grafiğe göre kat koridorunda bulunan pencerenin

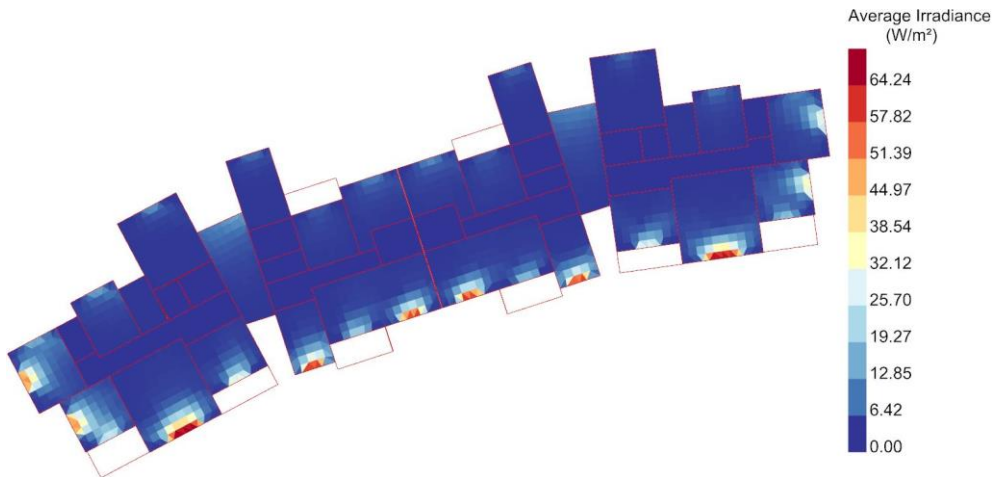
döşemeden tavana kadar olması, Daire 1 ve Daire 4'teki yatak odalarında iki ayrı yönde bulunan pencerelerin olması gibi pencere oranının arttığı durumlarda sensörlerdeki yüzdelere de artmaktadır.



Şekil 5.32. AS3.1 için yıllık güneş ışığı özerkliği grafiği

Ortalama Işınım

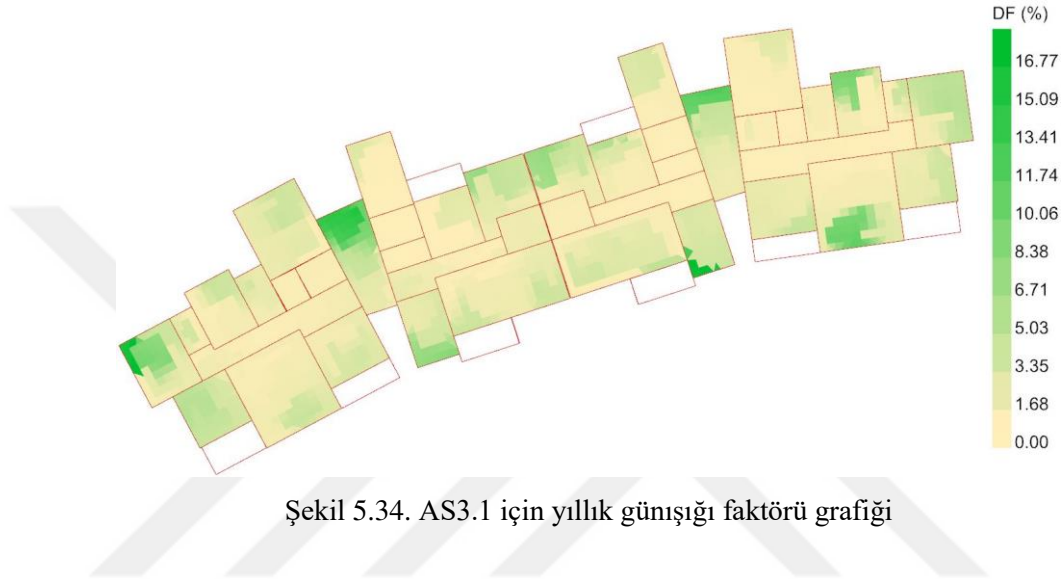
Her sensör için saatlik güneş ışınlamını W/m^2 cinsinden hesaplamak üzere yıllık bir ışınlım çalışması yürütmek için Honeybee eklentisinin 'HB Annual Irradiance' bileşeni kullanılmıştır. Bu bileşene sensör gridleri ve hava durumu verileri tanıtılmıştır. Bu girdilere göre oluşturulan görsel grafiğe göre bir sensörde yıl içinde en çok ortalama ışınlım $64.24 W/m^2$ olmaktadır (Şekil 5.33). Bu miktar, güney cephelerde bulunan ve bina çıkıntılarının engel oluşturmadığı hacimlerdeki gibi pencerelerden iç mekana ulaşan doğrudan güneş ışığının artmasıyla artmaktadır.



Şekil 5.33. AS3.1 için yıllık ortalama ışınlım grafiği

Günişliği Faktörü (DF)

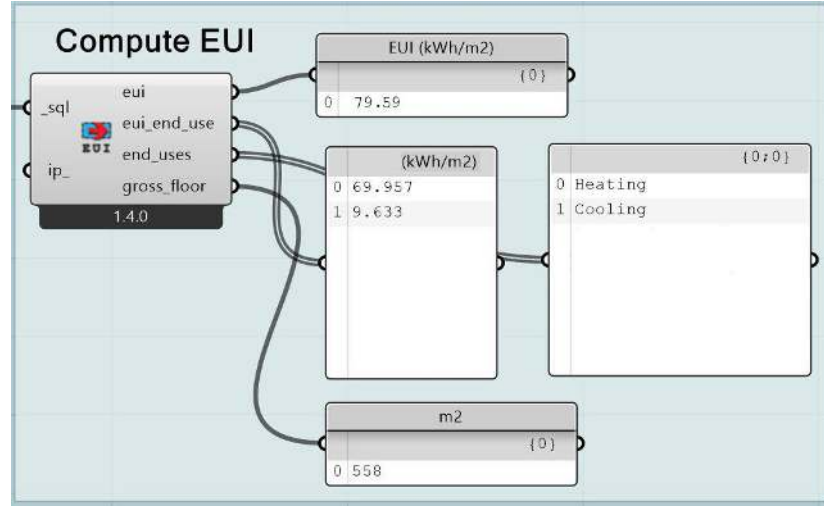
Engelsiz bulutlu bir gökyüzü altında iç mekan gün ışığı aydınlatmasının dış mekan aydınlatmasına oranı olan günüşliği faktörünün yüzde olarak ifadesini elde etmek için Honeybee eklentisinin ‘HB Daylight Factor’ bileşeni kullanılmıştır. Sensör gridlerinin ifade ettiği görsel grafiğe göre bu oran en çok %16.77 olmuştur (Şekil 5.34). Bu orana en çok yaklaşan hacimler Daire 1’de bulunan ebeveyn yatak odası, kat koridorları, Daire 3’te bulunan mutfak ve Daire 4’te bulunan salon mekanları olmuştur. Bu mekanların genel özellikleri pencere oranının yüksek olmasıdır.



Şekil 5.34. AS3.1 için yıllık günüşliği faktörü grafiği

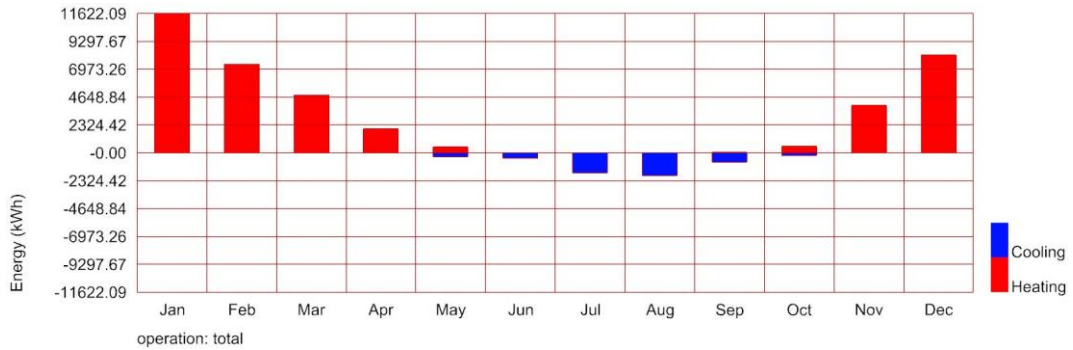
Doğrudan Günişliği Saatleri

Sensör gridlerine ulaşan doğrudan günüşliği saatlerinin hesabının yapılması için Honeybee eklentisinde bulunan ‘HB Direct Sun Hours’ bileşeni kullanılmıştır. Günişliği standardına göre en az güneşlenme için güneş ışınları 1 Şubat -21 Mart tarihleri arasındaki bir günde, 1.5 saat süre boyunca hacim içine alınmalı, referans noktaları döşemeden en az 1.2 m yüksekte olmalıdır (Sayın, 2019). Bu sebeple bu kriteri incelemek için 15 Mart tarihi seçilmiş ve sensör gridlerinin seviyesi döşemeden 1.2 m yüksekliğe ayarlanmıştır (Şekil 5.35). Hacim içerisine alınan doğrudan günüşliği saatleri incelendiğinde Daire 4’teki salon mekanının en çok 9 saat olacak şekilde doğrudan günüşliğine ulaşabildiği görülmüştür (Şekil 5.36). Bu mekanı daha sonra 7 ve 8 saat olacak şekilde güney ve güneybatıda bulunan balkon çıkıntılarının engel olmadığı mekanlar izlemiştir.



Şekil 5.37. AS3.1 için son kullanım yoğunluğu miktarları

Gerekli ısıtma ve soğutma enerjilerinin aylara göre dağılımını incelemek için çalıştırılan enerji simülasyonunun sonuçları girdi olarak Honeybee eklentisindeki 'HB Thermal Load Balance' bileşenine bağlanmıştır. Çıktı olarak daireler için gerekli olan ısıtma ve soğutma enerjileri sütun grafiği şeklinde oluşturulmuştur (Şekil 5.38). Buna göre en fazla ısıtma enerjisine ocak ayında ihtiyaç duyulmaktadır. En fazla soğutma enerjisine ihtiyaç duyulan dönem ise ağustos ayı olmuştur. Son kullanım yoğunluğunda da anlaşıldığı gibi bu grafiğe de bakıldığında ısıtma enerjisine, soğutma enerjisinden daha fazla ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.



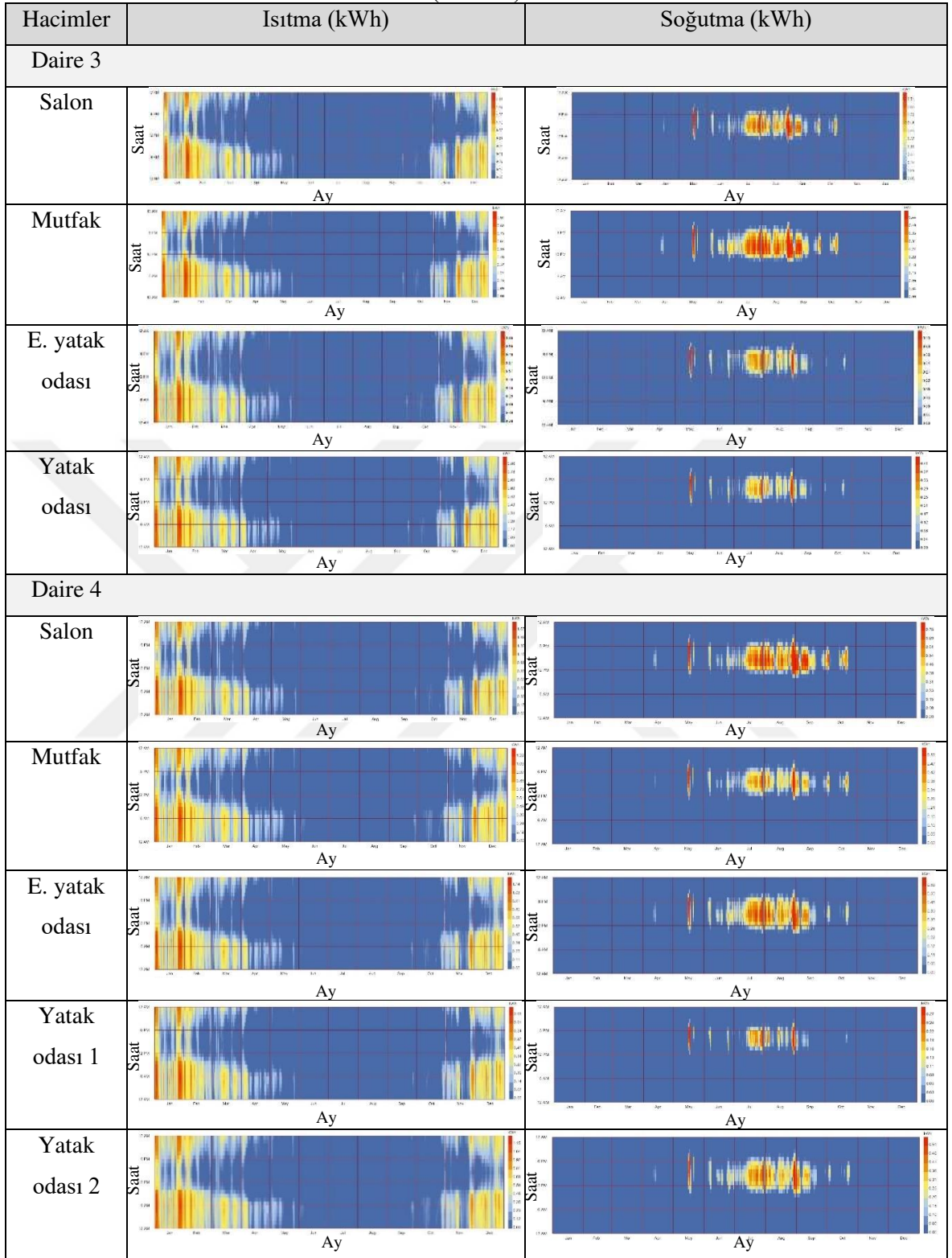
Şekil 5.38. AS3.1 için yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi kullanımları

Enerji ihtiyaçlarının mekanlara göre dağılımını incelemek için hacim bazında grafikler oluşturulmuştur. Buna göre her hacmin, yıl boyunca ihtiyaç duyduğu ısıtma ve soğutma enerjilerinin saatlik olarak görsel grafikleri hazırlanmıştır (Çizelge 5.2). Hacimlerden, salon, mutfak ve yatak odaları mekanları incelenmiştir.

Çizelge 5.2. AS3.1 için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri

Hacimler	Isıtma (kWh)		Soğutma (kWh)	
Daire 1				
Salon				
Mutfak				
E. yatak odası				
Yatak odası 1				
Yatak odası 2				
Daire 2				
Salon				
Mutfak				
E. yatak odası				
Yatak odası				

Çizelge 5.2. AS3.1 için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri
(Devamı)



Elde edilen grafiklere göre Daire 1’de bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.66 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.26 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.15 kWh, yatak odası 1 için 0.69 kWh, yatak odası 2 için 1.16 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim yatak odası 1 için olmuştur.

Daire 1’de bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 0.76 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.66 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.55 kWh, yatak odası 1 için 0.28 kWh, yatak odası 2 için 0.50 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 2’de bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.57 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 0.92 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.95 kWh, yatak odası için 0.61 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 2’de bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 0.71 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 0.44 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.44 kWh, yatak odası için 0.22 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim mutfak için olmuştur.

Daire 3’te bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.58 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 0.91 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.96 kWh, yatak odası için 0.86 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

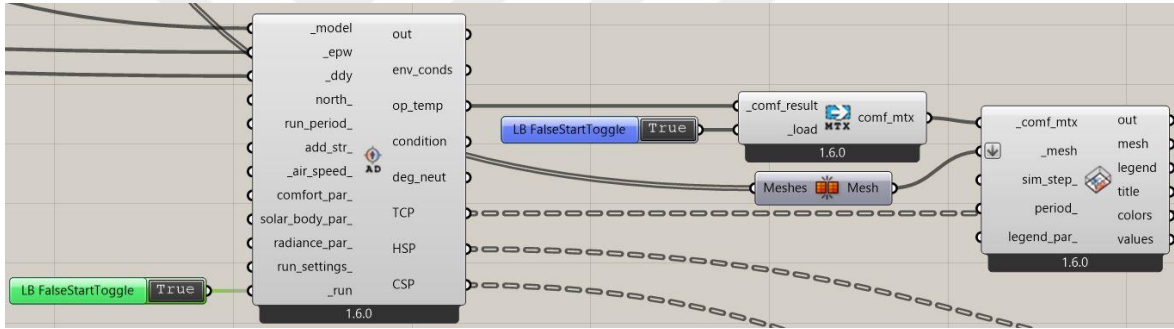
Daire 3’te bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 0.71 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.44 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.45 kWh, yatak odası için 0.41 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim mutfak için olmuştur.

Daire 4’te bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.65 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.22 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.14 kWh, yatak odası 1 için 0.68 kWh, yatak odası 2 için 1.15 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 4'te bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 0.76 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.52 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.56 kWh, yatak odası 1 için 0.27 kWh, yatak odası 2 için 0.51 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

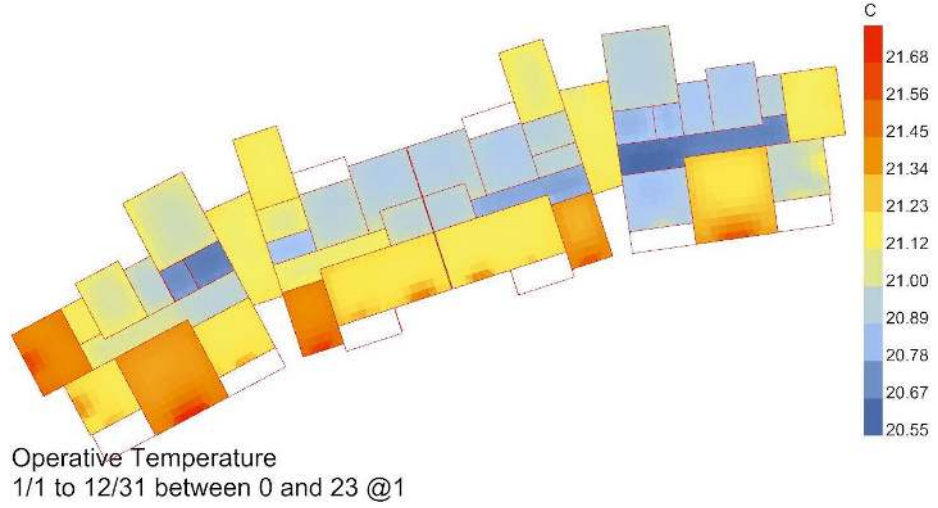
5.3.1.3. Isısal Konfor Haritaları

Mekansal olarak, yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı ve uyarlanabilir ısısal konforu hesaplanmak için Honeybee eklentisinin 'HB Adaptive Comfort Map' bileşeni kullanılmıştır. Çalışma modeli açılabilir pencerelerle doğal havalandırma koşulu ile tanımlandığından dolayı uyarlanabilir ısısal konfor incelenmiştir. Bileşene girdi olarak hava durumu verileri ve çalışma modelinin sensör ızgaraları tanımlanmıştır (Şekil 5.39). Bileşenin varsayılan parametreleri ASHRAE standardına uyulacak şekilde ayarlanmıştır. Sonuç olarak elde edilen hacimlere ait çözümlenmiş çalışma sıcaklığı ve ısısal konfor görsel grafikleri elde edilmiştir.



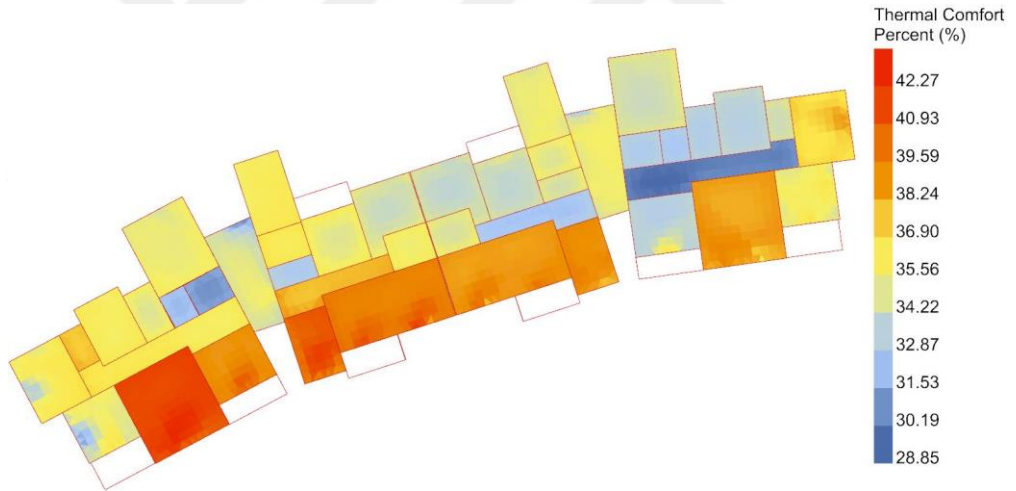
Şekil 5.39. Uyarlanabilir ısısal konfor haritası oluşturma bileşenleri

Hacimler için çözümlenmiş çalışma sıcaklığı görsel grafiği incelendiğinde hacimlerin yıl içinde ortalama sıcaklıkları 20.55 C° ile 21.68 C° arasında değişmektedir (Şekil 5.40). Grafiğe göre en yüksek sıcaklık batıda bulunan Daire 1'deki salon ve ebeveyn yatak odası, güneyde bulunan Daire 2 ve 3'teki mutfak hacimlerinde görülmüştür. En düşük sıcaklıklar doğuda bulunan Daire 4 hacimlerinde tespit edilmiştir.



Şekil 5.40. AS3.1 için yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı grafiği

Hacimler için oluşturulan yıllık ısısal konfor grafiği analiz edildiğinde konfor yüzdelerinin %28.85 ile %42.27 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 5.41). Konfor yüzdesi en yüksek olan hacimler güney yönünde bulunan mekanlar olmuştur. Kuzey, doğu ve batıda bulunan hacimlerde diğer hacimlere göre konfor oranı daha azdır.

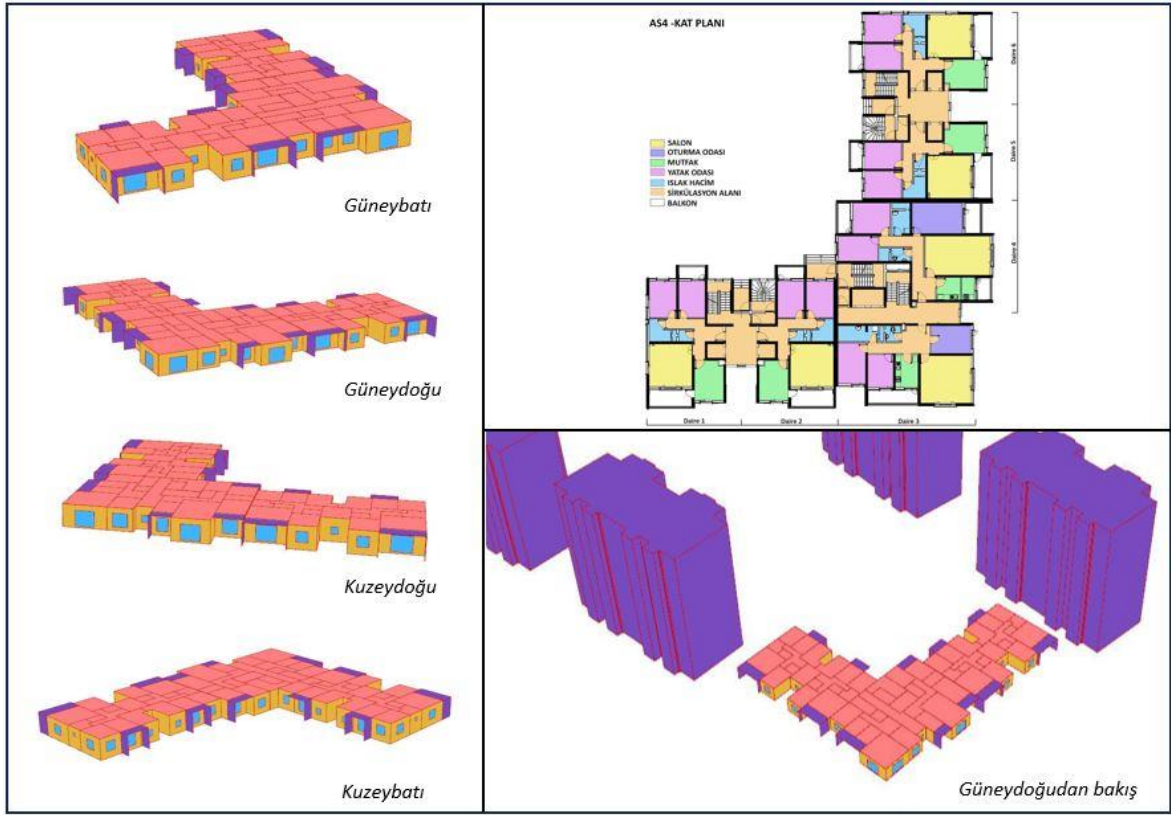


Şekil 5.41. AS3.1 için ısısal konfor grafiği

5.3.2. AS4.8 5. Kat Binası Mevcut Durum Analizleri

AS4 binaları, form bakımından diğer binalardan ayrılmaktadır. L şeklinde olan plan tipi sebebiyle hacimlerin yönelmesi farklılaşmaktadır. Bina formunun aynı katta bulunan hacimlere etkisini incelemek için AS4.8 binası seçilmiştir. Çalışma alanının güneyinde bulunan bina 21 Aralık saat 12.00'da güneş ışığına 1 saat boyunca ulaşabilmektedir. Buna göre çevredeki binaların engeliyle karşılaşmamaktadır. Sadece formundan kaynaklı olarak kuzeye yönelen bölümlerinde güneşin ulaşmadığı yüzeyler bulunmaktadır.

AS4.8 binası için yapılacak analizlerin hazırlanması AS3.1 binası için yapılan hazırlıklarla aynıdır. Yapılacak analizler için binanın orta bölümünde yer alan 5. kattaki daireler seçilmiştir. Binanın 5. katında bulunan hacimler diğer katlardaki hacimlerden ayrılarak analizlerin sadece bu hacimler özelinde yapılması sağlanmıştır. Binaya dair tüm özellikler programa tanıtıldıktan sonra hacimlerin 3 boyutlu modeli Rhinoceros 3D penceresinde gözlemlenebilmektedir (Şekil 5.42). Hacimlerde gerekli analizlerin yapılabilmesi için her hacme özel 50 cm'lik sensör gridleri tanımlanmıştır. Bu hacimlerde, gün ışığı özerkliği, güneş ışınlımı, günışığı faktörü, doğrudan güneş saati, son kullanım yoğunluğu, enerji kullanımı, uyarlanabilir ısısal konfor parametreleri incelenmiştir.

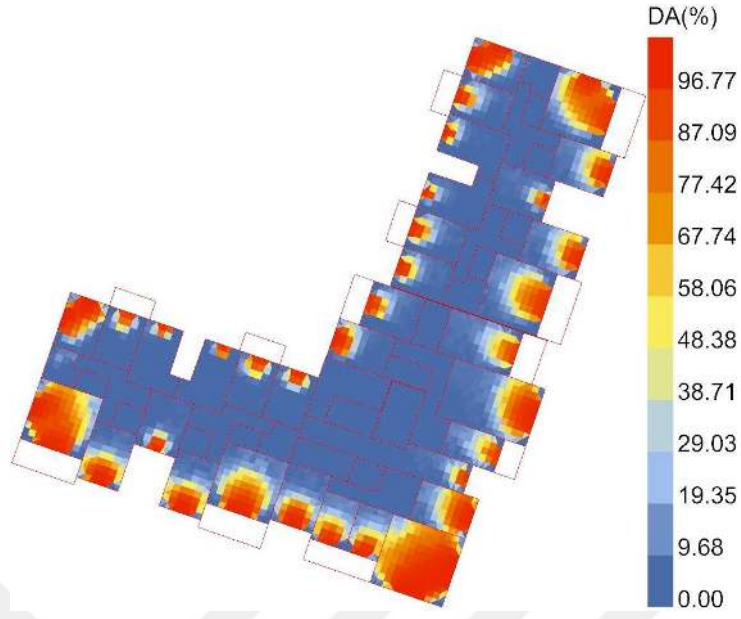


Şekil 5.42. AS4.8 binası 5. Kat hacimleri

5.3.2.1. Günışığı Analizleri

Günışığı Özerkliği (DA)

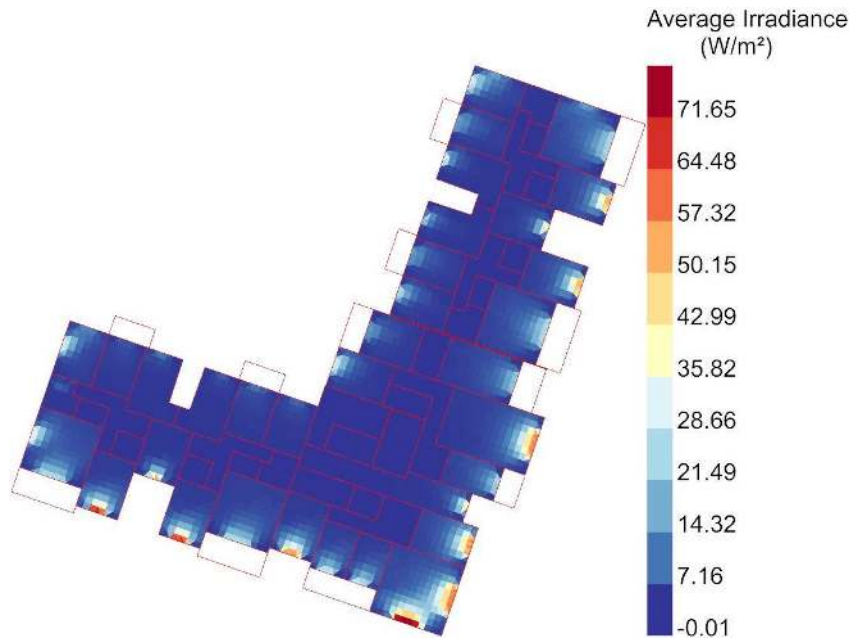
Gerekli parametrelerin girilmesinden sonra elde edilen yıllık günışığı özerklik yüzdelерinin plan düzleminde görsel grafiğı oluşturulmuştur. Bu grafiğı göre bir sensörün aydınlatma eşiğinden fazlasını aldığı saatlerin yüzdesi en çok %96,77'dir (Şekil 5.43). Grafiğı göre pencere oranları artan mekanlarda sensörlerdeki yüzdelер de artmaktadır. En fazla orana sahip olan mekan Daire 3'te bulunan salon hacmidir. Buradaki salonun güneyde olması ve iki yöne bakan pencerelerinin bulunması bu oranı arttıran etkenlerdendir.



Şekil 5.43. AS4.8 için yıllık güneşliği özerkliği grafiği

Ortalama Işınım

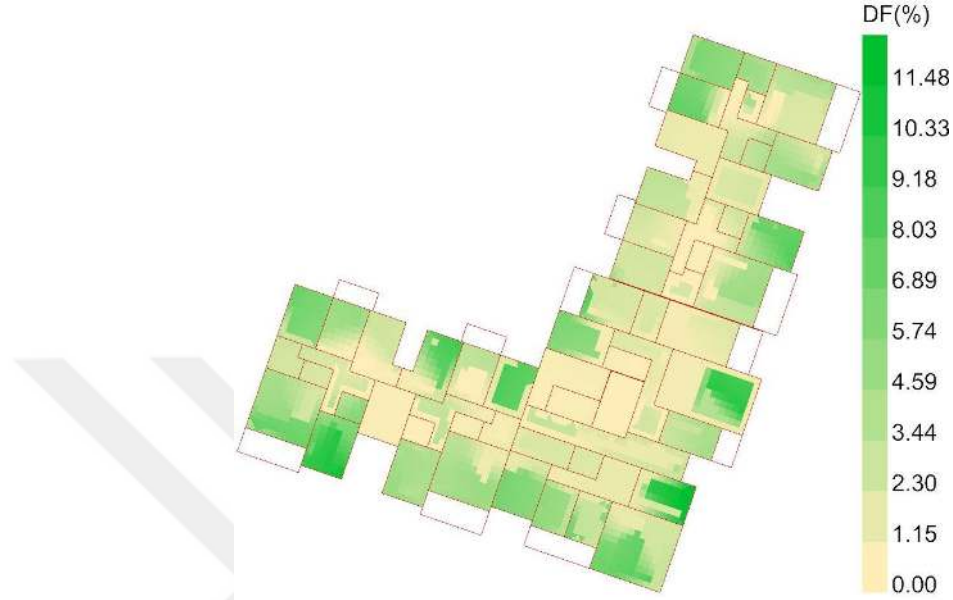
Gerekli girdilere göre oluşturulan görsel grafiğe göre bir sensörde yıl içinde en çok ortalama ışınlm 71.65 W/m^2 olmaktadır (Şekil 5.44). Bu miktar, güney cephelerde bulunan ve bina çıkıntılarının engel oluşturmadığı hacimlerdeki gibi pencerelerden iç mekana ulaşan doğrudan güneşışının artmasıyla artmaktadır. En fazla ışınlm Daire 3'te bulunan salon hacminin güneyde bulunan penceresinden sağlanmıştır. Buradaki pencere oranının fazla olması ve bir engelle karşılaşmaması bunu sağlayan etkenlerdir.



Şekil 5.44. AS4.8 için yıllık ortalama ışınlm grafiği

Günüşığı Faktörü (DF)

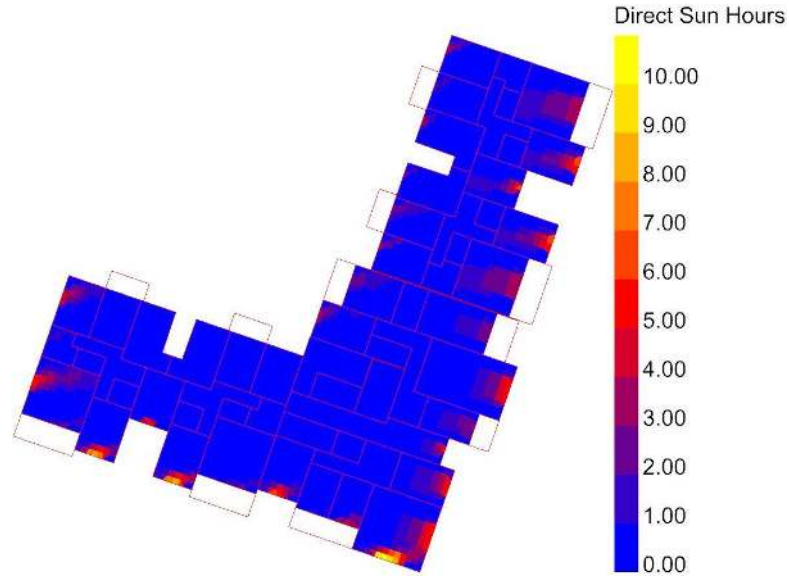
Sensör gridlerinin ifade ettiği görsel grafiğine göre günüşığı faktörü en çok %11.48 olmuştur (Şekil 5.45). Bu orana en çok yaklaşan hacimler Daire 1’de bulunan mutfak, Daire 2’de bulunan yatak odası, Daire 3’te bulunan oturma odası, Daire 4’te bulunan salon ve Daire 5’te bulunan mutfak ve Daire 6’da bulunan ebeveyn yatak odası mekanları olmuştur.



Şekil 5.45. AS4.8 için yıllık günüşığı faktörü grafiği

Doğrudan Günüşığı Saatleri

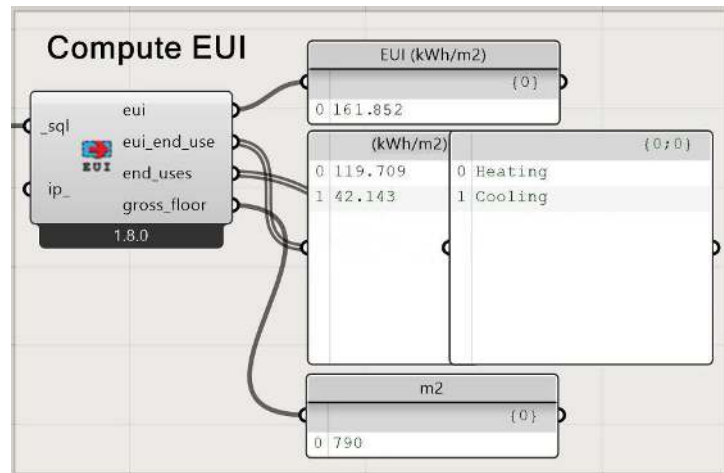
15 Mart tarihinde hacim içerisine alınan doğrudan günüşığı saatleri incelendiğinde Daire 3’teki salon mekanının en çok 10 saat olacak şekilde doğrudan günüşığına ulaşabildiği görülmüştür (Şekil 5.46). Bu mekanı daha sonra 9 ve 8 saat olacak şekilde güney ve güneybatıda bulunan balkon çıkıntılarının engel olmadığı mekanlar izlemiştir. Binanın yerleşim açısı ve formu sebebiyle kuzeybatısında bulunan hacimler gün içinde en fazla 2 saat boyunca günüşığına ulaşabilmektedir.



Şekil 5.46. 15 Mart tarihinde AS4.8 için doğrudan güneşliği saatleri

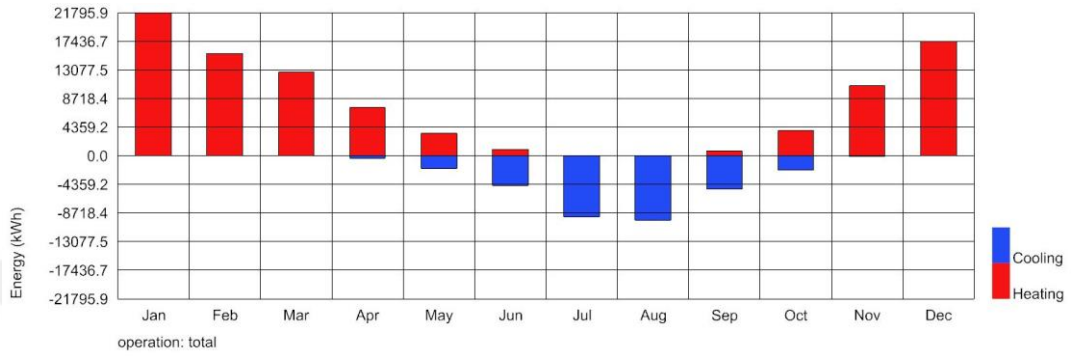
5.3.2.2. Enerji Kullanımları

AS4.8 binası 5. Katındaki çalışma hacimlerine ait metrekaşe başına düşen ısıtma ve soğutma son kullanım yoğunluğu analiz edildiğinde, bir metrekaşenin yıl içinde ihtiyaç duyduğu soğutma enerjisi ihtiyacı 42.143 kWh/m², ısıtma enerjisi ihtiyacı ise 119.709 kWh/m² olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.47). Buna göre bu katta bulunan daireler, kullandığı enerjinin büyük bir kısmını ısıtma ihtiyacı için kullanmaktadır. Isıtma ihtiyacının soğutma ihtiyacından fazla olmasının sebebi bina formundan dolayı belirli hacimlerin güneşliğine yeterince ulaşamamasından kaynaklanabilmektedir. Güneşten mahrum kalan hacimlerde yaz aylarında daha az soğutma enerjisi harcarken, kış aylarında daha fazla ısıtma enerjisi harcamaktadır.



Şekil 5.47. AS4.8 için son kullanım yoğunluğu miktarları

Gerekli ısıtma ve soğutma enerjilerinin aylara göre dağılımını incelemek için çalıştırılan enerji simülasyonunun sonuçları, daireler için gerekli olan ısıtma ve soğutma enerjileri sütun grafiği şeklinde oluşturulmuştur (Şekil 5.48). Buna göre en fazla ısıtma enerjisine ocak ayında ihtiyaç duyulmaktadır. En fazla soğutma enerjisine ihtiyaç duyulan dönem ise ağustos ayı olmuştur. Son kullanım yoğunluğunda da anlaşıldığı gibi bu grafiğe de bakıldığında ısıtma enerjisine, soğutma enerjisinden daha fazla ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.



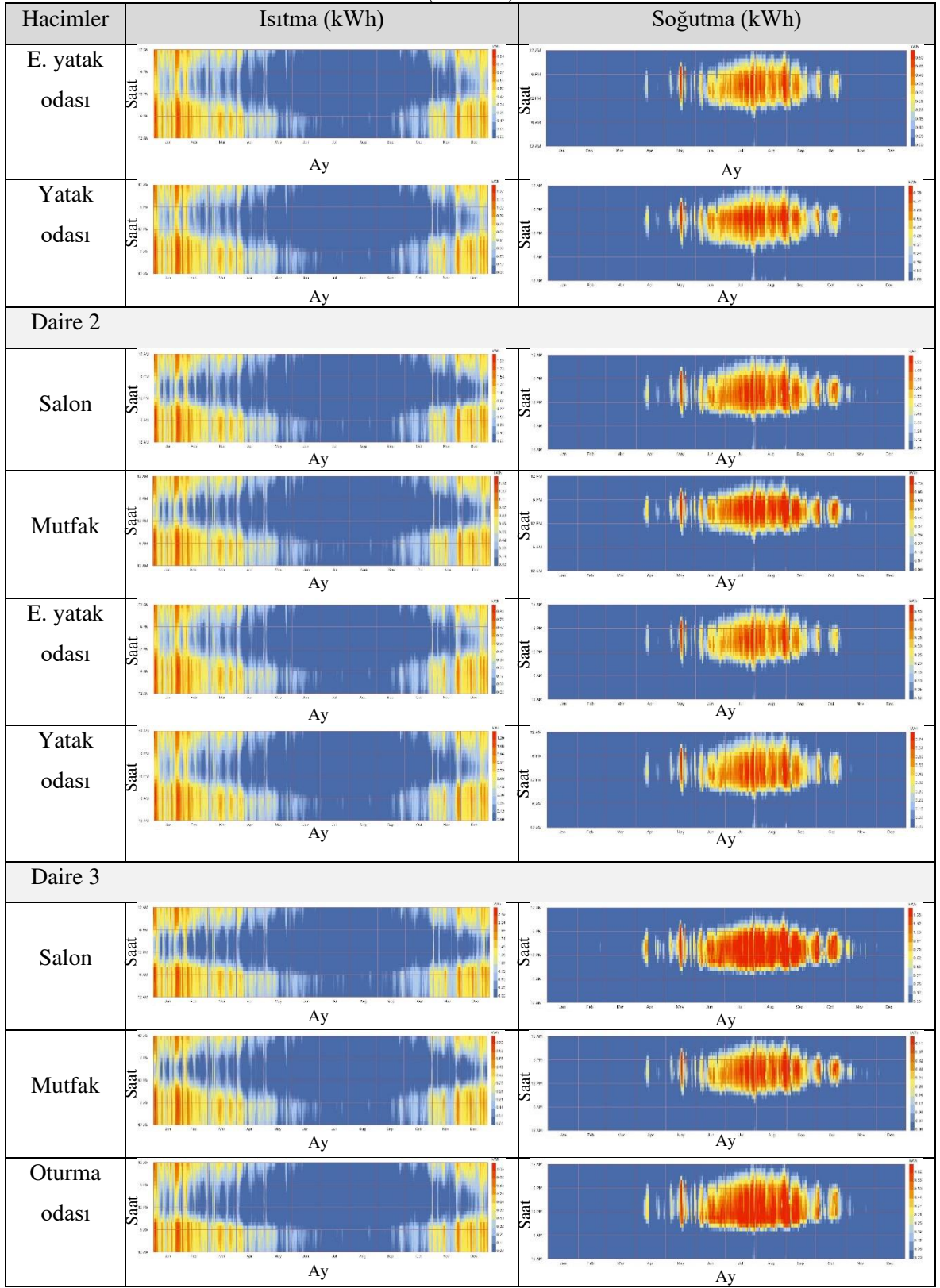
Şekil 5.48. AS4.8 için yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi kullanımları

Enerji ihtiyaçlarının mekanlara göre dağılımını incelemek için hacim bazında grafikler oluşturulmuştur. Buna göre her hacmin, yıl boyunca ihtiyaç duyduğu ısıtma ve soğutma enerjilerinin saatlik olarak görsel grafikleri hazırlanmıştır (Çizelge 5.3). Hacimlerden, salon, mutfak, oturma ve yatak odaları mekanları incelenmiştir.

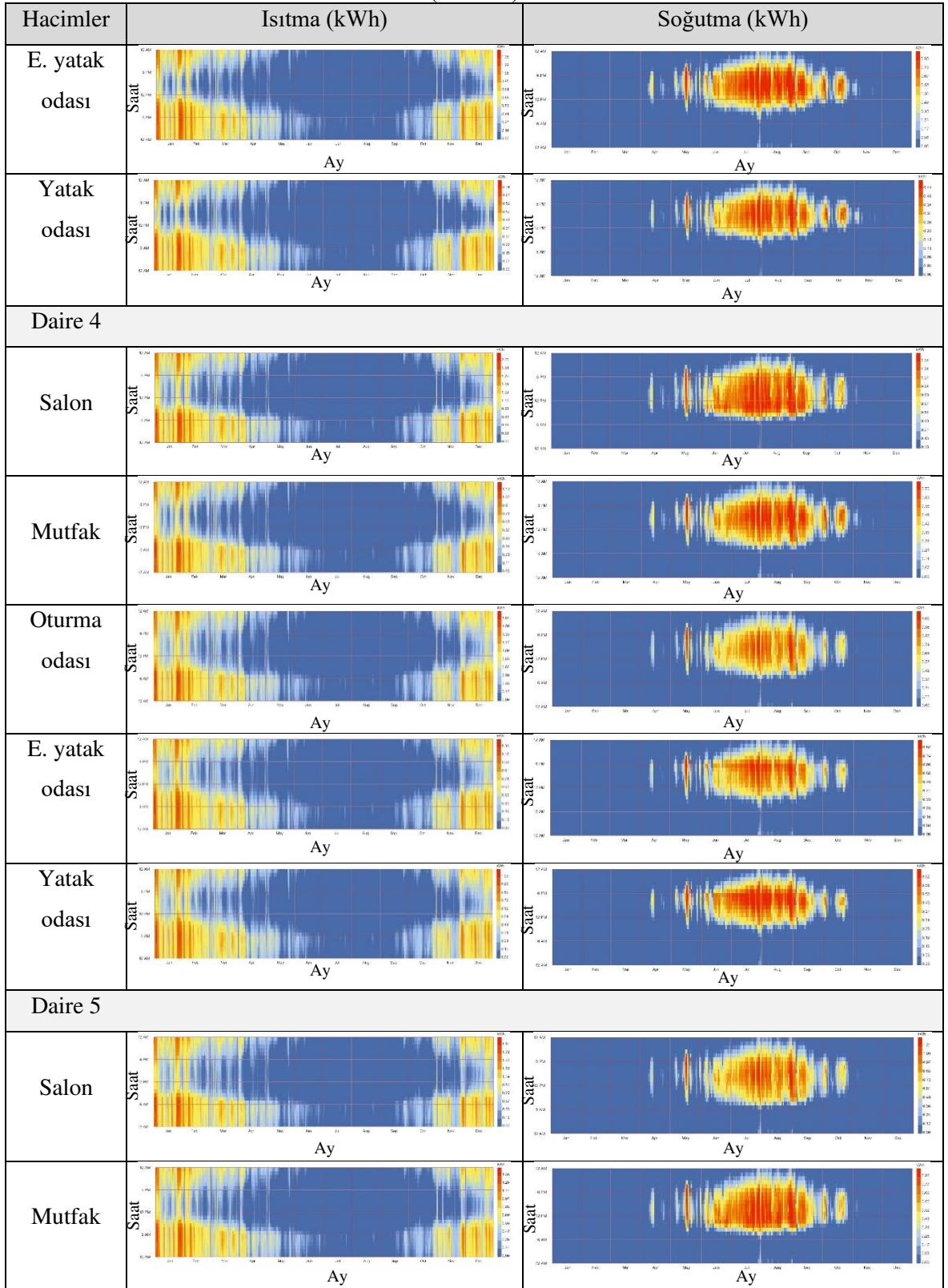
Çizelge 5.3. AS4.8 için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri

Hacimler	Isıtma (kWh)	Soğutma (kWh)
Daire 1		
Salon		
Mutfak		

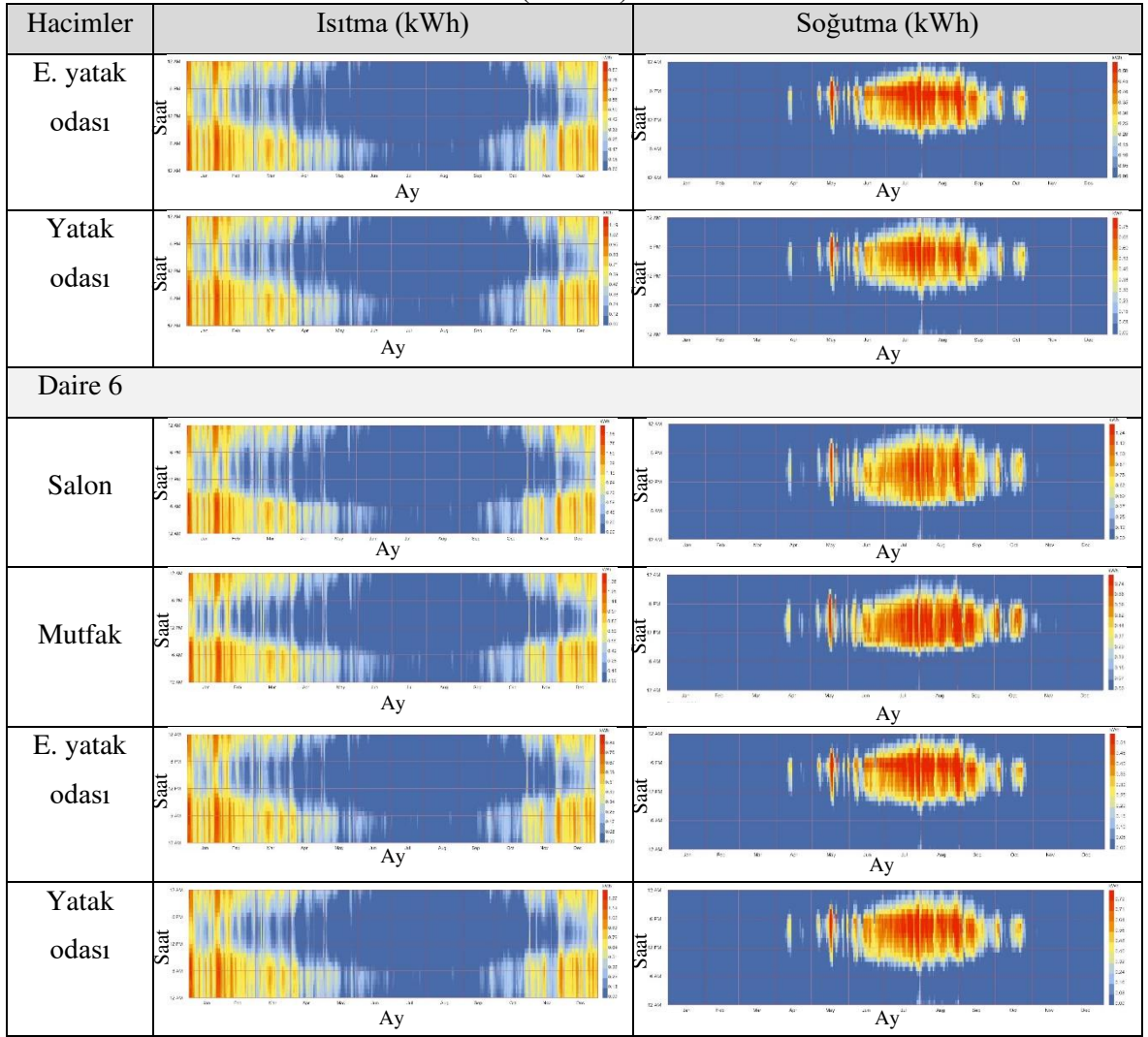
Çizelge 5.3. AS4.8 için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri (Devamı)



Çizelge 5.3. AS4.8 için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri (Devamı)



Çizelge 5.3. AS4.8 için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri (Devamı)



Elde edilen grafiklere göre Daire 1’de bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.98 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.39 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.84 kWh, yatak odası için 1.27 kWh, olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 1’de bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.24 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.86 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.50 kWh, yatak odası için 0.79 kWh, olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim mutfak için olmuştur.

Daire 2’de bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.93 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.38 kWh, ebeveyn yatak odası için

0.84 kWh, yatak odası için 1.20 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 2’de bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.20 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 0.73 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.50 kWh, yatak odası için 0.74 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

Daire 3’te bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 2.49 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 0.69 kWh, oturma odası için 1.06 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.36 kWh, yatak odası için 0.74 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 3’te bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.25 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 0.41 kWh, oturma odası için 0.62 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.83 kWh, yatak odası için 0.44 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

Daire 4’te bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 2.20 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.13 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.30 kWh, yatak odası için 1.03 kWh, oturma odası için 1.67 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 4’te bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.34 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.70 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.82 kWh, yatak odası için 0.62 kWh, oturma odası için 1.06 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim mutfak için olmuştur.

Daire 5’te bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.91 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.38 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.83 kWh, yatak odası için 1.19 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim yatak odası için olmuştur.

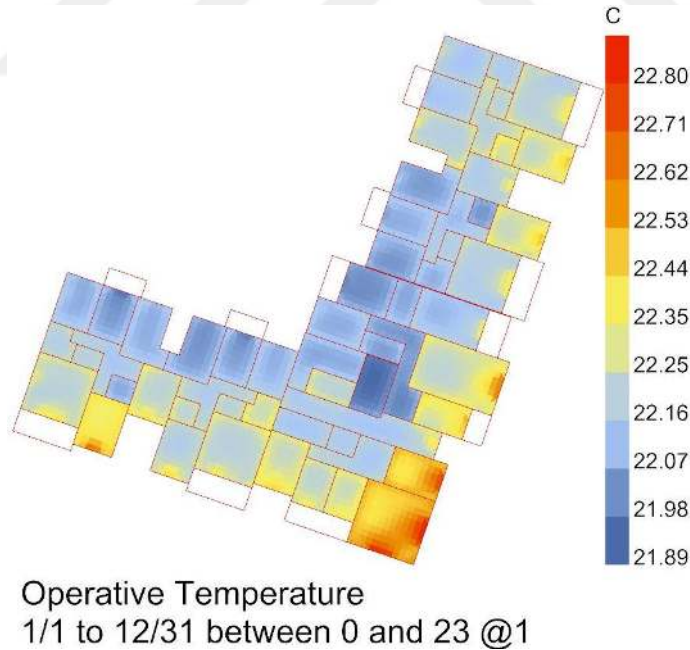
Daire 5’te bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.21 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 0.86 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.50 kWh, yatak odası için 0.75 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

Daire 6'da bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.92 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.38 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.84 kWh, yatak odası için 1.27 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim yatak odası için olmuştur.

Daire 6'da bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.24 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 0.74 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.51 kWh, yatak odası için 0.79 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

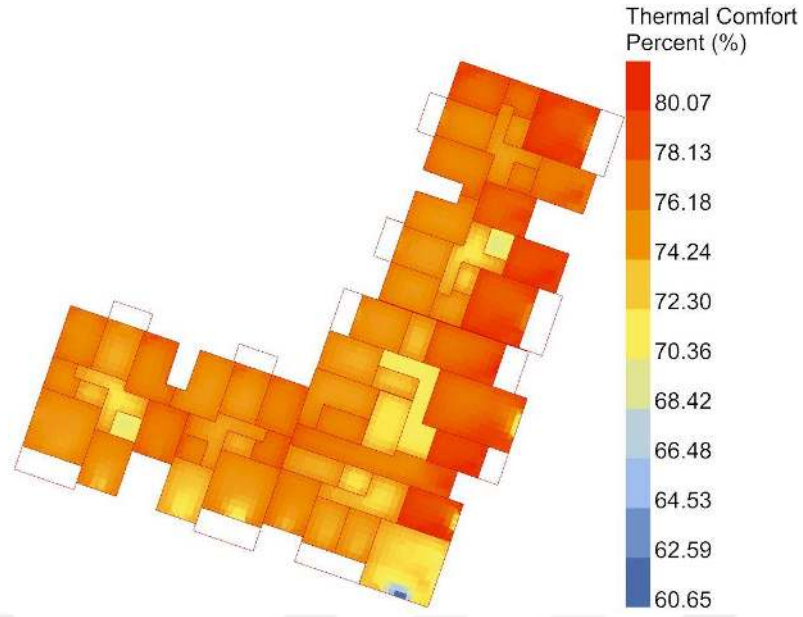
5.3.2.3. Isısal Konfor Haritaları

AS4.8 binası 5. Katındaki hacimlere ait yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı ve ısısal konfor görsel grafikleri elde edilmiştir. Hacimler için çözümlenmiş çalışma sıcaklığı görsel grafiği incelendiğinde hacimlerin yıl içinde ortalama sıcaklıkları 22.80 C° ile 21.89 C° arasında değişmektedir (Şekil 5.49). Grafiğe göre en yüksek sıcaklık güneyde bulunan Daire 3'teki salon ve oturma odası hacimlerinde görülmüştür. En düşük sıcaklıklar kuzey tarafında bulunan hacimlerde tespit edilmiştir.



Şekil 5.49. AS4.8 için yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı grafiği

Hacimler için oluşturulan yıllık ısısal konfor grafiği analiz edildiğinde konfor yüzdelерinin %60.65 ile %80.87 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 5.50). Konfor yüzdesi en yüksek olan hacimler batı yönünde bulunan mekanlar olmuştur. Güneyde bulunan Daire 3'e ait salon hacminde diğer hacimlere göre konfor oranı daha azdır.

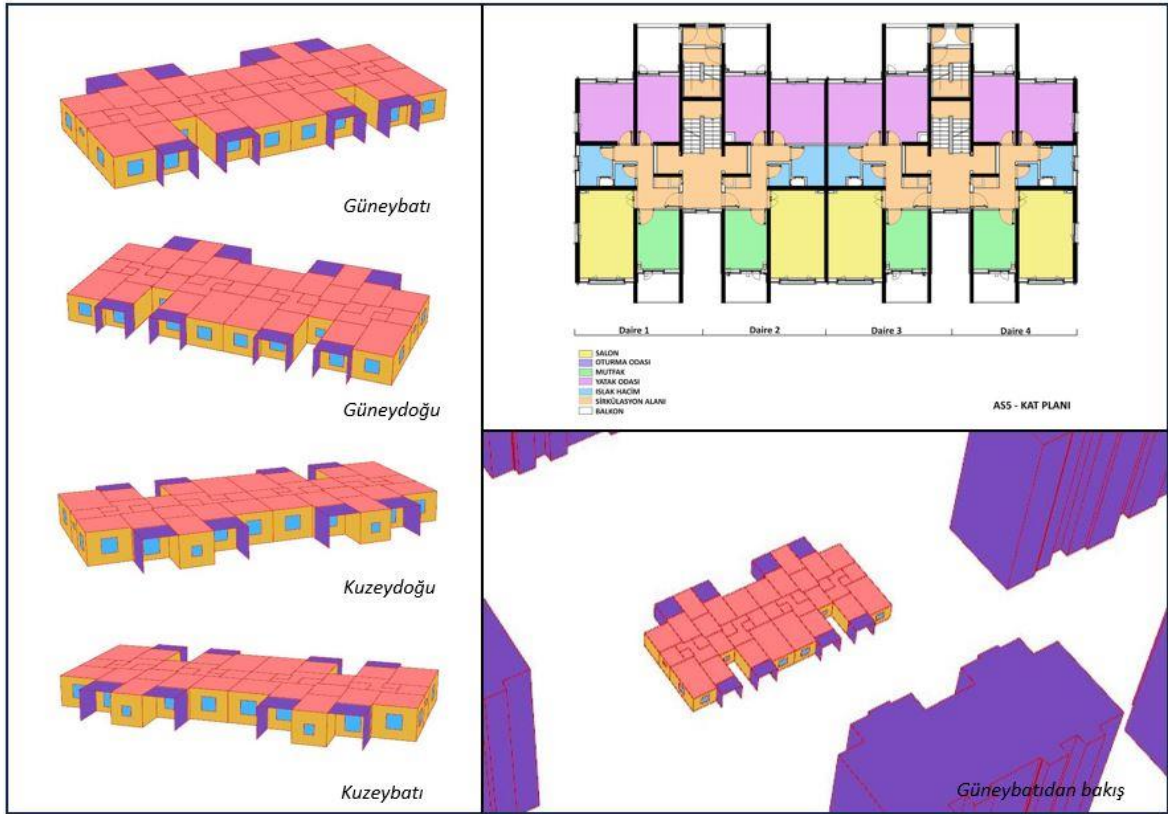


Şekil 5.50. AS4.8 için ısısal konfor grafiği

5.3.3. AS5.20 Binası 2. Kat Mevcut Durum Analizleri

Çalışma alanının orta bölümünde yer alan AS5.20 binasının etrafı binalarla çevrilidir. Binanın alt katları 21 Aralık saat 12.00'da güneş ışığına ulaşamamaktadır. Buna göre aynı binada olup farklı katlarda bulunan hacimlerin birbiriyle karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için AS5.20 binasının 2. ve 10. katları seçilmiştir. Hacimlerde gerekli analizlerin yapılabilmesi için her hacme özel 50 cm'lik sensör gridleri tanımlanmıştır. Bu hacimlerde, gün ışığı özerkliği, güneş ışıınımı, günışığı faktörü, doğrudan güneş saati, son kullanım yoğunluğu, enerji kullanımı, uyarlanabilir ısısal konfor parametreleri incelenmiştir.

AS5.20 binası için yapılacak analizlerin hazırlanması AS3.1 binası için yapılan hazırlıklarla aynıdır. Binanın 2. ve 10. katında bulunan hacimler diğer katlardaki hacimlerden ayrılarak analizlerin sadece bu hacimler özelinde yapılması sağlanmıştır. İlk olarak 2. kat hacimleri incelenmiştir. Binaya dair tüm özellikler programa tanıtıldıktan sonra hacimlerin 3 boyutlu modeli Rhinoceros 3D penceresinde gözlemlenebilmektedir (Şekil 5.51).

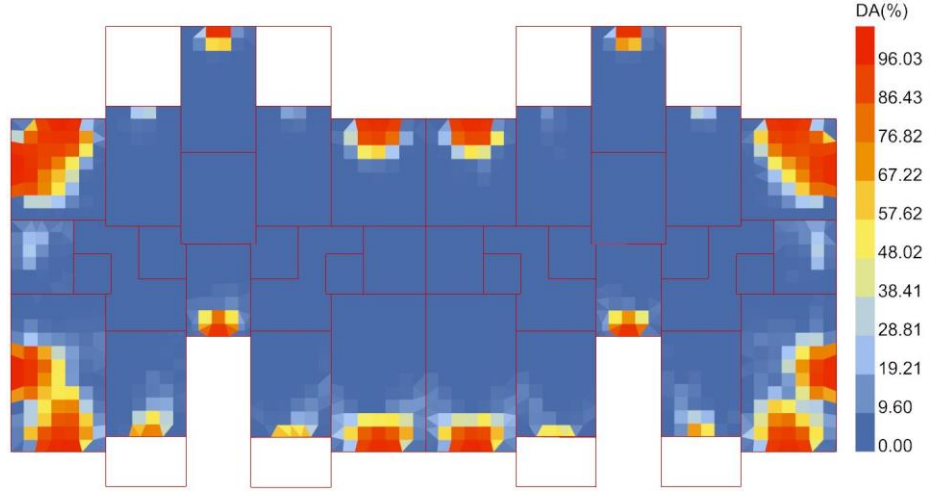


Şekil 5.51. AS5.20 2. kat hacimleri

5.3.3.1. Güneşli Analizleri

Güneşli Özerkliği (DA)

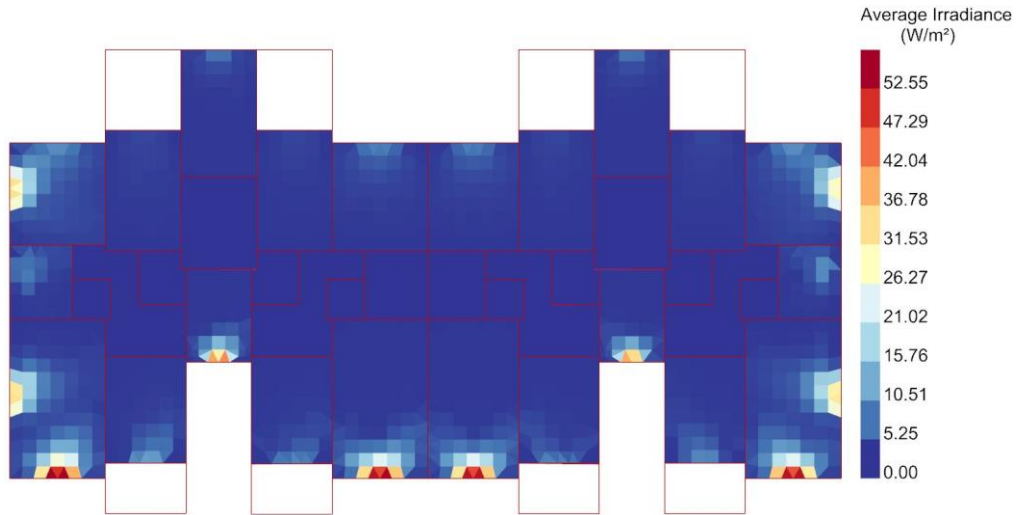
Gerekli parametrelerin girilmesinden sonra elde edilen yıllık güneşli özerklik yüzdelерinin plan düzleminde görsel grafiğı oluşturulmuştur. Bu grafiğı göre bir sensörün aydınlatma eşiğinden fazlasını aldığı saatlerin yüzdesi en çok %96.03'tür (Şekil 5.52). Grafiğı göre pencere oranları artan ve bir engelle karşılaşmayan mekanlarda sensörlerdeki yüzdelер de artmaktadır. En fazla orana sahip olan mekanlar Daire 1 ve 4'te bulunan salon ve ebeveyn yatak odası hacimleridir. Bu mekanlarda iki yöne bakan pencerelerin bulunması bu oranı arttıran etkidir.



Şekil 5.52. AS5.20 2. kat için yıllık güneşli özerkliği grafiği

Ortalama Işınım

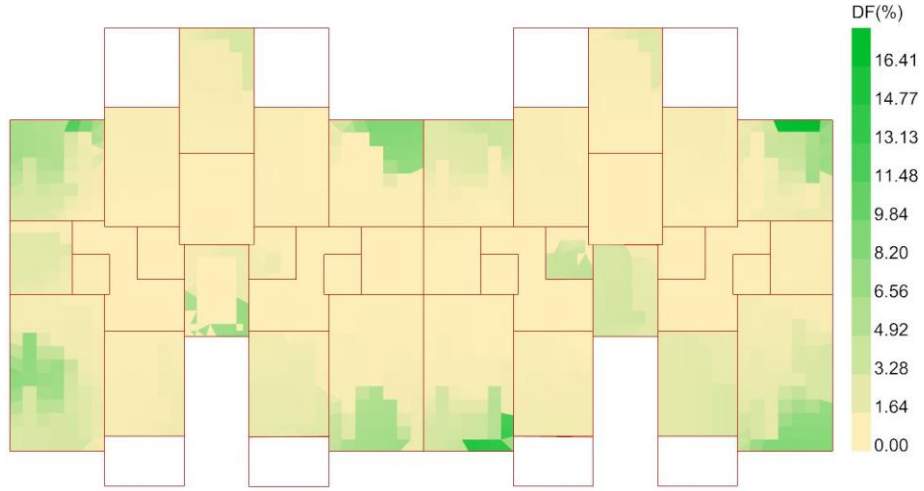
Gerekli girdilere göre oluşturulan görsel grafiğe göre bir sensörde yıl içinde en çok ortalama ışıınım 52.55 W/m^2 olmaktadır (Şekil 5.53). Bu miktar, güney cephelerde bulunan ve bina çıkıntılarının engel oluşturmadığı hacimlerdeki gibi pencerelerden iç mekana ulaşan doğrudan güneşışının artmasıyla artmaktadır. En fazla ışıınım Daire 1, 2, 3 ve 4'te bulunan salon hacimlerinin güneyinde bulunan pencerelerinden sağlanmıştır. Buradaki pencerelerin bir engelle karşılaşmaması bunu sağlayan en önemli etkindir.



Şekil 5.53. AS5.20 2. kat için yıllık ortalama ışıınım grafiği

Güneşışığı Faktörü (DF)

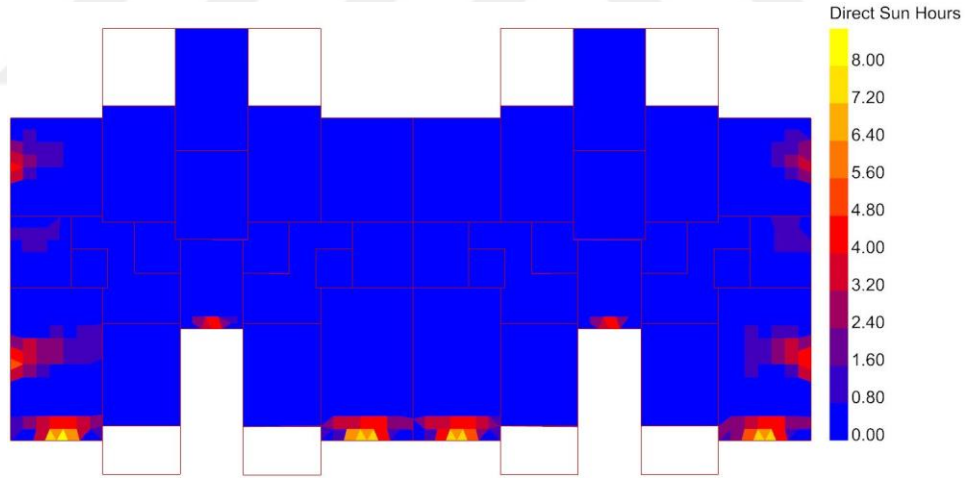
Sensör gridlerinin ifade ettiği görsel grafiğine göre güneşışığı faktörü en çok %16.41 olmuştur (Şekil 5.54). Bu orana en çok yaklaşan hacimler Daire 3'te bulunan salon hacminin pencereye yakın bölümleri ve Daire 4'te bulunan ebeveyn yatak odasının pencereye yakın bölümleri olmuştur.



Şekil 5.54. AS5.20 için yıllık güneşliği faktörü grafiği

Doğrudan Güneşliği Saatleri

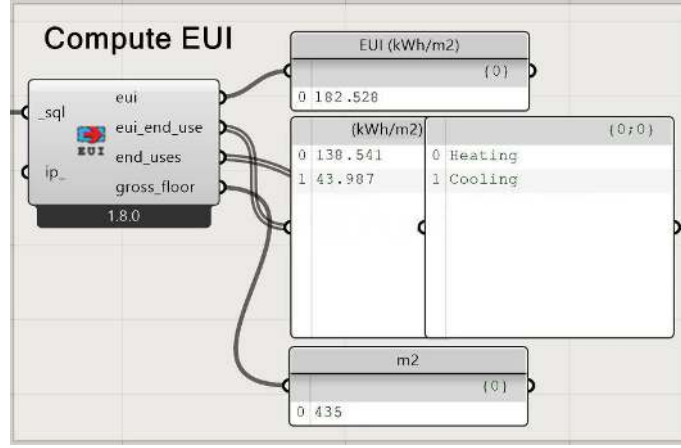
15 Mart tarihinde hacim içerisine alınan doğrudan güneşliği saatleri incelendiğinde, dairelerin salon hacimlerinin güneyinde bulunan pencerelerden en çok 8 saat olacak şekilde doğrudan güneşliğine ulaşabildiği görülmüştür (Şekil 5.55). Balkon çıkıntılarının engellediği ve kuzey yönüne bakan pencereler gün içinde güneşliğine ulaşamamaktadır.



Şekil 5.55. AS5.20 2. kat için yıllık doğrudan güneşliği saatleri

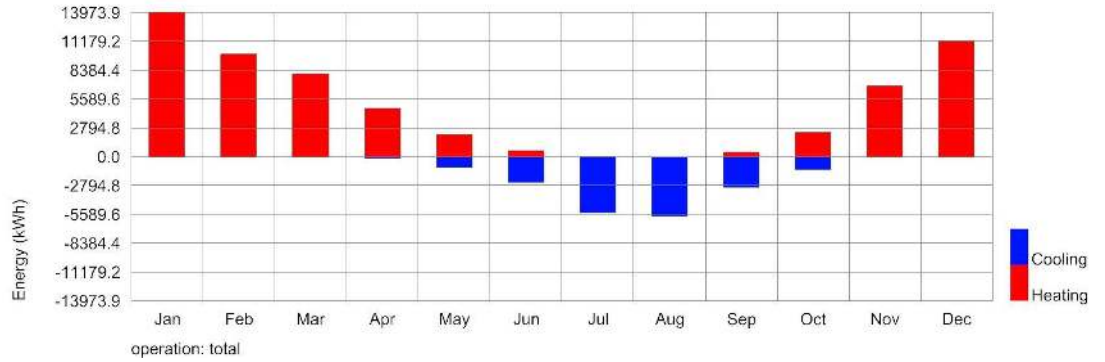
5.3.3.2. Enerji Kullanımları

AS5.20 binası 2. katındaki çalışma hacimlerine ait metrekare başına düşen ısıtma ve soğutma son kullanım yoğunluğu analiz edildiğinde, bir metrekarenin yıl içinde ihtiyaç duyduğu soğutma enerjisi ihtiyacı 43.987 kWh/m², ısıtma enerjisi ihtiyacı ise 138.541 kWh/m² olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.56). Buna göre bu katta bulunan daireler, kullandığı enerjinin büyük bir kısmını ısıtma ihtiyacı için kullanmaktadır. Güneşten mahrum kalan hacimlerde yaz aylarında daha az soğutma enerjisi harcarken, kış aylarında daha fazla ısıtma enerjisi harcamaktadır.



Şekil 5.56. AS5.20 2. kat için son kullanım yoğunluğu miktarları

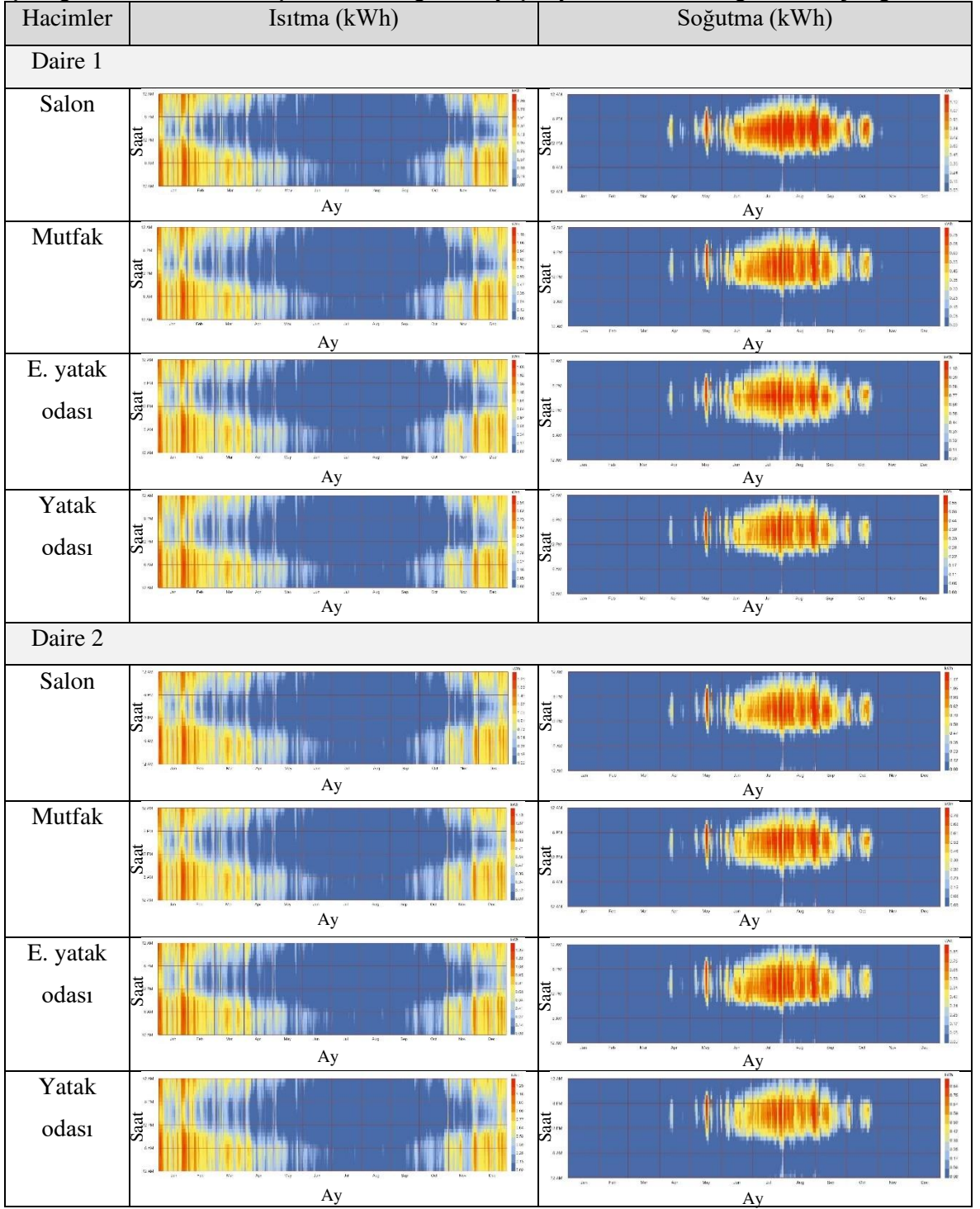
Gerekli ısıtma ve soğutma enerjilerinin aylara göre dağılımını incelemek için çalıştırılan enerji simülasyonunun sonuçları, daireler için gerekli olan ısıtma ve soğutma enerjileri sütun grafiği şeklinde oluşturulmuştur (Şekil 5.57). Buna göre en fazla ısıtma enerjisine ocak ayında ihtiyaç duyulmaktadır. En fazla soğutma enerjisine ihtiyaç duyulan dönem ise ağustos ayı olmuştur. Son kullanım yoğunluğunda da anlaşıldığı gibi bu grafiğe de bakıldığında ısıtma enerjisine, soğutma enerjisinden daha fazla ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.



Şekil 5.57. AS5.20 2. kat için yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi kullanımları

Enerji ihtiyaçlarının mekanlara göre dağılımını incelemek için hacim bazında grafikler oluşturulmuştur. Buna göre her hacmin, yıl boyunca ihtiyaç duyduğu ısıtma ve soğutma enerjilerinin saatlik olarak görsel grafikleri hazırlanmıştır (Çizelge 5.4). Hacimlerden, salon, mutfak, oturma ve yatak odaları mekanları incelenmiştir.

Çizelge 5.4. AS5.20 2. kat için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri



Çizelge 5.4. AS5.20 2. kat için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri (Devamı)

Hacimler	Isıtma (kWh)	Soğutma (kWh)
Daire 3		
Salon		
Mutfak		
E. yatak odası		
Yatak odası		
Daire 4		
Salon		
Mutfak		
E. yatak odası		
Yatak odası		

Elde edilen grafiklere göre Daire 1’de bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.89 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.18 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.68 kWh, yatak odası için 0.91 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 1’de bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.19 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.75 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.10 kWh, yatak odası için 0.55 kWh, olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

Daire 2’de bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.81 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.18 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.35 kWh, yatak odası için 1.29 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim yatak odası için olmuştur.

Daire 2’de bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.17 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 0.76 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.85 kWh, yatak odası için 0.84 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

Daire 3’te bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.75 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.18 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.29 kWh, yatak odası için 0.89 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

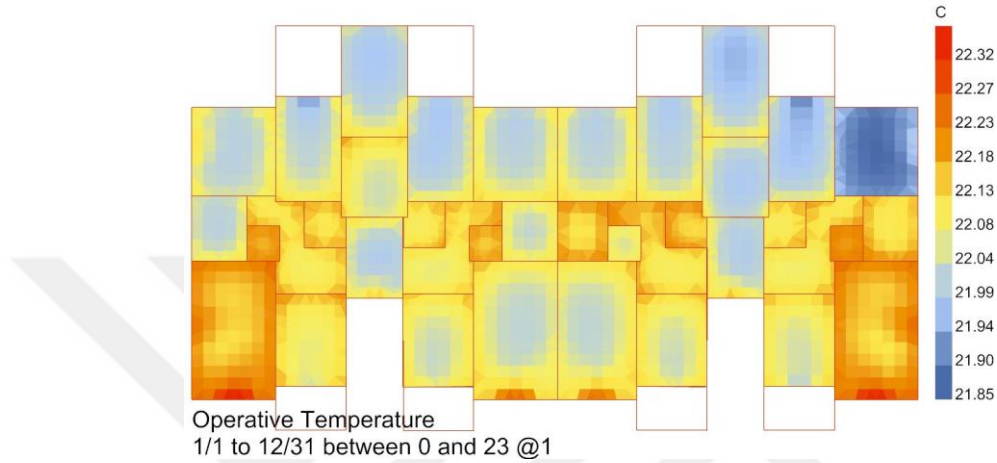
Daire 3’te bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.13 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.76 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.81 kWh, yatak odası için 0.54 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim mutfak için olmuştur.

Daire 4’te bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.89 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.20 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.62 kWh, yatak odası için 1.31 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 4’te bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.20 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.77 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.94 kWh, yatak odası için 0.86 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

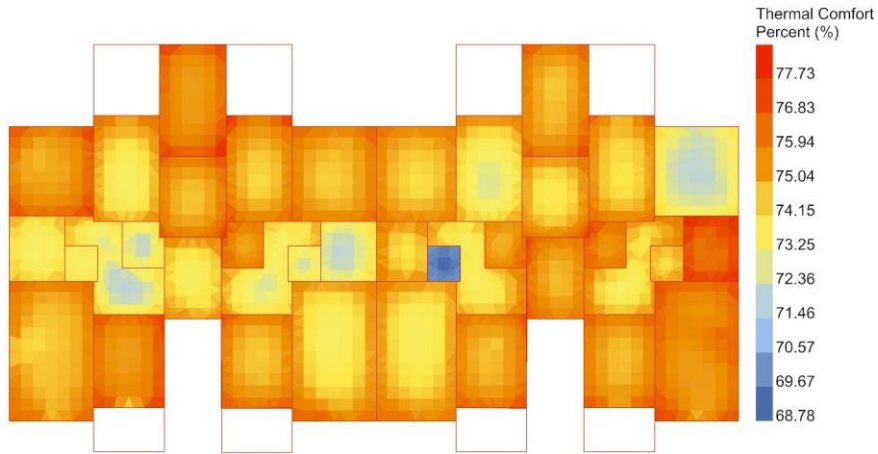
5.3.3.3. Isısal Konfor Haritaları

AS5.20 binası 2. katındaki hacimlere ait yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı ve ısısal konfor görsel grafikleri elde edilmiştir. Hacimler için çözümlenmiş çalışma sıcaklığı görsel grafiği incelendiğinde hacimlerin yıl içinde ortalama sıcaklıkları 21.85 C° ile 22.32 C° arasında değişmektedir (Şekil 5.58). Grafiğe göre en yüksek sıcaklık güneyde bulunan Daire 1 ve 4'teki salon hacimlerinde görülmüştür. En düşük sıcaklıklar kuzey tarafında bulunan hacimlerde tespit edilmiştir.



Şekil 5.58. AS5.20 2. kat için yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı grafiği

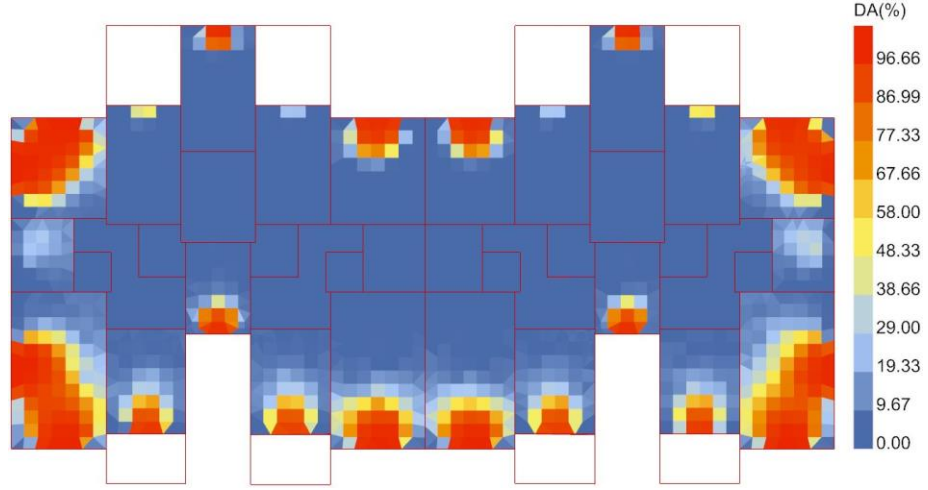
Hacimler için oluşturulan yıllık ısısal konfor grafiği analiz edildiğinde konfor yüzdelерinin %68.78 ile %77.73 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 5.59). Hacimlerin genelinde konfor oranları birbirine yakın ve %75 oranında değişmektedir.



Şekil 5.59. AS5.20 2. kat için ısısal konfor grafiği

5.3.4. AS5.20 Binası 10. Kat Mevcut Durum Analizleri

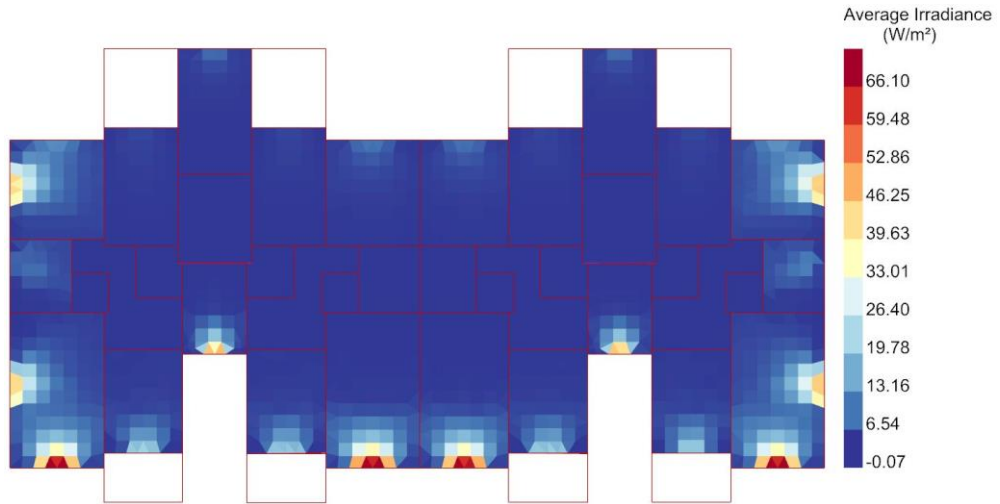
AS5.20 binası 10. kat için tüm özellikler programa tanıtıldıktan sonra hacimlerin 3 boyutlu modeli Rhinoceros 3D penceresinde gözlemlenebilmektedir (Şekil 5.60).



Şekil 5.61. AS5.20 10. kat için yıllık güneşli özerkliği grafiği

Ortalama Işınım

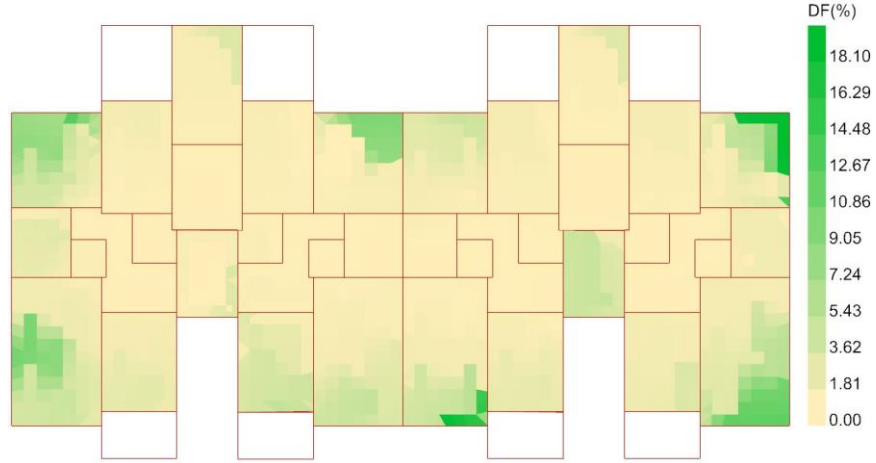
Gerekli girdilere göre oluşturulan görsel grafiğe göre bir sensörde yıl içinde en çok ortalama ışınlım 66.10 W/m^2 olmaktadır (Şekil 5.62). Bu miktar, güney cephelerde bulunan ve bina çıkıntılarının engel oluşturmadığı hacimlerdeki gibi pencerelerden iç mekana ulaşan doğrudan güneşliğin artmasıyla artmaktadır. En fazla ışınlım Daire 1, 2, 3 ve 4'te bulunan salon hacimlerinin güneyinde bulunan pencerelerinden sağlanmıştır. Buradaki pencerelerin bir engelle karşılaşmaması bunu sağlayan en önemli etkidir.



Şekil 5.62. AS5.20 10. kat için yıllık ortalama ışınlım grafiği

Güneşli Faktörü (DF)

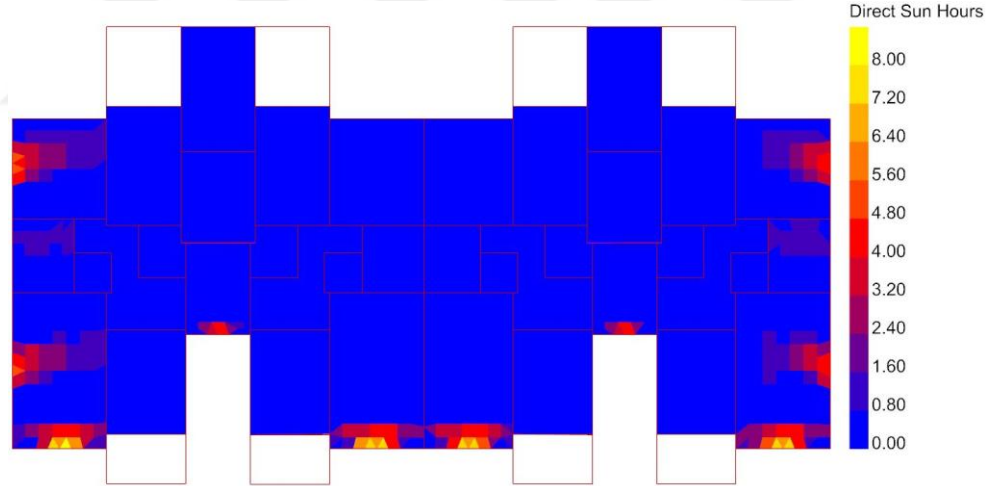
Sensör gridlerinin ifade ettiği görsel grafiğine göre güneşli faktörü en çok %18.10 olmuştur (Şekil 5.63). Bu orana en çok yaklaşan hacimler Daire 3'te bulunan salon hacminin pencereye yakın bölümleri ve Daire 4'te bulunan ebeveyn yatak odasının pencereye yakın bölümleri olmuştur.



Şekil 5.63. AS5.20 10. kat için yıllık güneşliği faktörü grafiği

Doğrudan Güneşliği Saatleri

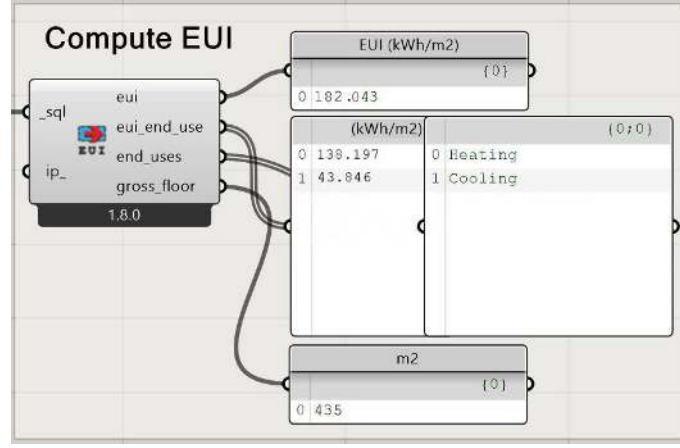
15 Mart tarihinde hacim içerisine alınan doğrudan güneşliği saatleri incelendiğinde, dairelerin salon hacimlerinin güneyinde bulunan pencerelerden en çok 8 saat olacak şekilde doğrudan güneşliğine ulaşabildiği görülmüştür (Şekil 5.64). Balkon çıkıntıların engellediği ve kuzeyde bulunan hacimler gün içinde güneşliğine ulaşamamaktadır.



Şekil 5.64. AS5.20 10. kat için yıllık doğrudan güneşliği saatleri

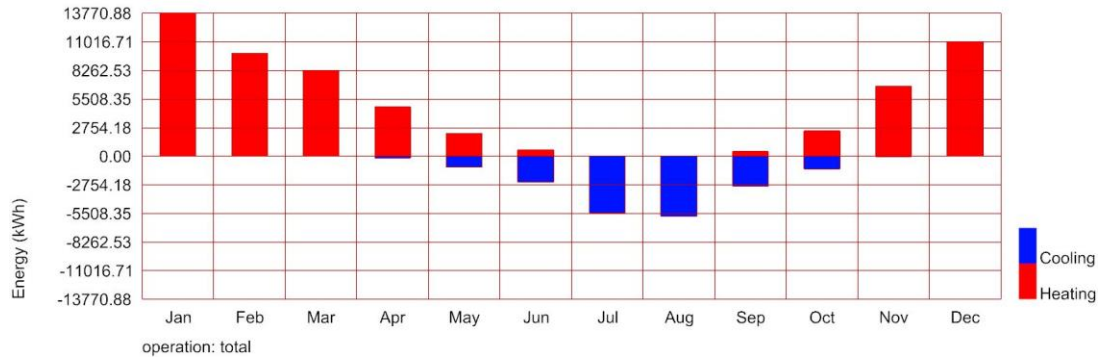
5.3.4.2. Enerji Kullanımları

AS5.20 binası 2. katındaki çalışma hacimlerine ait metrekare başına düşen ısıtma ve soğutma son kullanım yoğunluğu analiz edildiğinde, bir metrekarenin yıl içinde ihtiyaç duyduğu soğutma enerjisi ihtiyacı 43.846 kWh/m², ısıtma enerjisi ihtiyacı ise 138.197 kWh/m² olarak tespit edilmiştir (Şekil 5.65). Buna göre bu katta bulunan daireler, kullandığı enerjinin büyük bir kısmını ısıtma ihtiyacı için kullanmaktadır. Güneşten mahrum kalan hacimlerde yaz aylarında daha az soğutma enerjisi harcarken, kış aylarında daha fazla ısıtma enerjisi harcamaktadır.



Şekil 5.65. AS5.20 10. kat için son kullanım yoğunluğu miktarları

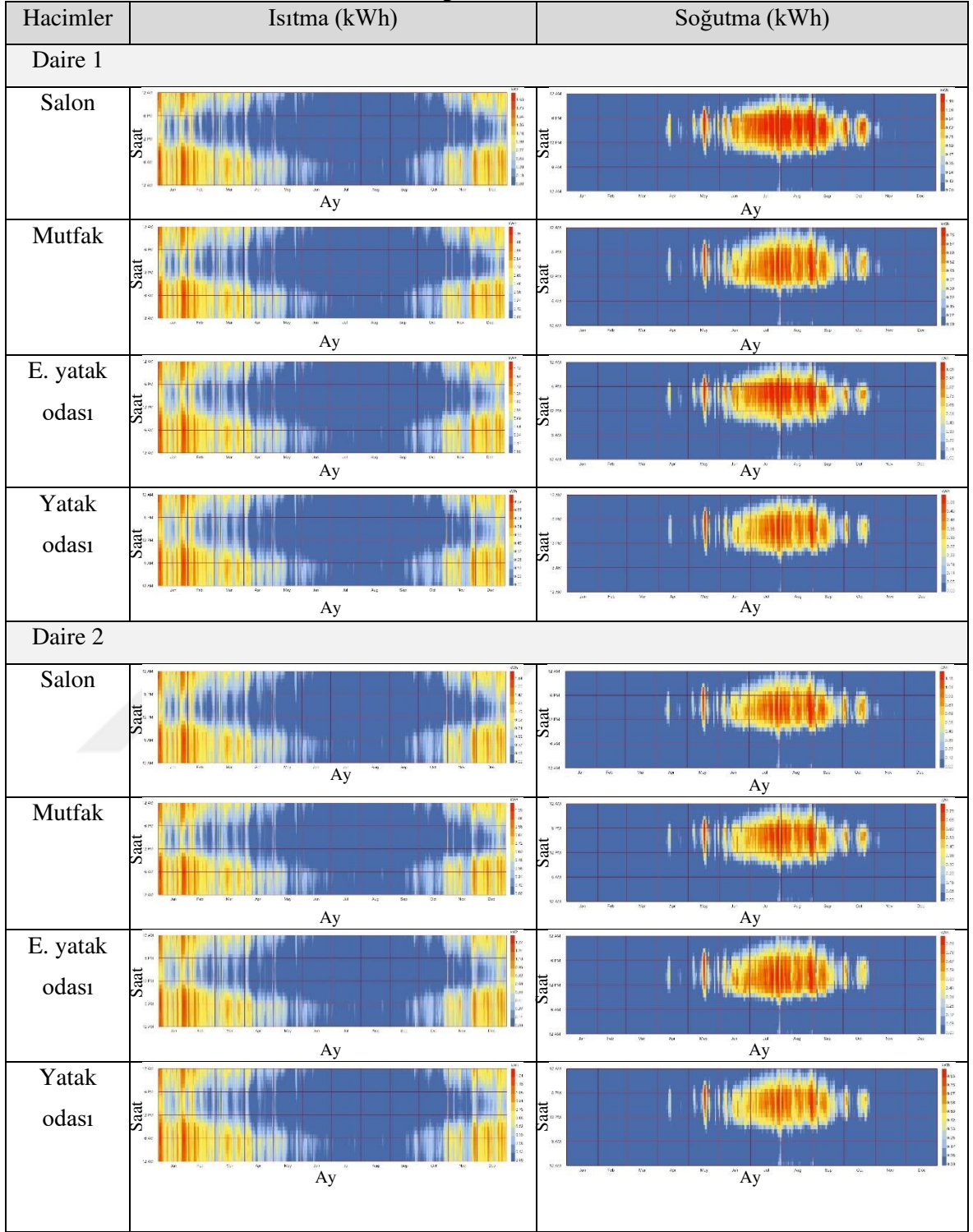
Gerekli ısıtma ve soğutma enerjilerinin aylara göre dağılımını incelemek için çalıştırılan enerji simülasyonunun sonuçları, daireler için gerekli olan ısıtma ve soğutma enerjileri sütun grafiği şeklinde oluşturulmuştur (Şekil 5.66). Buna göre en fazla ısıtma enerjisine ocak ayında ihtiyaç duyulmaktadır. En fazla soğutma enerjisine ihtiyaç duyulan dönem ise ağustos ayı olmuştur. Son kullanım yoğunluğunda da anlaşıldığı gibi bu grafiğe de bakıldığında ısıtma enerjisine, soğutma enerjisinden daha fazla ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.



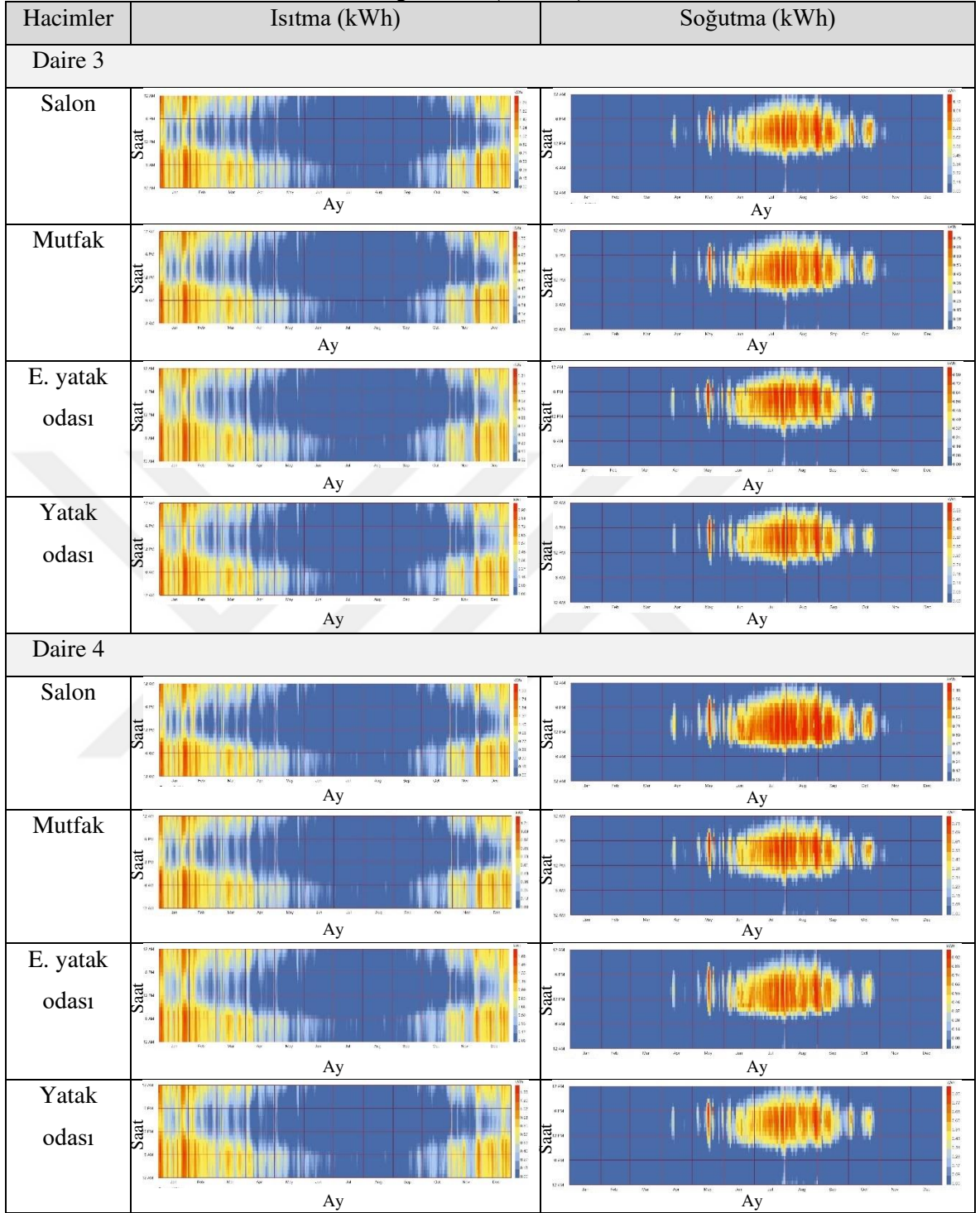
Şekil 5.66. AS5.20 10. kat için yıllık ısıtma ve soğutma enerjisi kullanımları

Enerji ihtiyaçlarının mekanlara göre dağılımını incelemek için hacim bazında grafikler oluşturulmuştur. Buna göre her hacmin, yıl boyunca ihtiyaç duyduğu ısıtma ve soğutma enerjilerinin saatlik olarak görsel grafikleri hazırlanmıştır (Çizelge 5.5). Hacimlerden, salon, mutfak, oturma ve yatak odaları mekanları incelenmiştir.

Çizelge 5.5. AS5.20 10. kat için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri



Çizelge 5.5. AS5.20 10. kat için hacimlere göre ihtiyaç duyulan ısıtma ve soğutma enerjisi grafikleri (Devamı)



Elde edilen grafiklere göre Daire 1’de bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.93 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.19 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.72 kWh, yatak odası için 0.92 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 1’de bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.18 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.75 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.08 kWh, yatak odası için 0.55 kWh, olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

Daire 2’de bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.84 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.20 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.37 kWh, yatak odası için 1.31 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim yatak odası için olmuştur.

Daire 2’de bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.16 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 0.75 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.84 kWh, yatak odası için 0.83 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

Daire 3’te bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.78 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.20 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.31 kWh, yatak odası için 0.90 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim yatak odası için olmuştur.

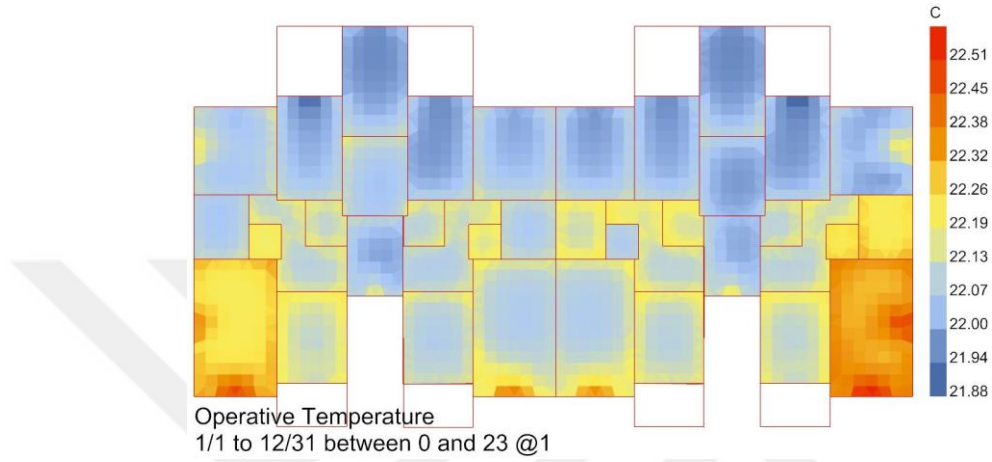
Daire 3’te bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.12 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.75 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.80 kWh, yatak odası için 0.53 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim mutfak için olmuştur.

Daire 4’te bulunan hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla ısıtma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.93 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek ısıtma enerjisi mutfak için 1.21 kWh, ebeveyn yatak odası için 1.66 kWh, yatak odası için 1.33 kWh olarak tespit edilmiştir. Isıtma saat süreleri bakımından en fazla ısıtma saatine sahip hacim ebeveyn yatak odası için olmuştur.

Daire 4’te bulunan hacimler için en çok soğutma ihtiyacı ağustos ayında olmaktadır. Saat başına gereken en fazla soğutma enerjisi ihtiyacı ise salon için 1.18 kWh olarak görülmüştür. Diğer hacimler için saat başına gereken en yüksek soğutma enerjisi mutfak için 0.76 kWh, ebeveyn yatak odası için 0.92 kWh, yatak odası için 0.85 kWh olarak tespit edilmiştir. Soğutma saat süreleri bakımından en fazla soğutma saatine sahip hacim salon için olmuştur.

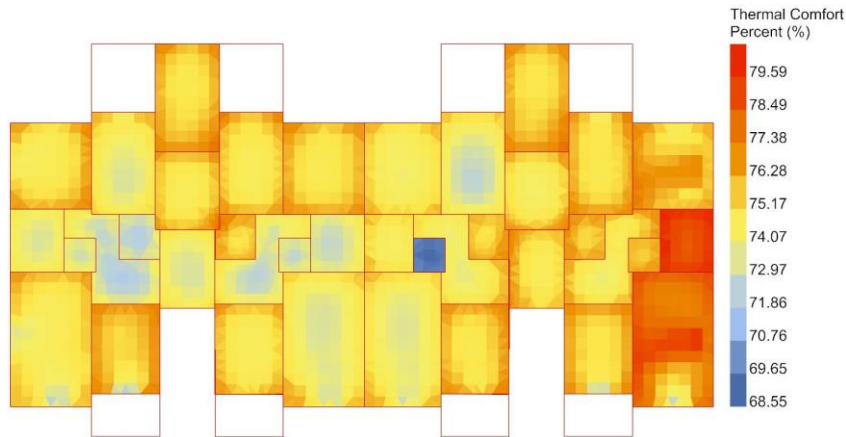
5.3.4.3. Isısal Konfor Haritaları

AS5.20 binası 2. katındaki hacimlere ait yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı ve ısısal konfor görsel grafikleri elde edilmiştir. Hacimler için çözümlenmiş çalışma sıcaklığı görsel grafiği incelendiğinde hacimlerin yıl içinde ortalama sıcaklıkları 21.88 C° ile 22.51 C° arasında değişmektedir (Şekil 5.67). Grafiğe göre en yüksek sıcaklık güneyde bulunan Daire 1 ve 4'teki salon hacimlerinde görülmüştür. En düşük sıcaklıklar kuzey tarafında bulunan hacimlerde tespit edilmiştir.



Şekil 5.67. AS5.20 10. kat için yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı grafiği

Hacimler için oluşturulan yıllık ısısal konfor grafiği analiz edildiğinde konfor yüzdelерinin %68.55 ile %79.59 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 5.68). Hacimlerin genelinde konfor oranları birbirine yakın ve %75 oranında değişmektedir.



Şekil 5.68. AS5.20 10. kat için ısısal konfor grafiği

5.4. Mevcut Bina Durumlarının İç Mekan Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Mevcut bina durumlarının iç mekan analizlerini yapmak için çalışma alanından 21 Aralık saat 12.00'da güneşe ulaşabilme durumlarına göre temsili 3 bina seçilmiştir. Aynı katta olan hacimlerin güneşe ulaşabilme durumlarının etkisini incelemek için AS3.1 binasının 2. katı, diğer binalardan farklı olan formu sebebiyle AS4.8 binasının 5. katı, farklı kat yüksekliğinin etkisini incelemek için AS5.20 binasının 2. ve 10. katı seçilmiştir.

Seçilen bu binalarda bulunan hacimlerin günışığı, enerji ve ısısal konfor analizleri yapılarak karşılaştırmaları yapılmıştır. Günışığı analizlerinden günışığı özerkliği, ortalama ışıyım, günışığı faktörü ve doğrudan güneş ışığı saatleri incelenmiştir. Hacimler için gerekli toplam enerji ihtiyaçları belirlenmiş, ısıtma ve soğutma yüklerinin saatlik grafikleri oluşturulmuştur. Mekanlar için yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı ve ısısal konfor durumları belirlenmiştir. Bu parametrelere göre oluşturulan tablolarla değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Aşağıdaki tabloda analiz edilen hacimlerde elde edilen en yüksek değerler gösterilmektedir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6. Hacimlerden elde edilen en yüksek günışığı analizi değerleri

	DA (%)	IRR (W/m ²)	DF (%)	DSH
AS3.1- 2. Kat	96.49	64.24	16.77	9 saat
AS4.8- 5. Kat	96.77	71.65	11.48	10 saat
AS5.20- 2. Kat	96.03	52.55	16.41	8 saat
AS5.20- 10.Kat	96.66	66.10	18.10	8 saat

Tabloya göre günışığı özerkliği oranları genel olarak birbirine yakın olsa da en fazla orana AS4.8 binasının 5. katı sahip olmuştur. Bu binanın yönlenmesi ve çevresinde fazla engelin bulunmaması bu durumu oluşturan etkenlerdendir. Ortalama ışıyım miktarı yine AS4.8 binasında en fazla olmuştur. Özellikle Daire 3'te bulunan salon hacminin konumu ve pencere oranları bu miktarı arttırmada önemli parametrelerdir. Günışığı faktörü oranı en fazla AS5.20 binasının 10. Katında görülmüştür. Buradaki hacimlerin bir engelle karşılaşan pencere sayısı diğer binalara göre daha azdır. AS4.8 binasının 5. Katındaki Daire 3'e ait salon hacmi 15 Mart tarihinde en çok günışığı saatine ulaşan mekan olmuştur. Bu hacmin konumu ve iki yönde bulunan pencereleri bu sayıyı arttıran etkenlerdendir.

Hacimler için gerekli yıllık ısıtma ve soğutma enerjileri, son kullanım yoğunluğu ve saatlik dağılım grafikleri olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre son kullanım yoğunluğu ve hacim bazında gerekli ısıtma ve soğutma enerjileri aşağıdaki tabloda görülmektedir (Çizelge 5.7-8). Çizelge 5.7'ye göre günışığına erişimi artan katlarda ısıtma enerjisi miktarı azalırken, soğutma enerjisi miktarı artmaktadır (Çizelge 5.7). Hacimlerin konumu, pencere oranları, pencere sayısı gibi parametrelerinin farklılığı her hacim için gereken ısıtma ve soğutma enerjisi miktarlarını etkilemektedir.

Çizelge 5.73.Son kullanım yoğunluğu değerleri

	Isıtma (kWh/m ²)	Soğutma (kWh/m ²)	EUI (kWh/m ²)
AS3.1- 2. Kat	69.957	9.633	79.590
AS4.8- 5. Kat	119.709	42.143	161.852
AS5.20- 2. Kat	138.541	43.987	182.528
AS5.20- 10. Kat	138.197	43.846	182.043

Çizelge 5.84. Hacimlerin saat başına en çok ihtiyaç duyduğu ısıtma ve soğutma enerjisi miktarları

AS3.1- 2. Kat	Isıtma (kWh)	Soğutma (kWh)
Daire 1		
Salon	1.66	0.76
Mutfak	1.26	0.66
E. Yatak Odası	1.15	0.55
Yatak Odası 1	0.69	0.28
Yatak Odası 2	1.16	0.50
Daire 2		
Salon	1.57	0.71
Mutfak	0.92	0.44
E. Yatak Odası	0.95	0.44
Yatak Odası	0.61	0.22
Daire 3		
Salon	1.58	0.71
Mutfak	0.91	0.44
E. Yatak Odası	0.96	0.45
Yatak Odası	0.86	0.41
Daire 4		
Salon	1.65	0.76
Mutfak	1.22	0.52
E. Yatak Odası	1.14	0.56
Yatak Odası 1	0.68	0.27
Yatak Odası 2	1.15	0.51

Çizelge 5.8. Hacimlerin saat başına en çok ihtiyaç duyduğu ısıtma ve soğutma enerjisi miktarları (Devamı)

AS4.8- 5. Kat	Isıtma (kWh)	Soğutma (kWh)
Daire 1		
Salon	1.98	1.24
Mutfak	1.39	0.86
E. Yatak Odası	0.84	0.50
Yatak Odası	1.27	0.79
Daire 2		
Salon	1.93	1.20
Mutfak	1.38	0.73
E. Yatak Odası	0.84	0.50
Yatak Odası	1.20	0.74
Daire 3		
Salon	2.49	1.25
Mutfak	0.69	0.41
Oturma Odası	1.06	0.62
E. Yatak Odası	1.36	0.83
Yatak Odası	0.74	0.44
Daire 4		
Salon	2.20	1.34
Mutfak	1.13	0.70
Oturma Odası	1.67	1.06
E. Yatak Odası	1.30	0.82
Yatak Odası	1.03	0.62
Daire 5		
Salon	1.91	1.21
Mutfak	1.38	0.86
E. Yatak Odası	0.83	0.50
Yatak Odası	1.19	0.75
Daire 6		
Salon	1.92	1.24
Mutfak	1.38	0.74
E. Yatak Odası	0.84	0.51
Yatak Odası	1.27	0.79

Çizelge 5.8. Hacimlerin saat başına en çok ihtiyaç duyduğu ısıtma ve soğutma enerjisi miktarları (Devamı)

AS5.20- 2. Kat	Isıtma (kWh)	Soğutma (kWh)
Daire 1		
Salon	1.89	1.19
Mutfak	1.18	0.75
E. Yatak Odası	1.68	1.10
Yatak Odası	0.91	0.55
Daire 2		
Salon	1.81	1.17
Mutfak	1.18	0.76
E. Yatak Odası	1.35	0.85
Yatak Odası	1.29	0.84
Daire 3		
Salon	1.75	1.13
Mutfak	1.18	0.76
E. Yatak Odası	1.29	0.81
Yatak Odası	0.89	0.54
Daire 4		
Salon	1.89	1.20
Mutfak	1.20	0.77
E. Yatak Odası	1.62	0.94
Yatak Odası	1.31	0.86
AS5.20- 10. Kat	Isıtma (kWh)	Soğutma (kWh)
Daire 1		
Salon	1.93	1.18
Mutfak	1.19	0.75
E. Yatak Odası	1.72	1.08
Yatak Odası	0.92	0.55
Daire 2		
Salon	1.84	1.16
Mutfak	1.20	0.75
E. Yatak Odası	1.37	0.84
Yatak Odası	1.31	0.83

Çizelge 5.8. Hacimlerin saat başına en çok ihtiyaç duyduğu ısıtma ve soğutma enerjisi miktarları (Devamı)

Daire 3		
Salon	1.78	1.12
Mutfak	1.20	0.75
E. Yatak Odası	1.31	0.80
Yatak Odası	0.90	0.53
Daire 4		
Salon	1.93	1.18
Mutfak	1.21	0.76
E. Yatak Odası	1.66	0.92
Yatak Odası	1.33	0.85

Hacimler için yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklıkları belirlenmiş ve ısısal konfor oranları incelenmiştir. Yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklığı aralıkları ve yıllık ısısal konfor oranları en yüksek ve en düşük olacak şekilde aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir (Çizelge 5.9-10). En düşük çözümlenmiş sıcaklık AS3.1 2. katta, en yüksek sıcaklık AS4.8 5. katta görülmüştür. Hacimlerin bulunduğu konumlar, pencere parametreleri, hacmin güneşe ulaşmasını engelleyen çıkıntılar gibi sahip olduğu parametreler bu değerlerin her hacimde farklı olmasına sebep olmaktadır. Bu farklı özellikler hacmi kullanan kullanıcıların farklı hissetmesine sebep olabilmektedir. Her kullanıcının bir ortamda hissettiği ısısal konfor birbirinden farklı olabildiği gibi hiçbir zaman tam bir memnuniyet hali bulunmamaktadır. Çizelge 5.10'a göre de hiçbir kat için ısısal konfor oranı %100'e ulaşamamıştır (Çizelge 5.10). AS4.8 binası 5. kat en yüksek ısısal konfor oranına sahiptir. AS3.1 binası 2. Katı ise en düşük ısısal konfor oranlarına sahip olmuştur.

Çizelge 5.9. Yıllık çözümlenmiş çalışma sıcaklıkları

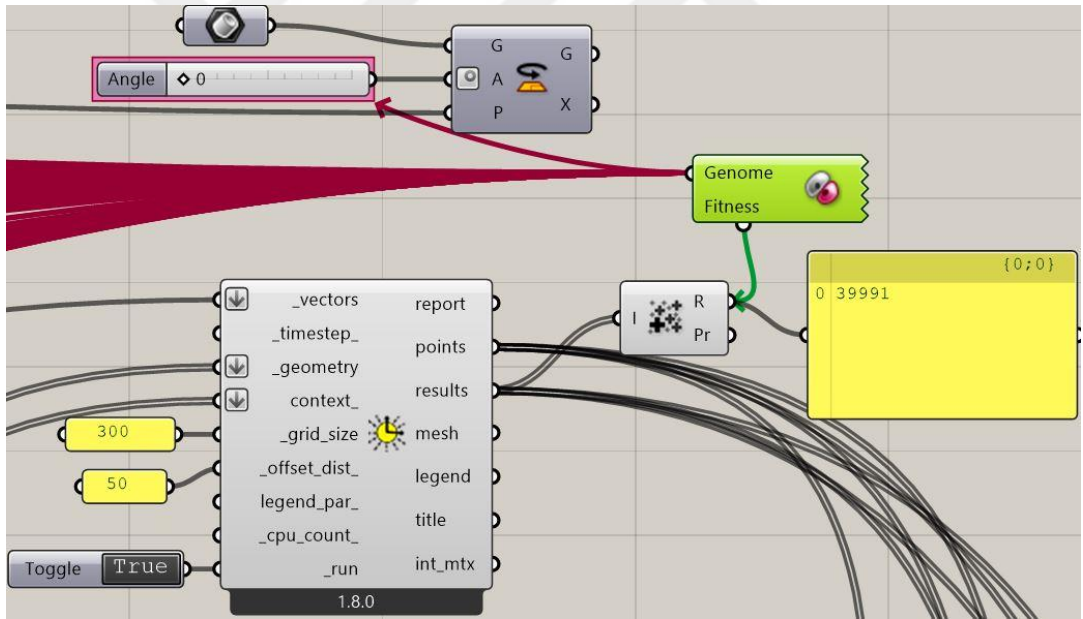
	En düşük (C°)	En yüksek (C°)
AS3.1- 2. Kat	20.55	21.68
AS4.8- 5. Kat	21.89	22.80
AS5.20- 2. Kat	21.85	22.32
AS5.20- 10. Kat	21.88	22.51

Çizelge 5.10. Yıllık ısısal konfor oranları

	En düşük (%)	En yüksek (%)
AS3.1- 2. Kat	28.85	42.27
AS4.8- 5. Kat	60.65	80.07
AS5.20- 2. Kat	68.78	77.73
AS5.20- 10. Kat	68.55	79.59

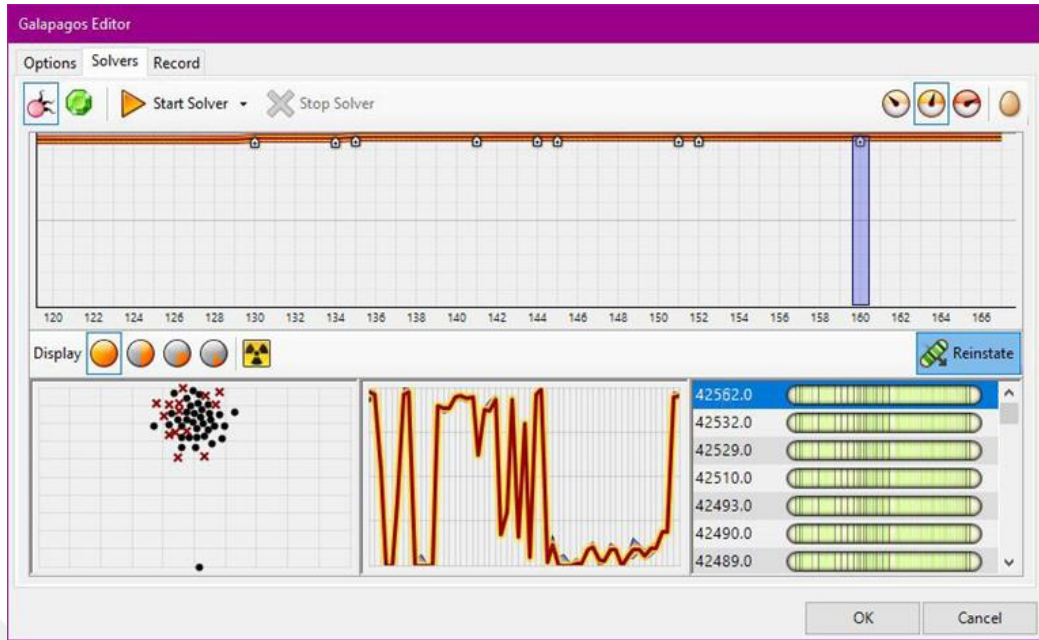
5.5. Alternatif Bina Konumuna Göre Güneşli Analizleri

Bina yerleşimleri, güneşli ile olan etkileşimlerde önemli faktörlerden biridir. Çalışma alanında belirli bölgelerdeki bina konumları, güneşli ulaşma konusunda birbirlerine engel oluşturmaktadır. Bu sebeple her bina için bir döndürme açısı tanımlanmıştır. Bu döndürme açıları değişken parametre olarak belirlenmiştir. Galapagos eklentisi aracılığıyla her bina için en uygun açı belirlenerek maksimum toplam güneşli saati tespit edilmeye çalışılmıştır. Buna göre Galapagos'ta bulunan 'Gen' bileşenine döndürme açıları; 'Uygunluk' bileşenine 21 Aralık saat 12.00'da her gridin ulaştığı toplam güneşli saati tanımlanmıştır (Şekil 5.69).



Şekil 5.69 Galapagos'a parametrelerin tanıtılması

Mümkün olabilecek en fazla gridin güneşli ulaşmasının hedeflendiği simülasyon 48 saat boyunca çalıştırılmıştır. Simülasyon sonucunda belirlenen dönme açlarına göre en fazla toplam '42562' saat güneşli ulaşılabilir (Şekil 5.70). Buna göre dönme açlarının farklı olduğu yeni bina yerleşimleri mevcut bina yerleşimlerinden daha iyi sonuç vermektedir. Aşağıdaki tabloda her bina için alternatiflen dönme açıları gösterilmiştir (Çizelge 5.11).



Şekil 5.70 Dönme açlarına göre elde edilen maksimum toplam güneş saati

Çizelge 5.11 Genetik algoritma önerisine göre binaların dönme açıları

Bina Adı	Dönme Açısı
AS1.1	349°
AS1.2	344°
AS1.3	192°
AS1.4	181°
AS1.5	0°
AS1.6	0°
AS2.1	322°
AS2.2	317°
AS2.3	317°
AS2.4	337°
AS2.5	339°
AS2.6	342°
AS2.7	341°
AS3.1	344°
AS3.2	349°
AS3.3	0°
AS3.4	0°

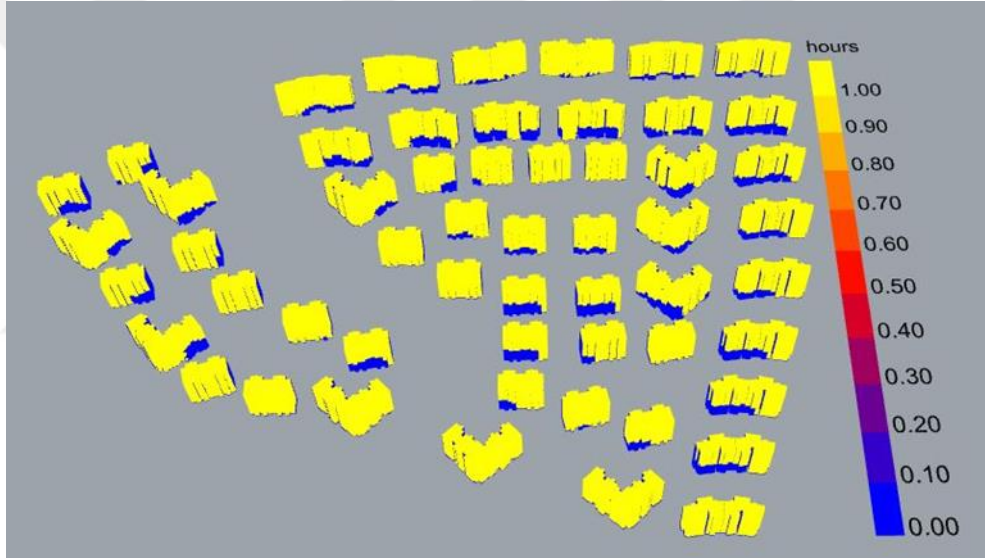
Çizelge 5.11 Genetik algoritma önerisine göre binaların dönme açıları (Devamı)

Bina Adı	Dönme Açısı
AS3.5	0°
AS3.6	0°
AS4.1	223°
AS4.2	315°
AS4.3	312°
AS4.4	108°
AS4.5	286°
AS4.6	17°
AS4.7	58°
AS4.8	334°
AS4.9	62°
AS4.10	334°
AS5.1	342°
AS5.2	341°
AS5.3	68°
AS5.4	67°
AS5.5	35°
AS5.6	34°
AS5.7	18°
AS5.8	33°
AS5.9	33°
AS5.10	345°
AS5.11	355°
AS5.12	6°
AS5.13	0°
AS5.14	0°
AS5.15	0°
AS5.16	43°
AS5.17	38°
AS5.18	32°
AS5.19	5°
AS5.20	5°
AS5.21	0°
AS5.22	8°

Çizelge 5.11 Genetik algoritma önerisine göre binaların dönme açıları (Devamı)

Bina Adı	Dönme Açısı
AS5.23	11°
AS5.24	19°
AS5.25	31°
AS5.26	33°

Genetik algoritma alternatifine göre oluşturulan yeni yerleşim düzeninde, özellikle AS4 binalarında belirgin şekilde gözükten güney yönüne yönelme durumu oluşmuştur. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde, çevresel koşullardan en verimli şekilde yararlanabilmek için binaların uzun kenarının güneye bakması istenmektedir. Buna göre simülasyonun önerdiği dönme açıları bu önergeye uyacak şekilde belirlenmiştir (Şekil 5.71).



Şekil 5.71 Simülasyon alternatifine göre yeni yerleşim düzeni (Güneyden bakış)

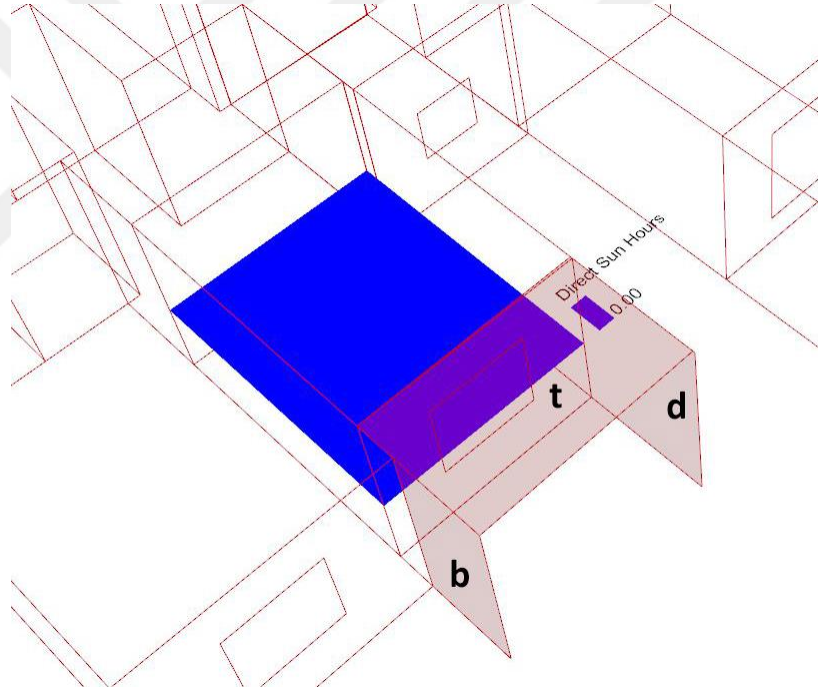
5.6. Alternatif Cephe Tasarımları

Önceki bölümde analiz edilen hacimlerden anlaşıldığı üzere, her mekanın güneşiyle ilişkisi farklıdır. Buna bağlı olarak her mekanın kullanıcıya hissettirdiği ısısal konfor ve ihtiyaç duyduğu ısıtma ve soğutma enerjileri de değişiklik göstermektedir. Bu sebeple mimarlar, yapacağı tasarımlarda mekana özel fikirler üretmelidir. Günümüzde bu fikirlerin üretiminde genetik algoritmanın kullanımı yaygınlaşmaktadır. Genetik algoritmanın yardımıyla farklı alternatiflerin üretilmesi tasarımların gelişimine katkı sağlamaktadır.

Bu bölümde, mevcut durumu analiz edilen hacimlerden bir tanesi seçilerek güneşiğine ulaşması açısından iyileştirmeler yapılması için genetik algoritma kullanılarak alternatifler yapılmıştır. Genetik algoritma için Grasshopper'da bulunan Galapagos bileşeninden yararlanılmıştır. İyileştirmeler için değiştirilen parametreler balkon çıkıntılarının boyutları ve pencere oranlarıdır.

Balkon çıkıntılarının boyutlarının değiştirilerek oluşturulacak alternatiflerin yapılması için seçilen hacim AS5.20 binası 10. katta yer alan Daire 3'te bulunan mutfak mekanıdır. Pencere oranlarının değiştirilmesi için bu katta bulunan dairelerdeki, doğrudan güneşiğine ulaşan pencereler kullanılmıştır.

AS5.20 binası, sıcak-nemli iklim bölgeleri için uygun olan doğu-batı doğrultusunda planlamaya sahiptir. 10. Katta bulunan hacimlerinin güneye bakan bölümleri diğer binalar tarafından engelle karşılaşmamaktadır. Daire 3'te bulunan mutfak hacmi de güneyde bulunmaktadır. Bu hacmin güney cephesinde bir pencere ve balkon çıkıntıları bulunmaktadır. 15 Mart tarihinde yapılan doğrudan güneş saati analizinde bu mekan güneş ışığına hiç ulaşamamaktadır (Şekil 5.73). Bu hacmin cephesinde bulunan balkon çıkıntıları tavanda, doğuda ve batıda olmak üzere 3 adettir. Aşağıda yapılacak açıklamalarda kolaylık olması açısından bu çıkıntılar tavan; t, doğu: d, batı: b olacak şekilde isimlendirilmiştir. Bu çıkıntılarının uzunlukları t; 320x200, d;140x200, b;200x291 şeklindedir.

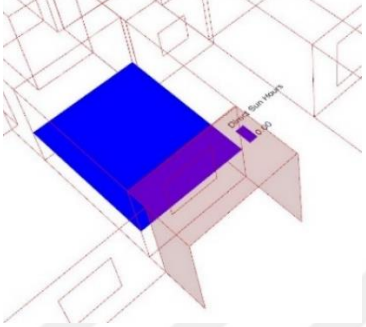
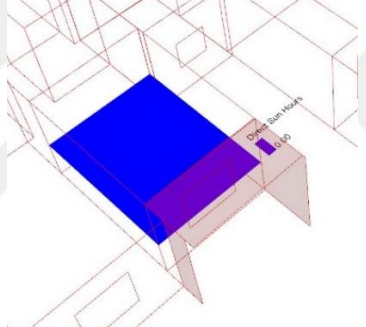
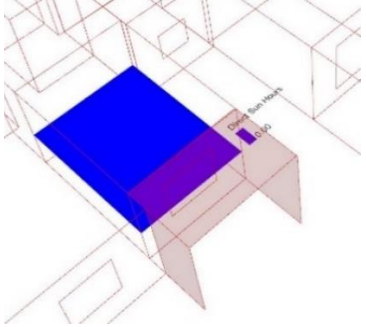


Şekil 5.72. AS5.20 10. kat daire 3'te bulunan mutfak hacmi doğrudan güneşiği saati mevcut durumu (Güneybatıdan bakış)

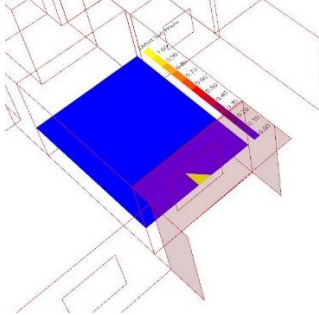
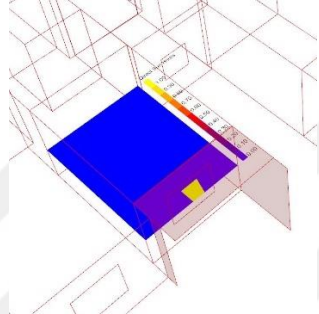
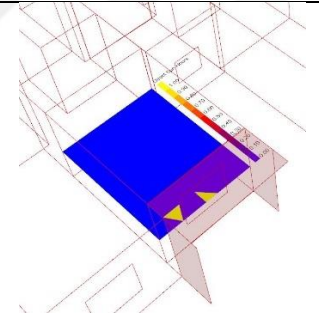
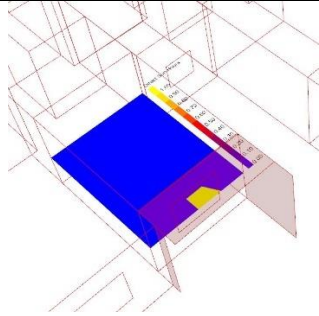
Genetik algoritma ile yapılacak alternatif cephe tasarımında bağımsız değişken (Genome); balkon çıkıntılarının kısa kenarlarının uzunlukları, bağımlı değişken (Fitness); doğrudan güneşiği saati olmuştur. Balkon çıkıntılarının kısa kenarlarının ölçülerinin değişimiyle doğrudan alınan güneş ışığı süresindeki değişimler incelenmiştir. Genetik algoritmaya verilen girdilerden elde edilen farklı alternatifler ile oluşturulan tasarımlar değerlendirilerek hacim için optimum seçenek aranmıştır.

Genetik algoritma 12 saat boyunca çalıştırılmıştır. Günişliğinin hiç alınmadığı durumdan en çok alınabildiği duruma kadar birçok cephe alternatifi incelenmiş, aralarından 30 tanesi örnek olarak seçilerek tablolastırılmıştır (Çizelge 5.12).

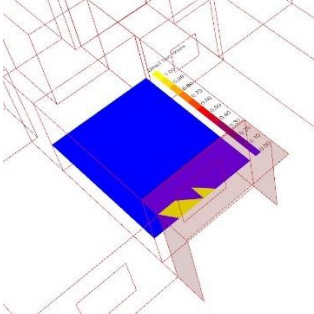
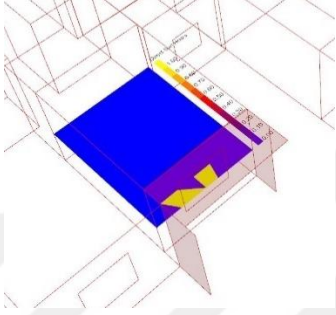
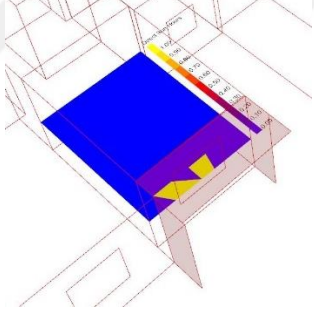
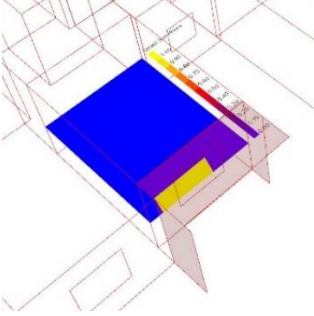
Çizelge 5.12. Doğrudan günişliği saati seviyelerine göre cephe alternatifleri

	Cephe	Ölçü (cm)	Doğrudan Günişliği Saati
Mevcut Durum		t: 200	0
		d: 200	
		b: 140	
Alternatif 1		t: 156	0
		d: 161	
		b: 68	
Alternatif 2		t: 142	0
		d: 113	
		b: 100	

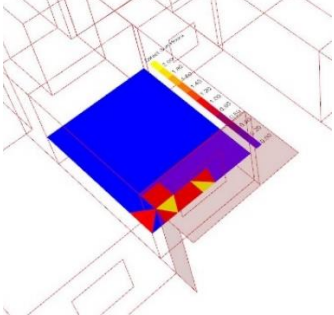
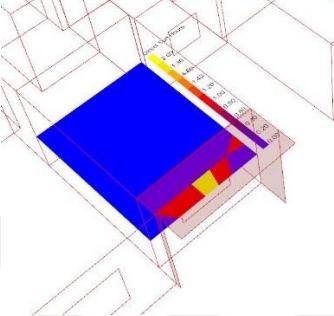
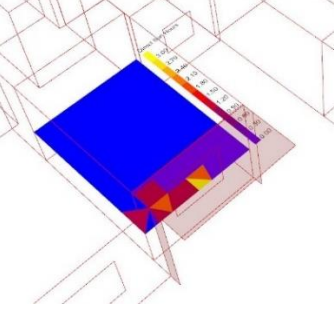
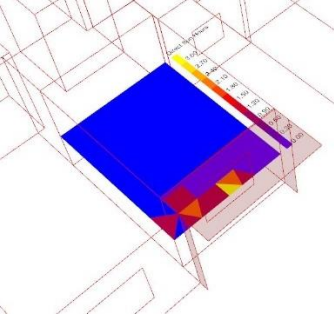
Çizelge 5.12. Doğrudan günışığı saati seviyelerine göre cephe alternatifleri (Devamı)

	Cephe	Ölçü (cm)	Doğrudan Günışığı Saati
Alternatif 3		t: 159	1
		d:103	
		b: 117	
Alternatif 4		t: 150	1
		d:194	
		b: 36	
Alternatif 5		t: 160	1
		d:102	
		b: 118	
Alternatif 6		t: 133	1
		d:193	
		b: 30	

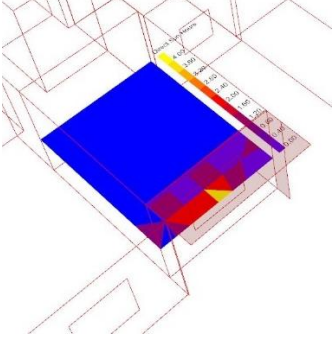
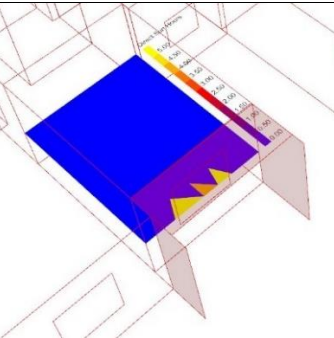
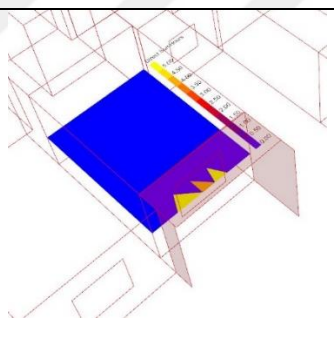
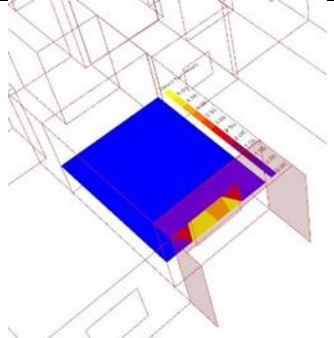
Çizelge 5.12. Doğrudan güneşliği saati seviyelerine göre cephe alternatifleri (Devamı)

	Cephe	Ölçü (cm)	Doğrudan Güneşliği Saati
Alternatif 7		t: 155	1
		d:90	
		b: 99	
Alternatif 8		t: 143	1
		d:76	
		b: 116	
Alternatif 9		t: 152	1
		d:77	
		b: 99	
Alternatif 10		t: 158	1
		d:66	
		b: 120	

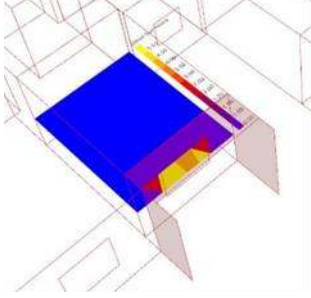
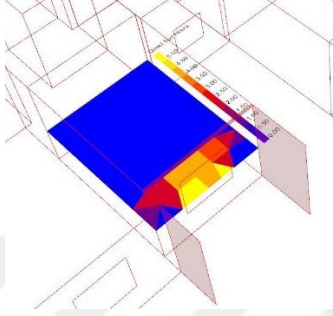
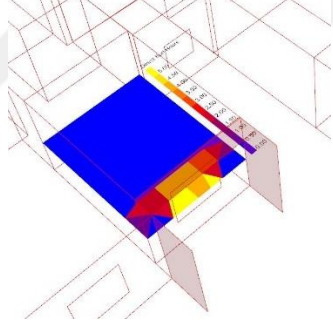
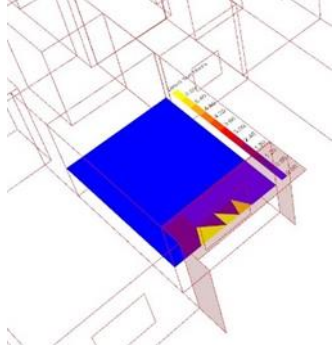
Çizelge 5.12. Doğrudan güneşliği saati seviyelerine göre cephe alternatifleri (Devamı)

	Cephe	Ölçü (cm)	Doğrudan Güneşliği Saati
Alternatif 11		t: 181	2
		d:19	
		b: 76	
Alternatif 12		t: 141	2
		d:85	
		b: 15	
Alternatif 13		t: 168	3
		d:30	
		b: 33	
Alternatif 14		t: 150	3
		d:44	
		b: 26	

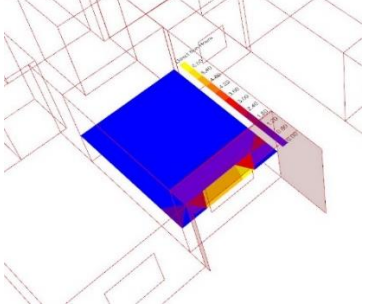
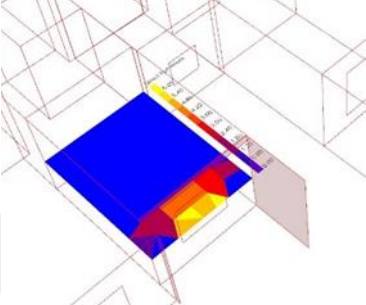
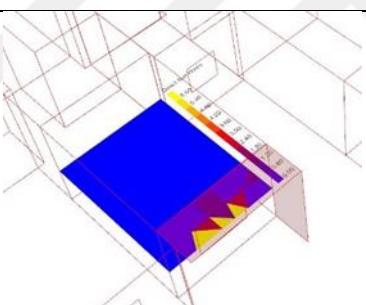
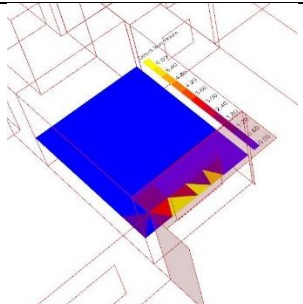
Çizelge 5.12. Doğrudan güneşliği saati seviyelerine göre cephe alternatifleri (Devamı)

	Cephe	Ölçü (cm)	Doğrudan Güneşliği Saati
Alternatif 15		t: 134	4
		d: 43	
		b: 4	
Alternatif 16		t: 121	5
		d:151	
		b: 102	
Alternatif 17		t: 126	5
		d:166	
		b: 59	
Alternatif 18		t: 112	5
		d: 152	
		b: 99	

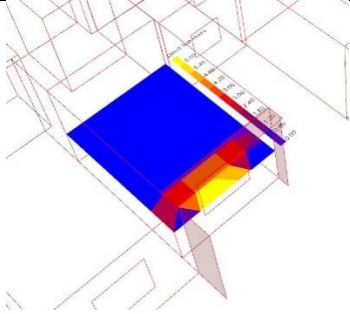
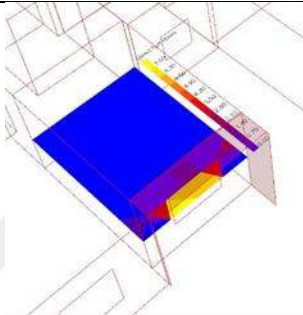
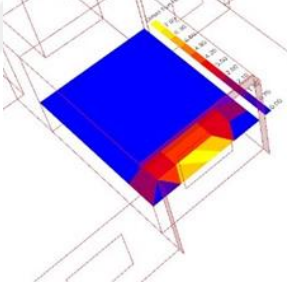
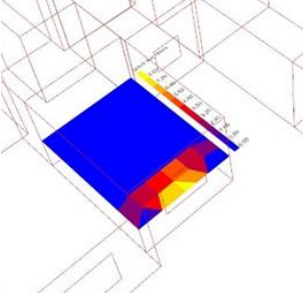
Çizelge 5.12. Doğrudan güneşliği saati seviyelerine göre cephe alternatifleri (Devamı)

	Cephe	Ölçü (cm)	Doğrudan Güneşliği Saati
Alternatif 19		t: 111	5
		d: 158	
		b: 118	
Alternatif 20		t: 7	5
		d: 171	
		b: 123	
Alternatif 21		t: 58	5
		d:123	
		b: 131	
Alternatif 22		t: 111	6
		d:158	
		b: 118	

Çizelge 5.12. Doğrudan güneşliği saati seviyelerine göre cephe alternatifleri (Devamı)

	Cephe	Ölçü (cm)	Doğrudan Güneşliği Saati
Alternatif 23		t: 91	6
		d: 172	
		b: 19	
Alternatif 24		t: 15	6
		d: 190	
		b: 14	
Alternatif 25		t: 115	6
		d: 114	
		b: 7	
Alternatif 26		t: 114	6
		d: 10	
		b: 123	

Çizelge 5.12. Doğrudan güneşliği saati seviyelerine göre cephe alternatifleri (Devamı)

	Cephe	Ölçü (cm)	Doğrudan Güneşliği Saati
Alternatif 27		t: 48	6
		d: 36	
		b: 100	
Alternatif 28		t: 83	7
		d: 88	
		b: 8	
Alternatif 29		t: 20	7
		d: 22	
		b: 16	
Alternatif 30		t: 0	8
		d: 0	
		b: 0	

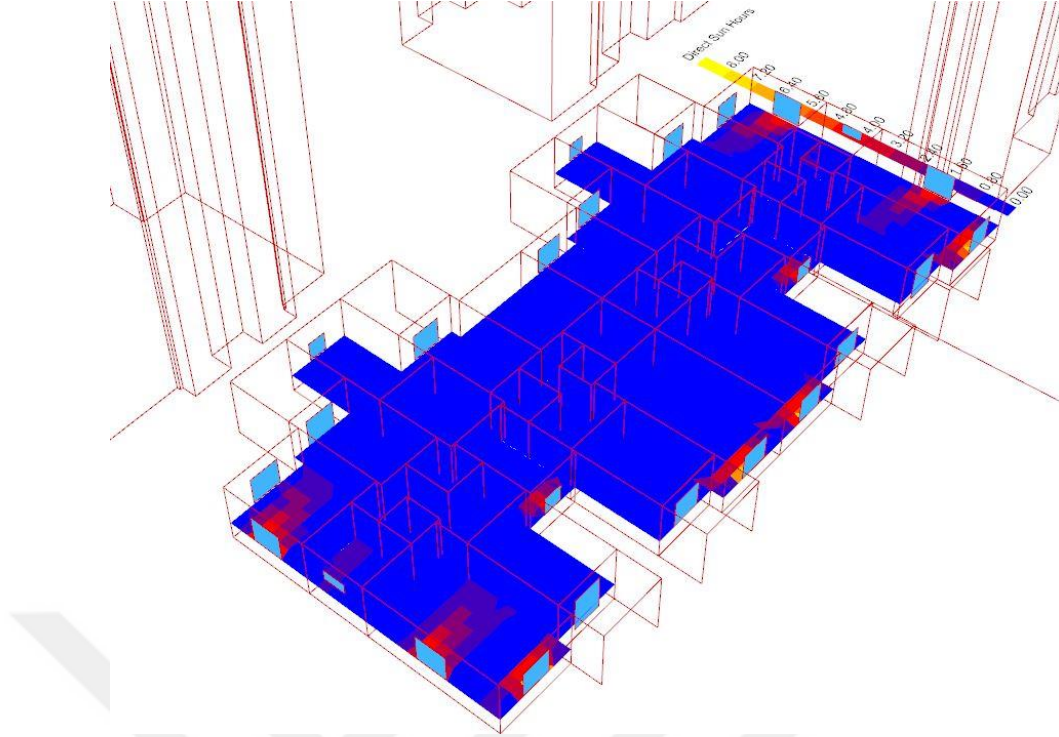
Çizelgeye göre balkon çıkıntılarının uzunluklarının değişmesiyle içeriye alınan doğrudan güneşliğin süresi de değişmektedir. Doğuda bulunan çıkıntının kısılmasıyla hacmin solunda doğrudan alınan güneşliği süresi artarken, batıda bulunan çıkıntının azalmasıyla hacmin sağında bu süre artmaktadır. Tavan çıkıntısının kısılması güneşliğin eşit bir dağılım sergilemesine izin vermektedir. Alternatif 30'da olduğu gibi hacmin önünde hiçbir engel bulunmadığında toplam 8 saat boyunca doğrudan güneşliğine ulaşılabilir.

Günlüğü standardına göre mekana alınan doğrudan günlük saatleri en az 1.5 saat en fazla 4 saat olacak şekilde belirlenmiştir. Buna göre tabloda bu saatleri sağlayan cepheler standardı karşılayacak sonuçlar verebilmektedir. 1.5 ve 4 saat aralığını karşılayan cepheler 11, 12, 13, 14 ve 15 alternatifleridir. Alternatif 15'ten itibaren olan cepheler 4 saati geçen sonuçlar vermektedir. Bu alternatifler farklı günlük parametrelerinin dikkate alınmasıyla da yapılabilmektedir. Farklı hacimlerde yapılacak analizlerde konum, yönelim gibi sebeplerden farklı sonuçların çıkması muhtemeldir. Yapı sisteminin ve işlevsel ihtiyaçların hesaba katılmasıyla da uzunlukların ölçüsüne verilecek karar değişebilmektedir.

Günlüğü standardına göre optimum doğrudan günlük saatini elde etmek için bu katta bulunan belirli pencereler seçilerek pencere oranları genetik algoritma aracılığıyla değiştirilmiştir. Farklı yönleri bakan hacimlere ait olan bu pencerelerin oluşturulacak yeni boyutları bulundukları duvarın %10'u ile %60'ı arasında olacak şekilde genetik algoritma koşullandırılmıştır. Doğrudan güneşine ulaşabilen pencereler analiz kapsamına alınmıştır. Seçilen pencereler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.:

- Daire 1, salon hacmi, güney ve batı pencereleri
- Daire 1, ebeveyn yatak odası hacmi, batı penceresi
- Daire 2, salon hacmi, güney penceresi
- Daire 3, salon hacmi, güney penceresi
- Daire 4, salon hacmi, güney ve doğu pencereleri
- Daire 4, ebeveyn yatak odası hacmi, doğu penceresi

15 Mart tarihindeki mevcut durumdaki doğrudan günlük saati grafiğine göre hacimlerin aldığı en fazla günlük saati 8 saattir. Bu saate güneyde bulunan pencerelerden ulaşılmaktadır. Hacimlerin aldığı toplam günlük saati ise 366 saattir. Mevcut durumdaki pencerelerin modeli şekilde gösterilmiştir (Şekil 5.73). Genetik algoritma aracılığıyla bu saat sayısının yüksek, hacim içine alınan doğrudan güneşinin fazla olduğu ve günlük standardına uygun alternatifler aranmıştır.



Şekil 5.73 AS5.20 binası 10. kat mevcut durum pencerelerine göre 15 Mart tarihindeki Doğrudan güneşliği saati grafiği (Güneybatıdan bakış)

Genetik algoritma ile yapılacak alternatif cephe tasarımında bağımsız değişken (Genome); pencere oranları, bağımlı değişken (Fitness); hacimlerin kazandığı toplam doğrudan güneş ışığı saati olmuştur. Pencere oranlarının değişimiyle doğrudan alınan güneş ışığı süresindeki değişimler incelenmiştir. Genetik algoritmaya verilen girdilerden elde edilen farklı alternatifler ile oluşturulan tasarımlar değerlendirilerek hacimler için optimum seçenek aranmıştır.

Genetik algoritma 4 saat boyunca çalıştırılmıştır. Güneş ışığının hiç alınamadığı durumdan en çok alınabildiği duruma kadar birçok cephe alternatifi incelenmiş, genetik algoritmanın sunduğu en uygun alternatif seçilerek görsel ve sayısal grafikleri oluşturulmuştur.

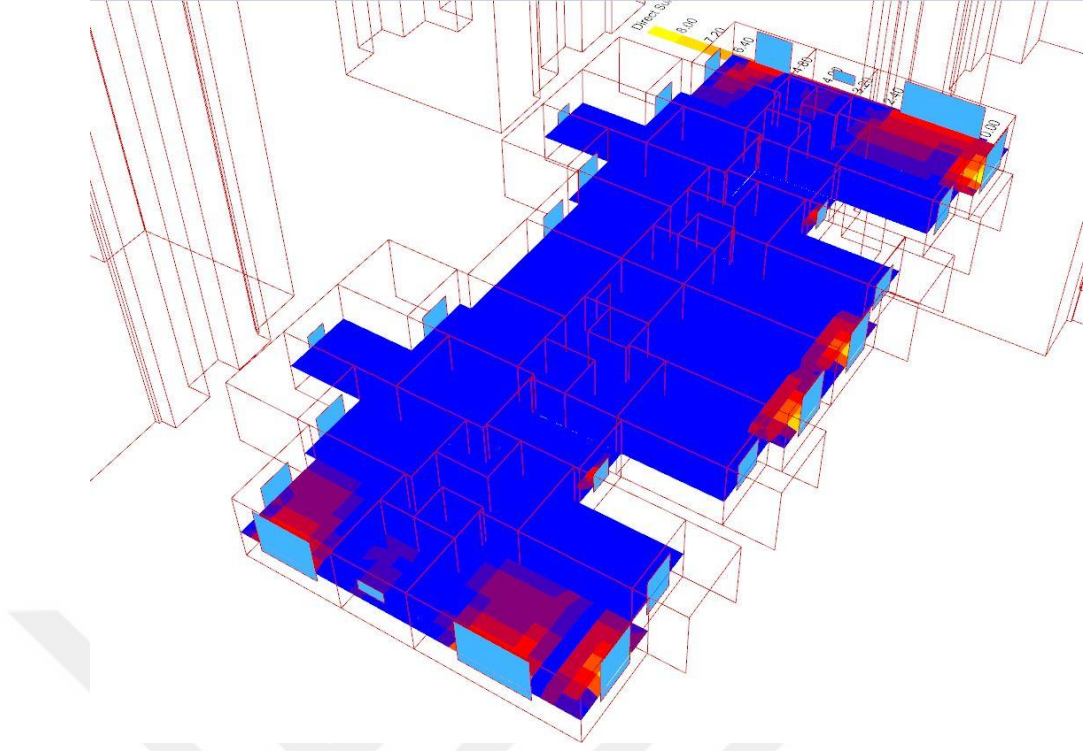
Genetik algoritmanın hacimler için önerdiği en uygun alternatifin kazandığı toplam doğrudan güneş ışığı saati '822 saat' olarak artış göstermiştir. Grafiklere göre pencere oranları artırılarak hacim içine daha fazla güneş ışığı alınması sağlanmıştır. Pencerelerin yönlerine göre önerilen pencere oranları değişiklik göstermektedir. Algoritmanın önerdiği pencere oranları aşağıdaki tabloda görülmektedir (Çizelge 5.13).

Çizelge 5.13 Genetik algoritma aracılığıyla elde edilen pencere oranları

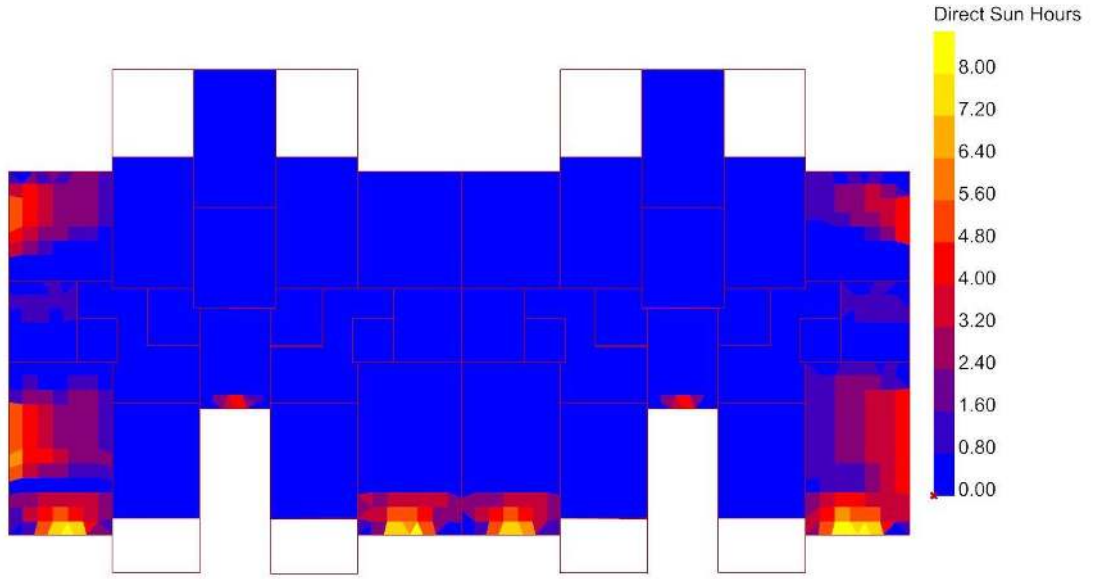
Daire İsmi	Mekan Hacmi	Pencerenin baktığı yön	Önerilen pencere oranı (%30)
Daire 1	Salon	Güney	%30
	Salon	Batı	%30
	E. yatak odası	Batı	%40
Daire 2	Salon	Güney	%30
Daire 3	Salon	Güney	%30
Daire 4	Salon	Güney	%40
	Salon	Doğu	%40
	E. yatak odası	Doğu	%30

Tabloda görüldüğü üzere hacimlerin ihtiyaç duyduğu günışığına göre gerekli görülen pencere oranları yönlere, hacimde bulunan pencere sayısına ve hacim büyüklüklerine göre değişmektedir. Genel olarak güneyde bulunan pencereler için %30 pencere oranı uygun görülmüştür. İki yönden penceresi bulunan Daire 1 salon hacmindeki pencere oranları %30 olarak yeterli görülürken, Daire 4 salon hacmindeki pencereler için %40 pencere oranı önerilmiştir. Batı güneşinin etkisi bu önerilerinin farklılaşmasına sebep olan unsurlardandır. Kuzeybatıda bulunan ebeveyn yatak odası hacmine ait pencere için %40 pencere oranı önerilmesinde gördüğü günışığı saati süresinin az olması sebep olmuştur. Günışığı süresinin az olmasına rağmen içeriye alınan günışığı miktarının artırılmasıyla bu olumsuz durum iyileştirilebilmektedir.

Oluşturulan görsel grafikler incelendiğinde pencere oranlarının günışığı miktarının hacim içerisine daha fazla girmesine olanak sağlayacak şekilde önerildiği görülmektedir (Şekil 5.74). Yeni pencere oranları ile mevcut duruma göre günışığı hacim içerisinde daha iyi bir yayılım göstermiştir. Analiz edilen hacimlerde en az günışığı saatine ulaşan alanlar 1.5 saat olarak belirlenmiştir. Bu süre günışığı standardına göre en düşük günışığı saati seviyesini karşılamaktadır. Genetik algoritma aracılığıyla önerilen pencere oranları alternatifine göre doğrudan günışığına ulaşan alanlar artmıştır (Şekil 5.75).



Şekil 5.74 AS5.20 binası 10. kat için önerilen pencereler (Güneybatıdan bakış)



Şekil 5.75 Önerilen pencere oranlarına göre doğrudan güneşliği saati grafiği

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Binaların konumu, yerleşimi, yönlenmesi, cephe açıklıkları, fiziksel çevreyle uyumu ve güneşiyle ilişkisi gibi konular bina içinde yaşayan kullanıcıyı etkilemektedir. Bu parametrelerle yapılacak tasarım, enerji, aydınlatma ve ısısal konfor bakımından optimum sonuçları vermelidir. Optimum bina yerleşimi ve bina cephesi tasarımlarında çeşitli simülasyonlardan yararlanılması, tasarım kararlarının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada toplu konutların mevcut yerleşimlerdeki güneşi analizleri yapılmış yerleşim açılarının genetik algorithma çözümlemeleri yapılarak iyileştirme alternatifleri geliştirilmiştir. Sonrasında seçilen örnek binaların belirli katlarındaki hacimlerde mevcut durumdaki güneşi, enerji ve ısısal konfor koşulları analiz edilmiş, seçilen örnek bir hacimde genetik algoritmanın kullanımıyla cephe alternatifleri sunulmuştur. Böylece simülasyon programı kullanılarak mevcut durum ve alternatif durumlar arasında yapılan karşılaştırmalarla optimum sonuçlar aranmıştır.

Mevcut durum analizlerinin simülasyon programında incelenerek alternatifler geliştirilmesi için Adana ili, Seyhan ilçesinde, İsmetpaşa-Bariş Mahallesi Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Projesi (Kıyıkent Evleri Projesi) kapsamında yapılan toplu konutları seçilmiştir. Bu bölgede bulunan binaların yerleşim düzenlerinin ve bina tiplerinin farklılığı bu alanın seçilmesinde etkili olmuştur. Seçilen alan Rhinoeros 3D programına aktararak alanın 3 boyutlu modeli oluşturulmuştur. Rhinoceros 3D içinde bulunan Grasshopper eklentisinde bulunan bileşenlerle çeşitli güneşi, enerji ve ısısal konfor analizleri yapılmıştır. Alanın mevcut durumdaki analizleri değerlendirilerek görsel grafikler oluşturulmuştur. Güneşi, enerji kullanımı ve ısısal konfor açısından daha iyi sonuçlar elde edebilmek adına genetik algoritmanın kullanımı ile alternatif tasarımlar geliştirilmiştir.

İlk olarak mevcut yerleşim düzeninin güneşi ve enerji analizleri yapılmıştır. Yıllık doğrudan güneşi saati, gökyüzü görüş faktörü (SVF), yıllık gökyüzü görünüm yüzdesi, enerji kazanımı, 21 Mart, 21 Haziran, 21 Eylül ve 21 Aralık tarihlerinde kazanılan doğrudan güneşi saatleri incelenmiştir. Binaların birbiriyle olan ilişkisi ve yerleşim açılarının bu parametreler üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Yapılan mevcut durum güneşi analizlerine göre bina konumları ve birbirleriyle olan ilişkileri sebebiyle binaların belirli yüzeyleri, güneşinden yeterince fayda sağlayamamaktadır. Güneşine doğrudan ulaşan saat sayısı en az olan tarih 21 Aralık olarak belirlenmiştir. 21 Aralık saat 12.00'da mevcut yerleşim düzeninin kazandığı doğrudan güneşi saatinin görsel grafiği oluşturulmuştur. Bu analizlerin sonuçları aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir:

- Binaların birbirleriyle olan mesafesi gökyüzü görüş faktörünü de etkilemektedir. AS3-AS5 binaları arasındaki mesafenin yakınlığı, gökyüzü görüş faktörü oranının en az seviyede olmasına neden olmuştur. Bu oran binaların birbirinden yeterince uzak olduğu alanlarda artarak %100'e ulaşmaktadır.

- Tüm binalar için gökyüzü görünümü yüzdesi kat seviyesi arttıkça artmaktadır. Kat seviyesi azaldıkça çevre binaların gökyüzü görünümüne engel olması sebebi ile bu oran azalmaktadır. AS4 gibi farklı formdaki binaların iç bükey bölgeleri bu oranı azaltmaktadır.
- Güneş ışınlarının dik açıda geldiği yüzeylerde enerji kazanımı en yüksek seviyede olmaktadır. Bina cepheleri gibi güneş ışınlarının daha eğimli geldiği yüzeylerde bu seviye düşmektedir. Bina girinti ve çıkıntıları, bina yönelimleri ve binaların birbirlerine olan mesafeleri bu seviyeyi etkilemektedir.
- Çalışma alanında AS3-AS5 binaları gibi, binaların birbirine olan mesafesi azaldıkça, engellenen binanın yıllık günışığını görme süresi azalmaktadır.
- AS4 binasının L şeklindeki formu ve bina yönelimi binanın belirli bölgelerine günışığı ulaşımını engellemektedir. Tüm binalarda bulunan girinti ve çıkıntıların değişikliğine göre günışığını görme süresi artıp azalmaktadır.
- Doğrudan günışığı saati, günışığının geliş açısına bağlı olarak tarihlere göre değişmektedir. 21 Mart, 21 Haziran, 21 Eylül ve 21 Aralık tarihlerinde incelenen grafiklere göre doğrudan günışığı saati en az olan tarih güneş ışığı açılarının en eğimli geldiği zaman olan 21 Aralık tarihi olmuştur.
- Isıtma enerjisinin en çok ihtiyaç duyulduğu zamanlarda gün ışığından en verimli şekilde faydalanılması, enerji tasarrufu bakımından önem arz etmektedir. 21 Aralık tarihi saat 12.00'da incelenen doğrudan günışığı saatine göre belirli bina yüzeylerinin günışığına ulaşımı engellemiştir.
- Doğrudan günışığına ulaşma süresinde, binaların birbiriyle olan ilişkisi, bina formu ve yönelimleri etkili olmaktadır.

İç mekan hacimlerinin mevcut durumlarının incelenmesi için örnek binalar seçilmiştir. Bu örnek binalar çalışma alanında diğer binalarla benzerlik gösteren temsil binalardır. Bu binalarda farklı katlarda bulunan iç mekan hacimlerinin günışığı, enerji ve ısısal konfor analizleri yapılmıştır. Hacimlerdeki günışığı özerkliği (DA), ortalama ışıınım, günışığı faktörü (DF), doğrudan günışığı saati, son kullanım yoğunluğu (EUI), gerekli ısıtma ve soğutma enerjisi miktarları, çözümlenmiş çalışma sıcaklığı ve ısısal konfor durumları incelenmiştir. Bu analizlerin sonuçları aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir:

- Hacimlerin bulunduğu konum, pencerelerinin baktığı yön, pencere-duvar oranı, cephe çıkıntıları farklı sonuçlar elde edilmesine sebep olan parametrelerdir.
- Günışığının engellendiği her durumda aydınlatma oranları, ortalama ışıınım, soğutma enerjisi ihtiyacı azalmakta, ısıtma enerjisi artmaktadır. Günışığının alındığı durumlarda tam tersi durum geçerli olmaktadır.

- Güneş ışığının iç mekana ulaşmasını sağlayan durumlar doğal aydınlatma imkanını artırırken ısı kazanımını arttırmaktadır.
- Isı kazanımının arttığı durumlarda mevsime bağlı olarak ısısal konfor koşulları değişebilmektedir. Yaz aylarında güneş ışığının iç mekana alınmasıyla artan ısı kazanımıyla kullanıcının ısısal konforu olumsuz etkilenirken, kış aylarında bu durum gerekli ısı enerjisini karşılayarak ısısal konforu olumlu etkileyebilmektedir.
- Her hacmin güneş ışığıyla ilişkisi farklı olduğundan güneş ışığı alımı, enerji kazanımı ve ısısal konfor koşulları farklı olmuştur.
- Güneş ışığı özerkliği grafiğine göre pencerenin döşemeden tavana kadar olması, odalarda iki ayrı yönde bulunan pencerelerin olması gibi pencere oranının arttığı durumlarda sensörlerdeki yüzdeler de artmaktadır.
- Ortalama ışıınım, güney cephelerde bulunan ve bina çıkıntılarının engel oluşturmadığı hacimlerdeki gibi pencerelerden iç mekana ulaşan doğrudan güneş ışığının artmasıyla artmaktadır.
- Güneş ışığı faktörü ve doğrudan güneş ışığı saati yönlenmeye bakılmaksızın pencere oranının yüksek olduğu ve pencerenin bir engelle karşılaşmadığı her hacimde artış göstermiştir.
- Dairelerin bulunduğu kat yüksekliğinin az olması, çevresindeki binaların konumu, binanın yerleşim açısı ve çeşitli bina çıkıntıları güneşi engelleyerek ısıtma enerjisine daha fazla ihtiyaç duyulmasına sebep olabilmektedir.
- Elde edilen grafiklere göre hacimler için en çok ısıtma ihtiyacı ocak ayında olmaktadır. Isıtma enerjisi miktarı diğer hacimlerden fazla olan bir hacmin ısıtma süresi günü diğer hacimlerden az olabilmektedir. Aynı şekilde ısıtma enerjisi miktarı az olsa bile ısıtma enerjisine ihtiyaç duyulan gün sayısı diğer hacimlere göre fazla olan mekanlar da gözlemlenmiştir.
- Hacimler için çözümlenmiş çalışma sıcaklığı değerleri ısısal konfor standardında açıklanan grafiğe göre uygun konfor koşullarına yaklaştıkça hacimlerde hissedilen konfor oranları da artış göstermiştir.

21 Aralık saat 12:00'da toplam doğrudan güneş saatinin daha fazla olabilmesi amacıyla genetik algoritma kullanılarak alternatif yerleşim açıları analiz edilmiştir. Binaların yerleşim açıları güneş ışığına yönelmesi bakımından önem arz etmektedir. Sıcak-nemli iklim bölgelerinde binaların uzun kenarının doğu-batı doğrultusunda olması önerilmektedir. Genetik algoritma kullanımıyla yapılan simülasyon sonucunda bu öneriyi destekleyecek şekilde binaların yerleşim açıları değiştirilmiştir. Bu yerleşim açılarına göre toplam doğrudan güneş saatinde artış olmuş, binaların

güneş ışığı alamayan yüzeyleri güneş ışığına ulaştırmıştır. Genetik algorithmadan elde edilen sonuçlara göre aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır:

- Toplam doğrudan güneşliği saatini arttırmak amacıyla binaların uzun kenarı doğu-batı doğrultusunda olacak şekilde farklı yönlere bakan binalar güneye yönlendirilmiştir.
- Binaların çıkıntılarının engel oluşturduğu ve kısa kenarlarının güneye baktığı durumlara göre binalar 180° döndürülmüştür.
- Binaların değişen formlarına göre uzun kenarlarını güneye yönlendirmek için farklı açılar önerilmiştir.
- Binaların birbirine oluşturacağı engellerden olabildiğince kaçınılmıştır.

Dış engellerden etkilenmeyen AS5.20 binası 10. katından örnek bir hacim seçilerek balkon çıkıntılarının uzunluklarına bağlı olarak iç mekanda kazanılan doğrudan güneşliği saatleri incelenmiştir. Güneşliği standardında belirlenen gerekli doğrudan güneşliği saatlerine göre optimum cephe alternatifleri sunulmuştur. Güneyde bulunan hacmin 3 kenarında bulunan balkon çıkıntılarının uzunlukları genetik algoritma üzerinden değiştirilerek hacim içine alınan doğrudan güneşliği saatleri incelenmiştir. Güneşliği standardına göre 1.5-4 saat aralığını karşılayan alternatiflerin olduğu cepheler optimum sonuç olarak seçilmiştir.

AS5.20 binası 10. Katında bulunan doğrudan güneşliğine ulaşan pencerelere sahip hacimler seçilerek pencere oranlarının değişimi genetik algoritma aracılığıyla doğrudan güneşliği saatine göre incelenmiştir. Seçilen pencereler doğu, batı ve güney yönlerine bakmaktadır. Genetik algoritmanın incelemesinin istendiği pencere oranları %10-60 arasında değişmektedir. Mevcut durumdaki toplam doğrudan güneşliği saati '366 saat' olmuştur. Genetik algoritma, pencere oranlarını değiştirerek bu saatin arttığı uygun çözümü aramıştır.

Genetik algoritmanın bulduğu uygun alternatife göre önerilen pencere oranları %30-40 arasında değişmiştir. Bu oranlar pencerelerin baktığı yönlere, pencere sayısına ve hacim büyüklüğüne göre değişmektedir. Önerilen pencere oranlarına göre hacim içerisine alınan doğrudan güneşliği saati ve güneşliğine ulaşan alanlarda artış olmuştur. Toplam doğrudan güneşliği saati '822 saat' olarak yükselmiştir. Genetik algorithmadan elde edilen balkon çıkıntısı uzunlukları ve pencere oranları sonuçlarına göre aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır:

- Doğu, batı ve tavanda bulunan balkon çıkıntılarının uzunluklarının değişimi ile güneşliği hacim içerisine farklı seviyelerde ve açılarda alınabilmektedir.
- Genetik algoritma pencerelerin bulunduğu hacme ve yönlere göre dikkat ederek pencere oranlarında önerilerde bulunmuştur.

- Önerilen pencere oranlarına göre doğrudan günışığına ulaşan alanlar ve toplam doğrudan günışığı saatinde artış olmuştur.
- Genetik algoritma hedeflenen amaç için birden fazla yol önerebilmekte, bir sorunun birden fazla çözümü olabilmektedir.
- Genetik algoritmanın bir problem için birden fazla çözüm sunması, tasarımcının bu çözümler arasından uygun seçimi yapabilmesini kolaylaştırmaktadır.

Yaşadığımız binalar ve binaların bulunduğu fiziksel çevre kullanıcının konforunu etkileyecek birçok parametreye sahiptir. Bu parametrelerin dikkate alınarak yapıldığı tasarımlar enerji tasarrufu sağlarken aynı zamanda kullanıcıyı olumlu etkileyecek mekanların oluşturulmasını sağlamaktadır. Gelişen teknolojiyle beraber bu parametrelerin çeşitli simülasyon programları ile analiz edilebilmesi, tasarımın optimum şekilde geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu imkanın varlığını gösterebilmek adına bina yerleşimlerinin optimum açıları doğrudan günışığı saatine göre genetik algoritma kullanımıyla belirlenmiştir.

Simülasyon programlarının yardımıyla her hacim için ayrı değerlendirmelerin yapılabilmesi mekana özel tasarımlar yapılmasına olanak sağlamaktadır. Yapılan çalışmada bu yöntemin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla seçilen hacme özel olacak şekilde, doğrudan alınan günışığı saatlerine göre balkon çıkıntılarının uzunlukları farklılaştırılmıştır. Optimum cephe tasarımlarında hacme özel değişkenlerin göz önünde bulundurulması daha verimli sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

Yaşadığımız mekanların konforu ve enerji tasarrufu her zaman önemini koruyan konular olmuştur. Optimum tasarım çözümlerini bulmak, tasarımcının hedeflerinden biridir. Optimum tasarımlarda günışığının kullanımı, enerji tasarrufunu sağlayan bir çözüme ulaşmayı kolaylaştırmaktadır. Teknolojinin gelişimiyle bu çözüm arayışlarında simülasyon programlarının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Genetik algoritmanın kullanılarak çeşitli koşulların kısa sürede değerlendirilmesi yapılabilmekte ve farklı seçenekler arasından optimum çözümler bulunabilmektedir. En sonunda en uygun tasarımın kararını tasarımcı vermektedir.

KAYNAKLAR

- Akköse, G., Duran, A., Gürsel Dino, İ. P. E. K., & Akgül, Ç. A. Ğ. L. A. (2023). Machine learning based evaluation of window parameters on building energy performance and occupant thermal comfort under climate change. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 38(4).
- Alaş, C. (2016). Kentsel dönüşüm projelerinin kentsel yaşam kalitesi üzerindeki etkisinin adana örneğinde incelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- ANSI/ASHRAE (2017) Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
- Bahdad, A. A. S., Fadzil, S. F. S., & Taib, N. (2020). Optimization of daylight performance based on controllable light-shelf parameters using genetic algorithms in the tropical climate of Malaysia. *Journal of Daylighting*, 7(1), 122-136.
- Bocaneala, N. (2020). Daylight optimisation using parametric dynamic façades to improve energy efficiency. *Journal of Building Survey, Appraisal & Valuation*, 9(3), 269-284.
- BSI. (2021). BS EN 17037. Light and Lighting - Lighting of work places, Part 1: Indoor work places
- de Sousa Freitas, J., Cronemberger, J., Soares, R. M., & Amorim, C. N. D. (2020). Modeling and assessing BIPV envelopes using parametric Rhinoceros plugins Grasshopper and Ladybug. *Renewable Energy*, 160, 1468-1479.
- Ercan, B., & Elias-Ozkan, S. T. (2015). Performance-based parametric design explorations: A method for generating appropriate building components. *Design Studies*, 38, 33-53.
- Goia, F., Haase, M., & Perino, M. (2013). Optimizing the configuration of a façade module for office buildings by means of integrated thermal and lighting simulations in a total energy perspective. *Applied energy*, 108, 515-527.
- González, J., & Fiorito, F. (2015). Daylight design of office buildings: Optimisation of external solar shadings by using combined simulation methods. *Buildings*, 5(2), 560-580.
- Indrawan, S. E., Iswanto, R., & Gondoputranto, O. (2023). UTILIZING THE IRIS MECHANISM AND GENETIC ALGORITHMS TO OPTIMIZE DAYLIGHTING AND SOLAR RADIATION IN SURABAYA CLASSROOMS.
- Kamel, T. Testing and Empirical Validation of Building Energy Modeling Toolcase Study: Residential Building Middle Income. Available at SSRN 4410735.
- Köse, E., & Manioğlu, G. (2019). Evaluation of the performance of a building envelope constructed with phase-change materials in relation to orientation in different climatic regions. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 111, p. 04003). EDP Sciences.

- Lee, S., & Lee, K. S. (2020). Optimization of apartment-complex layout planning for daylight accessibility in a high-density city with a temperate climate. *Energies*, 13(16), 4172.
- Lin, Z., Hong, T., Xu, X., Chen, J., & Wang, W. (2023). Evaluating energy retrofits of historic buildings in a university campus using an urban building energy model that considers uncertainties. *Sustainable Cities and Society*, 95, 104602.
- Lobaccaro, G., Fiorito, F., Maserà, G., & Prasad, D. (2012). Urban solar district: a case study of geometric optimization of solar façades for a residential building in Milan. In *Proceedings of the 50th Annual Conference, Australian Solar Energy Society (Australian Solar Council)* (pp. 1-10). Australian Solar Energy Society.
- López, C. S. P., Sala, M., Tagliabue, L. C., Frontini, F., & Bouziri, S. (2016). Solar radiation and daylighting assessment using the Sky-View Factor (SVF) analysis as method to evaluate urban planning densification policies impacts. *Energy Procedia*, 91, 989-996.
- Lu, S., Lin, B., & Wang, C. (2020, April). Investigation on the potential of improving daylight efficiency of office buildings by curved facade optimization. In *Building Simulation* (Vol. 13, pp. 287-303). Tsinghua University Press.
- Lu, Y., Wang, S., Yan, C., & Huang, Z. (2017). Robust optimal design of renewable energy system in nearly/net zero energy buildings under uncertainties. *Applied energy*, 187, 62-71.
- MOHAMADIN, M. F., ABOUAIANA, A. A., & WAGIH, H. H. (2016). Parametric Islamic Geometric Pattern For Efficient Daylight And Energy Performance. *PARAMETRICISM VS. MATERIALISM*, 227.
- Özerol, G., & Selçuk, S. A. (2023). Bioclimatic Façade Design Based on Daylight Parameter and Optimization of Alternatives Through Genetic Algorithms: An Office Building in Ankara. *PLANARCH-Design and Planning Research*, 7(2), 108-115.
- Saad, Mohamed & Saad, Mostafa. (2016). INVESTIGATION OF THE EFFECTIVE PARAMETERS IN SQUARE UNIT BASED SHADING SYSTEMS; A SCOPE OF ACHIEVING BALANCE BETWEEN DAYLIGHT AND THERMAL PERFORMANCE.
- Sadeghipour Roudsari, M., Pak, M., & Viola, A. (2013, August). Ladybug: a parametric environmental plugin for grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design. In *Building Simulation 2013* (Vol. 13, pp. 3128-3135). IBPSA.
- Samadi, S., Noorzai, E., Beltrán, L. O., & Abbasi, S. (2020). A computational approach for achieving optimum daylight inside buildings through automated kinetic shading systems. *Frontiers of Architectural Research*, 9(2), 335-349.
- Sayın, K. (2019). Toplu konutların günışığı ile aydınlanması üzerine bir inceleme (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

- Sheikh, M. E., & Gerber, D. J. (2011). Building Skin Intelligence: A parametric and algorithmic tool for daylighting performance design integration. Proceedings of the annual conference of the Association of Computer Aided Design in Architecture ACADIA, 170-177.
- Tong, W. (2023). Building Daylight Simulation Analysis Based on Ladybug+ Honeybee Parametric Approach: A Case Study of Gando Primary School. Journal of Architectural Research and Development, 7(4), 7-14.
- Yazıcıoğlu, G. (2023). Computational Investigation of Urban Heat Island Mitigation Scenarios in Educational Buildings (Master's thesis, Middle East Technical University).
- Yüksel, S. (2021). 1950 sonrası üretilmiş olan toplu konutlarda bina cephelerinin ısı ve işitsel performans açısından değerlendirilmesi: Ataköy örneği. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

İnternet Kaynakları

<https://www.ladybug.tools/epwmap/>

<https://earth.google.com/web/@37.00964038,35.27736073,26.43637943a,876.01943288d,35y,-0h,0t,0r/data=CgRCAggBOgMKATBCAggASg0I> ARAA

ÖZGEÇMİŞ

Adı, Soyadı

Ayşegül BİLGİLİ

Eğitim Bilgileri

2022 – 2025

Yüksek Lisans

Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü,
Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kasım ÇELİK

2018- 2022

Lisans (Çift Anadal)

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
Bölümü

2016 – 2021

Lisans

Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü

2012- 2016

Lise

İMKB Anadolu Öğretmen Lisesi, Adana
