



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



Yüksek Lisans Tezi

**GELENEKSEL MİMARİDEN ÖĞRENME: İRAN YERLEŞME
DOKUSUNDA SICAK-KURU İKLİM BÖLGESİ PASİF TASARIM
KRİTERLERİ PERFORMANSLARININ BİNA ENERJİ VE KULLANICI
KONFOR PARAMETRELERİ ÜZERİNDEN İNCELENMESİ**

Sevda SHIRZAD SOLTANAHMADI

İç Mimarlık Anabilim Dalı

İç Mimarlık Programı

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Enes YAŞA**

Ağustos, 2024

İSTANBUL

Bu çalışma, 14.08.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından İç Mimarlık Anabilim Dalı, İç Mimarlık Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Enes YAŞA (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fakülte

Mimarlık Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Selahattin ERSOY
İstanbul Üniversitesi
Mimarlık Fakültesi

Prof. Dr. Esra BOSTANCIOĞLU
İstanbul Kültür Üniversitesi
Mimarlık Fakültesi

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi’nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Bu tez, numaralı projesi ile desteklenmiştir. |

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

--

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca saygıdeğer ve çok kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Enes YAŞA'ya gerek dersler sürecinde ve gerekse tez çalışmam boyunca her zaman destek olduğu için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Alan çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. Amirhossein JANZADEH, Öğr. Gör. Dr. Ahadollah AZAMİ ve Dr. Öğr. Üyesi Tofıgh TABESH'e teşekkür ederim. Yüksek lisans sürecim boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Hatice Umut TUĞLU KARSLI'ya şükranlarımı ve saygılarımı sunarım.

Hayatım boyunca her koşulda benim yanımda olan, beni cesaretlendiren ve moral veren aileme özellikle canım anneme ve babama ve bana destek olan arkadaşım Sevim KILIÇ'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

Ağustos 2024

Sevda SHIRZAD SOLTANAHMADI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ.....	xxi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xxiii
ÖZET	xxv
SUMMARY	xxvii
1. GİRİŞ.....	
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI	8
1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI.....	8
1.3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ	12
2. İRAN'IN KURU SICAK İKLİM BÖLGESİNDE GELENEKSEL PASİF İKLİMLENDİRME STRATEJİLERİ	14
2.1. İRAN'IN KARAKTERİSTİK İKLİMSEL ÖZELLİKLERİ.....	14
2.1.1. İran'ın Soğuk İklim Bölgesi.....	14
2.1.1.1. Soğuk İklim Bölgesinin İklim Özellikleri.....	15
2.1.1.2. Soğuk İklim Bölgesinin Kentsel Özellikleri.....	15
2.1.1.3. Soğuk İklim Bölgesinin Bina özellikleri	15
2.1.2. İran'ın Ilıman İklim Bölgesi	17
2.1.2.1. Ilıman İklim Bölgesinin İklim Özellikleri	17
2.1.2.2. Ilıman İklim Bölgesinin Kentsel Özellikleri	17
2.1.2.3. Ilıman İklim Bölgesinin Bina Özellikleri.....	18
2.1.3. İran'ın Sıcak-Nemli İklim Bölgesi	18
2.1.3.1. Sıcak-Nemli İklim Bölgesinin İklim Özellikleri.....	19
2.1.3.2. Sıcak-Nemli İklim Bölgesinin Kentsel Özellikleri	19
2.1.3.3. Sıcak-Nemli İklim Bölgesinin Bina Özellikleri.....	19
2.1.4. İran'ın Sıcak-Kuru İklim Bölgesi.....	20
2.1.4.1. Sıcak-Kuru İklim Bölgesinin İklim Özellikleri	21
2.1.4.2. Sıcak-kuru İklim Bölgesinin Kentsel Özellikleri	21
2.1.4.3. Sıcak-Kuru İklim Bölgesinin Bina Özellikleri.....	22

2.2. İRAN'IN GELENEKSEL MİMARİSİNİN PASİF İKLİMLENDİRME STRATEJİLERİ	25
2.2.1. Rüzgar Kulesi	25
2.2.1.1. Rüzgar kulesinin tarihçesi ve performansı	25
2.2.1.2. İran'da Bulunan Rüzgar Kulelerinin Yapısı	27
2.2.1.3. İran'ın Yezd Bölgesi'nde Bulunan Rüzgar Kulelerinin Özellikleri	32
2.2.1.4. Diğer Ülkelerde Bulunan Rüzgar Kuleleri Örnekleri	42
2.2.2. Avlu Tipolojisi	45
2.2.2.1. İran ve İran'ın Yezd Bölgesi'nde Bulunan Merkezi Avlu Tipolojisi	46
2.2.2.2. İran ve İran'ın Yezd Bölgesi'nde Bulunan Godal Bahçe Tipolojisi	49
2.2.2.3. Serdab	55
2.2.2.4. Kanat	57
2.2.3. Eyvan ve Revak	58
2.2.4. Bina Yönlenmesi	59
2.2.5. Binalarda Kullanılan Yöresel Malzemeler	60
2.2.6. Pencere Yapısı	61
2.2.6.1. Orosi	62
2.2.6.2. Şabak	63
2.2.7. Çatı Yapısı	64
3. METODOLOJİ	68
3.1. ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN SICAK-KURU İKLİM KARAKTERİSTİK ÖZELLİĞİNDE YER ALAN YEZD BÖLGESİ'NDE TASARLANAN OFİS PROJESİ TANITIMI	68
3.1.1. Yezd Bölgesi'nin Coğrafi Konumu	68
3.1.2. Yezd Bölgesi'nin İkliminin Karakteristik Özellikleri	69
3.1.3. Ele Alınan Ofis Mimari Projesinin Konumu	73
3.1.4. Ele Alınan Ofis Mimari Projesinin Tanıtımı	75
3.1.5. Ele alınan Ofis Projesinde Kullanılan Geleneksel ve Modern Pasif Soğutma Teknikleri	78
3.1.5.1. Ele alınan ofis binasında avlu tipolojileri: Merkezi Avlu, Godal Bahçe ve Yan Avluların İncelenmesi	78
3.1.5.2. Bina Yönlenmesi	82
3.1.5.3. Rüzgar Kulesi Özellikleri	84
3.1.5.4. Açık Alanlarda Gölgeleme Kullanımı	88
3.1.5.5. Yapı Kabuğu Üzerinde Opak Saydam Yüzey Alan Tasarımı	90
3.1.5.6. Ofis Binası Yapı Kabuğunda Kullanılan Malzemeler	91

3.2. OFİS BİNASI ÜZERİNDEKİ SİMÜLASYONLAR VE İNCELENEN PARAMETRELERİN TANITIMI.....	96
3.2.1. Bu Çalışma Kapsamında Analiz Aracı Olarak Kullanılan Design Builder Yazılımının Tanıtılması	96
3.2.2. ÇALIŞMA KAPSAMINDA İNCELENEN PARAMETRELER VE KONFİGÜRASYONLARIN TANITIMI	97
4. BULGULAR.....	112
4.1. KONF-1: PASİF TASARIM YÖNTEMLERİ UYGULANMAYAN AVLULU OFİS BİNASININ İNCELENMESİ.....	115
4.2. KONF-2: ELE ALINAN OFİS BİNASININ DIŞ PENCERELERİ (DP) VE İÇ PENCERELERİ (İP) ARACILIĞIYLA GERÇEKLEŞEN DOĞAL HAVALANDIRMANIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ	121
4.3. KONF-3: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASINDA GÖLGELİK ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	128
4.4. KONF-4: ÇALIŞMA KAPSAMINDA LC ETKİSİNİN İNCELENMESİ	136
4.5. KONF-5: ÇALIŞMA KAPSAMINDA LC VE GÖLGELİK ÖĞESİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ	143
4.6. KONF-6: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASINDA LED AYDINLATMA SİSTEMİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	150
4.7. KONF-7: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASINA R-1 EKLENMESİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	157
4.8. KONF-8: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASINA R-2'NİN EKLENMESİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ	164
4.9. KONF-9: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASINA R-3'UN EKLENMESİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ	170
4.10. KONF-10: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASININ DIŞ DUVARLAR VE ÇATI YAPISINA XPS YALITIMININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ.....	177
4.11. KONF-11: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASININ DIŞ DUVARLARINDA LECA BLOĞUNUN KULLANILMASI	184
4.12. ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASININ MERKEZİ AVLUSU, GODAL BAHÇESİ VE RÜZGAR KULELERİNİN DIŞ CFD ANALİZLERİ.....	192
4.13. ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELDE EDİLEN TÜM KONFİGÜRASYONLARA AİT ANALİZLERİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	194
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	205
KAYNAKLAR.....	210
ÖZGEÇMİŞ.....	226

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Ahmadi ve diğ. orosi pencereler üzerine yaptıkları çalışma [24].	5
Şekil 1.2: İran'ın geleneksel mimarisinde sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan godal bahçe [61].	10
Şekil 1.3: İran'ın geleneksel mimarisinde Şabak ögesi [62].	11
Şekil 1.4: Çalışmanın kapsamı (Yazar tarafından Lucidchart'ta üretilmiştir.)	12
Şekil 1.5: Çalışma kapsamında on bir konfigürasyonda ele alınan parametreler (Yazar tarafından Lucidchart'ta üretilmiştir.)	13
Şekil 2.1: İran ikliminin sınıflandırılması [27].	14
Şekil 2.2: Soğuk iklim bölgesinde yer alan birbirine yakın binaların kentsel dokusu [68].	15
Şekil 2.3: Erdebil şehrinde yer alan Sadegi Evi'nin merkezi avlusunun kuzeyinde bulunan büyük cephe [69, 70].	16
Şekil 2.4: Ilıman iklim bölgesinde kentsel doku [71, 73].	17
Şekil 2.5: Ilıman iklim bölgesinde binaların eğimli çatıları [63, 75].	18
Şekil 2.6: Sıcak-nemli ikliminde bulunan bir merkezi avluya sahip konut binasının planı [63].	20
Şekil 2.7: Sıcak-nemli iklim bölgesinde yer alan yarı içe dönük ve geniş eyvana sahip olan geleneksel bina [77].	20
Şekil 2.8: İran merkezinde bulunan 2 ana çöl bölgesi [78].	21
Şekil 2.9: Sıcak-kuru iklim bölgesinde bulunan dar sokaklar [81, 82].	22
Şekil 2.10: İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Boroujerdiha Evi'nde yer alan su havuzu ve yeşil alanı [83].	22
Şekil 2.11: İran'ın kuru-sıcak iklim bölgesinde yer alan Boroujerdiha Evi'nin kışlık yaşam alanı (sol) ve yazlık yaşam alanı (sağ) [83, 85, 86].	23
Şekil 2.12: Yezd Bölgesi'nde kerpiçten yapılan binalar [89].	24
Şekil 2.13: Mezarının 011 tablosundan Neb-Amon'un Firavunlara ait evinin rüzgar kulesi, ondokuz Hanedan (MÖ 1300) [97].	26

Şekil 2.14: Firavun'un Malqafı, Neb-Amun'un evi (MÖ 1300 civarı) [98].	26
Şekil 2.15: Rüzgar kulesinin yapısı [99, 104, 105].	28
Şekil 2.16: Tek yönlü rüzgar kulesi [107].	29
Şekil 2.17: Kirmani rüzgar kulesinin planı ve yapısı [106, 108].	30
Şekil 2.18: Tabas Şehrinde bulunan bir üç yönlü rüzgar kulesi [106].	30
Şekil 2.19: İran'da bulunan dört yönlü rüzgar kulesi [109].	31
Şekil 2.20: Dolat Abad rüzgar kulesi [110].	31
Şekil 2.21: Yezd Bölgesi'nde Abarkooş şehrinde yer alan Aghazade Köşkü'nün iki katlı ve 4 yönlü rüzgar kulesi [64, 113].	32
Şekil 2.22: Yezd Bölgesi'nde Tabas şehrinde yer alan Amir Köşkü'nün iki katlı ve sekiz yönlü rüzgar kulesi [64, 114].	32
Şekil 2.23: Yezd Bölgesi'nde bulunan çift yönlü rüzgar kulesi [65].	33
Şekil 2.24: Yezd bölgesi'nde bulunan dört yönlü rüzgar kulesi [65, 115]. Error! Bookmark not defined.	
Şekil 2.25: Yezd Bölgesi'nde yer alan Dolat Abad rüzgar kulesi [110].	34
Şekil 2.26: Yezd Bölgesi'nde bulunan rüzgar kulelerinin iç duvarlarının haç biçiminde farklı yapıları [30].	35
Şekil 2.27: Rüzgar kulelerinin iç duvarları [65].	36
Şekil 2.28: Yezd Bölgesi'nde incelenen 53 adet rüzgar kulesinin çatı üzerinden yüksekliği (yazar).	38
Şekil 2.29: İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan üç rüzgar kulesine sahip olan Boroujerdiha Evi [119].	42
Şekil 2.30: Afganistan'da mevcut rüzgar kulelerinin yapısı [65].	43
Şekil 2.31: Mısır'da mevcut rüzgar kulelerinin yapısı [118, 60, 36].	43
Şekil 2.32: Türkiye'de mevcut rüzgar kulelerinin yapısı [36, 105].	44
Şekil 2.33: Irak'ta bulunan rüzgar kulelerinin yapısı [36].	44
Şekil 2.34: İran'ın geleneksel mimarisinden bir merkezi avlu örneği [121].	45
Şekil 2.35: Yezd Bölgesi'nde yer alan Mortaz Evi'nin merkezi avlusu [35].	46
Şekil 2.36: Yezd bölgesi'nde incelenen merkezi avlularının alan yüzdesi (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).	48

Şekil 2.37: Yezd’de bulunan merkezi avlularının oranları [128].	48
Şekil 2.38: Ağa Bürüzg Camisi’nin godal bahçesi [130].	50
Şekil 2.39: İran’ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Serdab [138].	55
Şekil 2.40: Boroujerdiha Evi’nin kesitinde serdabın diğer alanlara göre düşük hava sıcaklığı [79].	56
Şekil 2.41: Serdabın ortasında yer alan Hozkhane [138].	56
Şekil 2.42: Rüzgar kulesinin Kanat'a entegre edilmesi (sol), Kanat'a bağlı bir yer altı dikey şaftın kullanılması (sağ) [141].	57
Şekil 2.43: Bage Han’ın rüzgar kulesi ve kanatın soğutma performansı [142].	58
Şekil 2.44: İran’ın geleneksel binalarında eyvan [145].	58
Şekil 2.45: İran’ın geleneksel binasında bulunan revak [145].	59
Şekil 2.46: İran’ın sıcak-kuru iklim bölgesinde kullanılan yöresel malzemeler örneği [151].	61
Şekil 2.47: İran’ın geleneksel binasının dış cephesindeki açıklıklar [86].	62
Şekil 2.48: İran’ın geleneksel binalarında Orosi penceresi [155].	63
Şekil 2.49: İran’ın geleneksel mimarisinde Şabak yapımı [156, 158].	63
Şekil 2.50: Hindistan’da yapılan hemşirelik yüksek okulunda Şabak ögesinin modern şekli [159].	64
Şekil 2.51: Kubbeli çatının soğutma performansı [65].	65
Şekil 2.52: 5. yüzyılda Sasani Dönemi’nde yapılan ve aynı zamanda İran’nın en eski tek kabuklu kubbeli binası, Servestan sarayı [164, 165].	65
Şekil 2.53: İran’daki en büyük tuğladan inşa edilmiş kubbeli binası, kubbesi iki ayrı kabuktan oluşan ve yüksekliği 50.48 metre olan Sultaniye Kubbesi [166].	66
Şekil 2.54: Çift ve birbirine bağlı kabuklu kubbeye sahip olan Şeyh Lütfullah Camiisi [167, 168].	66
Şekil 2.55: Üçlü kabuklu kubbeye sahip olan Gevher Şad Türbesi [169, 27].	66
Şekil 3.1: Yezd Bölgesi’nin İran Haritası’nda yer alan konumu [171].	68
Şekil 3.2: Yezd Bölgesi’nde ortalama aylık ve yıllık hava sıcaklığı (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)	69
Şekil 3.3: Yezd Bölgesi’nin ortalama yıllık kuru termometre sıcaklığı (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)	70

Şekil 3.4: Yezd Bölgesi'nin ortalama günlük kuru termometre sıcaklığı (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)	71
Şekil 3.5: Yezd Bölgesi'nde toprağın 0.5, 2 ve 4 metre altında ortalama hava sıcaklığı (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)	72
Şekil 3.6: Yezd Bölgesi'nde rüzgar yönü, hızı ve sıcaklığına ilişkin diyagram (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)	72
Şekil 3.7: Yezd bölgesi'nde rüzgar hızı (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.).....	73
Şekil 3.8: Proje lokasyonu (Harita: [172], Yazar tarafından Revit ve Lumion programlarında üretilmiştir.)	74
Şekil 3.9: Ofis binasının konumunun perspektif şeması (Yazar tarafından Revit ve Lumion programlarında üretilmiştir.).....	75
Şekil 3.10: Ofis binasının zemin kat planı (Yazar tarafından AutoCad programında üretilmiştir.).....	76
Şekil 3.11: Ofis binasının zemin katının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	76
Şekil 3.12: Ofis binasının bodrum kat planı (Yazar tarafından AutoCad programında üretilmiştir.).....	77
Şekil 3.13: Ofis binasının bodrum katının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	78
Şekil 3.14: Ofis binası ve merkezi avlunun alanı (Yazar tarafından AutoCad programında üretilmiştir.).....	79
Şekil 3.15: Ofis binasının uzunluk ve genişlik ölçüleri (Yazar tarafından AutoCad programında üretilmiştir.).....	80
Şekil 3.16: Ofis binasının güney ve kuzey cephelerinde yer alan YA-1 ve YA- 2 (Yazar tarafından Revit ve Lumion programlarında üretilmiştir.)	81
Şekil 3.17: YA-1 ve YA-2'ye bakan cepheler üzerinde parametrik boşluklu tuğlalı şeklinde duvar yapısı (Yazar tarafından Revit ve Lumion programlarında üretilmiştir.)	82
Şekil 3.18: Ofis binasının ortasında yer alan godal bahçe (Yazar tarafından Revit ve Lumion programlarında üretilmiştir.).....	82
Şekil 3.19: Bina yönelmesinin parametrik analizi (Yazar tarafından Design Builder programında üretilmiştir.).....	83
Şekil 3.20: Binanın kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde iç hava sıcaklığı (Yazar tarafından Design Builder programında üretilmiştir.)	84

Şekil 3.21: Rüzgar kulelerin toprağa yerleştirilen kanallar ile bodrum katına bağlanması (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	85
Şekil 3.22: Ofis binasının bodrum katında K-1, K-2 ve K-3'ün yerleşimi (Yazar tarafından Revit Programında üretilmiştir.)	86
Şekil 3.23: Rüzgar kulesi ve yer altı kanalının detayı (Yazar tarafından üretilmiştir.)	87
Şekil 3.24: Yezd Bölgesi'nde yeraltı kanalı ile rüzgar kulesinin binaya bağlantısı [142].	88
Şekil 3.25: Ele alınan ofis binasında kullanılan gölgelik (Yazar tarafından Revit ve Lumion Programlarında üretilmiştir.)	89
Şekil 3.26: Hareketli membran gölgelik örneği [176].	90
Şekil 3.27: Yezd Bölgesi'nin geleneksel binalarının yığma yapı sistemi [203]	Error!
Bookmark not defined.	
Şekil 3.28: Leca bloğun farklı türleri [180].	93
Şekil 3.29: XPS yalıtım malzemesi [183].	94
Şekil 3.30: Tasarlanan ofis binasında kullanılan cam türü (Yazar tarafından Design Builder yazılımından alınmıştır.).....	95
Şekil 3.31: Low-e kaplamalı camın sıcak ve soğuk günlerde performansı [185].	96
Şekil 3.32: PPD ve PMV indekslerinin ilişkisi [199].	99
Şekil 3.33: Ele alınan ofis binasının Design Builder yazılımında çalışma günleri ve mesai saati (Yazar tarafından Design Builder yazılımından alınmıştır.)	100
Şekil 3.34: Ele alınan ofis binasında kullanılan gölgeliğin ayarları (Yazar tarafından Design Builder yazılımından alınmıştır.)	100
Şekil 3.35: KONF-1'de ofis binasının perspektif görünüş (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	101
Şekil 3.36: KONF-2'de ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	104
Şekil 3.37: KONF-3'te ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	104
Şekil 3.38: KONF-4'te ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	105
Şekil 3.39: KONF-5'te ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	105

Şekil 3.40: KONF-6'de ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	106
Şekil 3.41: KONF-7'de ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	107
Şekil 3.42: KONF-8'de ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	107
Şekil 3.43: KONF-9'da ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	108
Şekil 3.44: KONF-10'da ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	110
Şekil 3.45: KONF-11'de ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.).....	111
Şekil 4.1: KONF-1'de elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	115
Şekil 4.2: KONF-1'de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs- 30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	116
Şekil 4.3: KONF-1'de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	116
Şekil 4.4: KONF-1'de elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	117
Şekil 4.5: KONF-1'de elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	118
Şekil 4.6: KONF-1'de elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	118
Şekil 4.7: KONF-1'de elde edilen ESD (1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	119
Şekil 4.8: KONF-1'de elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	119
Şekil 4.9: KONF-1'de elde edilen esg (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	120
Şekil 4.10: KONF-1'de elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	121
Şekil 4.11: KONF-2'de elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	122

Şekil 4.12: KONF-2’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	122
Şekil 4.13: KONF-2’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	123
Şekil 4.14: KONF-2’de elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	124
Şekil 4.15: KONF-2’de elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	124
Şekil 4.16: KONF-2’de elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	125
Şekil 4.17: KONF-2’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	126
Şekil 4.18: KONF-2’de elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	127
Şekil 4.19: KONF-2’de elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	127
Şekil 4.20: KONF-2’de elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	128
Şekil 4.21: KONF-3’te elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	129
Şekil 4.22: KONF-3’te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	130
Şekil 4.23: KONF-3’te elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	130
Şekil 4.24: KONF-3’te elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	131
Şekil 4.25: KONF-3’te elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	132
Şekil 4.26: KONF-3’te elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	133
Şekil 4.27: KONF-3’te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	133
Şekil 4.28: KONF-3’te elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	134

Şekil 4.29: KONF-3'te elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	135
Şekil 4.30: KONF-3'te elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	135
Şekil 4.31: KONF-4'te elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	136
Şekil 4.32: KONF-4'te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	137
Şekil 4.33: KONF-4'te elde edilen ESD aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	138
Şekil 4.34: KONF-4'te elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	138
Şekil 4.35: KONF-5'te elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	139
Şekil 4.36: KONF-4'te elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	140
Şekil 4.37: KONF-4'te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	140
Şekil 4.38: KONF-4'te elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	141
Şekil 4.39: KONF-4'te elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	142
Şekil 4.40: KONF-4'te elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	142
Şekil 4.41: KONF-5'te elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	143
Şekil 4.42: KONF-5'te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	144
Şekil 4.43: KONF-5'te elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	144
Şekil 4.44: KONF-5'te elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	145
Şekil 4.45: KONF-5'te elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	146

Şekil 4.46: KONF-5'te elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	147
Şekil 4.47: KONF-5'te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	147
Şekil 4.48: KONF-5'te elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	148
Şekil 4.49: KONF-5'te elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	149
Şekil 4.50: KONF-5'te elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	149
Şekil 4.51: KONF-6'da elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	150
Şekil 4.52: KONF-6'da elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	151
Şekil 4.53: KONF-6'da elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	152
Şekil 4.54: KONF-6'da elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	152
Şekil 4.55: KONF-6'da elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	153
Şekil 4.56: KONF-6'da elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	154
Şekil 4.57: KONF-6'da elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	154
Şekil 4.58: KONF-6'da elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	155
Şekil 4.59: KONF-6'da elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	156
Şekil 4.60: KONF-6'da elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	156
Şekil 4.61: KONF-7'de elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	157
Şekil 4.62: KONF-7'de elde edilen ESD (1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	158

Şekil 4.63: KONF-8’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	159
Şekil 4.64: KONF-7’de elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	159
Şekil 4.65: KONF-7’de elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	160
Şekil 4.66: KONF-7’de elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	161
Şekil 4.67: KONF-7’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	161
Şekil 4.68: KONF-7’de elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	162
Şekil 4.69: KONF-7’de elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	163
Şekil 4.70: KONF-7’de elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	163
Şekil 4.71: KONF-8’de elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	164
Şekil 4.72: KONF-8’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs- 30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	165
Şekil 4.73: KONF-8’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	166
Şekil 4.74: KONF-8’de elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	166
Şekil 4.75: KONF-8’de elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	167
Şekil 4.76: KONF-8’de elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	168
Şekil 4.77: KONF-8’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	168
Şekil 4.78: KONF-8’de elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	169
Şekil 4.79: KONF-8’de elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	169

Şekil 4.80: KONF-9’da elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	170
Şekil 4.81: KONF-9’da elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	171
Şekil 4.82: KONF-9’da elde edilen ESD (1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	171
Şekil 4.83: KONF-9’da elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	172
Şekil 4.84: KONF-9’da elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	173
Şekil 4.85: KONF-9’da elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	174
Şekil 4.86: KONF-9’da elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	174
Şekil 4.87: KONF-9’da elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	175
Şekil 4.88: KONF-9’da elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	175
Şekil 4.89: KONF-9’da elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	176
Şekil 4.90: KONF-9’da elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	177
Şekil 4.91: KONF-10’da elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	178
Şekil 4.92: KONF-10’da elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	178
Şekil 4.93: KONF-11’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	179
Şekil 4.94: KONF-10’da elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	180
Şekil 4.95: KONF-10’da elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	181
Şekil 4.96: KONF-10’da elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	181

Şekil 4.97: KONF-10’da elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	182
Şekil 4.98: KONF-10’da elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	183
Şekil 4.99: KONF-10’da elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	183
Şekil 4.100: KONF-11’de elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	184
Şekil 4.101: KONF-11’de elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	185
Şekil 4.102: KONF-11’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	186
Şekil 4.103: KONF-11’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	186
Şekil 4.104: KONF-11’de elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	187
Şekil 4.105: KONF-11’de elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	188
Şekil 4.106: KONF-11’de elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	189
Şekil 4.107: KONF-11’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	189
Şekil 4.108: KONF-11’de elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	190
Şekil 4.109: KONF-12’de elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	191
Şekil 4.110: KONF-11’de elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	191
Şekil 4.111: Ele alınan ofis binasının rüzgar kulelerinin CFD analizi (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	193
Şekil 4.112: Ele alınan ofis binasının merkezi avlu ve godal bahçenin CFD analizi (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.).....	192
Şekil 4.113: Ele alınan ofis binasının dış CFD analizi (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)	194

Şekil 4.114: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) iç hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)	195
Şekil 4.115: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) PPD değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).....	196
Şekil 4.116: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) PMV değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).....	196
Şekil 4.117: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) GL değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).....	197
Şekil 4.118: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) SIW değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).....	198
Şekil 4.119: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) SEW değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).....	199
Şekil 4.120: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının EASG'de (25 Ocak) iç hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)	199
Şekil 4.121: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının EASG'de (22 Ocak) PPD değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).....	200
Şekil 4.122: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında EASG'de (25 Ocak) PMV değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).....	201
Şekil 4.123: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında EASG'de (25 Ocak) GL değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).....	202
Şekil 4.124: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının EASG'de (22 Ocak) SIW değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).....	203
Şekil 4.125: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının EASG'de (25 Ocak) SEW değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.).....	203
Şekil 4.126: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ortalama yıllık iç hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)	204

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1: İran'ın geleneksel mimarisinde kullanılan bazı pasif iklimlendirme yöntemler (Yazar tarafından üretilmiştir.).....	2
Tablo 2.1: Rüzgar kulesinin ana bileşenleri (101, 103, 104).....	27
Tablo 2.2: Yezd Bölgesi'nde bulunan bazı tarihi binalarının Talar ve rüzgar kulesi alanları [65].	36
Tablo 2.3: Yezd Bölgesi'nde yapılan 4 yönlü rüzgar kulelerinin örnekleri (Yazar tarafından üretilmiştir.).....	39
Tablo 2.4: Yezd Bölgesi'nde incelenen tarihî binalarının merkezi avlularının uzunluk/genişlik oranı [127].....	47
Tablo 2.5: Havuz ve yeşil alanlarının ortalama alan değerleri ve avluya oranlarının incelenmesi ve karşılaştırılması [55].	49
Tablo 2.6: Dünya'da godal bahçenin örnekleri [129].....	50
Tablo 2.7: Design Builder yazılımından elde edilen sonuçlar [131].	52
Tablo 2.8: Yezd Bölgesi'nde incelenen godal bahçelerinin bazı özellikleri [129].....	52
Tablo 2.9: Yezd Bölgesi'nde incelenen godal bahçelerin bazı özellikleri [129].	53
Tablo 2.10: Yezd bölgesi'nde seçilen geleneksel binaların yönü ve dönüş açısı [148].	59
Tablo 3.1: Binanın kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde iç hava sıcaklığı (Yazar tarafından üretilmiştir.).....	Error! Bookmark not defined.
Tablo 3.2: Yezd Bölgesi'nde bulunan on adet geleneksel binanın her cephesinde bulunan açıklık oranı (Yazar tarafından üretilmiştir.).....	90
Tablo 3.3: Ofis binasında bulunan duvar, döşeme, tavan, çatı katmanları ve özellikleri (Yazar tarafından üretilmiştir.).....	92
Tablo 3.4: İran'ın Ulusal İnşaat Yasasının 19. Bölümüne göre bina bileşenlerinin ısı iletkenlik katsayısı [171].	95
Tablo 3.5: PMV indekslerinin değerlerinin anlamları [202].	98
Tablo 3.6: PMV-PPD indekslerinin ilişkisi [203].	98

Tablo 3.7: KONF-1’de ofis binasında kullanılan malzemeler (Yazar tarafından üretilmiştir.).....	101
Tablo 3.8: Farklı KONF’larda dış duvar ve çatı yapısı katmanları (Yazar tarafından üretilmiştir.).....	109
Tablo 4.1: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında on bir farklı konfigürasyon özeti (Yazar tarafından üretilmiştir.)	112
Tablo 5.1: Çalışma kapsamında ESG’de (4 Temmuz) ele alınan altı parametrede en ideal yöntemlerin düşüş miktarı (Yazar tarafından üretilmiştir.)	207



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
----------	----------

°	: Derece
°C	: Santigrat derece
%	: Yüzde

Kısaltmalar	Açıklama
-------------	----------

PMV	: Tahmini ortalama oy (the predicted mean vote)
PPD	: Memnuniyetsizlik tahmini yüzdesi (the predicted percentage of dissatisfied)
GL	: Genel aydınlatma (general lighting)
SIW	: İç pencerelerden güneş enerjisi ısı kazanımı (solar gains interior window)
SEW	: Dış pencerelerden güneş enerjisi ısı kazanımı (solar gains exterior window)
Low-e	: Düşük emisyonlu
ESD	: En sıcak dönem (soğutma dönemi)
EASD	: En az sıcak dönem (ısıtma dönemi)
ESA	: En sıcak ay
EASA	: En az sıcak ay
ESG	: En sıcak gün
EASG	: En az sıcak gün
KONF	: Konfigürasyon
MA	: Merkezi avlu
GB	: Godal bahçe
YA	: Yan avlu
R	: Rüzgar kulesi
K	: Kanal
DP	: Dış pencere
İP	: İç pencere
LC	: Low-e kaplamalı çift cam
C	: Tek cam
FL	: Floresan aydınlatma sistemi
cm	: Santimetre

m : metre
kWh : Kilowatt saat
MWh : Megawatt saat

|



ÖZET

[YÜKSEK LİSANS TEZİ]

[GELENEKSEL MİMARİDEN ÖĞRENME: İRAN YERLEŞME DOKUSUNDA SICAK-KURU İKLİM BÖLGESİ PASİF TASARIM KRİTERLERİ PERFORMANSLARININ BİNA ENERJİ ve KULLANICI KONFOR PARAMETRELERİ ÜZERİNDEN İNCELENMESİ]

[Sevda SHIRZAD SOLTANAHMADI]

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

[İç Mimarlık Anabilim Dalı]

Danışman : [Doç. Dr. Enes YAŞA]

Günümüzün önemli sorunları olan enerji kaynaklarının azalması ve nüfus artışı, uygun tasarımlar ve geleneksel mimarlık yöntemlerinin kullanılmasıyla aşılabılır kabul edilmektedir. Günümüz dünyasındaki çağdaş mimarinin temel sorunu, geleneksel ve modern mimarlık arasındaki ihtiyaç farklılıklarıdır. Geleneksel mimarinin, uzun bir süre boyunca nesilden nesile aktarılan yerel mimari geleneğinin sonucu olan sürekli bir süreç olduğu ve yıllar boyunca test edildiği düşünüldüğünde, sıcak hava koşullarına uyum için bu çözümlerin gözden geçirilmesi ve günümüz mimarisine uyarlanması önemlidir.

Bu tez, beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, çalışmanın girişi, literatür çalışması, amacı, kapsamı ve yöntemi gibi konular ele alınmıştır.

İkinci bölümde, İran'ın dört ana iklim bölgesinin karakteristik özellikleri incelenmiş ve bu bölgelerin iklim, kentsel ve bina özellikleri detaylı olarak irdelenmiştir. Ayrıca, İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesindeki geleneksel mimarisinde kullanılan pasif soğutma yöntemleri, özellikle avlu tipolojisi ve rüzgar kulesi gibi unsurlar, Yezd Bölgesi üzerinden incelenmiş ve detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, Yezd Bölgesi'nin pasif soğutma yöntemlerine odaklanılarak, bu bölgede bir ofis binası tasarlanmıştır. Binanın konumu, ölçüleri, kullanılan pasif yöntemler ve malzemeleri detaylı bir şekilde anlatılmış ve on bir farklı konfigürasyonda incelenmiştir.

Dördüncü bölümde ise, Design Builder yazılımı kullanılarak ele alınan ofis binasının farklı konfigürasyonları altı farklı parametre üzerinde ortalama yıllık, en sıcak dönem, en sıcak ay, en

az sıcak ay, en sıcak gün, en az sıcak gün olarak incelenmesi ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu bölüm aynı zamanda ofis binasında bulunan merkezi avlu ve godal bahçenin CFD analizi ile incelenmesini içermektedir.

Beşinci ve son bölümde ise, Design Builder yazılımıyla elde edilen sonuçlar özetlenmiş, her konfigürasyonun her pasif yöntem etkisi karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada yapılan analizler, doğal havalandırmanın en etkili yöntem olduğunu göstermektedir. Tasarlanan ofis binasında dış ve iç pencereler aracılığıyla gerçekleşen çapraz havalandırmanın, rüzgar kuleleri ile sağlanan doğal havalandırmadan daha etkili olduğu çıkarımında bulunulmuştur. Önerilen güneş kırıcı yöntemler arasında, gölgelik ile Low-e camın eş zamanlı kullanımının diğer yöntemlere göre daha faydalı olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca, LED aydınlatma sisteminin hem enerji tasarrufu hem de iç ortamın hava sıcaklığını düşürme açısından önemli bir rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ağustos 2024, 254 sayfa.

Anahtar kelimeler: Pasif soğutma yöntemleri, İran'ın geleneksel mimarisi, Rüzgar kulesi, Avlu tipolojisi, Sıcak-kuru iklim

SUMMARY

[M.Sc. THESIS]

**[LEARNING FROM TRADITIONAL ARCHITECTURE: INVESTIGATION
OF THE PERFORMANCE OF PASSIVE DESIGN CRITERIA IN IRAN'S
HOT-DRY CLIMATE REGION ON BUILDING ENERGY AND USER
COMFORT PARAMETERS]**

[Sevda SHIRZAD SOLTANAHMADI]

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

[Department of Interior Architecture]

Supervisor : [Assoc. Prof. Dr.] Enes YAŞA

Today's crucial challenges, such as the depletion of energy resources and the burgeoning global population, are being addressed through innovative designs and the application of traditional architectural techniques. A key issue facing contemporary architecture is the divergence in requirements between traditional and modern architectural practices. Given that traditional architecture embodies an enduring legacy of local architectural customs, honed and refined over generations, it is imperative to reassess these proven solutions for their applicability to contemporary architectural needs, particularly in hot climates.

This thesis is structured into five chapters. The introductory chapter provides an overview of the study, including a review of pertinent literature, the objectives, scope, and methodology.

The second chapter delves into the distinctive characteristics of Iran's four primary climatic regions, meticulously examining the climatic, urban, and architectural attributes of each. Notably, traditional passive cooling techniques prevalent in Iran's hot-dry climate region, such as courtyard layouts and wind towers, are expounded upon with a focus on the Yazd Region.

In the third chapter, an office building is conceptualized within this region, emphasizing the passive cooling methodologies unique to Yazd. Details regarding the building's site selection,

dimensions, as well as the specific passive techniques and materials employed, are elaborated upon across eleven distinct design configurations.

The fourth section scrutinizes the various design configurations of the office building using the Design Builder software, evaluating their performance across six key parameters: average annual conditions, peak heat periods, hottest and coolest months, as well as extreme daily temperatures. Additionally, this section encompasses a detailed CFD analysis of the central courtyard and godal garden within the office building.

The final chapter synthesizes the outcomes derived from the Design Builder software, comparing and assessing the impact of each configuration on the individual passive cooling methods employed.

The analyses conducted in this study demonstrate that natural ventilation is the most effective method. It has been inferred that cross ventilation through the external and internal windows in the designed office building is more effective than natural ventilation provided by wind towers. Among the recommended sun shading methods, simultaneous use of shading devices and Low-e glass has been proven to be more beneficial compared to other methods. Additionally, it has been concluded that the utilization of LED lighting systems plays a significant role in both energy conservation and reducing indoor ambient temperatures. |

August 2024, |254| pages.

Keywords: |Passive air conditioning strategies, Iran's traditional architecture, Wind tower, Courtyard typology, Hot-dry climate |

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji kaynaklarının korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi, fosil yakıt tüketiminin azaltılması, tabii ve iklim şartları ile bir arada yaşamak; mimarlık ve kentsel tasarım alanlarında en önemli hedefler arasında yer almaktadır [1]. İnşaat ve yapı sektörünün toplam enerji tüketimindeki payı ülkeden ülkeye değişmekle beraber yaklaşık %30-45 olarak tahmin edilmektedir [2]. Yapılan araştırmalara göre, gelişmiş toplumlarda toplam enerji üretiminin %40'ı yapı sektöründe harcanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde ise bu enerji sarfiyatının büyük bir kısmı iklimlendirme cihazları ile ilgilidir [3, 4, 5, 6]. Ayrıca binaların soğutulması ve ısıtılması için gerekli olan enerji miktarının dünyadaki toplam enerji tüketiminin % 6,7'sine ulaştığı ve bu enerjinin büyük çoğunluğunun klimalar tarafından tüketildiği tespit edilmiştir [7, 8, 9]. Araştırmacılara göre küresel olarak yapı sektörünün toplam enerji tüketiminde toplam sarfiyatın %40-60'ını oluşturan HVAC sistemleri en büyük paya sahiptir [10].

İran'da binalarda kullanılan enerji toplam kullanımın %40'ı civarındayken, yapı sektöründeki enerji tüketimi ise dünya standartlarından 2.5 ila 4 kat daha fazladır [11, 12]. Enerji tüketimi sorunu ve buna bağlı ağır maliyetler dışında, havalandırma ve soğutma endüstrisinde kullanılan kloroflorokarbonların neden olduğu kirlilik sorunu bu sistemlerin en büyük dezavantajlarından biri olarak değerlendirilmiştir [13]. İran, ılıman-nemli iklim, soğuk iklim, sıcak-kuru iklim, sıcak-nemli iklim olmak üzere 4 ana iklim bölgesinden oluşmuş olup İran topraklarının %64,66'sı sıcak-kuru ve çöl iklimi özelliği gösteren aşırı kurak iklim bölgesinde yer almaktadır [14]. Ayrıca İran'da özellikle Yezd gibi çöl bölgelerinde güneş ışıınımı miktarının yüksek değerlerde olması binalarda ve bina etraflarında ısı yük yoğunlaşmasına sebep olmaktadır [14]. Binalarda, enerji tüketiminin azaltılması ile sürdürülebilir bir gelecek hazırlama noktasında önemli bir adım atılmış olacaktır. Bunun yanında doğaya saygılı koşullarının oluşturulması, çevrenin korunması ve çevresel sürdürülebilirlik açısından katkılar sağlayacaktır [15].

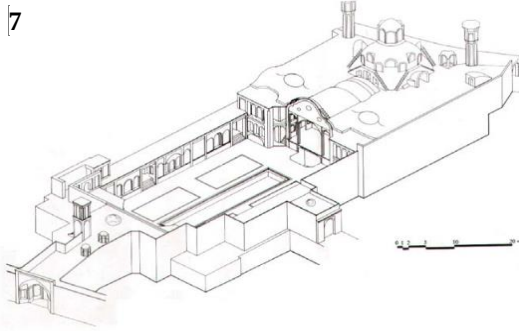
Binalarda iklimlendirme ısıtma-soğutma ve havalandırma sistemlerinin enerji tüketimi ve çevreye olumsuz etkilerini azaltmak için alınabilecek önlemlerden biri, bina tasarımında pasif iklimlendirme stratejilerden yararlanmaktır [16]. İran geleneksel mimarisinde binalarda insanların konforunu sağlamak ve sürdürülebilir bir çevre oluşturmak amacıyla kullanılan farklı pasif iklimlendirme yöntemleri görülmektedir. Bunlardan bazıları; binada kullanılan rüzgar

kuleleri, avlulu bina tipolojisi, toprağın ısıyı soğurma özelliğinden yararlanmak ve saydam yüzeylerde kullanılan güneş kırıcılar kontrol elemanları en önemli yöntemlerden bazılarıdır (Tablo 1.1).

Tablo 1.1: İran'ın geleneksel mimarisinde kullanılan bazı pasif iklimlendirme yöntemler (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Pasif İklimlendirme Yöntemler	Şekil	Açıklama
Rüzgar Kulesi		1. Ağazâde Evi'nin rüzgar kulesi, Yazd Bölgesi [17].
		2. Kalantar Evi'nin rüzgar kulesi, Semnan Kenti [18].
		3. Tadayyon Evi'nin rüzgar kulesi, Semnan Kenti [18].
		4. Taheriyan Evi'nin rüzgar kulesi, Semnan Kenti [18].
		5. Rasouliyan Evi'nin rüzgar kulesi, Yazd Bölgesi [19].
		6. Semnaniha Evi'nin rüzgar kulesi, Semnan Kenti [18].

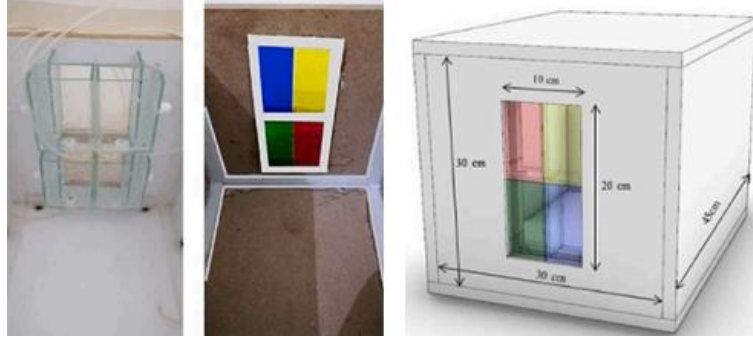
Tablo 1.1 (devamı): İran'ın geleneksel mimarisinde kullanılan bazı pasif iklimlendirme yöntemler (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Avlulu Bina Tipolojisi	Merkezi Avlu	7		7. Boroujerdiha Evi'nin merkezi avlusu, Kaşan Kenti [20].
		8		8. Ameri Evi'nin merkezi avlusu, Kaşan Kenti [21].
	Godal Bahçe	9		9. Abbasi Evi'nin godal bahçesi, Kaşan Kenti [21].
		10		10. Ağa Büzürg cami-okul godal bahçesi, Kaşan Kenti [22].

Tablo 1.1 (devam): İran'ın geleneksel mimarisinde kullanılan bazı pasif iklimlendirme yöntemler (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Güneş Kırıcılar	 11	 12	11. Hoseiniyan Evi'nin Eyvanı, Yazd Bölgesi [71].
			12. Seyyid Rıza Evi'nin Eyvanı, Meybod Kenti [71].
			13. Boroujerdiha Evi'nin Eyvanı, Kaşan Kenti [20, 21].
	 14		14. Tabatabaei Evi'nin eyvanı, Kaşan Kenti [21].

İran'ın sıcak-kuru iklim bölgelerinde geleneksel mimarinin pasif iklimlendirme sistemleri üzerine çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Sahebzade ve diğ. [23], İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan iki farklı bölgenin pasif iklimlendirme sistemlerini karşılaştırmışlar. Ahmadi ve diğ. [24], İran'ın geleneksel mimarisinde kullanılan orosi pencereler üzerine deneysel çalışma yapıp enerji tüketimi üzerine etkisini incelemişler (Şekil 1.1).



Şekil 1.1: Ahmadi ve diğ. orosi pencereler üzerine yaptıkları çalışma [24].

Mahdavinejad ve diğ. [25], Moosavi ve diğ. [26], Shahamat [27], Saljoughinejad ve diğ. [28], Rezazadeh Ardebili ve diğ. [29], Shayegani ve diğ. [30] daha çok çalışmalarında [31, 32, 33, 34, 35] İran'ın geleneksel pasif mimarisi incelenmiştir.

Geleneksel İran Mimarisi'nde yaygın olan pasif havalandırma sistemleri arasında ve günümüzde dahi kullanılan sistemlerden birisi rüzgar kuleleridir. Chohan ve diğ. [36], çalışmalarında sıcak-kuru ve sıcak-nemli iklim bölgelerinde bulunan türlerini, bina tasarımındaki kullanımını ve rüzgar kulelerinin bazı teknolojik dönüşümlerinin çeşitli bölgelerdeki adaptasyonunu analiz etmiştir. Mahmoudi Zarandi [37] ve Pourahmadi ve diğ. [38], İran'ın Yezd Bölgesi'nde yer alan rüzgar kulelerinin yapısı, performansı, alanı, binadaki bulunduğu mekan ve diğer özelliklerinden bahsetmiştir. Hojati ve diğ. [39] sıcak-kuru iklime sahip olan şehirde, tek yönlü, çift yönlü ve dört yönlü rüzgar kulelerini dört katlı bir binada CFD tabanlı programlar ile analiz etmiş ve karşılaştırmışlar. Yaptıkları çalışmada, dört yönlü rüzgar kulesinin daha iyi performansa sahip olduğunun sonucuna varmışlardır. Bir diğer çalışmada [40], dört yönlü rüzgar kulesinin performansı Vasari programında incelenmiştir. Sonuçlar rüzgar kulesinin sıcak iklimde verimli bir sistem olduğunu göstermiştir. Elmualim ve diğ. [41], havalandırma oranı açısından kare ve dairesel kesitli iki rüzgar kulesinin performansını deneysel ve sayısal olarak karşılaştırmışlar. Sonuçlar, dairesel kesitli rüzgar kulesinin rüzgar yakalama performansının ve havalandırma performansı verimliliğinin, kare rüzgar kulesinden önemli ölçüde daha düşük olduğunu göstermiştir. Sıcak-kuru iklimlerde, evaporatif soğutmanın termal konfor sağlama ve yaz mevsimindeki enerji yükünü azaltma konusunda önemli bir potansiyeli olduğu incelenmiştir. Bu konu ile ilgili çok sayıda çalışmalar yapılmış, evaporatif soğutmanın termal konfor üzerine verimli etkiye sahip olduğu tespit

edilmiştir [42, 43, 44, 45, 46]. Yaghoubi ve diğ. [47], rüzgar kulelerinin konutlarda konfor sağlayacak şekilde belirli bir hava sirkülasyonu sağlayarak sadece kuvvetli rüzgarda değil sakin havalarda da etkili olduğunu bulmuşlardır. Olumsuz tarafı ise kule güçlü güneş ışınımına maruz kaldığında ve kule yapısı ısındığında dolaşan havanın sıcak yüzeyler tarafından ısıtılarak rahatsızlığa neden olduğu bulunmuştur. Bir diğer çalışmada [48], bir rüzgar kulesi, toprak-hava ısı eşanjörü sistemi ve doğrudan buharlaşmalı soğutma sisteminden oluşan yeni bir hibrit sistem bir konut binasında sayısal olarak incelenmiştir. Önerilen sistemin kullanılmasının saatlik elektrik enerjisini azaltabileceği sonucuna varılmıştır.

İran'ın geleneksel mimarisinde yer alan pasif iklimlendirme sistemleri ve performansları üzerine literatürde İngilizce dışında sadece Farsça dilinde yazılmış tez ve makalelerinde olduğu görülmüştür. Bu çalışmaların bir kısmında rüzgar kuleleri ile ilgili bazı deneysel ve sayısal çalışmalar ile bunların kendi içerisinde karşılaştırmalarının olduğu çalışmalar mevcuttur. Sadeghi ve diğ. [49], İran'ın geleneksel mimarisinde doğal havalandırma yöntemlerini incelemiş ve Fluent programında İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan bir tarihi binanın rüzgar kulesinin performansını incelemişler. Başka bir makalede [50], rüzgar kulesinin performansı ile zemin içerisine kazılan bir kanalın binaya hava giriş kanalı olarak düşünülerek, biri sadece zemin derinliğinde düşük sıcaklığın kuru kanal ile kullanılması diğeri ise kanalın içerisine su eklenmiş olmak üzere iki durumda numerik analiz yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, su eklenmiş kanal performansının daha etkili olduğu görülmüştür. Diğer çalışmalarda da [51, 52, 53] rüzgar kulelerinin farklı tasarım konfigürasyonları ve parametreleri Fluent programında analiz edilmiştir.

Sıcak-kuru iklim bölgelerinin pasif tasarım ilkelerinin en önemlilerinden olan avlu tipolojisi, özellikle İran'ın sıcak-kuru iklimine sahip bölgelerindeki geleneksel binalarında, iç mekanın ısı konforunda etkili olan unsurlardan biridir. Farsça ve İngilizce kaynaklarda İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde bulunan merkezi avlularının özellikleri, boyutları, oranları, performansı vs. ile ilgili incelemeler yapılmıştır [54, 55, 56, 57, 58]. İran'ın sıcak-kuru iklimine sahip geleneksel binalarında kullanılan en önemli pasif tasarım öğelerinden birisi de godal bahçeleridir. Godal bahçe bir avlu tipolojisi olarak İran'ın geleneksel mimarisinde sık görülmektedir. Karimi ve diğ. [59], Godal bahçenin İran mimarisinde iklimsel konfor etkisi, performansı ve özelliklerinden bahsetmişler. Bir diğer çalışmada [60], Yezd Bölgesi'nde yer alan bir binada, godal bahçeli ve godal bahçesiz bir binayı iki farklı durumda, aydınlatma, soğutma, ısıtma,

elektrik açısından enerji tüketiminde tasarruf miktarı Design Builder yazılımında incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, enerji tüketim miktarı godal bahçeli binada godal bahçesiz binaya göre düşmüştür.

Tez kapsamında ele alınan bu çalışmanın birinci bölümünde, çalışmanın konusu, literatür incelemesi, amacı, kapsamı ve kullanılan yöntemlere yer verilmiştir. Tezin ikinci bölümünde, İran'ın iklimsel karakteristik özellikleri ve rüzgar kulesi, avlu tipolojisi, serdab, kanat, eyvan, revak, bina yönelmesi, şabak, orosi ve çatı tipolojisi gibi İran'ın geleneksel mimarisinde yer alan pasif soğutma stratejileri irdelenmiştir. Üçüncü bölümde, Yazd Bölgesi'nin iklim özellikleri, tasarlanan ofis binasının konumu incelenmiştir. Ardından ofis binası tasarımı, tasarlanan ofis binasında kullanılan pasif soğutma stratejilerinin boyut ve ölçüleri ile binada kullanılan malzemelerin özellikleri, ofis binasının yönelmesi ve diğer özellikleri ele alınmıştır. Tezin dördüncü bölümünde, on bir konfigürasyondan oluşarak, tasarlanan ofis binasında kullanılan her pasif soğutma strateji Design Builder yazılımında altı parametre üzerinde farklı dönemlerde incelenmiştir. Tezin son bölümünde, her pasif soğutma stratejinin farklı parametreler üzerindeki etki miktarı tespit edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

Bu çalışma ile diğer çalışmalar arasındaki önemli farklardan biri, kullanılan geleneksel pasif soğutma yöntemlerinin çeşitliliğidir. Bu çalışmada, rüzgar kulesi, merkezi avlu, godal bahçe, şabak, serdab gibi İran'ın geleneksel mimarisinde yer alan pasif soğutma yöntemleri ofis binası tasarımında kullanılmıştır. Bu çalışmanın önceki çalışmalardan ayıran temel özelliklerden diğeri, geleneksel pasif soğutma yöntemlerinin on bir farklı konfigürasyonda Design Builder yazılımında detaylı olarak incelenmesidir. Ayrıca, ısısal konfor parametreleri (Fanger PPD ve Fanger PMV), genel aydınlatma etkisi, binanın dış ve iç pencerelerinden güneş enerjisi kazanım miktarı gibi faktörler on bir farklı konfigürasyonda değerlendirilerek diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Bu çalışmada incelenen 6 faktör, farklı dönemlerde (ortalama yıllık, soğutma dönemi, en sıcak ay ve en az sıcak ay, en sıcak gün ve en az sıcak gün) detaylı bir şekilde ele alınmıştır. İncelenen altı parametreye ek olarak, ofis binasının dış CFD analizleri ise gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın diğer bir önemli farkı ise, geleneksel ve modern pasif soğutma yöntemlerinin bir modern ofis binasında bir arada incelenmesidir.

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın amacı; İran'ın geleneksel mimarisinde yer alan pasif iklimlendirme sistemleri, öğeleri ve performanslarını günümüz modern mimari yaklaşımı ile bir ofis binası tasarımı üzerinde incelemek, termal kullanıcı konforu ve enerji kullanım etkinliği performanslarının karşılaştırmalarını yapmaktır.

Ele alınan ofis binasında başta rüzgar kuleleri olmak üzere avlu ve godal bahçe öğeleri ile birlikte bina altında tasarlanan yatay hava kanalı ile toprağın soğutma etkisinden yararlanma öğeleri kullanılmıştır.

Fanger'e göre tüm bu pasif stratejilerin uygulandığı ofis binasında bu stratejilerinin iç hava sıcaklığı insanların konfor durumu, binanın dış ve iç pencerelerinden güneş enerjisi kazanım miktarı ve enerji kullanım etkinliği performanslarının karşılaştırmaları irdelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, kullanılan her pasif soğutma stratejinin etkisini farklı açılardan inceleyerek, ele alınan ofis binasında en etkili stratejiyi bulmaktır.

1.2. ÇALIŞMANIN KAPSAMI

Bu çalışmanın ilk aşamasında literatürde İran'ın iklim özellikleri ile İran'ın geleneksel mimarisinde yer alan pasif iklimlendirme sistemleri, öğeleri incelenmiştir. Bu bağlamda kullanılan en önemli kaynaklardan biri, İranlı ünlü mimar Vahid Qobadian'ın "İran'ın Geleneksel Binalarının İklimsel İncelemesi" [63] adlı kitabıdır. Bu kitapta İran'ın dört iklimi incelenmiştir. Bir sonraki adımda İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan geleneksel binalarında kullanılan rüzgar kuleleri, avlu tipolojileri, serdab, kanat, şabak, orosi, çatı şekli vs. gibi pasif soğutma stratejileri Farsça, İngilizce ve Türkçe makaleler, tezler ve kitaplar farklı arama motorlarından elde edilip incelenmiştir. İran'ın geleneksel pasif soğutma stratejileri, İran'ın sıcak-kuru bölgesinde yer alan Yezd Bölgesi'nde irdelenip rüzgar kuleleri ve avlu tipolojilerinin ölçü ve oranları elde edilmiştir. Bu aşamada rüzgar kuleleri ile ilgili kullanılan en önemli kaynaklardan biri, Bahadorinejad ve Dehghani'nin "Badgir, İran Mühendisliği'nin Başyapıtı" [64] kitabının yanı sıra Mahmoudi Zarandi'nin "Badgir İran Mimarisinin Sembolü" [65] kitabıdır. Bu çalışmada Mahmoudi Zarandi'nin makalelerinden de yararlanılmıştır. İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Yezd Bölgesi'nin iklim verileri EPW formatında One Building [66] sayfasından indirilip Climate Consultant 6.0 programına yüklenmiştir. Bu programda Yezd Bölgesi'nin iklim verileri elde edilip incelenmiştir.

Bu çalışmada İran'ın geleneksel mimarisinde kullanılan pasif soğutma yöntemlerinin etkisini bir bina üzerinde incelemek amacıyla İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Yezd Bölgesi seçilmiştir. İran'ın geniş bir bölgesi sıcak ve kuru bir iklime sahiptir [14]. Günümüzde iklim değişiklikleri ve hava sıcaklıklarının artması, ayrıca Yezd Bölgesi'nde birçok geleneksel binada farklı pasif soğutma yöntemlerinin kullanılması dikkate alınmıştır. Bu sebeplerle, çalışma kapsamında Yezd bölgesi uygun bir araştırma alanı olarak seçilmiştir. Bu çalışma, İran'ın geleneksel pasif soğutma yöntemlerinin yanı sıra günümüzde kullanılan bazı pasif yöntemleri ele almaktadır. Bu çalışma kapsamında ele alınan pasif soğutma yöntemleri, ofis fonksiyona sahip olan bir bina şeklinde tasarlanmıştır. Literatürde çoğunlukla konut binaları üzerine odaklanan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu sebeple bu çalışma kapsamında ofis fonksiyonu seçilmiştir. Ayrıca, projenin hedeflerinden biri, en sıcak saatlerde bina sakinlerinin termal konforunu temin etmek gibi gerekli parametreleri tespit etmektir. Bu amaç doğrultusunda, ofis binası yıl boyunca özellikle en sıcak saatlerde, tüm insanların bulunduğu kullanımlardan biri olabilmelidir.

Tasarımın ilk aşamasında, Yezd Bölgesi'nde bina tasarımı için bir ada seçilmiştir. Günümüzde nüfus artışı ve arazi değerinin artmasına bağlı olarak kent dokusu yoğundur ve yüksek katlı binalardan oluşur. Günümüz kent mimarisinde özellikle büyük kentlerde tek katlı yapılar nadiren inşa edilmektedir. İran'da yer alan Yezd Bölgesi de aynı durumdadır. Bu nedenle ofis binasının tasarımı için seçilen adanın etrafındaki kentsel bağlam yarı yoğun olup çevredeki binalar en fazla üç katlıdır. Tasarlanan binanın rüzgar kulelerinin yüksekliği çevredeki binalardan daha yüksektir. Bu nedenle çevredeki binalar rüzgarın, rüzgar kulelerine ulaşmasını engelleyemez.

Bu çalışmada, toprağın soğutma etkisinden faydalanmak amacıyla iki yöntem ele alınmıştır. Birincisi ofis binasının bir katının tamamen zemin seviyesinin altında yer alması ve zemin içinde godal bahçenin (Şekil 1.2) yapılması ve ikincisi rüzgar kulelerinin yeraltı kanallarına bağlanmasıdır.

Godal bahçe İran'ın geleneksel mimarisinin önemli öğelerinden biridir. Bu yöntemde, binanın bodrum katı tamamen zemin içerisinde inşa edilir ve ortasında bir bahçe bulunur. Bu bahçenin zemin içinde yer almasından dolayı Türkçe'de çukurlu bahçe anlamına gelen Farsça'da godal bahçe olarak adlandırılmıştır. Godal bahçede su havuzu bulunur ve havanın nem miktarını artırırken, yeşil alanlar ise gölge oluşturarak iç ortamın hava sıcaklığının düşmesine sebep olur.

Böylece bodrum katı hem toprağın soğutma etkisinden yararlanmış hem de godal bahçe aracılığıyla doğal havalandırma ve aydınlatmadan faydalanmış olur.

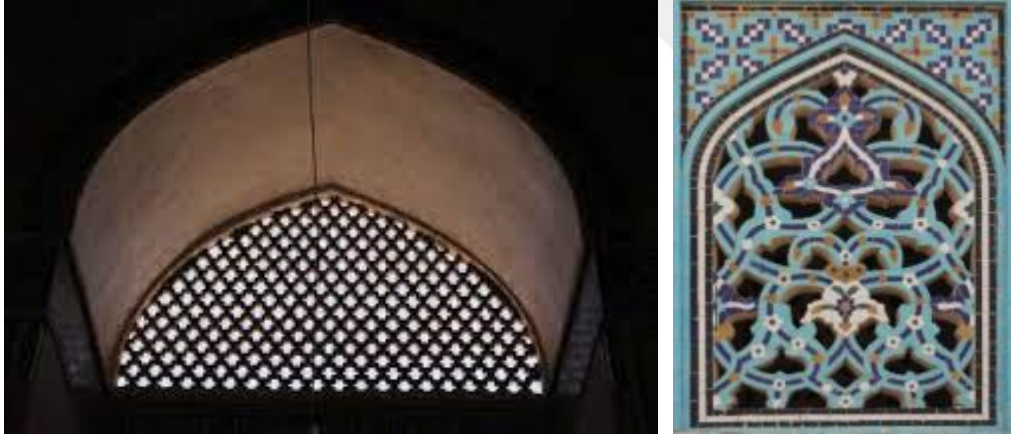


Şekil 1.2: İran'ın geleneksel mimarisinde sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan godal bahçe [61].

Bu çalışma kapsamında ele alınan pasif soğutma yöntemlerden birisi rüzgar kuleleridir. İran'ın geleneksel binalarında rüzgar kulelerinin sayısı havalandırma gerektiren alanlara göre farklılık gösterip geleneksel binalarda en fazla 3 adet rüzgar kulesi inşa edilmiştir. Tasarlanan bu binada ise bodrum katı büyük bir alana sahip olduğundan dolayı 3 adet rüzgar kulesi tercih edilmiştir. Bu çalışmada, Yezd Bölgesi'ndeki rüzgar kulelerinin özellikleri dikkate alınarak tasarlanan 3 adet rüzgar kulesi bulunmaktadır. Batı cephesinde bulunan 2 adet rüzgar kulesinin binanın bu kısmına yerleştirilme nedeni, bu alandaki bitki ve binaların yoğunluğunun az olmasıdır. Batı cephesinde bulunan rüzgar kuleleri, bu yönden gelen serin rüzgarı içeri yönlendirerek binanın konfor seviyesini artırmaya yardımcı olabilir. Ayrıca, bu kısımdaki düşük bitki ve bina yoğunluğu, rüzgar kulelerinin etkinliğini ve doğal havalandırmanın verimini artırabilir. Tasarlanan rüzgar kuleleri, soğutma döneminde toprağın soğutma özelliğinden yararlanmak amacıyla yer altı kanallarına bağlanmış ve ofis binasının bodrum katında doğal havalandırmanın sağlanmasını amaçlar. Bodrum katta bulunan rüzgar kuleleri, dışarıdan gelen rüzgarı içeri çekerek yer altı kanallarında ısı alışverişi yapar; bu sayede havanın sıcaklığı düşer ve bodrum katta konforlu bir ortam oluşturulur. Ofis binasının zemin katında çapraz havalandırma mevcut olduğundan, bu katta rüzgar kulesine gerek duyulmamaktadır. Rüzgar kuleleri, ofis binasının 10 metre uzaklığında konumlandırılmıştır. Rüzgar kuleleri ile ofis binası arasındaki mesafe, seçilen adanın kısıtlılığı ve her dört tarafında caddelerin bulunması

nedeniyle, toprağın daha fazla soğutma etkisinden yararlanmak amacıyla maksimum uzunluğa sahip olacak şekilde planlanmıştır.

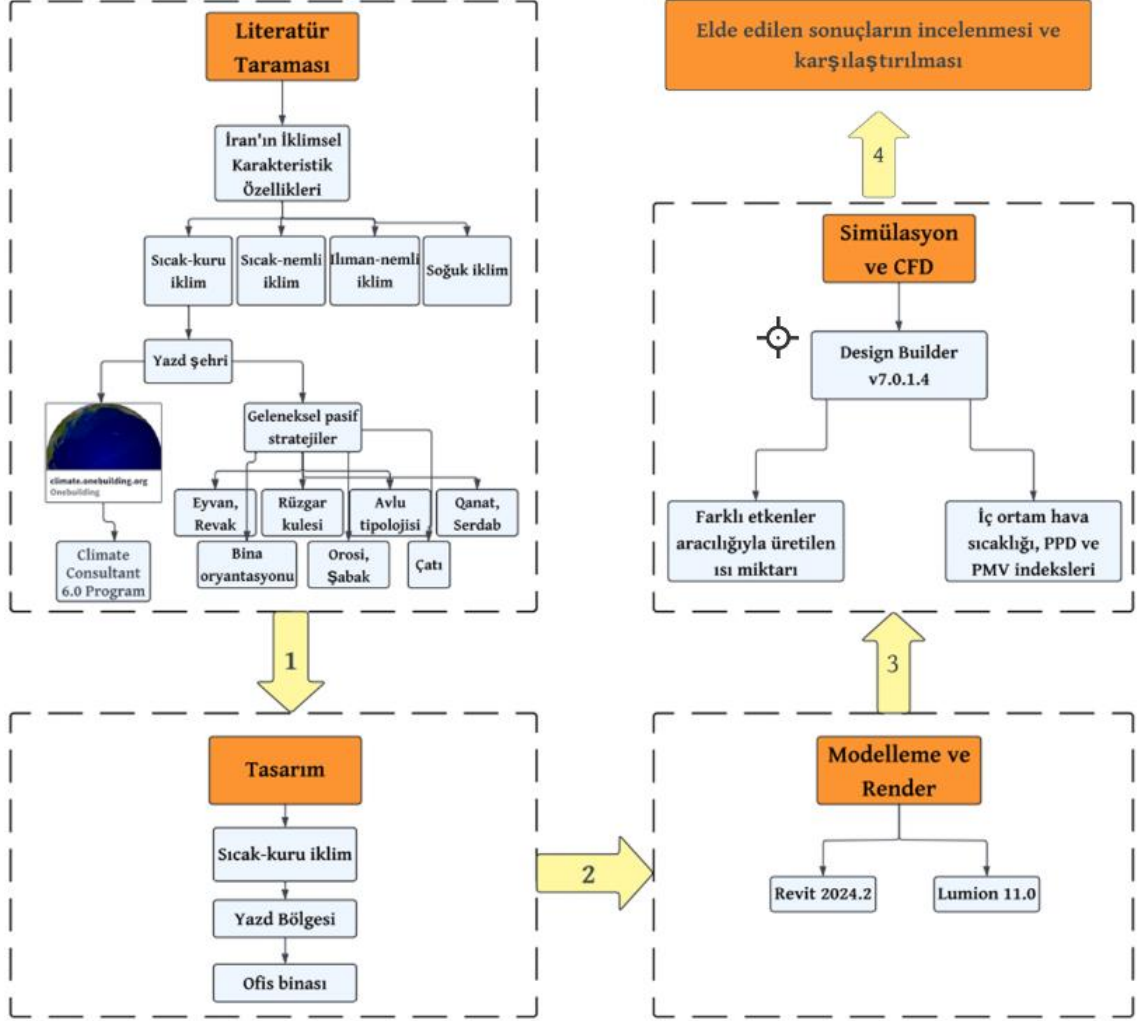
Ele alınan çalışmada tasarlanan diğer avlu tipolojisi, merkezi avludur. Ofis binasında yer alan merkezi avlunun özellikleri, Yezd Bölgesi'nin geleneksel mimarisinden elde edilen özelliklere göre tasarlanmıştır. Yezd Bölgesi'nin yüksek sıcaklıklarına yönelik olarak, geleneksel binalarının dış cephesinde mümkün olduğu kadar kapı dışında açıklık yapılmamıştır. Tasarlanan ofis binasında hem bu kurala uymak hem doğal havalandırma ve aydınlatmadan faydalanmak için, binanın kuzey ve güney cephesinde alanların gerekliliğine göre farklı uzunluklara sahip olan yan avlular bulunmuştur. Bu avluların belirgin özelliği, İran'ın geleneksel mimarisinde kullanılan şabak ögesinden esinlenilerek dış cephede kullanılmasıdır. Şabak kısmen geçirgen ve tuğladan oluşmuş bir yapı olarak güneş ışınlarının bir kısmının içeriye girmesinin engelleyerek aynı anda havanın içeriye girmesini sağlar (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: İran'ın geleneksel mimarisinde Şabak ögesi [62].

İran'ın sıcak ve kuru iklim bölgesindeki geleneksel binalar, iç mekana ısı transferini engellemek amacıyla kalın duvarlarla inşa edilmiştir. Bazı binalarda duvar kalınlığı 1 metreye kadar ulaşabilmektedir. Ele alınan ofis binasında ise uygun ısı iletkenlik katsayısına sahip olan modern malzemeler kullanılmıştır. Bu binada duvar yapısında en yaygın malzemelerden biri olan Leca bloğu tercih edilmiştir. Ayrıca, duvarlarda XPS yalıtımı kullanılmış olup, bu yalıtım İran'da sıkça tercih edilen bir yalıtım çeşididir. XPS yalıtımı dış duvarlarda 5 cm, çatı yapısında ise 8 cm kalınlığında uygulanmıştır. Bu yalıtım kalınlığı, İran'ın ulusal inşaat yasasının 19.

bölümünde belirtilen duvar ve çatının ısı iletkenlik katsayısı değerlerine göre belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen bütün aşamalar Şekil 1.4'te görülmektedir.



Şekil 1.4: Çalışmanın kapsamı (Yazar tarafından Lucidchart'ta üretilmiştir.)

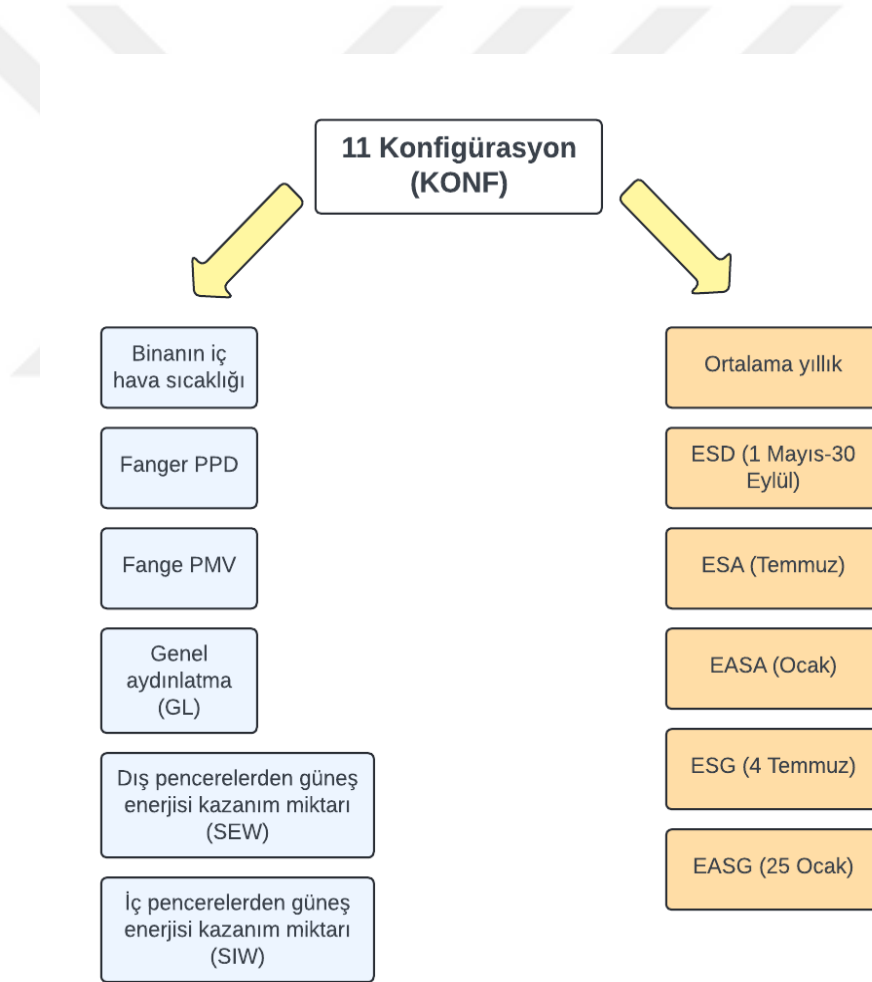
1.3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışmada Design Builder v7.0.1.4 yazılımı kullanılmıştır. Design Builder, enerji tüketimi, termal konfor, iklimlendirme, maliyet tahmini ve tasarım optimizasyonunu içeren tam entegre bir analiz sunar. Ayrıca, ulusal bina yönetmeliklerine ve sertifikasyon standartlarına uygun raporlar oluşturulmasını sağlar. Mezkûr yazılımın kabiliyetleri, saatlik, günlük, aylık ve yıllık bazda enerji tüketimi seviyelerini hesaplamak için iklim verileri ve tasarım öğelerinin tespiti

kullanır. Çeşitli çalışmalarda doğrulanan Design Builder'ın etkinliği, dünya çapında birçok şirket ve akademik kurum tarafından güven kazanmıştır. Resmi olarak tanınmış ve onaylanmış olan yazılım, İngiltere ve diğer ülkelerdeki karar alma organları tarafından da desteklenmektedir.

Çalışma kapsamında Design Builder yazılımı ile on bir konfigürasyon, farklı parametreler üzerine ortalama yıllık, en sıcak dönem, en sıcak ay, en az sıcak ay, en sıcak gün ve en az sıcak gün olarak irdelenmiş ve karşılaştırılmıştır (Şekil 1.5).

Bu çalışmada modelleme ve görselleştirme, Revit 2024.2 ve Lumion 11.0 programları ile yapılmıştır.

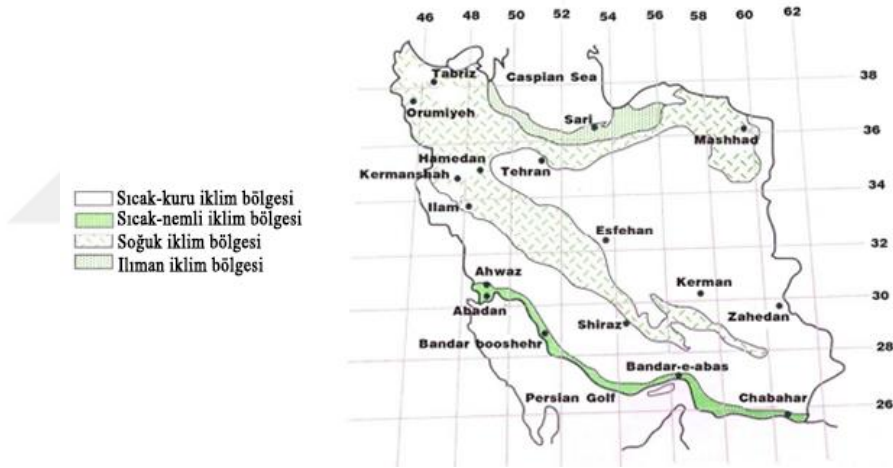


Şekil 1.5: Çalışma kapsamında on bir konfigürasyonda ele alınan parametreler (Yazar tarafından Lucidchart'ta üretilmiştir.)

2. İRAN'IN KURU SICAK İKLİM BÖLGESİNDE GELENEKSEL PASİF İKLİMLENDİRME STRATEJİLERİ

2.1. İRAN'IN KARAKTERİSTİK İKLİMSEL ÖZELLİKLERİ

İklim, belirli bir coğrafi konumun atmosferik çevresel özelliğinin fiziksel durumunun zamanla bütünleşmesidir. İran'da farklı coğrafi bölgeler bulunması, iklimlerin farklılaşmasını sağlar ve tabii olarak da her iklim bölgesinin kendine has özellikleri vardır [56]. Behrouz Pakdaman, İran'ı 4 ana iklim bölgesine ayırmıştır [63, 67]: Bunlar sırasıyla: ılıman iklim (Hazar Denizi'nin güney kıyıları), soğuk iklim (dağlık ve yüksek yayla alanları), sıcak-kuru iklim (Merkez plato), sıcak-nemli iklim bölgeleridir (Fars Körfezi'nin kuzey kıyısı ve Umman Denizi) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: İran ikliminin sınıflandırılması [27].

2.1.1. İran'ın Soğuk İklim Bölgesi

Bu iklimde bulunan alanlar, çoğunlukla geniş dağlık alanları ve yüksek platoları içermektedir; bunlar arasında Irak ve Türkiye sınırından Talaş dağlarına kadar bu bölgede yer alan Azerbaycan platosu ve Kürdistan yaylaları bulunmamaktadır [68].

2.1.1.1. Soğuk İklim Bölgesinin İklim Özellikleri

Soğuk ve kuru iklimin karakteristik özellikleri kışın aşırı soğuk ve kar yağışlı olmaso, yazın ılıman iklim özellikleri ve nem oranının çok düşük olması ile neticelenen yüksek günlük sıcaklık farkıdır [63, 68].

2.1.1.2. Soğuk İklim Bölgesinin Kentsel Özellikleri

Bu iklim bölgesinde yılın çoğu zamanı aşırı soğuk olmasından dolayı, kent dokusu yoğun ve binalar birbirine yakındır. Bundan dolayı binanın sıcak iç yüzeyinin soğuk dış ortamla temas yüzeyi daha azdır (Şekil 2.2). Meskûn mahaller mümkün olduğu kadar kapalı ve küçüktür; böylece soğuk rüzgar akışı mekanlara daha az nüfuz eder [63, 68].

Kısaca küçük ve kapalı kentsel alanlar, yoğun kent dokusu ve bağlantılı yapılar ve sokakların darlığı bu alanın temel özellikleridir [63].



Şekil 2.2: Soğuk iklim bölgesinde yer alan birbirine yakın binaların kentsel dokusu [68].

2.1.1.3. Soğuk İklim Bölgesinin Bina özellikleri

Soğuk iklim bölgelerindeki geleneksel binalar tıpkı İran'ın merkezi bölgelerinde olduğu gibi, merkezi bir avlu şeklinde inşa edilmiştir [63, 68]. Bu nedenle avlunun kuzey tarafında yer alan

odalar diğer bölümlere göre daha büyük ve geniştir (Şekil 2.3). Bunun nedeni kışın doğrudan radyasyon ve güneşten gelen ısınn kullanılmınn âzamîye çıkartmasıdır; yaz mevsiminin ise çoğunlukla kısa olması ve hava sıcaklığının nispeten ılımlı olması nedeniyle binanın güney tarafı daha az kullanılmıştır [63]. Genellikle bu binaların kışlık oturma alanının altında kısa tavanlı bodrum katı bulunur. Yaz aylarında havanın nispeten serin olması nedeniyle bodrum katı yaşamak için tercih edilir [63]. Soğuk bölgelerdeki çoğu şehirde, dere ve nehirlerden akan suların bahçelerde kullanılabilmesi için bina avlusunun yüzeyi, kaldırımdan 1 ila 1.5 metre aşağıda bulunmuştur [63]. Binanın sokak seviyesinden aşağıda bulunması aynı zamanda bina içindeki ısınn korunmasına da yardımcı olur; çünkü zemin bir ısı yalıtkanı gibi binayı çevreler ve bina ile çevre arasındaki ısı alışverişini engeller. Genel olarak bu alanlarda dışarıya daha az ısı girebilmesi için dışarıdaki soğuk havayla temas yüzeyinin daha az olması gerekir [63]. Bu nedenle binanın dış yüzeyinin binanın iç hacmine oranı küçük olan küp veya dikdörtgen prizma şeklindeki yapılar tercih edilir. Ayrıca duvarların kalın ve açıklıklarının küçük olması da binanın iç ve dış bölge arasındaki ısı alışverişinin engellenmesine yardımcı olur [63, 68]. Diğer bölgeler gibi soğuk bölgelerdeki geleneksel yapılarda da bölgede mevcut olan iklim malzemleri kullanılmıştır. Bu nedenle duvarlarda sıklıkla taş, zemin ve çatılarda ise ahşap ve saman kullanılmıştır [63].



Şekil 2.3: Erdebil şehrinde yer alan Sadegi Evi'nin merkezi avlusunun kuzeyinde bulunan büyük cephe [69, 70].

2.1.2. İran'ın Ilıman İklim Bölgesi

Ilıman İklim Bölgesi Hazar Denizi'nin güney kıyıları ile Elburz Dağları arasında yer almaktadır [63].

2.1.2.2. Ilıman İklim Bölgesinin İklim Özellikleri

Bu bölge İran'ın en çok yağış alan ve zengin bitki örtüsüne sahip bölgesidir. Bu bölgede Hazar Denizi'nin bulunması ve nem oranının yüksek olması nedeniyle günlük sıcaklık farkı düşüktür [63, 71]. Deniz kenarında bulunan şehirlerde nem miktarı bazen %80'lere ulaşabiliyor ki bu da insanların hayatını zorlaştırabilmektedir; ancak bu bölgenin doğu kesimlerinde yer alan şehirlerde nem oranı düşüktür [63].

2.1.2.3. Ilıman İklim Bölgesinin Kentsel Özellikleri

Bu bölgenin denize yakınlığı ve yağış miktarının yüksek olması nedeniyle yüksek nem miktarı bu bölgedeki başlıca sorunlardan biridir. Nemli hava, kuru havaya göre daha yoğun olduğundan kuru havanın alt kısmında yer alır [63, 71, 72]. Dolayısıyla kentsel alanların yoğun olması nedeniyle hava sirkülasyonu ve rüzgar esintisinin düşük olması durumunda, nem seviyesini ciddi oranda artırır ve insan faaliyetleri yorucu hale gelir. Bu nedenle bu iklim bölgesinde binalar arası mesafe daha fazla, avlular ve açık alanlar geniş, mekanların etrafındaki çitler ise havanın binaların içinden geçebilmesi için çoğu zaman insan boyundan kısadır (Şekil 2.4)[63, 71, 72].



Şekil 2.4: Ilıman iklim bölgesinde kentsel doku [71, 73].

2.1.2.4. Ilıman İklim Bölgesinin Bina Özellikleri

Bu iklim bölgesinde çatılar eğimli yapılmış olup bu çatıların eğimi kimi zaman yüzde elli hattâ yüzde yüze ulaşabilmektedir. Çoğu zaman çamur, kil gibi yapı malzemeleri [63, 72, 74] tercih edilmektedir. Tuğla ile yapılan binaların duvarlarını yağmurdan korumak maksadıyla binanın çevresine bir eyvan inşa edilmesi ve binanın çatısının önüne kadar devam ettirilmesine rastlanabilmektedir (Şekil 2.5) [63, 72]. Bu durumda, çatı tüm binanın ve eyvanın üzerine geniş bir şemsiye gibi yerleştirilmiştir [63, 72]; ancak binanın güney kısmında, güneş ışığına ve ısıya erişim sağlamak ve kullanım amacıyla çatı yalnızca eyvan üzerinde gölgelik işlevi görmekte olup daha düşük yüksekliğe kadar devam etmemiştir [63, 72]. Bu bölgedeki nem oranının yüksek olması sebebiyle binalarda bodrum katı bulunmamaktadır. Merkezi bir avluya sahip olan soğuk ve sıcak iklim bölgelerinde bulunan binaların aksine, bu bölgede binalar tamamen dışa dönüktür. Ayrıca yeraltı suyunun derinliğinin az olmasından mütevellit binaların giriş katı, kaldırım seviyesinden daha yüksek inşa edilmiştir [63].



Şekil 2.5: Ilıman iklim bölgesinde binaların eğimli çatıları [63, 75].

2.1.3. İran'ın Sıcak-Nemli İklim Bölgesi

Sıcak-nemli iklim bölgesi, İran'ın güney kıyısı boyunca Umman Denizi ve Fars Körfezi'nin yanında yer alıp uzunluğu iki bin kilometreden fazladır [63, 76].

2.1.3.1. Sıcak-Nemli İklim Bölgesinin İklim Özellikleri

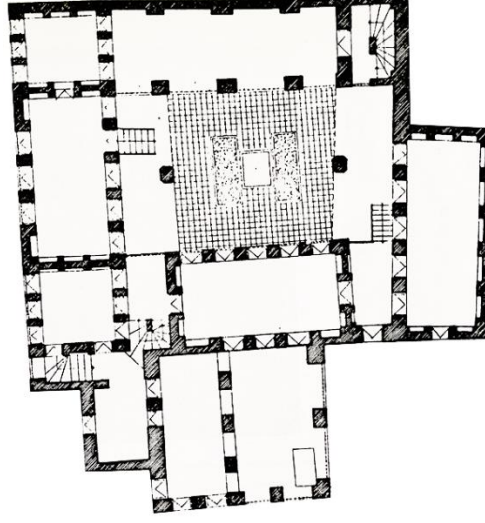
Bu iklim bölgesinde yaz mevsimi uzun, kış mevsimi ise yalnızca Ocak ve Şubat aylarında soğuktur. Bu bölgenin denize yakınlığı ve ilkbahar ve yaz aylarında güneş ışınlarının dünyaya dik gelmesinden dolayı su buharlaşması ve nem oranı fazladır. Deniz kıyısındaki yüksek nem, yılın sıcak mevsimlerinin çoğunda yüksek sıcaklıkla birleşince iklim şartlarında konforsuzluk yaratmıştır [63].

2.1.3.2. Sıcak-Nemli İklim Bölgesinin Kentsel Özellikleri

Bu bölgedeki kentsel doku yoğunluğu, Hazar Denizi'nin güney kıyısındaki binaların birbirine uzak olduğu, sıcak-kuru bölgelerdeki oldukça yoğun olan binalarla karşılaştırıldığında ortalama düzeydedir. Bu nedenle kent içerisinde hava akışı sağlanmış ve kentsel mekanlarda binaların gölgesinden faydalanmıştır [63].

2.1.3.3. Sıcak-Nemli İklim Bölgesinin Bina Özellikleri

Bu iklim bölgesinde binalar yarı içe dönük olup odalar merkezi bir avlu etrafında konumlanmıştır (Şekil 2.6). Bu bölgelerdeki binaların sıcak-kuru bölgelerdeki binalardan temel farkı, binaların içe dönük ve merkezi bir avluya sahip olması, dışarıyla bağlantısının tam olarak kapalı olmaması ve sokağa bakan yüksek pencereleri ve geniş eyvanlara sahip olmasıdır (şekil 11). Bunun sebebi oda içerisinde çift yönlü havalandırmayı kullanmak ve ısı yoğunluğunu azaltmak amacıyla bir tarafta avluya bakan pencereler, diğer tarafta ise sokağa bakan pencereler açılarak bu havalandırmanın yapılmasıdır [63]. Bu bölgelerdeki eyvanlar İran'ın diğer bölgelerine göre daha büyük olarak binanın önemli bir alanı oluşturmaktadır (Şekil 2.7). Eyvanlar genellikle merkezi avlu çevresinde ve binanın bir veya iki yanında bulunur [63]. Bu bölgede ahşap, ısıl kütlesinin düşük olması ve bu sebeple ısıyı kendi bünyesinde depolamaması ve ısıyı yavaş iletmesi nedeniyle çatı, kapı ve pencerelerde kullanılmıştır. Gündüz kazanılan ısı, ahşabın yüzeyinde kalır ve geceleri nispeten serin esen rüzgarla birlikte ahşap ısını dağıtır. Binaların gövdesi yüksek ısıl kütleye sahip yapı malzemelerinden yapılmış ve duvar kalınlıkları oldukça fazladır [63]. Ayrıca bu bölgedeki binalarda, rüzgar kulesi doğal havalandırma açısından önemli rol oynamıştır [63].



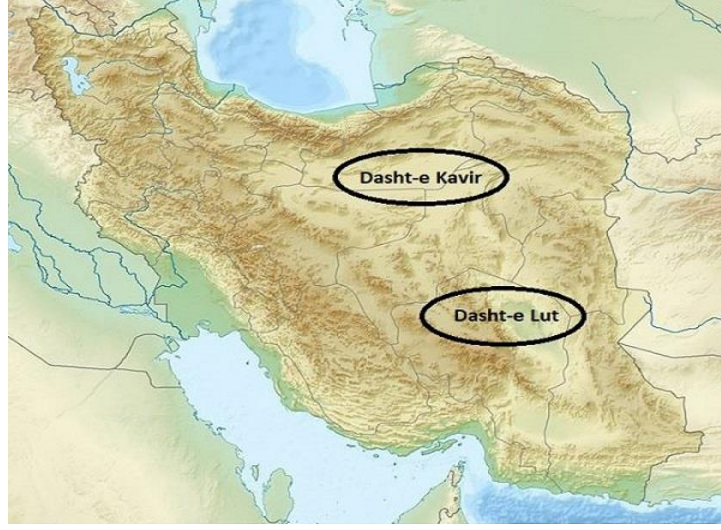
Şekil 2.6: Sıcak-nemli ikliminde bulunan bir merkezi avluya sahip konut binasının planı [63].



Şekil 2.7: Sıcak-nemli iklim bölgesinde yer alan yarı içe dönük ve geniş eyvana sahip olan gelenksel bina [77].

2.1.4. İran'ın Sıcak-Kuru İklim Bölgesi

İran topraklarının büyük bir kısmı sayılan sıcak-kuru iklim bölgesi, İran'ın orta ve doğu bölgelerinde yer almaktadır. İran'ın merkezinde bulunan iki ana çöl bölgesi (Deşt-e Kavir ve Kavir-e Lut bölgeleri) (Şekil 2.8) İran yüzölçümünün yedide birini kaplamıştır [56, 63].



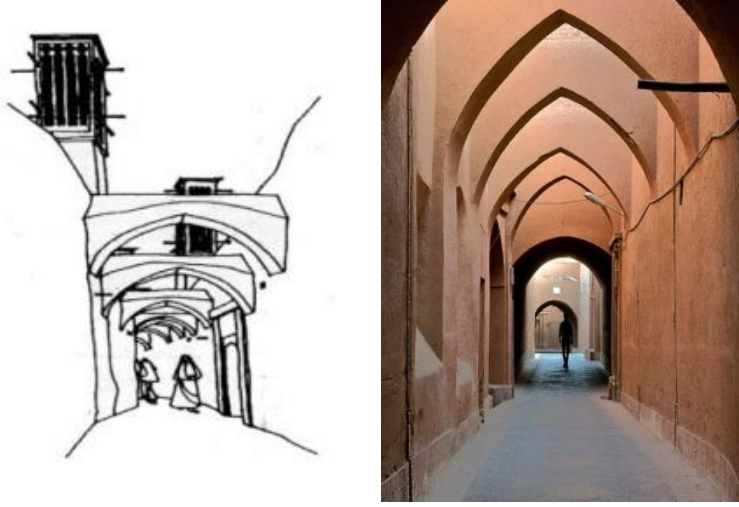
Şekil 2.8: İran merkezinde bulunan 2 ana çöl bölgesi [78].

2.1.4.1. Sıcak-Kuru İklim Bölgesinin İklim Özellikleri

Bu bölgede nem oranının düşük olması nedeniyle gece ve gündüz hava sıcaklığı farkı yüksektir [56]. Ayrıca şiddetli çöl rüzgarları nedeniyle hava oldukça kurudur ve doğrudan güneş ışığı yoğundur [56, 63, 79]. Bu bölgelerdeki gökyüzü çoğu zaman bulutsuzdur. Soğutma döneminde güneş ışıınımları gün içerisinde zemin yüzeyini 50-70 °C kadar ısıtır. Geceleri ise sıcaklık 15-25 °C veya daha düşüktür [56, 63].

2.1.4.2. Sıcak-kuru İklim Bölgesinin Kentsel Özellikleri

Bu bölgede kentsel doku kompakt olarak binalar birbirine bağlıdır [63, 32, 72, 80]. Dar sokaklar ve yüksek duvarlar, kesikli bir çizgi doğrultusunda uzanmaktadır [63, 32, 72]. İki kişinin yan yana geçmesine yetecek ende olan dar olan sokakların sebebi ise geçiş alanında daha iyi iklim koşullarının sağlanmasıdır (Şekil 2.9) [63, 81]. Yol kenarlarında yüksek duvarların bulunması hem güneşe karşı gölge oluşturmada hem de yolların çöl rüzgarlarından korunmasında büyük etkiye sahiptir [63, 32, 72, 80]. Sıcak-kuru bölgelerde ara sokakların kıvrılmasının biyoiklim koşulları açısından bir avantaj olarak değerlendirildiğini belirtmek gerekir; çünkü düz ve geniş yollarda çöl rüzgarları hızlı bir şekilde esebilir ve rahatsızlıklara neden olabilir [63, 32, 72].



Şekil 2.9: Sıcak-kuru iklim bölgesinde bulunan dar sokaklar [81, 82].

2.1.4.3. Sıcak-Kuru İklim Bölgesinin Bina Özellikleri

Soğutma döneminde yüksek hava sıcaklığı, düşük nem oranı, kuvvetli güneş ışığı ve esen tozlu çöl rüzgarları nedeniyle termal konfor sağlanamamıştır. Bu sebeple binanın ortasında merkezi avlu, su havuzu ve bahçe (yeşil alan) bulunarak bina alanındaki nem oranı artırılmıştır. Ayrıca tüm pencereler, merkezi avluya bakacak şekilde yerleştirilip, binanın iç ve dış arasındaki bağlantıyı keserek termal konfora sahip bir ortam temin edilmiştir (Şekil 2.10) [63].



Şekil 2.10: İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Boroujerdiha Evi'nde yer alan su havuzu ve yeşil alanı [83].

genellikle yüksektir ve kubbe şeklinde olan tavanın yaklaşık yarım metre çapında daire şeklinde bir açıklık bulunarak mekanın havalandırma ve aydınlatması gerçekleşir [63].

Bu bölgedeki çoğu bir merkezi avluya sahip olmak üzere, godal bahçe (Farsça'da godal baghche denir) adlandırılan bir tür avluya sahiptir. Godal bahçe seviyesi sokağın doğal seviyesinden daha aşağıda bulunmuştur [63, 79]. Bazı durumlarda binanın alanına ve maliyetine bağlı olarak Godal bahçenin derinliği bir veya iki kat [63, 87], bazı durumlarda ise 3-4 metreye kadar çıkmıştır [88]. Avlunun sokak seviyesine göre aşağıda olmasının üç avantajı vardır bunlar sırasıyla: bodrum katların hafriyat toprağından kil yapılması ve bina inşaatında kullanılması [80], deprem karşısında binanın temeli ve bunun sonucunda tüm bina daha iyi mukavemet göstermesi ve binanın bir kısmı zeminin içinde olduğundan dolayı binanın iç ve dış arasındaki ısı alışverişi ve sıcaklık dalgalanması azalmasıdır [63, 79].

Bu bölgede kullanılan malzemeler çoğunlukla çamur, kil, kerpiç ve tuğladır (Şekil 2.12). Bu tür malzemeler bölgede bol miktarda bulunmakta olup bu sebeple ucuzdur. İklim açısından bu malzemeler iyi bir performansa sahiptir; çünkü gündüzleri geç ısınırlar ve gece geç saatlerde barındırdıkları ısıyı dağıtırlar [63, 89].



Şekil 2.12: Yazd Bölgesi'nde kerpiçten yapılan binalar [89].

2.2. İRAN'IN GELENEKSEL MİMARİSİNİN PASİF İKLİMLENDİRME STRATEJİLERİ

İran'ın geleneksel mimarisi, sıcak-kuru iklim koşullarına uygun olarak geliştirilmiş bir dizi pasif iklimlendirme yöntemini içermektedir. Bu yöntemler arasında rüzgar kulesi, merkezi avlu, godal bahçe, serdab, orosi, şabak vb. gibi unsurlar bulunmaktadır. Bu özgün mimari öğeler, iç mekân konforunu artırmak ve sıcaklık kontrolünü sağlamak için etkili stratejiler sunmaktadır.

2.2.1. Rüzgar Kulesi

Eski çağlarda modern ısıtma ve soğutma ekipmanlarına erişimin olmaması nedeniyle, mimarlar binaların iç koşullarını konforlu hale getirmek için doğal kaynaklara güvenmek zorunda kalmıştır. Geçmişte, modern tesisler olmadan, insanların yazın sıcak havaya tahammül etmesini sağlayan tek şey binalarda pasif iklimlendirme stratejilerinden faydalanmaktı [90]. Kullanılan en yaygın pasif iklimlendirme sistemlerden birisi rüzgar kuleleridir.

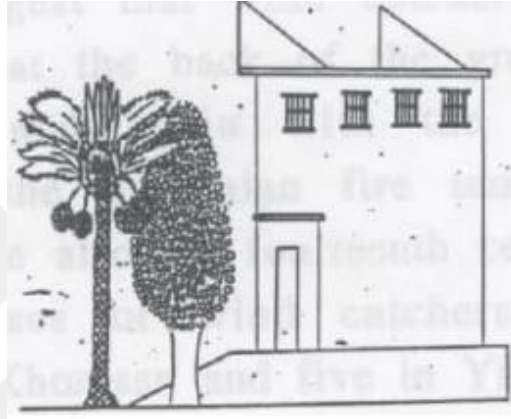
2.2.1.2. Rüzgar kulesinin tarihçesi ve performansı

Farsça'da rüzgar yakalamak anlamına gelen Badgir sözcüğü, Türkçede rüzgar bacası, rüzgar kulesi ve rüzgar yakalayıcısı, İngilizce'de ise wind catcher [91] ve wind tower [92] şeklinde adlandırılır. Türkiye'nin Şanlıurfa şehrinde yer alan rüzgar kulelerine, Badgel ve Mısır'da Malqaf denir [36, 93]. Rüzgar kuleler İran'ın sıcak-kuru ve sıcak-nemli iklim bölgelerinde, özellikle Kaşan, Yazd ve Kirman gibi orta kesimlerde ve ülkenin güney kesimlerinde, yani Fars Körfezi'nin kuzey kıyılarında önemli bir mimari unsurdur. Geleneksel bir havalandırma ve soğutma sistemi olarak Badgir, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'daki farklı ülkelerde yüzyıllardır kullanılmaktadır [94, 95].

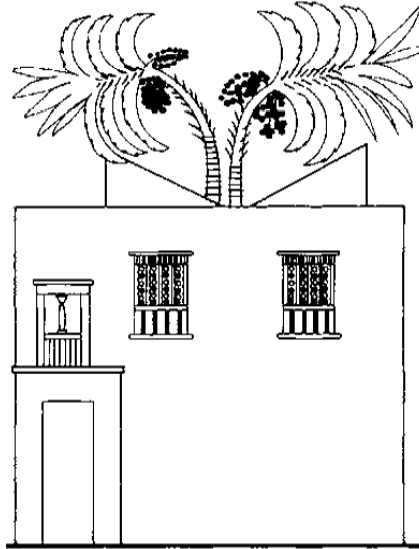
Rüzgar kulelerinin tarihte ilk defa görülmesi MÖ 4. bin yıla kadar uzanır. Basit bir rüzgar kulesi örneği, İran'da, Şahrud şehrinin yaklaşık sekiz kilometre kuzeyinde ve İran'ın Elburz Dağları'nın güney yamaçlarında Tappeh çakmak bölgesinden bir evde bir Japon keşif gezisi tarafından bulunmuştur [95, 96].

Mısır'dan Hindistan'a kadar Ortadoğu'nun pek çok farklı bölgesinde halen sergilenmekte olan rüzgar kuleler, tarihi kentlerin orijinal görüntülerine katkı sağlamıştır. Davies'in 1923 yılında yaptığı araştırmalara göre, MÖ 1500 civarında, arkeologlar papirüs üzerindeki Mısır

Çizimlerinde bir rüzgar kulesi rneęi bulmuşlar. izimler, Yeni Krallık'ın zenginlerinin evlerinde iki üçgen şekilli rüzgar kulesi tasvir etmişler (şekil 2.13) [97]. Rüzgar kulesi fikrinin Erken Firavun Dönemlerine kadar uzandığına dair kanıtlar var. Tal Al-Amara'nın Onsekizinci Hanedan evlerinde ilgili örnekler bulunabilir. Neb-Amun'un Ondokuzuncu Hanedan (M 1300) mezarı üzerindeki bir tabloda tasvir edilen Firavun evi ilgili görselde görülebilir (şekil 2.14) [98].



şekil 2.13: Mezarının 011 tablosundan Neb-Amun'un Firavunlara ait evinin rüzgar kulesi, ondokuz Hanedan (M 1300) [97].



şekil 2.14: Firavun'un Malqafı, Neb-Amun'un evi (M 1300 civarı) [98].

Rüzgar kulelerinin işlevi öncelikle soğutma ve havalandırma için uygun olan rüzgarı alıp binanın çeşitli bölümlerine yönlendirmektir. Rüzgar kulelerinin, rüzgara bakan açıklığına pozitif basınç etki eder ve gelen rüzgarın karşı taraftaki açıklığana ortam atmosferik basıncından daha düşük bir basınç etki eder [99]. Gün boyunca rüzgar kulesi, dış hava ile ısı alışverişi yaparak ve güneş ışınımını soğurarak tamamen ısınır. Çöl bölgelerinde, gece hava sıcaklığı, gündüz hava sıcaklığından 21 santigrat derece daha düşük olabilir. Rüzgar kulesi içindeki hava, rüzgar kulesi gövdesi ile ısı alışverişi sebebiyle ısınır; özgül kütlesi azalarak hafif hale gelir ve kaldırma kuvveti neticesiyle yukarı doğru hareket eder. Bu durumda rüzgar kulesi, bacalar gibi emiş oluşturur. Bu emiş, dış hava ile rüzgar kulesi içindeki sıcak hava arasındaki basınç farkı ile odanın kapı ve pencereleri dışındaki havanın rüzgar kulesine girerek yukarı doğru akmasına sebep olur. Bu şekilde, rüzgar kulesinin içindeki havanın sıcaklığı dışarıdaki havadan daha yüksek olduğunda, dışarıdan ve bahçeden odaya veya binaya ve ardından rüzgar kulesine hafif bir hava akışı sağlanır. Bu doğal hava akışı, rüzgar kulesi kütlesi dış havanın sıcaklığına ulaşana kadar devam eder. Rüzgar kulesinin dış cephesi gece boyunca soğur ve soğuk hava aşağı doğru hareket eder. Bu hava ısıyı soğurur ve parapetlerde ısınır ve sonra yukarı çıkar. Bu döngü, duvarların sıcaklığı ile dış sıcaklık eşitlenene kadar devam eder; ancak genellikle bu duruma gelmeden önce gece sona erer [95, 99, 100, 101, 102].

2.2.1.3. İran'da Bulunan Rüzgar Kulelerinin Yapısı

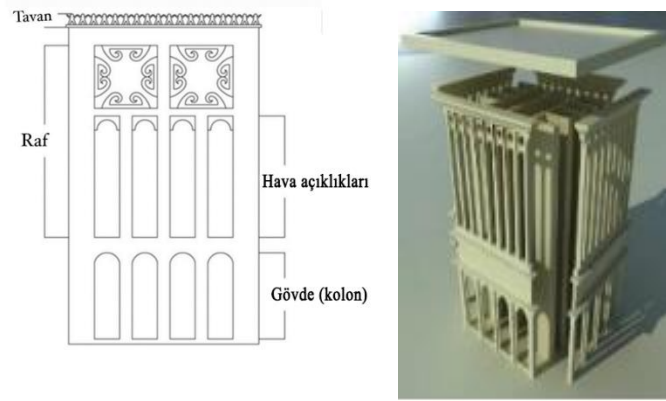
İran'da bulunan rüzgar kuleleri beş ana bölümden oluşmuştur (Tablo 2.1): 1.Tavan, 2. Havalandırma açıklıkları, 3. Kolon (sütun), 4. Raflar (shelves), 5. Zincir (chain) (Şekil 2.15) [101, 103, 104].

Tablo 2.1: Rüzgar kulesinin ana bileşenleri (101, 103, 104).

Rüzgar Kulesinin Ana Bileşenleri	Tanım
Tavan	Rüzgar kulesinin en üst kısmında yer almıştır.
Havalandırma açıklıkları	Havalandırma açıklıkları rüzgar kulesinin baş kısmında yer alıp ve hava akışının giriş ve çıkışını sağlar.

Tablo 2.1 (devamı): Rüzgar kulesinin ana bileşenleri (101, 103, 104).

Gövde (kolon)	Rüzgar kulesinin rafı ile binanın çatısı arasında bulunan kısmına gövde veya kolon denir. Rüzgar kulesi ne kadar yüksekse kolonu da o kadar yüksektir. Bu kısmın güzelliği tuğla işçiliği süslemelerine ziyadesiyle bağlıdır.
Raf	Rüzgar kulesinin üst kısmı, hava geçiş açıklıklarını içeren bölüme raf denir.
İç duvarlar	Rüzgar kanalını birkaç küçük kısma bölen kil ve tuğladan iç duvarlar yapılarak rüzgar kulesinde içeriye giren havanın karşı hava açıklığından dışarıya çıkmasını engeller.

**Şekil 2.15:** Rüzgar kulesinin yapısı [99, 104, 105].

İran'ın rüzgar kulelerinin tipolojisi rüzgar yönüne göre genel olarak beş gruba ayrılır bunlar sırasıyla: tek yönlü, çift yönlü, üç yönlü, dört yönlü, altı ve sekiz yönlü tipolojilerdir [99].

Tek yönlü Rüzgar Kuleleri

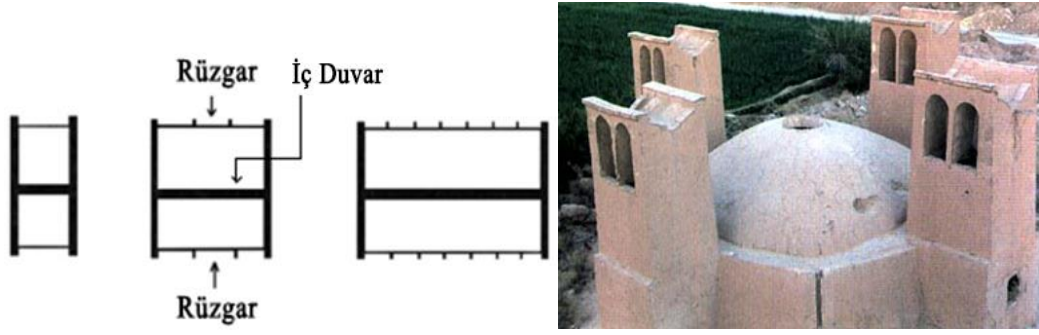
Bu rüzgar kulesi, en basit ve en temel rüzgar kulesi türü olarak karşımıza çıkar ve rüzgara bakan tek bir açıklığa sahiptir. Tek yönlü rüzgar kulelerinin diğer yönlerinde, kum içeren rüzgarın girişini içeriye önlemek için hiç bir açıklık bulunmamıştır. İran’da bulunan tek yönlü rüzgar kuleleri, Ardekani rüzgar kulesi olarak da adlandırılır (Şekil 2.16) [39, 94, 101, 106].



Şekil 2.16: Tek yönlü rüzgar kulesi [107].

Çift Yönlü Rüzgar Kuleleri

İki yönlü rüzgar kuleleri İran’nın Kirman şehrinde fazla kullanılmasından dolayı diğer adı Kermanî rüzgar kulesidir. Bu tür rüzgar kulelerinin ana kanalı iç duvar ile ikiye bölünüp bu durumda havalandırma açıklıkları birbirinin önüne yerleştirilmiştir (Şekil 2.17). Hava, rüzgar kulesinin bir hava açıklıklığından içeriye girdikten sonra, diğer açıklıktan (kaşısında bulunan açıklıktan) dışarıya çıkar [39, 106].



Şekil 2.17: Kirmani rüzgar kulesinin planı ve yapısı [106, 108].

Üç Yönlü Rüzgar Kuleleri

Üç yönlü rüzgar kulesi çok yaygın değildir; ancak İran'ın Tabas şehrinde bazı binalarda bu tür rüzgar kulesi bulunmaktadır (Şekil 2.18) [101, 106].



Şekil 2.18: Tabas Şehrinde bulunan bir üç yönlü rüzgar kulesi [106].

Dört Yönlü Rüzgar Kuleleri

Yezdi rüzgar kulesi olarak da adlandırılan dört yönlü rüzgar kulesi en yaygın türdür. Bu rüzgar kulesinin en basit yapımında iç duvarlar, ana kanalı dört parçaya ayırır. Dört ana yöne bakan hava açıklıklarının varlığı, rüzgar kulesine her yönden yaklaşan rüzgarların binanın içine doğru yönlendirilmesine neden olur. Bu sayede hava akımı hava açıklıklarının birinden rüzgar kulesine girer ve aynı anda diğer açıklıklardan dışarı çıkar (Şekil 2.19) [39, 94].



Şekil 2.19: İran'da bulunan dört yönlü rüzgar kulesi [109].

Altı ve Sekiz Yönlü Rüzgar Kuleleri

Diğer tüm rüzgar kulelerinden daha yüksek olan bu tür rüzgar kulesi, rüzgarı farklı yönlerden içeriye yönlendirir. Genellikle suyu soğutmak için su depolarının (İran'ın geleneksel mimarisinde Ab Anbar denir) üzerinde kullanılırlar. İran'ın Yazd Bölgesi'nde yer alan Dolat Abad rüzgar kulesinin 33.8 metre yüksekliğe sahip olan bir sekiz yönlü rüzgar kulesi örneğidir (Şekil 2.20) [39, 94, 101].



Şekil 2.20: Dolat Abad rüzgar kulesi [110].

2.2.1.4. İran'ın Yezd Bölgesi'nde Bulunan Rüzgar Kulelerinin Özellikleri

Yezd, İran platosunda yer alan üçüncü büyük bölgesidir [111]. Yezd Bölgesi'nde yer alan rüzgar kuleleri yaklaşık 180 adette olduğu tahmin edilip genellikle dört yönlü yapılmıştır [106]. Bu bölgedeki rüzgar kuleleri, rüzgardan daha etkili yararlanabilmek için yüksektirler (şekil 2.21). Yezd Bölgesi'nde bulunan rüzgar kuleleri İran'ın en büyük, teferruatlı ve nâdîde kuleleridir [38, 65, 112]. Ayrıca bu bölgedeki bazı rüzgar kuleleri iki katlı inşa edilmişlerdir (Şekil 2.22) [38, 112].



Şekil 2.21: Yezd Bölgesi'nde Abarkooh şehrinde yer alan Aghazade Köşkü'nün iki katlı ve 4 yönlü rüzgar kulesi [64, 113].

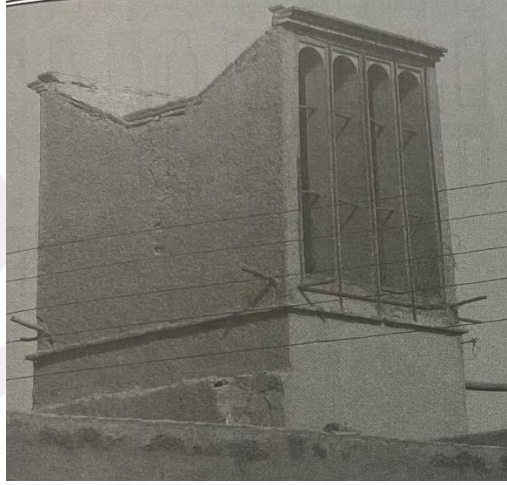


Şekil 2.22: Yezd Bölgesi'nde Tabas şehrinde yer alan Amir Köşkü'nün iki katlı ve sekiz yönlü rüzgar kulesi [64, 114].

Yezd Bölgesi'nde yer alan rüzgar kuleleri yön (doğrultu) açısından çift yönlü, dört yönlü, altı yönlü ve sekiz yönlü olarak inşa edilmişlerdir.

Çift Yönlü

Yezd bölgesi'nde bulunan çift yönlü rüzgar kulelerinde, rüzgar esen yönler doğrultusunda açıklık bulunmuştur (Şekil 2.23). Bu tür rüzgar kulelerinin sayısı oldukça azdır [64]. Çift yönlü rüzgar kuleleri eğimli bir çatıya sahip olup bu yüzden kelebek rüzgar kuleleri olarak da bilinirler [65].



Şekil 2.23: Yazd Bölgesi'nde bulunan çift yönlü rüzgar kulesi [65].

Dört Yönlü

Yezd Bölgesi'nde en çok bulunan rüzgar kulesi türü olan dört yönlü rüzgar kulesinin her dört cephesinde hava açıklıkları bulunmuştur (Şekil 2.24) [64, 65].



Şekil 2.24: Yazd bölgesi'nde bulunan dört yölü rüzgar kulesi [65, 115].

Altı ve Sekiz Yönlü

Altı ve sekiz yönlü rüzgar kulelerinde (Şekil 2.25), rüzgar herhangi bir yönden estiği zaman içeriye doğru yolunu bulur. Bundan dolayı bu tür rüzgar kulesi rüzgarı daha iyi almaktadır. Bu tür rüzgar kuleleri çoğunlukla Ab Anbar (İran'ın geleneksel mimarisinde sarnıç ögesine Ab Anbar denir) üzerinde yapılmıştır [64, 65].



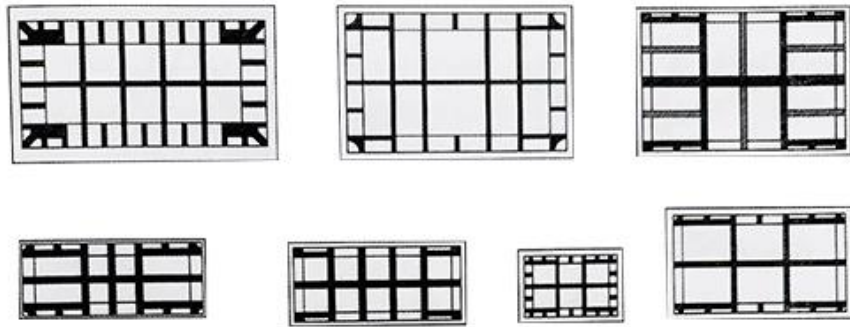
Şekil 2.25: Yazd Bölgesi'nde yer alan Dolat Abad rüzgar kulesi [110].

Rüzgar Kulelerinin Hava Açıklıklarının Yönü

Yezd Bölgesi'nde mevcut rüzgar kulelerinin çoğu binaların güney, güneydoğu ve güneybatı taraflarında yer almıştır. “Badgir, İran Mimarisi'nin Sembolü” kitabında incelenen Yezd Bölgesi'nde yer alan 53 adet rüzgar kulesinden 2/3'ü binaların güney cephesinde bulunmuştur [65].

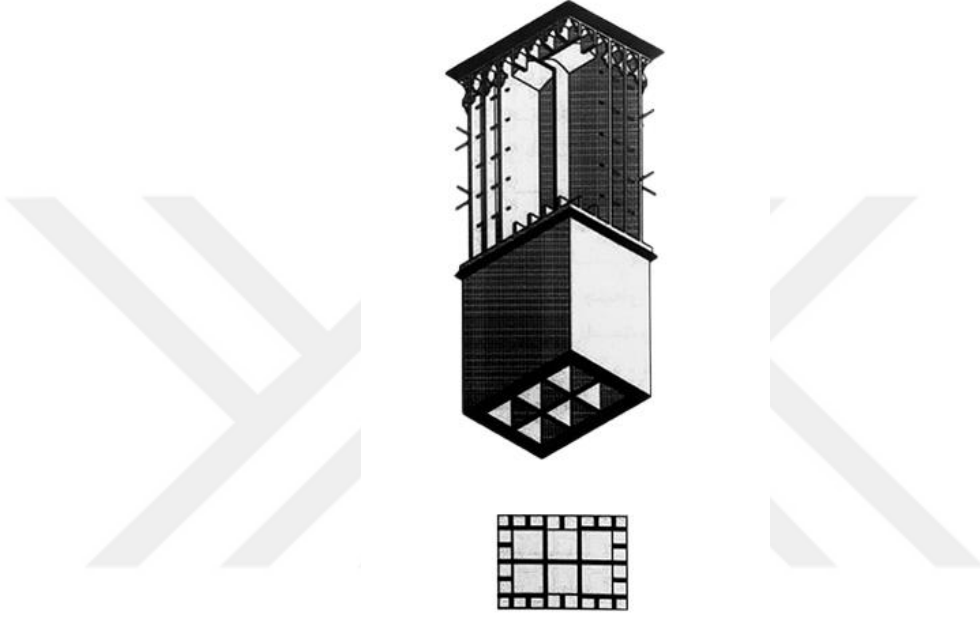
Rüzgar Kulelerinin Yapısı, Plan Şekli ve Alanı

Bu bölgedeki rüzgar kulelerinin çoğunun planı, dikdörtgen şeklindedir [65]. Rüzgar kulelerinin kil, tuğla, çamur harcı, saman dış kaplama ve sıva iç kaplamadan oluşan kolonu iç duvarlar ile küçük kanallara bölünmüştür [65, 101, 116]. Rüzgarın dört yönden alınması nedeniyle en az dört ayrı kanal oluşturulması gerekmektedir; çünkü aksi takdirde rüzgar kulesine herhangi bir yönden giren rüzgar, karşı açıklıktan hemen çıkar. Ayrıca rüzgar kolonunun daha küçük parçalara bölünmesi rüzgar akış hızını artırır [65, 116]. Rüzgar kulesi kolonunu küçük kanallara bölen bu iç duvarlar, tuğla ve kilden yapıp kalınlıkları 9-15 cm olup H, X, + ve I şeklinde planlara sahiptir [65]. Yezd Bölgesi'nde bulunan rüzgar kulelerinin iç duvarları, en çok haç biçiminde farklı şekillere sahiptir (Şekil 2.26) [64]. Mahmoudi'nin [117] Yezd Bölgesi'nde bulunan rüzgar kuleleri üzerine yaptığı araştırmada elde edilen sonuçlara göre, “+” şeklinde iç duvarlara sahip rüzgar kuleleri, sakinlerin iç konforunu artırma açısından daha iyi performansa sahip olduğunu göstermiştir [116].



Şekil 2.26: Yezd Bölgesi'nde bulunan rüzgar kulelerinin iç duvarlarının haç biçiminde farklı yapıları [30].

Hava açıklıkları, hava akışını rüzgar kulesine geçirmek için kare, dikey dikdörtgen veya yatay dikdörtgen şeklinde yapılmıştır (Şekil 2.27) [65]. Mahmoudi Zarandi'nin [65] incelediği rüzgar kulelerinde hava açıklıklarının maksimum ve minimum genişliği 44 cm ve 15 cm'dir. Çoğu rüzgar kulelerinde hava açıklıklarının genişliği 15 ile 20 cm arasındadır [65].



Şekil 2.27: Rüzgar kulelerinin iç duvarları [65].

Yezd Bölgesi'nin meşhur mimarına göre, talar alanı (oturma salonu) ile rüzgar kulesinin alanı arasında doğrudan bir ilişki vardır; salon ne kadar büyük olursa rüzgar kulesinin alanı da o kadar büyük olmaktadır [65]. Aşağıdaki tabloda (Tablo 2.2) Yezd Bölgesi'nde bulunan bazı tarihi binalarının talar ve rüzgar kulelerinin alanı verilmiştir.

Tablo 2.2: Yezd Bölgesi'nde bulunan bazı tarihi binalarının Talar ve rüzgar kulesi alanları [65].

Bina Adı	Rüzgar Kulesi Alanı (m ²)	Talar Alanı (m ²)	Talar alanı/ Rüzgar kulesi alan oranı (m ²)
Mestervay	12	103	8.6

Tablo 2.2 (devamı): Yezd Bölgesi'nde bulunan bazı tarihi binalarının Talar ve rüzgar kulesi alanları [65].

Lariha	11	92.5	8.4
Semsar	6.6	75.46	11.4
Mortaz	10.8	70	6.5
Rasouliyan	5,6	59	10.5
Oloumiha	9.98	53.6	5.4
Alireza Arab	3.95	42.25	10.7
Rismaniyan	4.52	38.8	8.6
Ardekaniyan	5.34	35.8	6.7
Mahmoudi	5.5	35	6.4
Sigari	5.8	32	5.5
Tehraniha	11.68	31.7	2.7
Farhangi Mozaffari	8.75	36	4,1
Fahadan 1	5.25	30	5,7
Gerami	7.6	24	3.1
Fateh'ha	3.76	23.52	6.2
Shafipour	4.2	23.52	5.6
Ortalama	7.2	47.42	6.6

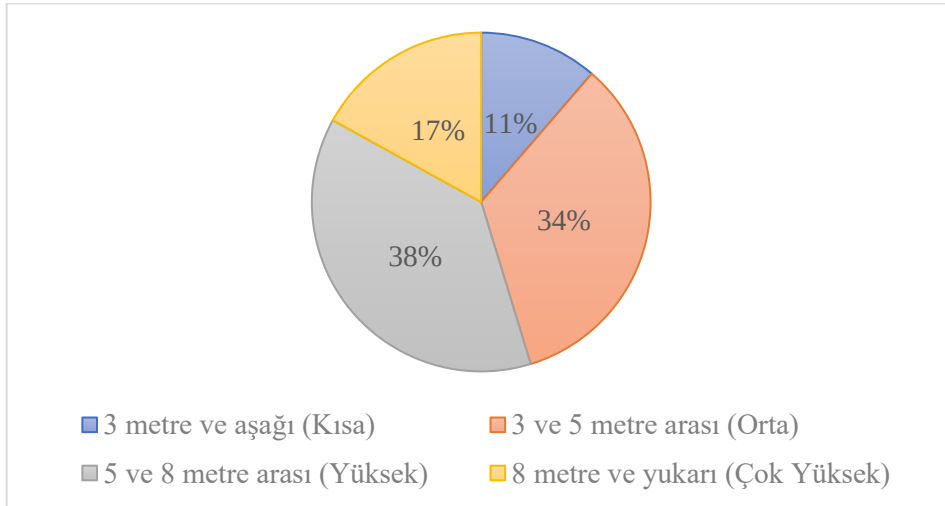
Rüzgar Kulelerinin Tavan Şekli

Kaynaklara göre [23, 64, 116,], bu bölgede bulunan rüzgar kulelerinin çoğunun düz şekilde bir çatıya sahip olup fakat çift taraflı rüzgar kulelerinin çatısı %2-3 eğimli şekilde yapılmıştır. Rüzgar kulelerinin çatısı ahşap kirişler ve tuğlalarla kaplanmış olup, nem bariyeri olarak saman kullanılmıştır [64, 65].

Rüzgar Kulelerinin Yüksekliği

Mahmoudi Zarandi [65], “Badgir, İran Mimarisi’nin Sembolü” adlı kitabında Yezd Bölgesi’ndeki rüzgar kulelerinin diğer bölgelere göre daha yüksek olmasından bahsedip bu yapıların çatı üzerinden ortalama 5 metre yüksekliğe sahip olmasının sonucuna varmıştır. Ayrıca yazar Yezd Bölgesi’nde yer alan elli üç adet rüzgar kulesini yükseklik açısından dört gruba ayırmıştır: 3 metre ve aşağısı (kısa), 3 ve 5 metre arası (orta), 5 ve 8 metre arası (yüksek), 8 metre ve yukarısı (çok yüksek). Bu kategoride rüzgar kulelerinin sayısı sırasıyla, 6, 18, 20 ve 9 adettir [65] (Tablo 2.3). Dolat Abad Köşkü’nde yapılan rüzgar kulesi, 33,80 metre yüksekliğinde olup dünyanın en yüksek rüzgar kulesidir. Bu rüzgar kulesinin diğer özelliklerinden birisi de 8 yönlü olmasıdır [65].

Şekil 2.28’de Yezd Bölgesi’nde yer alan bazı binalarının dört yönlü rüzgar kulelerinin özellikleri görülmektedir [65].



Şekil 2.28: Yezd Bölgesi’nde incelenen 53 adet rüzgar kulesinin çatı üzerinden yüksekliği (yazar).

Tablo 2.3: Yezd Bölgesi'nde yapılan 4 yönlü rüzgar kulelerinin örnekleri (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Kaynak	Bina Adı	Rüzgar Kulesi Özellikleri	Rüzgar Kulesi nin Alanı	Rüzgar Kulesinin Yüksekliği	Binanın Diğer Pasif İklimlendirme Özellikleri
[32, 33, 34, 23]	Lariha Evi		11 m ²	Zeminden: 19.74 m; Tavandan: 10.86 m	1. Rüzgar kul içeride bulunan havuza (Hozkhane) bağlıdır. 2. Bu binada kil, çamur, tuğla, saman ve alçı gibi çevre dostu malzemelerden kullanılmıştır. 3. Merkezi avlu 4. Havuz 5. Eyvan
[25, 35, 23]	Sigari Evi	Binanın iki rüzgar kulesi vardır: biri zemin kata kadar devam eden oturma salonunun (talar) arkasındaki doğu cephesinde dört yönlü rüzgar kulesi ve evin güney cephesinde, evin arkasında yer alan diğer iki yönlü rüzgar kulesi zemin kata kadar devam etmiştir.	5.8 m ²	zemin kata kadar: 9.9 m; Tavandan: 5.3 m	Bu binada Tuğla gibi iklime uygun malzemeler kullanılmıştır.
[23, 25, 36, 37, 38, 32]	Mortaz Evi	Rüzgar kulesi oturma salonunun (talar) arkasından bodruma kadar devam etmiştir.	10.8 m ²	Bodruma kadar: 10.7 m; Tavandan: 5.4 m	1. Eyvan 2. Merkezi avlu 3. Havuz 4. Bu binada doğal ve iklime uygun malzemeler kullanılmıştır.

Tablo 2.3 (devamı): Yezd Bölgesi'nde yapılan 4 yönlü rüzgar kulelerinin örnekleri (Yazar tarafından üretilmiştir.)

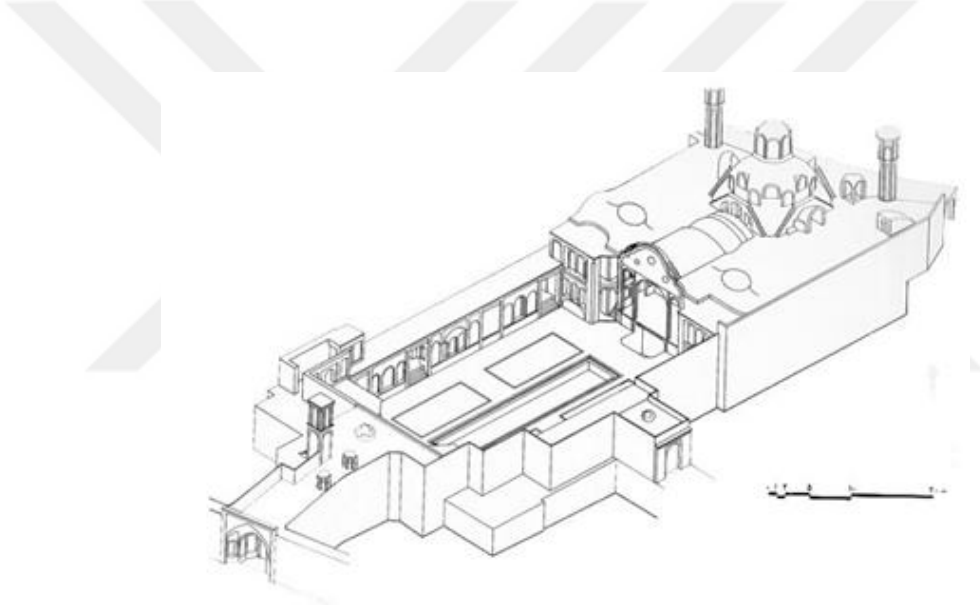
[23, 25, 39, 32]	Rismaniyan Evi	Bu rüzgar kulesi, oturma salonunun (talar) arkasında, evin güney cephesinde yer almış ve bodruma kadar devam etmiştir.	4.52 m ²	Bodruma kadar: 18.6 m; Tavandan: 6 m	1.Eyvan 2.Havuz 3. Bu binada doğal ve iklime uygun malzemelerden kullanılmıştır. 4. Merkezi avlu
[40, 41, 32]	Mahmoudi Evi		5.5 m ²	Zeminden: 10.94 m	1.Kullanılan malzemeler kil, çamur, tuğla, taş, saman, alçı, ahşap gibi yerel ve gelenekseldir. 2. Merkezi avlu 3. Havuz 4. Godal bahçe
[39, 32]	Farhang Mozaffari Evi		8.75 m ²	Zeminden: 6.8 m; Tavadan: 2.8 m	
[23, 42, 43]	Eskandar Ceza Evi			Zeminden: 16.8 m; Tavandan: 8.4 m	1.Kil ana malzemelerden biridir. 2. Eyvan 3. Merkezi avlu 4. Havuz 5. Serdab
[23, 44]	Rouhaniyun Evi			Zeminden: 9 m	1. Merkezi avlu 2. Havuz 3. Bu binada doğal ve iklime uygun malzemelerden kullanılmıştır.

Tablo 2.3 (devamı): Yazd Bölgesi'nde yapılan 4 yönlü rüzgar kulelerinin örnekleri (Yazar tarafından üretilmiştir.)

45, 39, 46]	Arab Kermani Evi			Zeminden: 14m; Tavandan: 8 m	1. badgir içeride bulunan havuza (Hozkhane) bağlıdır. 2. Merkezi avlu 3. Havuz 4. Bu binada doğal ve iklime uygun malzemelerden kullanılmıştır.
[6, 14, 16, 47]	Dolat Abad Köşkü	8 yönlü bir rüzgar kulesine sahiptir.		Zeminden: 33.80 m	1. kil ve tuğla gibi ısıt kütleli yüksek malzemelerden kullanılmıştır. 2. 60 kilometreden fazla uzunluğa sahip bir Qanat sistemine sahiptir. 3. Havuz 4. Binanın pencereleri küçük boyutta yapılarak bölgedeki fırtınalı ve kum üreten rüzgarlara karşı bir bariyer görevi görmektedir. 5. Eyvan
Ortalama (Dolat Abad Köşkü hariç)			7.72 m²	Bodrum katından: 14.65 m ; zemin katından: 12.45 m ; Çatı üzerinden: 6.7 m	

Rüzgar Kulelerinin Sayısı

Valiyan ve diğ., İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Semnan Kenti'nde otuz yedi adet rüzgar kulesini incelemişlerdir. Bu araştırmanın sonuçlarına göre Semnan'daki çoğu binada ve hatta köylerde bulunan binalarda bile rüzgar kulesi inşa edilmiştir. Bu çalışmadaki irdelenen binaların %83.8 tek rüzgar kulesine ve %16.2 çift rüzgar kulesine sahiptir [18]. Yazd Bölgesi'nde irdelenen on dört binanın %71.5 tek rüzgar kuleli ve %28.5 çift rüzgar kulelidir [38]. Chohan ve Awad'a göre [36], rüzgar kulelerinin sayısı havalandırma gerektiren odaların sayısına bağlıdır. Ayrıca rüzgar kulelerinin sayısı, insanların ekonomik durumlarına göre farklılık göstermiştir [118]. Bazı binalarda ise 3 adet rüzgar kulesi yapılmıştır (Şekil 2.29).



Şekil 2.29: İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan üç rüzgar kulesine sahip olan Boroujerdiha Evi [119].

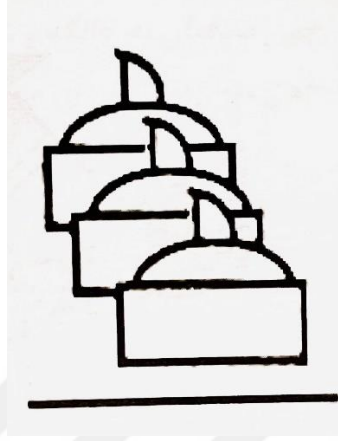
2.2.1.5. Diğer Ülkelerde Bulunan Rüzgar Kuleleri Örnekleri

Yüzyıllar öncesine dayanan orta doğu'nun mimarlık tarihinde, rüzgar kulelerinin sıcak iklimlere sahip olduğu farklı ülkelerde tasarlanmıştır. Rüzgar kulesi yer alan bölgeler arasında Afganistan, Mısır, Türkiye, Irak gibi ülkeler sayılabilir.

Afganistan

Afganistan'da bulunan rüzgar kulelerinin tabanı kare şekline sahip olup boyutları yaklaşık bir metreye bir metredir. Bu ülkede yer alan rüzgar kuleleri tek yönlü olarak çatıları 30 derecelik

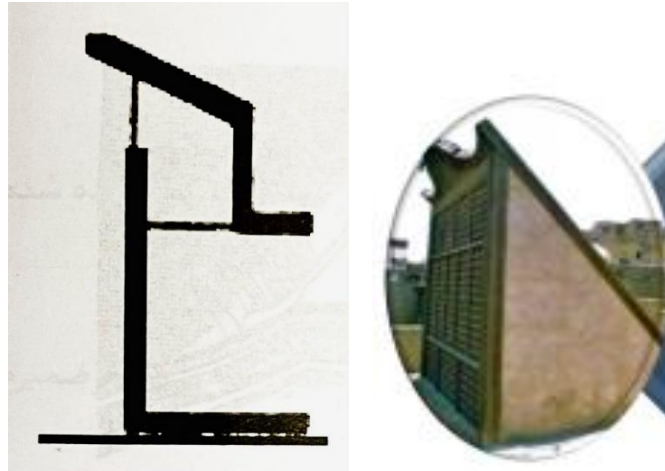
açıyla eğimli olup, kubbe şeklindeki çatıların üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 2.30). Bu rüzgar kulelerinin maksimum yüksekliği 150 cm'dir [65].



Şekil 2.30: Afganistan'da mevcut rüzgar kulelerinin yapısı [65].

Mısır

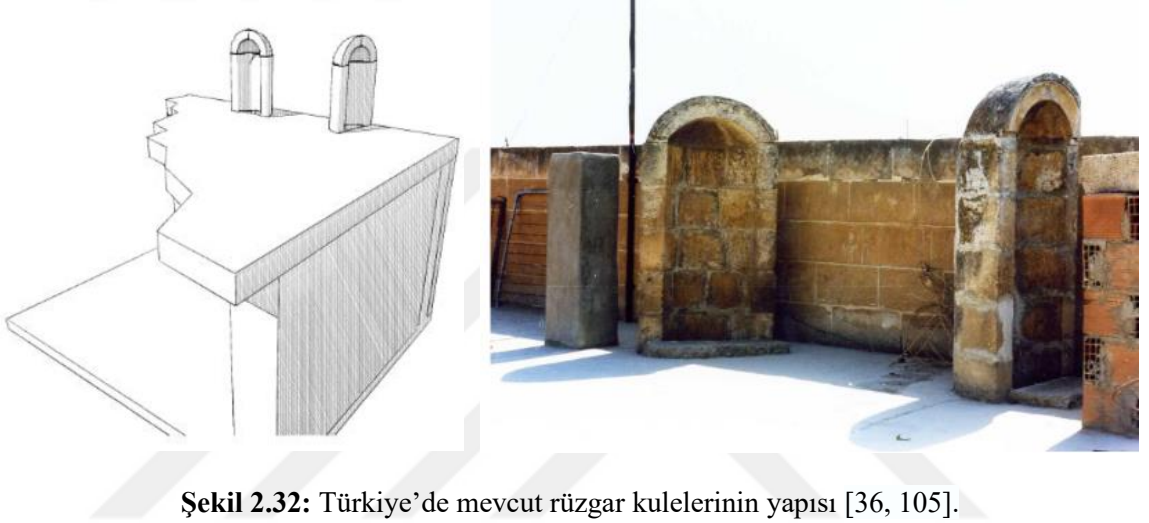
Mısır'da yer alan rüzgar kulelerine Malqaf denir [36, 93]. Mısır'da bulunan rüzgar kulelerinin planı dikdörtgen şeklinde olarak düz çatıların üzerind yer almıştır. Malqaf çatısı, rüzgarın içeriye daha iyi nüfuz etmesini sağlayan 30 derecelik bir eğime sahiptir (Şekil 2.31) [118].



Şekil 2.31: Mısır'da mevcut rüzgar kulelerinin yapısı [118, 60, 36].

Türkiye

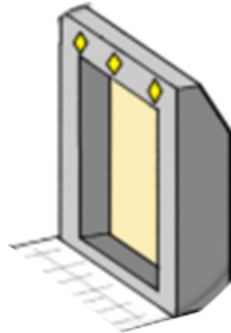
Türkiye'nin Şanlıurfa şehrinde yer alan rüzgar kulelerine Badgel denir [4, 5]. Badgel, 'D' şeklindeki dairesel plana dayanan rüzgar kulesidir (Şekil 2.32). Badgel'in kanalı 1.5 m yüksekliğe kadar doğrudan çatı yüzeyine yerleştirilmiştir. Badgel'in hava açıklığının çapı 0,05-0.3 metre arasında değişmiştir [36].



Şekil 2.32: Türkiye'de mevcut rüzgar kulelerinin yapısı [36, 105].

Irak

Irak'ta rüzgar kuleler, rüzgarı yakalamak ve konfor sağlamak amacıyla, yazlık oturma odalarının kuzeybatıya bakan arkasındaki kalın kerpiç veya fırınlanmış tuğla duvarlarla inşa edilmiş basit bir tek yönlü hava kulesidir. Dikdörtgen plana, düz veya 45° açıyla eğimli çatıya sahip olup genellikle binaların bodrum katının havalandırmasını sağlar (Şekil 2.33) [36, 120].



Şekil 2.33: Irak'ta bulunan rüzgar kulelerinin yapısı [36].

2.2.2. Avlu Tipolojisi

Geleneksel İran binalarının tasarımındaki en önemli öğelerden birisi olarak avlu İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde bina sakinlerine termal konfor sağlamak amacıyla kullanılan pasif soğutma stratejilerden birisidir [81, 21]. Avlu, binanın odak yeri ve ana ortak alanı olarak, insanların her türlü iş ve faaliyeti için kullandıkları yerdir. Tipik bir İran avlusunun ana öğeleri, küçük bir su havuzu ve gölge yaratan ve aynı zamanda alanı serin tutmaya yardımcı olan yeşil alanlardır (Şekil 2.34) [81, 86].



Şekil 2.34: İran'ın geleneksel mimarisinden bir merkezi avlu örneği [121].

İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesi, mimariyi etkileyen koşullarından biridir. Su sıkıntısı çeken bu bölgenin iklim özellikleri yazın aşırı sıcak olur ve yılın bazı dönemlerinde kum fırtınaları ve farklı yönlerden rüzgarlar eser. Bu iklim bölgesinde mimarlığın başlıca alâmeti içe dönüklüktür. Yazın şiddetli fırtınaların ve yüksek sıcaklığın, kışın ise aşırı soğuğun yaşandığı sıcak ve kurak bir iklimde çevre ve doğa ile elzemdir [35].

İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinin geleneksel mimarisinde avlular iki şekilde inşa edilmiştir bunlar: merkezî avlu ve godal bahçedir.

2.2.2.1. İran ve İran'ın Yezd Bölgesi'nde Bulunan Merkezi Avlu Tipolojisi

Geleneksel İran binalarının tasarımındaki en önemli öğelerinden biri, merkezi avludur. Merkezi avlu, binaların özellikle de konut binalarının odak yeri ve ana ortak alanı olarak ev sakinlerinin her türlü iş ve faaliyet için kullanıldıkları yerdir (Şekil 2.35) [54, 63].



Şekil 2.35: Yezd Bölgesi'nde yer alan Mortaz Evi'nin merkezi avlusu [35].

Merkezi avlularında genellikle avlunun üst kısmında sabah saatlerinde hava sıcaklığı düşüktür. Merkezi avluda gün boyunca, avludaki hava ısınır. Soğuk hava avluda laminar katmanlar halinde konumlanır ve avlu çevresindeki odalara nüfuz eder. Gündüzleri sıcak rüzgar avlunun ve binanın üzerinden geçmesi sebebiyle avluya giremez. Öte yandan havanın ısı kapasitesi çok düşük olması sebebiyle avlunun sıcaklığı çevredeki yüzeylerin sıcaklığına çok yakındır. Geceleri avlunun duvarları ve zeminindeki ısı dışarı çıkan uzun radyasyon dalgaları tarafından soğutulur. Bu sebeple avlunun tabanının ve duvarlarının büyük bir kısmı, ertesi sabaha kadar serin kalır [122, 123].

Sıcak-kuru iklimdeki geleneksel İran avlulu binalarının çoğu, yaz ve kış yaşam alanlarının yanı sıra servis alanlarının kullanımını en üst düzeye çıkarmak için en iyi yönelimler olan kuzey-güney, kuzeydoğu-güney batı veya kuzeybatı-güneydoğu yönlerinde oluşturulmuştur [124, 125]. Sıcak-kuru iklim bölgelerinde farklı şehirlerin coğrafi konumlarına rağmen, soğuk mevsimlerde pasif ısıtma ve gün ışığının âzamî miktarda radyasyonu soğurmak amacıyla

alanlar çoğunlukla avlunun güneye bakan kuzey kısmında yer almıştır. Buna karşılık, avlunun güney kısmındaki alanlar, sıcak mevsimlerde pasif soğutma ve doğal havalandırma için agarî radyasyon ve maksimum uygun hava akışı elde etmek amacıyla kuzeye bakar. Yaz ve kış mekanları arasındaki bu mevsimsel hareket, insanın iklim koşullarına verdiği tepkilerden biridir [126].

Geleneksel binaların avlu oranı, mekanların termal performansını etkilemekte önemli parametreler arasındadır [21]. Ayrıca bir avlunun uzunluk/genişlik oranı, avlunun geometrik özellikleri arasında önemli hususlardan biridir [21]. Soflaei ve diğ. [21], İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan bazı geleneksel binalarının merkezi avlularını inceleyerek avlu alanının toplam alanına olan ortalama oranının %30'unun altında olduğunu sonucuna varmıştır. Ayrıca ortalama sonuçlar, avluların uzunluk/genişlik oranının birbirine yakın olduğunu göstermektedir [21].

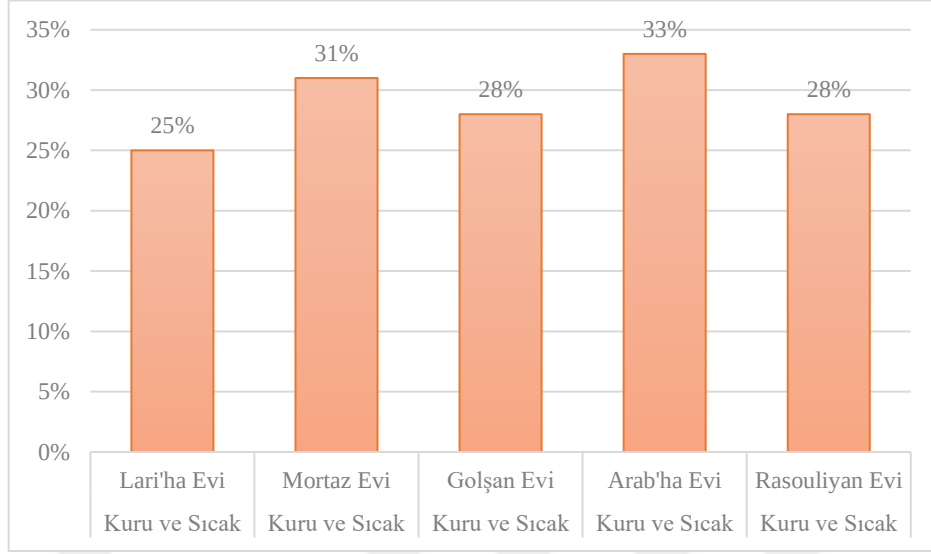
Yezd Bölgesi'nin kuru-sıcak bir iklime sahip olması ve kum fırtınalarına da maruz kalmasından dolayı, merkezi avlu önemli bir rol oynamıştır.

Yezd Bölgesi'nde Bulunan Merkezi Avlularının Oranı

Zeyneliyan ve diğ. [127], İran'ın kuru-sıcak iklim bölgesinde bulunan ve Yezd Bölgesi'nde yer alan 5 binanın merkezi avlusu incelemişler. Şekil 2.36'da incelenen tarihî ve geleneksel yapıların merkezi avlularının alan paylaşım yüzdesi verilmiştir. Sonuçlara göre, ortalama merkezi avlu alan yüzdesi %29'dur [127]. Ayrıca Tablo 2.4'te incelenen tarihî binalarının merkezi avlularının uzunluk/ genişlik oranı verilmiştir. Tablodaki verilere göre ortalama merkezi avlu uzunluk/genişlik oranı, 1.45 metredir.

Tablo 2.4: Yezd Bölgesi'nde incelenen tarihî binalarının merkezi avlularının uzunluk/ genişlik oranı [127].

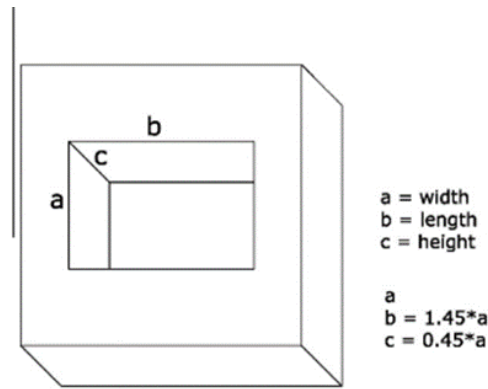
Bina Adı	Uzunluk/ Genişlik (m)
Mortaz Evi	1.48
Lari'ha Evi	1.68
Golşan Evi	1.31
Arba'ha Evi	1.51
Rasouliyan Evi	1.28



Şekil 2.36: Yazd bölgesi'nde incelenen merkezi avlularının alan yüzdesi (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)

Khajezadeh ve diğ. [128], Yazd Bölgesi'nde yer alan on adet tarihî binanın merkezi avlularını incelemiş ve bu binaların bina alanı/ toplam alan ve merkezi avlu alanı/ toplam alan'' miktarının %70.2 ve %29.8 olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca incelenen binaların merkezi avlularının uzunluğunu, genişliğini ve yüksekliğini Şekil 2.37'de görüldüğü üzere şu şekildedir:

$$b = 1.45a \quad c = 0.45a$$



A Typical Yazd Central Court House

Şekil 2.37: Yazd'de bulunan merkezi avlularının oranları [128].

Yazd Bölgesi'nde dış yüzeylerin güneş ve rüzgardan etkilenmesini azaltmak için dış cepheler genellikle komşu evler tarafından kapatılmıştır. Giriş kapısı dışında dışarıya herhangi bir açıklık bulunmamaktadır [128].

Yezd Bölgesi'nde Bulunan Merkezi Avlularının Yeşil alan ve Havuz Alanı

Tablo 2.5'te Yezd Bölgesi'nde 10 adet geleneksel tarihî bina incelenip ortalama havuz ve yeşil alan değerleri ve bunların avluya göre oranları elde edilmiştir [55]. Havuzların ortalama alanı 2.37 m^2 , bahçelerin ortalama alanı ise 34.50 m^2 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu ölçüler tüm binalarda $\pm 15 \text{ m}^2$ farkla tekrar edilmektedir [55].

Tablo 2.5: Havuz ve yeşil alanlarının ortalama alan değerleri ve avluya oranlarının incelenmesi ve karşılaştırılması [55].

Avlu ve diğer alanların oranları	yeşil alanı (m)	havuz alanı (m)	yeşil alanı/avlu alanı (%)	havuz alanı/avlu alanı (%)
ölçü ve oranlar	50.34	37.2	18.41	12

İran ve İran'ın Yezd Bölgesi'nde Bulunan Godal Bahçe Tipolojisi

Godal bahçe, bina avlusunun ortasında yer alan çukur avlu olarak genellikle ana avlu arasındaki kot farkı bir kat büyüklüğündedir (Şekil 2.38) [129]. Genellikle yeryüzünün termal kütlelerinden faydalanmak için ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılan godal bahçe her bölgede farklı şekil ve boşluklara sahiptir [129]. Tablo 2.6'da bazı ülkelerde godal bahçe unsurundan kullanılan örnekler verilmiştir.



Şekil 2.38: Ağa Bürüzg Camisi'nin godal bahçesi [130].

Tablo 2.6: Dünya'da godal bahçenin örnekleri [129].

Bölge	Tanıtım	Şekil
Çin	Louis, Çin'in kuzeyinde bir şehirdir. Bu bölgede yer altı tipi olan evler bu bölgedeki özel tiplerden biridir. Bu evlerde avlular sokak seviyesinden 7-10 metre derinlikte olup, bu avlulara erişim zeminden merdiven veya rampalarla sağlanmaktadır. Bu avlular genellikle dikdörtgen bir geometriye ve yaklaşık 9*13 m ² ölçülerine sahiptir.	
Tunus	Matmata, Tunus'ta dünyada çukur şeklindeki avlularla ünlü bir köydür. Bu alandaki avlular çokgen ve dairesel bir geometriye sahip olup, zemindeki rampalarla 8-10 metre derinlikte ulaşılabilir. Bu dairelerin çapı genellikle 10 metredir.	

Tablo 2.6 (devamı): Dünya’da godal bahçenin örnekleri [129].

Libya	Bu alandaki godal bahçeler, zeminden 8-10 metre derinlikte yer alan ve rampalarla ulaşılabilen dikdörtgen, oval ve daire şeklinde farklı geometrilere sahiptir. Güneşin yoğun ısısından dolayı bu evlerde ısı emiliminin yoğunluğunu azaltmak için bu avluların duvarları beyaz malzeme ile kaplanmıştır. Avluların geniş derinliği, bu evlerde gölgelenme ve sıcaklığın düşmesini sağlar.	
İran	İran'daki en eski godal bahçe örneği Anahita Tapınağı'dır. Kazeroon şehrinde yer alan bu tapınak, su tanrıçasına aittir. Godal Bahçenin avlusu kare bir geometriye sahip olup, zeminde uzun koridorlar ile 6 metre derinliğe inilebilmektedir. Avlu duvarındaki tek açıklık girişlerdir	

Godal bahçenin bu bölgede yapılmasının sebeplerinden biri, güçlü fırtınalara ve depremlere dayanıklılık sağlamaktır [129]. Diğer sebebi ise zemin sıcaklığı, soğuk aylarda dışarıdan daha sıcaktır; sıcak aylar sırasında ise hava sıcaklığı, dış havadan daha soğuktur. Bu özelliğin, avlu derinliği bazen 3-4 metreyi bulan kapalı mekanlarda konforlu termal koşulları sağlamak için önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür [129, 54, 28].

Fardooei ve arkadaşları [24], Yezd Bölgesi’nde yer alan bir binada godal bahçeli ve godal bahçesiz bir binayı kullanımı açısından Design Builder yazılımında karşılaştırmıştır [131].

Tablo 2.7’de görüldüğü üzere, enerji tüketimi miktarı godal bahçeli binada, godal bahçesiz binaya göre düşüktür [131].

Tablo 2.7: Design Builder yazılımından elde edilen sonuçlar [131].

	Aydınlatma sisteminin bir aylık süre içinde en yüksek elektrik tüketimi	Ocak ayında soğutma sisteminin bir aylık dönemde en yüksek elektrik tüketimi miktarı	Ocak ayında ısıtma sisteminin en yüksek gaz tüketimi miktarı	Bir yılda üretilen CO² gazı miktarı
Godal bahçeli bina	120 kWh	530 kWh	570 m ³	530 kg
Godal bahçesiz bina	150 kWh	630 kWh	610 m ³	560 kg

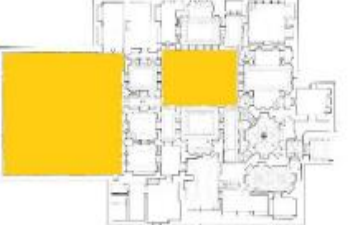
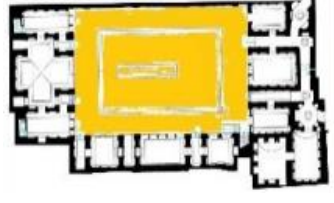
Yezd Bölgesi'ndeki içe dönük tasarım, merkezi avluyu ve godal bahçeyi yaratmıştır. [23]. Bu iklimde sıcak ve kuru rüzgar akışı, merkezi avlunun mikro iklimine zorlukla nüfuz etmektedir [23]. Bazı durumlarda avlu derinliği 3-4 m'ye kadar çıkmaktadır (Tablo 2.8) [23, 132].

Aşağıdaki tablolarda Yezd Bölgesi'nde yer alan bazı binalarda bulunan godal bahçelerin özellikleri verilmiştir (Tablo 2.9).

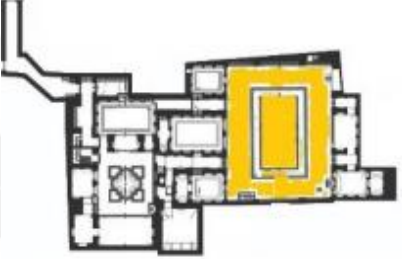
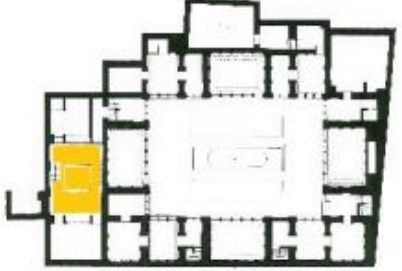
Tablo 2.8: Yezd Bölgesi'nde incelenen godal bahçelerinin bazı özellikleri [129].

Bina Adı	Godal Bahçenin Geometrisi	Godal Bahçenin Derinliği
İlçi Khan	Dikdortgen	1 kat
Emam Zade'ei	Dikdortgen	1 kat
Olumi'ha	Dikdortgen	2 kat
Rouhaniyun	Kare	1 kat
Olya	Dikdortgen	2 kat
Shafi Pour	Dikdortgen	1 kat

Tablo 2.9: Yazd Bölgesi'nde incelenen godal bahçelerin bazı özellikleri [129].

	Özellikler	Şekil	plan
İlçi Khan	Godal bahçe ögesine sahip olan bu evde simetrik olarak iki adet rüzgar kulesi bulunmaktadır. Bu evin öne çıkan özelliği, bu evin nişlerinde ve iç duvarlarında özel moqrans süslemeler ve alçı süslemelerin bulunmasıdır.		
mam Zade'ei	Bu bina, iç ve dış avluya sahip olarak her iki avluda da godal bahçe bulunmaktadır. Bu evbir rüzgar kulesine sahiptir. vardır ve bu evin alanlarının çoğu, haç biçimli bir geometriye sahiptir.		
Olumi'ha	Bu evin iç avlusu daha geniştir ve bu avluda godal bahçe yer almıştır. Bu evin ayırt edici özelliği, godal bahçenin derinliğinin yüksekliği iki katlı olmasıdır.		

Tablo 2.9 (devamı): Yazd Bölgesi'nde incelenen godal bahçelerin bazı özellikleri [129].

Rouhaniyunn	Bu bina, Farklı boyutlarda avlulara ve bir rüzgar kulesine sahiptir. Bu evin godal bahçesinden oluşan bir avlusu vardır.		
Olya	Bu bina, iç ve dışında iki avluya sahiptir. İç avluda iki katlı godal bahçe bulunmaktadır.		
Shafi Pour	150 yıllık bu yapının iki avlusu var. Evin ana bölümünün ortasında geniş ve dikdörtgen bir avlu yer amaktadır. Dış avlu, küçük boyutlu bir godal bahçeye sahiptir.		

Sıcak-Kuru İklim Bölgesinde Toprak Soğutma Özelliğinin Performansı

Bina içinde yeterli konfor seviyesinin sağlanması, herhangi bir iklimlendirme sisteminin en önemli rollerinden biridir. Bu hedef, genellikle elektrik, fosil yakıtlar, biyokütle vb. gibi çeşitli enerji kaynaklarından sağlanan önemli miktarda enerjiyi gerektirir. Birçok araştırmacı, binalar

için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını önermiştir [133]. Günümüzde, binalar için yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji türlerinden biri jeotermal enerjisi [134, 135]. Jeotermal enerjiden yararlanmak, binanın iç ve dış ısı alışverişini azaltmak amacıyla kullanılan yöntemlerden biridir. Zeminin derinliklerinde günlük ve yılın farklı mevsimlerindeki sıcaklık dalgalanmalarının sınırlandırılması, bu pasif enerji kaynağının insan yerleşimlerinin mimarisinde kullanılmasına yol açmıştır. Yaz aylarında zeminin belli bir derinliğinde hava sıcaklığının yer yüzeyinden daha düşük olup, kış aylarında ise zemin yüzeyinin hava sıcaklığı zemin deriliğinden daha yüksek olur [28, 136].

2.2.2.2. *Serdab*

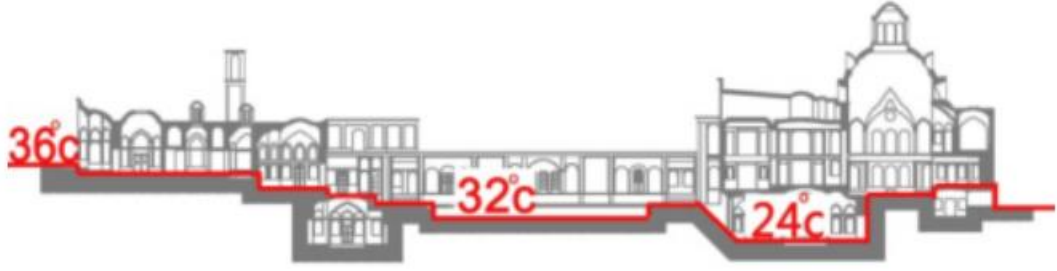
İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinin geleneksel mimarisinde yer alan binalarda, serdab (Şekil 2.39) inşa edilerek jeotermal enerji de kullanılmıştır. Böylece termal konfor koşullarının sağlanması için gereken binanın enerji ihtiyacının bir kısmı karşılanır [26]. Farsça'da Serdab kelimesi, yazın serinliğinden yararlanmak ve yiyecek ve içecekleri saklamak için toprağın içine inşa edilmiş bir oda anlamındadır [137]. Oxford sözlüğünde, "Cellar" ve "Crypt" kelimelerinin anlamı Serdab kelimesinin anlamına yakındır. "Cellar" bodrum katında eşyaları saklamak için inşa edilen oda, "Crypt" ise ölüleri gömmek için kullanılan kilisenin alt katındaki oda anlamındadır [137].



Şekil 2.39: İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan serdab [138].

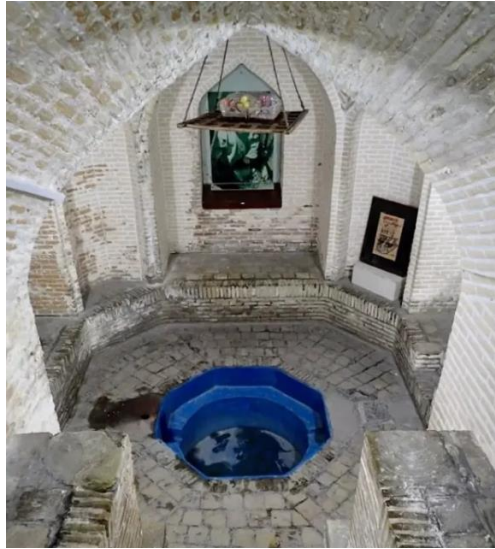
Serdab İran'ın geleneksel mimarisinde en yaygın yer altı mekanıdır ve her zaman pasif soğutma ve ısıtma sistemlerinden biri olarak kabul edilip tamamen veya kısmen yer seviyesinin altında

bulunan bir alandır [26]. Serdabın duvarları, zemini ve tavanının sıcaklığı, dış hava sıcaklığından çok daha düşük olduğundan, bina sakinlerinin vücudunun bu yüzeylere ısı radyasyonu ile sahip oldukları ısıyı aktarması neticesiyle termal konforları büyük ölçüde karşılanırdı [139]. Şekil 2.40'te İran'ın Kaşan Kenti'nde yer alan Boroujerdiha Evi'nin serdab ve diğer alanlarının hava sıcaklığı bir örnek olarak verilmiştir.



Şekil 2.40: Boroujerdiha Evi'nin kesitinde serdabın diğer alanlara göre düşük hava sıcaklığı [79].

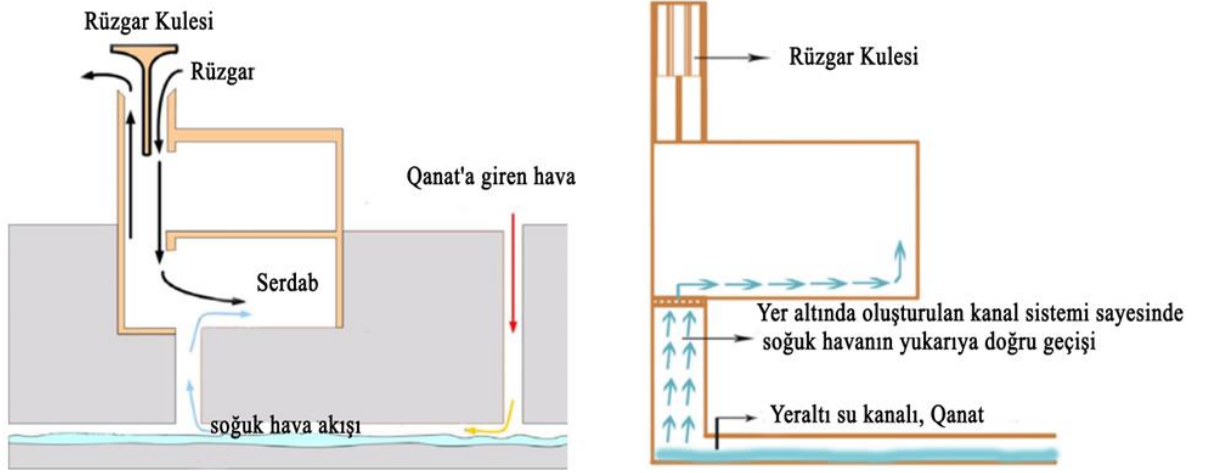
Sıcak-kuru iklim bölgelerinde, serdabın ortasında yer alan küçük havuz, hozkhane adlandırılır (Şekil 2.41) [26]. Genellikle hozkhane'nin bulunduğu serdab, yukarıdan rüzgar kulesine bağlanarak serdaba giren havanın havuz içindeki su aracılığıyla alanının soğutulmasını sağlar [26].



Şekil 2.41: Serdabın ortasında yer alan Hozkhane [138].

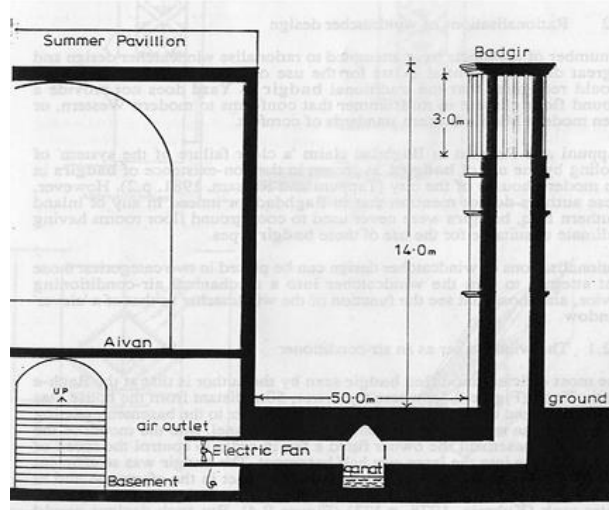
2.2.2.3. Kanat

Sıcak-kuru iklim bölgelerinde kullanılan sistemlerden biri kanat ögesidir. Kanat yer altına kazılmış bir kanal olarak, yerin derinliklerinde bulunan suyun yeryüzüne ulaşılması için kullanılmıştır [140]. Şekil 2.42’de görüldüğü gibi serdabın altından geçen kanat, aynı zamanda hava akışının nemini ve serinliğini arttırmak için kullanılmıştır. Rüzgar kulesine gelen hava akışı, kanadın dikey shaftının açıklığından serdaba yönlendirilir, bu da daha düşük bir basınç oluşturur ve serin havayı kanadın shaftından yukarı doğru çeker (Şekil 2.42) [141].



Şekil 2.42: Rüzgar kulesinin Kanat’a entegre edilmesi (sol), Kanat’a bağlı bir yer altı dikey shaftın kullanılması (sağ) [141].

Yezd Bölgesi’nde yer alan Bage Han Binası’nın bodrum katındaki oturma odası, yer altından geçen 50 metre uzunluğunda bir tünel ile rüzgar kulesine bağlanmıştır. Bu sistemde, rüzgar kulesinden yatay tünele giren su, kanatın üzerinden geçerek soğutulur ve bodrum katında bulunan oturma odasına girmiştir (Şekil 2.43) [142].



Şekil 2.43: Bage Han'ın rüzgar kulesi ve kanatın soğutma performansı [142].

2.2.3. Eyvan ve Revak

İranlı eski mimarlar, çoğu tasarımlarında doğal enerjilerden faydalanmaya çalışmış ve bu sayede bir evi veya herhangi bir binayı sürdürülebilir hale getirmişler. Kullanılan pasif ve sürdürülebilir tekniklerden biri eyvandır. Eyvan, binanın güzelliğini artırmak için yanal bir mimari araç olarak kullanılmıştır; ancak bu unsurun asıl kullanımı, işlevsel yönü ve sürdürülebilirlik yaratmasıdır. Eyvan, açık alan ile kapalı alan arasındaki arayüz olan, üç tarafı kapalı ve bir tarafı merkezi avluya doğru açık, yarı açık bir alan olarak genellikle binanın ana cephesinde bulunur. Eyvan fazla rüzgar alabilen bir çerçeve olup, aynı zamanda binanın ana gövdesinin önünde bir katman gibi güneş ışığının doğrudan binaya girmesini engelleyen, gölge ve serin bir atmosfer oluşturan bir örtü gibidir [143]. Eyvan'ın yüksekliği oldukça fazladır (Şekil 2.44) [144].



Şekil 2.44: İran'ın geleneksel binalarında eyvan [145].

Revak adı verilen ögenin işlevi, eyvan ile aynıdır; eyvandan tek farkı, revağın bina önünde kısa mesafeli ve çok sayıda sütunun bulunması ve tavana kadar yüksekliğe sahip olmasıdır (Şekil 2.45) [146].



Şekil 2.45: İran'ın geleneksel binasında bulunan revak [145].

2.2.4. Bina Yönlenmesi

Geleneksel mimaride binalar ile ilgili en önemli konulardan biri, binanın yönüdür. Bu konu, hava durumu, radyasyon, egzersiz yönü ve konumla ilgilidir. Çöl ortamlarındaki geleneksel binalar genellikle kible yönünde bulunur [128, 147, 148]. Aşağıdaki tablo (Tablo 2.10) Yezd'deki bazı geleneksel evlerin yönünü ve dönüş açısını göstermektedir. Tablodaki bilgilere göre evler hemen hemen aynı yönelime göre tasarlanmış. Yezd'de seçilen evlerde dönme açısına göre genellikle kuzey yönündedirler. Bu da çoğunlukla kible ile aynı yönde olmasından dolayı doğuya veya batıya doğru hafifçe sapmaktadır [148].

Tablo 2.10: Yezd Bölgesi'nde seçilen geleneksel binaların yönü ve dönüş açısı [148].

Sayı	Bina Adı	Yön	Dönüş (°C)	Sayı	Bina Adı	Yön	Dönüş (°C)
1	Babayi Evi	Kuzey Doğu	43	12	Akhavan Tabrizi Evi	Kuzey Batı-Güney Doğu	40
2	Mortaz Evi	Kuzey Batı	31	13	Bahadori Evi	Kuzey Batı-Güney Doğu	32

Tablo 2.10 (devamı): Yazd Bölgesi'nde seçilen geleneksel binaların yönü ve dönüş açısı [148].

3	Seda Sima Evi	Kuzey Batı	45	14	Boroujerdia Evi	Kuzey Doğu	62
4	Arabha Evi	Kuzey Doğu	45	15	Golşan Evi	Kuzey Doğu	44
5	Lariha Evi	Güney Doğu	46	16	Madani Pour Evi	Güney Batı	24
6	Emamzadei Evi	Doğu	0	17	Ehramiyan Pour Evi	Kuzey Doğu	31
7	Vaziri Evi	Kuzey Doğu	4	18	Ardeşir Evi	Güney Doğu	60
8	Yazdiha Evi	Kuzey Batı	53	19	Canfeda Evi	Kuzey Doğu	33
9	Nematollahi Evi	Güney Doğu	3	20	Mirzalak Evi	Güney Batı	43
10	Rasouliyan Evi	Kuzey Doğu-Güney Batı	34	21	Taragi Evi	Kuzey Batı-Güney Doğu	35
11	Kermani Evi	Kuzey Doğu-Güney Batı	30	22	Papli Evi	Güney Batı	57

Doğal kaynakların kullanımını en üst düzeye çıkarmak için pasif önlemleri en iyi şekilde kullanan doğru bir bina yönelimi, binanın tüketilen enerjisinden %20-50 oranında tasarruf sağlayabilir. Buna paralel olarak Yazd'deki tipik bir evde uzun eksen kuzeyden saat yönünde 30 derece döndürülür ve avlunun daha küçük güney tarafı şehrin yönelimini şekillendiren ana faktör olan Mekke'ye (Kible) bakar [23, 86]. Bazı kaynaklarda ise en uygun bina yönünü, Doğu-Batı yönlerini iddia etmiştir [86].

2.2.5. Binalarda Kullanılan Yöresel Malzemeler

İran'ın geleneksel mimarisinde, her iklimdeki yapılarda kullanılan yöresel malzemeler, yaşayanlara termal konfor sağlamıştır. Bu nedenle sıcak-kuru iklim bölgelerinde kil, çamur, kerpiç ve tuğla gibi ısıl kapasitesi ve ısıya karşı direnci yüksek yapı malzemeleri seçilip kullanılmıştır [27, 29, 88, 149]. Isı kapasitesi yüksek olan malzemeler ısı iletiminin daha yavaş gerçekleşmesini sağladığı için bu malzemeler geceleri içeriye ve havaya yayılan radyasyonla

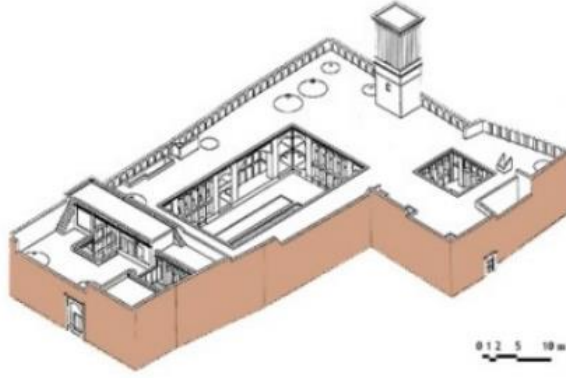
sıcaklıklarını ayarlarlar [150]. Avlu ve ayrıca bu bölgelerde, godal bahçenin kazısıyla elde edilen topraktan, kil ve tuğla [147] yapılarak, kil ile yapılan duvarlar bu iklim bölgesinde tedarik edilebilen en ekonomik malzeme türüdür [23, 149] (Şekil 2.46). Yazd Bölgesi'nde bulunan binalarının duvarları, genellikle kerpiçten inşa edilmiş olup 40-100 cm (bazen daha da fazla) kalınlığında çamur ve sıva ile kaplıdır [23].



Şekil 2.46: İran'ın sıcak-kuru iklim bölgesinde kullanılan yöresel malzemeler örneği [151].

2.2.6. Pencere Yapısı

Yezd Bölgesi'nde, doğrudan güneş ışığına ve sıcak rüzgarlara maruz kalan dış yüzeylerin alanını azaltmak için dış cepheler genellikle komşu evler tarafından kapatılmıştır. Açıklıkların sayısı düşük olup genellikle duvarın yüksek kısımlarında yer alır ve bazen de binanın dışarıya açılan tek açıklığı sadece binanın giriş kapısı olur (Şekil 2.47) [23]. Geleneksel binalarda doğal havalandırma sağlanması amacıyla binanın avluya bakan iç cephelerinde çok sayıda pencere yerleştirilmiştir [152].



Şekil 2.47: İran'ın geleneksel binasının dış cephesindeki açıklıklar [86].

Pencereler genelde güneş ışığı ile dış havanın içeriye girmesi ve görüş sağlanmasını sağlar [86]. Sıcak-kuru iklimlerde bu üç fonksiyonu tek bir mimari çözümde birleştirmek mümkün olmaktadır, bu maksatla İran'ın geleneksel mimarisinin avluya bakan pencerelerinde orosi ve şabak kullanılmıştır.

2.2.6.1. Orosi

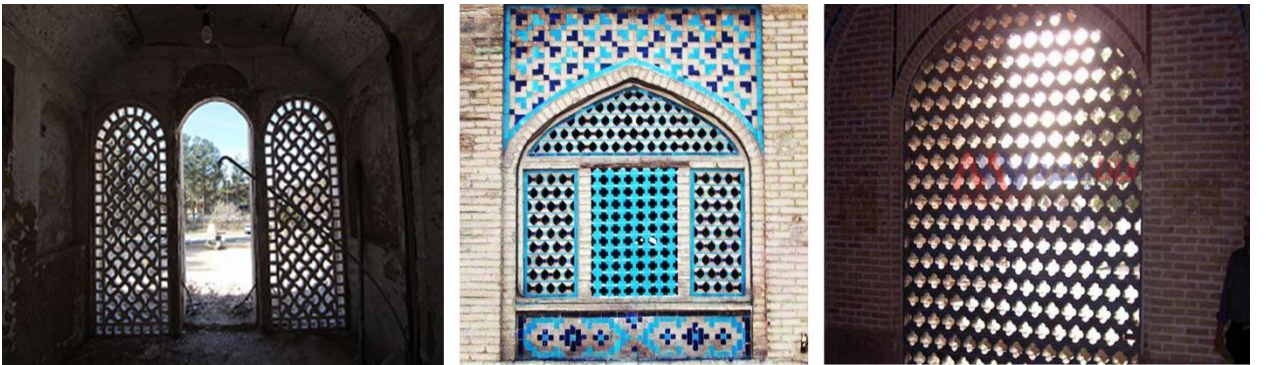
Orosi, İran'ın sıcak-kuru iklim bölgelerinde bulunan avlulu binalarda kullanılan, İran Mimarisi'ndeki geleneksel bir pencere türüdür. Bu pencereler yaklaşık 1501-1722 yılları arasında İran'da özellikle sıcak ve yarı kurak iklime sahip olan orta bölgelerinde ortaya çıkmıştır [153]. Bu bölgeler aşırı sıcak ve sert bir iklime sahip olduğundan, sert hava koşullarının etkisini azaltmak için geçmişte farklı stratejiler uygulanmıştır. Orosi penceresi, ahşap çerçevelere gömülü çeşitli renkli camlar kullanılarak binalara gelen ışığın yoğunluğunu ve mahremiyeti kontrol etmeye yönelik pasif strateji olarak sınıflandırılan bir yapıdır (Şekil 2.48). Ayrıca bu pencere yukarıya doğru kayan pencere olarak da sınıflandırılır. Orosi penceresinin ahşap çerçevesinde çeşitli desen ve geometriler kullanılırken, şekil, uzunluk açısından nispeten küçük farklılıklar gözlemlenir. Sıcak yaz aylarında eyvan, orosi gölgesi haline gelir ve soğuk kış aylarında güneş ışığı binanın derinliklerine girerek renk sağlar [27, 153, 154].



Şekil 2.48: İran'ın geleneksel binalarında Orosi penceresi [155].

2.2.6.2. Şabak

Geleneksel İran Mimarisi'nde doğal ışık doğrudan kullanılmaz; ancak ışık daima ayarlanarak mekana girer [156]. İran Mimarisi'nde bir tarafı diğer taraftan görülebilecek şekilde dolu ve boş yüzeyden oluşan ögesine şabak denir. Şabak, mekanın dışarıdan içeriye bakışını sınırlamak, güneş aştındaki mekana gölge sağlamak, bir mekanın dışarıya görünürlüğü sınırlandırmak gibi çeşitli sebeplerle hava geçişini engellemek amacıyla kullanılmıştır (Şekil 2.49). Bu nedenle geleneksel binalarda, kullanımı oldukça yaygın olup konut binalarında ise mekanın mahremiyetini sağlar [156, 157]. Bu pencerelerin yapımında taş, tuğla, kiremit, ahşap ve sıva gibi çeşitli malzemeler kullanılmıştır [22].



Şekil 2.49: İran'ın geleneksel mimarisinde Şabak yapımı [156, 158].

Günümüzde modern mimaride sıcak iklimlerde direkt güneş ışığını azaltmak amacıyla binaların cephelerinde boşluklu şeklinde parametrik tuğlalar kullanılmaktadır (Şekil 2.50).



Şekil 2.50. Hindistan’da yapılan hemşirelik yüksek okulunda Şabak öğesinin modern şekli [159].

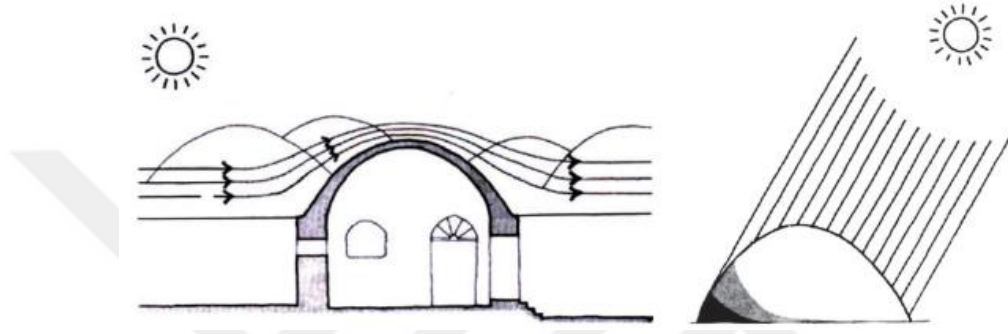
2.2.7. Çatı Yapısı

Çatıların performansının artırılmasıyla mekanın soğutulması sağlanabilmektedir. Bunun sebebi çatıların doğrudan güneş ışınlarına en çok maruz kalan yüzeyler olması ve sıcak dönemlerde aşırı ısı kazanımına neden olabilmesidir. İran’ın bazı sıcak iklim bölgelerinde, çamur veya tuğladan inşa edilmiş yığma kubbeler binaların en yaygın çatı şeklidir [160].

Kubbeler, tanım gereği, iki taraflı eğriliği olan dairesel bir geometrik şekle sahiptir. Geometri tanımında kubbe, dikey bir eksen etrafında döndürülerek oluşturulan bir elemandır [161]. İran’da kubbe örtüsünün yapımı çok eski zamanlara dayanmıştır; lâkin kesin tarih belli değildir. İran’ın güneybatısında yer alan Huzistan Elayeti’ndeki Dezful Şehri’nde Choghamish bölgesinde yapılan arkeolojik kazılar, kubbenin yapımında çamur, tuğla ve kil yapıların kullanıldığını göstermiştir [161].

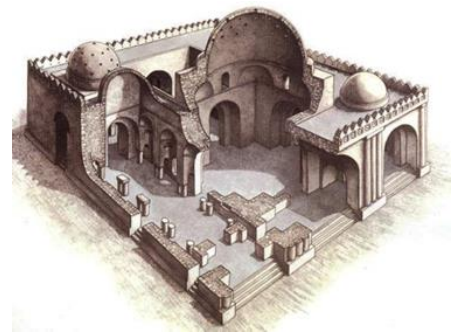
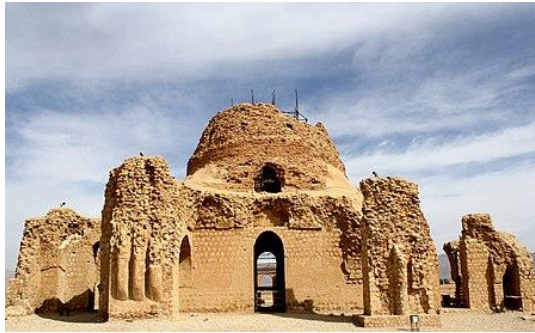
Kubbeli çatılar geleneksel olarak geniş alanlara sahip olan binaları örtmek için kullanılmıştır. Bu çatılar İran Mimarisi’nde önemli bir rol oynayıp binaların soğutma yüklerinin azaltılmasında büyük etkiye sahiptir [162]. İran’da özellikle sıcak-kuru bölgelerinde yaygın

olarak kullanılmaya başlanan çatı kaplamasında yarım daire formunun kullanılması, uygulama ve inşaat sorunlarını çözenin yanı sıra ısı transferini azaltmada da etkilidir. Ayrıca yazın güneş ışınlarının doğudan batıya, kışın ise güneydoğudan güneybatıya doğru yönlendiği düşünüldüğünde gün boyunca kubbenin yarısı diğer yarısının gölgesinde kalır; bu da çatının sıcaklığının düşürülmesinde çok önemlidir (Şekil 2.51) [27, 65].

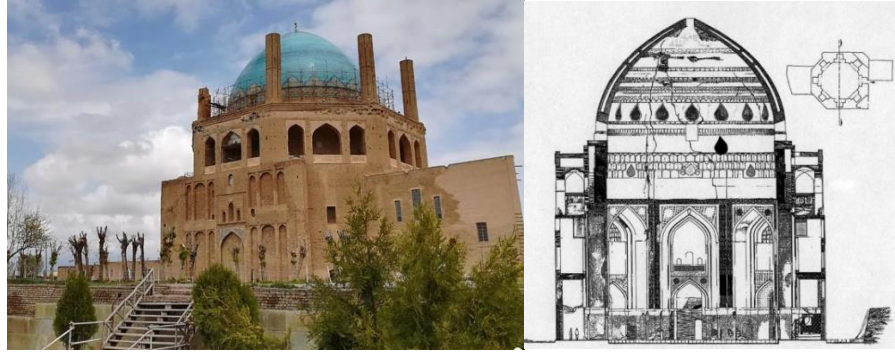


Şekil 2.51: Kubbeli çatının soğutma performansı [65].

Memarian'a göre [163], İran'da kubbeli çatılar tek kabuklu (Şekil 2.52), çift kabuklu (Şekil 2.53, 2.54) ve üçlü kabuklu (Şekil 2.55) olmak üzere, 3 ana guruba ayrılmıştır.



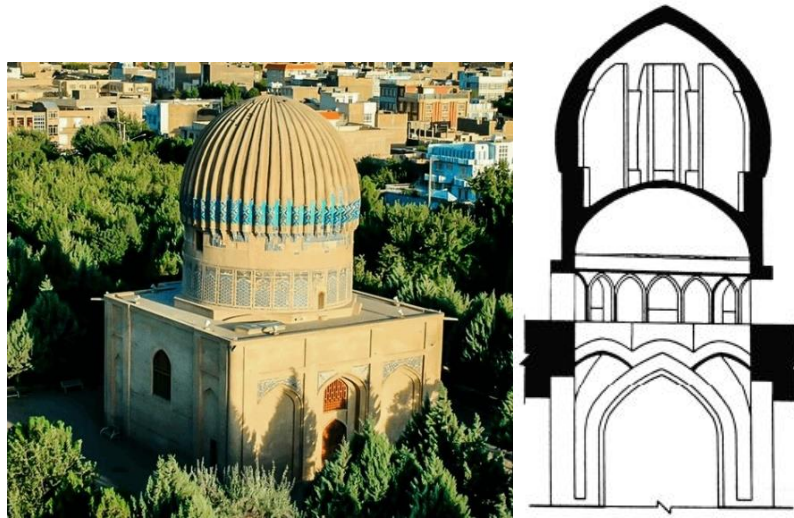
Şekil 2.52: 5. yüzyılda Sasani Dönemi'nde yapılan ve aynı zamanda İran'ın en eski tek kabuklu kubbeli binası, Servestan sarayı [164, 165].



Şekil 2.53: İran'daki en büyük tuğladan inşa edilmiş kubbeli binası, kubbesi iki ayrı kabuktan oluşan ve yüksekliği 50.48 metre olan Sultaniye Kubbesi [166].



Şekil 2.54: Çift ve birbirine bağlı kabuklu kubbeye sahip olan Şeyh Lütfullah Camiisi [167, 168].



Şekil 2.55: Üçlü kabuklu kubbeye sahip olan Gevher Şad Türbesi [169, 27].

Düz çatılar sıcak-kuru iklim bölgelerinde kullanıldığı zaman, genellikle döşemeli tuğla (paved bricks) adı verilen kare şekilli tuğlalarla döşenir. Bu tuğlalar güneş ışınlarının çoğunu soğurabilmektedir [152]. Bütün düz çatılar, zaman gecikmesi etkisini artıran yüksek ısı kapasiteli malzemeler ile yapılır. Ayrıca düz çatı, yaz aylarında bölge sakinlerinin gece saatlerinde dışarıda uyumalarına olanak sağlar.



3. METODOLOJİ

3.1. ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN SICAK-KURU İKLİM KARAKTERİSTİK ÖZELLİĞİNDE YER ALAN YEZD BÖLGESİ'NDE TASARLANAN OFİS PROJESİ TANITIMI

Çalışma kapsamında ele alınan bu projede İran'ın sıcak-kuru iklim karakteristiğine hakim olan Yazd Bölgesi'nde bir ofis binası tasarlanmıştır. Bu yüzden bu çalışmada öncelikle Yazd Bölgesi'nde bulunan geleneksel mimari karakteristiği incelenmiş ardından tasarlanan ofis binasının fonksiyonu, binada kullanılan iklimlendirme stratejilerinin ayrıntılı ölçüleri, uzunluk/genişlik oranları ve diğer mimari karakteristik özellikleri ele alınmıştır.

3.1.1. Yazd Bölgesi'nin Coğrafi Konumu

Bu çalışmada ele alınan ofis binası, İran'ın merkezinde yer alan Yazd Bölgesi'nde tasarlanmıştır. Bahsi geçen bölge İran'ın iç çölünde yer almakta olup sıcak-kuru iklim karakteristiğine sahiptir (Şekil 3.1) [128]. Yazd Bölgesi, 15 derece 35 dakika ila 40 derece 45 dakika doğu boylamında ve 46 derece 31 dakika ila 15 derece 32 dakika kuzeyde coğrafi konumda yer almıştır [170]. Bu bölge deniz seviyesinden yaklaşık 1200 metre yüksekliktedir [2].

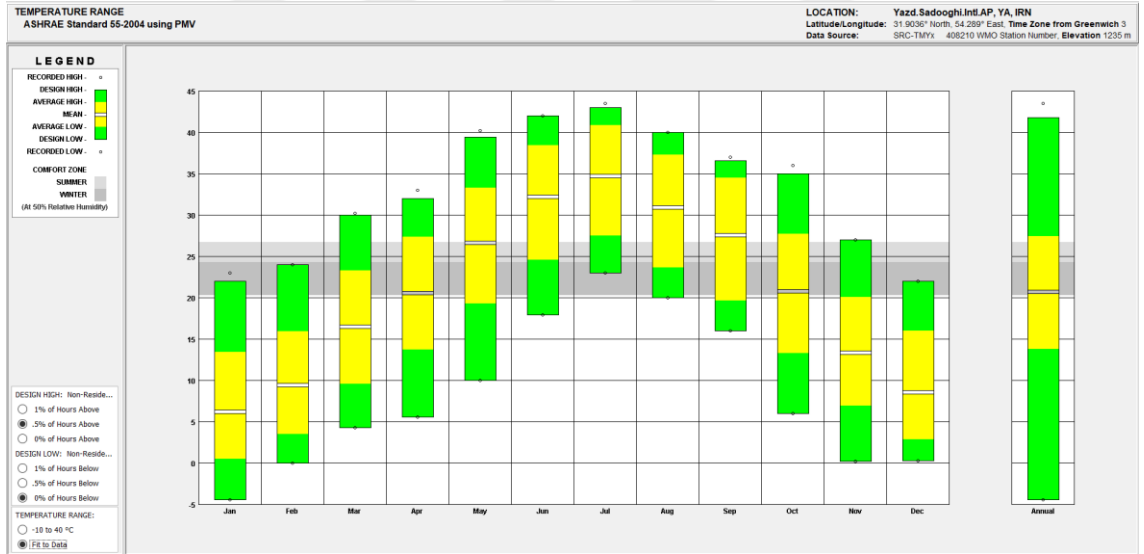


Şekil 3.1: Yazd Bölgesi'nin İran Haritası'nda yer alan konumu [171].

3.1.2. Yezd Bölgesi'nin İkliminin Karakteristik Özellikleri

Yezd Bölgesi'nin iklimi, One Building web sitesinden EPW formatındaki veriler alınarak Climate Consultant programına yüklenmiş ve aşağıdaki şekillerde incelenmiştir.

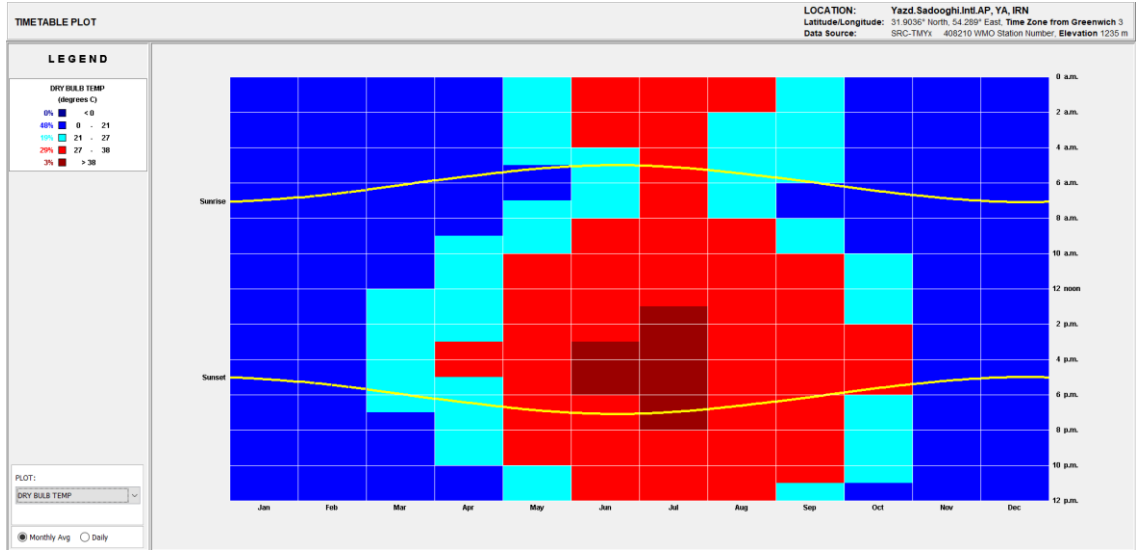
Şekil 3.2'de Yezd Bölgesi'nin ortalama aylık ve yıllık hava sıcaklığını gösterilmiştir. Şekil 3.2'de görüldüğü üzere, bu bölgenin ortalama yıllık hava sıcaklığı 21 °C'ye ulaşır kışın ortalama hava sıcaklığı konfor sınırları dahiline oldukça yakındır. Yezd Bölgesi'nin en sıcak dönemi (ESD) Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları (1 Mayıs-30 Eylül) ve en az sıcak dönemi (EASD) Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları (1 Kasım-31 Mart) olarak belirtilmiştir. Bu bölgenin en sıcak ayı (ESA) Temmuz ayı olarak ortalama 35 °C ölçüsüne ulaşılmış ve en az sıcak ayı (EASA) Ocak ayı olarak ortalama 7 °C olarak ölçülmüştür. Nisan ve Ekim ayları ortalama olarak konfor bölgesinde yer almaktadır.



Şekil 3.2: Yezd Bölgesi'nde ortalama aylık ve yıllık hava sıcaklığı (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)

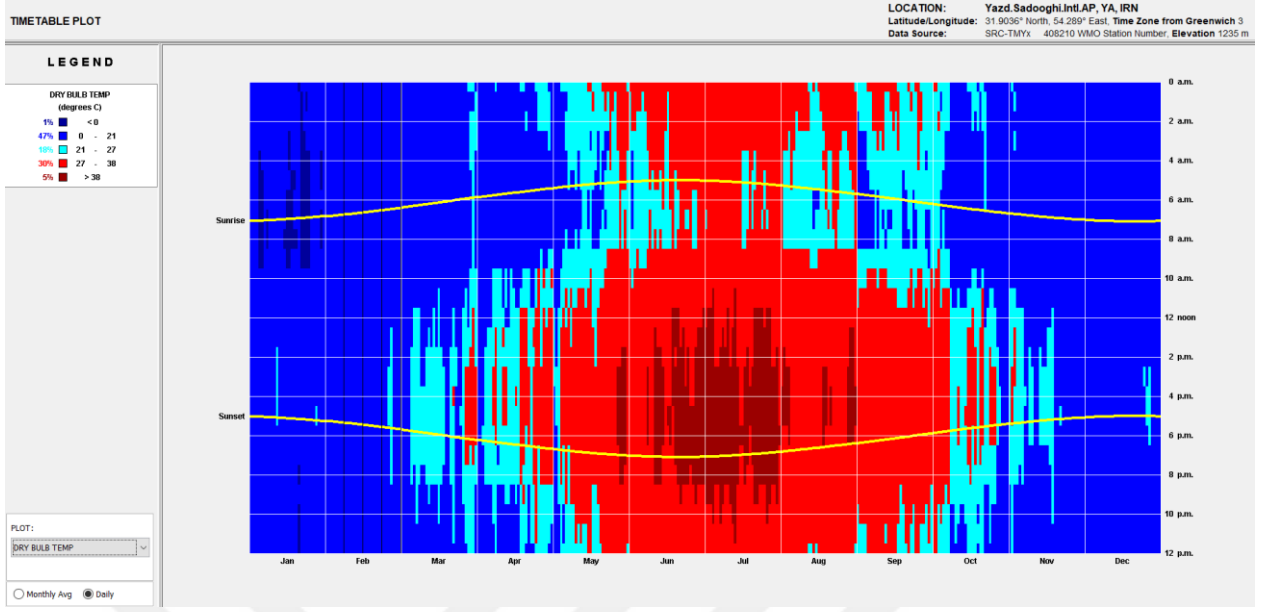
One Building web sitesinden [66] elde edilen meteoroloji verilerine göre, Yezd Bölgesi'nin en sıcak günü (ESG) 37.22 °C ölçüsü ile 4 Temmuz ve en az sıcak günü (EASG) 3.95 °C ölçüsü ile 25 Ocak olarak belirtilmiştir.

Şekil 3.3'te ortalama yıllık kuru termometre sıcaklığı yer almıştır. Ocak, şubat, kasım ve aralık aylarında gece gündüz hava sıcaklığı ortalama 0-21°C arasındadır. Mart ayında, saat 12-19 arası hava sıcaklığı ortalama 21-27°C ölçüsüne ulaşır diğer saatlerde hava sıcaklığı 0-21°C arasındadır. Nisan ayından itibaren hava sıcaklığı saat 15-17 arası ortalama 27- 38 °C'ye ulaşır ekim ayında bu durum sona ermiştir. Haziran ayında gece ve gündüz hava sıcaklığı 27- 38 °C olarak ölçülmüştür saat 13-20 arası ise hava sıcaklığı ortalaması 38 °C'den yüksektir.



Şekil 3.3. Yazd Bölgesi'nin ortalama yıllık kuru termometre sıcaklığı (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)

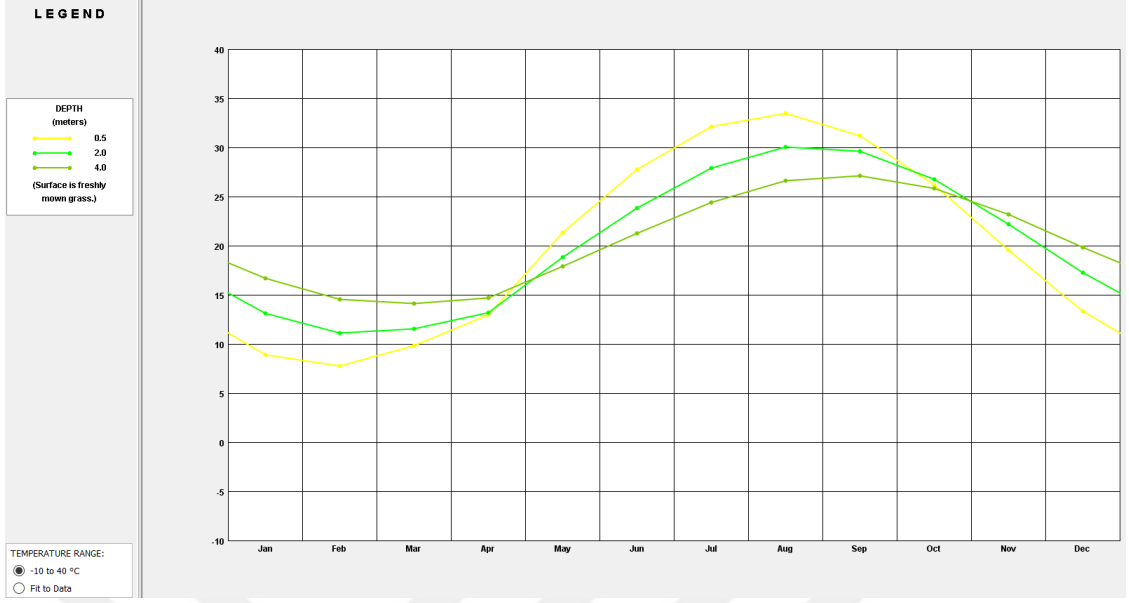
Mayıs-Eylül arası ayların bazı günlerinde akşam ve gece saatleri (gün batımından sonra) hava sıcaklığı 38 °C'nin üstüne çıkmıştır; ancak sabah saatlerinde (gün doğumundan önce) hava sıcaklığı geceye göre daha düşüktür (Şekil 3.4).



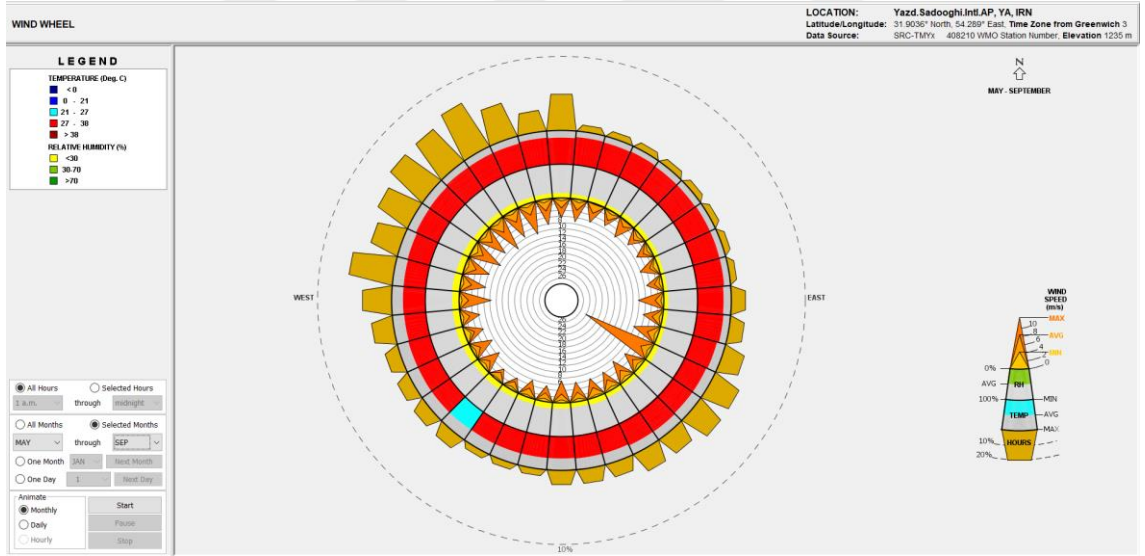
Şekil 3.4: Yazd Bölgesi'nin ortalama günlük kuru termometre sıcaklığı (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)

Şekil 3.5'te Yazd Bölgesi'nde toprağın hava sıcaklığı 0.5, 2 ve 4 metre derinliklerde ölçülmüştür. Şekilde görüldüğü üzere, ocak ayında 0,5 metre altında hava sıcaklığı 9 °C, 2 metre altında 14 °C ve 4 metre altında 17 °C ölçülmüştür. Temmuz ayında ise, havanın sıcaklığı yerin 0.5 metre altında 32 °C, 2 metre altında 28 °C ve 4 altında altında 24 °C ölçülmüştür. Bu şekilde sıcak ve soğuk aylarda verilen değerlere göre, sıcak aylarda yerin 4 metre altında hava sıcaklığı daha düşük, soğuk aylarda ise daha yüksektir. Bu nedenle Yazd Bölgesi'nde yerin 4 metre altında toprak sıcaklığının bu özelliğinden yararlanılarak bodrum ve toprak-hava ısı eşanjörü sisteminin inşa edilerek konforlu bir sıcaklığa ulaşılabilme imkanı bulunmaktadır.

Önemli diyagramlardan biri rüzgarın yönünü, hızını ve sıcaklığını gösteren Şekil 3.6'daki diyagramdır. Bu bilgiyi kullanarak doğal havalandırma sistemlerini kullanmak için doğru yöntem elde edilmiştir. Şekil 3.2'de görüldüğü gibi yılın en sıcak dönemi olan Mayıs-Eylül arası aylarında rüzgar, kuzeybatı ve güneydoğudan esmiştir. Ayrıca bu aylarda nem miktarının düşük olduğu görülmüştür.

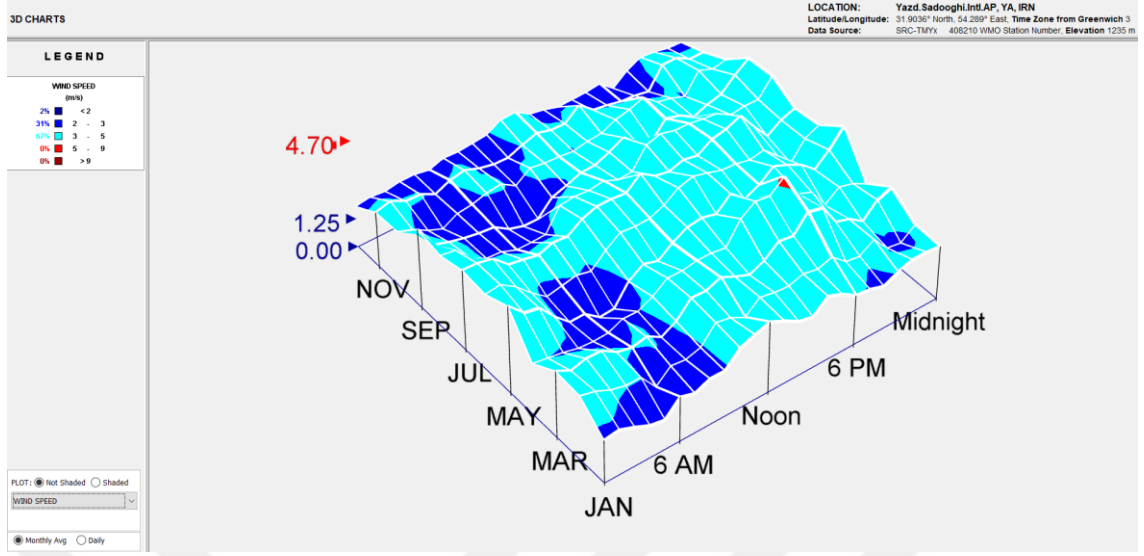


Şekil 3.5: Yazd Bölgesi'nde toprağın 0.5, 2 ve 4 metre altında ortalama hava sıcaklığı (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)



Şekil 3.6: Yazd Bölgesi'nde rüzgar yönü, hızı ve sıcaklığına ilişkin diyagram (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)

Aşağıdaki grafikte (Şekil 3.7) yılın sıcak aylarında öğleden önce başlayıp geceye kadar devam eden rüzgar hızının yılın %67'sinde 3-5 m/s olduğu bilgisine ulaşılmıştır.

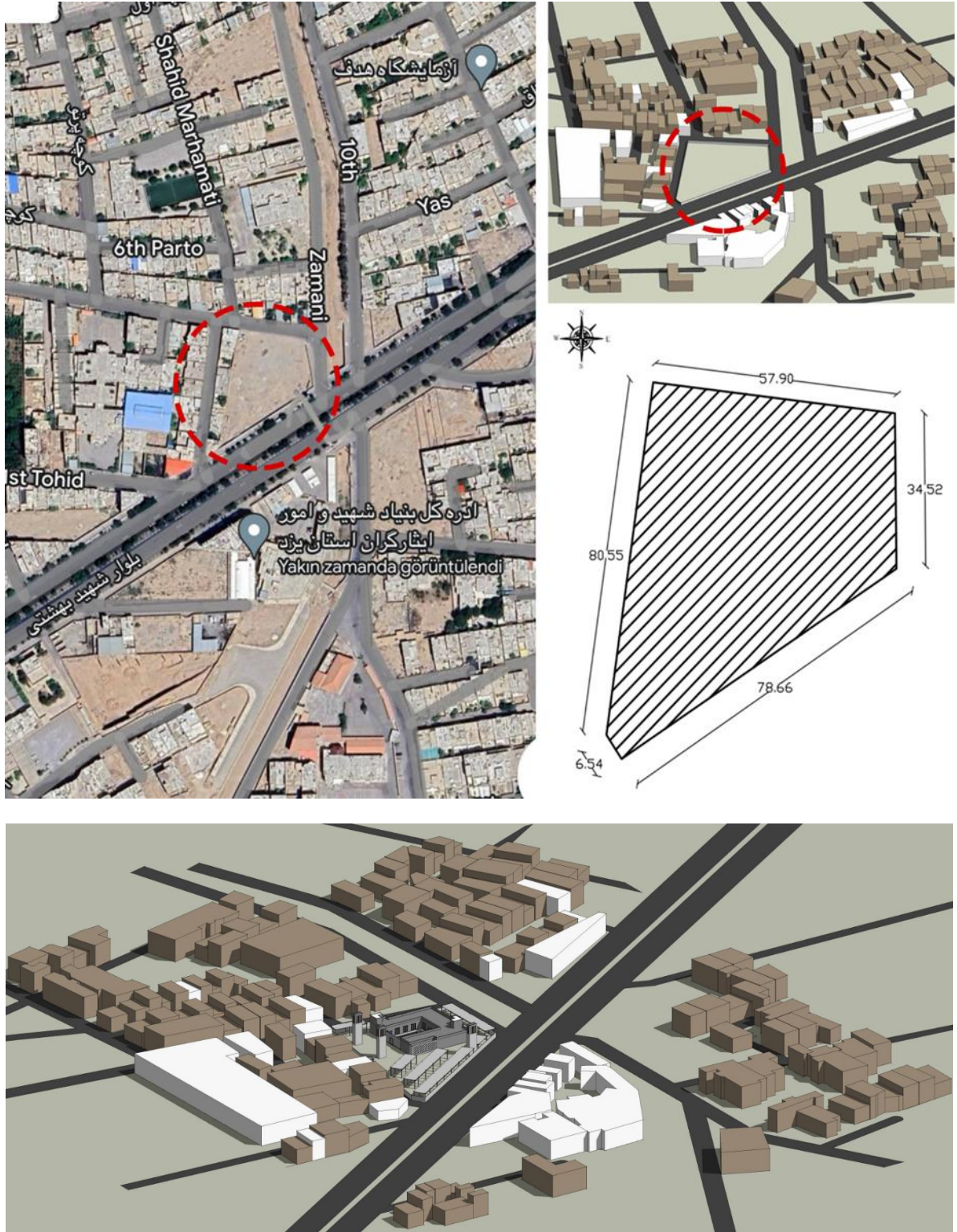


Şekil 3.7: Yazd bölgesi'nde rüzgar hızı (Yazar tarafından Climate Consultant programında üretilmiştir.)

3.1.3. Ele Alınan Ofis Mimari Projesinin Konumu

Literatürde çoğunlukla konut binaları üzerine odaklanan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu sebeple bu çalışma kapsamında ofis fonksiyonu seçilmiştir. Ayrıca, projenin hedeflerinden biri, en sıcak saatlerde bina sakinlerinin termal konforunu temin etmek gibi gerekli parametreleri tespit etmektir. Bu amaç doğrultusunda, ofis binası yıl boyunca özellikle en sıcak saatlerde, tüm insanların bulunduğu kullanımlardan biri olabilmelidir.

Yezd Bölgesi kısa ve yüksek binaların oluşturduğu yoğun bir kent dokusuna sahiptir. Bu proje, şehrin neredeyse dağınık bir dokuya ve kısa binalara sahip olan bir bölümünde gerçekleştirilmiştir. Bu tercih, rüzgar kulelerinin daha iyi performans göstermesini amaçlamaktadır. (Şekil 3.8). Ofis binası tasarımı için seçilen ada yaklaşık 3808 m²'lik bir alana sahiptir. Şekil 5'te gösterildiği gibi, bu adanın etrafında beyaz renkteki binaların konut dışı fonksiyona, kahverengi renkteki binalar ise konut fonksiyonuna sahip olduğu görülmektedir. Seçilen ada etrafında okul, banka, şehit vakfı genel ofisi, danışmanlık merkezi, market gibi konut dışı binalar en fazla iki katlı, konut binalar ise iki katlı ve üç katlı olmak üzere etrafta yer alan binaları içermektedir. Bu durumda ofis binasının çevresinde bulunan hiçbir bina rüzgar kulesine rüzgarın girişini engelleyemez (Şekil 3.9).



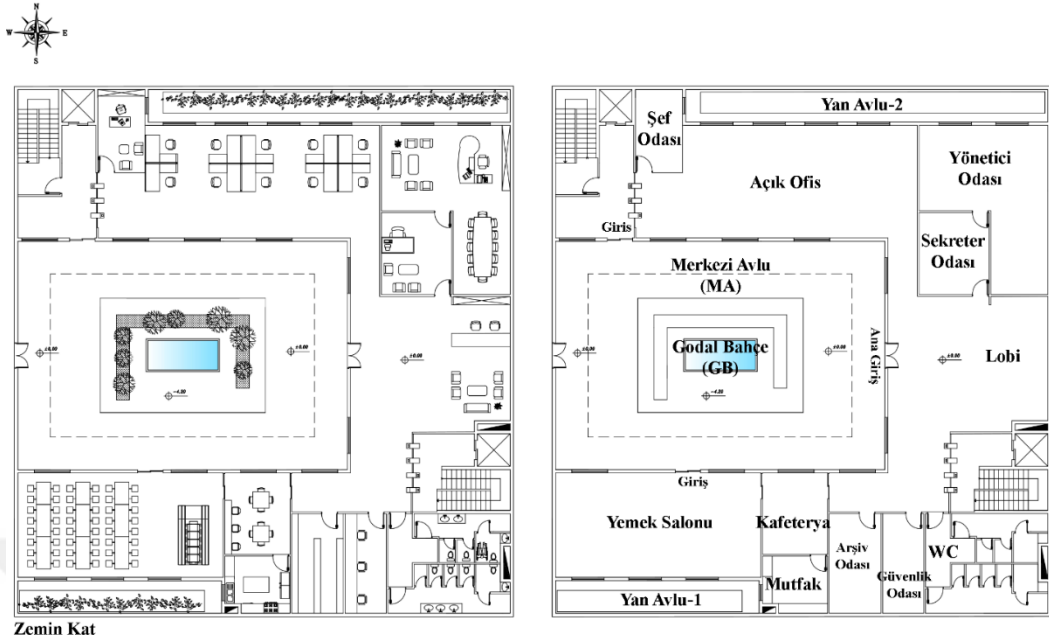
Şekil 3.8: Proje lokasyonu (Harita: [172], Yazar tarafından Revit ve Lumion programlarında üretilmiştir.)



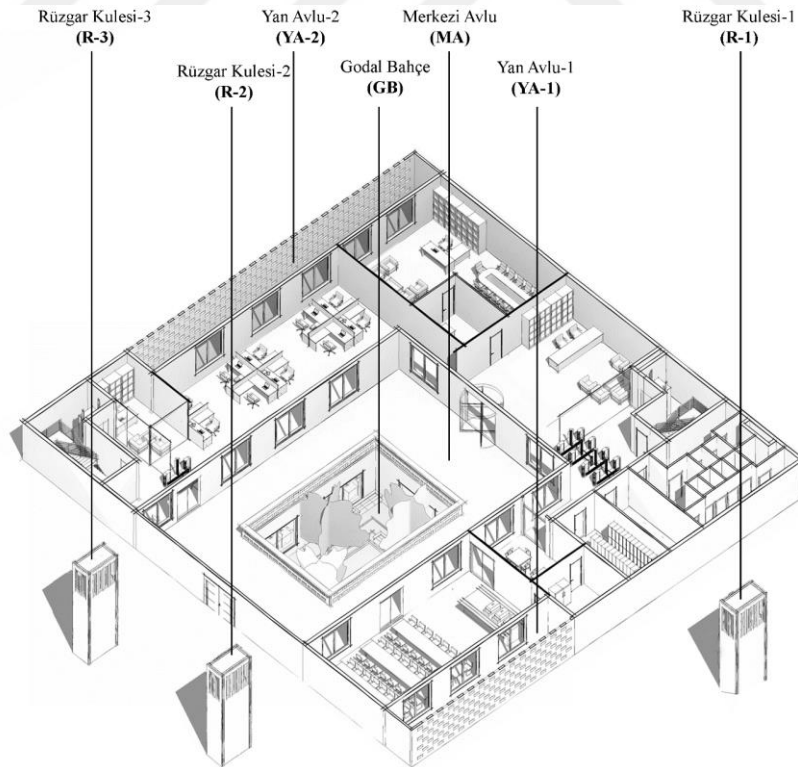
Şekil 3.9: Ofis binasının konumunun perspektif şeması (Yazar tarafından Revit ve Lumion programlarında üretilmiştir.)

3.1.4. Ele Alınan Ofis Mimari Projesinin Tanıtımı

Tez kapsamında ele alınan proje, ofis kullanımına sahip olarak iki kat (zemin kat ve bodrum kat) olarak tasarlanmıştır. Binanın üç cephesinde yer alan üç adet giriş, merdivenler ve asansörlerden oluşarak iç alanlara erişim sağlanmıştır. Batı cephesinde yer alan ana giriş, kuzey cephesinde yer alan yemek salonunun girişi ve iki kattında bulunan açık ofis alanlarına erişim sağlamak için üçüncü giriş Şekil 3.10 ve 3.11’de gösterilmiştir.

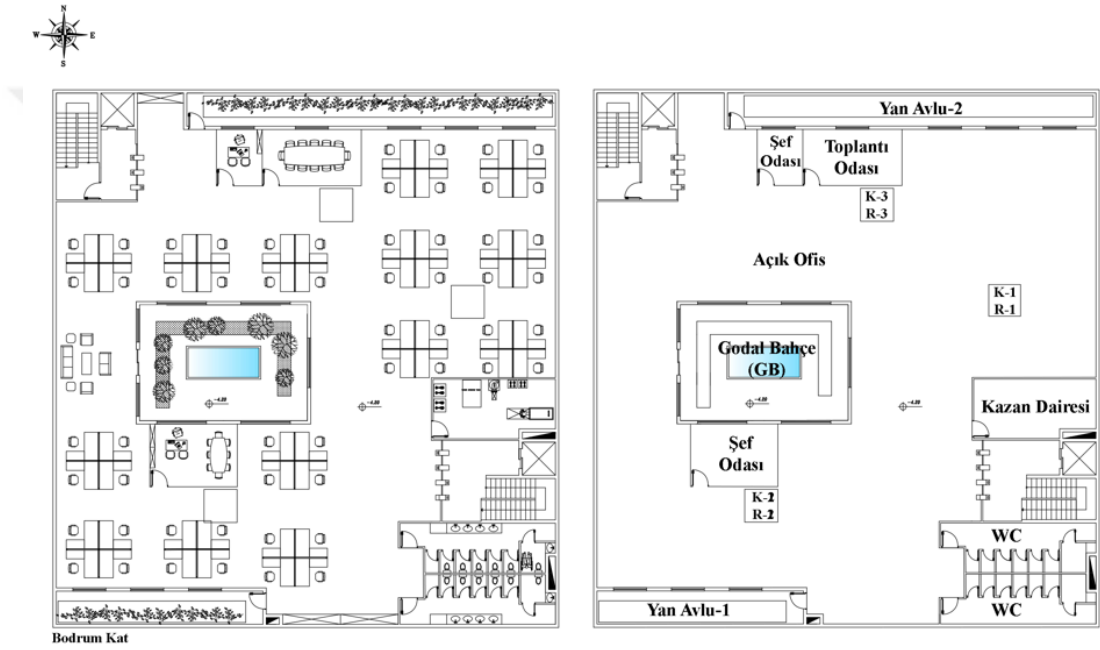


Şekil 3.10: Ofis binasının zemin kat planı (Yazar tarafından AutoCad programında üretilmiştir.)

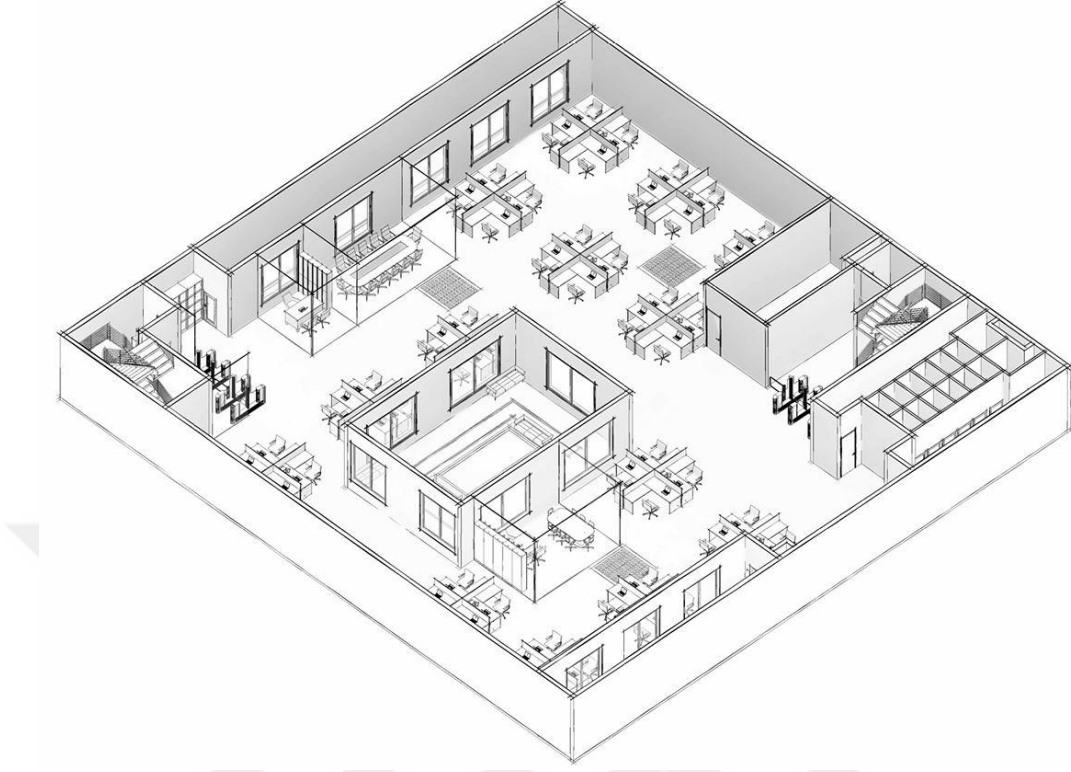


Şekil 3.11: Ofis binasının zemin katının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

Zemin kattaki alanlar; merkezi avlu (MA), binanın ana girişi önündeki lobi ve resepsiyon, binanın kuzeybatısında yönetici odası, kuzeyde açık ofis alanı ve şef odası, güneyde ise yemek alanı, mutfak, kafeterya, lavabo, güvenlik odası ve arşiv odasına yer almıştır (Şekil 3.12). Bodrum katta ise geniş bir açık ofis alanı, toplantı odası, şef odaları, tesisat odası ve lavaboya yer verilmiştir. Ayrıca bu kattan su havuzu ve yeşil alanın bulunduğu godal bahçeye (GB) erişim sağlanmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.12: Ofis binasının bodrum kat planı (Yazar tarafından AutoCad programında üretilmiştir.)



Şekil 3.13: Ofis binasının bodrum katının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

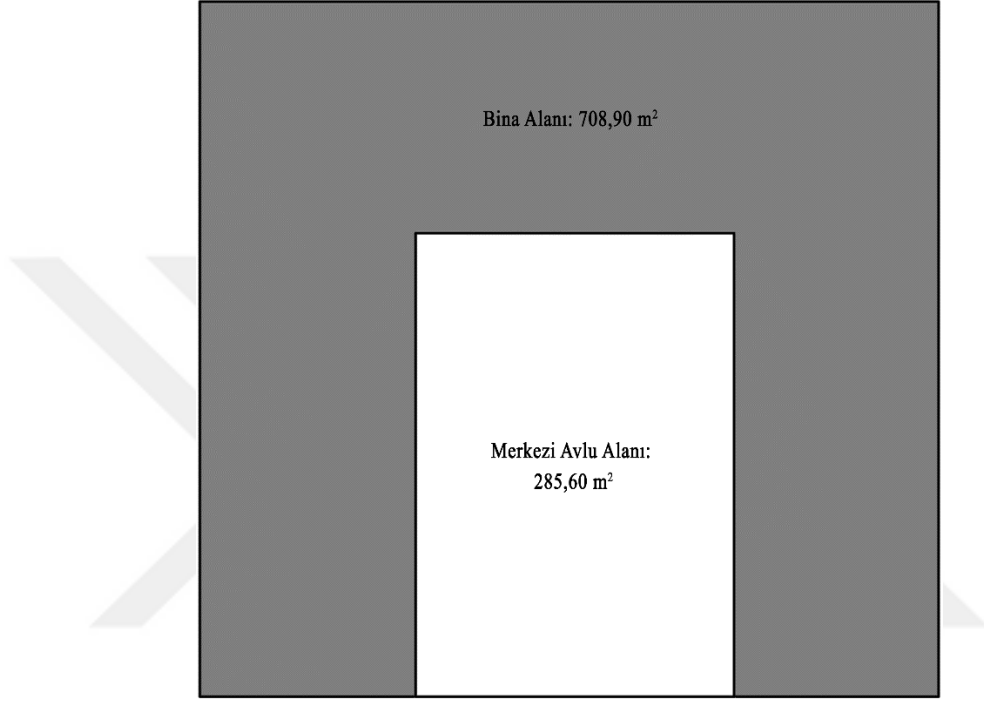
3.1.5. Ele alınan Ofis Projesinde Kullanılan Geleneksel ve Modern Pasif Soğutma Teknikleri

Bu çalışmada, Yezd Bölgesi'ne ait geleneksel pasif soğutma yöntemlerinin özellikleri göz önünde bulundurularak, ofis binası tasarımında uygulanmıştır. Ayrıca, günümüzde kullanılan bazı pasif yöntemler de ele alınmıştır.

3.1.5.1. *Ele alınan ofis binasında avlu tipolojileri: Merkezi Avlu, Godal Bahçe ve Yan Avluların İncelenmesi*

Yezd Bölgesi geleneksel mimarisindeki binalar ile ilgili literatürden edinilen bilgilere göre bu alandaki binalar dikdörtgen şekline sahip olup [173] yaklaşık olarak toplam alanın %71'ini, merkezi avlu ise %29'unu kaplamaktadır [127]. Diğer kaynakta elde edilen ortalama sonuçlar [128], binanın %70.20 ve merkezi avlunun %29.80 olduğu göstermiştir.

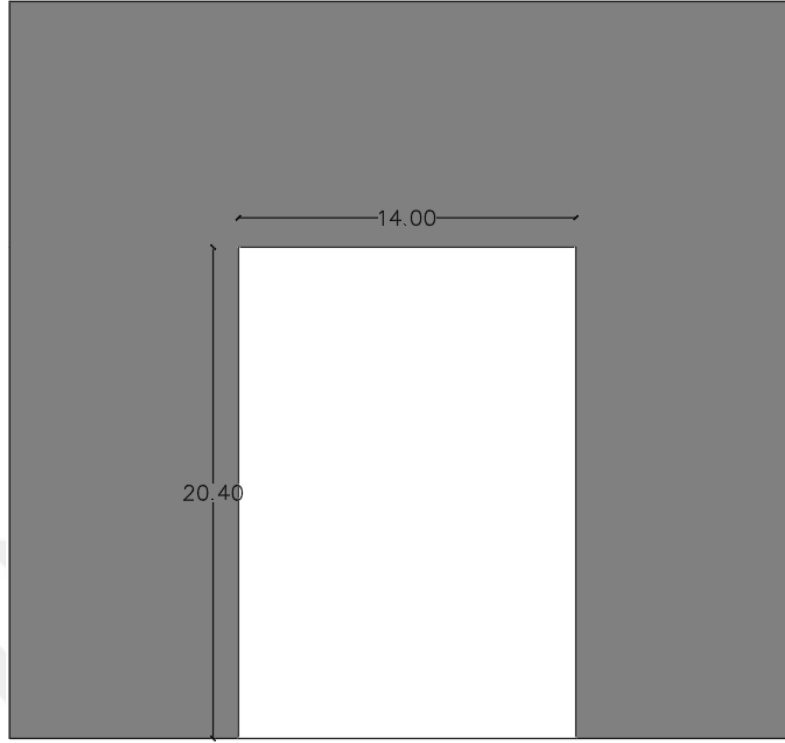
Tasarlanan ofis binası projesinin toplam alanı 994.50 m² olup bina alanı 708.90 m² ve merkezi avlu alanı 285.60 m² olarak hesap edilmiştir. Bina toplam alanının yaklaşık % 71.2'sini ve merkezi avlu ise %28.7'sini kapsamıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.14: Ofis binası ve merkezi avlunun alanı (Yazar tarafından AutoCad programında üretilmiştir.)

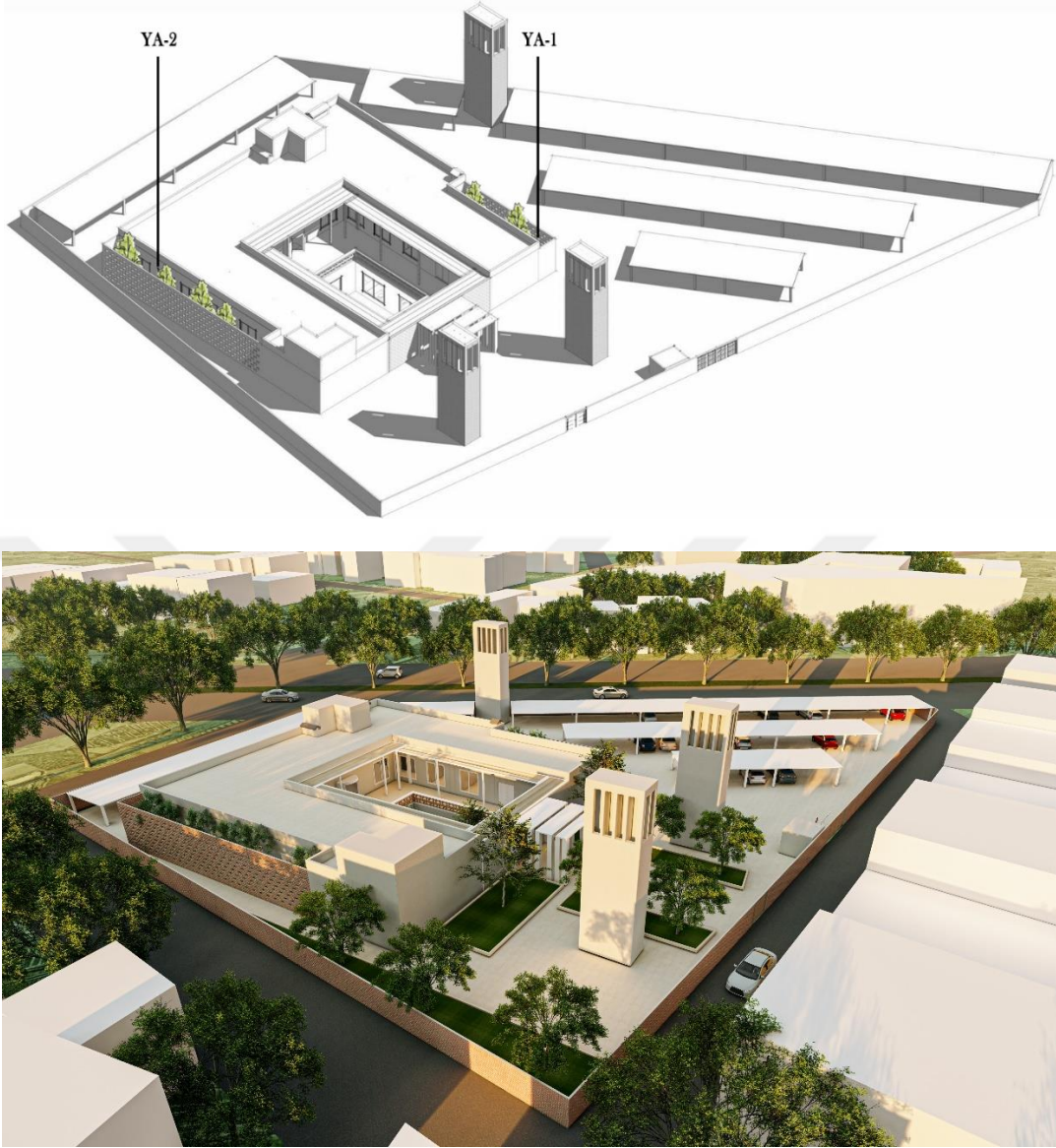
Yezd Bölgesi'nde beş adet geleneksel binanın ortalama uzunluk/ genişlik oranı 1.45 tespit edilmiştir [127]. Ayrıca diğer kaynakta da Yezd Bölgesi'nde on adet geleneksel bina incelenip ve ortalama uzunluk/ genişlik oranı 1.45 değeri elde edilmiştir. [128].

Ofis projesi literatürdeki kaynaklardan alınan oranlara göre tasarlanmıştır. Tasarlanan binanın genişliği 14 m, uzunluğu ise 20.42 m olduğu dikkate alınarak geleneksel İran binalarının elde edilen oranları takip edilmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.15: Ofis binasının uzunluk ve genişlik ölçüleri (Yazar tarafından AutoCad programında üretilmiştir.)

Bu binanın sıcak-kuru iklimde yer almasından dolayı özellikle soğutma dönemi boyunca kullanıcı konforunu sağlamak amacıyla pasif iklimlendirme ve soğutma ilkelerinin kullanılması özellikle enerji etkin tasarım hedeflerine ulaşılması bakımından oldukça önemli bir konudur. Bu amaç doğrultusunda binanın kuzey ve güney cephelerinde 2.00 metre genişliğinde ve farklı uzunluklarda iki adet yan avlu (YA-1 ve YA-2) yer almakta olup bu avlular, merkezi avluya bakan cepheler üzerindeki açıklıklar vasıtasıyla iç mekanlara doğal havalandırma imkanı sağlayacaktır (Şekil 3.18). Ayrıca YA-1 ve YA-2'ye bakan cepheler üzerinde parametrik tuğlalar ile boşluklu şekilde tasarlanan güneş kontrolü yüzey alanı kullanımı ile kamaşmaya neden olabilecek iç mekana doğrudan güneş ışığı nüfuzu engellenecektir. Böylece kontrollü bir doğal aydınlatma sağlanmış olacaktır (Şekil 3.19). Dolayısıyla üzerinde yüzey boşluğu bulunan boşluklu bir cephe kabuğu bulunacağından dolayı bulunduğu yüzey alanının arka bölgesinde yer alan hacimlerin karşı cephelerinde pencereler bulunması sayesinde çapraz havalandırma gerçekleşecektir.



Şekil 3.16: Ofis binasının güney ve kuzey cephelerinde yer alan YA-1 ve YA- 2 (Yazar tarafından Revit ve Lumion programlarında üretilmiştir.)

Ofis binasında yer alan diğer avlu tipolojisi godal bahçe'dir. Bu binanın bodrum katının ortasından godal bahçe yer almıştır (Şekil 3.20). Bu öğede su havuzu havanın nem miktarını artırırken yer alan yeşil alanlar ise gölge oluşturarak iç ortamın iç hava sıcaklığının düşmesini sağlar. Literatürde ele alınan sonuçlarda godal bahçede bulunan su havuzu alanı, avlunun %12'si ve yeşil alan avlunun %18,41'ni teşkil etmektedir. Elde edilen değerlere göre ofis binasında yer alan su havuzu yaklaşık 9 m² ve yeşil alan yaklaşık 12.5 m² alana sahiptir. Yeşil alan, kış mevsiminde yaprak döken ağaçlardan oluşarak yazın gölge sağlamak amacıyla güney, doğu ve batıya bakan cephelerde yer almıştır.



Şekil 3.17: YA-1 ve YA-2'ye bakan cepheler üzerinde parametrik boşluklu tuğlalı şeklinde duvar yapısı (Yazar tarafından Revit ve Lumion programlarında üretilmiştir.)

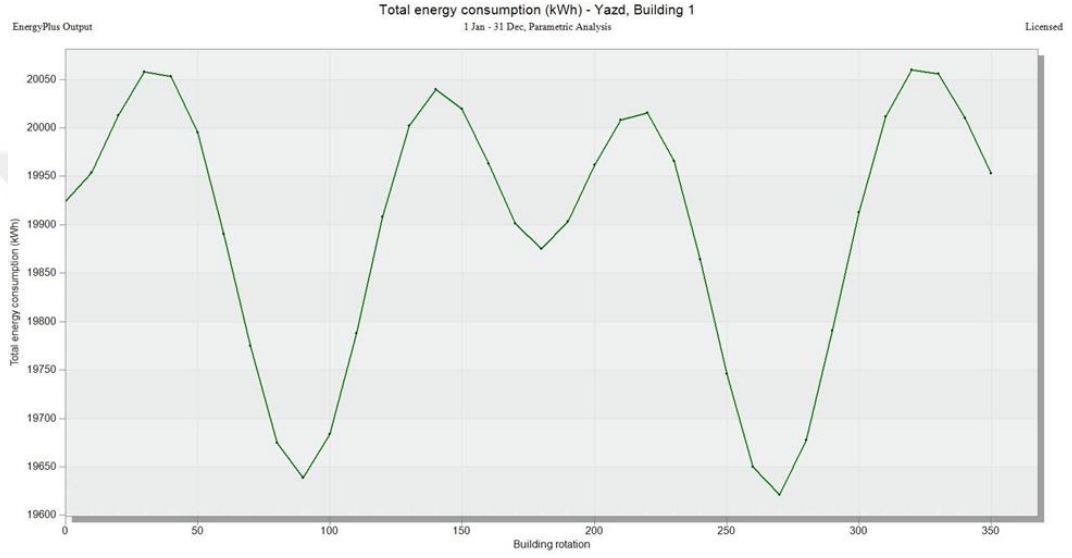


Şekil 3.18: Ofis binasının ortasında yer alan godal bahçe (Yazar tarafından Revit ve Lumion programlarında üretilmiştir.)

3.1.5.2. Bina Yönlenmesi

Bu çalışmada ele alınan ofis binasının tasarımında, bir ön fikir oluşturma amacıyla özellikle optimum bina yönlenmesi ile ilgili Design Builder yazılımında bir ön çalışmada yapılmıştır.

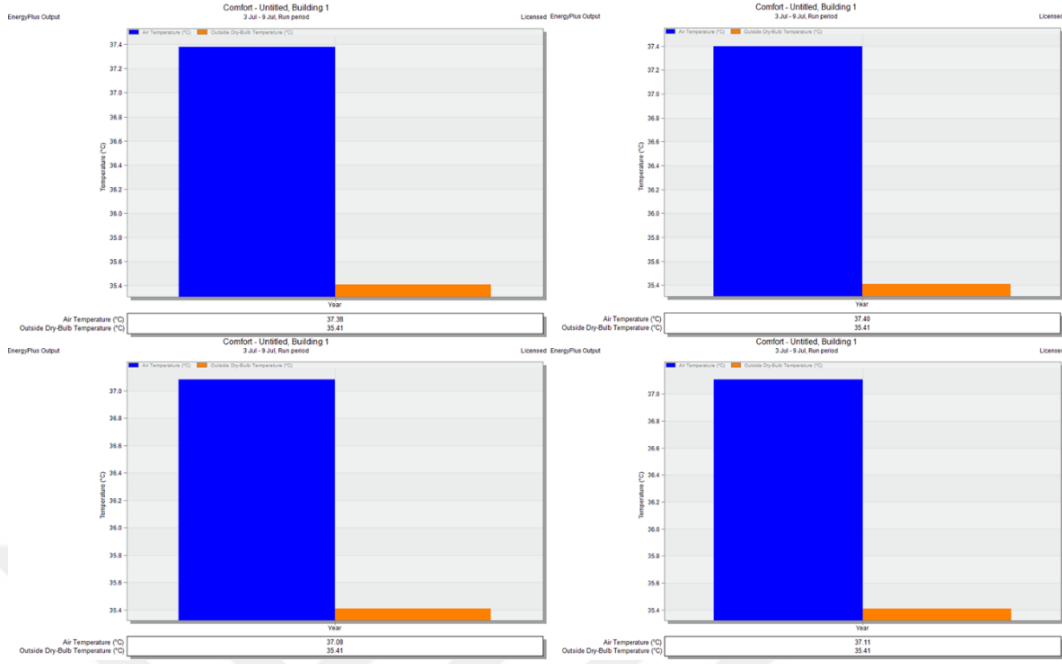
Design Builder yazılımında ortalama yıllık olarak Ocak ayından Aralık ayına kadar yapılan parametrik analize göre en düşük enerji tüketimi 270 derece yani batı, ardından 90 derece yani doğu yönündedir (şekil 3.21). Sonuç olarak bu yapı için en uygun doğrultu doğu-batı doğrultusudur. Bu analizin doğruluğunu sağlamak için bina içindeki hava sıcaklığı farklı yönlerde ölçülmüştür ve bu sonuçlar önceki sonuçları teyid etmiştir (Şekil 3.22) (Tablo 3.2).



Şekil 3.19: Bina yönlenmesinin parametrik analizi (Yazar tarafından Design Builder programında üretilmiştir.)

Tablo 3.1: Binanın kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde iç hava sıcaklığı (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Yönlenmesi	İç Hava Sıcaklığı (°C)
Kuzey	37.40
Güney	37.38
Batı	37.08
Doğu	37.11



Şekil 3.20: Binanın kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde iç hava sıcaklığı (Yazar tarafından Design Builder programında üretilmiştir.)

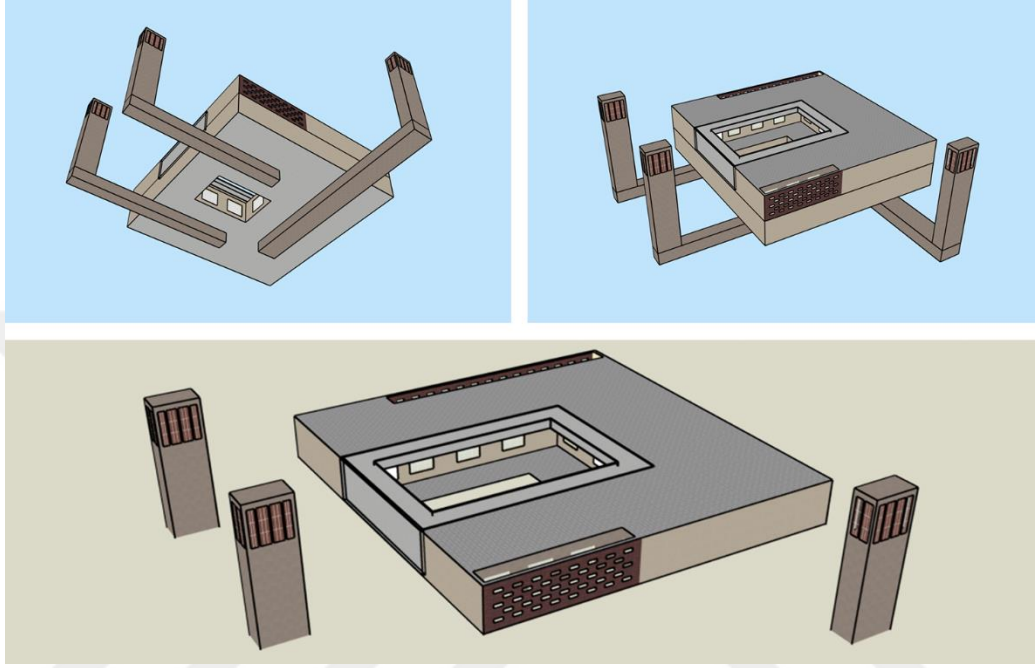
3.1.5.3. Rüzgar Kulesi Özellikleri

Yezd Bölgesi'nin geleneksel yapılarında kullanılan rüzgar kulelerinin sayısı asgarî bir adet, âzamî üç adet olarak yapılmıştır. Genel olarak geleneksel binalarda rüzgar kule sayısı, konut binasının ana mekanı sayılan talar denilen oturma salonu ve havalandırma gerektiren odaların sayısı ve bina sahibinin iktisadî durumuna bağlıydı [18, 24, 36, 38, 118].

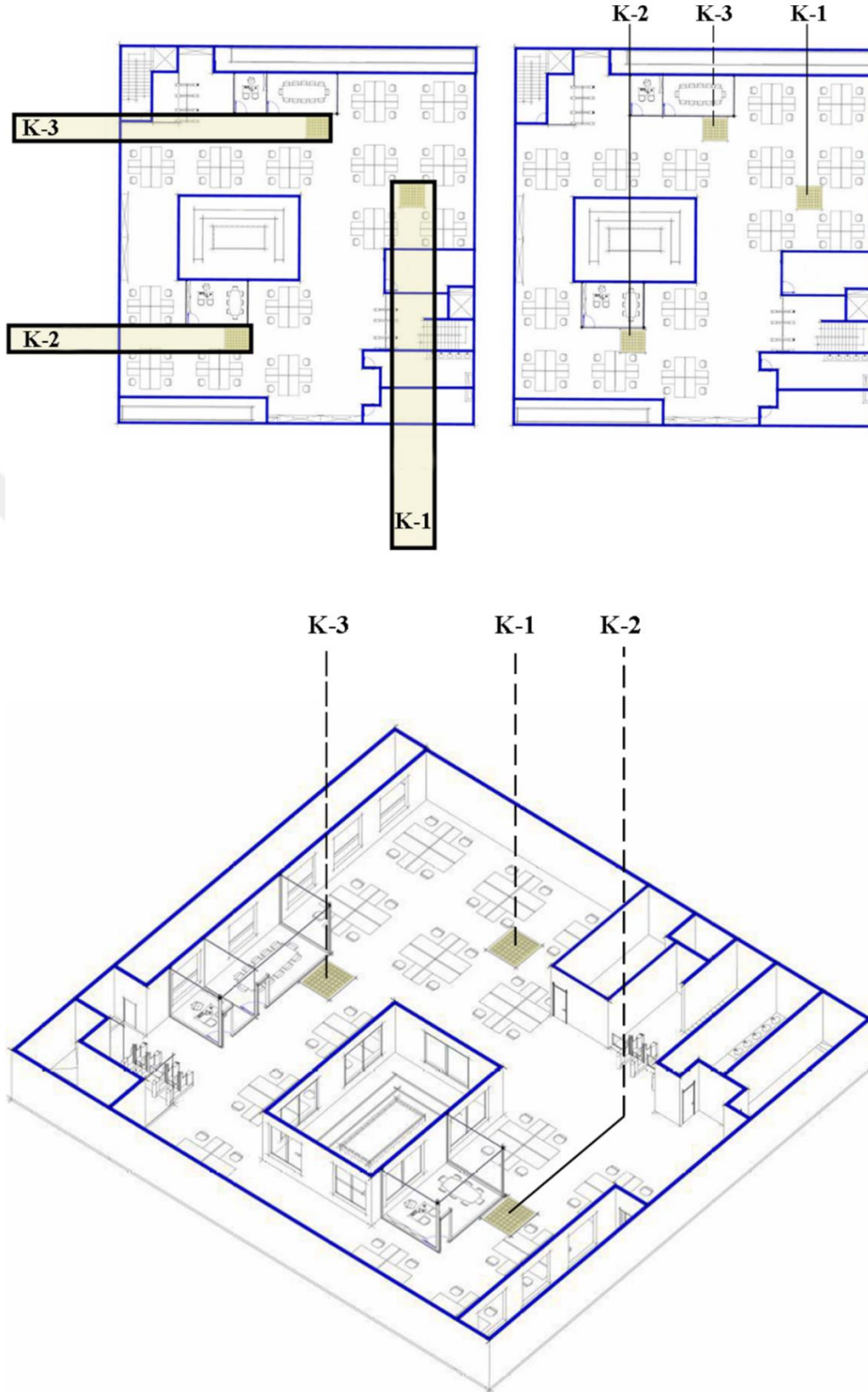
Bir ofis binasının önemli alanlardan birisi, saat 8-18 arası sürekli meşgul olan çalışanların çalışma alanlarıdır. Bu nedenle bu mekanlarda termal konforun temin edilmesi önemlidir. Bu projede zemin katın bir kısmı ve bodrum katın büyük bir kısmı açık ofis alanından oluşmaktadır. Bu sebeple rüzgar kulelerinin yerleştirileceği en iyi alan çalışanların uzun saatler çalıştığı açık ofis alanlardır.

Tasarlanan ofis projesinin zemin katında, binanın kuzey ve güney cephesinde yer alan yan avlulardan dolayı (YA-1 ve YA-2) dolayı, çapraz havalandırma gerçekleşir. Bu yüzden bu katta rüzgar kulesine lüzum görülmemiştir. Binanın bodrum katı büyük bir alana sahip olduğundan dolayı, bu katta üç adet rüzgar kulesi yer almıştır (Şekil 3.23). Bu rüzgar kuleleri bodrum katına yerin 6 metre altına yerleştirilen kanallar aracılığıyla bağlanmışlar (Şekil 3.24). Şekil 2.25'te

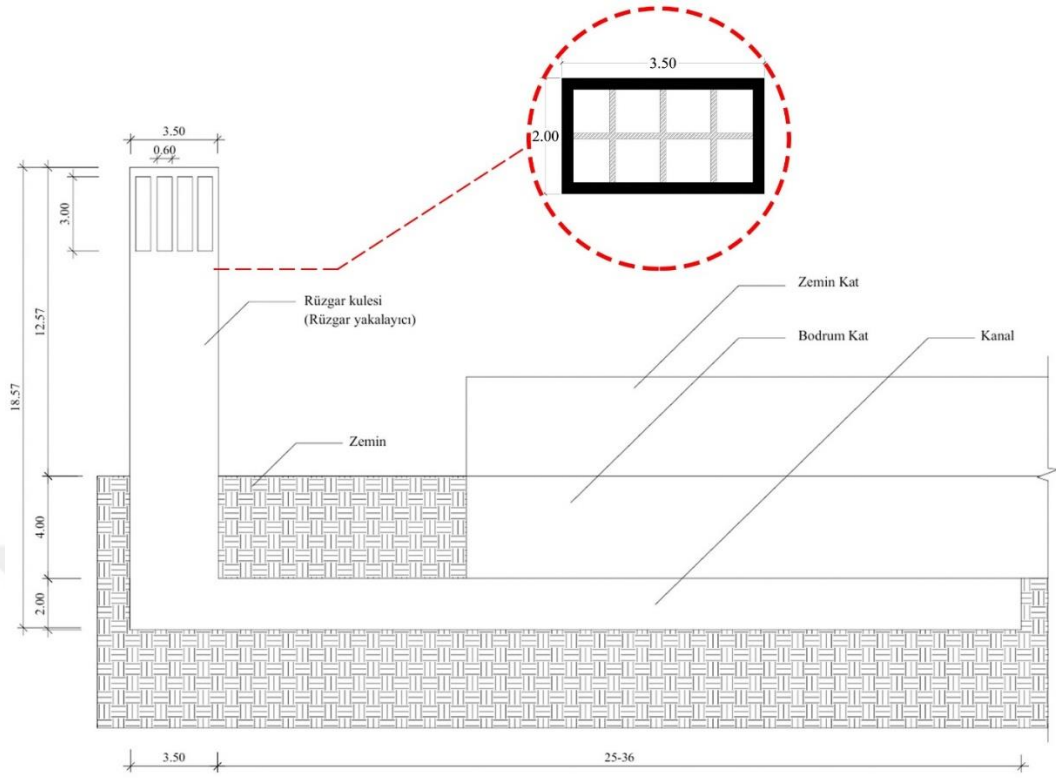
rüzgar kulesinin yer altı kanalına bağlantısı ve rüzgar kulesi ile kanalın boyut ölçüleri görülmektedir.



Şekil 3.21: Rüzgar kulelerin toprağa yerleştirilen kanallar ile bodrum katına bağlanması (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 3.22: Ofis binasının bodrum katında K-1, K-2 ve K-3'ün yerleşimi (Yazar tarafından Revit Programında üretilmiştir.)

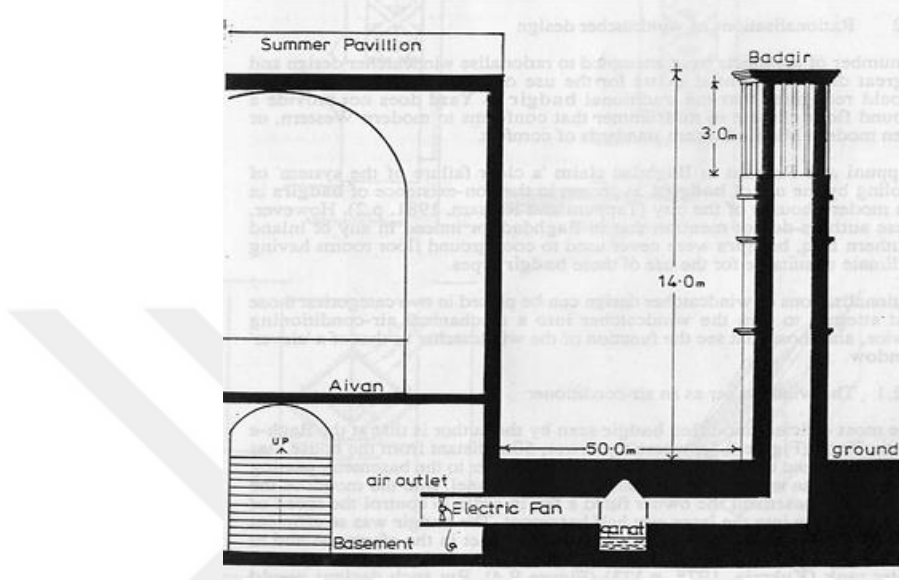


Şekil 3.23: Rüzgar kulesi ve yer altı kanalının detayı (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Rüzgar kulesinin bir kanal aracılığıyla binaya bağlandığı bu tür bağlantı, Yazd Bölgesi'nde geleneksel bir binada yapılmıştır (Şekil 3.26) [142]. Kaynaklarda bu tür bağlantıya sahip olan rüzgar kulelerin sayısı fazla değildir. Ancak, Gilvaei ve diğ. [48] makalesinde, rüzgar kulesi toprakta yer alan borular ile binaya bağlandırılmıştır. Bu nedenle kaynaklarda bu tür bağlantıya ilişkin pek fazla bilgi bulunmamıştır. İran örneğinde [142], rüzgar kulesinin yeraltı kanalının uzunluğu 50 metre iken Gilvaei ve diğ. [48] çalışmasından bu uzunluk 35 metredir. Tasarlanan ofis projesinde, üç adet rüzgar kulesinin yer altı kanalları 25-36 arası uzunluğa sahiptir.

Kaynaklara göre Yazd Bölgesi'nde bulunan rüzgar kulelerinin yüksekliği zemine veya bodrum katına kadar yaklaşık 12.9 metredir. Bu projede ise rüzgar kulesi yüksekliği 13 metre olarak tercih edilmiştir. Yeraltı kanalı ile rüzgar kulesine bağlanan Yazd örneğinde [142], hava açıklıklarının uzunluğu 3 metre olarak tasarlanan ofis projesinde, hava açıklıklarının uzunluğu 3 metre olarak uygulanmıştır. Rüzgar kulelerinin dış duvarları, 10 cm kalınlığında Leca bloğu imal edilmiş olup iç duvar ise 5 cm kalınlığında ahşap elyaf levhasından yapılmıştır. Rüzgar

kulelerine bağlanan kanallar ise 1 cm kalınlığında PVC'den düşük ısı iletkenlik katsayısı özelliğine sahip olduğu nedeniyle yapılmıştır.



Şekil 3.24: Yazd Bölgesi'nde yeraltı kanalı ile rüzgar kulesinin binaya bağlantısı [142].

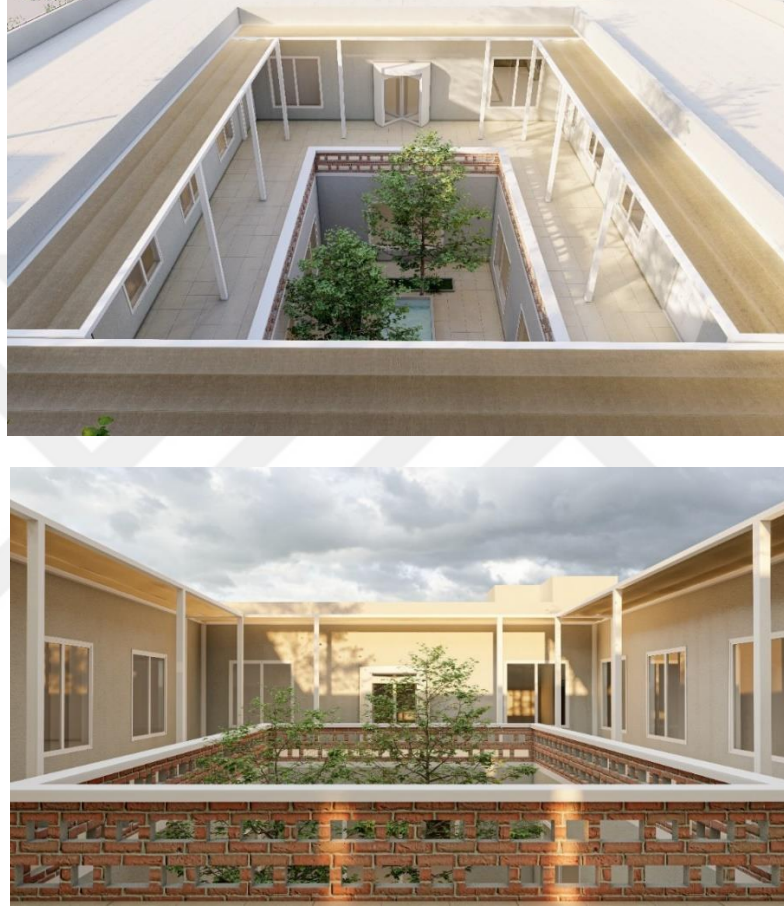
3.1.5.4. Açık Alanlarda Gölge Kullanımı

Bu çalışmada tasarlanan ofis binası için kullanılan modern stratejilerde İran'ın geleneksel mimarisinde bulunan pasif soğutma sistemlerinden istifade edilmiştir.

İran'ın geleneksel konut binaları, yazlık yaşam alanı ve kışlık yaşam alanlarından oluşmuştur. İnsanlar ısıtma ve soğutma döneminde uygun alana taşınarak sıcak mevsimlerde güneş ışığının pencerelerden girmesini engellemeye, ısıtma döneminde mevsimlerde ise güneş ışığından yararlanmaya çalışmışlar. Bu amaç doğrultusunda, yazlık yaşam alanının ön cephesinde eyvan veya revak inşa edilerek yazın gün ışığının içeriye girmesi sorununun çözümleri.

Tasarlanan ofis projesinde, insanların sürekli uygun alana taşınmaları mümkün olmadığından dolayı, yaz mevsiminde termal konforun sağlanması açısından insanların güneş ışınlarından korumak için binanın bütün cephelerinin önünde 2 metre genişliğinde hareketli membran gölgelik yerleştirilmesi tercih edilmiştir (Şekil 3.28). Hareketli membran gölgeliklerin hafifliği, esnekliği, uygulama kolaylığının yanı sıra açılıp kapanabilme kabiliyeti ve güneş ışığını yüksek

yansıtması sebebiyle özellikle sıcak iklimlerde açık alanlarda kullanıma oldukça uygundur. Bu gölgelikler, açıkken güneşin olduğu saatlerde gölge oluşturmaktadır. Kapalı durumdayken ise güneş ışığından gerektiğinde faydalanma imkanı sağlamaktadır [175].



Şekil 3.25: Ele alınan ofis binasında kullanılan gölgelik (Yazar tarafından Revit ve Lumion Programlarında üretilmiştir.)

İran’da bulunan bazı firmalar, her türlü hareketli membran gölgeliklerin ünlü üreticilerinden biridir (Şekil 3.29). Bu firmaların gölgeliklerinin güneş ışığına, yağmura ve kuvvetli rüzgarlara dayanıklı olduğunu iddia etmektedir. Bu firmaların ürettiği gölgeliklerin farklı türleri arasında farklı renklerde branda gibi kumaş kaplamalar, nano kaplama, PVC kaplama, akrilik vb. yer almaktadır. Bu gölgeliklerin elektrik mekanizması ve el mekanizması olmak üzere iki farklı tipi mevcut olup, elektrikli modelleri uzaktan kumanda ile açılıp kapatılma özelliğine sahiptir [176].



Şekil 3.26: Hareketli membran gölgelik örneği [176].

3.1.5.5. Yapı Kabuğu Üzerinde Opak Saydam Yüzey Alan Tasarımı

Yezd Bölgesi'nin geleneksel binalarındaki pencere oranları farklı olup, farklı kaynaklarda binanın tüm cephelerindeki pencerelerin belirli ve sabit bir yüzdesi bulunamamıştır. Yezd Bölgesi'nin on adet geleneksel evinin incelendiği makalede [177], her cephedeki pencere oranları elde edilip aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3.2: Yezd Bölgesi'nde bulunan on adet geleneksel binanın her cephesinde bulunan açıklık oranı (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Bina Cepheleri	avlu uzunluğu/ açıklık genişliği (m)
kuzey cephesi	1.81
güney cephesi	1.82
doğu cephesi	1.88
batı cephesi	2.01

Bu makaleden elde edilen verilere göre tasarlanan ofis binasında bu oranlar kullanılmıştır. Bu oranlardan elde edilen ölçülere göre tasarlanan binanın zemin katında 2.2 metre genişliğinde 2 pencere ve 2.6 metre genişliğinde kapıdan oluşan batı cephesindeki açıklıkların toplam genişliği yaklaşık 7 metre, kuzey ve güney cephelerindeki her pencere ve kapının 2.2 metre genişliğe sahip olup her cephede toplam dört pencere ve bir kapıdan oluşan açıklıkların toplam genişliği ise yaklaşık 11 metredir. Bu ölçümlere göre, kuzey ve güney cephelerinin yaklaşık %32'si, batı cephesinin ise yaklaşık %30'u kapı ve pencere açıklıklarından meydana gelmiştir. Binanın bodrum katının godal bahçeye bakan duvarlarının küçük olmasından dolayı yeterli aydınlatma ve doğal havalandırma sağlamak amacıyla duvarların daha büyük yüzdesi pencerelere ayrılmıştır. Bodrum katının kuzey ve güney cephelerinin yaklaşık %35'i, batı cephesinin yaklaşık %26'sı ve doğu cephesinin yaklaşık %47'si açıklıklardan meydana gelmiştir. Doğu cephesinde godal bahçeye açılan bir kapının bulunduğu nedeniyle, bu cephenin açıklık yüzdesi artmıştır.

3.1.5.6. Ofis Binası Yapı Kabuğunda Kullanılan Malzemeler

Yezd Bölgesi geleneksel mimarisine bakıldığında özellikle bu dokuda yer alan binaların yapım sistemleri yığma yapı sistemi olarak anlaşılmaktadır. Ele alınan ofis binasında betonarme karkas taşıyıcı sistemi tercih edilmiştir. Bu taşıyıcı sisteminin özelliklerinden yüksek dayanıma sahip olması, farklı yapı tiplerine ve formlarına uyum sağlayabilmesi, yangına karşı dayanıklılığı, uzun ömürlü olması ve maliyet etkin olmasıdır [204].

Yezd Bölgesi geleneksel mimarisinde kullanılan malzemeler kerpiç, çamur, kil ve tuğla olarak yoğun bir şekilde görülmektedir. Bu bölgede binaların duvarlarının kalınlıkları bazen 1 metreye kadar ulaşılmıştır.

Bu çalışmada ele alınan ofis yapısında mümkün olduğunca geleneksel mimari malzemeler kullanılmaya çalışmak istenmiştir; ancak son dönemlerde doğal malzemelerin ulaşımı zor olduğu ve çağdaş malzemelerin kullanımı ve ulaşılması daha kolay olduğu nedeniyle bu binada çağdaş yapı malzemelerin kullanılması tercih edilmiştir. Tasarlanan ofis binasının yapı kabuğunda kullanılan malzemeler Tablo 3.4'te görülmektedir.

Tablo 3.3: Ofis binasında bulunan duvar, döşeme, tavan, çatı katmanları ve özellikleri (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Yapı Türü	Isı İletkenlik Katsayısı (W/m ² K)	Şekil (Design Builder yazılımından alınmıştır.)	Yapı katmanları	Kalınlık (m)
Çatı	0.29		Mozaik	0.025
			Çimento Harcı	0.02
			XPS Yalıtımı	0.08
			Mastik	0.08
			Bitüm	0.015
			Köpük Beton	0.15
			Hava Boşluğu	0.3
			Tavan Kaplama	0.025
Tavan+Döşeme (Ara kat)	0.497		Seramik	0.025
			Çimento Harcı	0.02
			Gazbeton Lehvası	0.15
			Köpük Beton	0.1
			Hava Boşluğu	0.3
			Tavan Kaplama	0.025
Bodrum Katı Döşemesi	2.329		Seramik	0.025
			Çimento Harcı	0.02
			Bitüm	0.015
			Mastik	0.08
			Köpük Beton	0.1
Dış Duvar	0.299		Dış Cephe Tuğla Kaplaması	0.04
			Çimento Harcı	0.02
			XPS Yalıtımı	0.05
			Leca Blok	0.15
			Toprak Sıva Harcı	0.02
			Alçı	0.01
			İç İşleme	0.001

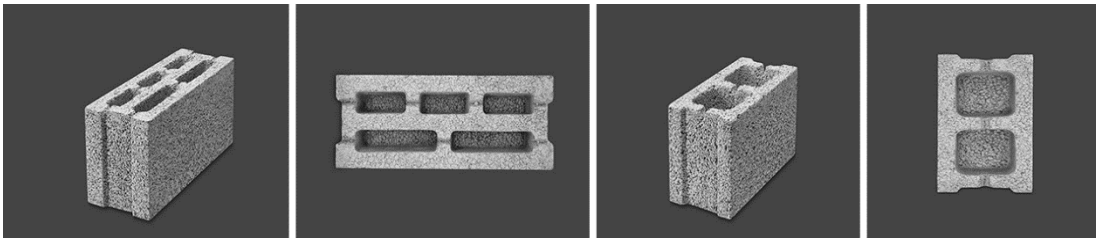
Tablo 3.3 (devamı): Ofis binasında bulunan duvar, döşeme, tavan, çatı katmanları ve özellikleri (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Bodrum Katı Dış Duvarı	1.896		Köpük Beton	0.3
			Çimento Harcı	0.02
			Toprak Sıva Harcı	0.02
			Alçı	0.01
			İç İşleme	0.001

Leca Blok

İran’da geleneksel malzemelerin yerini giderek hafif genişletilmiş kil agregalı (LECA) bloklardan yapılan daha ince inşaat duvarları almıştır [178].

Leca blok (Şekil 3.31), kalsiyum karbonat çamurunun doğal bir ürünüdür. Leca bloğunun ömrü, işletme ve bakım için büyük çaba gerektirmeden 50 yıldan fazla olarak tahmin edilmektedir. Ürün ömrü sona erdiğinde veya yıkım durumunda, bloğu oluşturan malzemelerin ayrılmasıyla ham maddenin tamamı kurtarılabilir. Ayrıca hafif agregalı dolgu malzemesi olarak da yeniden kullanılabilir [179]. Binada Leca bloğunun kullanılması ölü yükte %20-30 oranında düşüş sağlamakta ve bunun sonucunda taşıyıcı yapının azalmasına ve optimizasyonuna; kullanılan beton ve çeliğin azaltılmasına ve yükün artmasına sebep olarak yapının depreme dayanımının artmasını sağlar [180]. Leca bloğu, yalıtım özelliklerine katkıda bulunan hava dolu kil hücreleriyle birlikte hava dolu gözenekler içerir. Hücresiz bir katı Leca bloğu, önemli ölçüde büyük bir ısı yalıtımına sahip değildir, ancak yeterince kalın bir yalıtımla birlikte yapı, pasif binaların gereksinimlerini karşılamak için ihtiyaç duyulan yalıtımı sağlayabilmektedir [179].



Şekil 3.27: Leca bloğun farklı türleri [180].

XPS Yalıtımı

İran’da yapılan binaların dış duvarlarında kullanılan en yaygın yalıtım malzemelerinden biri, XPS yalıtımıdır (şekil 3.32)[181]. Bina yalıtımı, enerji tüketimini azaltmanın ve dolayısıyla binadaki maliyetleri azaltmanın önemli yollarından biridir. Ekstrüde polistiren (XPS), binada ısı yalıtım sistemlerinde kullanılan yalıtım malzemelerinden biridir. XPS bina yalıtımı, alışlagelmiş bina yalıtımlarının hiçbirinde bulunmayan benzersiz özelliklere sahip, yeni nesil bir bina yalıtımıdır. XPS olarak kısaltılan ekstrüde polistiren yalıtım levhası, inşaat ve sanayide yaygın olarak kullanılan bir yalıtım levhasıdır. Bu ürün, ekstrüzyon işlemi sırasında sıradan polistirenin (GPPS) köpük oluşturuvcu maddelerle karıştırılmasıyla elde edilir. Yapısında kabarcık bulunmadığından basınç dayanımları yüksektir. Bu yalıtımın diğer avantajları arasında düşük maliyeti ve özkütlesi, yüksek termal dayanıklılığı, düşük atıklı olması, hızlı uygulanabilmesi, yüksek ses yalıtımı ve ısı iletkenlik katsayısının diğer ısı yalıtım malzemelerine nispeten düşük olması sayılabilir [182, 183].



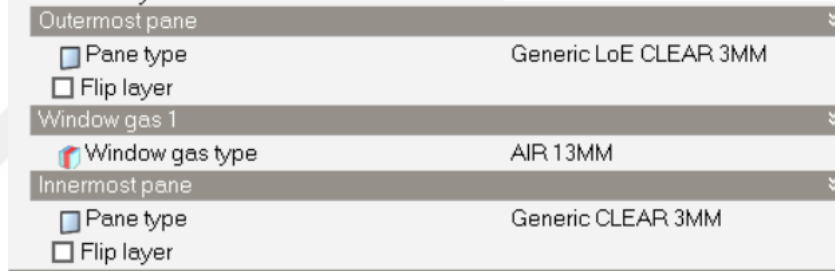
Şekil 3.28: XPS yalıtım malzemesi [183].

İran’ın ulusal inşaat yasasının 19. bölümüne göre [187] binanın duvar, döşeme ve tavanın ısı iletkenlik katsayısı (U değeri), tabloda belirlenmiştir (Tablo 3.5)[171]. Tablo 3.3’te ulaşılan verilere göre, tasarlanan ofis binasının duvar, tavan ve döşemesinin ısı iletkenlik katsayısının değerleri İran’ın ulusal inşaat yasasının standartlarına uygun olduğu görülmektedir.

Tablo 3.4: İran'ın Ulusal İnşaat Yasasının 19. Bölümüne göre bina bileşenlerinin ısı iletkenlik katsayısı [171].

Bina Bileşenleri	Isı İletkenlik Katsayısı (W/m ² K)
Dış Duvar	0.66
Döşeme	0.66
Çatı	0.40

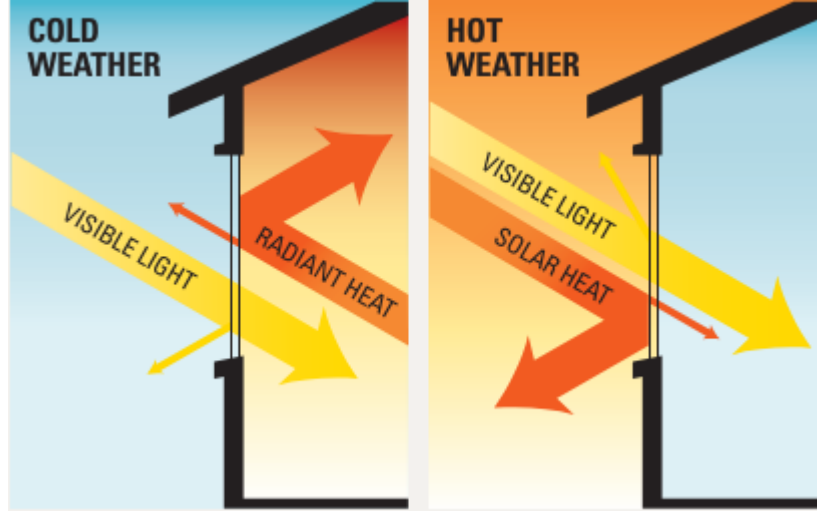
Tasarlanan ofis binasında, 3 mm kalınlığında Low-e kaplamalı çift cam kullanılmıştır (Şekil 3.33). Bu camın ısı iletkenlik katsayısının değeri, 1.786 W/m²K olarak Design Builder yazılımında elde edilmiştir.



Şekil 3.29: Tasarlanan ofis binasında kullanılan cam türü (Yazar tarafından Design Builder yazılımından alınmıştır.)

Low-e kaplamalı Camlar

Low-e camlar 1979'da piyasaya sunularak enerji açısından daha verimli camlara doğru bir gelişmeydi [184]. Cam üzerine kaplanmış yüksek performanslı bir düşük emisyonlu (Low-e) filtre, güneş ışığından binaya gelen ısı miktarını düşürür. Böylece iklimlendirme için elektrik masrafları azalır. Standart Low-e filtreler, kızılötesi dalga boylarının yüksek yansımaları sağlama için iki dielektrik ince film arasında bir gümüş katman içerir [185]. Low-e kaplamalı camlar, kızılötesi radyasyonu engelleyen, sıcak günlerde ısıyı binanın dışında, soğuk günlerde ise binanın içinde muhafaza eden şeffaf bir kaplama olarak kullanılır (Şekil 3.34). Sıradan, tek camlı bir pencereye kıyasla, ısı kaybını %85 oranında azaltabilir [185, 186].



Şekil 3.30: Low-e kaplamalı camın sıcak ve soğuk günlerde performansı [185].

3.2. OFİS BİNASI ÜZERİNDEKİ SİMÜLASYONLAR VE İNCELENEN PARAMETRELERİN TANITIMI

Bu çalışma kapsamında, ofis binası Design Builder yazılımı kullanılarak on bir farklı konfigürasyonda incelenmiştir. Bu analizler ortalama yıllık, en sıcak dönem, en sıcak ay, en az sıcak ay, en sıcak gün ve en az sıcak günde altı parametre üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu parametreler, ofis binasının iç hava sıcaklığı, PPD değeri, PMV değeri, genel aydınlatma, iç ve dış pencerelerden güneş enerjisi kazanım miktarı gibi faktörleri içermektedir. Bu şekilde yapılan analizler, ofis binasının performansını farklı senaryolar altında değerlendirmeye olanak tanımıştır.

3.2.1. Bu Çalışma Kapsamında Analiz Aracı Olarak Kullanılan Design Builder Yazılımının Tanıtılması

Design Builder yazılımı, enerji verimliliğine ilişkin termal parametreler ve çevresel etkilerle ilgili bir dizi kritik hususun değerlendirilmesinde etkilidir. Design Builder yazılımı, yüksek kalitesi ve kullanıcı dostu özellikleriyle bilinir ve bu özellikleri yazılımı hem yeni hem de mevcut binaların hızlı değerlendirmesi için değerli bir araç haline getirir. Gelişmiş simülasyon araçları, modelleme süresini önemli ölçüde azaltır ve üretkenliği artırır. Design Builder, enerji tüketimi, termal konfor, ısıtma, havalandırma, iklimlendirme, gün ışığı, maliyet tahmini, tasarım optimizasyonu ve çok sayıda ulusal bina yönetmeliğine ve sertifikasyon standartlarına

uygun raporların oluşturulmasını kapsayan tam entegre bir analiz sağlar. Design Builder yazılımının yetenekleri, tümü iklim verilerinden ve pasif ve aktif tasarım öğelerinin birleşiminden elde edilen saatlik, günlük, aylık ve yıllık bazda enerji tüketimi seviyelerini hesaplamaya kadar uzanır [188].

Design Builder yazılımının etkinliği, çok sayıda yapılan çeşitli çalışmalarda [46, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197] dahil olmak üzere doğrulanmıştır. Özellikle Design Builder dünya çapında birçok prestijli şirketin ve akademik kurumun güvenini kazanmıştır. Web sitesinden de anlaşılacağı üzere, İngiltere ve diğer birçok ülkedeki karar alma organları tarafından resmi olarak tanınmış ve onaylanmıştır [188, 198]. Bu nedenle bu çalışma kapsamında Design Builder yazılımı tercih edilmiştir.

3.2.2. ÇALIŞMA KAPSAMINDA İNCELENEN PARAMETRELER VE KONFIGÜRASYONLARIN TANITIMI

Bu çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında Design Builder yazılımı kullanılarak, iç mekan hava sıcaklığı, Fanger modeline göre insanların termal konforlarına ilişkin PPD ve PMV parametreleri, iç ortamda aydınlatma sistemi aracılığıyla üretilen ısı miktarı (genel aydınlatma), tasarlanan ofis binasının dış ve iç pencerelerinden güneş enerjisi kazanımı miktarı parametreler incelenmiştir.

İnsanları içinde barındıran bir bina tasarlanırken dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biri termal konfordur. ASHRAE Standart 55 tarafından tanımlandığı gibi, termal konfor, bir kişinin çevredeki ortamın sıcaklığından memnun hissettiği bir durumdur. Bir insanın termal konforunu etkileyen sadece hava sıcaklığı değil, aynı zamanda ortalama radyant sıcaklığı, bağıl nem, hava hızı, aktivite düzeyi ve giysinin termal direnci önemli parametrelerdendir [199]. 1970 yılında Povl Ole Fanger, bir dizi deneyin ardından insanların termal konfor durumlarını ölçmek için PMV (ortalama ısı duyum) ve PPD (memnun olmayan kişi yüzdesi) indeklerini tanımlamıştır [199, 200].

Fanger tarafından önerilen PMV indeksi, ASHRAE Standart 55 termal duyum ölçeğine göre belli bir insan grubunun ortalama tepkisini tahmin edilmiştir. İklim odalarına maruz kalan deneklerden, ASHRAE Standart 55'in yedi noktalı (-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3) termal duyum ölçeğine göre görüşlerini belirtmeleri istenip belirli bir koşul için tüm deneklerin o koşul için

verdiği duygunun ortalama değeri bulunarak bir ortalama oy elde edilmiştir (Tablo 3.6) [201, 202].

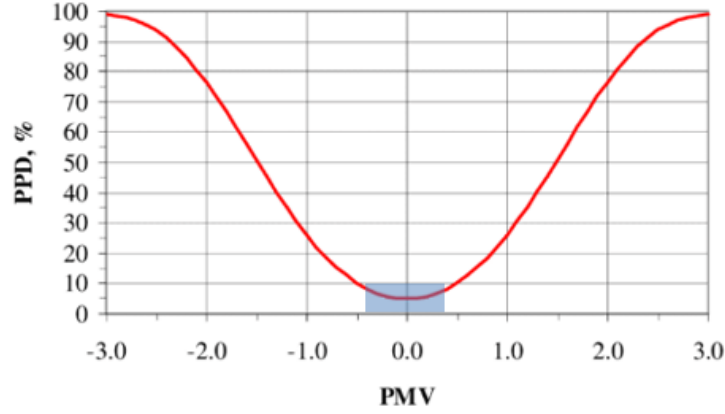
Tablo 3.5 (devam): PMV indekslerinin değerlerinin anlamları [202].

PMV indeksinin değeri	Anlamı
3	Aşırı sıcak
2	Sıcak
1	Hafif sıcak
0	Nötr
-1	Hafif soğuk
-2	Soğuk
-3	Aşırı soğuk

PPD (memnun olmayan kişi yüzdesi), PMV ile ilişkili bir istatistiksel indekstir, ancak CO_2 , aydınlatma düzeyi veya yerel rahatsızlık durumları gibi diğer göstergelere göre de ifade edilebilir. PPD indeksi, ortamdaki rahatsız olma durumunu ifade eden şikayetçilerden beklenen yüzde oranını ifade eden bir indekstir: konfor durumu ne kadar kötüyse, olumsuz görüşe sahip olanların sayısı o kadar fazladır (Tablo 3.7) [200]. ASHRAE standard 55, bir ortam için $-0.5 < PMV < 0.5$ kuralını getirerek en fazla % 10'luk hoşnutsuzluğa izin vermiştir (Şekil 3.35) [199].

Tablo 3.6: PMV-PPD indekslerinin ilişkisi [203].

İndeksler	Durum 1	Durum 2	Durum 3
PMV	$-0.2 < PMV < +0.2$	$-0.5 < PMV < +0.5$	$-0.7 < PMV < +0.7$
PPD (%)	<6	<10	<15



Şekil 3.31: PPD ve PMV indekslerinin ilişkisi [199].

Bu çalışma kapsamında Design Builder yazılımı ile ele alınan parametreler, on bir farklı konfigürasyon (KONF) şeklinde incelenmiş ve performansları karşılaştırılmıştır. One Building web sayfasından [66] elde edilen verilere göre Yezd Bölgesi'nin en sıcak dönemi veya soğutma dönemi (ESD) 1 Mayıs-30 Eylül, en sıcak ay (ESA) Temmuz, en az sıcak ay (EASA) Ocak, en sıcak gün (ESG) 4 Temmuz ve en az sıcak gün (EASG) 22 Ocak olarak belirlenmiştir. Design Builder yazılımında gerçekleştirilen analizler, ortalama yıllık (317 günlük), en sıcak dönem veya soğutma dönemi (ESD) 1 Mayıs-30 Eylül, en sıcak ay (ESA) 27 günlük Temmuz, en az soğuk ay (EASA) 27 günlük Ocak, en sıcak gün (ESG) 10 saatlik 4 Temmuz ve en az sıcak gün (EASG) 10 saatlik 22 Ocak şeklinde yapılmıştır. Bu çalışmada ofis binasına ait altı parametre, on bir farklı konfigürasyonda incelenmiştir. Bu parametreler arasında ofis binasının iç hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), Fanger PPD değeri (%), Fanger PMV değeri, ofis binasının genel aydınlatma sisteminin etkisi (kWh) ile dış ve iç pencerelerden güneş enerjisi kazanımı (kWh) yer almaktadır.

Çalışma kapsamında ele alınan ofis binası Design Builder yazılımında bazı ayarlamalar yapılmıştır. Bu yazılımda ofis binasının işlevi "office" olarak belirlenmiş, yıl boyunca çalışma günleri ve mesai saati Pazartesi-Cumartesi günleri saat 8:00-18:00 arası olarak belirlenmiştir (Şekil 3.36). ASHRAE 55 standardına [205] göre, maksimum konfor değeri 24°C olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla, ofisin iç hava sıcaklığı 24°C 'nin üzerine çıktığında ve dış hava sıcaklığı 24°C 'nin altına düştüğünde, doğal havalandırma bu durumu Design Builder yazılımında düzenlenmiştir.

M...	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
Feb	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
Mar	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
Apr	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
May	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
Jun	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
Jul	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
Aug	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
Sep	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
Oct	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
Nov	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off
Dec	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	8:00 to 18:00	Off

Şekil 3.32: Ele alınan ofis binasının Design Builder yazılımında çalışma günleri ve mesai saati (Yazar tarafından Design Builder yazılımından alınmıştır.)

Ele alınan ofis binasında kullanılan gölgelik, Design Builder yazılımında soğutma döneminde açılıp ısıtma döneminde kapanacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 3.37).

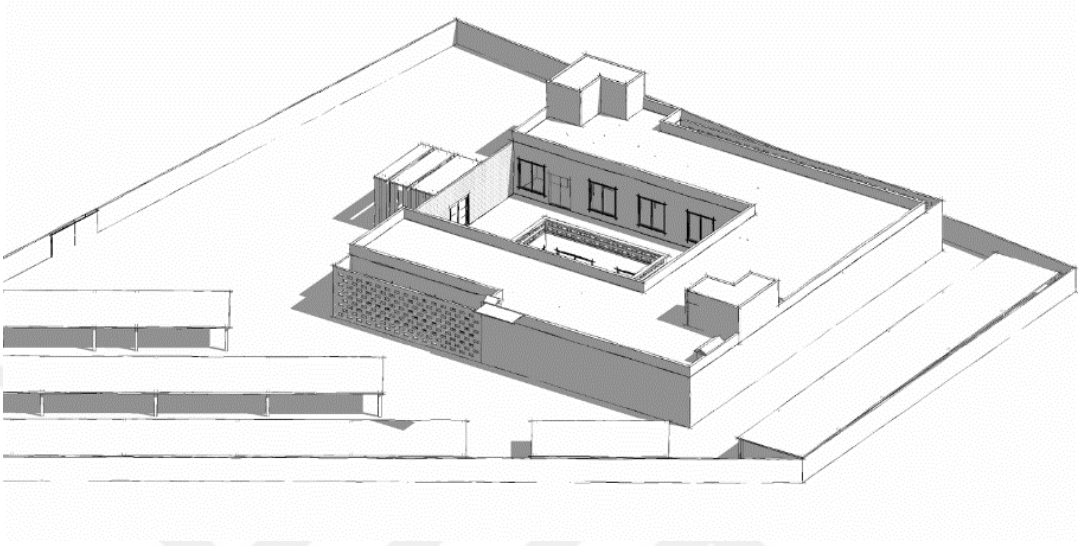
M...	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	On	On	On	On	On	On	On
Feb	On	On	On	On	On	On	On
Mar	On	On	On	On	On	On	On
Apr	On	On	On	On	On	On	On
May	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Jun	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Jul	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Aug	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Sep	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Oct	On	On	On	On	On	On	On
Nov	On	On	On	On	On	On	On
Dec	On	On	On	On	On	On	On

Şekil 3.33: Ele alınan ofis binasında kullanılan gölgeliğin ayarları (Yazar tarafından Design Builder yazılımından alınmıştır.)

KONF-1: Pasif Tasarım Yöntemleri Uygulanmayan Avlulu Ofis Binasının İncelenmesi

KONF-1’de çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında, hiç bir pasif yöntem kullanılmamıştır (Şekil 3.38). Bu binanın dış pencereleri (DP) ve iç pencerelerinin (İP) hepsi kapalı kalmış ve doğal havalandırma gerçekleşmemiştir. Bu KONF’ta dış duvarlar, bodrum katı duvarları, çatı, tavan ve döşeme yapılarında kullanılan malzemeler Tablo 3.8’de görülmektedir. Tablo 3.8’de görüldüğü üzere, binanın dış duvarları ve çatı yapısında yalıtım uygulanmamıştır. Ayrıca bina ve rüzgar kulelerinin dış duvarları yapısında Leca bloklar yerine beton bloklar

tercih edilmiştir. Diğer duvar yapılarında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. KONF-1 ile KONF-5'te Floresan aydınlatma sistemi uygulanmıştır.

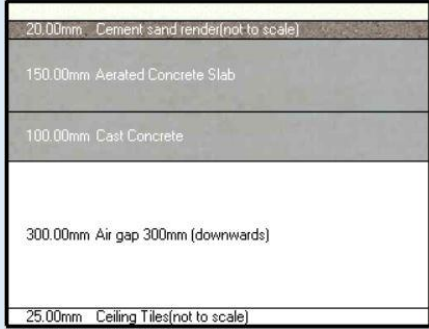


Şekil 3.34: KONF-1'de ofis binasının perspektif görünüş (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

Tablo 3.7: KONF-1'de ofis binasında kullanılan malzemeler (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Yapı Türü	Isı İletkenlik Katsayısı (W/m ² K)	Şekil	Yapı katmanları	Kalınlık (m)
Çatı	0.915		Mozaik	0.025
			Çimento Harcı	0.02
			Mastik	0.08
			Bitüm	0.015
			Köpük Beton	0.15
			Hava Boşluğu	0.3
			Tavan Kaplama	0.025

Tablo 3.8 (devamı): KONF-1’de ofis binasında kullanılan malzemeler (Yazar tarafından üretilmiştir.)

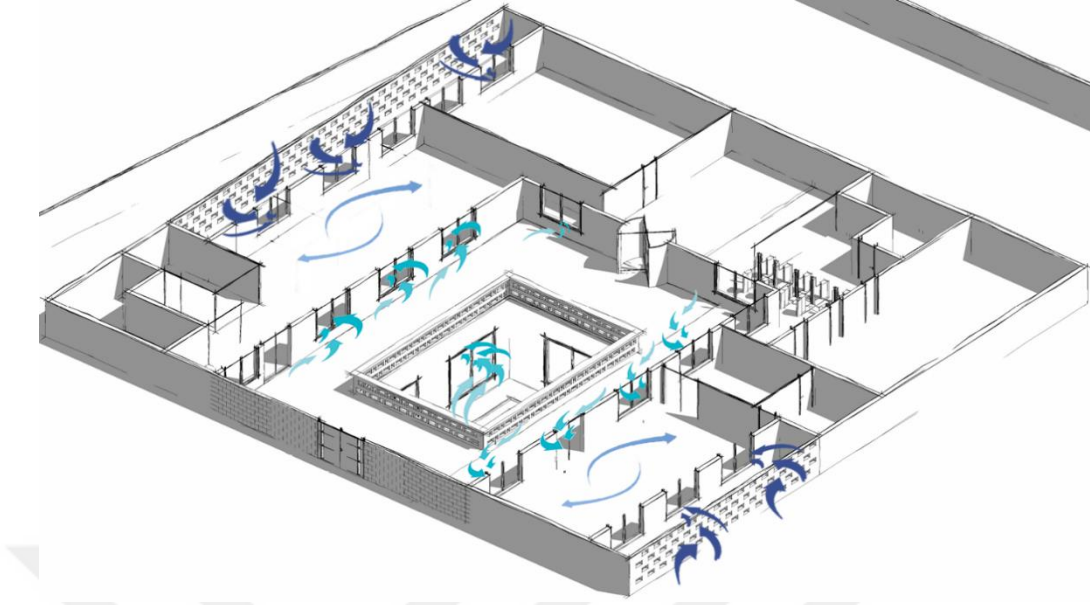
Tavan+Döşeme (Ara kat)	0.497		Seramik	0.025
			Çimento Harcı	0.02
			Gazbeton Lehvası	0.15
			Köpük Beton	0.1
			Hava Boşluğu	0.3
			Tavan Kaplama	0.025
Bodrum Katı Döşemesi	2.329		Seramik	0.025
			Çimento Harcı	0.02
			Bitüm	0.015
			Mastik	0.08
			Köpük Beton	0.1

Tablo 3.9 (devamı): KONF-1’de ofis binasında kullanılan malzemeler (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Dış Duvar	1.597		Dış Cephe Tuğla Kaplaması	0.04
			Çimento Harcı	0.02
			Beton Blok	0.15
			Toprak Sıva Harcı	0.02
			Alçı	0.01
			İç İşleme	0.001
Bodrum Katı Dış Duvarı	1.896		Köpük Beton	0.3
			Çimento Harcı	0.02
			Toprak Sıva Harcı	0.02
			Alçı	0.01
			İç İşleme	0.001

KONF-2: Ele Alman Ofis Binasının Dış Pencereleri (DP) ve İç Pencereleri (İP) Aracılığıyla Gerçekleşen Doğal Havalandırmanın Etkisinin İncelenmesi

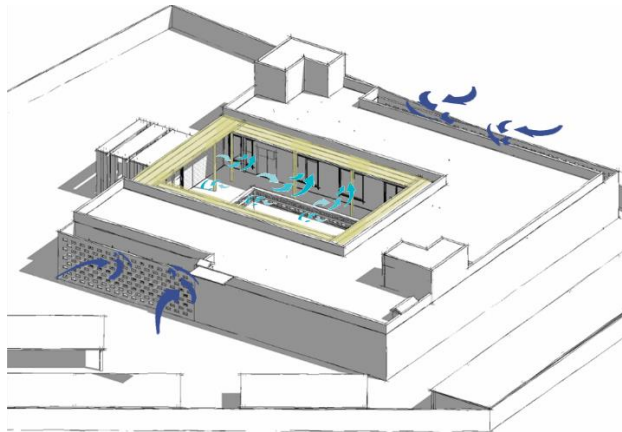
Bu konfigürasyonda, dış pencereler (DP) ve iç pencerelerin (İP) %50'si açık olarak gerçekleşen doğal havalandırmanın etkisi, altı parametre üzerinde değerlendirilmiştir (Şekil 3.39).



Şekil 3.35: KONF-2’de ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

KONF-3: Ele Alınan Ofis Binasının Açık Alanında Bulunan Gölge Etkisinin İncelenmesi

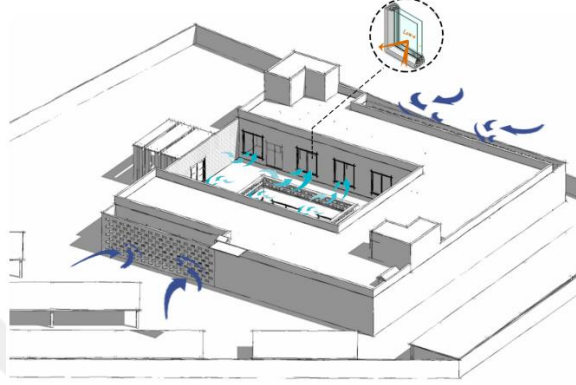
Bu KONF’ta ele alınan ofis binasının 4 cephesine 2 metre genişliğinde gölge eklenmiştir (şekil 3.40). Gölge etkisi binanın iç hava sıcaklığı, termal konfor, genel aydınlatma, dış ve iç pencerelerden güneş enerjisi kazanımı üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.36: KONF-3’te ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

KONF-4: Ele Alınan Ofis Binasında Low-e Kaplamalı Çift Cam (LC) Etkisinin İncelenmesi

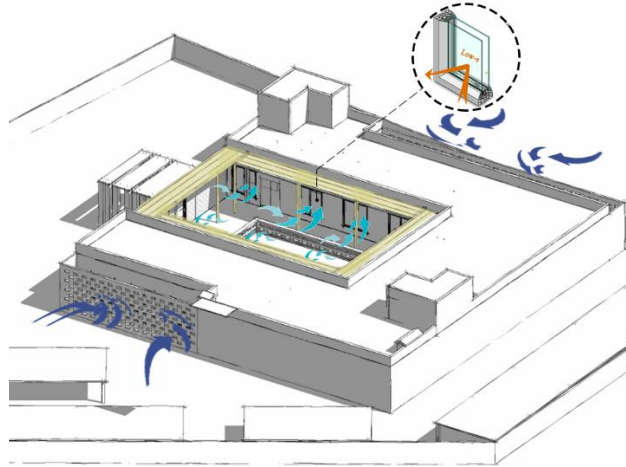
KONF-4'te ofis binasının açık alanında yer alan gölgelik kaldırılmıştır. Bu KONF'ta ofis binasında kullanılan tek cam (C) yerine, Low-e kaplamalı çift cam (LC) uygulanmıştır (Şekil 3.41). LC'nin etkisi farklı parametreler üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.37: KONF-4'te ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

KONF-5: Ele Alınan Ofis Binasında Gölge ve LC'nin Eş Zamanlı Etkisinin İncelenmesi

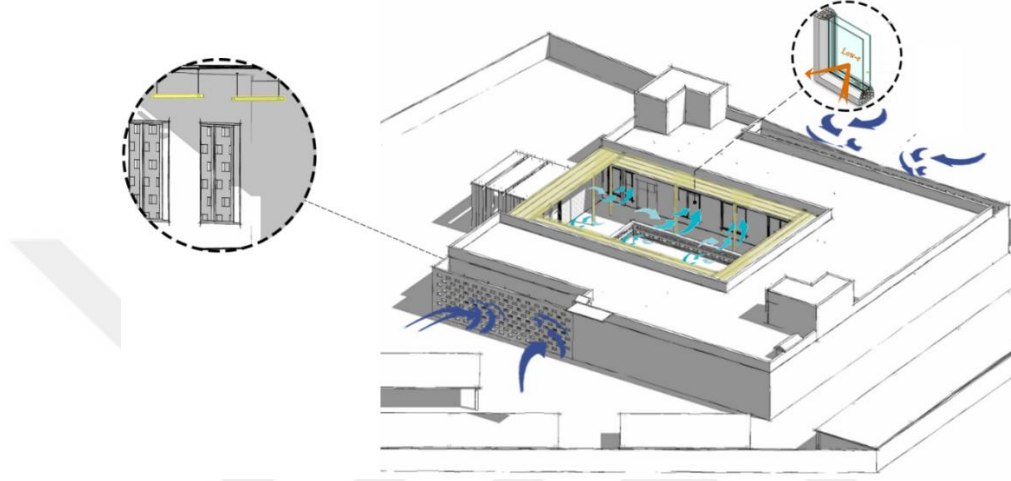
Şekil 3.42'de görüldüğü gibi, KONF-5'te ofis binasında gölgelikler binanın dört cephesine yerleştirilmiş ve LC, C yerine tercih edilmiştir. Her iki öğenin eş zamanlı etkileri farklı parametreler üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.38: KONF-5'te ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

KONF-6: Çalışma Kapsamında Ele Alınan Ofis Binasında LED Aydınlatma Sisteminin Etkisinin İncelenmesi

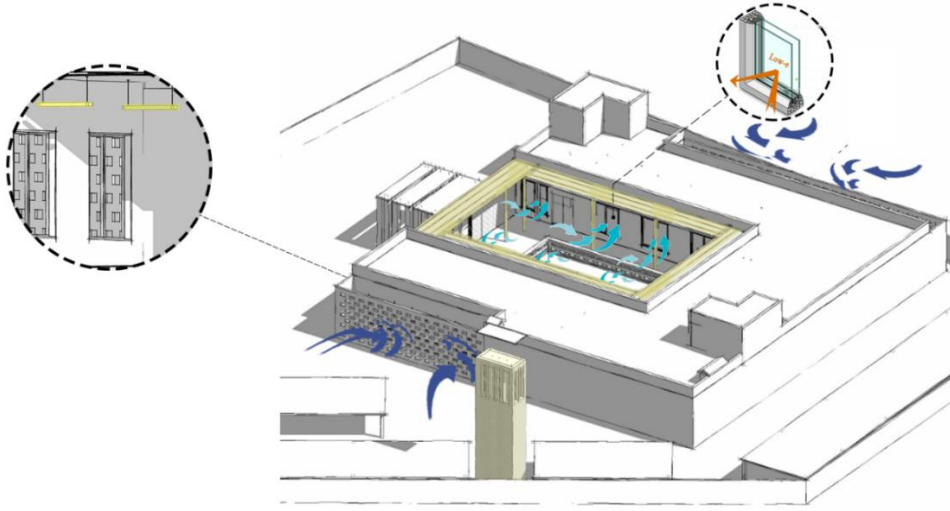
KONF-6’da, 5 normalize güç yoğunluğuna sahip olan Floresan aydınlatma sistemi yerine (FL), 2.5 normalize güç yoğunluğuna sahip olan LED aydınlatma sistemi yer almıştır (Şekil 3.43). Bu durumda LED aydınlatma sisteminin etkisi ele alınan parametreler üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.39: KONF-6’de ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

KONF-7: Çalışma Kapsamında Ele Alınan Ofis Binasına R-1’in Eklenmesinin Etkisinin İncelenmesi

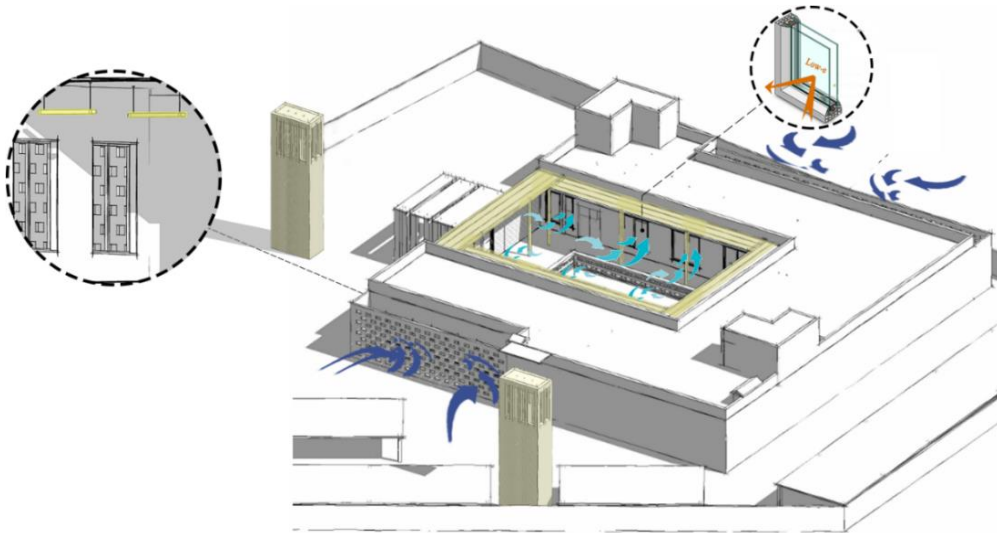
KONF-7, KONF-8 ve KONF-9’da ele alınan ofis binasında hangi rüzgar kulesinin daha etkili olduğunu belirlemek amacıyla, R-1, R-2 ve R-3 binaya tek tek eklenmiştir. KONF-7’de, tasarlanan ofis binasına R-1 eklenmiş ve etkisi altı farklı parametre üzerinde incelenmiştir. Şekil 3.44’te görüldüğü gibi R-1, binanın güneyinde yer almaktadır.



Şekil 3.40: KONF-7’de ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

KONF-8: Çalışma Kapsamında Ele Alınan Ofis Binasına R-2’nin Eklenmesinin Etkisinin İncelenmesi

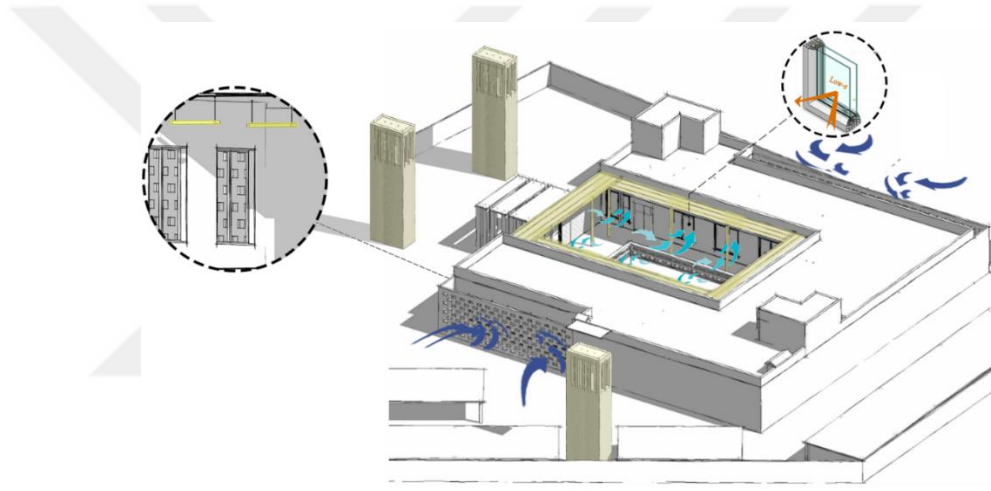
KONF-8’de ele alınan ofis binasına R-2 eklenmiştir (Şekil 3.45). R-2 binanın batısında yer almaktadır. Bu KONF’ta hem R-2’nin etkisi ve hem R-1+R-2’nin etkileri farklı parametreler üzerinde incelenmiştir.



Şekil 3.41: KONF-8’de ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

KONF-9: Çalışma Kapsamında Ele Alınan Ofis Binasına R-3'un Eklenmesinin Etkisinin İncelenmesi

KONF-9'da ele alınan ofis binasında R-3 eklenmiş ve etkisi farklı parametreler üzerinde incelenmiştir (Şekil 3.46). Ayrıca bu KONF'ta diğer tüm rüzgar kulelerinin (R-1, R-2 ve R-3) etkileri ise incelenmiştir.



Şekil 3.42: KONF-9'da ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

KONF-10: Çalışma Kapsamında Ele Alınan Ofis Binasının Dış Duvarlar ve Çatı Yapısına XPS Yalıtımının Etkisinin İncelenmesi

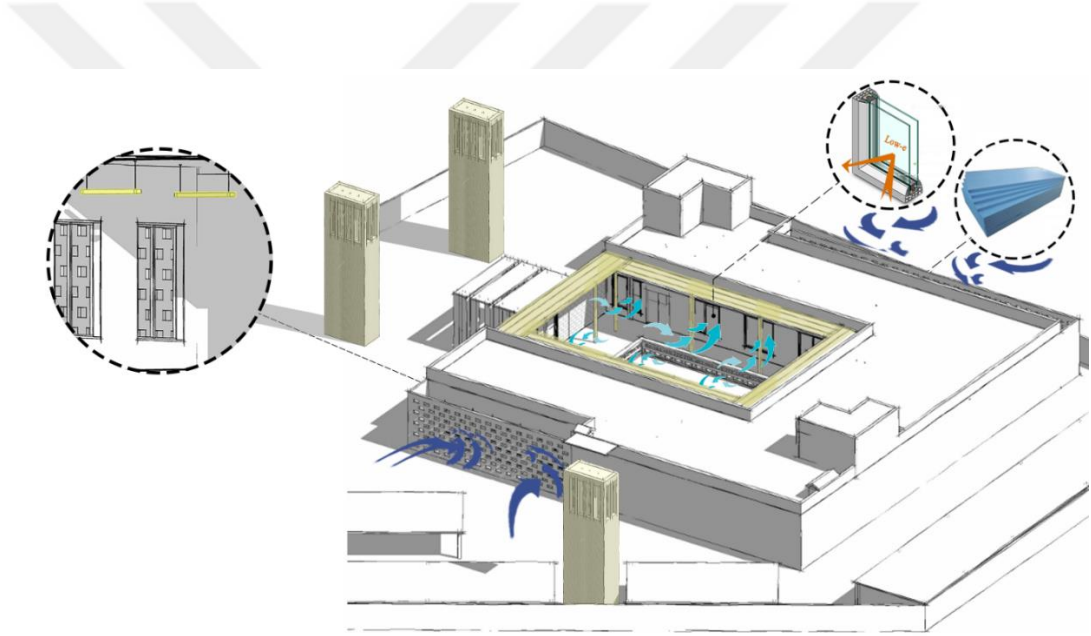
KONF-10'da, ele alınan ofis binasının dış duvarları ve çatı yapısına 8 cm kalınlığında XPS yalıtımı uygulanmıştır (Tablo 3.9) (Şekil 3.47). Bu durumda XPS yalıtımının etkisi soğutma ve ısıtma dönemlerinde ofis binası üzerinde incelenmiştir.

Tablo 3.10: Farklı KONF’larda dış duvar ve çatı yapısı katmanları (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Dış Duvar Yapısı				
Konfigürasyon (KONF)	Isı İletkenlik Katsayısı (W/m2K)	Şekil	Malzeme	Kalınlık (m)
KONF-1 - KONF-9	1.597		Dış Cephe Tuğla Kaplaması	0.04
			Çimento Harcı	0.02
			Beton Blok	0.15
			Toprak Sıva Harcı	0.02
			Alçı	0.01
			İç İşleme	0.001
KONF-10	0.477		Dış Cephe Tuğla Kaplaması	0.04
			Çimento Harcı	0.02
			XPS Yalıtımı	0.05
			Beton Blok	0.15
			Toprak Sıva Harcı	0.02
			Alçı	0.01
İç İşleme	0.001			
Çatı Yapısı				
Konfigürasyon (KONF)	Isı İletkenlik Katsayısı (W/m2K)	Şekil	Malzeme	Kalınlık (m)
KONF-1 - KONF-9	0.915		Mozaik	0.025
			Çimento Harcı	0.02
			Mastik	0.08
			Bitüm	0.015
			Köpük Beton	0.15
			Hava Boşluğu	0.3
Tavan Kaplama	0.025			

Tablo 3.11 (devamı): Farklı KONF'larda dış duvar ve çatı yapısı katmanları (Yazar tarafından üretilmiştir).

KONF-10	0.29		Mozaik	0.025
			Çimento Harcı	0.02
			XPS Yalıtımı	0.08
			Mastik	0.08
			Bitüm	0.015
			Köpük Beton	0.15
			Hava Boşluğu	0.3
			Tavan Kaplama	0.025

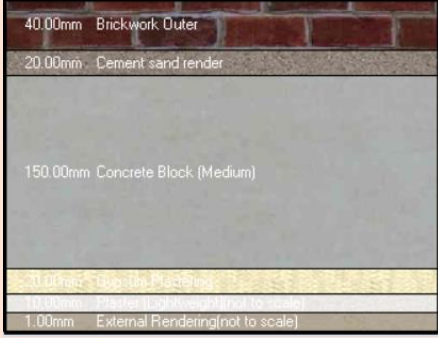
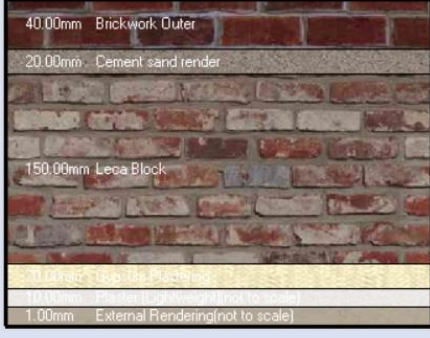


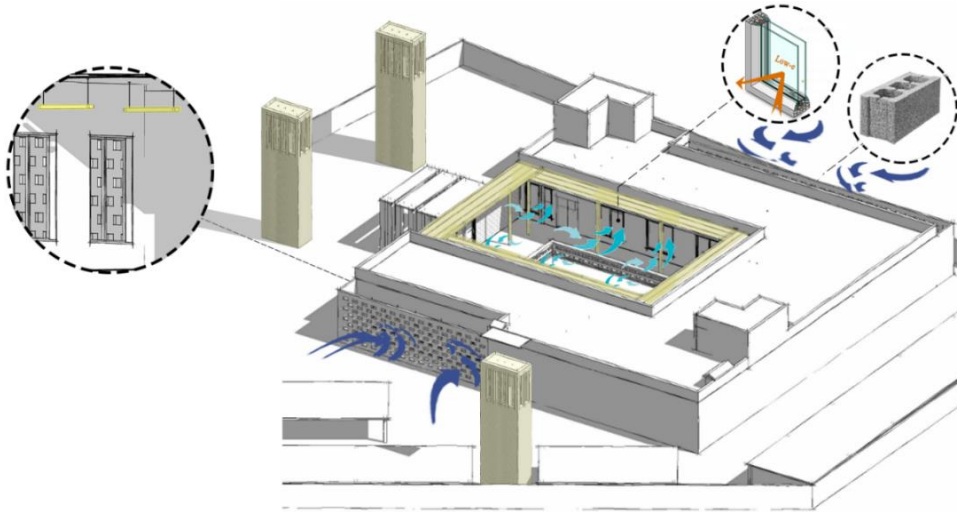
Şekil 3.43: KONF-10'da ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

KONF-11: Çalışma Kapsamında Ele Alınan Ofis Binasının Dış Duvarlarında Leca Bloğunun Kullanılması

KONF-11'de incelenen ofis binasının dış duvarlar ve rüzgar kulelerinde beton bloklarının yerine Leca blokları kullanılmış ve bunun etkisi değerlendirilmiştir (Tablo 3.10) (Şekil 3.48). Bu konfigürasyonda, amaç ısıtma ve soğutma dönemlerinde Leca bloklarının farklı parametreler üzerindeki etkisini incelemektir.

Tablo 3.10: Farklı KONF’larda dış duvar yapısı (Yazar tarafından üretilmiştir.)

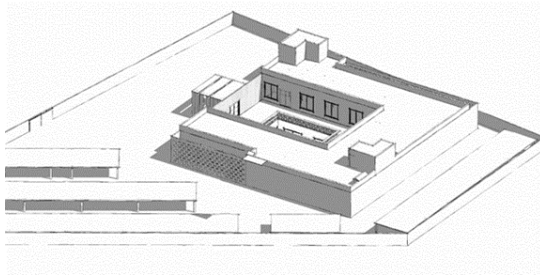
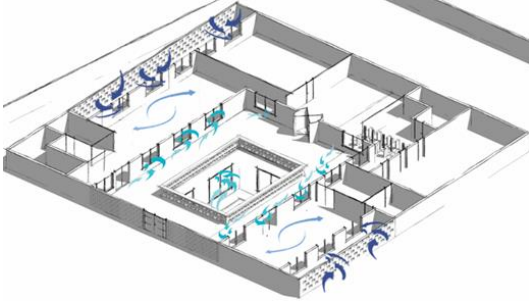
Dış Duvar Yapısı				
Konfigürasyon (KONF)	Isı İletkenlik Katsayısı (W/m ² K)	Şekil	Malzeme	Kalınlık (m)
KONF-1 - KONF-10	1.597		Dış Cephe Tuğla Kaplaması	0.04
			Çimento Harcı	0.02
			Beton Blok	0.15
			Toprak Sıva Harcı	0.02
			Alçı	0.01
			İç İşleme	0.001
KONF-11	0.532		Dış Cephe Tuğla Kaplaması	0.04
			Çimento Harcı	0.02
			Leca Blok	0.15
			Toprak Sıva Harcı	0.02
			Alçı	0.01
			İç İşleme	0.001

**Şekil 3.44:** KONF-11’de ofis binasının perspektif görünüşü (Yazar tarafından Revit programında üretilmiştir.)

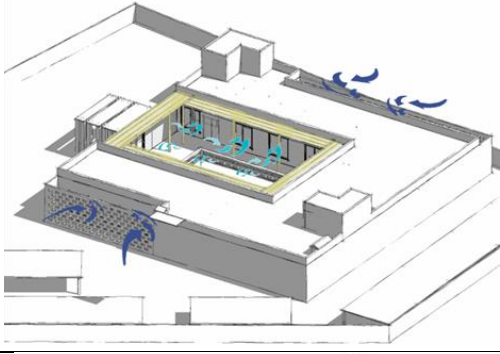
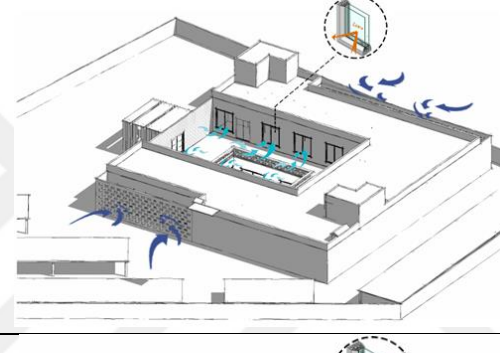
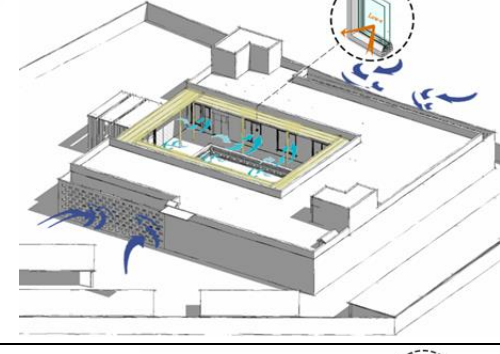
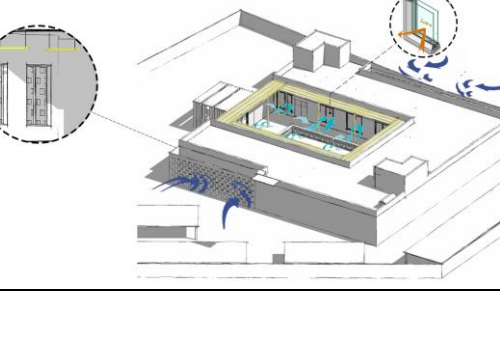
4. BULGULAR

Çalışma kapsamında, gelenekselden öğrenme yaklaşımıyla İran'ın Yezd Bölgesi'ne ait geleneksel mimari öğeleri ve özellikle iklimsel hassasiyetle geliştirilmiş öğeler ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu çalışmada, Yezd Bölgesi'nde ofis ihtiyacının ortaya çıktığı ve bir ofis binası tasarımının talep edildiği belirlenmiştir. Ofis tasarımı sürecinde, geleneksel öğelerin mümkün olduğunca kullanılması ve geleneksel mimariye özgü bir ofis tasarımının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, toplamda on bir farklı konfigürasyon geliştirilmiş ve her birinde ofis binası tasarımında farklı parametreleri farklı dönemlerde incelenmiştir. Her bir konfigürasyona ait ayrıntılı analizler yapılmıştır. Analizler, yıllık (317 günlük), ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül), ESA (Temmuz), EASA (Ocak), ESG (4 Temmuz) ve EASG (25 Ocak) olarak yapılmıştır. Bu çalışmada ofis binasının iç hava sıcaklığı, Fanger PPD değeri, Fanger PMV değeri, genel aydınlatma (GL), dış (SEW) ve iç pencerelerden (SIW) güneş enerjisi kazanımı miktarı ele alınmıştır. Aşağıdaki tabloda bu çalışmada irdelenen on bir farklı konfigürasyon (KONF) verilmiştir (Tablo 4.1).

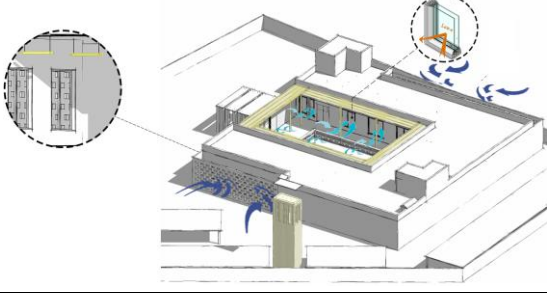
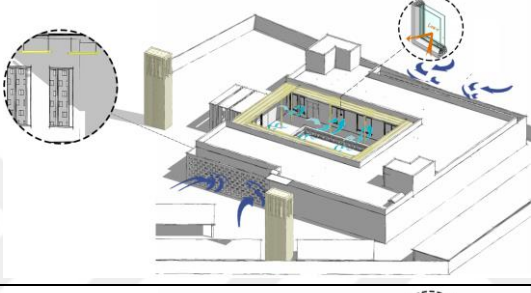
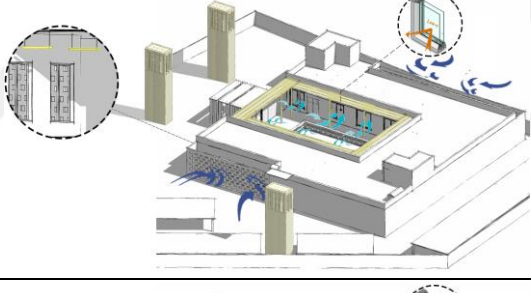
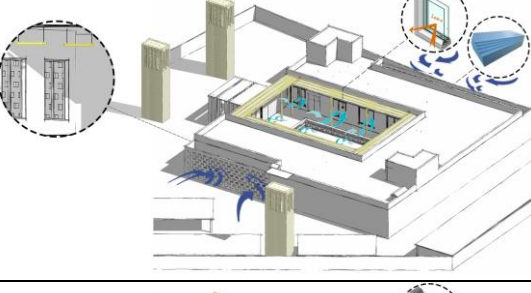
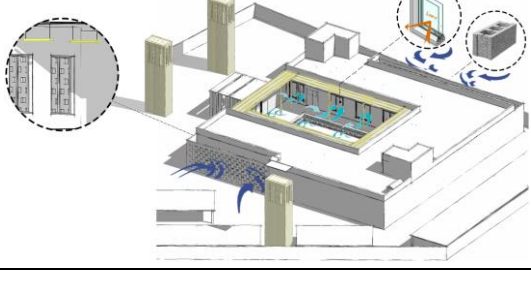
Tablo 4.1: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında on bir farklı konfigürasyon özeti (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Konfigürasyon (KONF)	Şekil	Konfigürasyon Özeti
KONF-1		KONF-1'de ele alınan ofis binasında hiç bir pasif strateji yoktur ve bütün pencereler kapalıdır.
KONF-2		Bu KONF'ta ofis binasında gerçekleşen doğal havalandırmanın etkisini incelemek amacıyla DP ve İP'ler açık olmaktadır.

Tablo 4.2 (devamı): Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında on bir farklı konfigürasyon özeti
(Yazar tarafından üretilmiştir.)

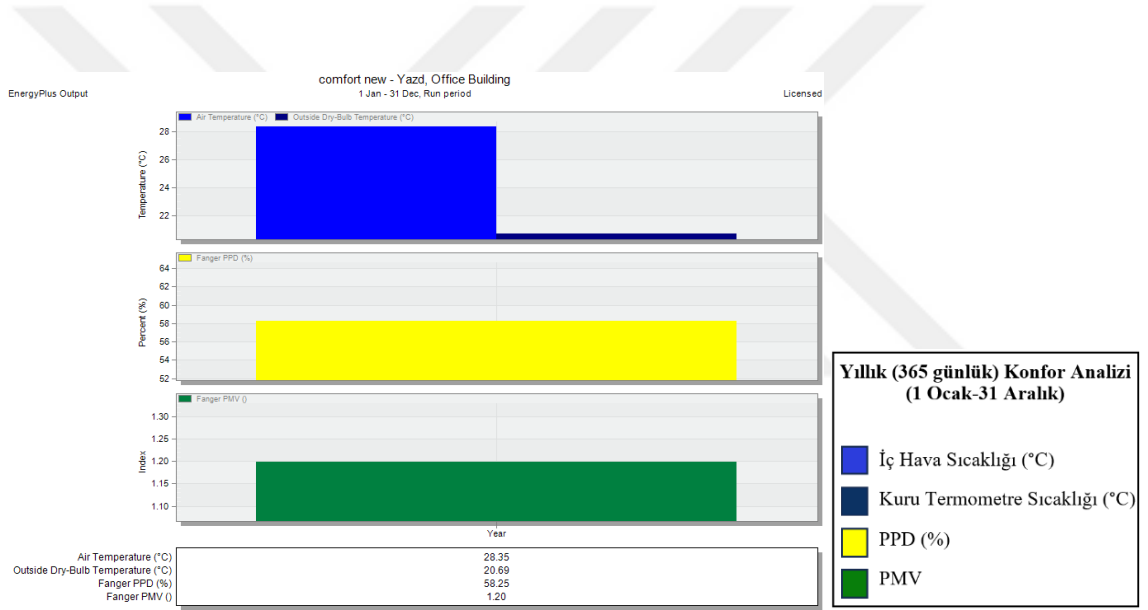
KONF-3		KONF-3'te DP ve İP'ler açık olmak üzere, binaya eklenen gölgeliğin etkisi incelenmiştir.
KONF-4		KONF-4'te ofis binasında gölgelik yerine LC eklenmiş ve etkisi farklı parametreler üzerinde incelenmiştir.
KONF-5		KONF-5'te LC ve gölgeliğin eş zamanlı etkisi ofis binası üzerinde incelenmiştir.
KONF-6		KONF-6'da ofis binasında kullanılan FL, LED aydınlatma sistemi kullanılmış ve bu değişikliğin farklı parametreler üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Tablo 4.3 (devamı): Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında on bir farklı konfigürasyon özeti
(Yazar tarafından üretilmiştir.)

KONF-7		KONF-7'de ofis binasına R-1 eklenmiş ve bu eklemenin ofis binasındaki farklı parametreler üzerindeki etkisi incelenmiştir.
KONF-8		KONF-8'de ofis binasına R-2 eklenmiş ve etkisi incelenmiştir.
KONF-9		KONF-9'da ofis binasına R-1, R-2 ve R-3'ün etkisi incelenmiştir.
KONF-10		Bu KONF'ta, ofis binasına KONF-9'da olduğu gibi, binanın dış duvarları ve çatı yapısında XPS yalıtımı yer almış ve etkisi incelenmiştir.
KONF-11		KONF-11'de, XPS yalıtımı kaldırılmış, binanın dış duvarlarında beton bloğu yerine Leca bloğu uygulanmıştır.

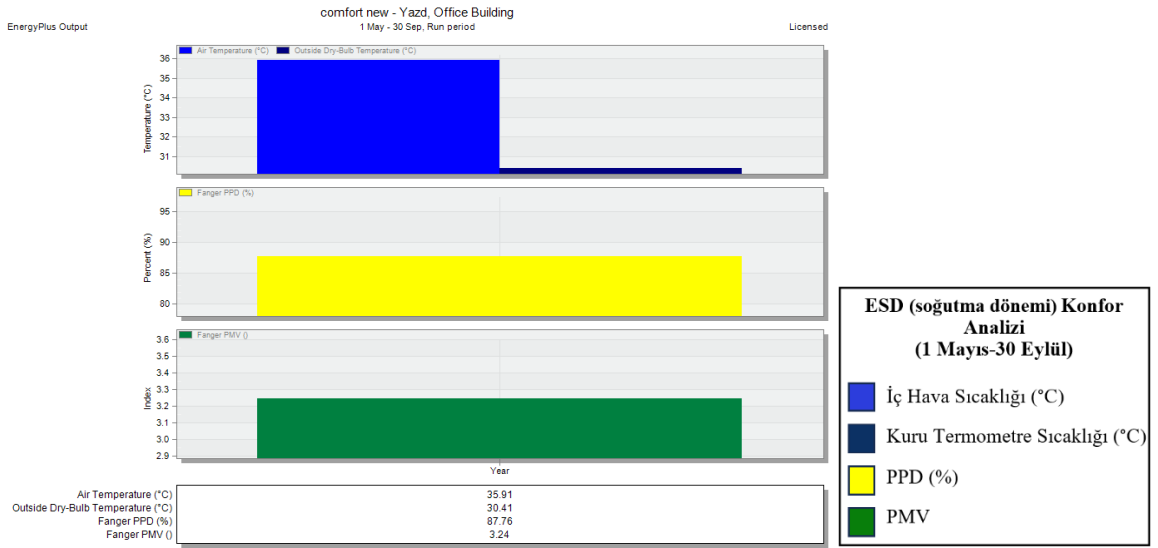
4.1. KONF-1: pasif tasarım yöntemleri uygulanmayan avlulu ofis binasının incelenmesi

KONF-1’de bütün pencereler kapalı olup hiç bir pasif yöntem kullanılmamıştır. Şekil 4.1’de görüldüğü üzere yıllık (317 günlük) analizlerde ofis binasının iç hava sıcaklığı 28.35 °C ve dış hava sıcaklığı 20.69 °C olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama memnuniyetsizlik oranı, PPD değeri %58.25 olarak ölçülmüş ve bu değer Fanger standardına göre ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik oranının yüksek değere sahip olduğu anlaşılmaktadır. PMV değeri ise 1.20 ölçüsüne ulaşılmış, ASHRAE 55 standardı değer aralığına (-0.5 ila +0.5) göre, KONF-1’de elde edilen yıllık PMV değerinin hafif sıcak olduğu görülmektedir.

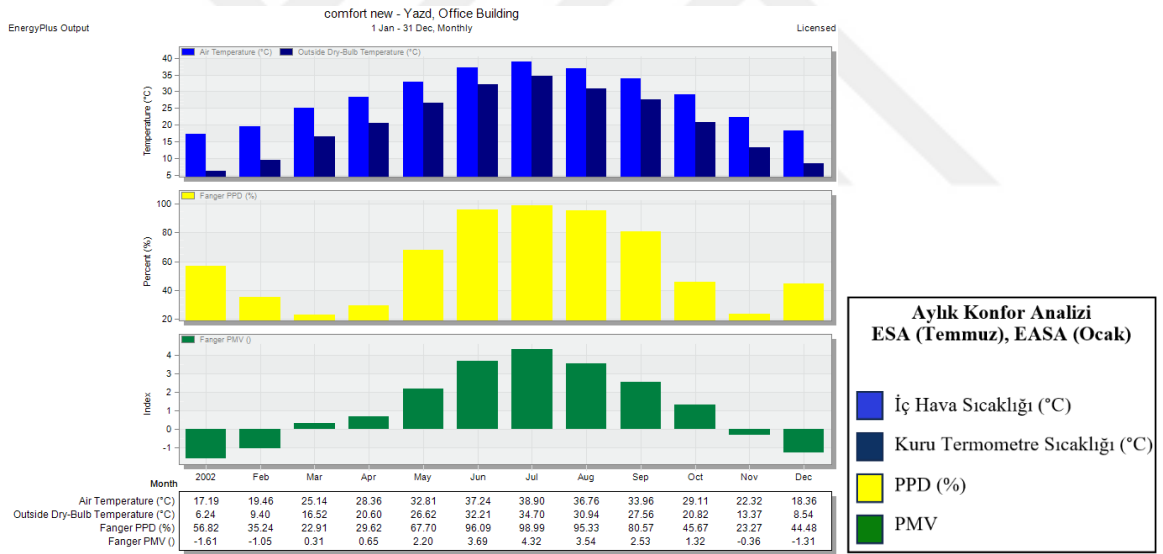


Şekil 4.1: KONF-1’de elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.2, ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç hava sıcaklığını, dış hava sıcaklığını, PPD ve PMV değerlerini göstermektedir. KONF-1’de elde edilen ortalama sonuçlara göre ofis binasının iç hava sıcaklığı 35.91 °C ölçüsüne ulaşmıştır. PPD değeri %87.76 ölçüsüne ulaşarak yüksek memnuniyetsizlik oranına sahiptir. PMV değeri 3.24 olarak ölçülmüş ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre +3’ün üstüne çıkmış ve aralığın (-3 ila +3) dışında kalmıştır (Şekil 4.2).



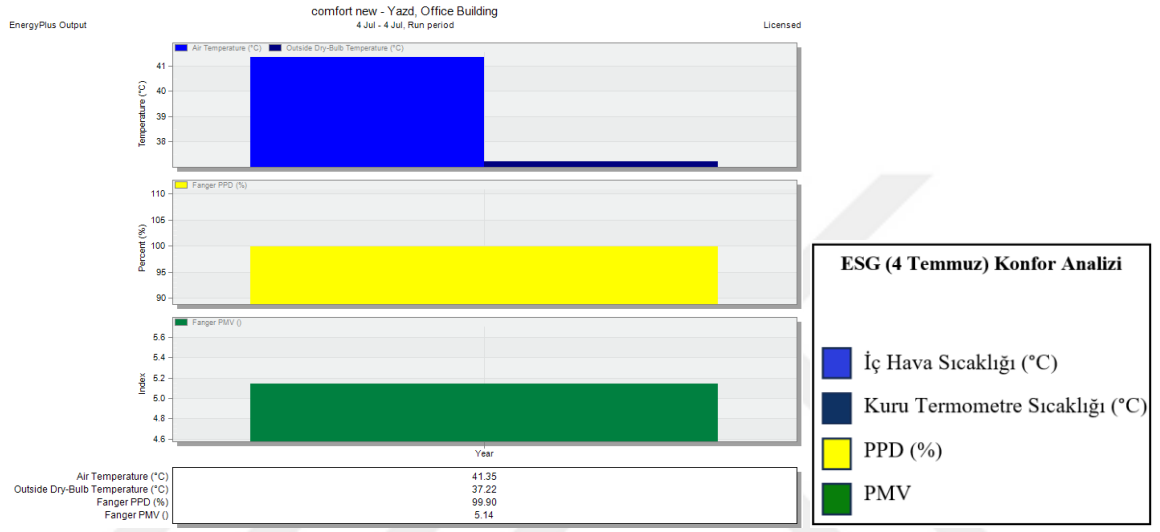
Şekil 4.2: KONF-1’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs- 30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.3: KONF-1’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

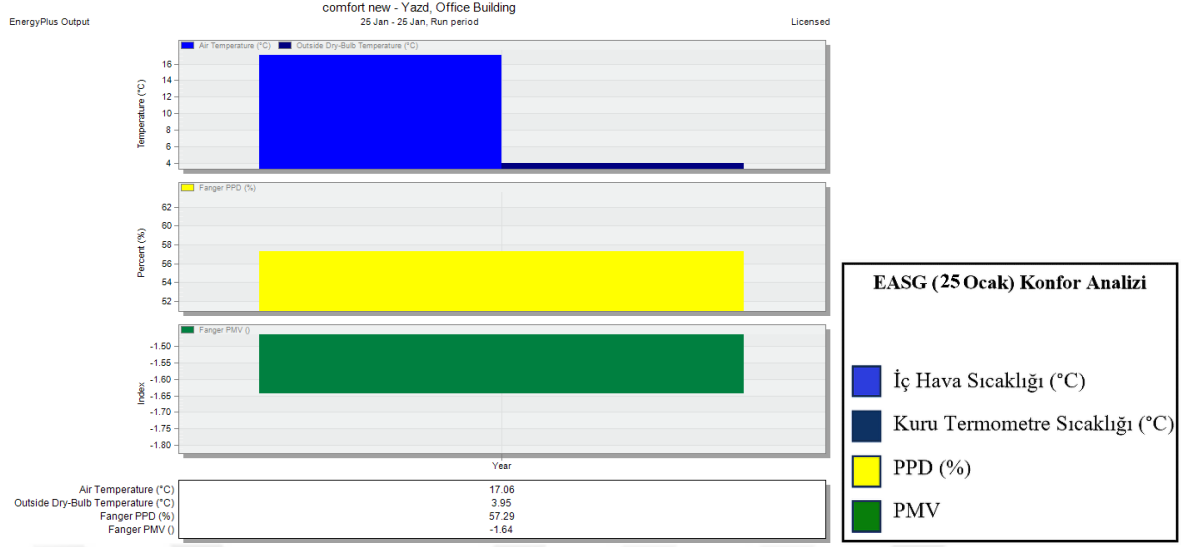
Şekil 4.3, ofis binasının aylık iç hava sıcaklığını (°C), dış hava sıcaklığı (°C), PPD değeri (%) ve PMV değerini göstermektedir. EASA’da (Ocak) ofis binasının iç hava sıcaklığı 17.19 °C, Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 6.24 °C ölçülerine ulaşmıştır. PPD indeksi %56.82 oranına sahip olarak memnuniyetsizlik oranının yüksek olduğu görülmektedir. PMV indeksi -1.61 değerlerine ulaşmıştır. Bu değer ASHREA 55 standardında belirtilen ölçülere göre hafif soğuk-soğuğa yakın bir değer olarak nitelendirilmektedir. EASA’da (Ocak) PMV değeri, ısısal konfor

açısından ideal durumda yer almamaktadır. ESA'da (Temmuz), ofis binasının iç hava sıcaklığı 37.24 °C, Yezd'in hava sıcaklığı 32.21 °C olarak sonuçlanmıştır. PPD değeri %96.09 oranında yüksek memnuniyetsizlik seviyesini gösterirken, PMV değeri 3.69 olarak ölçülmüştür. PMV değeri, ASHRAE 55 standardının sınırları olan (-3 ila +3) aralığının dışında olduğundan konforlu bir değer sunmamaktadır.

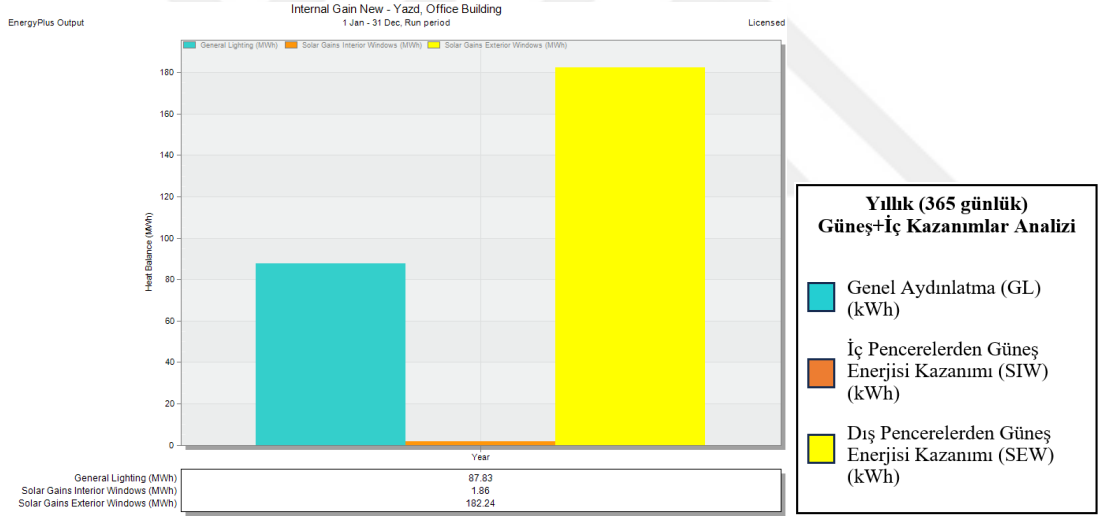


Şekil 4.4: KONF-1’de elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.4’te, ESG (4 Temmuz) ve Şekil 4.5’te EASG (25 Ocak) ofis binasının konfor değerleri gösterilmektedir. Elde edilen ölçülere göre, ESG’de (4 Temmuz) ofis binasının iç hava sıcaklığı 37.22 °C ve dış hava sıcaklığı 41.35 °C olarak ölçülmüştür. PPD değeri %99.90 oranına ulaşarak yüksek memnuniyetsizlik değerine sahiptir. PMV 5.14 olarak ölçülmüştür. Bu değer ASHREA 55 standarında belirtilen ölçüler aralığı (-3 ila +3) dışında yer almaktadır (Şekil 4.4). EASG’de (25 Ocak) binanın iç hava sıcaklığı 17.06 °C ölçüsüne ulaşmıştır. Yezd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 3.95 °C olarak ölçülmüştür. PPD indeksi %57.29 olarak ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik oranına sahiptir. PMV indeksi ise -1.64 olarak ölçülmüştür. Bu değer ofis binasının EASG’de (25 Ocak) yapılan analizde hafif soğuk-soğuğa yakın olduğu görülmektedir (Şekil 4.5).



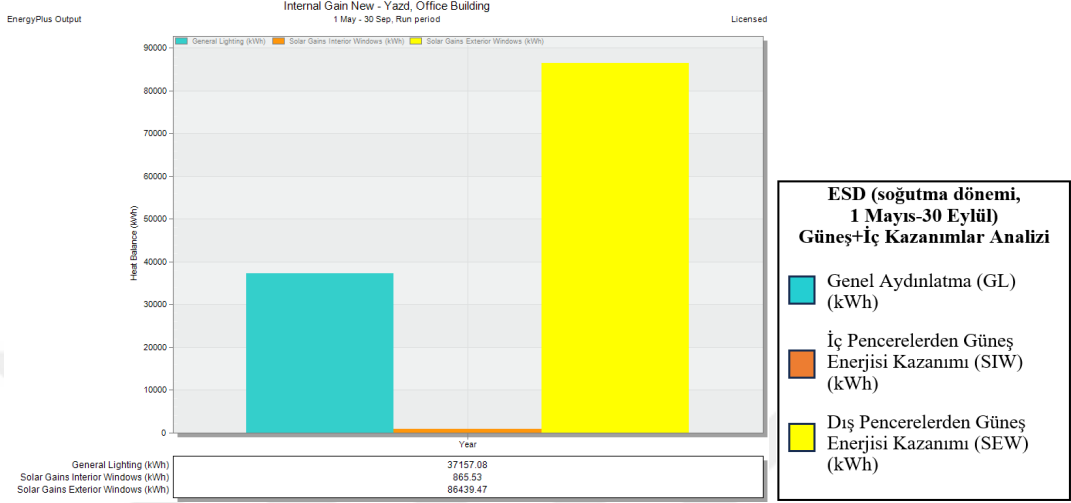
Şekil 4.5: KONF-1’de elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.6: KONF-1’de elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

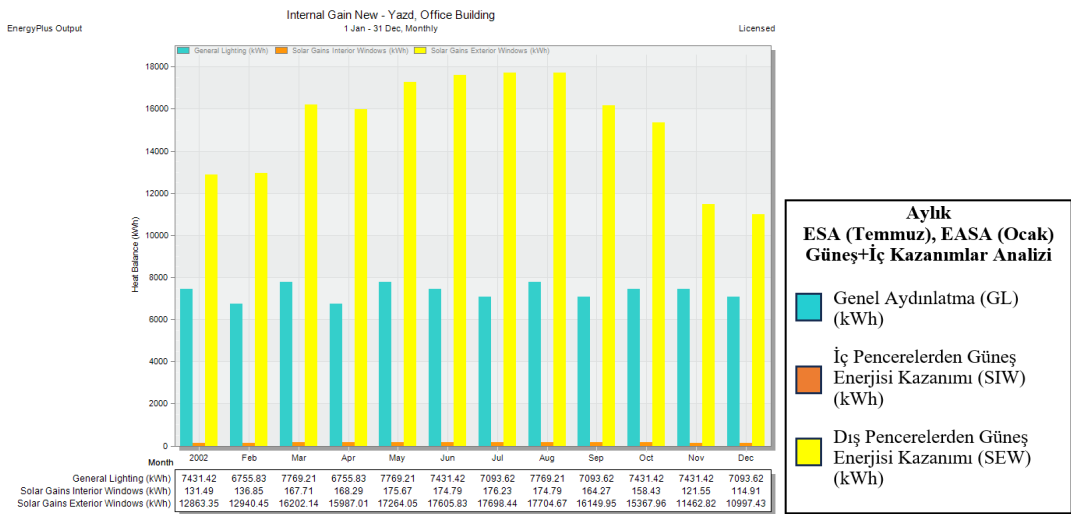
Tez kapsamında ofis binasının KONF-1’de, yıllık (317 günlük), ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül), ESA (Temmuz), EASA (Ocak), ESG (4 Temmuz) ve EASG (25 Ocak) olarak Şekil 4.6’da verilmiştir. Elde edilen veriler, GL değerinin 87.83 MWh (8783m kWh), SIW değerinin 1.86 MWh (1860 kWh) ve SEW değerinin 182.24 MWh (182240 kWh) olduğunu göstermektedir (Şekil 4.6). Şekilde 4.6’da görüldüğü üzere SIW değeri, SEW değerinden düşük olmaktadır. Bunun nedeni ofis binasının YA-1 ve YA-2’in sahip olduğu boşluklu parametrik

tuğlalı dış duvar yapısı düşünülmektedir. Bu duvar yapısı İP'ler aracılığıyla içeriye giren ısı miktarını düşürmüştür.



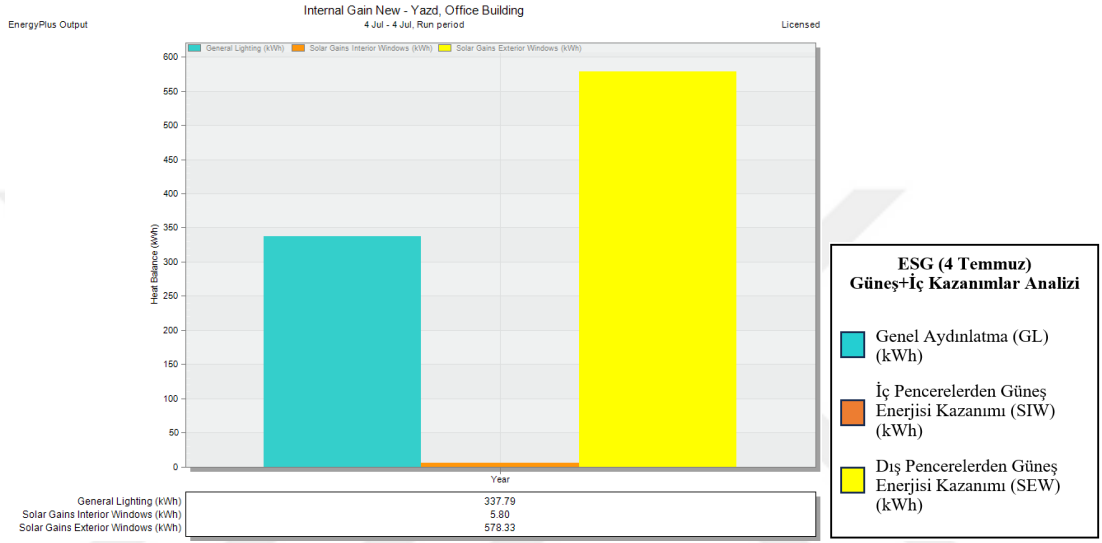
Şekil 4.7: KONF-1'de elde edilen ESD (1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında KONF-1'de yapılan analizlerde ESD'de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) GL değeri 37157.08 kWh, SIW 865.53 kWh, SEW 86439.47 kWh değerlerine ulaşmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.8: KONF-1'de elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.8 GL, SIW ve SEW değerlerini ESA (Temmuz) ve EASA (Ocak) dönemlerinde göstermektedir. ESA (Temmuz) döneminde GL değeri 7093.62 kWh, SIW değeri 176.23 kWh ve SEW değeri 17698.44 kWh sonuçlarına ulaşmıştır. EASA (Ocak) döneminde, GL değeri 7431.42 kWh, SIW değeri 131.49 kWh ve SEW değeri 12863.35 kWh sonuçlarına ulaşmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.9: KONF-1’de elde edilen esg (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

ESG’de (4 Temmuz) yapılan GL, SIW ve SEW verilerine bakıldığında, GL parametrenin 337.79 kWh, SIW parametrenin 5.80 kWh ve SEW parametrenin 578.33 kWh değerlerine ulaşması görülmektedir (Şekil 4.9).

Şekil 4.10, bu çalışmanın ofis kapsamında iç kazanımlarını EASG’de (25 Ocak) göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre EASG’de (25 Ocak) GL değeri 337.79 kWh, SIW değeri 4.69 kWh ve SEW değeri 471.42 kWh ölçülerine ulaşmıştır (Şekil 4.10).

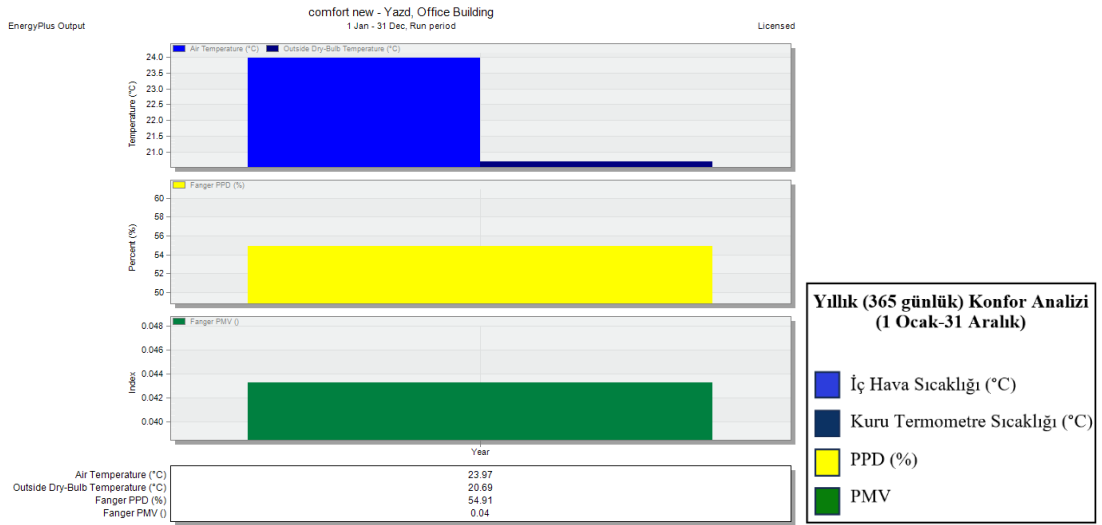


Şekil 4.10: KONF-1’de elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

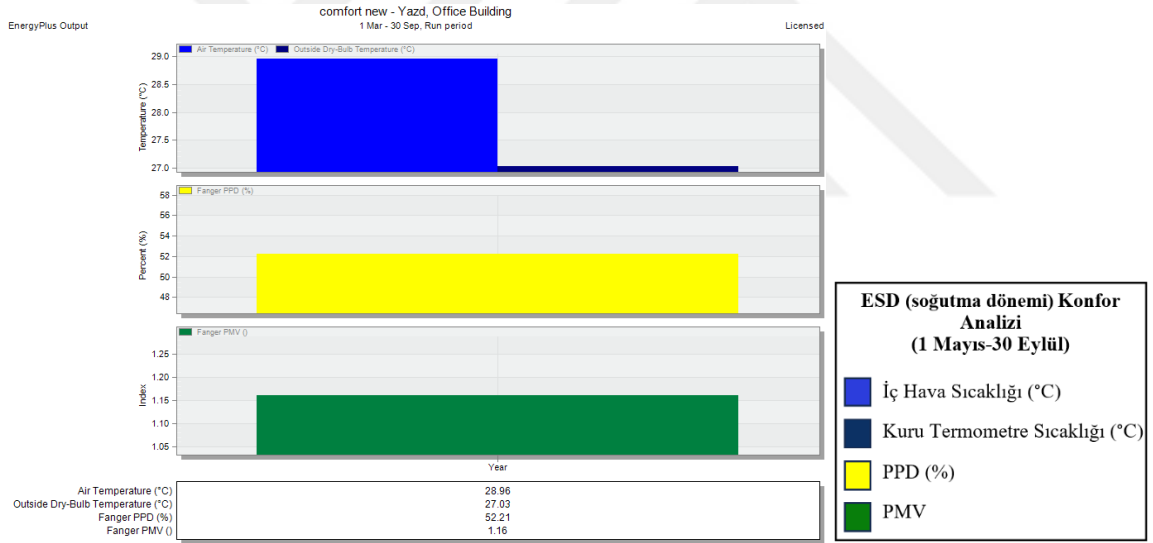
4.2. KONF-2: ELE ALINAN OFİS BİNASININ DIŞ PENCERELERİ (DP) VE İÇ PENCERELERİ (İP) ARACILIĞIYLA GERÇEKLEŞEN DOĞAL HAVALANDIRMANIN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

KONF-2’de, DP’ler (merkezi avluya bakan pencereler) ve İP’lerin (YA-1 ve YA-2’ye bakan pencereler) hepsinin %50’si açık olmaktadır. Bu KONF’ta DP’ler ve İP’ler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırmanın etkisi altı parametre üzerinde ele alınmıştır.

Şekil 4.11’de görüldüğü üzere KONF-2’de ortalama yıllık (317 günlük) yapılan simülasyonda ofis binasının iç hava sıcaklığı DP’ler ve İP’ler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırmadan dolayı 23.97 °C ölçüsüne düşmüştür. Yez bölgesinin ortalama hava sıcaklığı 20.69 °C olarak ölçülmüştür. Ortalama yıllık PPD değeri %54.91 oranına ulaşarak ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik oranına sahiptir; ancak KONF-1’de elde edilen ortalama yıllık oranına göre KONF-2’de bu değerin düşük olduğu görülmektedir. Ortalama yıllık PMV değeri 0.04 olarak ölçülmüş ve ASHRAE 55 standardına göre ideal konfor düzeyinde yer almaktadır (Şekil 4.11).



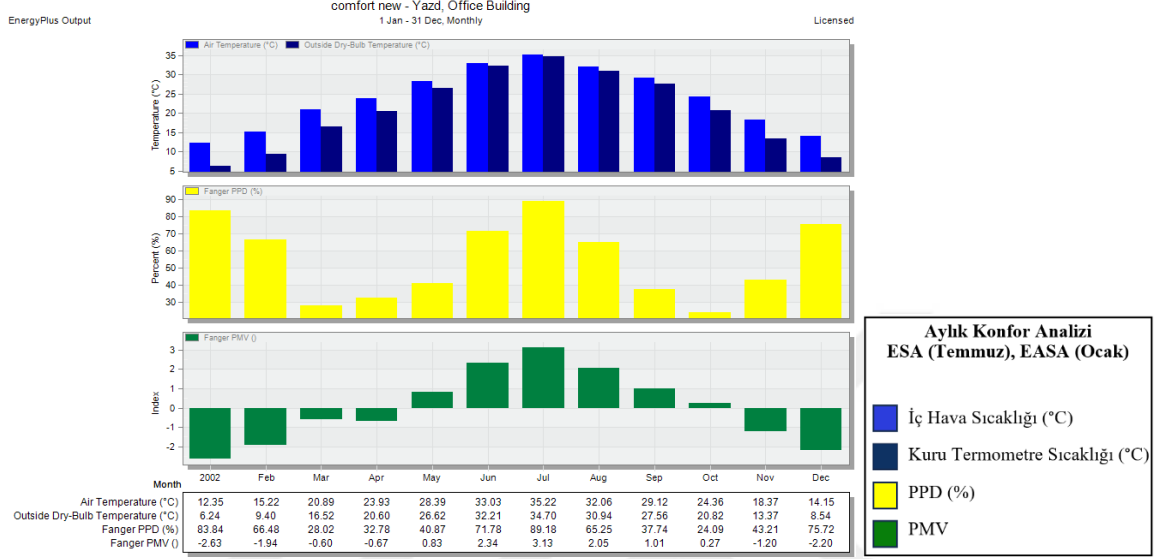
Şekil 4.11: KONF-2’de elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.12: KONF-2’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

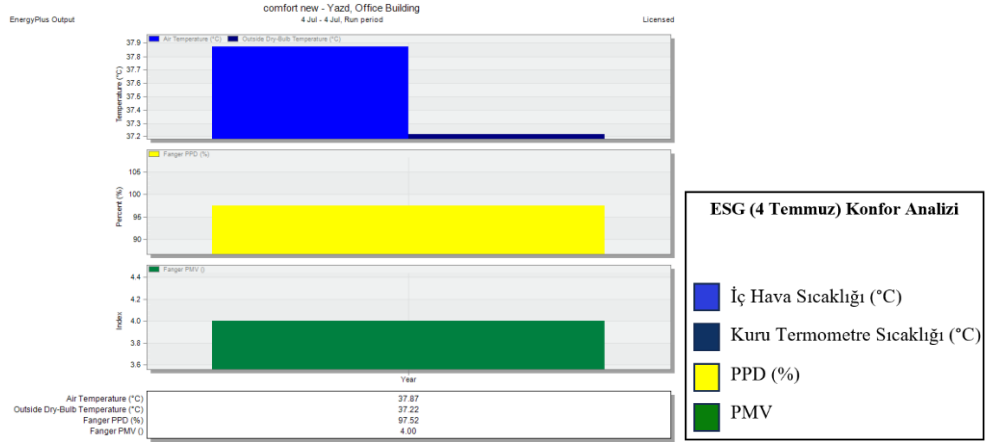
Yezd bölgesinin ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ortalama hava sıcaklığı 27.03 °C değerine sahip olarak ofis binasının iç hava sıcaklığı ofis binasında bulunan DP’ler ve İP’ler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırmadan dolayı 28.96 °C ölçüsüne düştüğü görülmektedir. Ölçülen PPD değeri %52.21 memnuniyetsizlik oranını göstermektedir; ancak KONF-1’de elde edilen oranına göre düştüğü görülmektedir. Ortalam ESD’de (soğutma dönemi,

1 Mayıs-30 Eylül) PMV değeri 1.16 olarak ölçülmüş ve bu dönemde hafif sıcak-sıcak algılandığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.12).



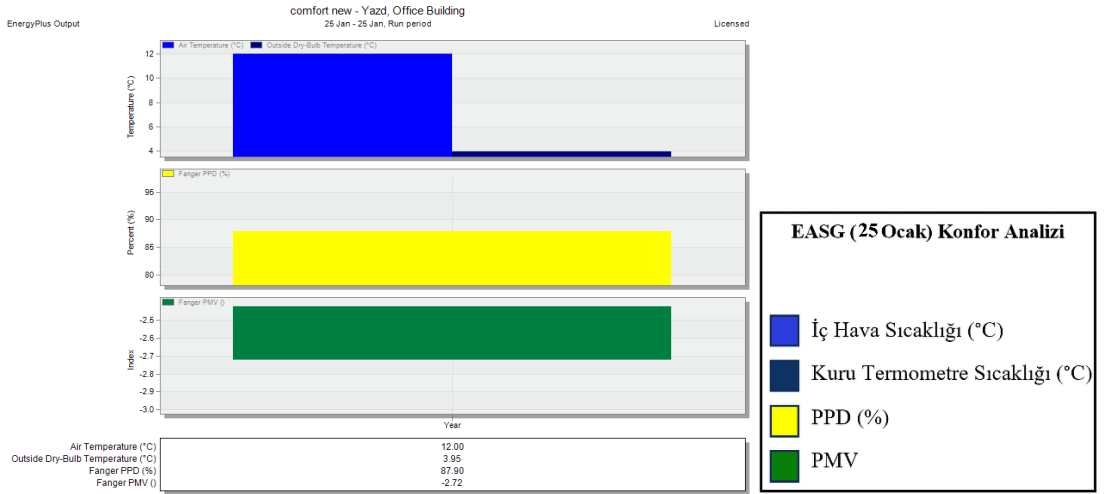
Şekil 4.13: KONF-2’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.13’te ofis binasının Fanger standardına göre konfor durumu aylık değerlerin yanı sıra ESA (Temmuz) ve EASA (Ocak) ilişkin değerler de gösterilmektedir. ESA’da (Temmuz) dış hava sıcaklığı 34.70 °C olarak ölçülenmiştir. Ofis binasının iç hava sıcaklığı DP’ler ve İP’ler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırmadan dolayı, 35.22 °C değerine düştüğü görülmektedir. PPD değeri %89.18 ve PMV değeri 3.13 değerlerine ulaşmıştır (Şekil 4.13). Verilere bakıldığında EASA’da (Ocak) Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 6.24 °C olduğu anlaşılmaktadır. Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı 12.35 °C olarak ölçülmüş ve EASA’da (Ocak) DP’ler ve İP’lerin kapalı olduğundan dolayı ofis binasının iç hava sıcaklığını etkilememiştir. PPD değeri %83.84 ölçülmüş ve memnuniyetsilik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri ise -2.63 ölçülmüştür. Bu değer soğuk olarak algılanmaktadır.



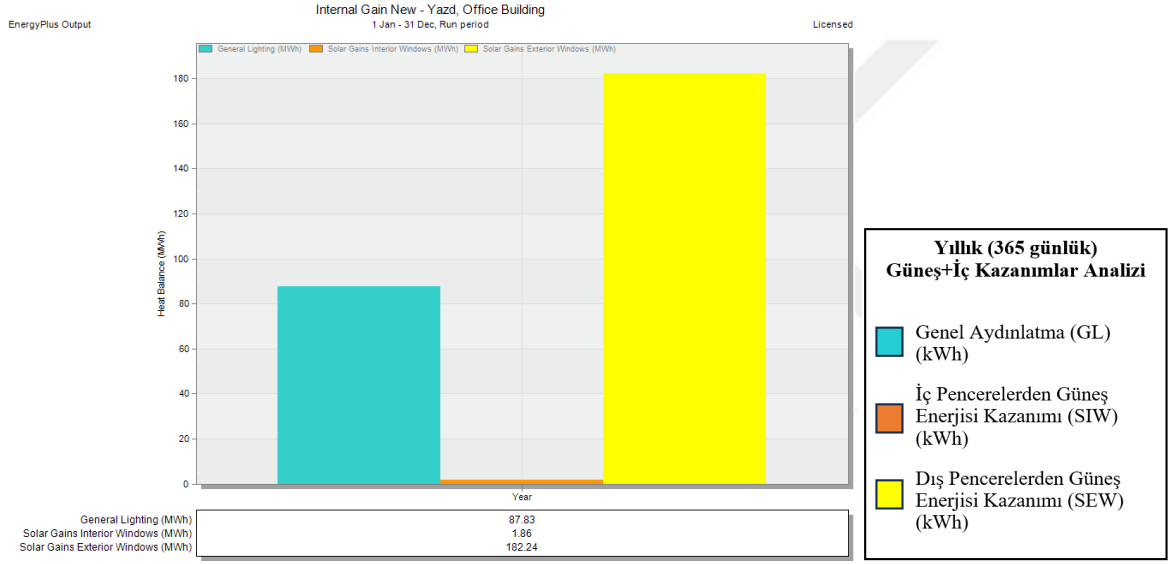
Şekil 4.14: KONF-2’de elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.14 KONF-2’de ofis binasının ısısal konfor değerlerini ESG’de (4 Temmuz) göstermektedir. Bu dönemde Yezd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 37.22 °C ölçüsüne ulaşmış ve ofis binasının iç hava sıcaklığı DP’ler ve İP’ler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırmadan dolayı 37.87 °C ölçüsüne düşmüştür. KONF-2’de PPD değeri %97.52 oranına düşmüştür; ancak PPD değeri ısısal konfor açısından yüksek memnuniyetsizlik oranına sahiptir. PMV değeri 4.00 ölçüsüne düşerek ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçüler dışında kalmaktadır (Şekil 4.14).



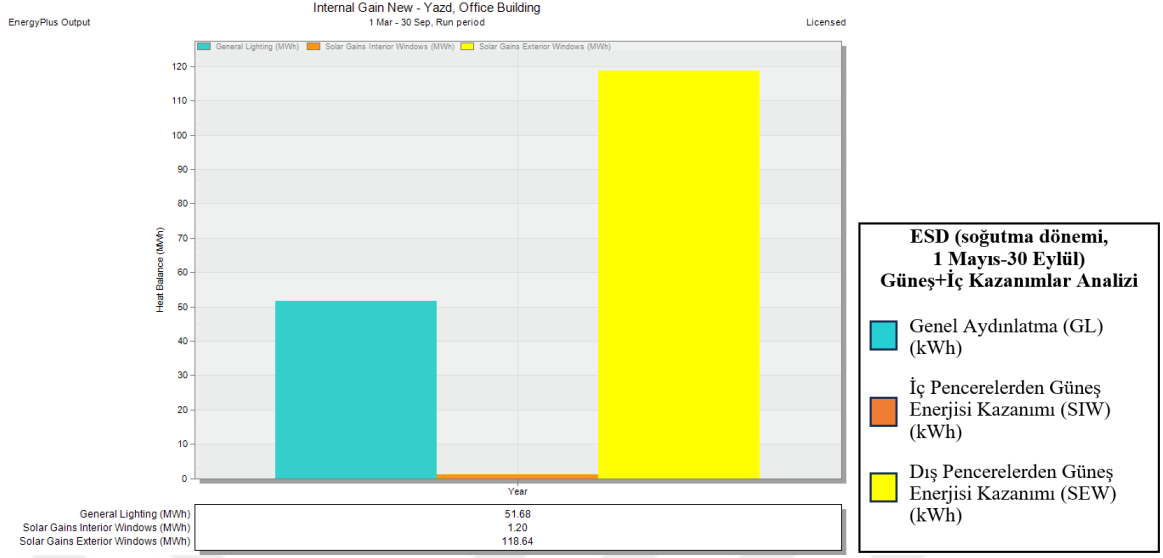
Şekil 4.15: KONF-2’de elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 15'te görüldüğü üzere Yeşil Bölgesi'nin EASG'de (25 Ocak) hava sıcaklığı 3.95 °C olarak ölçülmüştür. Ofis binasının iç hava sıcaklığı 12.00 °C değerine ulaşmıştır. PPD değeri %87.90 oranına ulaşmış ve ısısal konfor açısından yüksek memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri -2.72 olarak ölçülmüştür. Bu değer ASHRAE 55 standardına göre soğuk olarak algılanmakta olup ve konfor dışındadır. KONF-2'de ele alınan EASG'de (25 Ocak) elde edilen konfor değerleri bu dönemde doğal havalandırmanın gerçekleşmemesinden dolayı KONF-1'de ortaya çıkan değerler gibi olmaktadır.



Şekil 4.16: KONF-2'de elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

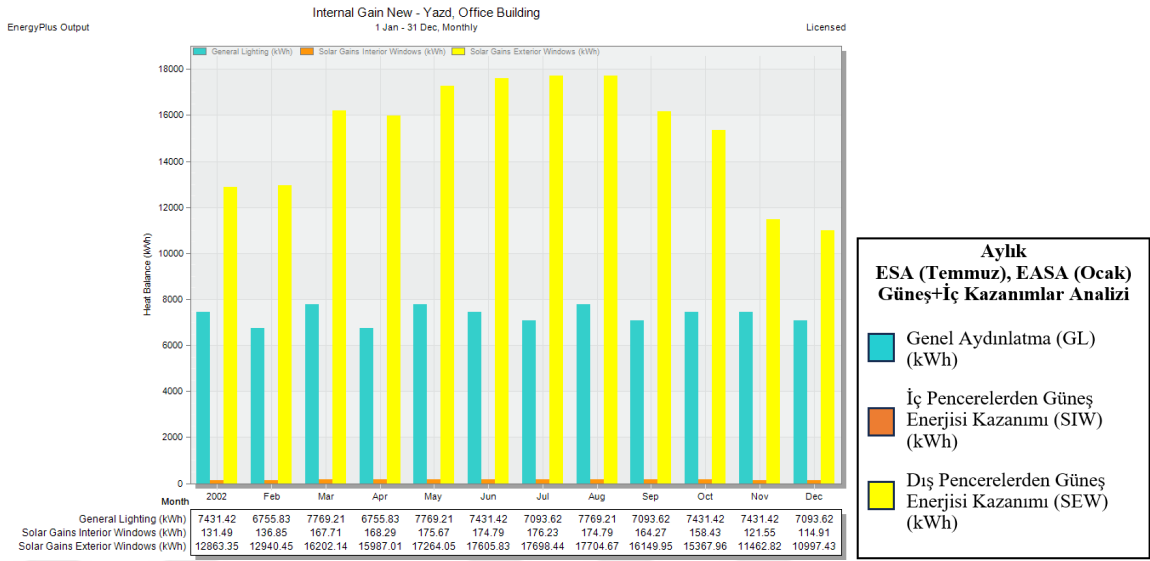
Şekil 4.16, KONF-2'de yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerlerini göstermektedir. Bu şekilde elde edilen sonuçlara bakıldığında GL parametresi 87.83 MWh (87830 kWh), SIW parametresi 1.86 MWh (1860 kWh) ve SEW parametrenin 182.24 MWh (182240 kWh) değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.16). Görüldüğü üzere SIW değeri SEW değerine göre düşüktür. Bunun nedeni ofis binasının YA-1 ve YA-2'in sahip olduğu boşluklu parametrik tuğlalı dış duvar yapısı olmaktadır. Bu duvar yapısı İP'ler aracılığıyla güneş enerjisi kazanım miktarını düşürmüştür. Elde edilen değerler aynı KONF-1'de ele alınan değer gibi olmaktadır ve doğal havalandırma bu değerleri etkilememiştir.



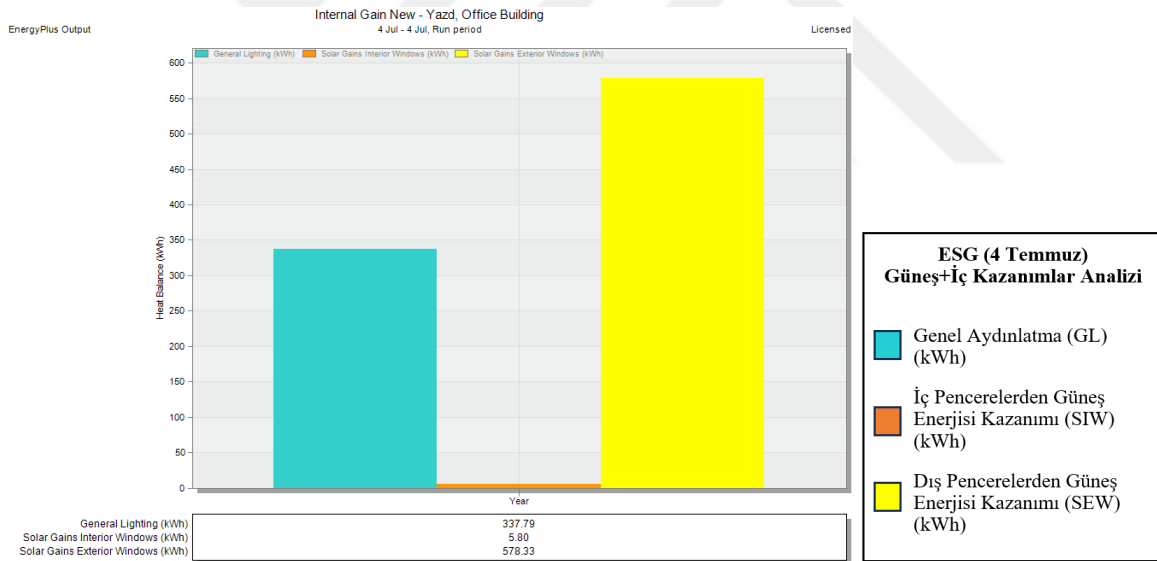
Şekil 4.17: KONF-2’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.17’de KONF-2’nin ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) GL, SIW ve SEW parametrelerinin değerleri verilmiştir. Bu dönemde GL parametresi 51.68 MWh (51680 kWh), SIW parametresi 1.20 MWh (1200 kWh) ve SEW parametresi 118.64 MWh (1186400 kWh) değerlerine ulaşmıştır (Şekil 4.17). KONF-2’de gerçekleşen doğal havalandırma bu değerleri etkilememiştir. Ayrıca diğer dönemlerde olduğu gibi SIW değeri, SEW değerinden YA-1 ve YA-2’nin dış duvar yapısından dolayı düşük olmaktadır.

Şekil 4.18 KONF-2’de aylık iç kazanımlar değerlerini göstermektedir. ESA’da (Temmuz) GL parametresi 7093.42 kWh, SIW parametrenin 176.23 kWh, SEW parametresi 17698.44 kWh ölçülerine ulaşmıştır (Şekil 4.18). EASA’da (Ocak), GL parametresi 7431.42 kWh, SIW parametresi 131.49 kWh ve SEW parametresi 12863.35 kWh ölçüleri Şekil 4.18’de görülmektedir. Ofis binasının DP’ler ve İP’ler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma bu verileri etkilememiştir. Bu dönemlerde SIW değeri SEW değerinden YA-1 ve YA-2’nin dış duvar yapısından dolayı düşük olmaktadır.



Şekil 4.18: KONF-2’de elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.19: KONF-2’de elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

KONF-2’de, ESG’de (4 Temmuz) GL, SIW ve SEW parametrelerin değerlerine bakıldığında, GL parametresi 337.79 kWh, SIW parametresi 5.80 kWh ve SEW parametresi 578.33 kWh değerlerine ulaşması anlaşılmaktadır (Şekil 4.19). Şekil 4.19’da görüldüğü gibi aynı diğer dönemler gibi SIW değeri SEW değerinden düşüktür. KONF-2’de gerçekleşen doğal havalandırma bu değerler üzerine etkisi olmadığı görülmemektedir.

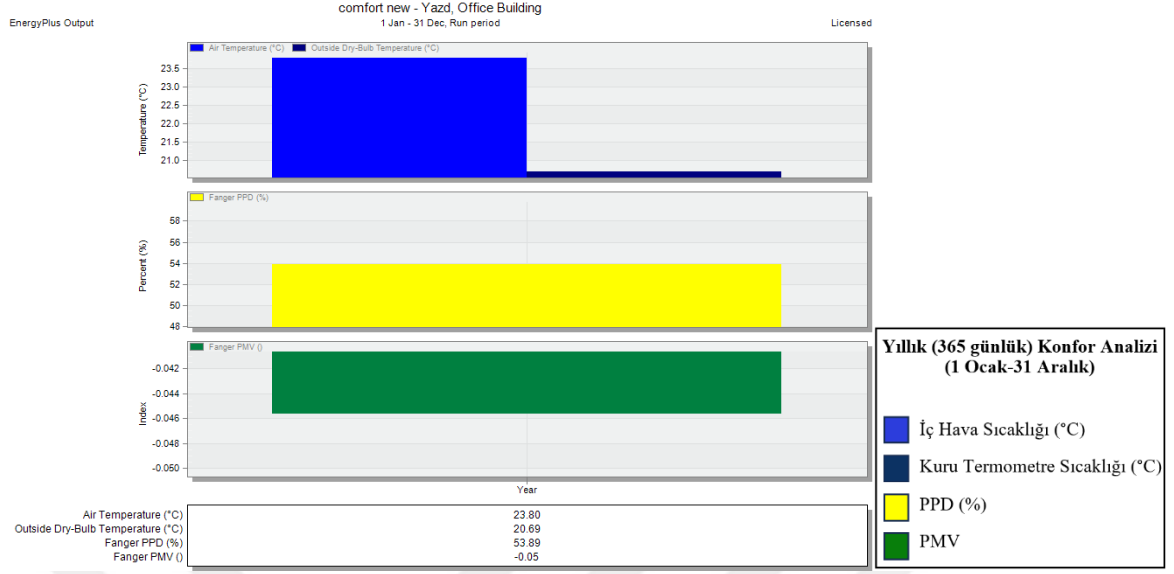


Şekil 4.20: KONF-2’de elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.20, bu çalışmanın kapsamında GL, SIW ve SEW parametrelerin değerlerini EASG’de (25 Ocak) göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre EASG’de (25 Ocak) GL değeri 337.79 kWh, SIW parametresi 4.69 kWh ve SEW parametresi 471.42 kWh ölçülerine ulaşmıştır (Şekil 4.20). Gerçekleşen doğal havalandırma bu değerler üzerine etkisi olmamış ve KONF-1’de ele alınan değerler gibi sonuçlanmıştır. Ayrıca diğer dönemlerde olduğu gibi SIW değeri, SEW değerinden YA-1 ve YA-2’nin dış duvar yapısından dolayı düşük ölçüsüne ulaşmıştır.

4.3. KONF-3: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASINDA GÖLGELİK ETKİSİNİN İNCELENEMESİ

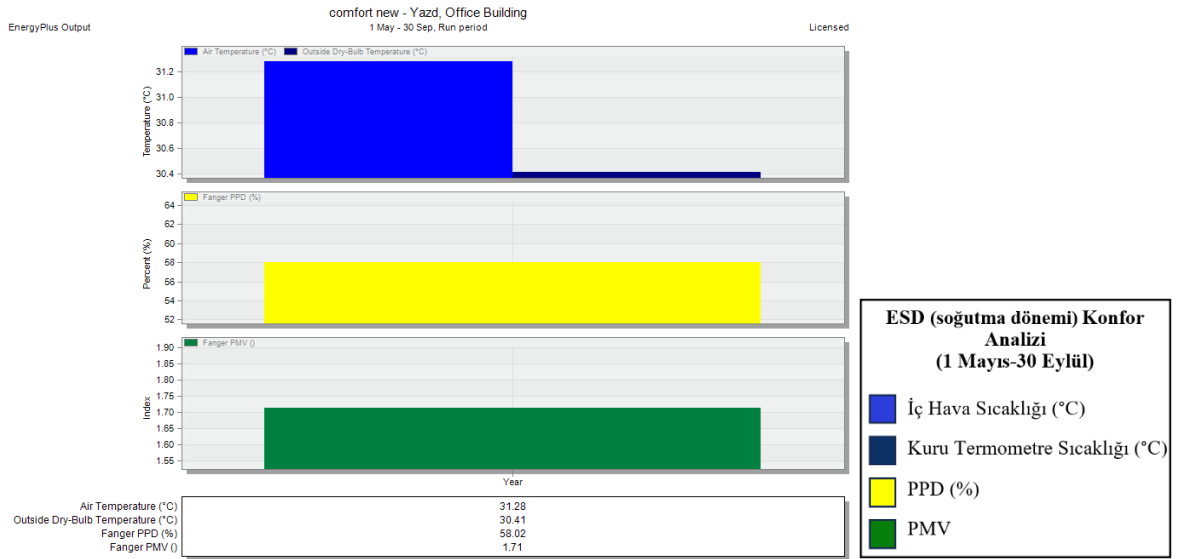
KONF-3’te ofis binasında DP’ler ve İP’ler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırmanın yanı sıra gölgelik öğesinin etkisi incelenmiştir. Bu KONF’ta gölgelik etkisi insanların konforu ve iç kazanımlar üzerine yıllık (317 günlük), ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül), ESA (Temmuz), EASA (Ocak), ESG (4 Temmuz) ve EASG (25 Ocak) olarak irdelenmiştir.



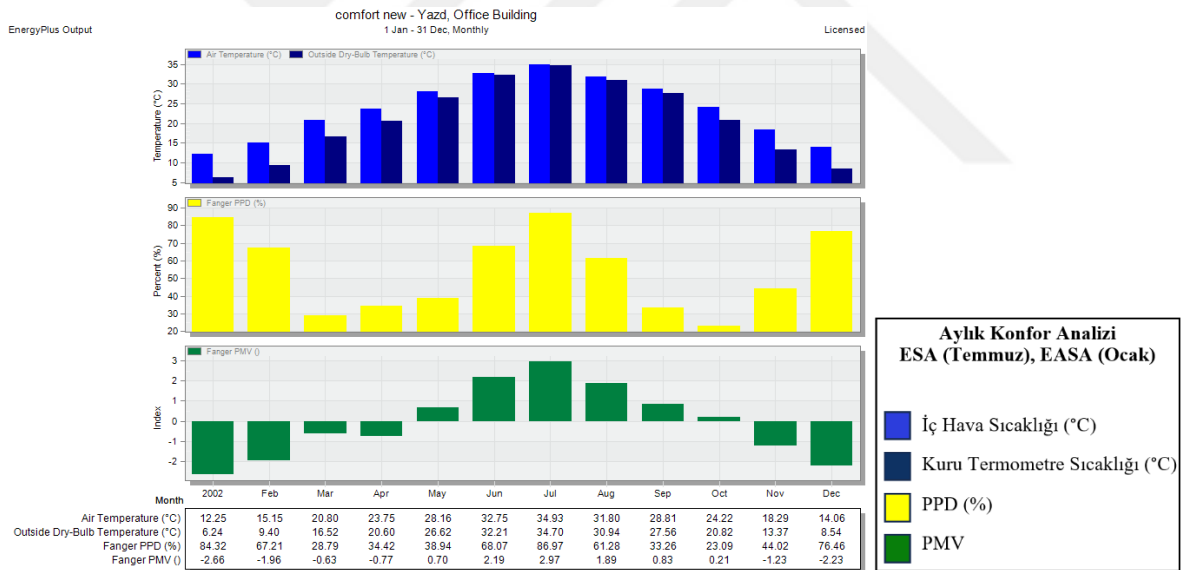
Şekil 4.21: KONF-3'te elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.21 gölgelik etkisinin yıllık (317 günlük) olarak ofis binasında konfor üzerine etkisini göstermektedir. Bu KONF'ta binanın dört cephesinde kullanılan gölgeliğin bir sonucu olarak ofis binasının iç hava sıcaklığı 23.80 °C'ye düşmüştür. PPD değeri %53.89 olarak ölçülmüştür. Bu değer memnuniyetsizlik oranı yüksek olmuştur; ancak KONF-2'de ele alınan ortalama yıllık değere göre düşük bir orana sahiptir. KONF-3'te kullanılan gölgelik nedeniyle PMV değeri -0.05 ölçüsüne düşmüştür. Elde edilen PMV değeri, ASHRAE 55 standardında belirtilen konforlu ölçü aralığına göre (-0.5 ila +0.5) konforlu düzeyde yer almaktadır.

Ofis binasında KONF-3'te yapılan simülasyonlar ESD'de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 30.41 °C ölçüsüne sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.22). Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı 31.28 °C ölçüsüne ulaşmıştır. PPD değeri ise %58.02 oranına ulaşmıştır. Bu oran ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyindedir. PMV değeri 1.71 olarak ölçülmüş ve ASHRAE 55 standardı olan ideal konfor düzeyi (-0.5 ila +0.5) dışında kalmıştır. Bu değer sıcak olarak değerlendirilmektedir.



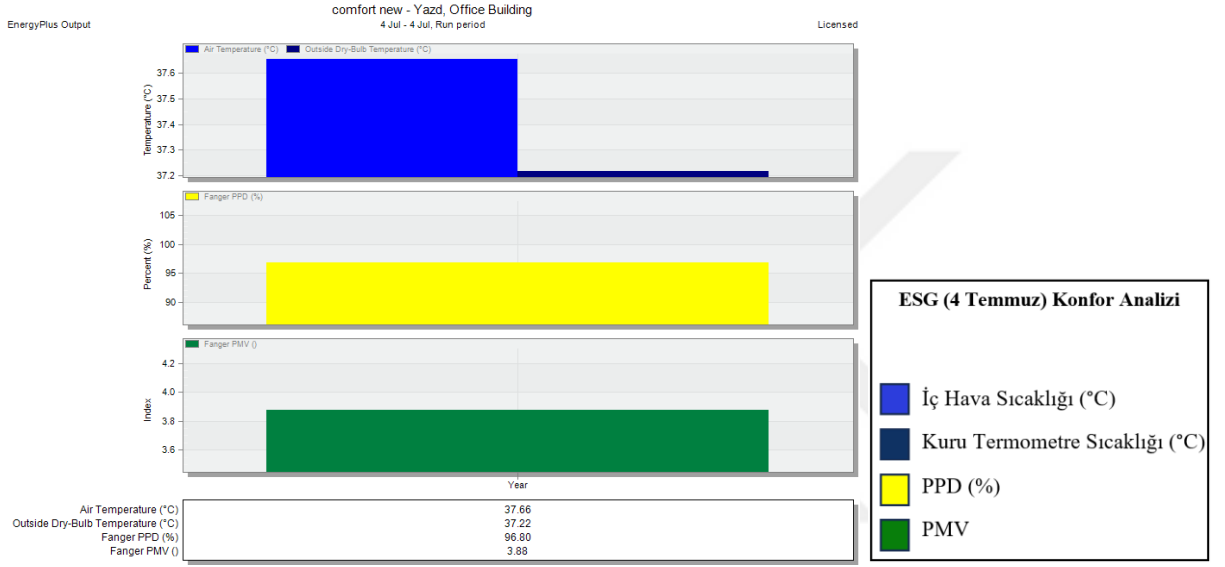
Şekil 4.22: KONF-3'te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.23: KONF-3'te elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

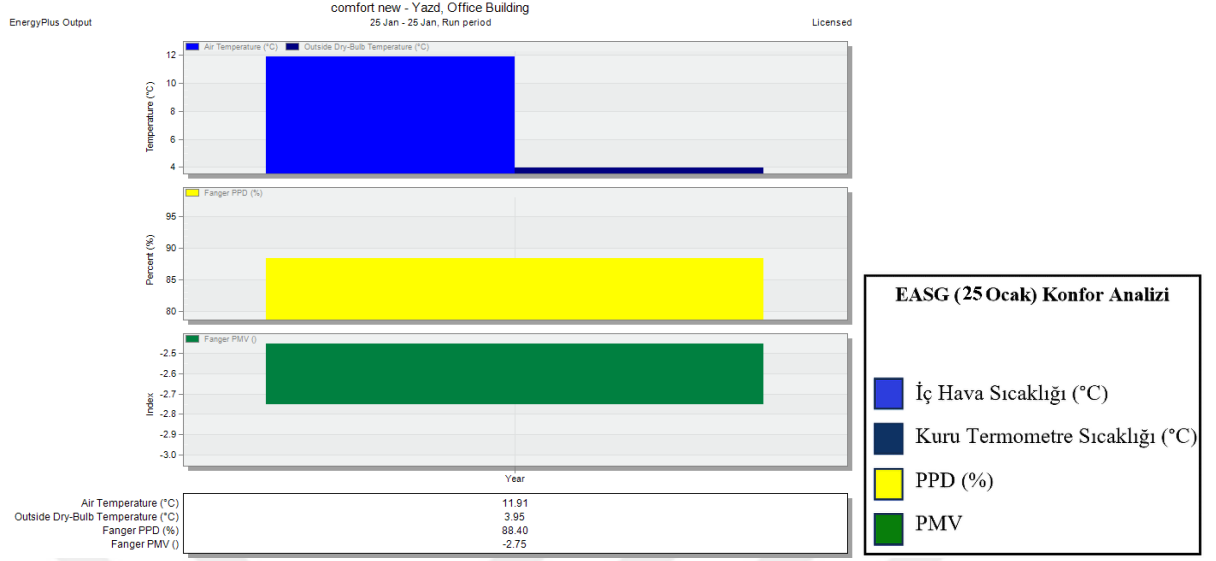
Şekil 4.23, ofis binasının konfor değerlerini aylık olarak göstermektedir. Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı ESA'da (Temmuz) 34.70 °C olarak ölçülmüştür. Ofis binasında gölgelik kullanımı nedeniyle binanın iç hava sıcaklığı 34.93 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %86.97 oranına düşmüştür. Elde edilen PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 2.97 ölçüsüne düşmüştür. Bu değer sıcak olarak değerlendirilmektedir.

Yezd Bölgesi'nin hava sıcaklığı EASA'da (Ocak) 6.24 °C ölçüsüne sahiptir. Şekil 4.23'te EASA'da (Ocak) ofis binasının iç hava sıcaklığı 12.25 °C ölçüsüne artmıştır. PPD değeri %84.32 oranına artmıştır. Bu değer konforsuz düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri -2.66 olarak ölçülmüş ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.24: KONF-3'te elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

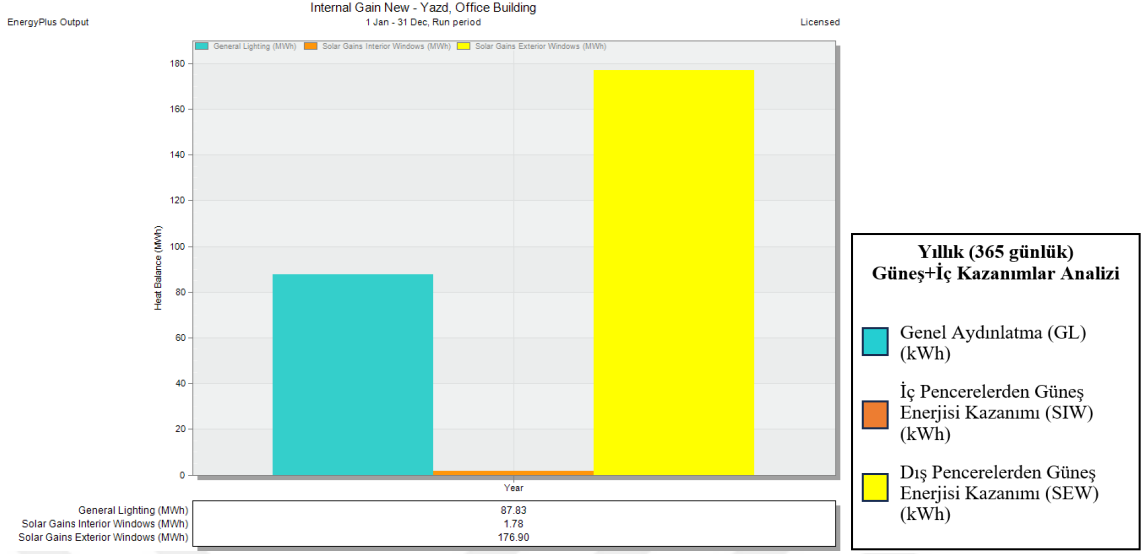
Şekil 4.24 ofis binasının konfor durumunu ESG'de (4 Temmuz) göstermektedir. Yezd Bölgesi'nin hava sıcaklığı ESG'de (4 Temmuz) 37.22 °C olarak ölçülmüştür. Ofis binasının iç hava sıcaklığı binada kullanılan gölgelikten dolayı 37.66 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değerine bakıldığında bu değer %96.80 oranına düştüğü ve memnuniyetsizlik düzeyinde yer aldığı anlaşılmaktadır. PMV değeri 3.88 ölçüsüne düşmüştür; ancak ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.25: KONF-3'te elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Yezd Bölgesi'nin hava sıcaklığı EASG'de (25 Ocak) 3.95 °C olarak ölçülmüştür (Şekil 4.25). Aynı dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.91 °C olarak görülmektedir. Bu durumda PPD değeri %88.40'a ulaşarak memnuniyetsizlik seviyesinde bulunmaktadır. PMV değeri ise -2.75 olarak ölçülmüştür. Bu değer, ASHRAE 55 standardına göre soğuk olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında, KONF-3'te GL, SIW ve SEW parametrelerinin ortalama yıllık (317 günlük) değerleri Şekil 4.26'da sunulmuştur. Elde edilen verilere göre, yıllık (317 günlük) GL parametresi 87.83 MWh (87830 kWh), SIW parametresi 1.78 MWh (1780 kWh) ve SEW parametresi 176.90 MWh (176900 kWh) olarak belirlenmiştir (Şekil 4.26). Ofis binasında bulunan gölgelik, SEW parametresi değerinin düşmesine neden olmuştur. Bu dönemde DP'lerde gölgelik öğesinin yer almasından dolayı, SIW değeri SEW değerinden YA-1 ve YA-2'nin boşluklu tuğlalı dış duvar yapısı nedeniyle düşük ölçüye ulaşmıştır.



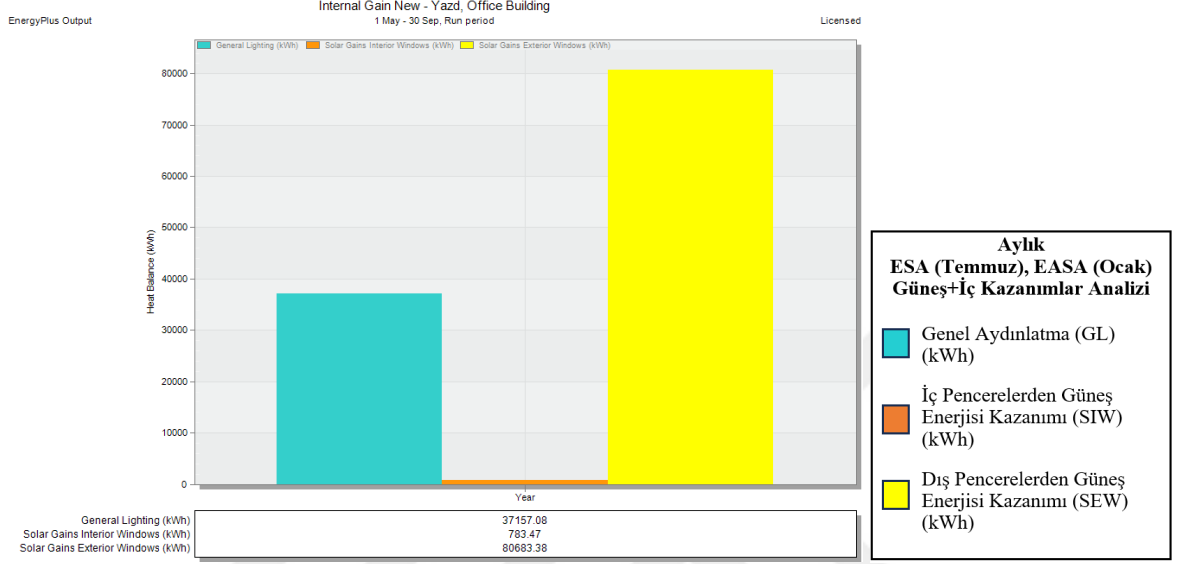
Şekil 4.26: KONF-3'te elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.27: KONF-3'te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.27 ofis binasının iç kazanımlarını ESD'de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) göstermektedir. Sonuçlarda GL parametresi 37157.08 kWh, SIW parametresi 783.47 kWh ve SEW parametresi 80683.38 kWh değerlerine ulaşması görülmektedir (Şekil 4.27). SIW değeri SEW değerinden YA-1 ve YA-2'nin boşluklu tuğlalı dış duvar yapısından dolayı düşük ölçüye

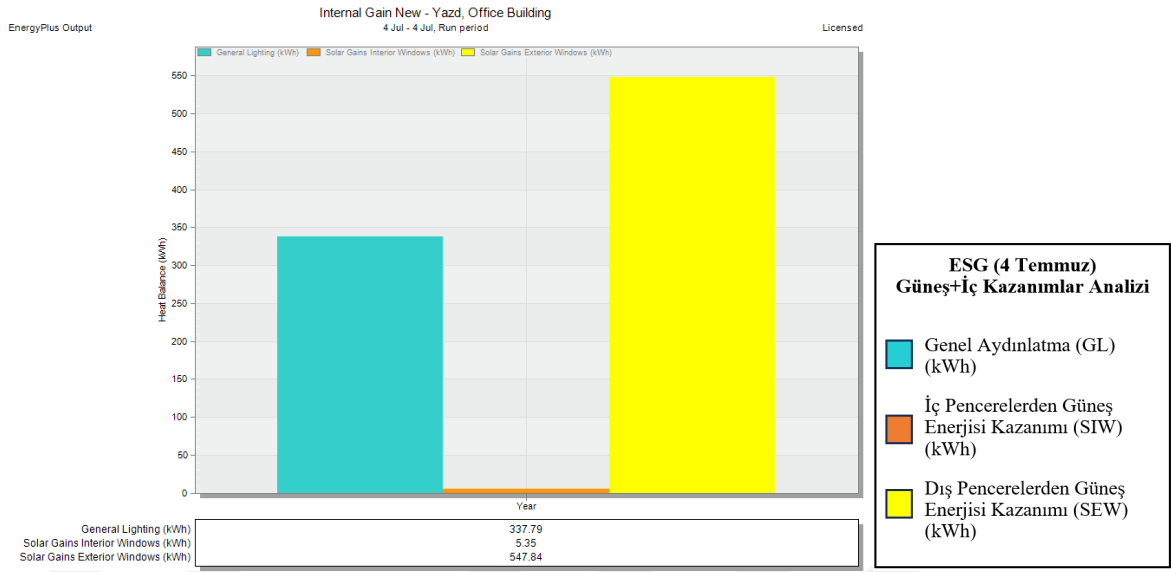
ulaşması görülmektedir. Bu dönemde ofis binasında kullanılan gölgelik nedeniyle SEW değerinin düşmesi görülmektedir.



Şekil 4.28: KONF-3'te elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.28, aylık iç kazanım değerlerini KONF-3'te göstermektedir. ESA'da (Temmuz) GL parametresi 7093.62 KWh, SIW parametresi 162.11 KWh ve SEW parametresi 16731.79 kWh olarak ölçülmüştür. EASA'da (Ocak), GL parametresi 7431.42 kWh, SIW parametresi 133.51 KWh ve SEW parametresi 13170.04 kWh olarak belirlenmiştir (Şekil 4.28). Ofis binasında kullanılan gölgelik, SEW parametre değerinin düşmesine neden olmuştur.

Şekil 4.29'da elde edilen verilere göre, ESG'de (4 Temmuz) GL parametresi 337.79 KWh, SIW parametresi 5.35 kWh ve SEW parametresi 547.84 kWh olarak belirlenmiştir. Bu şekilde, SIW değerinin SEW değeriyle karşılaştırıldığında, SIW değerinin YA-1 ve YA-2'nin dış duvar yapısından dolayı düştüğü görülmektedir. Ayrıca, ofis binasında bulunan gölgelik nedeniyle SEW parametresinin değerinin düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.29: KONF-3'te elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

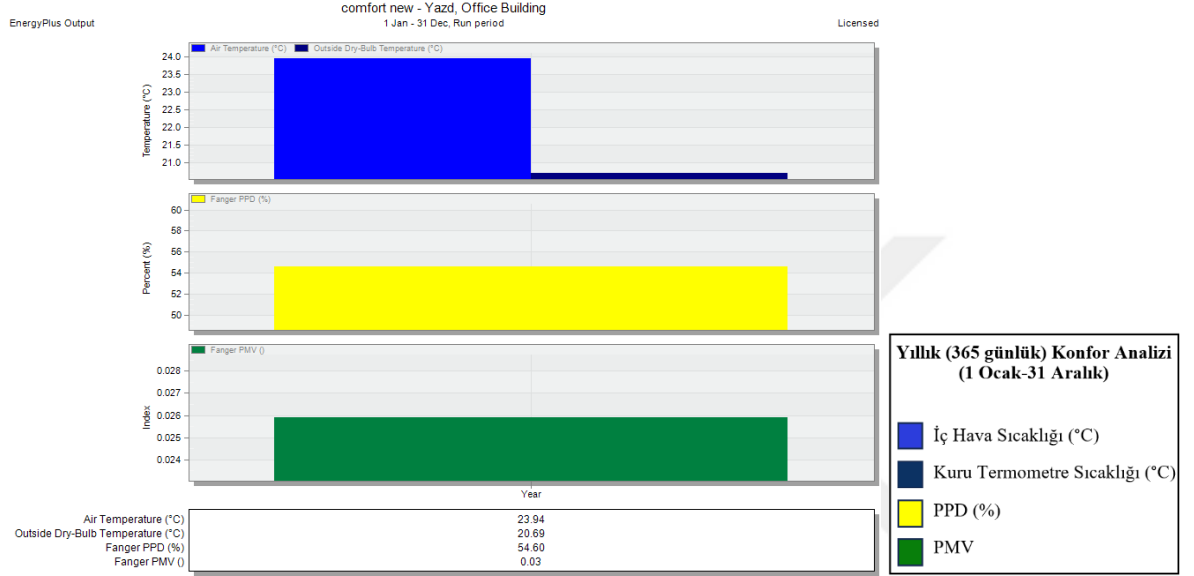


Şekil 4.30: KONF-3'te elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Ofis binasının iç kazanım parametrelerinin değerleri EASG'de (25 Ocak) şekil 4.30'da görülmektedir. Bu dönemde GL parametresi 337.79 kWh değerine ulaşmış ve SIW parametresi 4.77 kWh ve SEW parametresi 483.40 kWh değerlerine ulaşması şekil 4.30'da görüldüğü üzere sonuçlanmıştır. Bu şekilde SEW değerinin SIW değerinin yaklaşık 2 kat olduğu görülmektedir.

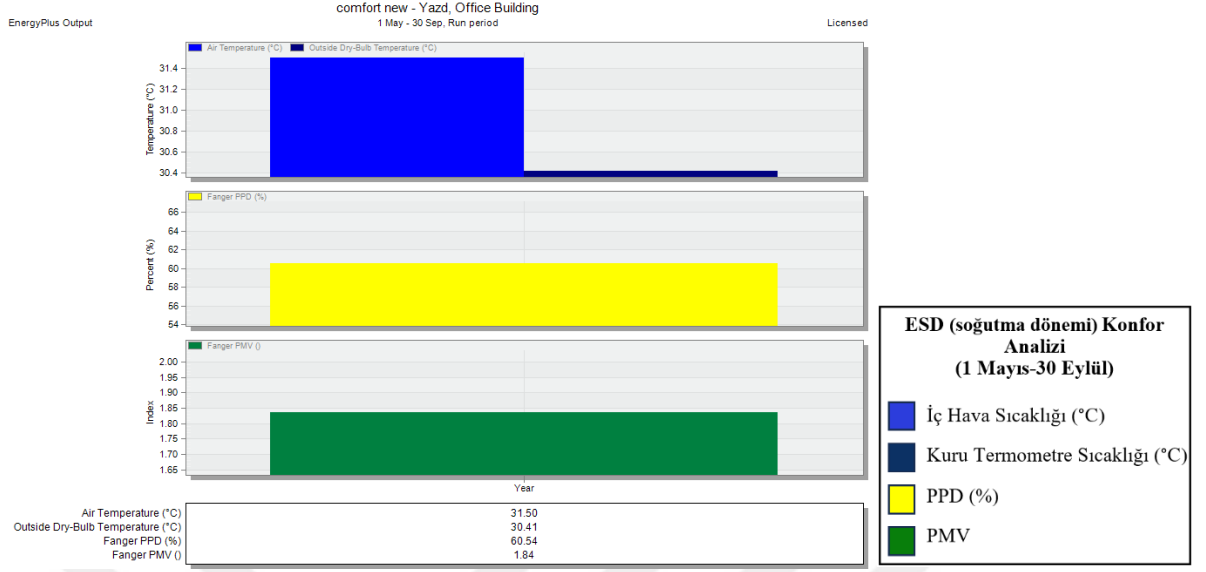
4.4. KONF-4: ÇALIŞMA KAPSAMINDA LC ETKİSİNİN İNCELENMESİ

KONF-4'te çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında gölgelik kaldırılmış ve ofis binasında kullanılan tek cam yerine, LC yer almıştır. Bu KONF'ta LC'nin etkisi farklı parametreler üzerine ele alınmıştır.



Şekil 4.31: KONF-4'te elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

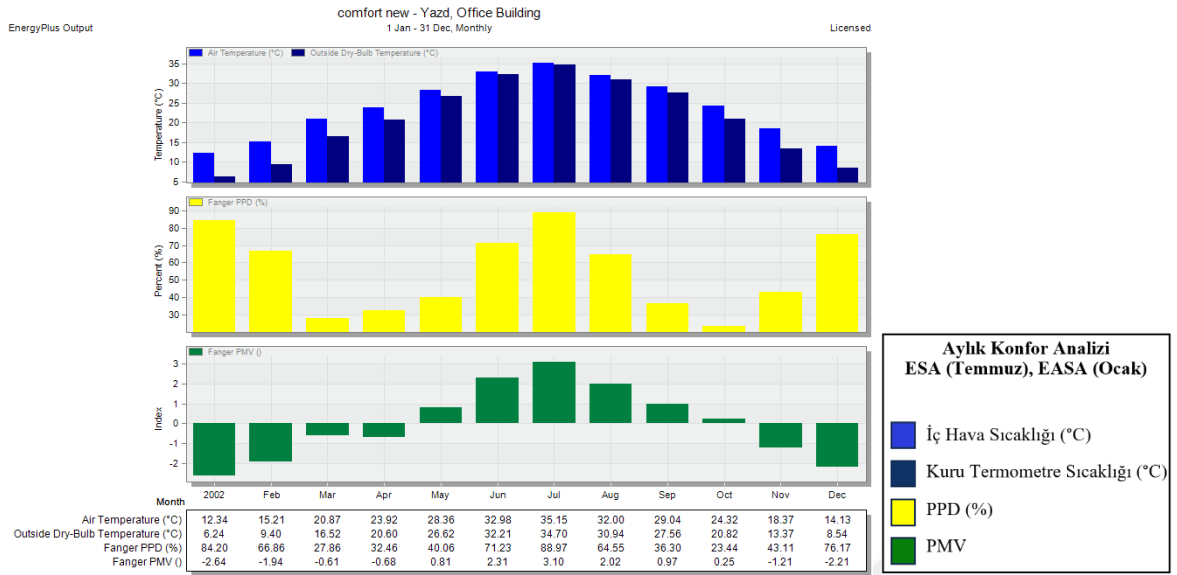
Şekil 4.31 KONF-5'te çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında konfor değerleri yıllık (317 günlük) olarak göstermektedir. Yapılan simülasyonda Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 20.69 °C olarak ölçülmüştür. Ofis binasının iç hava sıcaklığı 23.94 °C ölçüsüne artmıştır. Elde edilen PPD değerine bakıldığında yıllık olarak %54.60 oranına ulaşmıştır. Bu değer ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 0.03 ölçüsüne ulaşmıştır. ASHRAE 55 standarında belirtilen konforlu ölçü aralığına göre (-0.5, +0.5), bu değer ideal konfor düzeyinde yer almaktadır.



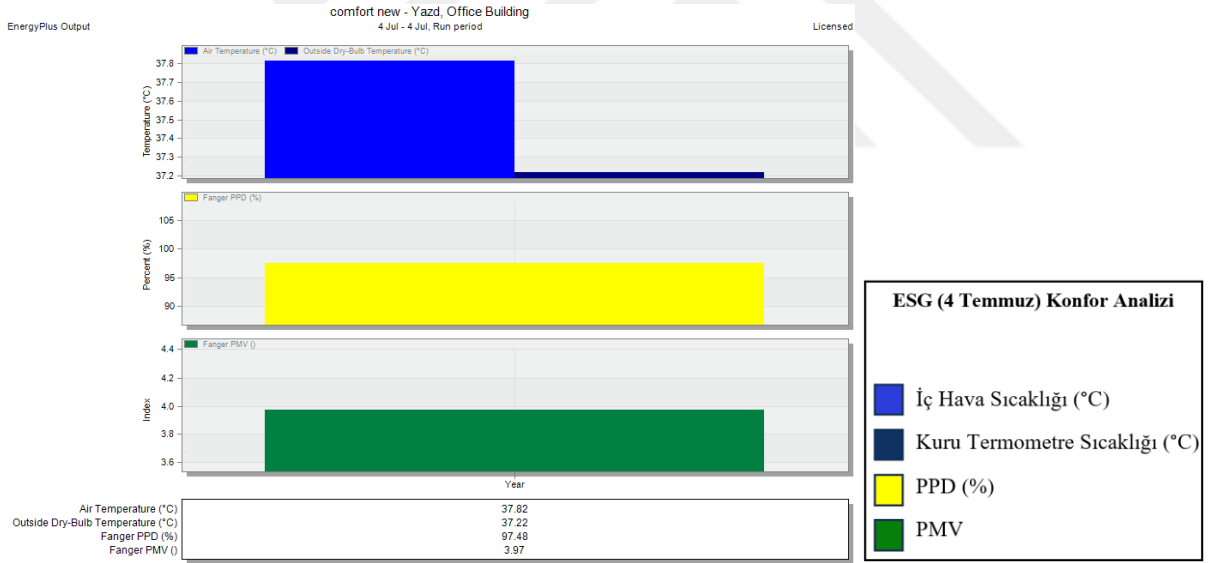
Şekil 4.32: KONF-4'te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.32, ESD'de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç hava sıcaklığını, dış hava sıcaklığını, PPD ve PMV değerlerini göstermektedir. KONF-4'te elde edilen ortalama sonuçlara göre ofis binasının iç hava sıcaklığı 31.50 °C ölçüsüne ulaşmıştır. PPD değeri %60.54 ölçüsüne ulaşarak memnuniyetsizlik oranına sahiptir. PMV değeri 1.84 olarak ölçülmüş ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre sıcak olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 4.33, ofis binasının aylık iç hava sıcaklığını (°C), dış hava sıcaklığı (°C), PPD değeri (%) ve PMV değerini göstermektedir. EASA'da (Ocak) ofis binasının iç hava sıcaklığı 12.34 °C ölçüsüne artmış, Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 6.24 °C ölçüsüne ulaşmıştır. PPD değeri %84.20 oranına düşmüştür; ancak memnuniyetsizlik oranının yüksek olduğu görülmektedir. PMV indeksi -2.64 değerine ulaşmıştır. Bu değer ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre -2 ve -3 aralığında yer alarak soğuk olarak değerlendirilmektedir. EASA'da (Ocak) PMV değeri, ısısal konfor açısından ideal durumda yer almamaktadır. EASA'da (Temmuz), ofis binasının iç hava sıcaklığı 35.15 °C ölçüsüne artmıştır. Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 34.70 °C olarak sonuçlanmıştır. PPD değeri %88.97 oranına sahip olarak memnuniyetsizlik oranına ulaşmıştır. PMV değeri 3.10 değerine ulaşmıştır. Bu değer ASHRAE 55 standardına göre aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir.



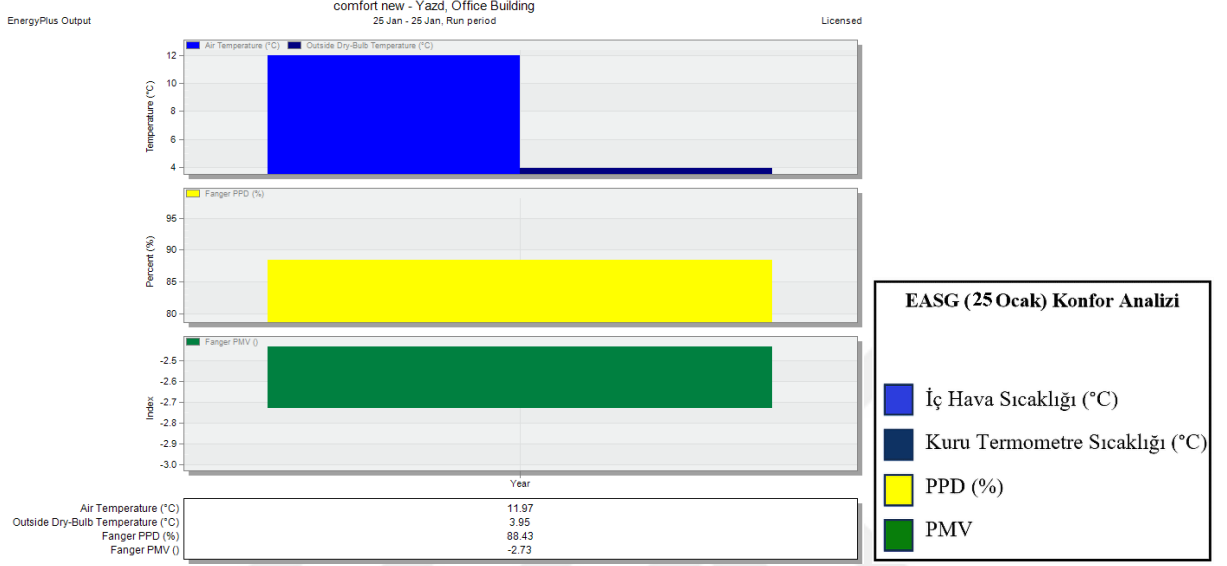
Şekil 4.33: KONF-4'te elde edilen ESD aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.34: KONF-4'te elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.34 KONF-4'te ofis binasının ısısal konfor değerlerini ESG'de (4 Temmuz) göstermektedir. Elde edilen ölçülere göre, ESG'de (4 Temmuz) ofis binasının iç hava sıcaklığı 37.82 °C ve Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 37.22 °C olarak sonuçlanmıştır. PPD değeri %97.48 oranına artarak yüksek memnuniyetsizlik değerine sahiptir. PMV 3.97 olarak

ölçülmüştür. Bu değer ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir.



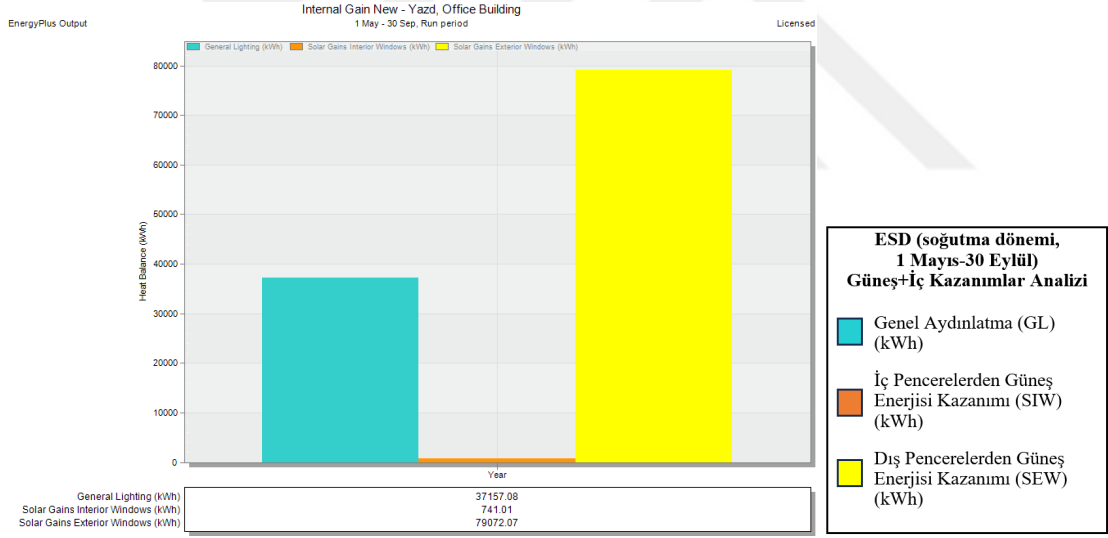
Şekil 4.35: KONF-5'te elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.35 KONF-5'te ofis binasının ısısal konfor değerlerini EASG'de (25 Ocak) göstermektedir. EASG'de (25 Ocak) ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.97 °C ölçüsüne artmıştır. Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 3.95 °C olarak ölçülmüştür. PPD değeri %88.43 oranına düşmüştür. Bu değer ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik oranına sahiptir. PMV değeri ise -2.73 ölçüsüne düşmüş ve soğuk olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 4.36, KONF-4'te yıllık (317 günlük) ofis binasında iç kazanım değerlerini göstermektedir. Bu şekilde elde edilen sonuçlara bakıldığında GL parametresinin 87.83 MWh (87830 kWh) değerine ulaştığı görülmektedir. LC'nin bu değeri etkilemediği gözlemlenmektedir. SIW parametresinin 1.56 MWh (1560 kWh) ve SEW parametresinin ise 163.83 MWh (163830 kWh) değerlerine düştüğü anlaşılmaktadır (Şekil 4.36). LC, SIW ve SEW parametrelerinin değerlerinin düşmesine neden olmuştur.

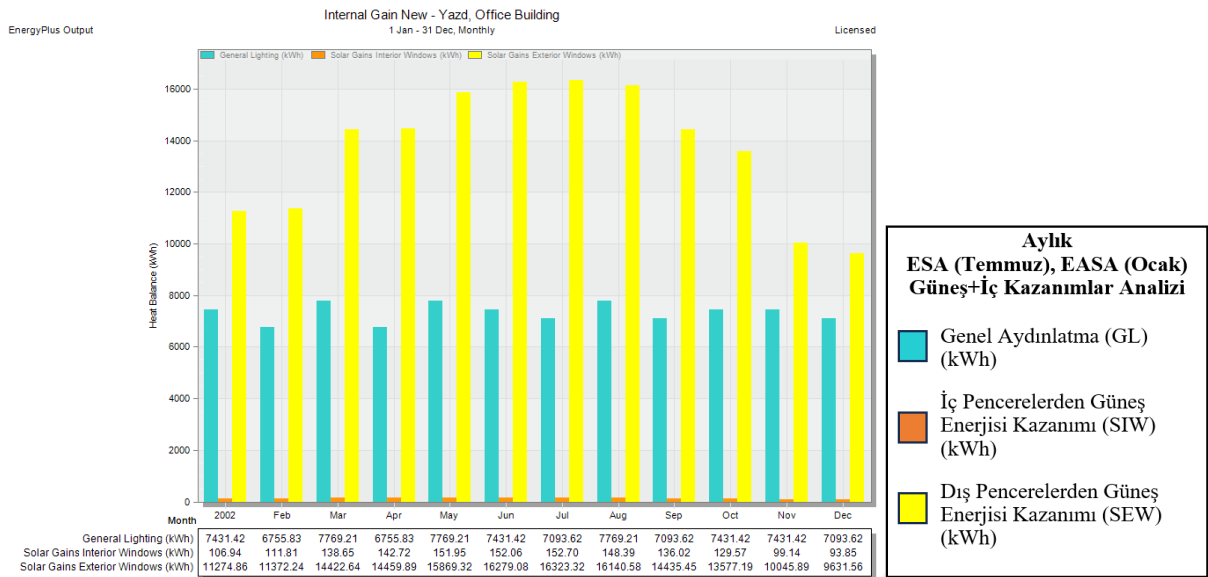


Şekil 4.36: KONF-4'te elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.37: KONF-4'te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.37, ofis binasının ESD'de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlarını göstermektedir. Sonuçlarda GL parametresi 37157.08 kWh değerine ulaşmıştır. LC'nin bu parametre üzerinde etkisi olmadığı gözlemlenmektedir. Ofis binasında LC'nin kullanılması nedeniyle SIW parametresi 741.01 kWh ve SEW parametresi 79072.07 kWh değerlerine düştüğü görülmektedir.





Şekil 4.39: KONF-4'te elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

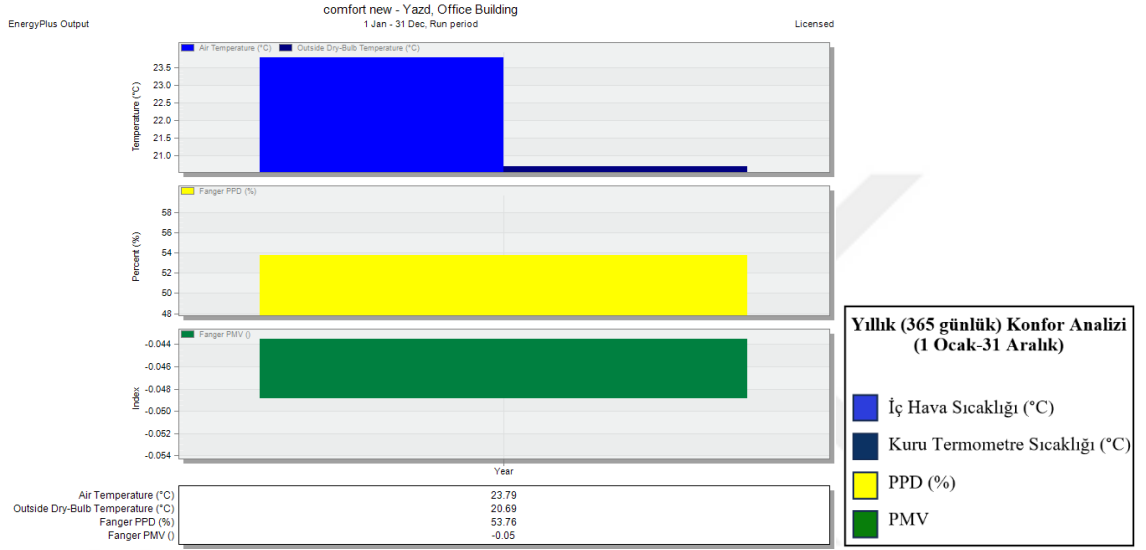


Şekil 4.40: KONF-4'te elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.40, bu çalışmanın ofis kapsamında iç kazanımlarını EASG'de (25 Ocak) göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre EASG'de (25 Ocak) GL değeri 337.79 kWh ulaşmış ve SIW değeri 3.77 kWh ve SEW değeri 412.67 kWh ölçülerine artmıştır (Şekil 4.40). Önceki dönemlerde olduğu gibi GL parametresinde bir değişiklik görülmemektedir. SIW ve SEW parametrelerin değerleri LC kullanımı nedeniyle artması görülmektedir.

4.5. KONF-5: ÇALIŞMA KAPSAMINDA LC VE GÖLGELİK ÖĞESİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

KONF-5'te yapılan çalışma kapsamında, ofis binasında LC ve gölgelik aynı anda kullanılarak farklı parametreler incelenmiştir.

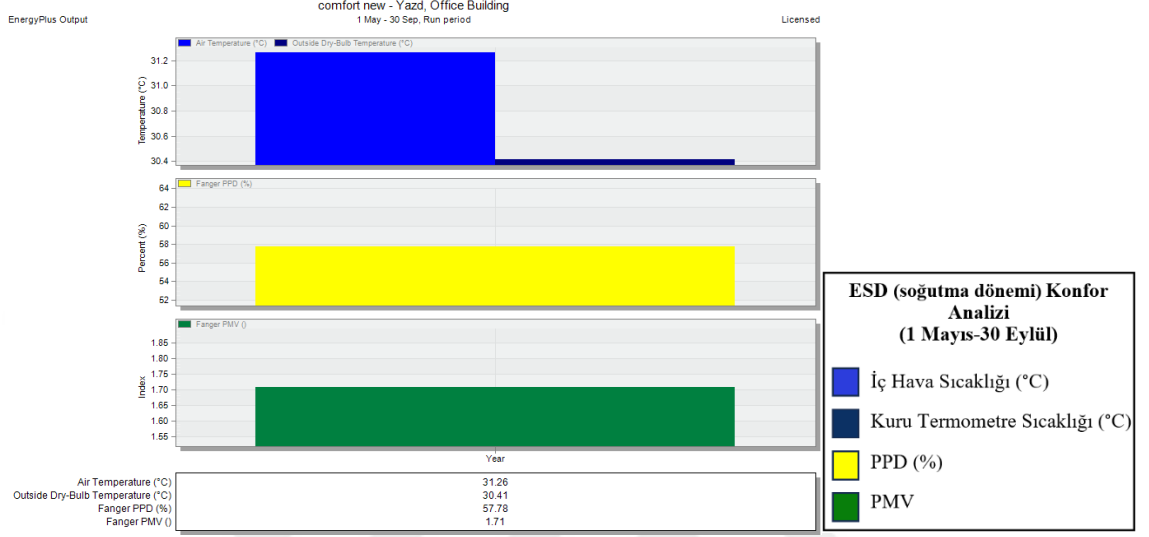


Şekil 4.41: KONF-5'te elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

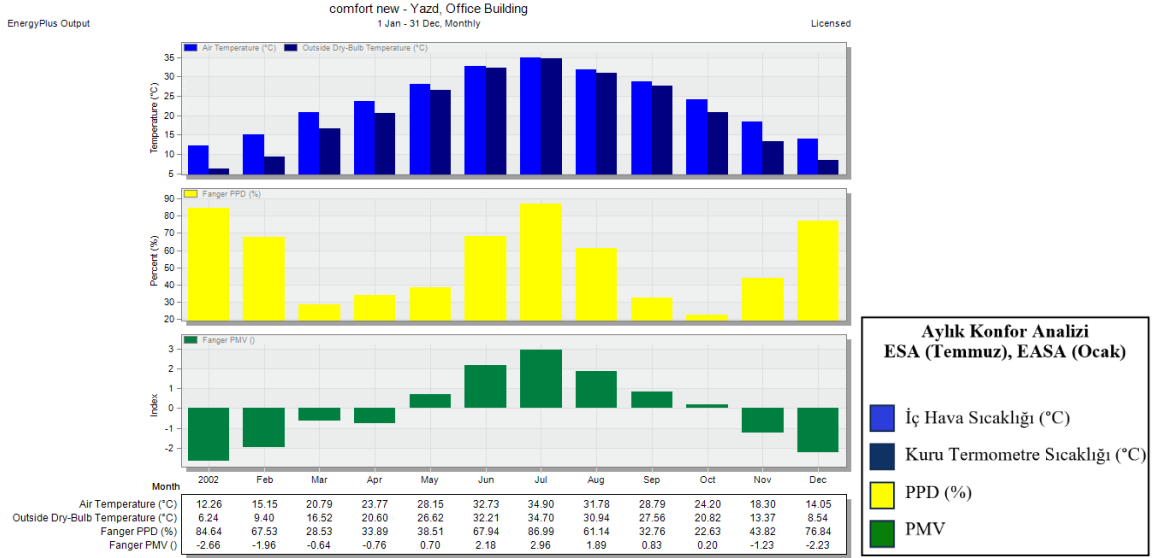
Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında yapılan ortalama yıllık (317 günlük) simülasyon sonuçlarına göre, ofis binasının iç hava sıcaklığı LC ve gölgelik etkisiyle birlikte 23.79 °C'a düşmüştür (Şekil 4.41). Elde edilen PPD değerine bakıldığında yıllık olarak %53.76 oranına ulaşmıştır. Bu değer, ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri ise -0.05 ölçüsüne ulaşmıştır. ASHRAE 55 standardında belirtilen konforlu ölçü aralığı (-0.5 ila +0.5) dikkate alındığında, bu değer ideal konfor düzeyinde yer almaktadır.

Şekil 4.42, ESD'de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç hava sıcaklığını, dış hava sıcaklığını, PPD ve PMV değerlerini göstermektedir. KONF-5'te elde edilen ortalama sonuçlara göre ofis binasının iç hava sıcaklığı 31.26 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %57.78 ölçüsüne düşmüştür; ancak bu değer memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 1.71 olarak ölçülmüş ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçü aralığına göre hafif sıcak

olarak değerlendirilmektedir. Bu dönemde ofis binasında LC ve gölgelik kullanımı, konfor değerlerini düşük miktarda düşüşüne sebep olmuştur.

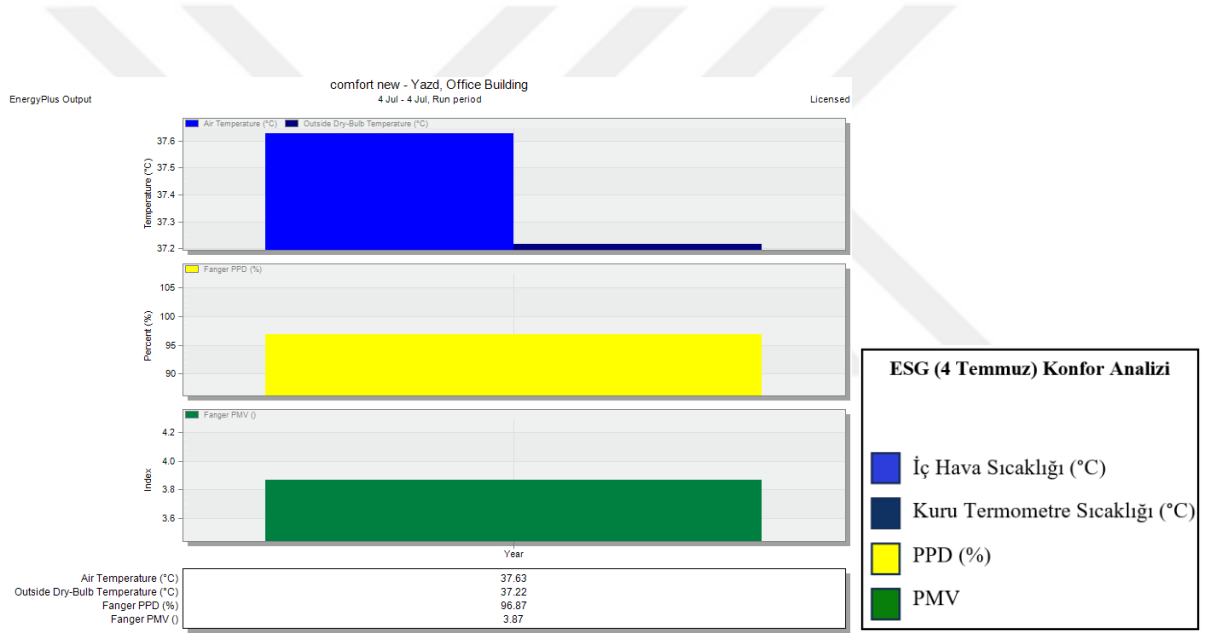


Şekil 4.42: KONF-5'te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



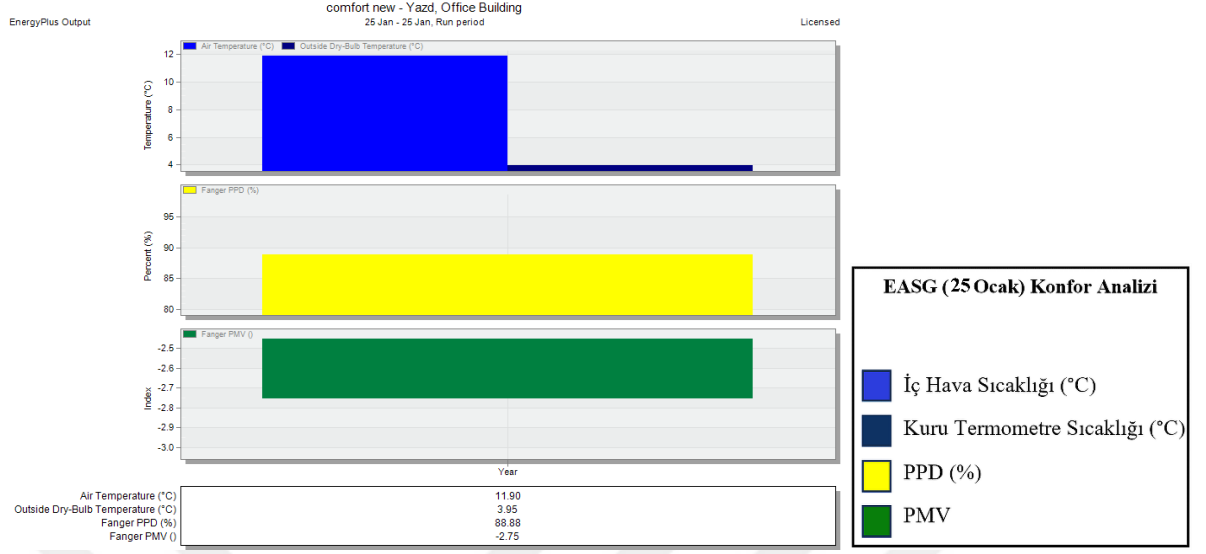
Şekil 4.43: KONF-5'te elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.43, ofis binasının konfor değerlerini aylık olarak göstermektedir. Yezd Bölgesi'nin hava sıcaklığı ESA'da (Temmuz) 34.70 °C olarak ölçülmüştür. Ofis binasının iç hava sıcaklığı kullanılan 34.90 °C ölçüsüne ulaşmıştır. PPD değeri %86.99 olarak ölçülmüştür. Elde edilen PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 2.96 ölçüsüne ulaşmış ve aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir. Yezd Bölgesi'nin hava sıcaklığı EASA'da (Ocak) 6.24 °C ölçüsüne sahiptir. Şekil 4.43'te EASA'da (Ocak) ofis binasının iç hava sıcaklığı 12.26 °C olarak ölçülmüştür. PPD değeri %84.64 oranına sahip olarak konforsuz düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri -2.66 olarak ölçülmüş ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.44: KONF-5'te elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.44, ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) konfor değerlerini göstermektedir. Ofis binasının iç hava sıcaklığı 37.63 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %96.87 oranına düştüğü ve yüksek memnuniyetsizlik düzeyinde olduğu görülmektedir. PMV değeri ise 3.87 olarak ölçülmüştür; ancak ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçü aralığı (-3 ila +3) dışındadır. Ayrıca, bu dönemde Yezd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 37.22 °C olarak ölçülmüştür. Bu KONF'ta ofis binasında LC ve gölgelik kullanımı, konfor değerlerinin düşmesine neden olmuştur.



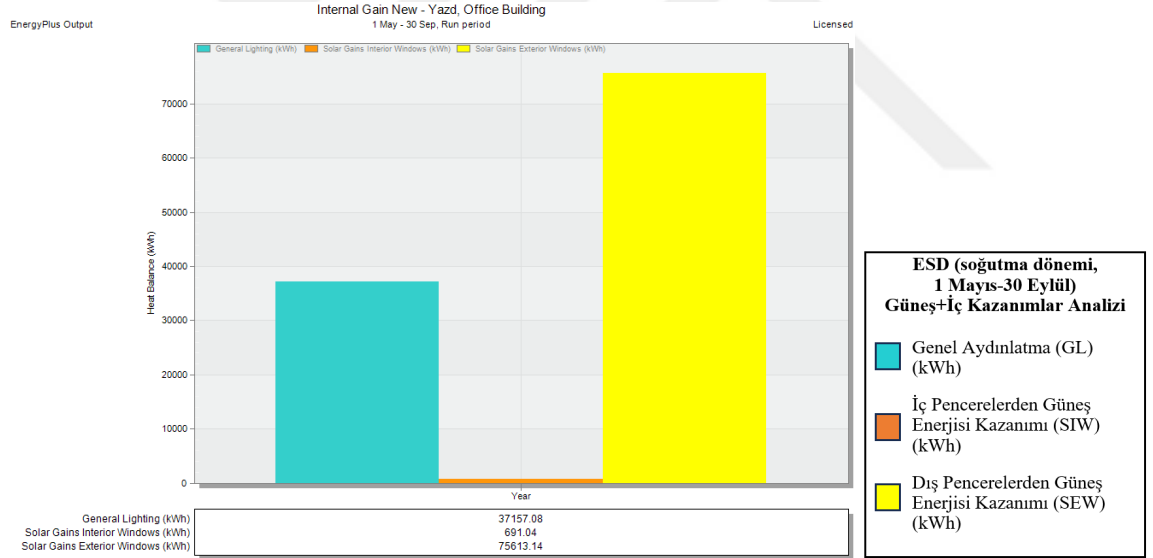
Şekil 4.45: KONF-5'te elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.45, EASG'de (25 Ocak) ofis binasının konfor değerlerini göstermektedir. Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.90 °C ölçüsüne ulaşmıştır. Bu durumda PPD değeri %88.88'e artmıştır. Bu değer ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik seviyesinde bulunmaktadır. PMV değeri ise -2.75 ölçüsüne ulaşmıştır. Bu değer, ASHRAE 55 standardına göre soğuk olarak değerlendirilmektedir. Bu dönemde LC ve gölgelik kullanımı, ofis binasının iç hava sıcaklığının düşmesine neden olmuştur. Ayrıca PPD ve PMV değerlerinde artış görülmektedir.

Şekil 4.46'da çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında GL, SIW ve SEW parametrelerin değerleri ortalama yıllık (317 günlük) olarak verilmiştir. Elde edilen verilere göre, yıllık (317 günlük) GL parametresi 87.83 MWh (87830 kWh) ulaşmış, SIW parametresi 1.51 MWh (1510 kWh) ve SEW parametresi 160.69 MWh (160690 kWh) değerlerine düşmüştür. Ofis binasında bulunan LC ve gölgelik, SIW ve SEW parametresi değerinin düşmesine neden olmuştur; ancak GL parametresi değerinde değişiklik görülmemektedir.



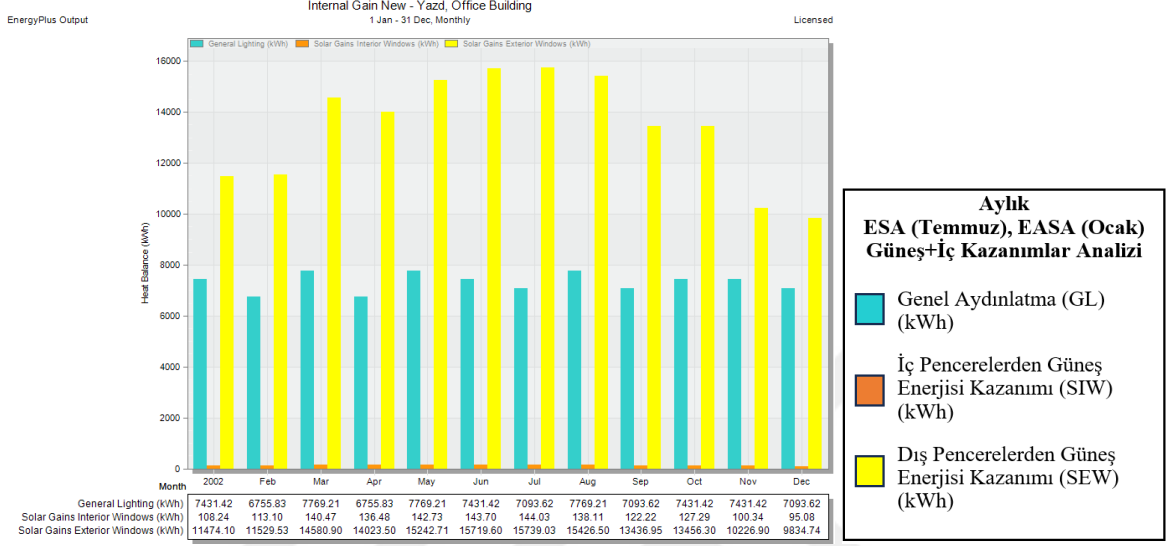
Şekil 4.46: KONF-5'te elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.47: KONF-5'te elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.47, ESD'de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasında elde edilen iç kazanımlar değerlerini göstermektedir. Sonuçlarda GL parametresi 37157.08 kWh değerine ulaşılması görülmektedir. Ofis binasında LC ve gölgelik kullanımının GL parametresi üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemektedir; ancak ofis binasında LC ve gölgelik kullanımı nedeniyle

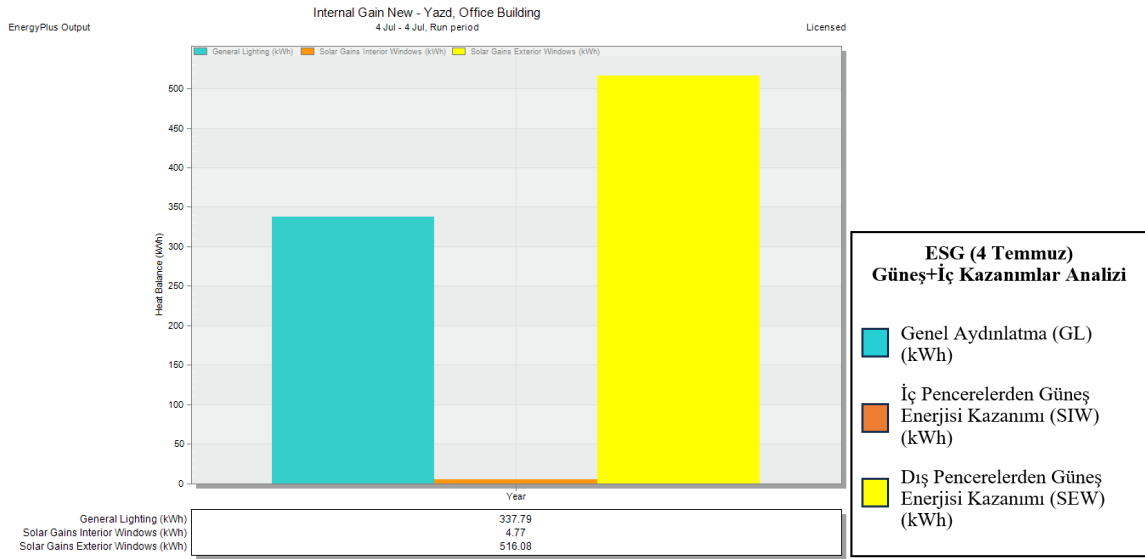
SIW parametresini 691.04 kWh ve SEW parametresini 75613.14 kWh değerlerine düşüğü görülmektedir.



Şekil 4.48: KONF-5'te elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.48'de ofis binasının iç kazanımlar değerleri aylık olarak verilmiştir. ESA'da (Temmuz), GL parametresi 7093.62 kWh değerine ulaşmıştır. LC ve gölgelik kullanımının GL değeri üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemektedir. SIW parametresi 144.03 kWh ve SEW parametrenin 15739.03 kWh ölçülerine düşmüştür (Şekil 4.48). Bu parametrelerin değerlerinin LC ve gölgelik kullanımı nedeniyle düştüğü görülmektedir. EASA'de (Ocak) GL parametresi 7431.42 kWh değerine ulaşmıştır. Bu değerde belirgin bir değişiklik görülmemektedir. SIW parametresi 108.24 kWh ve SEW parametresi 11474.10 kWh değerine artmıştır.

Şekil 4.49'da ESG'de (4 Temmuz) ofis binasının iç kazanımlar değerleri verilmiştir. elde edilen verilere göre GL parametresi 337.79 kWh değerine ulaşmıştır. LC ve gölgeliğin bu parametre üzerine bir etkisi olmadığı görülmektedir. SIW parametresi 4.77 kWh ve SEW parametresi 516.08 kWh değerine düşmüştür. Bu parametrelerin değerlerinin düşmesinin nedeni ofis binasında LC ve gölgelik kullanılması olabilmektedir.



Şekil 4.49: KONF-5'te elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

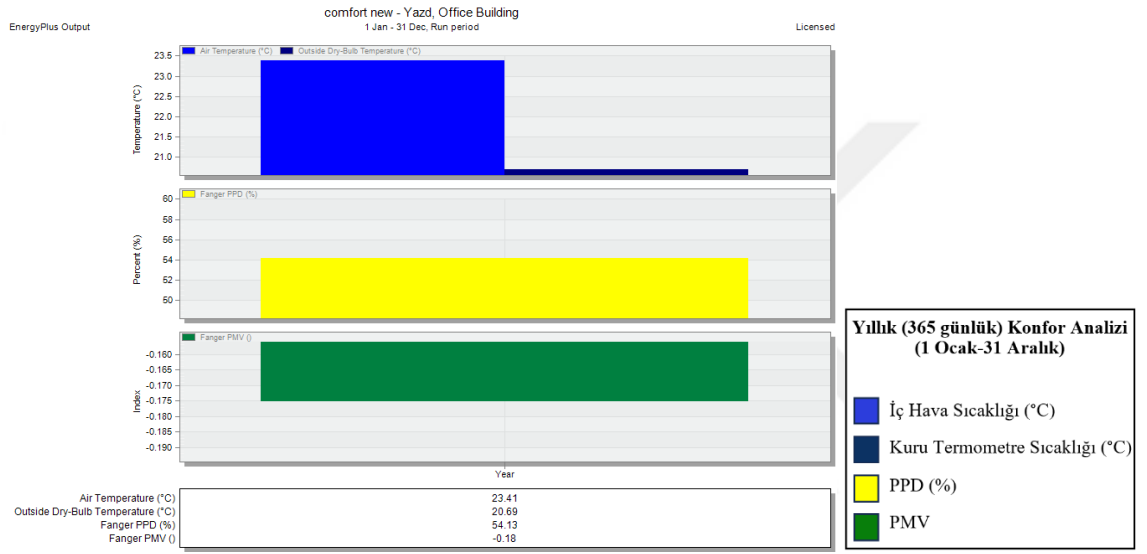


Şekil 4.50: KONF-5'te elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 60'da EASG'de (25 Ocak) ofis binasının iç kazanım parametreleri değerleri görülmektedir. Elde edilen verilere göre EASG'de (25 Ocak) GL parametresi 337.79 kWh değerine ulaşmış, LC ve gölgelik bu parametreyi etkilememiştir. Bu dönemde SIW parametresi 3.83 kWh ve SEW parametresi 420.40 kWh değerlerine artmıştır.

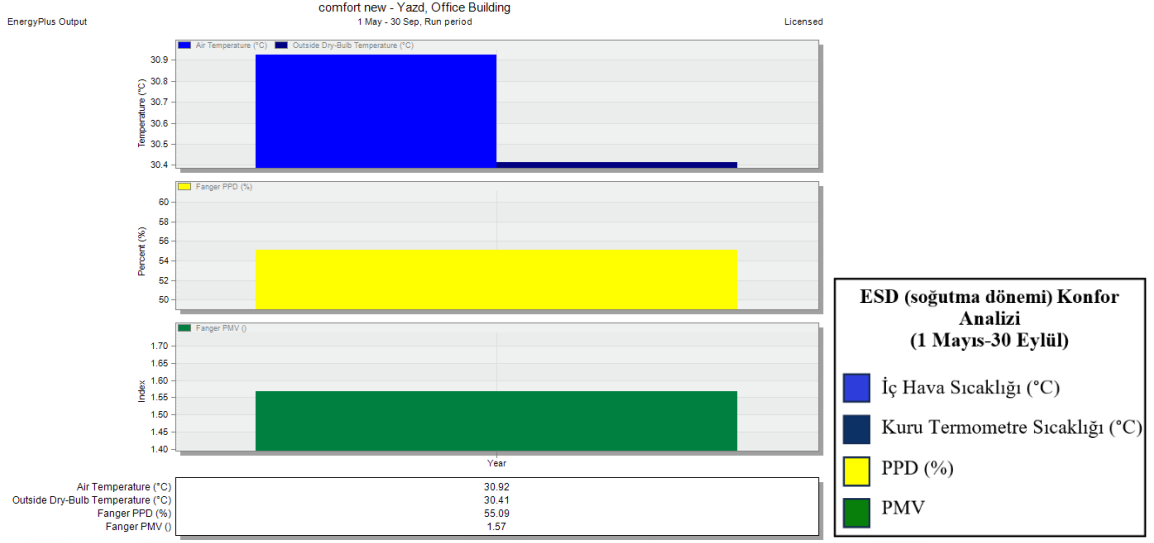
4.6. KONF-6: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASINDA LED AYDINLATMA SİSTEMİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

KONF-6'da ofis binasında kullanılan LED sisteminin etkisi farklı paramatereler üzerine ortalama yıllık (35 günlük), ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül), ESA (Temmuz), EASA (Ocak), ESG (4 Temmuz) ve EASA (25 Ocak) olarak irdelenmiştir.



Şekil 4.51: KONF-6'da elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

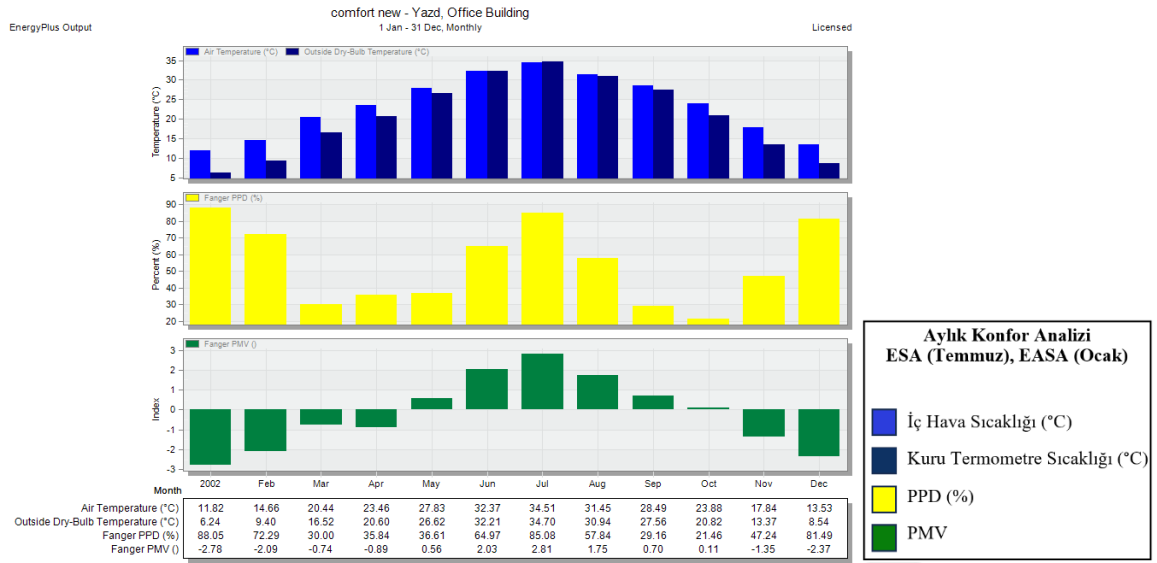
Şekil 4.51'de ortalama yıllık (317 günlük) konfor değerleri verilmiştir. Yazd Bölgesi'nin ortalama hava sıcaklığı 20.69 °C'a ulaşmıştır. Ofis binasının iç hava sıcaklığı aydınlatma sistemi nedeniyle 23.41 °C olarak ölçülmüştür. Elde edilen PPD değerine bakıldığında yıllık olarak %54.13 oranına ulaşmıştır. Bu değer, ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri ise -0.18 ölçüsüne ulaşmıştır. ASHRAE 55 standardında belirtilen konforlu ölçü aralığı (-0.5 ila +0.5) dikkate alındığında, bu değer ideal konfor düzeyinde yer almaktadır.



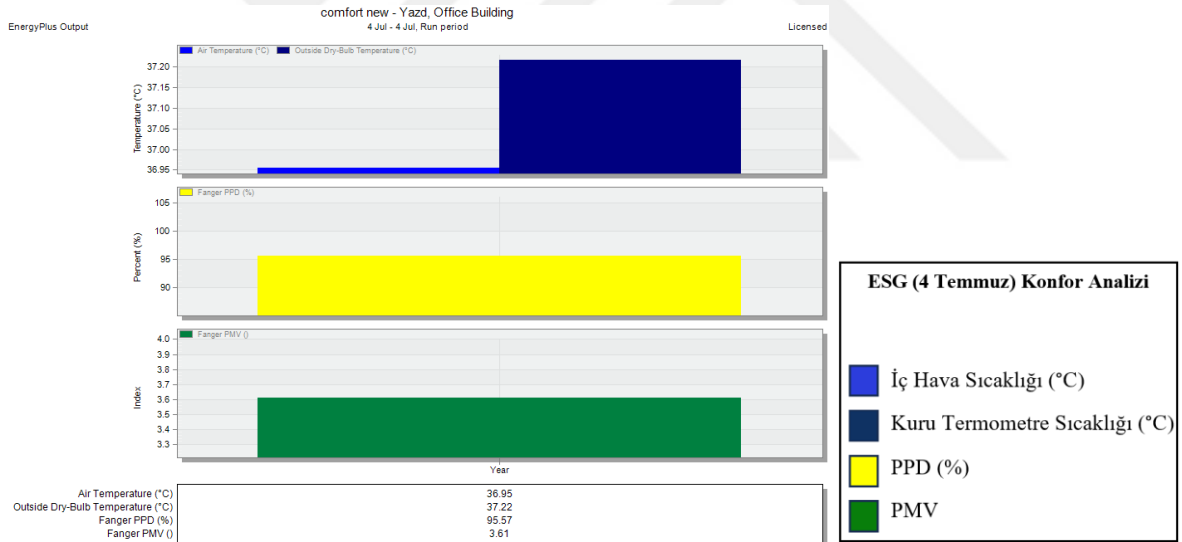
Şekil 4.52: KONF-6’da elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.52, ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç hava sıcaklığını, dış hava sıcaklığını, PPD ve PMV değerlerini göstermektedir. KONF-6’da elde edilen ortalama sonuçlara göre ofis binasının iç hava sıcaklığı 30.92 °C ölçüsüne ulaşmıştır. PPD değeri %55.09 ölçüsüne ulaşarak memnuniyetsizlik oranına sahiptir. PMV değeri 1.57 olarak ölçülmüş ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre hafif sıcak ve sıcak olarak değerlendirilmektedir. Bu dönemde ofis binasında LED kullanımı, konfor değerlerinin düşmesine sebep olmuştur.

Şekil 4.53 ofis binasının konfor değerlerini aylık olarak göstermektedir. Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı ESA’da (Temmuz) 34.70 °C olarak ölçülmüştür. Ofis binasının iç hava sıcaklığı kullanılan LED etkisinden dolayı 34.51 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %85.08 oranına düşmüştür. Elde edilen PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 2.81 ölçüsüne düşmüş ve aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir. Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı EASA’da (Ocak) 6.24 °C ölçüsüne sahiptir. Şekil 4.53’te EASA’da (Ocak) ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.82 °C ölçüsüne düşerek PPD değerinin %88.05 artmasına neden olmuştur. Bu oran konforsuz düzeyinde yer almaktadır. Ayrıca PMV değeri ise -2.78 ölçüsüne artmış ve ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk olarak değerlendirilmektedir.



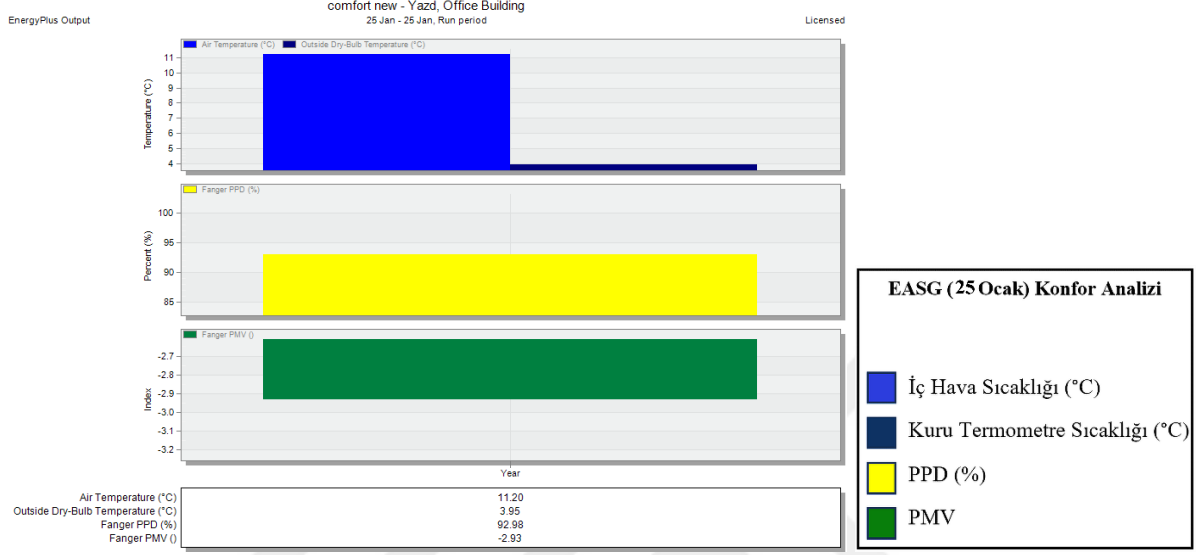
Şekil 4.53: KONF-6'da elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.54: KONF-6'da elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.54 KONF-6'da ofis binasının ısısal konfor değerlerini ESG'de (4 Temmuz) göstermektedir. Bu dönemde Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 37.22 °C ölçüsüne ulaşmıştır. Ofis binasının iç hava sıcaklığı LED kullanımı nedeniyle 36.95 °C ölçüsüne düşmüştür. KONF-6'da PPD değeri %95.57 oranına düşmüştür; ancak PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik oranına sahiptir. PMV değeri 3.61 ölçüsüne düşerek aşırı sıcak olarak

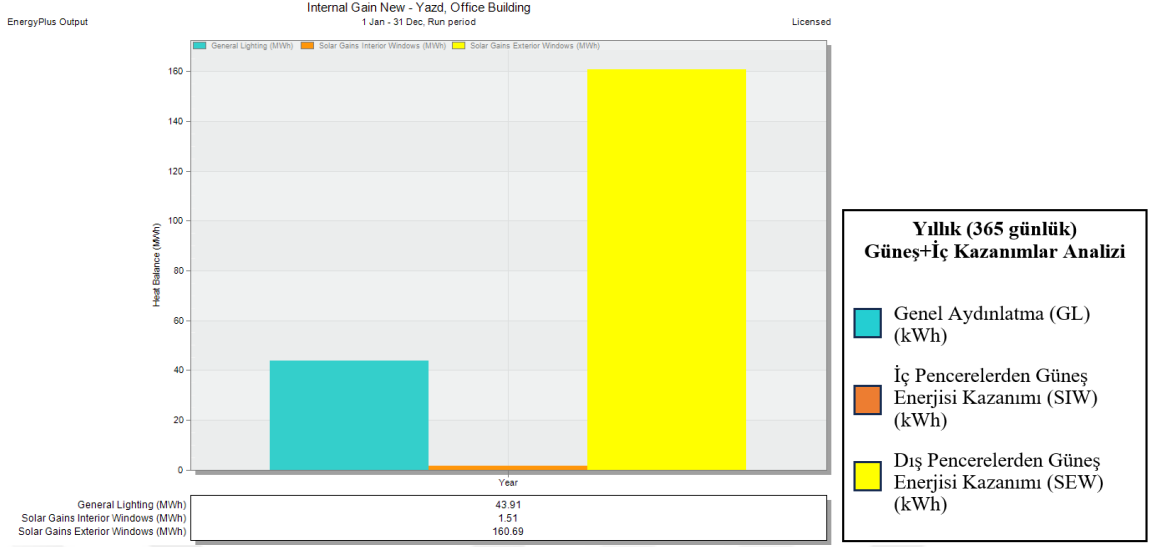
değerlendirilmektedir. Bu dönemde LED kullanımı ofis binasının konfor değerlerinin düşmesine neden olmuştur.



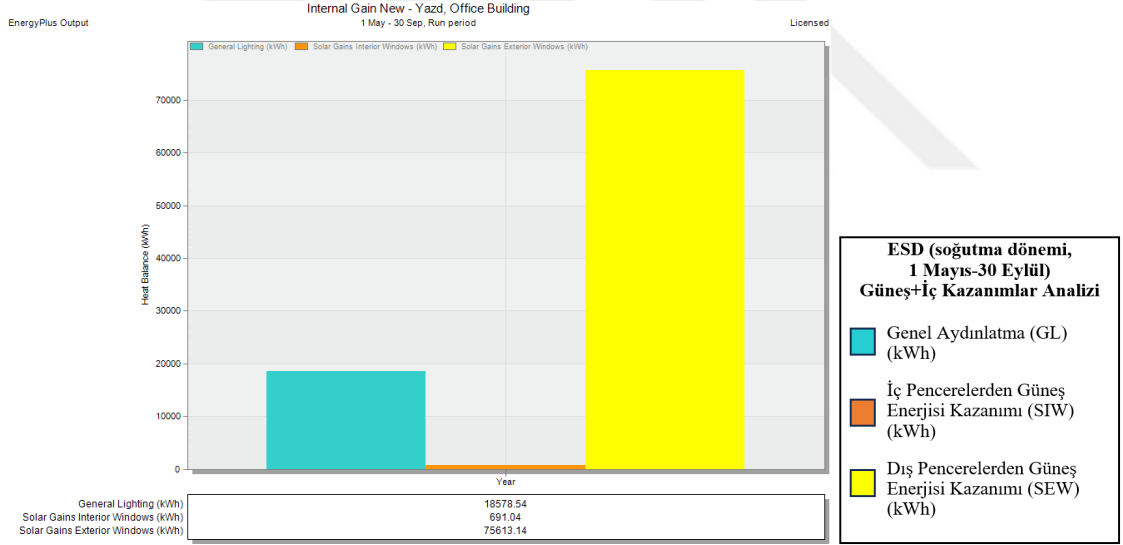
Şekil 4.55: KONF-6’da elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Yezd Bölgesi’nde, EASG’de (25 Ocak) hava sıcaklığı 3.95 °C ölçüsüne sahiptir (Şekil 4.55). Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.20 °C ölçüsüne düşmüştür. Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı değerinin düşmesi PPD değerinin %92.98 oranına artmasına neden olmuştur. PPD değeri memnuniyetsizlik düzeyindedir. PPD değeriyle paralel olarak PMV değeri -2.93 olarak artmıştır. PMV değeri, ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 4.56, çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında GL, SIW ve SEW parametrelerinin yıllık (317 günlük) değerlerini göstermektedir. Elde edilen verilere göre, yıllık (317 günlük) GL parametresi LED kullanımı nedeniyle 43.91 MWh (43910 kWh) değerine düşmüştür. Ofis binasında SIW parametresi 1.51 MWh (1510 kWh) ve SEW parametresi 160.69 MWh (160690 kWh) olarak ölçülmüştür. LED, SIW ve SEW parametrelerinin değerleri üzerinde belirgin bir artış veya düşüş etkisi gözlenmemektedir.

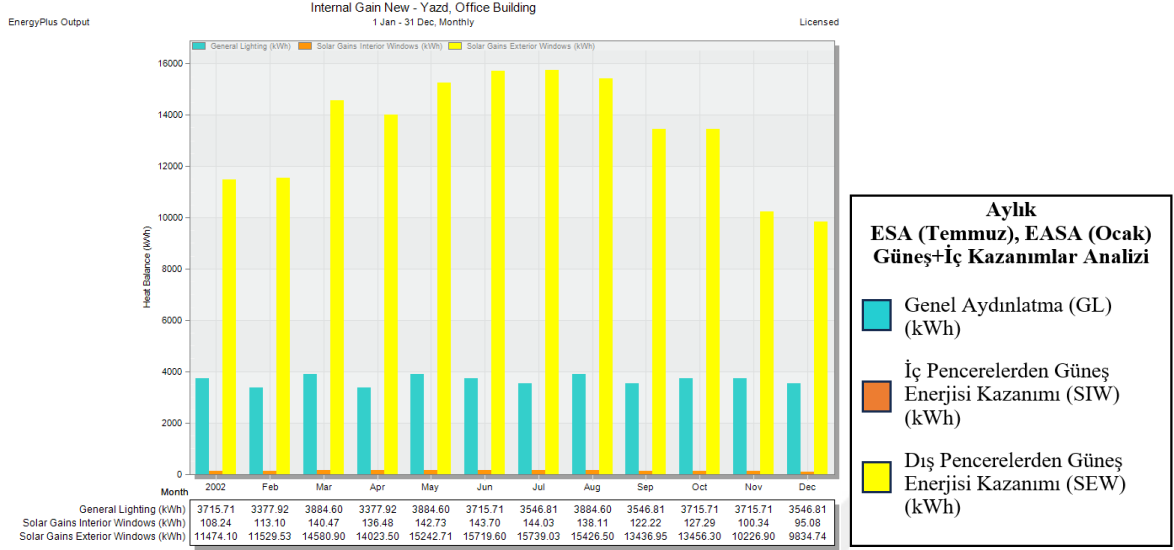


Şekil 4.56: KONF-6’da elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.57: KONF-6’da elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

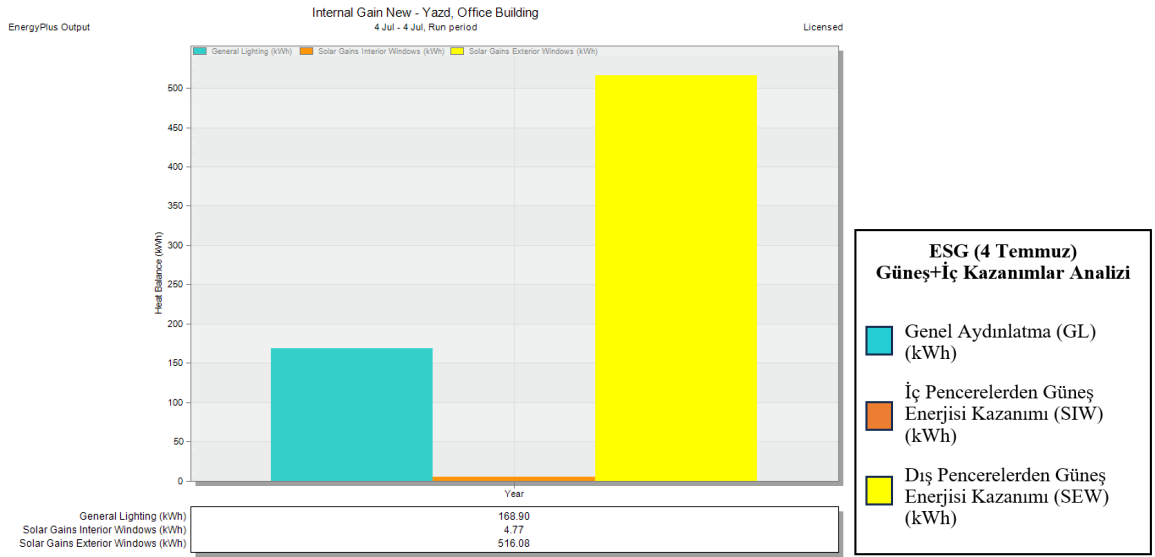
Şekil 4.57, ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç kazanımlar değerlerini göstermektedir. Sonuçlarda GL parametresi LED kullanımı nedeniyle 18578.54 kWh ölçüsüne düşmüştür. SIW parametresi 691.04 kWh değerine ulaşmıştır. SEW parametresi 75613.14 kWh olarak ölçülmüştür. Bu dönemde SIW ve SEW parametrelerinde artış ve ya düşüş görülmemektedir.



Şekil 4.58: KONF-6'da elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.58, ofis binasının iç kazanımlar değerlerini aylık olarak göstermektedir. ESA'da (Temmuz), GL parametresinin LED kullanımı nedeniyle 3546.81 kWh değerine düştüğü görülmektedir. SIW parametresi 144.03 kWh ve SEW parametresi 15739.03 kWh olarak ölçülmüştür. LED'in SIW ve SEW parametrelerinin değerleri üzerinde belirgin bir artış veya düşüş etkisi olmadığı gözlenmektedir. EASA'de (Ocak) GL parametresi 3715.71 kWh değerine düşmüştür. Bu değer düşüş nedeni ofis binasında LED sisteminin kullanılması olmaktadır. SIW parametresi 108.24 kWh ve SEW parametresi 11474.10 kWh değerlerine ulaşmıştır. SIW ve SEW değerlerinde belirgin bir artış veya düşüş görülmemektedir.

Şekil 4.59, ofis binasının iç kazanım değerlerini ESG'de (4 Temmuz) göstermektedir. ESG'de (4 Temmuz) GL değerine bakıldığında, bu parametre 168.90 kWh değerine düşmüştür. LED'nin bu değer düşüşüne neden olduğu görülmektedir. Şekil 4.59'a bakıldığında SIW parametresi 4.77 kWh ve SEW parametresi 516.08 kWh değerlerine ulaşması anlaşılmaktadır. LED'nin SIW ve SEW parametrelerinin değerlerini etkilemediği görülmektedir.



Şekil 4.59: KONF-6'da elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

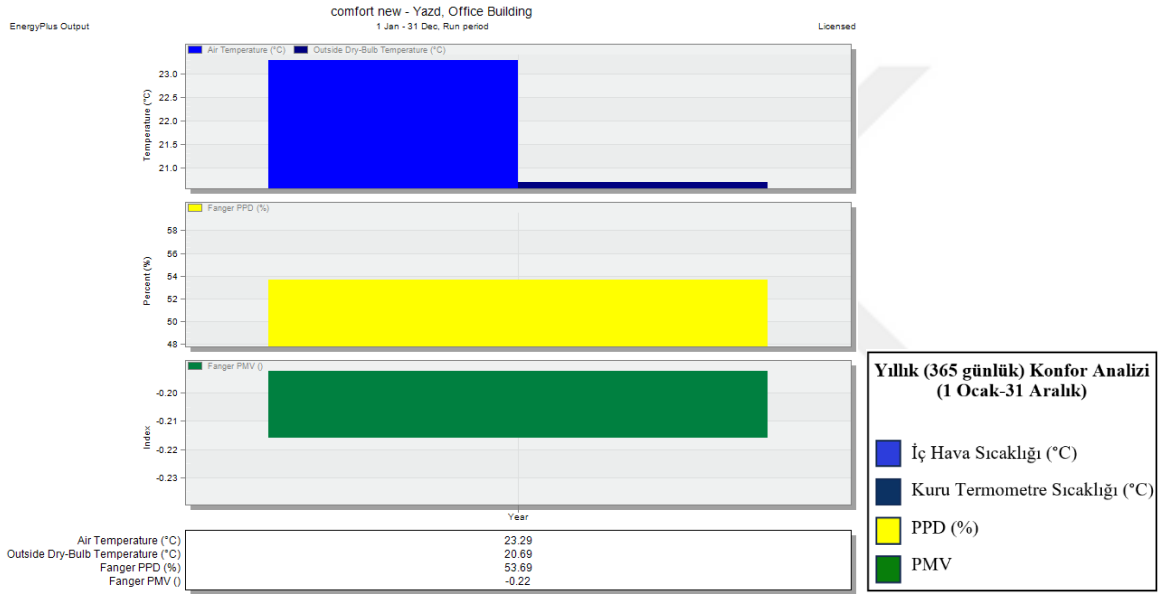


Şekil 4.60: KONF-6'da elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.60, EASG'de (25 Ocak) ofis binasının iç kazanım değerlerini göstermektedir. Ofis binasında aydınlatma sistemi olarak LED kullanımının etkisiyle, GL parametresi 168.90 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 3.83 kWh ve SEW parametresi 420.40 kWh olarak ölçülmüştür. Bu dönemde SIW ve SEW değerlerinde herhangi bir değişiklik gözlenmemektedir.

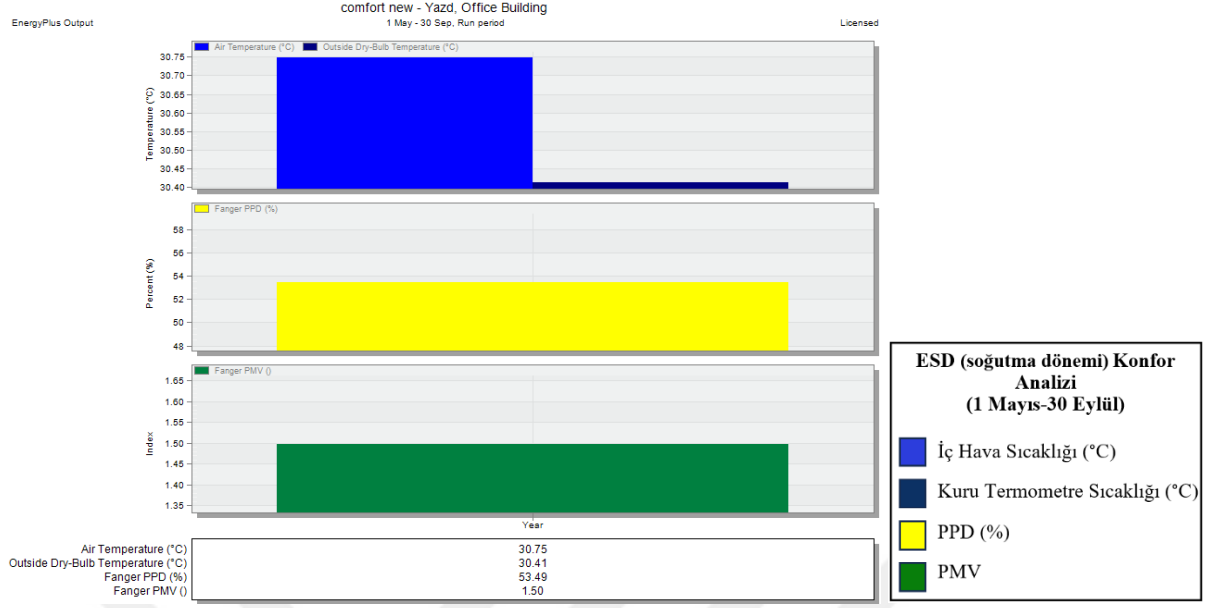
4.7. KONF-7: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASINA R-1 EKLENMESİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında KONF-7’de R-1, binaya eklenerek farklı parametreler incelenmiştir. Bu parametreler, ortalama yıllık (317 günlük), ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül), ESA (Temmuz), EASA (Ocak), ESG (4 Temmuz), EASG (25 Ocak) dönemlerine odaklanılarak analiz edilmiştir.



Şekil 4.61: KONF-7’de elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

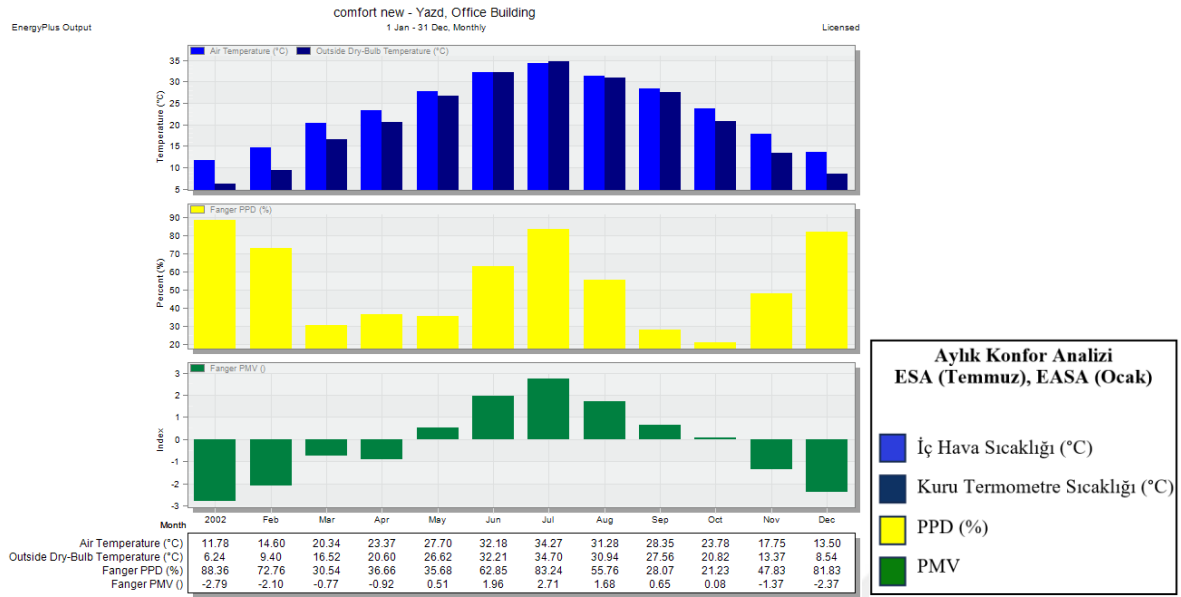
Şekil 4.61’de ortalama yıllık (317 günlük) konfor değerleri verilmiştir. Yazd Bölgesi’nin ortalama hava sıcaklığı 20.69 °C’a ulaşmıştır. Ofis binasının iç hava sıcaklığı R-1 aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma nedeniyle 23.29 °C ölçüsüne düşmüştür. Elde edilen PPD değerine bakıldığında ortalama yıllık olarak %53.69 oranına ulaşmıştır. Bu değer, ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri ise -0.22 ölçüsüne ulaşmıştır. ASHRAE 55 standardında belirtilen konforlu ölçü aralığı (-0.5 ila +0.5) dikkate alındığında, bu değer ideal konfor düzeyinde yer almaktadır.



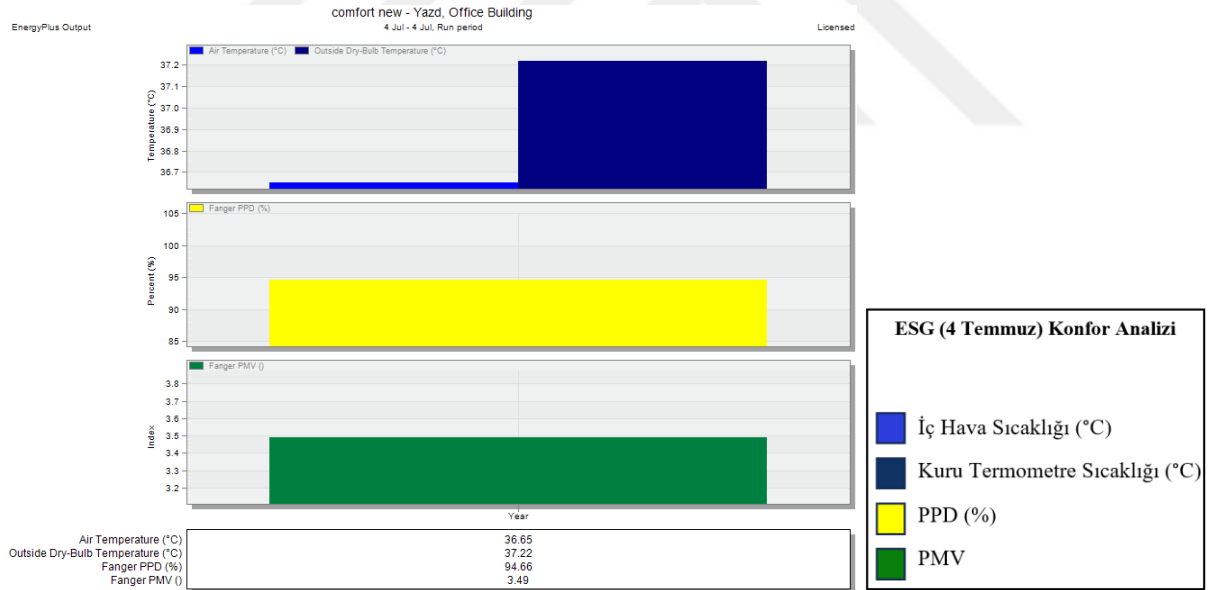
Şekil 4.62: KONF-7’de elde edilen ESD (1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.62, ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç hava sıcaklığını, dış hava sıcaklığını, PPD ve PMV değerlerini göstermektedir. KONF-7’de elde edilen ortalama sonuçlara göre ofis binasının iç hava sıcaklığı 30.75 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %53.49 oranına düşmüştür. Bu değer ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik oranına sahiptir. PMV değeri 1.50 değerine düşmüş ve ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre hafif sıcak-sıcak seviyesinde olarak değerlendirilmektedir. Bu dönemde ofis binasında R-1 aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma, konfor değerlerinin düşmesine sebep olmuştur.

Şekil 4.63 ofis binasının konfor değerlerini aylık olarak göstermektedir. Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı ESA’da (Temmuz) 34.70 °C olarak ölçülmüştür. Ofis binasının iç hava sıcaklığı kullanılan R-1 etkisinden dolayı 34.27 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %83.24 oranına düşmüştür. Elde edilen PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 2.71 ölçüsüne düşmüş ve sıcak-aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir. Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı EASA’da (Ocak) 6.24 °C ölçüsüne sahiptir. Şekil 4.63’te görüldüğü üzere, EASA’da (Ocak) ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.78 °C ölçüsüne düşerek PPD değerinin %88.36 artmasına neden olmuştur. Bu oran konforsuz düzeyinde yer almaktadır. Ayrıca PMV değeri ise -2.79 ölçüsüne artmış ve ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk olarak değerlendirilmektedir.



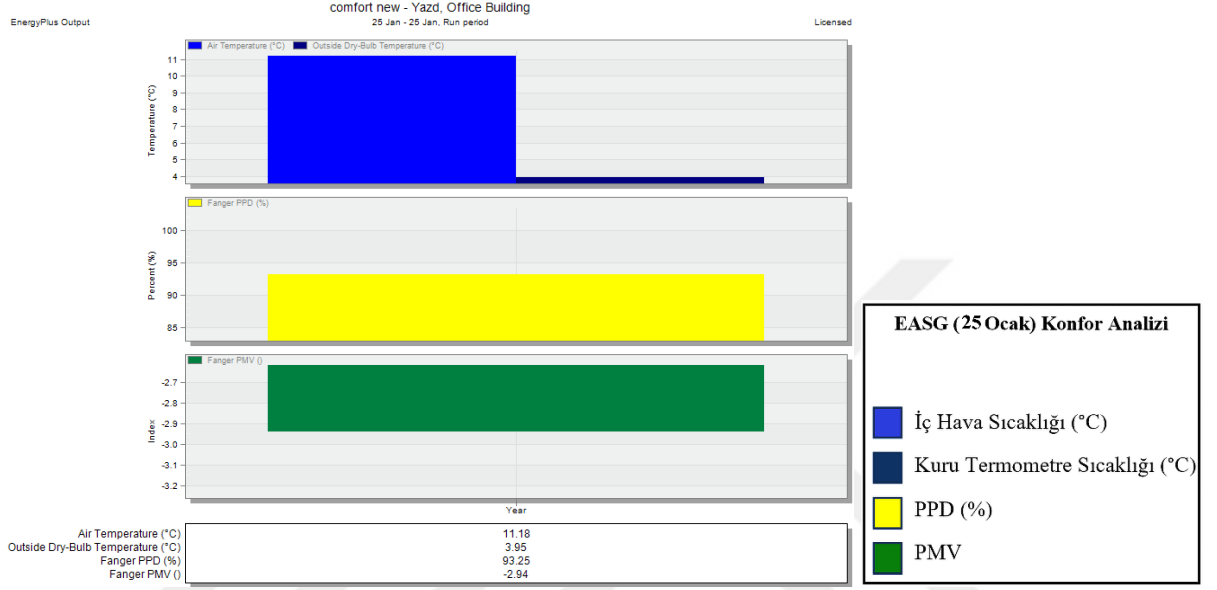
Şekil 4.63: KONF-8’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.64: KONF-7’de elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

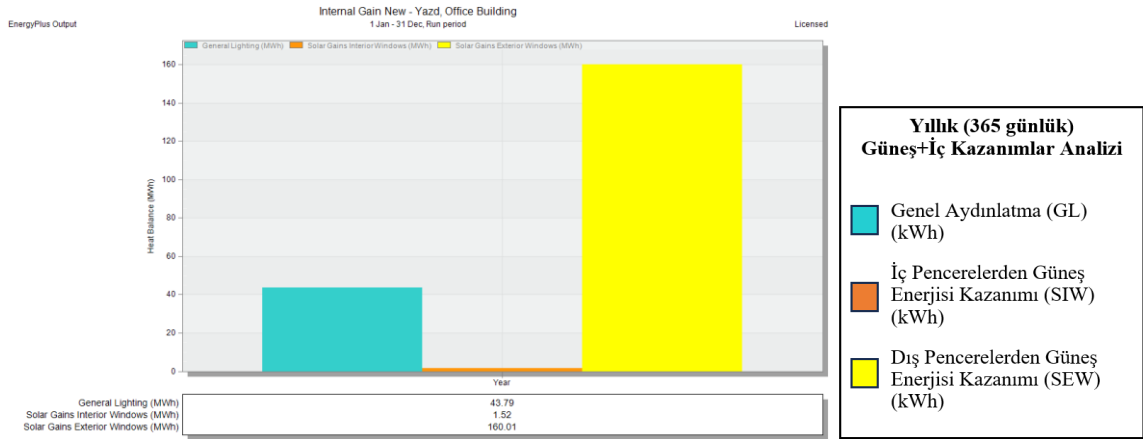
Şekil 4.64 KONF-7’de ofis binasının ısısal konfor değerlerini ESG’de (4 Temmuz) göstermektedir. Bu dönemde Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 37.22 °C ölçüsüne ulaşmıştır. Ofis binasının iç hava sıcaklığı R-1 aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırmada nedeniyle 36.65 °C ölçüsüne düşmüştür. Bu dönemde PPD değeri %94.66 oranına düşmüştür; ancak PPD

değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 3.49 ölçüsüne düşmüştür. Bu değer aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir. Bu dönemde R-1 ofis binasının konfor değerlerinin düşmesine neden olmuştur.



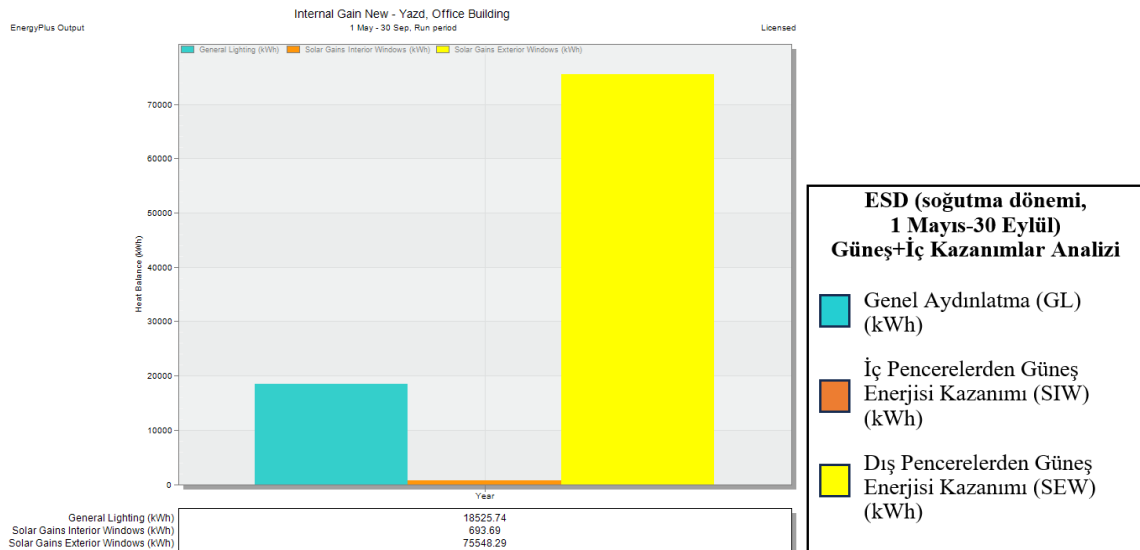
Şekil 4.65: KONF-7’de elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.65 ofis binasının konfor değerlerini EASG’de (25 Ocak) göstermektedir. Bu dönemde Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 3.95 °C ölçüsüne sahiptir. Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.18 °C ölçüsüne düşmüştür. Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı değerinin düşmesi PPD değerinin %93.25 oranında artmasına neden olmuştur. PPD değeri memnuniyetsizlik düzeyindedir. PPD değeriyle paralel olarak PMV değeri -2.94 olarak artmıştır. PMV değeri, ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk olarak değerlendirilmektedir.



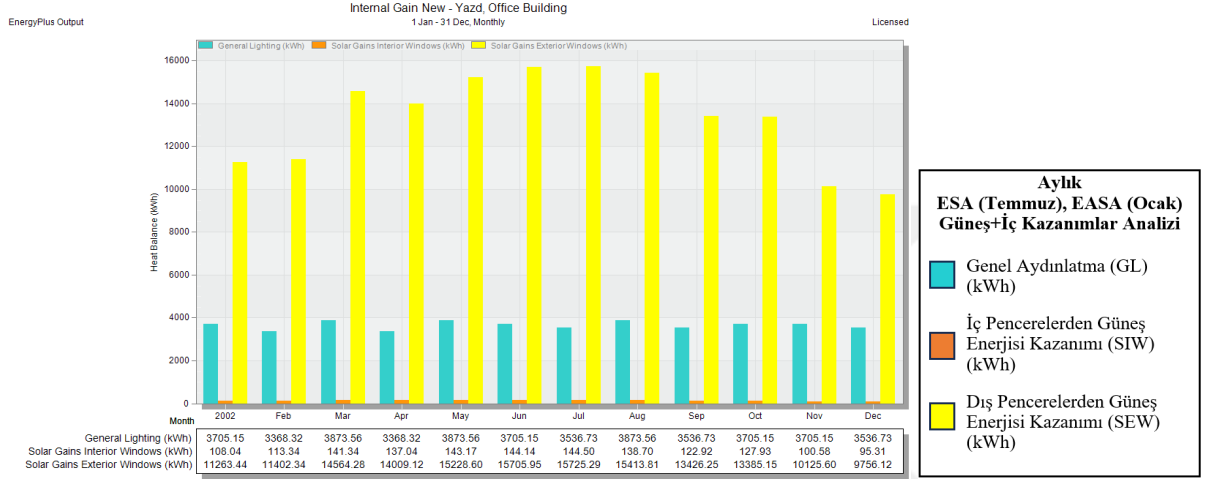
Şekil 4.66: KONF-7’de elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.66, çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında GL, SIW ve SEW parametrelerinin ortalama yıllık (317 günlük) değerlerini göstermektedir. Elde edilen verilere göre, yıllık (317 günlük) GL parametresi 43.79 MWh (43790 kWh) değerine ulaşmıştır. Ofis binasında SIW parametresi 1.52 MWh (1520 kWh) ve SEW parametresi 160.01 MWh (160010 kWh) değerlerine düşmüştür.



Şekil 4.67: KONF-7’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

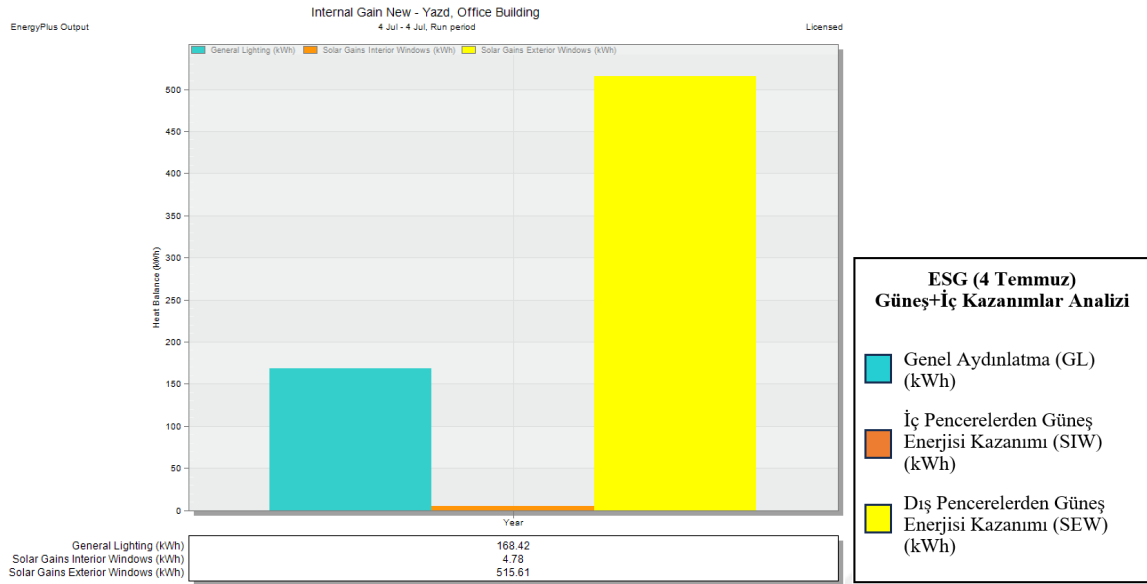
Şekil 4.67, ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç kazanımlar değerlerini göstermektedir. Sonuçlarda GL parametresi 18525.74 kWh ölçüsüne düşmüştür. SIW parametresi 693.69 kWh ve SEW parametresi 75548.29 kWh değerlerinde düşüş görülmektedir.



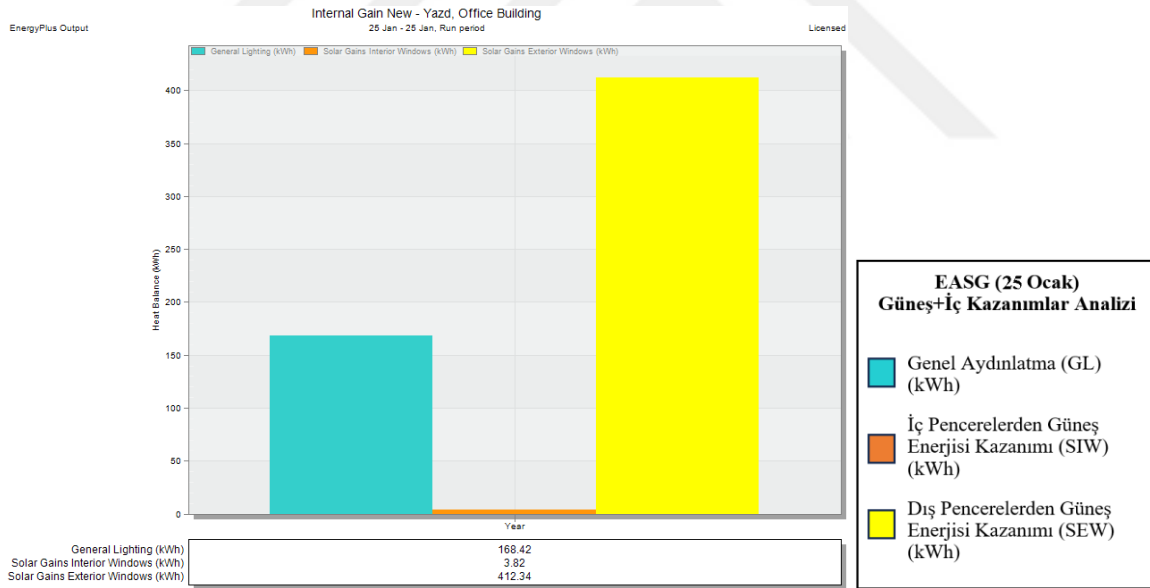
Şekil 4.68: KONF-7’de elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.68’de aylık olarak ofis binasında ele alınan R-1’in etkisi iç kazanımlar parametrelerinin değerleri üzerine verilmiştir. ESA’da (Temmuz), GL parametresi 3536.73 kWh değerine artması görülmektedir. SIW parametresi 144.50 kWh ve SEW parametresi 15725.29 kWh olarak ölçülmüştür. Bu dönemde R-1 bu parametrelerin değerlerinin düşmesine neden olmuştur. EASA’da (Ocak) GL parametresi 3705.15 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 108.04 kWh ve SEW parametresi 11263.44 kWh değerlerine düştüğü görülmektedir.

Şekil 4.69, ESG’de (4 Temmuz) ofis binasının iç kazanım değerlerini göstermektedir. ESG’de (4 Temmuz) GL değerine bakıldığında, bu parametre 168.42 kWh değerine düşmüştür. Şekil 4.69’a bakıldığında SIW parametresi 4.78 kWh ve SEW parametresi 515.61 kWh değerlerine düştüğü anlaşılmaktadır.



Şekil 4.69: KONF-7’de elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

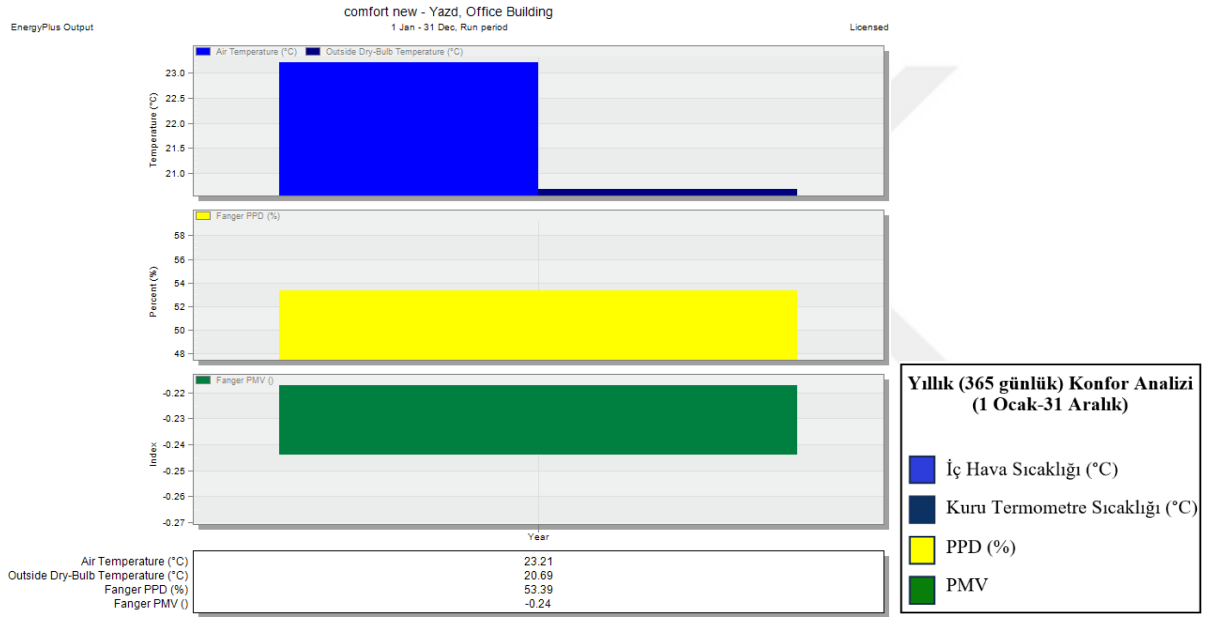


Şekil 4.70: KONF-7’de elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.70, EASG’de (25 Ocak) ofis binasının iç kazanım değerlerini göstermektedir. GL parametresi 168.42 kWh değerine artmıştır. SIW parametresi 3.82 kWh ve SEW parametresi 412.34 kWh değerlerine düşüş görülmektedir.

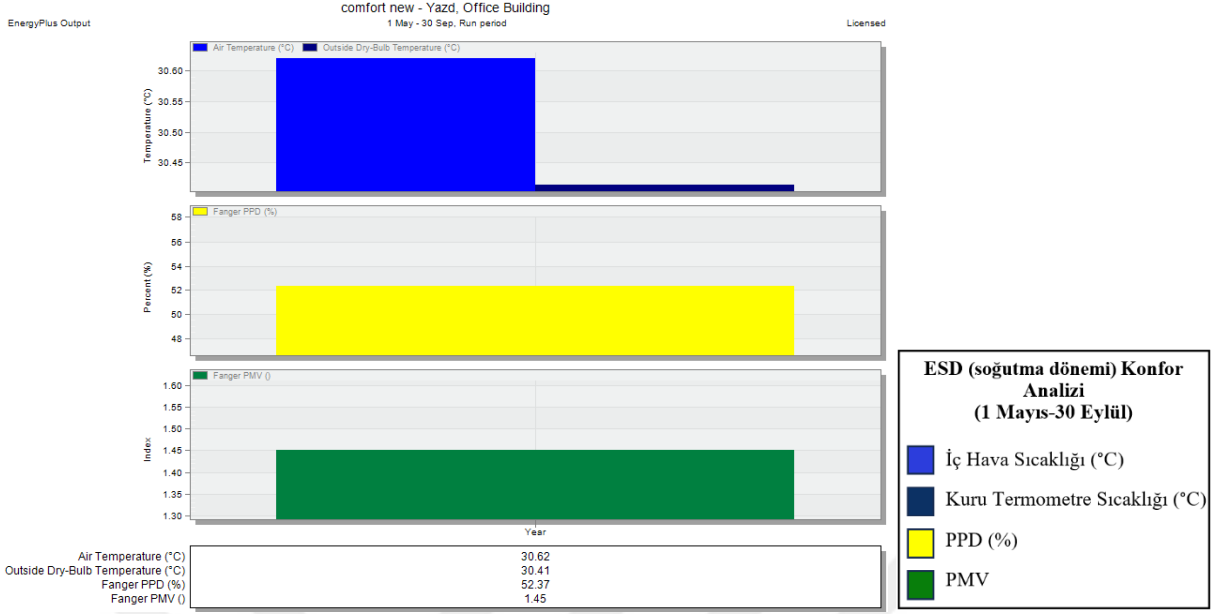
4.8. KONF-8: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASINA R-2'NİN EKLENMESİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

KONF-8'de çalışma kapsamında ele alınan ofis binasına R-1'in yanı sıra R-2 de eklenmiştir. Bu KONF'ta R-1 ve R2'nin etkisi farklı parametreler üzerinde, ortalama yıllık (317 günlük), ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül), ESA (Temmuz), EASA (Ocak), ESG (4 Temmuz), EASG (25 Ocak) şeklinde incelenmiştir.



Şekil 4.71: KONF-8'de elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

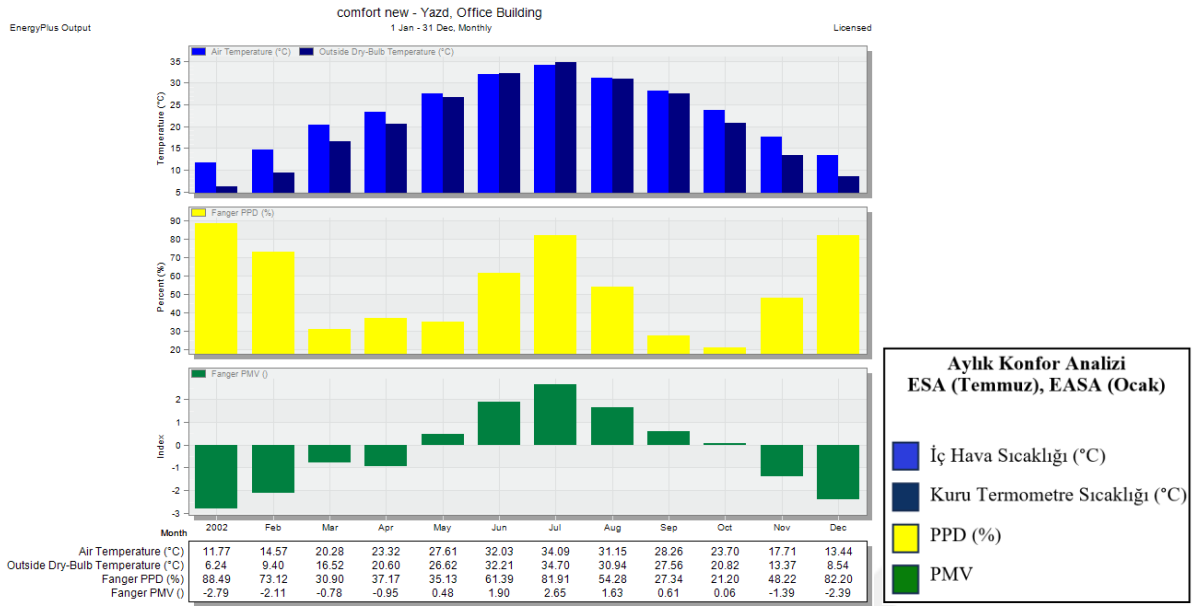
Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında yapılan ortalama yıllık (317 günlük) simülasyon sonuçlarına göre, ofis binasının iç hava sıcaklığı R-1 ve R-2 aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma etkisiyle birlikte 23.21 °C ölçüsüne düşmüştür (Şekil 4.71). Elde edilen PPD değerine bakıldığında ortalama yıllık olarak %53.39 oranına düştüğü anlaşılmaktadır. Bu değer, ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri ise -0.24 ölçüsüne ulaşmıştır. ASHRAE 55 standardında belirtilen konforlu ölçü aralığı (-0.5 ila +0.5) dikkate alındığında, bu değer ideal konfor seviyesinde yer almaktadır.



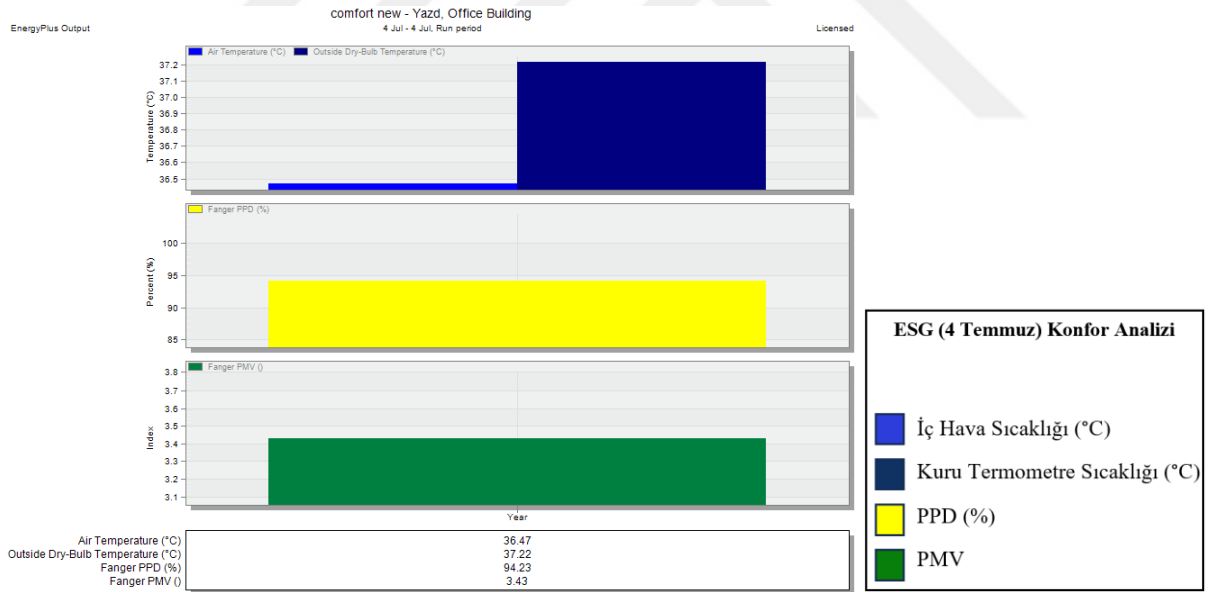
Şekil 4.72: KONF-8’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs- 30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.72, ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç hava sıcaklığını, dış hava sıcaklığını, PPD ve PMV değerlerini göstermektedir. KONF-8’de elde edilen ortalama sonuçlara göre ofis binasının iç hava sıcaklığı R-1 v R-2’nin etkileri nedeniyle 30.62 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %52.37 ölçüsüne düşmüştür; ancak bu değer memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 1.45 olarak ölçülmüş ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçü aralığına göre hafif sıcak-sıcak olarak değerlendirilmektedir. Bu dönemde ofis binasında yer alan R-1 ve R-2, konfor değerlerinin düşmesine neden olmuştur.

Şekil 4.73 ofis binasının konfor değerlerini aylık olarak göstermektedir. Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı ESA’da (Temmuz) 34.70 °C olarak ölçülmüştür. Ofis binasının iç hava sıcaklığı R-1 ve R-2’nin etkisinden dolayı 34.09 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %81.91 oranına düşmüştür. Elde edilen PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 2.65 ölçüsüne düşmüş ve sıcak-aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir. Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı EASA’da (Ocak) 6.24 °C ölçüsüne sahiptir. Şekil 4.73’de görüldüğü üzere, EASA’da (Ocak) ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.77 °C ölçüsüne ulaşmış ve PPD değerinin %88.49 düşmesine neden olmuştur. Bu oran konforsuz düzeyinde yer almaktadır. Ayrıca PMV değeri ise -2.79 ölçüsüne ulaşmış ve ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk-aşırı soğuk olarak değerlendirilmektedir.



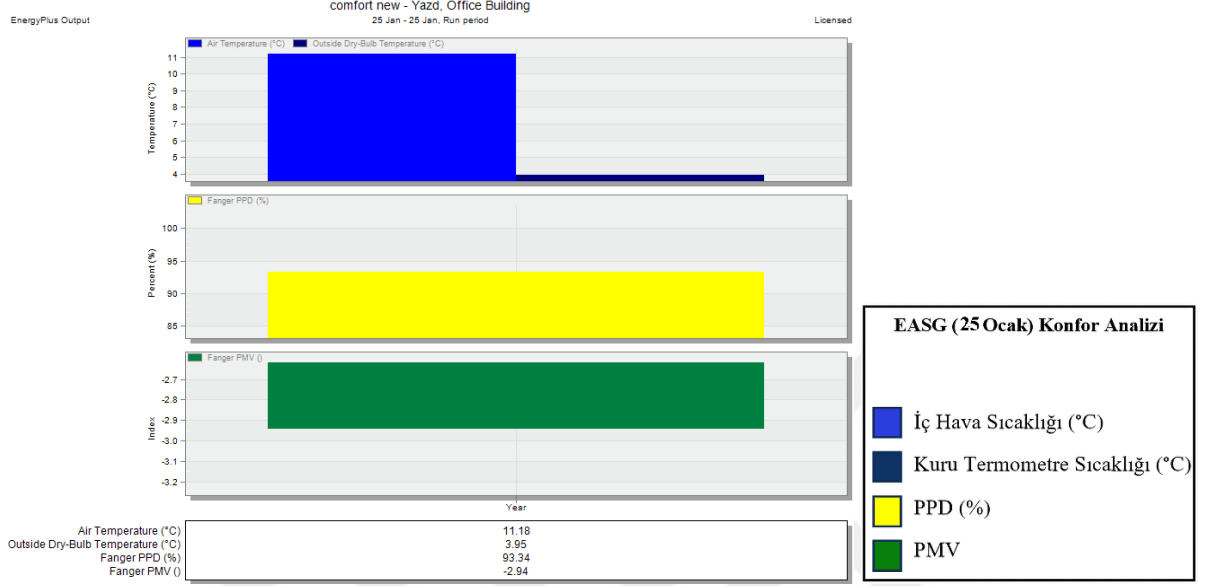
Şekil 4.73: KONF-8’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.74: KONF-8’de elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.74 KONF-8’de ofis binasının ısısal konfor değerlerini ESG’de (4 Temmuz) göstermektedir. Elde edilen ölçülere göre, ESG’de (4 Temmuz) R-2 ve R-3 aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma nedeniyle ofis binasının iç hava sıcaklığı 36.47 °C düşmüştür. Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 37.22 °C olarak sonuçlanmıştır. PPD değeri %94.23 oranına

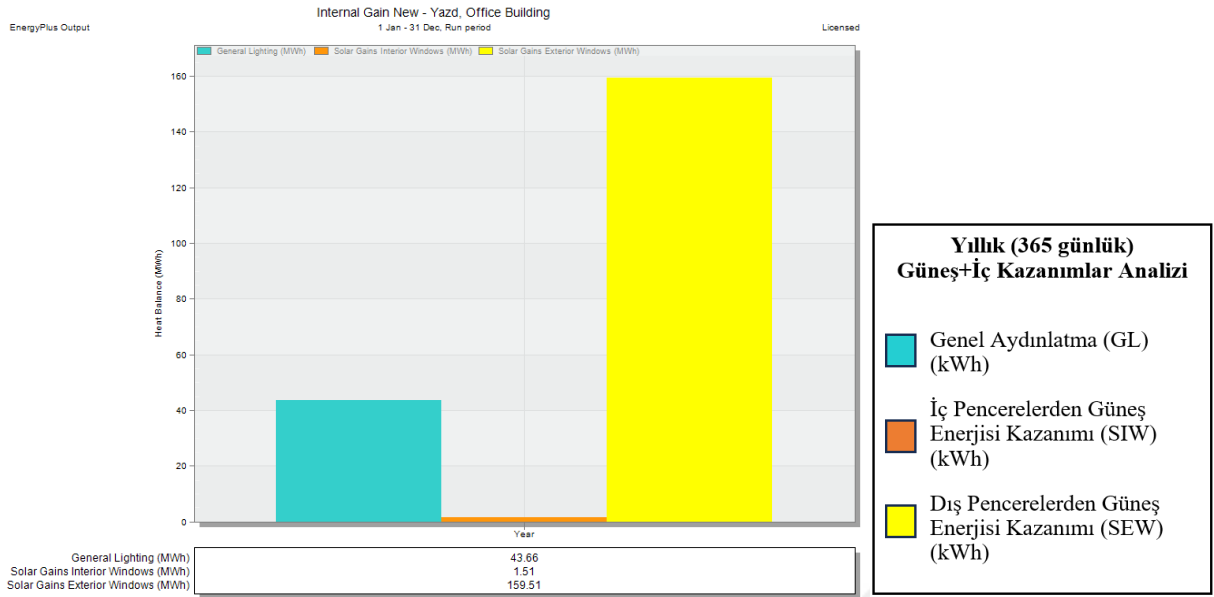
ulaşarak yüksek memnuniyetsizlik değerine sahiptir. PMV 3.43 olarak ölçülmüştür. Bu değer ASHRAE 55 standardına göre aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir.



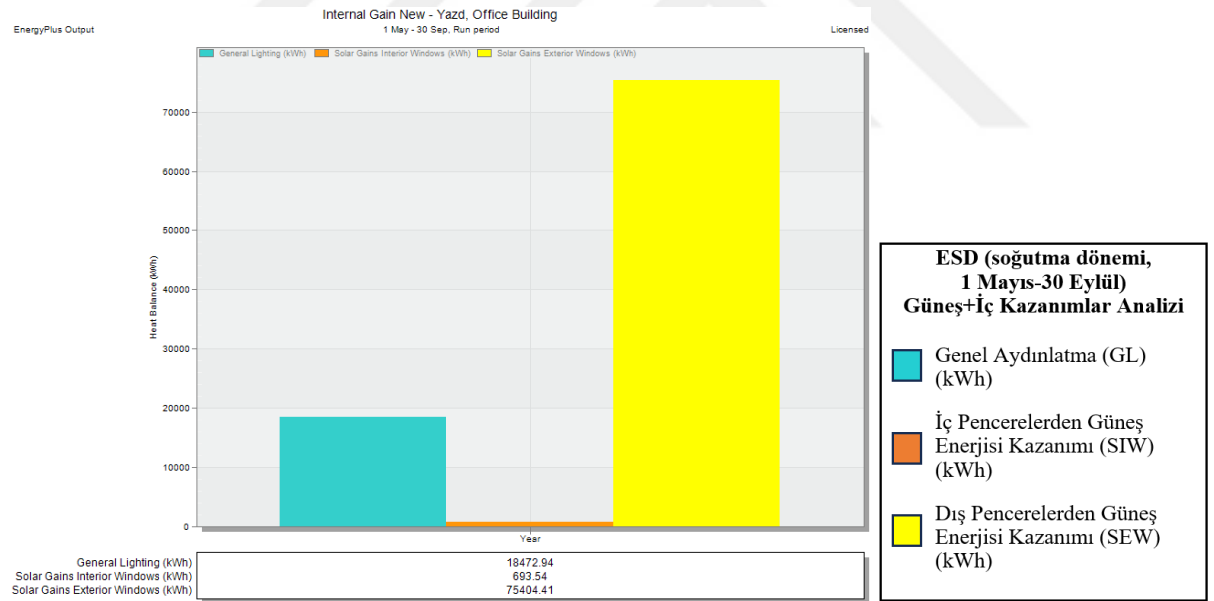
Şekil 4.75: KONF-8’de elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 7.75, KONF-8’de ofis binasının ısısal konfor değerlerini EASG’de (25 Ocak) göstermektedir. EASG’de (25 Ocak) ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.18 °C ölçüsüne artmıştır. Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 3.95 °C olarak ölçülmüştür. PPD değeri %93.34 oranına düşmüştür. Bu değer ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik oranına sahiptir. PMV değeri ise -2.94 olarak ölçülmüştür. Bu dönemde PMV değerinde düşüş görülmektedir. PMV değeri ofis binasının EASG’de (25 Ocak) yapılan analizde soğuk-aşırı soğuk olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 4.76, çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında GL, SIW ve SEW parametrelerinin ortalama yıllık (317 günlük) değerlerini göstermektedir. Elde edilen verilere göre, yıllık (317 günlük) GL parametresi 43.66 MWh (43660 kWh) değerine düşmüştür. Ofis binasında SIW parametresi 1.51 MWh (1510 kWh) değerine düşmüş ve SEW parametresi 159.51 MWh (159510 kWh) değerine düştüğü görülmektedir.

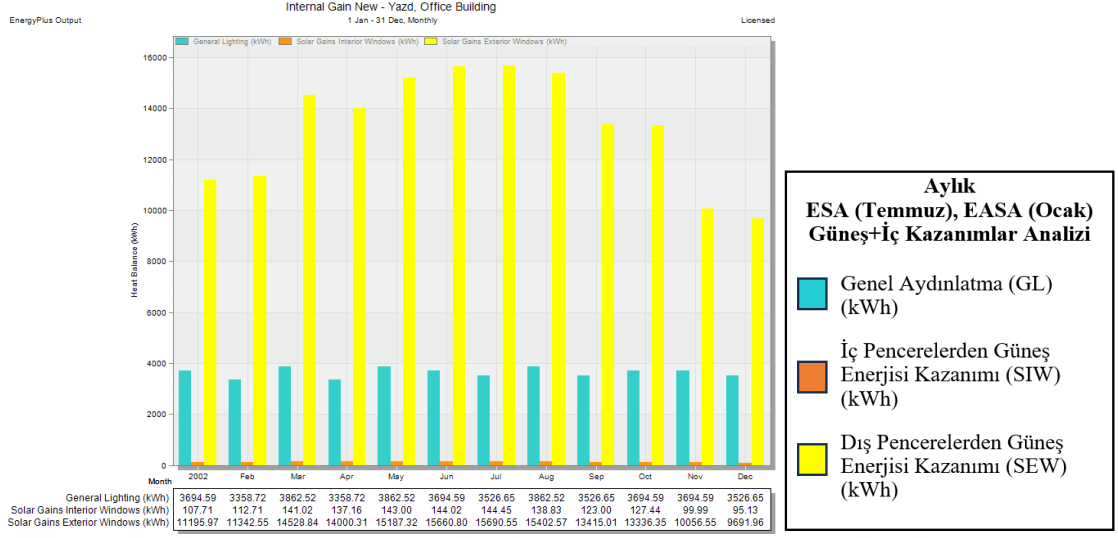


Şekil 4.76: KONF-8’de elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



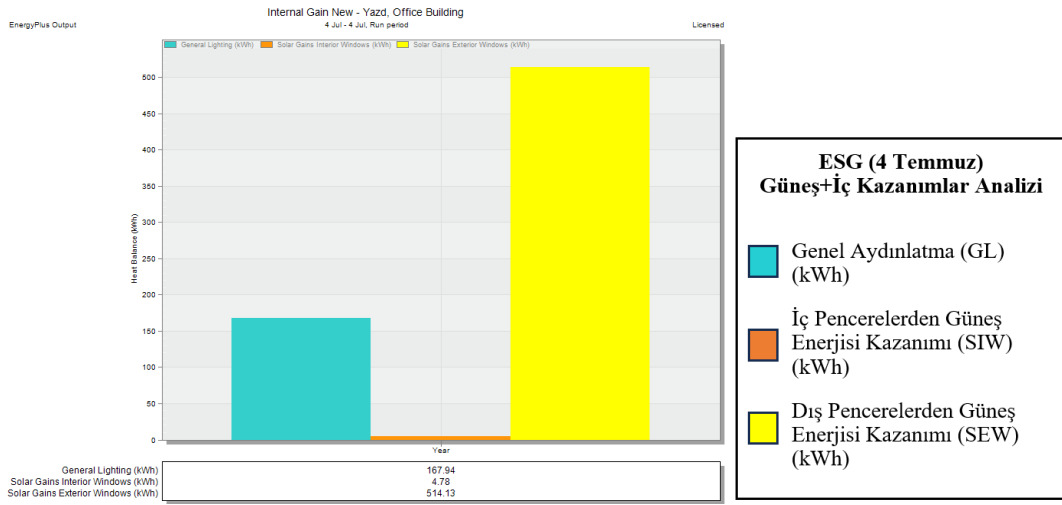
Şekil 4.77: KONF-8’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.77, ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç kazanımlar değerlerini göstermektedir. Sonuçlarda GL parametresi 18472.94 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 693.54 kWh ve SEW parametresi 75404.41 kWh değerine düştüğü görülmektedir.



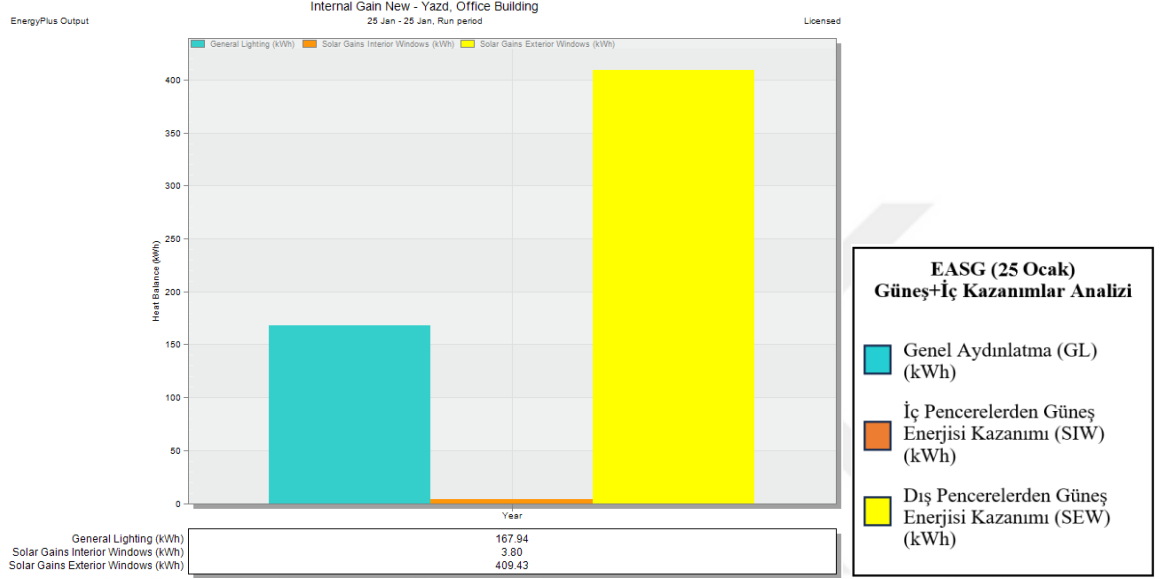
Şekil 4.78: KONF-8’de elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.78, ofis binasının iç kazanımlar değerlerini aylık olarak göstermektedir. ESA'da (Temmuz), GL parametresi 3526.65 kWh değerine düştüğü görülmektedir. SIW parametresi 144.45 kWh ve SEW parametresi 15690.55 kWh değerlerine düşmüştür. EASA’de (Ocak) GL parametresi 3694.59 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 107.71 kWh ve SEW parametresi 11195.97 kWh değerlerine düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.79: KONF-8’de elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.79, ESG’de (4 Temmuz) ofis binasının iç kazanımlar değerlerini göstermektedir. ESG’de (4 Temmuz), GL parametresi 167.94 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 4.78 kWh değerine ulaşmıştır. Bu parametre değerinde değişiklik görülmemektedir. SEW parametresi 514.13 kWh değerine düştüğü görülmektedir.

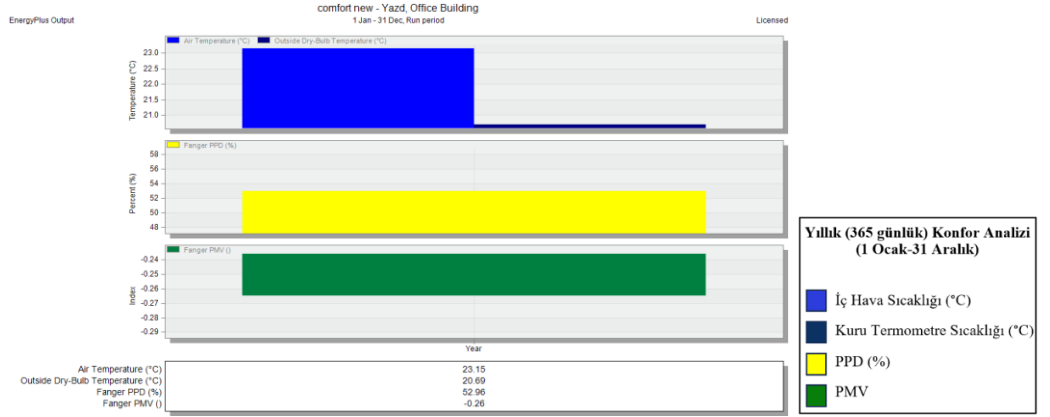


Şekil 4.80: KONF-9’da elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.80, EASG’de (25 Ocak) ofis binasının iç kazanımlar değerlerini göstermektedir. EASG’de (25 Ocak), GL parametresi 167.94 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 3.80 kWh ve SEW parametresi 445.30 kWh değerine düşmüştür.

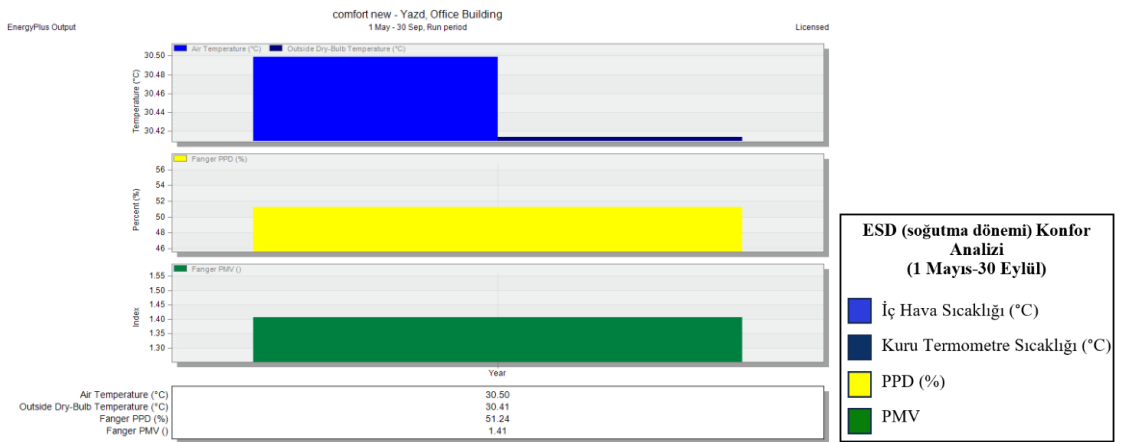
4.9. KONF-9: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASINA R-3’UN EKLENMESİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

KONF-9’da çalışma kapsamında ele alınan ofis binasına R-1, R-2 ve R-3 eklenerek bu öğelerin etkisi farklı parametreler üzerinde ortalama yıllık (317 günlük), ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül), ESA (Temmuz), EASA (Ocak), ESG (4 Temmuz), EASG (25 Ocak) olarak irdelenmiştir.



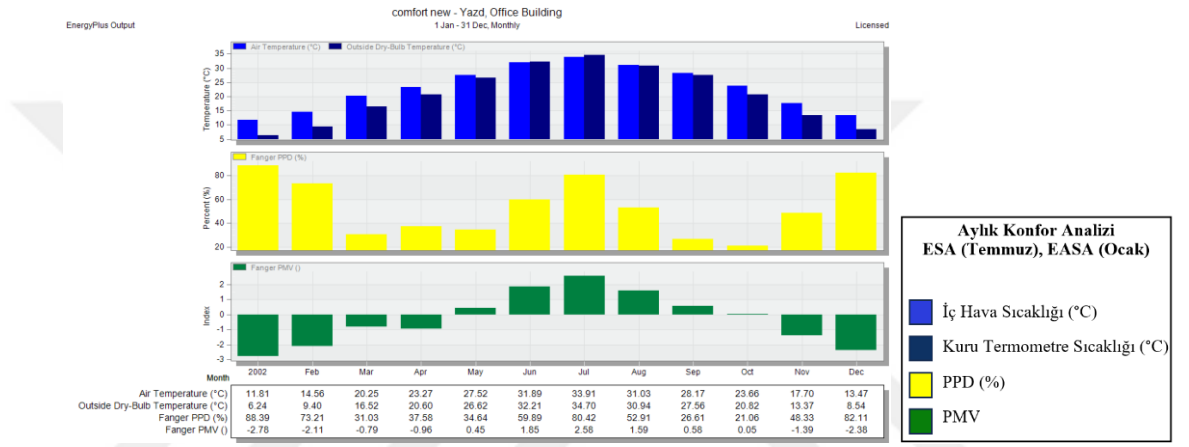
Şekil 4.81: KONF-9’da elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.81 KONF-9’da ele alınan ofis binasının konfor durumunu ortalama yıllık (317 günlük) olarak göstermektedir. Ofis binasının iç hava sıcaklığı R-1, R-2 ve R-3 aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma nedeniyle 23.15 °C değerine düşmüştür. Elde edilen PPD değerine bakıldığında yıllık olarak %52.96 oranına düşmüştür. Bu değer, ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri ise -0.26 ölçüsüne ulaşmıştır. ASHRAE 55 standardında belirtilen konforlu ölçü aralığı (-0.5 ila +0.5) dikkate alındığında, bu değer ideal konfor seviyesinde yer almaktadır.



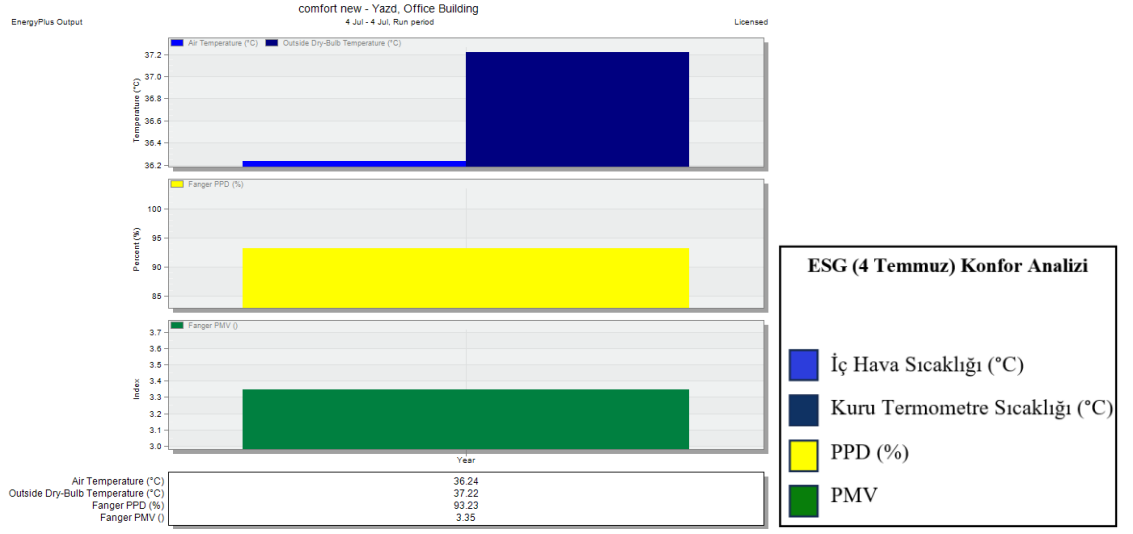
Şekil 4.82: KONF-9’da elde edilen ESD (1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.82, ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç hava sıcaklığını, dış hava sıcaklığını, PPD ve PMV değerlerini göstermektedir. KONF-9’da elde edilen ortalama sonuçlara göre ofis binasının iç hava sıcaklığı R-1, R-2 v R-3’ün etkileri nedeniyle 30.50 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %51.24 ölçüsüne düşmüştür; ancak bu değer memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 1.41 olarak ölçülmüş ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçü aralığına göre hafif sıcak-sıcak olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.83: KONF-9’da elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

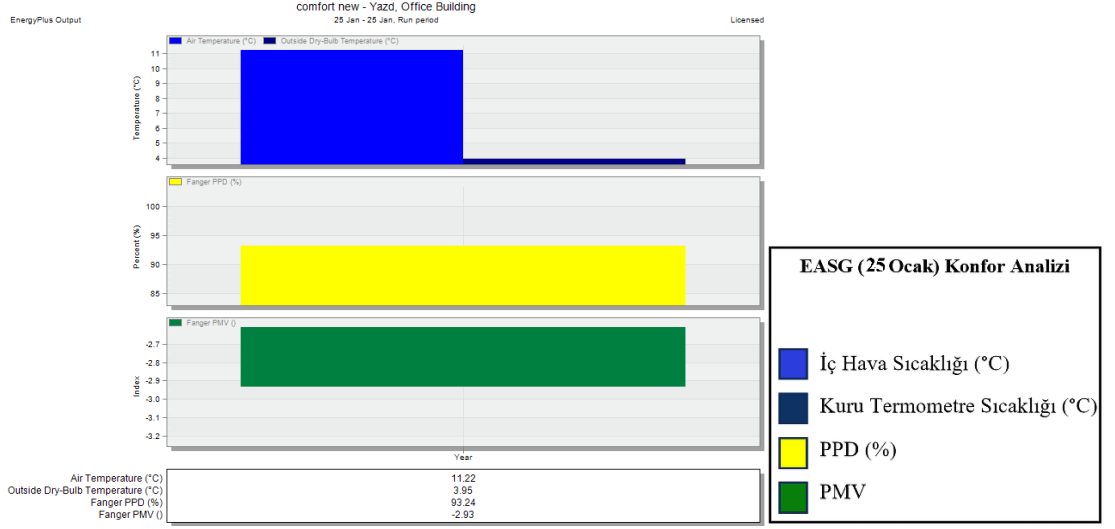
Şekil 4.83 ofis binasının konfor değerlerini aylık olarak göstermektedir. ESA’da (Temmuz) Yezd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 34.70 °C olarak ölçülmüştür. Ofis binasının iç hava sıcaklığı 33.91 °C olarak ölçülmüştür. Bu dönemde elde edilen ofis binasının iç hava sıcaklığında PPD değeri %80.42 oranına düşmüştür. Elde edilen PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 2.58 ölçüsüne düşmüş ve sıcak-aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir. Yezd Bölgesi’nin hava sıcaklığı EASA’da (Ocak) 6.24 °C ölçüsüne sahiptir. Şekil 4.83’te görüldüğü üzere, EASA’da (Ocak) ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.81 °C ölçüsüne artarak PPD değerinin %88.39 düşmesine neden olmuştur. Bu oran konforsuz düzeyinde yer almaktadır. Ayrıca PMV değeri ise -2.78 ölçüsüne düşmüş ve ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk-aşırı soğuk olarak değerlendirilmektedir.



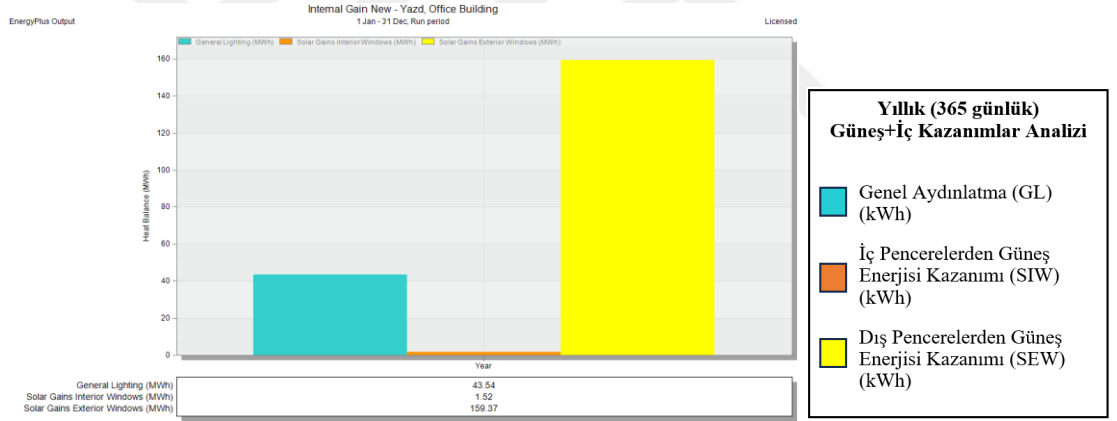
Şekil 4.84: KONF-9’da elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.84 KONF-10’da ofis binasının ısısal konfor değerlerini ESG’de (4 Temmuz) göstermektedir. Bu dönemde Yezd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 37.22 °C ölçüsüne ulaşmıştır. Ofis binasının iç hava sıcaklığı R-1, R-2 ve R-3 aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma nedeniyle 36.24 °C ölçüsüne düşmüştür. Bu dönemde PPD değeri %93.23 oranına düştüğü görülmektedir. PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 3.35 ölçüsüne ulaşmıştır. Bu değer aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 4.85 ofis binasının konfor değerlerini EASG’de (25 Ocak) göstermektedir. Bu dönemde Yezd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 3.95 °C ölçüsüne sahiptir. Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.22 °C ölçüsüne artmıştır. Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı değerinin düşmesi PPD değerinin %93.24 oranında düşmesine neden olmuştur. PPD değeri memnuniyetsizlik düzeyindedir. PPD değeriyle paralel olarak PMV değeri -2.93 değerine düştüğü görülmektedir. PMV değeri, ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk olarak değerlendirilmektedir.

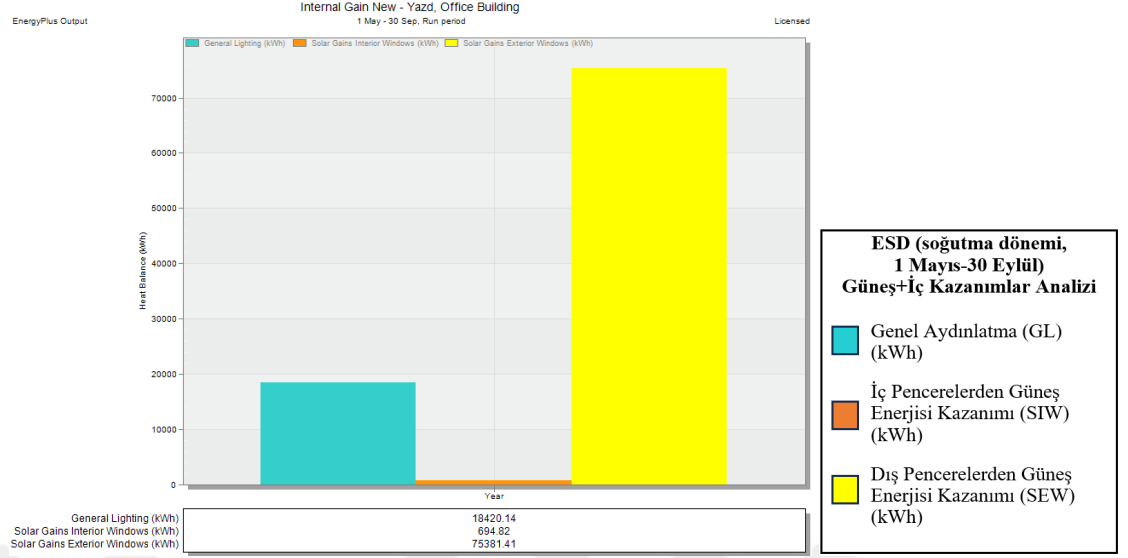


Şekil 4.85. KONF-9’da elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



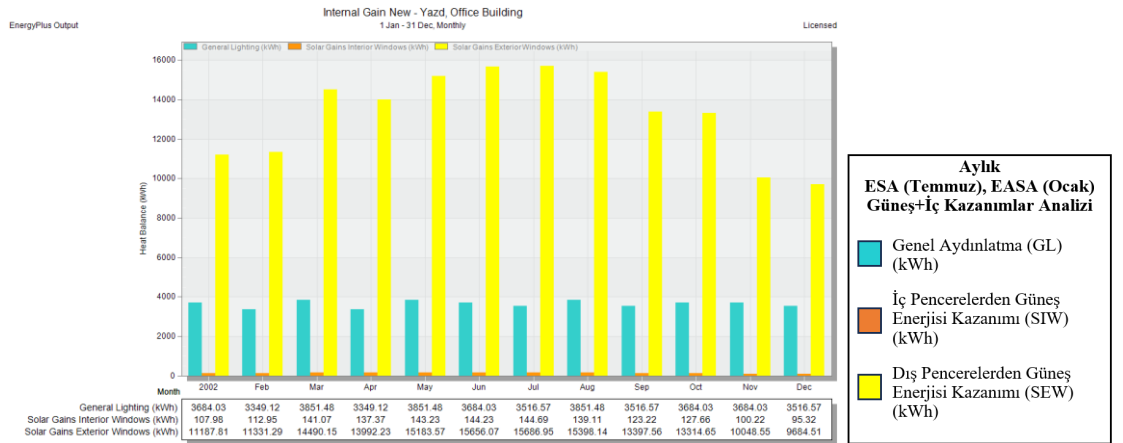
Şekil 4.86: KONF-9’da elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.86, çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında GL, SIW ve SEW parametrelerinin ortalama yıllık (317 günlük) değerlerini göstermektedir. Elde edilen verilere göre, yıllık (317 günlük) GL parametresi 43.54 MWh (43540 kWh), SIW parametresi 1.52 MWh (1520 kWh) ve SEW parametresi 159.37 MWh (159370 kWh) değerlerine düşmüştür.



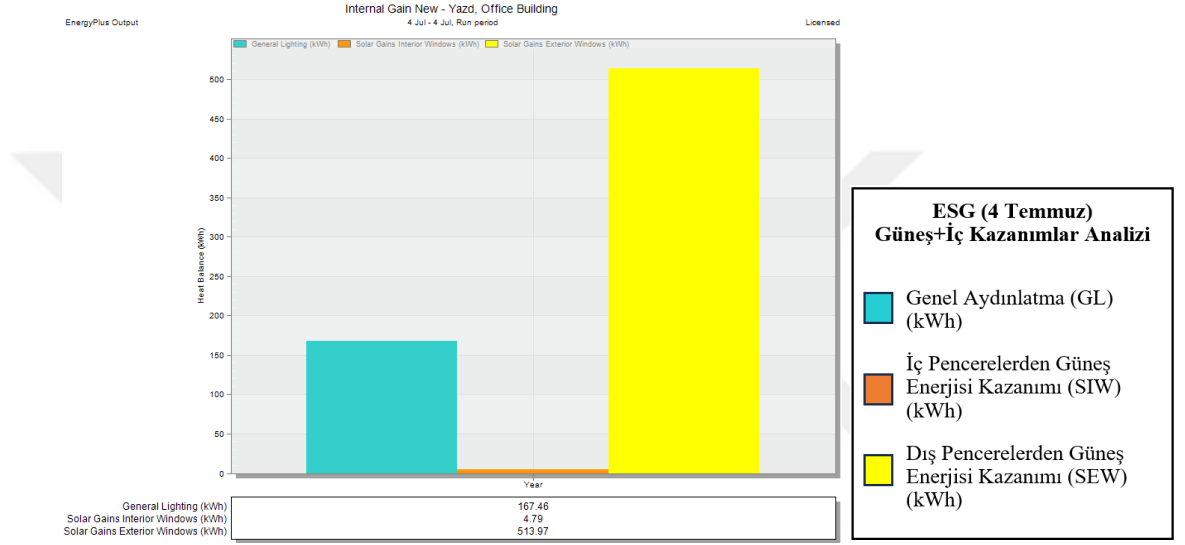
Şekil 4.87: KONF-9'da elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.87, çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında GL, SIW ve SEW parametrelerinin ESD'de (1 Mayıs-30 Eylül) değerlerini göstermektedir. Sonuçlarda GL parametresi 18420.14 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 694.82 kWh ve SEW parametresi 75381.41 kWh değerlerine düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.88: KONF-9'da elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

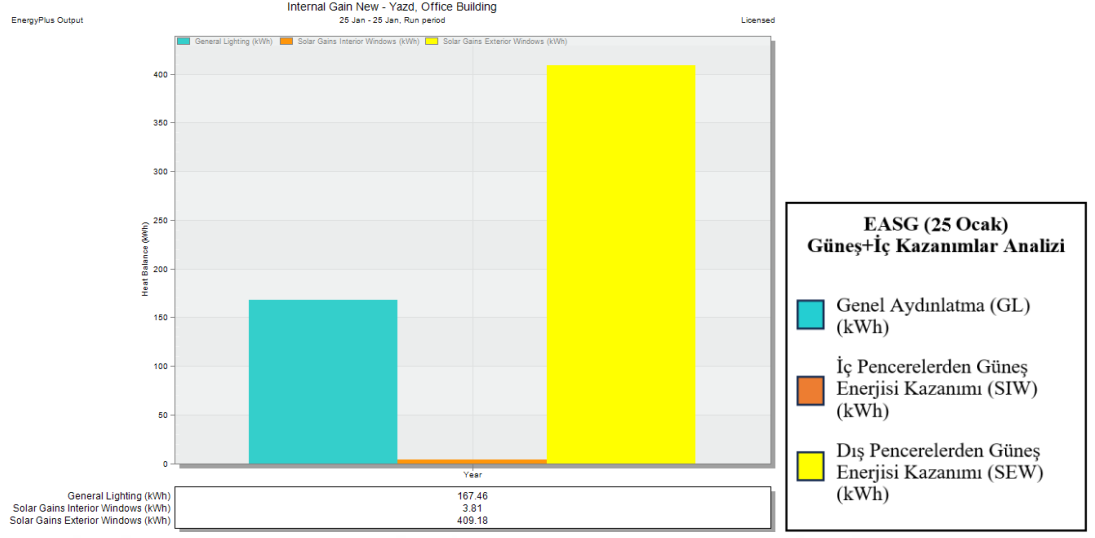
Şekil 4.88’de ofis binasında aylık olarak iç kazanımlar değerleri verilmiştir. ESA’da (Temmuz) GL parametresi 3516.57 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 144.69 kWh değerine düşmüş ve SEW parametresi 15686.95 kWh değerine düştüğü görülmektedir. EASG’de (Ocak) GL parametresi 3684.03 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 107.98 kWh değerine artmış ve SEW parametresi 11187.81 kWh değerine düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.89: KONF-9’da elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.89, KONF-9’da bu çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında iç kazanımlar değerleri ESG’de (4 Temmuz) göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre EASG’de (4 Temmuz) GL parametresi 167.46 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 4.79 kWh ulaşmıştır. SEW parametresi 513.97 kWh değerine düştüğü görülmektedir.

Şekil 4.90, bu çalışmanın ofis kapsamında iç kazanımlarını EASG’de (25 Ocak) göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre EASG’de (25 Ocak) GL parametresi 167.46 kWh değerine düşmüştür. SIW parametresi 3.81 kWh değerine ulaşmış ve SEW parametresi 409.18 kWh değerine düştüğü görülmektedir.

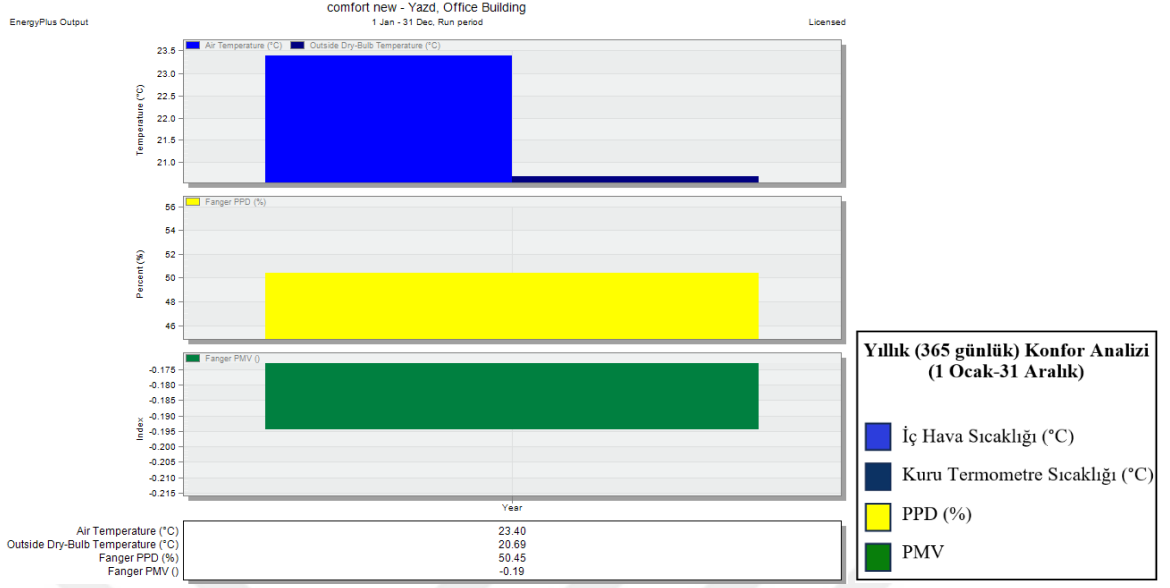


Şekil 4.90: KONF-9'da elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

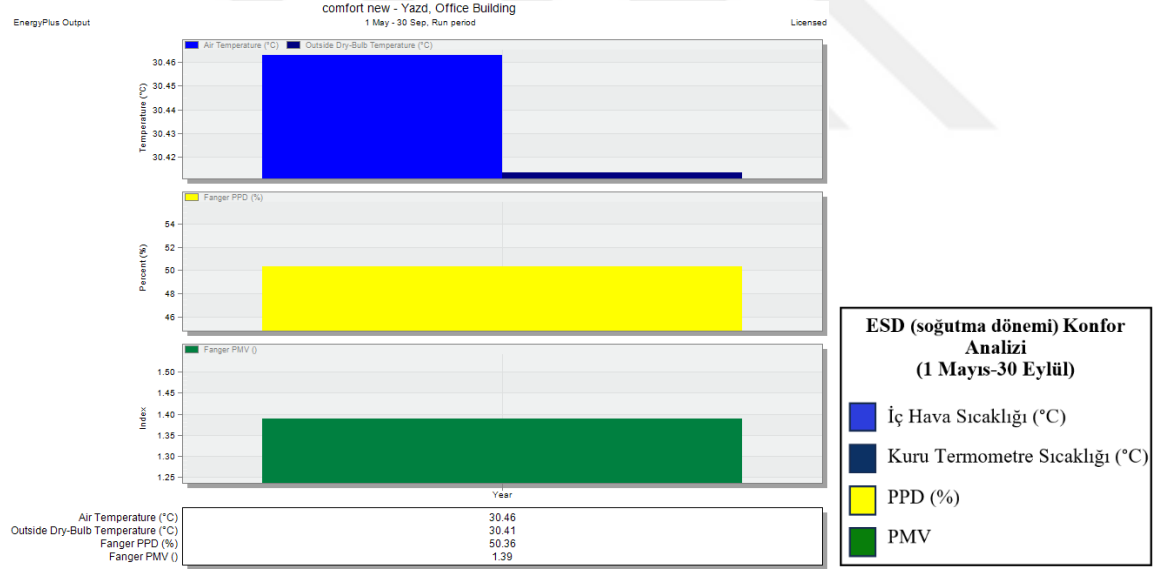
4.10. KONF-10: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASININ DIŞ DUVARLAR VE ÇATI YAPISINA XPS YALITIMININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında KONF-10'da binanın dış duvarları ve çatısı yapısında XPS yalıtımı yer almıştır. Bu simülasyon sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan ofis binası yapısında özellikle XPS yalıtımının farklı parametreler üzerinde etkisinin incelemesi amacıyla yapılmıştır.

Şekil 4.91'de çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında ortalama yıllık (317 günlük) konfor değerleri verilmiştir. KONF-10'da ortalama yıllık (317 günlük) yapılan simülasyonda Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 20.69 °C ölçüsüne ulaşmıştır. Ofis binasının iç hava sıcaklığı 23.40°C değerine artmıştır. Bu dönemde dış duvarlar ve tavan yapısında yer alan XPS yalıtımı, ofis binasının iç hava sıcaklığının artmasına sebep olduğu görülmektedir. PPD değeri %50.45 oranına düşmüştür ancak; Bu değer, ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değerine bakıldığında -0.19 değerine ulaştığı görülmektedir. ASHRAE 55 standardında belirtilen konforlu ölçü aralığı (-0.5 ila +0.5) dikkate alındığında, bu değer ideal konfor düzeyinde yer almıştır.



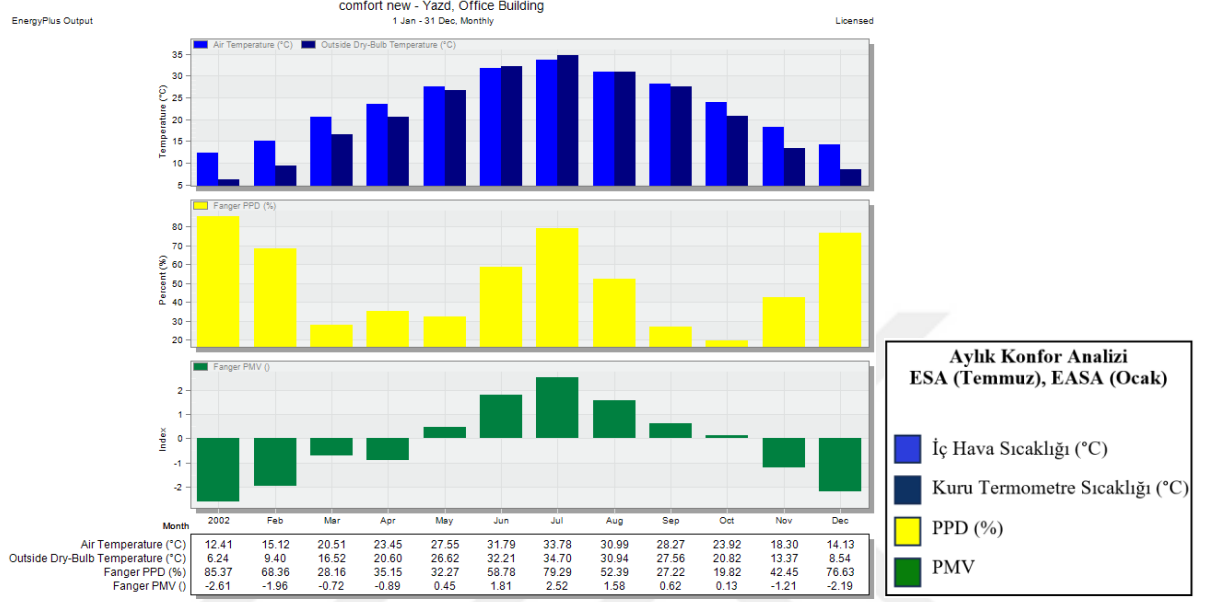
Şekil 4.91: KONF-10'da elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.92: KONF-10'da elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

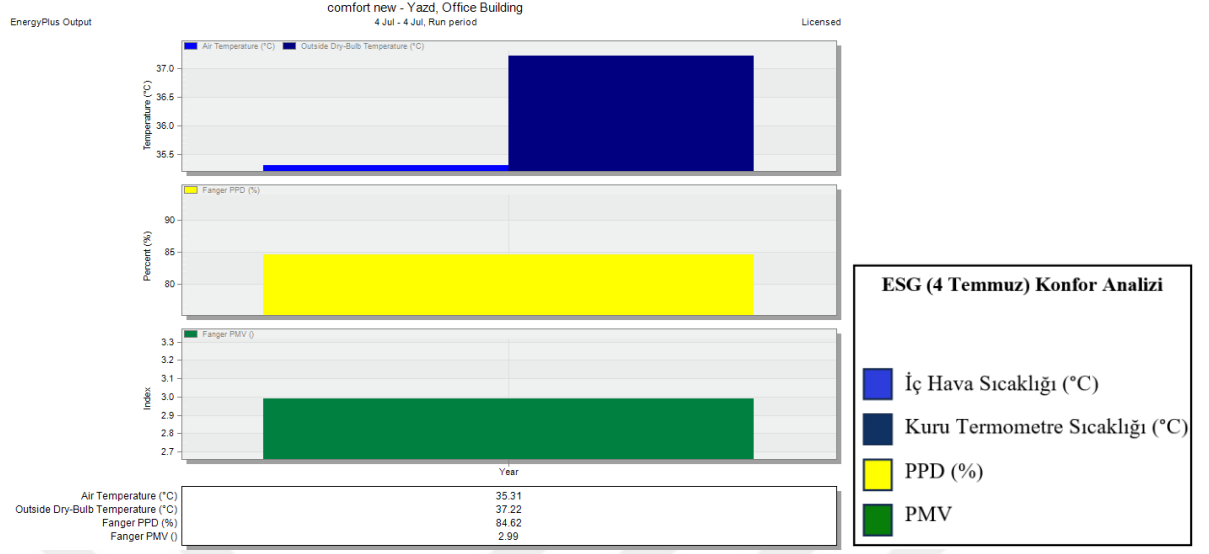
Şekil 4.92, ESD'de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç hava sıcaklığını, dış hava sıcaklığını, PPD ve PMV değerlerini göstermektedir. KONF-10'da elde edilen ortalama sonuçlara göre ofis binasının iç hava sıcaklığı 30.46 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %50.36 ölçüsüne düşmüştür; ancak bu değer memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV

değeri 1.39 olarak ölçülmüş ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçü aralığına göre hafif sıcak-sıcak olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.93: KONF-11’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

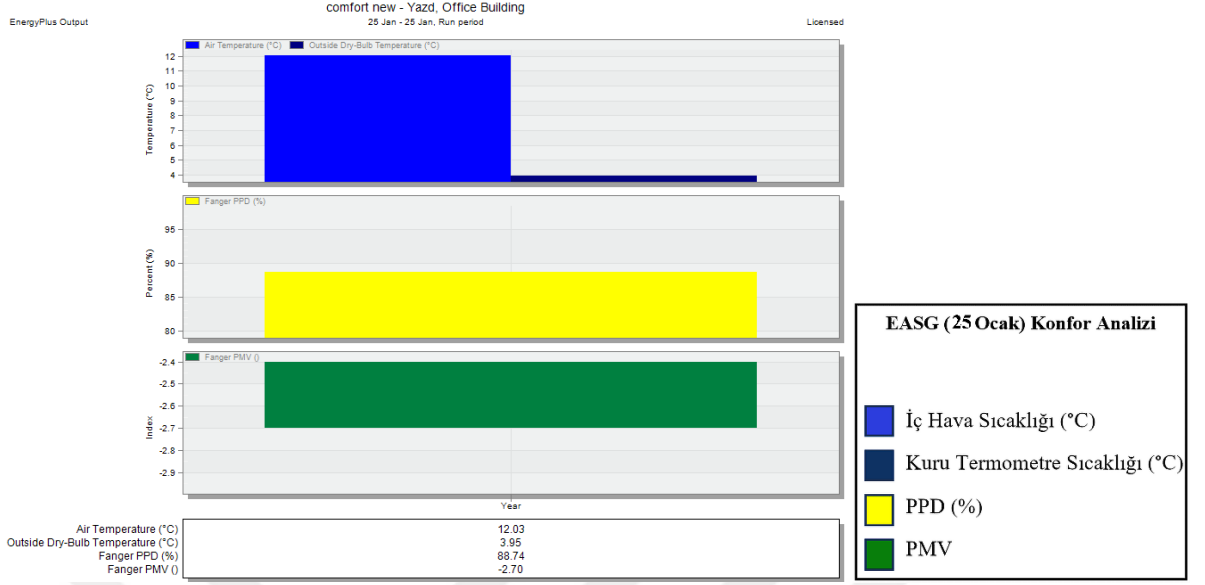
Şekil 4.93’te KONF-10’da ele alınan ofis binasının konfor değerleri aylık olarak verilmiştir. ESA’da (Temmuz) Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 34.70 °C değerine ulaşmıştır. ofis binasının iç hava sıcaklığı 33.78 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değerine bakıldığında bu değer %79.29 ölçüsüne düştüğü görülmektedir. Elde edilen PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 2.52 değerine düştüğü görülmektedir. Bu değer sıcak-aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir. Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı EASA’da (Ocak) 6.24 °C ölçüsüne sahiptir. Şekil 4.93’te görüldüğü üzere, EASA’da (Ocak) ofis binasının dış duvar ve çatı yapısında kullanılan XPS yalıtımından dolayı, binanın iç hava sıcaklığı 12.41 °C ölçüsüne artmıştır. Bu dönemde PPD değerinin %85.37 değerine düştüğü görülmektedir. Bu oran konforsuz düzeyinde yer almaktadır. Bu dönemde PMV değeri -2.61 ölçüsüne düşmüştür. Bu değer ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk-aşırı soğuk olarak değerlendirilmektedir.



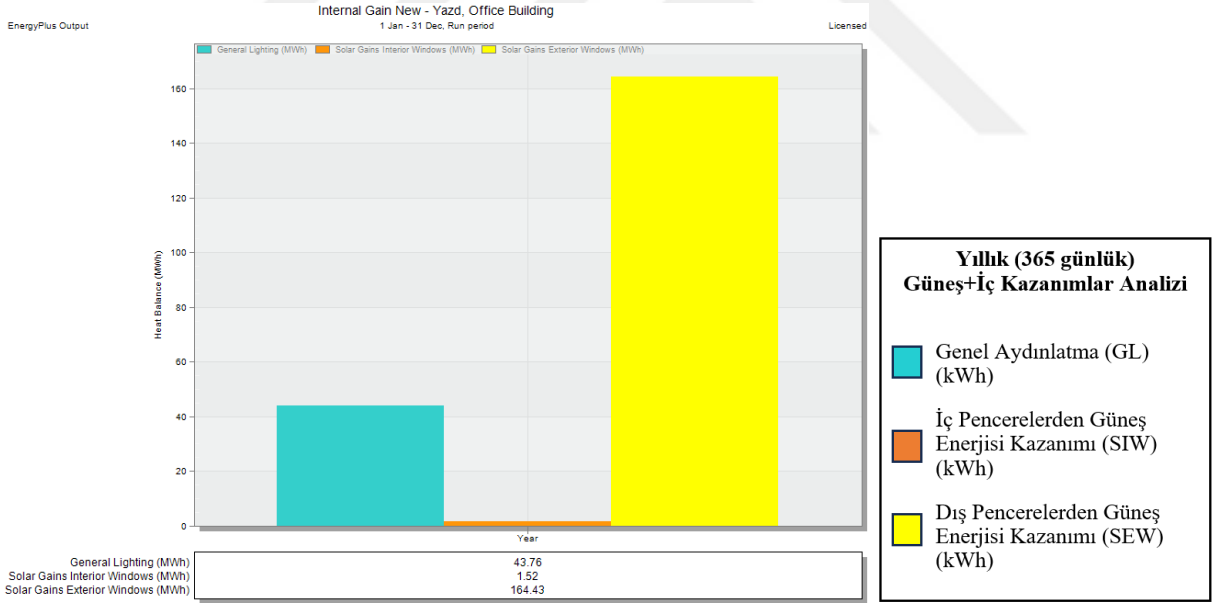
Şekil 4.94: KONF-10'da elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.94 KONF-10'da ofis binasının ısısal konfor değerlerini ESG'de (4 Temmuz) göstermektedir. Bu dönemde Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 37.22 °C ölçüsüne ulaşmıştır. Ofis binasının iç hava sıcaklığı dış duvarlar ve çatı yapısında yer alan XPS yalıtımı nedeniyle 35.31 °C ölçüsüne düşmüştür. Bu dönemde PPD değeri %84.62 oranına düştüğü görülmektedir. PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 2.99 ölçüsüne düşmüştür. Bu değer aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir.

Şekil 4.95 ofis binasının konfor değerlerini EASG'de (25 Ocak) göstermektedir. Bu dönemde Yazd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 3.95 °C ölçüsüne sahiptir. Bu dönemde ofis binasının dış duvarları ve çatısında XPS yalıtımı kullanılması nedeniyle binanın iç hava sıcaklığı 12.03 °C ölçüsüne artmıştır. PPD değerinin bu dönemde %88.74 oranında ulaşmasına dikkat çekilmektedir. PPD değeri, memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri ise -2.70 olarak ölçülmüştür. PMV değeri, ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk-aşırı soğuk olarak bir düzeyde yer almaktadır.



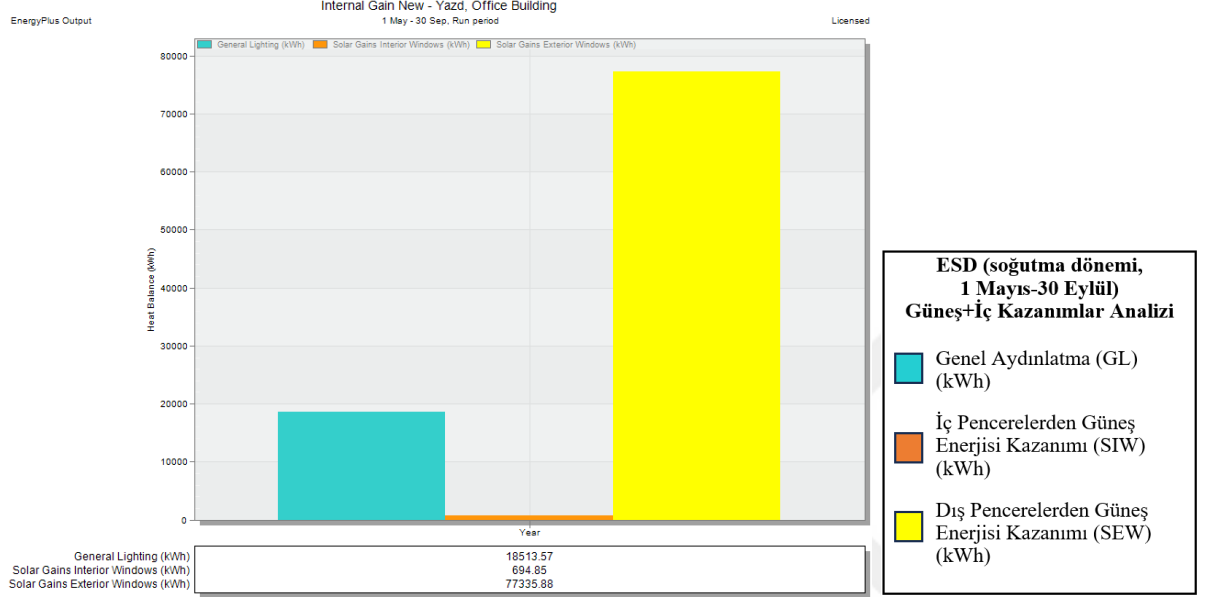
Şekil 4.95: KONF-10'da elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.96: KONF-10'da elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.96, KONF-10'da ofis binasının duvar ve çatı yapısında yer alan XPS yalıtımdan dolayı iç kazanımlar değerlerini ortalama yıllık (317 günlük) olarak göstermektedir. Bu şekilde elde edilen sonuçlara bakıldığında GL parametresi 43.76 MWh (43760 kWh) değerine artmıştır.

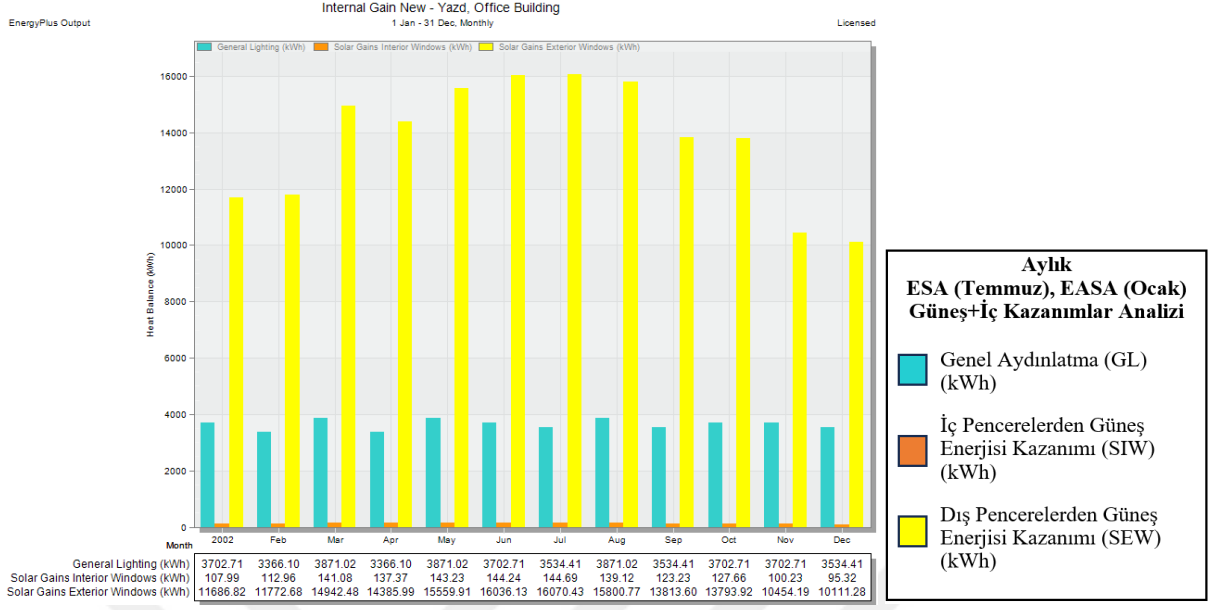
SIW parametresi 1.52 MWh (1520 kWh) değerine ulaşması ve SEW parametresi 164.43 MWh (164430 kWh) değerine arttığı anlaşılmaktadır.



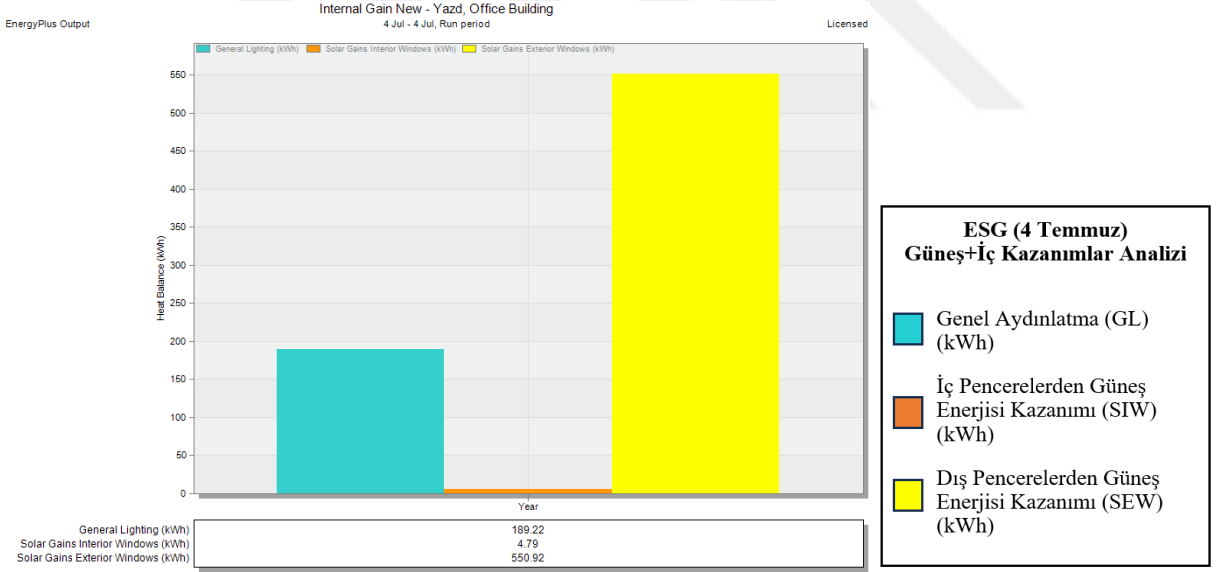
Şekil 4.97: KONF-10'da elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.97, ESD'de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının KONF-10'da iç kazanım değerlerini göstermektedir. Sonuçlarda GL parametresi 18513.57 kWh değerine artmıştır. SIW parametresi 694.85 kWh değerine ulaşmış ve SEW parametresi 77335.88 kWh değerine artması görülmektedir.

Şekil 4.98'de KONF-10'da ofis binasının iç kazanımlar değerleri aylık olarak verilmiştir. ESA'da (Temmuz) GL parametresi 3534.41 kWh değerine artmıştır. SIW parametresi 144.69 kWh ve SEW parametresi 16070.43 kWh ölçülerine artması görülmektedir. EASA'de (Ocak) GL parametresi 3702.71 kWh değerine artmıştır. SIW parametresi 107.99 kWh değerine ulaşmıştır. Şekil 4.98'e bakıldığında SEW parametresinin 11686.82 kWh artması anlaşılmaktadır.



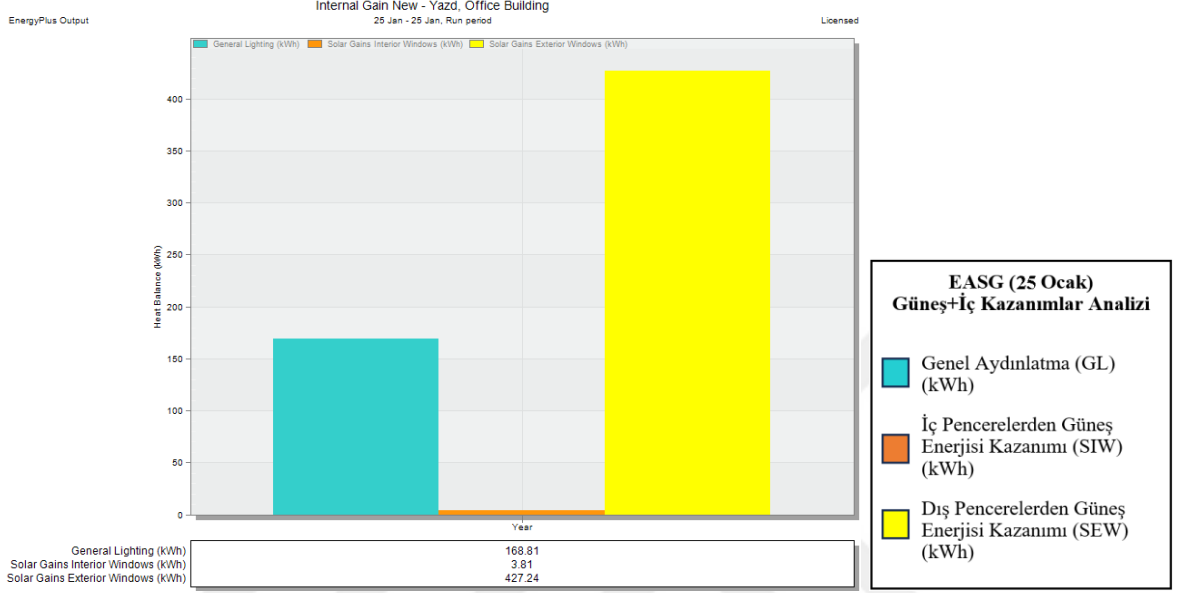
Şekil 4.98: KONF-10’da elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.99: KONF-10’da elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.99’da, ESG’de (4 Temmuz) elde edilen verilere göre ele alınan ofis binasında iç kazanım değerleri görülmektedir. Bu binada GL parametresi 189.22 MWh (189220 kWh) değerine artmıştır. SIW parametresi 4.79 MWh (kWh) değerine ulaşmıştır. Bu değerde bir

değişiklik görülmemektedir. SEW parametresi 550.92 MWh (550920 kWh) değerine düşmüştür.

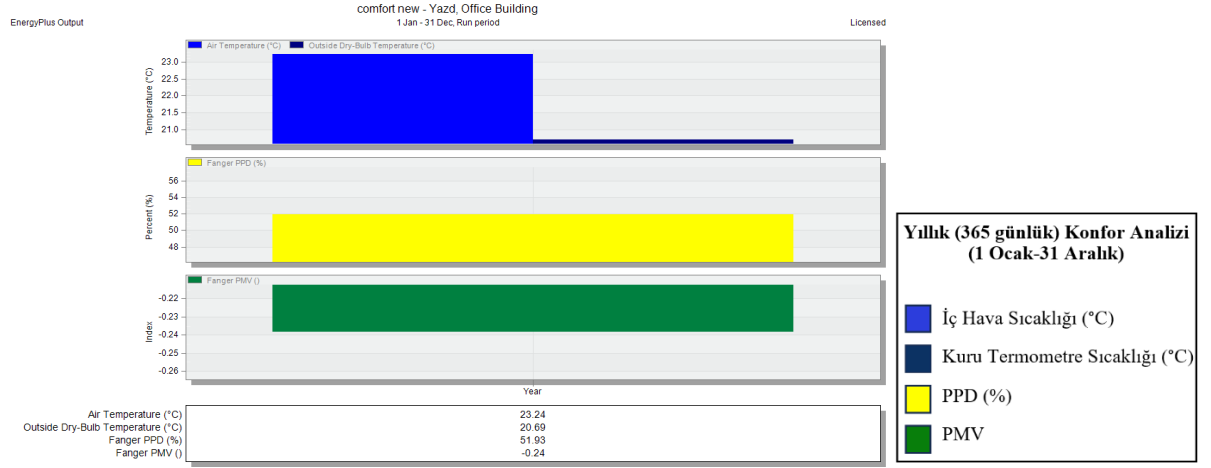


Şekil 4.100: KONF-11’de elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.100’de, ESG’de (25 Ocak) elde edilen verilere göre ele alınan ofis binasında iç kazanım değerleri verilmiştir. Şekil 4.100’de elde edilen verilere göre ele alınan ofis binasında EASG’de (25 Ocak) GL parametresi 168.81 kWh değerine artmıştır. SIW parametresi 3.81 kWh değerine ulaşmış ve SEW parametresi 427.24 kWh değerine ulaşmıştır.

4.11. KONF-11: ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASININ DIŞ DUVARLARINDA LECA BLOĞUNUN KULLANILMASI

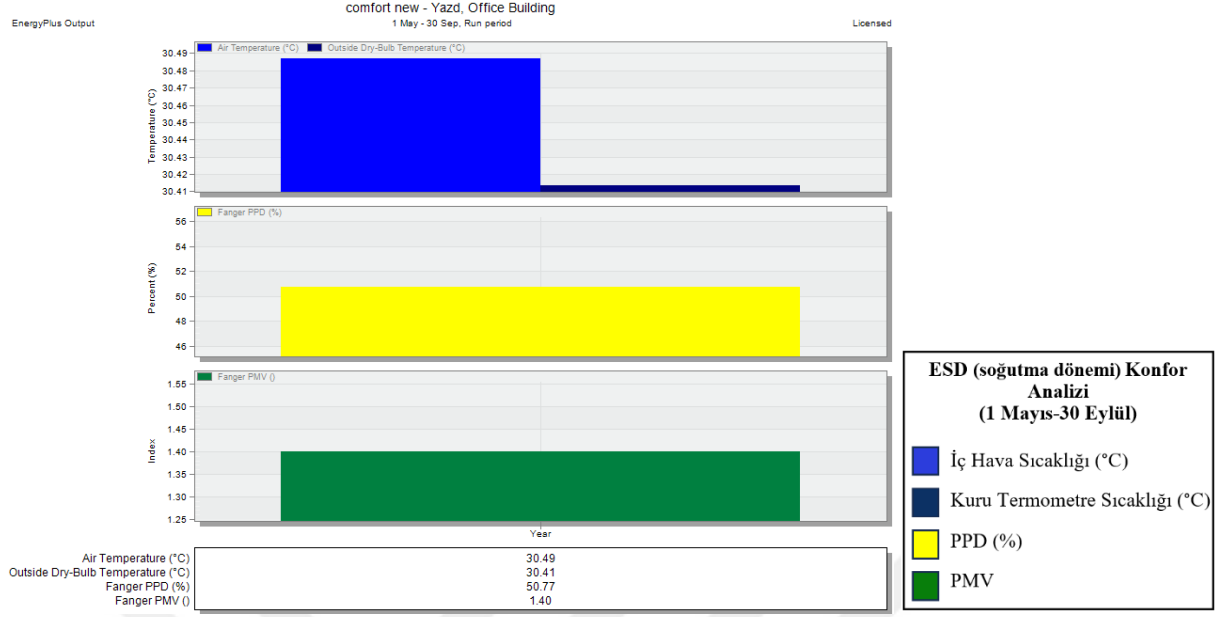
KONF-11’de ofis binasının dış duvarlarında beton bloğu yerine, Leca bloğu bulunarak bu malzemelerin etkisi farklı parametreler üzerinde analiz edilmiştir.



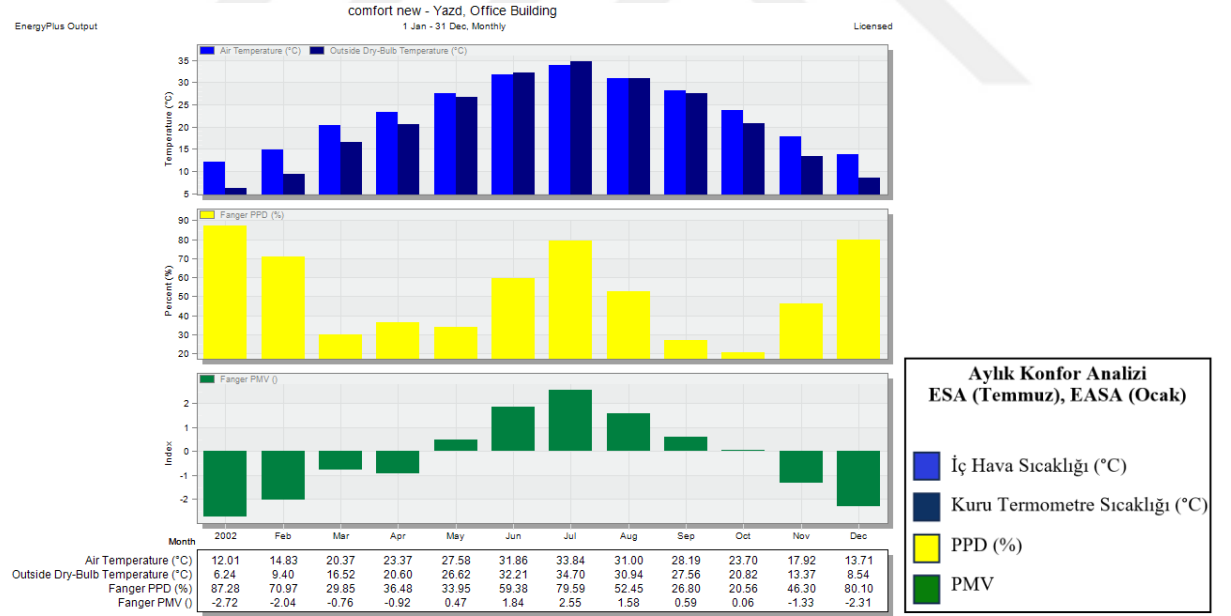
Şekil 4.101: KONF-11’de elde edilen yıllık (317 günlük) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.101’de çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında ortalama yıllık (317 günlük) konfor değerleri verilmiştir. KONF-11’de ortalama yıllık (317 günlük) yapılan simülasyonda Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 20.69 °C ölçüsüne ulaşmıştır. Ofis binasının iç hava sıcaklığı 23.24 °C değerine ulaşmıştır. Bu değerde bir önceki KONF-10’a göre değişiklik görülmemektedir. PPD değeri %51.93 oranına artmıştır ancak; Bu değer, ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değerine bakıldığında -0.24 değerine arttığı anlaşılmaktadır. ASHRAE 55 standardında belirtilen konforlu ölçü aralığı (-0.5 ila +0.5) dikkate alındığında, bu değer ideal konfor seviyesine olduğu görülmektedir.

Şekil 4.102, ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç hava sıcaklığını, dış hava sıcaklığını, PPD ve PMV değerlerini göstermektedir. KONF-11’de elde edilen ortalama sonuçlara göre ofis binasının iç hava sıcaklığı 30.49 °C ölçüsüne ulaştığı görülmektedir. Bu dönemde kullanılan Leca bloğu ofis binasının hava sıcaklığını çok düşük bir miktarda düşürmüştür. Bu dönemde PPD değeri %50.77 ölçüsüne düşmüştür. Bu değer memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 1.40 olarak ölçülmüş ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçü aralığına göre hafif sıcak-sıcak olarak değerlendirilmektedir.



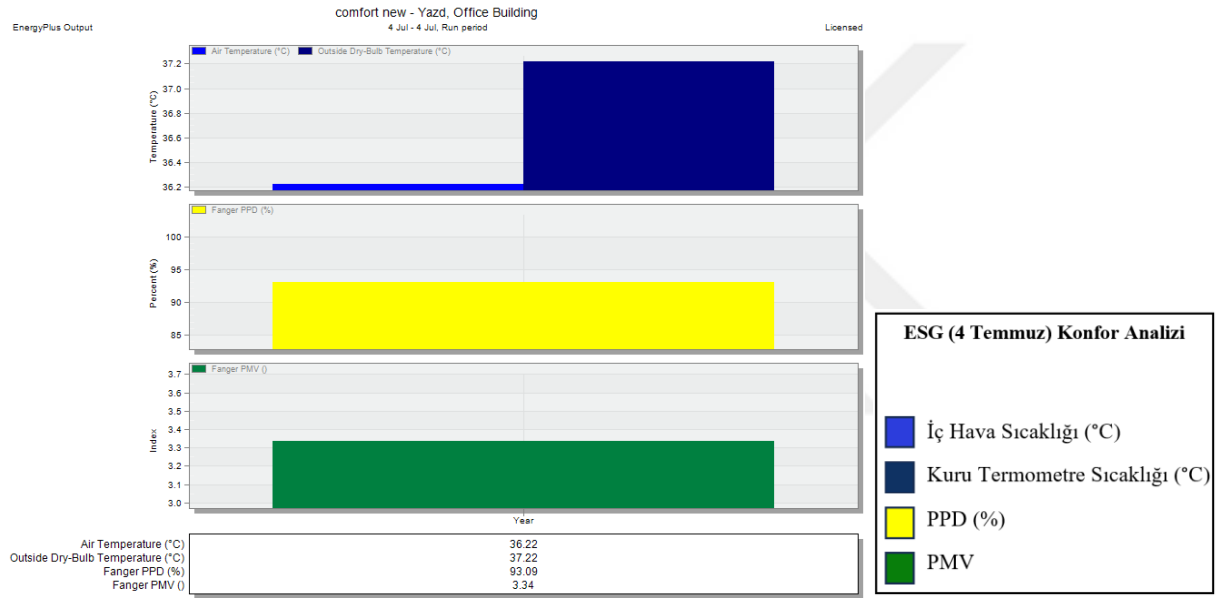
Şekil 4.102: KONF-11’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.103: KONF-11’de elde edilen aylık konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

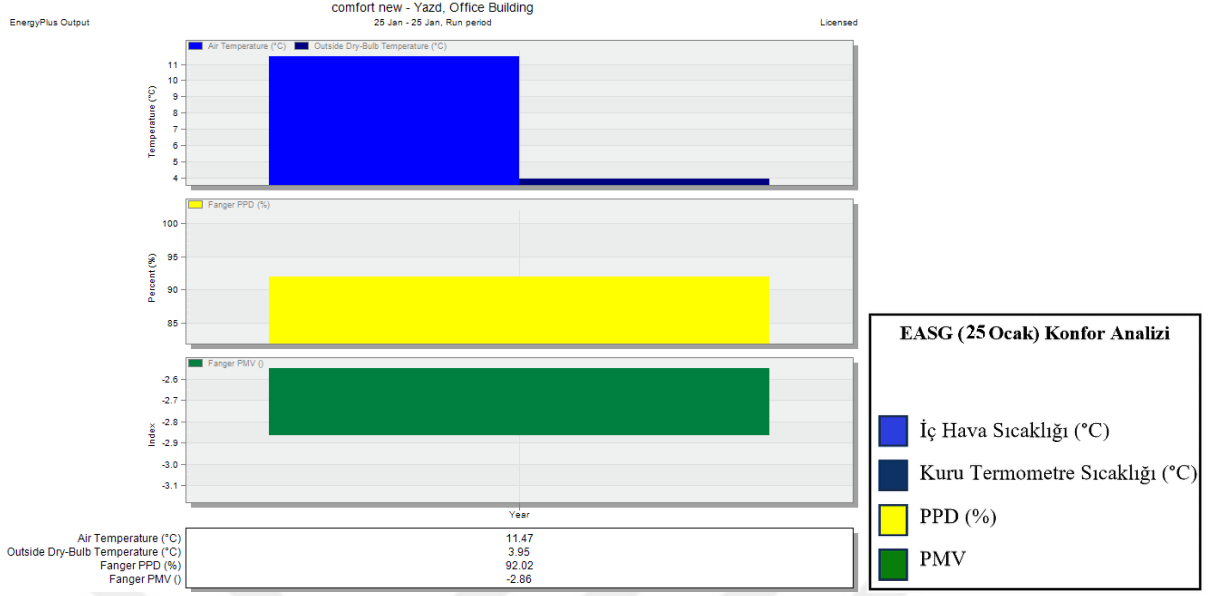
Şekil 4.103’te KONF-11’de ele alınan ofis binasının konfor değerleri aylık olarak verilmiştir. ESA’da (Temmuz) Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 34.70 °C değerine ulaşmıştır. Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı 33.84 °C ölçüsüne düşmüştür. PPD değeri %79.59 değerine

düşmüştür. Elde edilen PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 2.55 olarak ölçülmüştür. Bu değer sıcak-aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir. EASA'da (Ocak) Yezd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 6.24 °C ölçüsüne sahiptir. Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı 12.01 °C ölçüsüne artmıştır. Bu dönemde PPD değerinin %87.28 değerine düşmesi görülmektedir. . Bu oran konforsuz düzeyinde yer almaktadır. Bu dönemde PMV değeri -2.72 ölçüsüne düşmüş ve ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk-aşırı soğuk olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.104: KONF-11'de elde edilen ESG (4 Temmuz) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

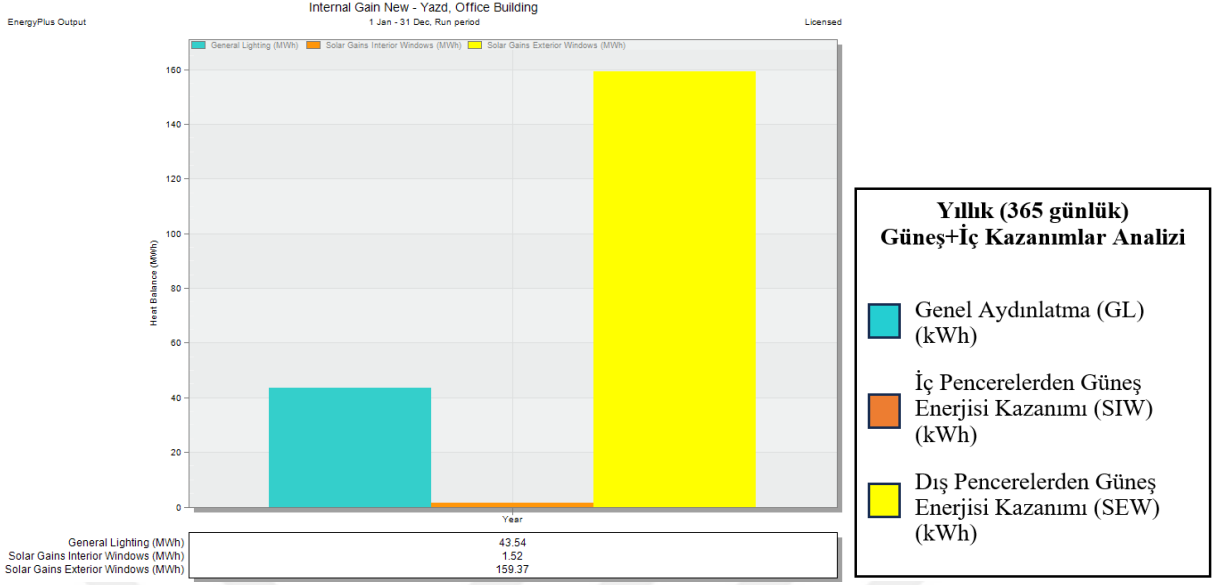
Şekil 4.104 KONF-11'de ofis binasının ısısal konfor değerlerini ESG'de (4 Temmuz) göstermektedir. Bu dönemde Yezd Bölgesi'nin hava sıcaklığı 37.22 °C ölçüsüne ulaşmıştır. Ofis binasının iç hava sıcaklığı 36.22 °C ölçüsüne düşmüştür. Bu dönemde PPD değeri %93.09 oranına düşmüştür. PPD değeri ısısal konfor açısından memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri 3.34 ölçüsüne düştüğü görülmektedir. Bu değer aşırı sıcak olarak değerlendirilmektedir.



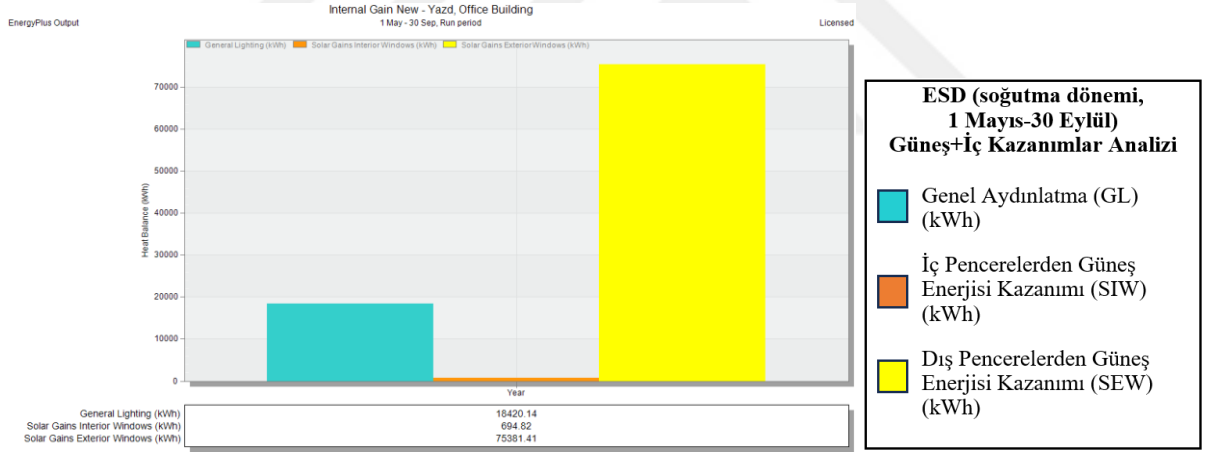
Şekil 4.105: KONF-11’de elde edilen EASG (25 Ocak) konfor değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.105, EASG’de (25 Ocak) ofis binasının konfor değerlerini göstermektedir. Bu dönemde Yazd Bölgesi’nin hava sıcaklığı 3.95 °C ölçüsüne sahiptir. Bu dönemde ofis binasının iç hava sıcaklığı 11.47 °C ölçüsüne artmıştır. PPD değerinin bu dönemde %92.02 oranında düşmesine dikkat çekilmektedir. PPD değeri, memnuniyetsizlik düzeyinde yer almaktadır. PMV değeri ise -2.86 olarak ölçülmüştür. PMV değeri, ASHRAE 55 standardında belirtilen ölçülere göre soğuk-aşırı soğuk olduğu sonuçlanmaktadır.

Şekil 4.106, KONF-11’de ofis binasının iç kazanımlar değerlerini yıllık (317 günlük) olarak göstermektedir. Bu şekilde elde edilen sonuçlara bakıldığında GL parametresi 43.54 MWh (3540 kWh) değerine ulaşmıştır. Bu değerde değişiklik görülmemektedir. SIW parametresi 1.52 MWh (1520 kWh) ve SEW parametresi 159.37 MWh (159370 kWh) değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu dönemde kullanılan malzemeler iç kazanımlar parametreleri üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemektedir.

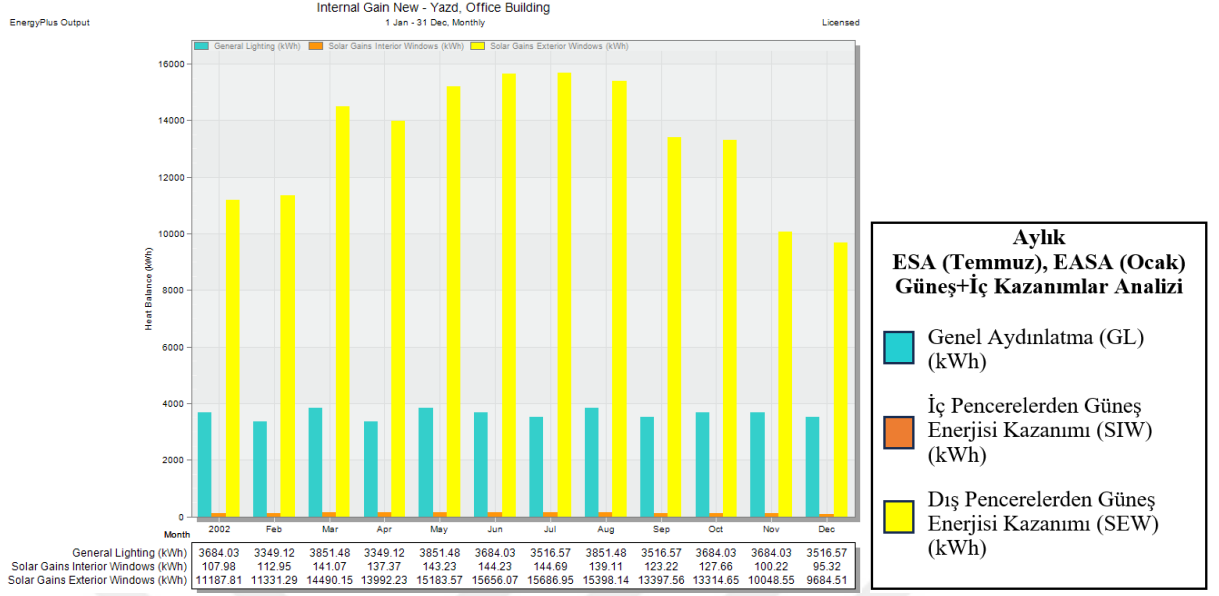


Şekil 4.106: KONF-11’de elde edilen yıllık (317 günlük) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.107: KONF-11’de elde edilen ESD (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

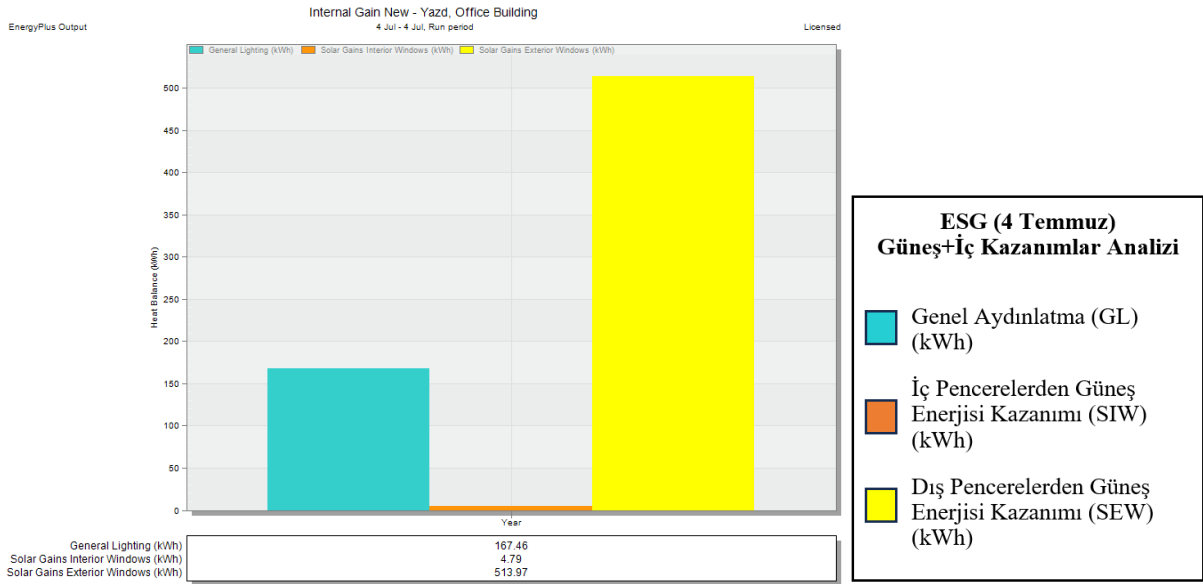
Şekil 4.107, KONF-11’de ESD’de (soğutma dönemi, 1 Mayıs-30 Eylül) ofis binasının iç kazanımlar değerlerini olarak göstermektedir. Bu şekilde elde edilen sonuçlara bakıldığında GL parametresi 18420.14 kWh, SIW parametresi 694.82 kWh ve SEW parametresi 75381.41 kWh değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu dönemde kullanılan malzemeler iç kazanımlar parametreleri üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemektedir.



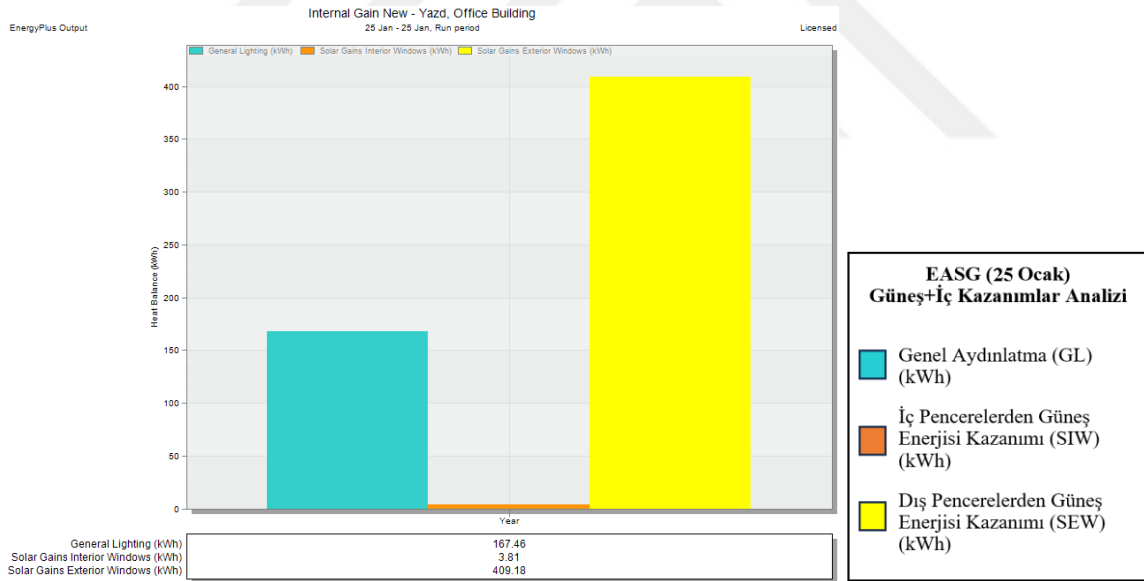
Şekil 4.108: KONF-11’de elde edilen aylık iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Şekil 4.108, KONF-11’de ofis binasının iç kazanımlar değerlerini aylık olarak göstermektedir. Bu şekilde ESA’da (Temmuz) elde edilen sonuçlara bakıldığında GL parametresi 3516.57 kWh, SIW parametresi 144.69 kWh SEW parametresi 15686.95 kWh değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. EASA’da (Ocak), GL parametresi 3684.03 kWh, SIW parametresi 107.98 kWh ve SEW parametresi 11187.81 kWh değerlerine ulaşması görülmektedir. ESA’da (Temmuz) ve EASA’da (Ocak) Leca bloğunun iç kazanımlar parametreleri üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemektedir.

Şekil 4.109’de, ESG’de (4 Temmuz) ofis binasının iç kazanımlar değerleri verilmiştir. Bu dönemde elde edilen verilere göre ele alınan ofis binasında, GL parametresi 167.46 kWh, SIW parametresi 4.79 kWh ve SEW parametresi 513.97 kWh olarak etkilemiştir. ESG’de (4 Temmuz) binanın dış duvarları yapısında kullanılan Leca bloğu, iç kazanımlar parametreleri üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemektedir.



Şekil 4.109: KONF-12’de elde edilen ESG (4 Temmuz) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.110: KONF-11’de elde edilen EASG (25 Ocak) iç kazanımlar değerleri (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

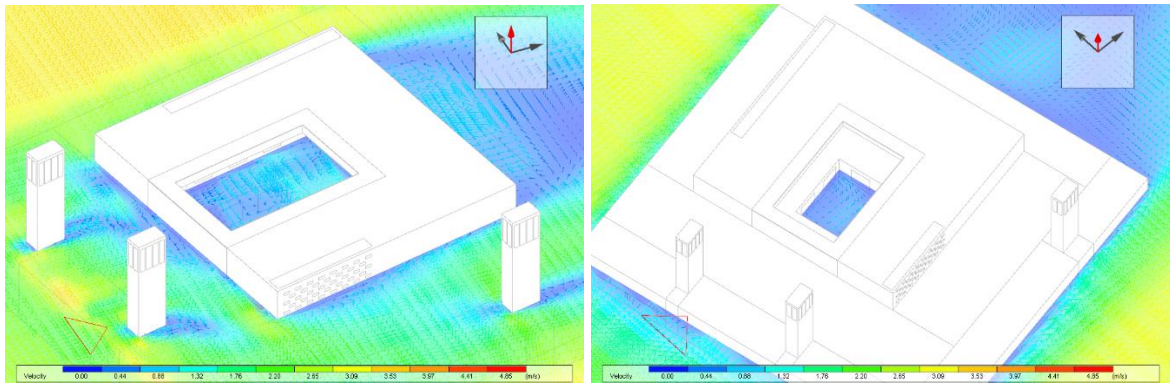
Şekil 4.110’de, EASG’de (25 Ocak) ofis binasının iç kazanımlar değerleri verilmiştir. Bu dönemde, GL parametresi 167.46, SIW parametresi 3.81 kWh ve SEW parametresi 409.18 kWh olarak elde edilmiştir. EASG’de (25 Ocak) kullanılan Leca bloğu, iç kazanımlar parametreler üzerinde belirgin bir etkisi gözlenmemektedir.

4.12. ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELE ALINAN OFİS BİNASININ MERKEZİ AVLUSU, GODAL BAHÇESİ VE RÜZGAR KULELERİNİN DIŞ CFD ANALİZLERİ

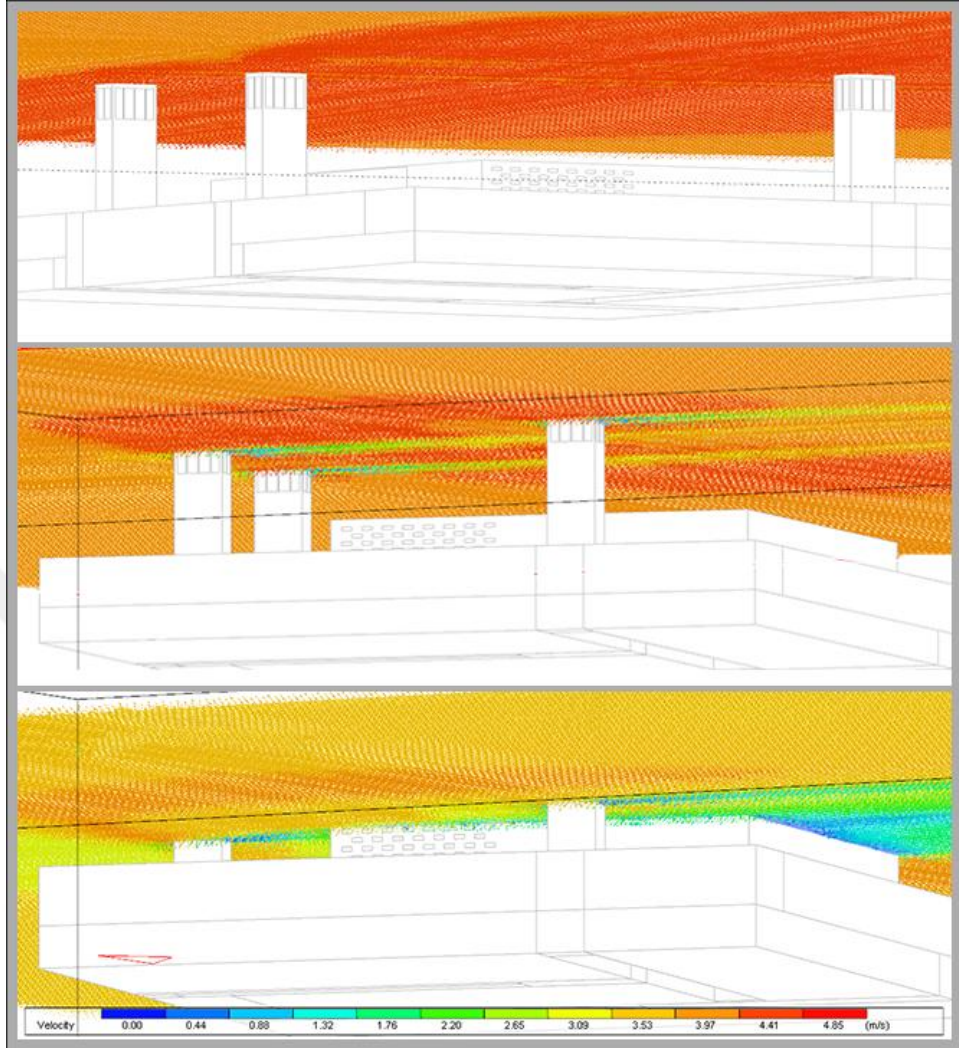
Mimaride pasif soğutma yöntemlerinden biri, avlu ve rüzgar kuleleri aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırmadır [206, 207, 208, 209, 210]. Bu çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında yer alan merkezi avlu, godal bahçe, ve rüzgar kuleleri etrafındaki rüzgar hızı Design Builder yazılımı kullanılarak CFD analizleri ile incelenmiştir.

Climate Consultant programında elde edilen sonuçlar, Temmuz ayının en sıcak ay olduğunu göstermektedir. Bu ayın ortalama hava sıcaklığı Design Builder yazılımı sonuçlarında 34.70 °C olarak ölçülmüştür. Temmuz ayında rüzgar hızının en yüksek ölçüde (değerde) olduğu gün, 15 Temmuz'da dış CFD analizi yapılmıştır. Bu seçimin nedeni, rüzgar hızının bina üzerine performansını daha etkili elde etmektir. 15 Temmuz'da hava sıcaklığı 32.55 °C ve rüzgar hızı 4.66 m/s ölçülerine sahiptir. Ayrıca rüzgar yönü 282°olarak rüzgar kuzey batıdan esmektedir.

Şekil 4.111'de görüldüğü gibi rüzgar kulelerinin üst kısmı etrafında rüzgar hızı 3.97-4.85 m/s değerine sahip olup, yükseklik azaldıkça rüzgar hızı düşmektedir. Elde edilen CFD analizlerine göre zemin kat etrafında rüzgar hızı neredeyse 3.53-0.44 m/s arasında değerine kadar düşmüştür.

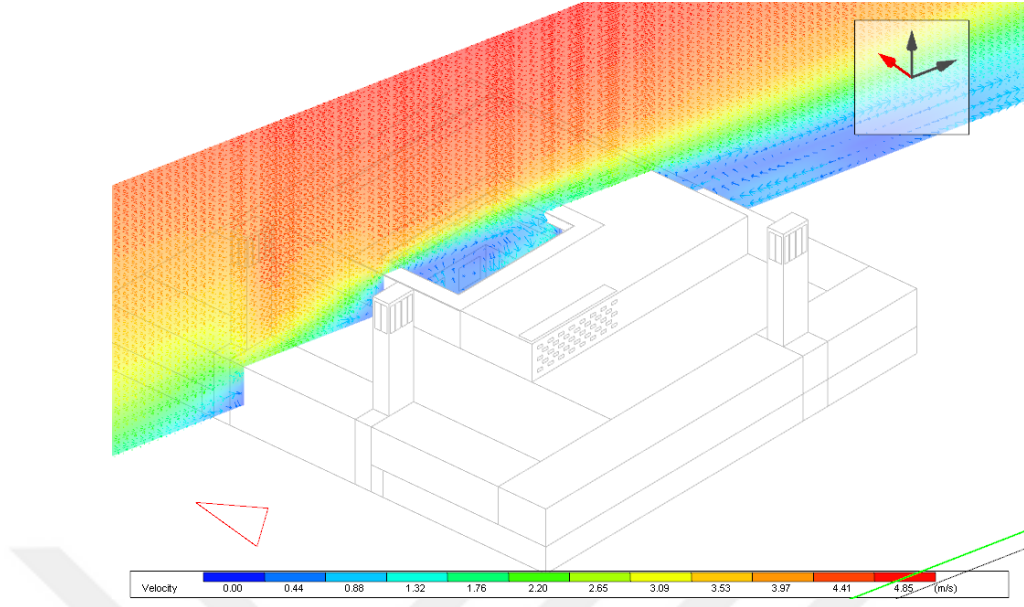


Şekil 4.111: Ele alınan ofis binasının merkezi avlu ve godal bahçenin CFD analizi (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)



Şekil 4.112: Ele alınan ofis binasının rüzgar kulelerinin CFD analizi (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

Merkezi avluda rüzgar 0.44-1.32 m/s (Şekil 4.112), godal bahçesinin zemin içinde bulunduğu ve 4 taraftan kapalı olduğundan dolayı, rüzgar en düşük hıza sahip olup 0.44-0.00 m/s (Şekil 4.113) değerine düşmüştür.

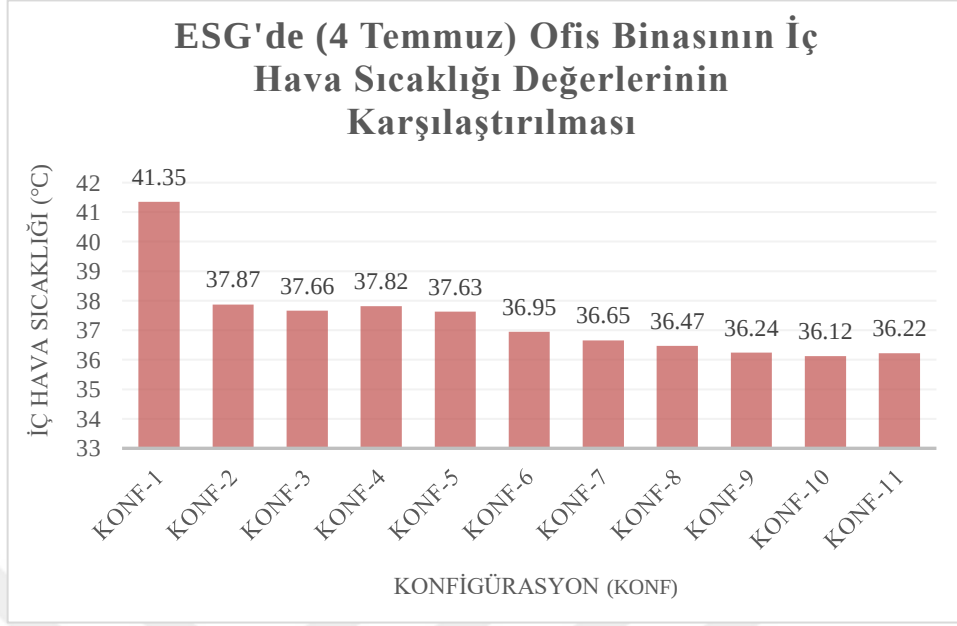


Şekil 4.113: Ele alınan ofis binasının dış CFD analizi (Yazar tarafından Design Builder yazılımında üretilmiştir.)

4.13. ÇALIŞMA KAPSAMINDA ELDE EDİLEN TÜM KONFIGÜRASYONLARA AİT ANALİZLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

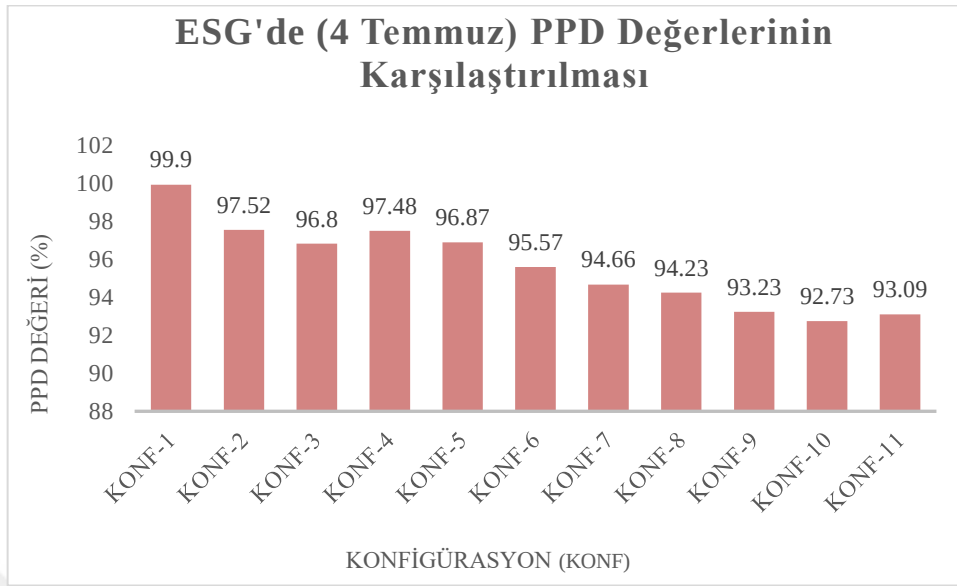
Bu bölümde, çalışma kapsamında incelenen ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) ve EASG'de (25 Ocak) on bir farklı konfigürasyonda iç hava sıcaklığı, PPD değeri, PMV değeri, genel aydınlatma, dış pencerelerden güneş enerjisi kazanımı ve iç pencerelerden güneş enerjisi kazanımı gibi parametreler ayrı ayrı karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.114, İran'ın Yezd Bölgesi'nde tasarlanan ofis binasının iç hava sıcaklığını ESG'de (4 Temmuz) on bir farklı konfigürasyonda (KONF) göstermektedir. Ofis binasının iç hava sıcaklığı y-ekseninde, on bir farklı konfigürasyonlar ise KONF olarak x-ekseninde görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, her bir konfigürasyonda uygulanan pasif yöntem ofis binasının iç hava sıcaklığının düşmesine neden olmuştur. Şekilde görüldüğü üzere, KONF-3'te ofis binasına uygulanan gölgelik ile KONF-4'te uygulanan LC karşılaştırıldığında, gölgeliğin iç hava sıcaklığının düşürülmesinde daha etkili olduğu gözlenmektedir. KONF-5'te ise LC ve gölgelik eş zamanlı olarak kullanılmıştır. Bu yöntemin, KONF-3 ve KONF-4'te ele alınan yöntemle göre iç hava sıcaklığının daha fazla düşürülmesinde etkili olduğu anlaşılmaktadır.

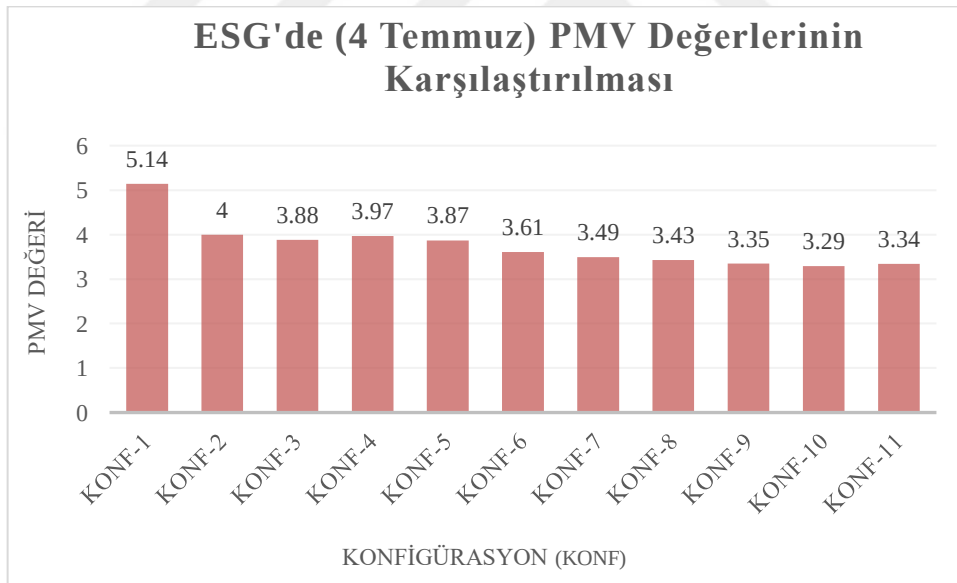


Şekil 4.114: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) iç hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)

Şekil 4.115, ESG'de (4 Temmuz) ofis binasının PPD değerlerini on bir farklı konfigürasyonda (KONF) göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi PPD değerleri y-ekseninde ve on bir farklı konfigürasyon x-ekseninde yer almaktadır. Şekilde görüldüğü gibi, tüm konfigürasyonlarda PPD değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. KONF-3'te binaya uygulanan gölgelik, KONF-4'te bina pencerelerinde kullanılan LC ve KONF-5'te gölgelik ile LC'nin eş zamanlı kullanımı karşılaştırıldığında, KONF-3'te uygulanan gölgeliğin PPD değerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. KONF9'da elde edilen PPD değeri göz önüne alındığında, KONF-11'de Leca bloğunun PPD değerini azalttığı ancak bu azalma miktarının KONF-10'dan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Leca bloğu ve XPS yalıtımının birlikte kullanılmasının daha etkili olduğu ve PPD değerini düşürdüğü anlaşılmaktadır.



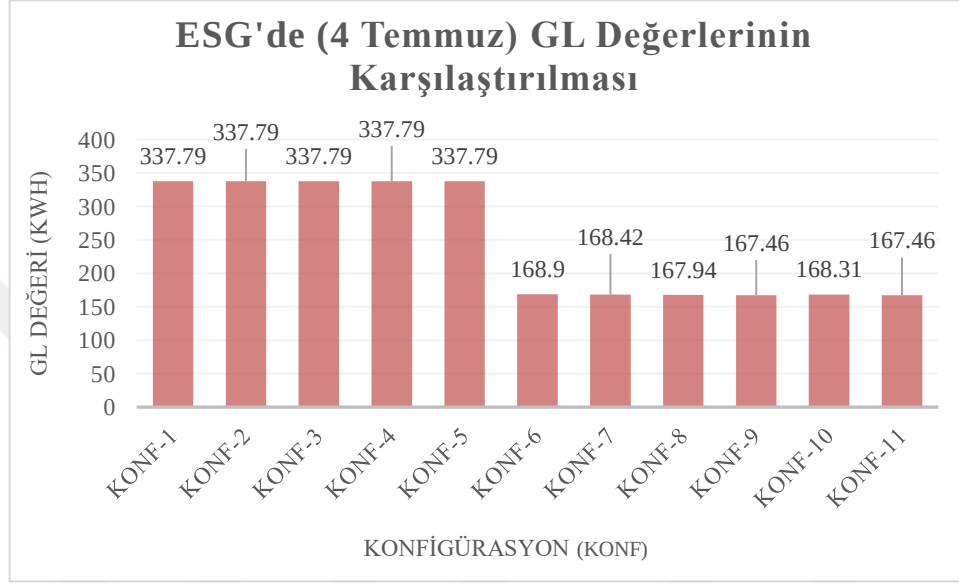
Şekil 4.115: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) PPD değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)



Şekil 4.116: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) PMV değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)

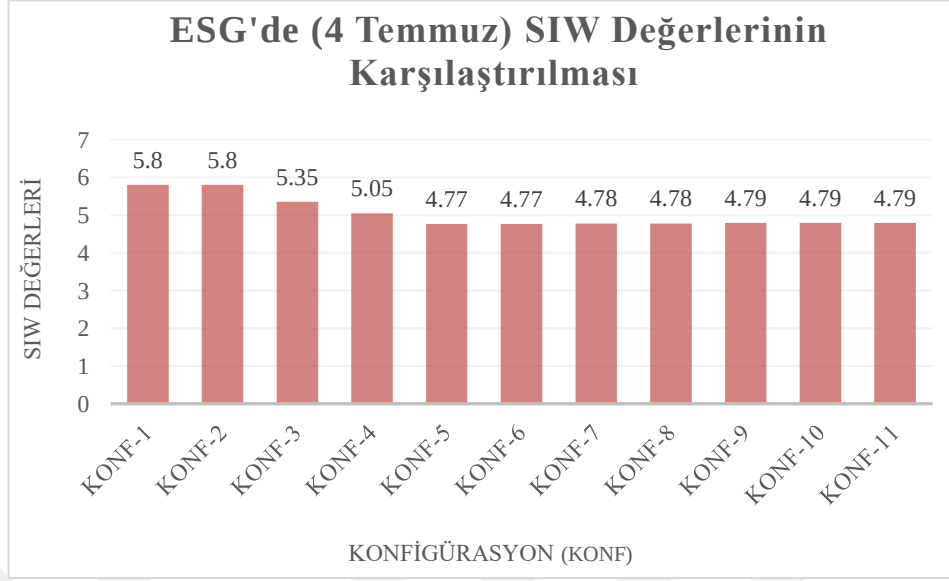
Şekil 4.116, ESG'de (4 Temmuz) incelenen ofis binasının PMV değerlerini on bir farklı konfigürasyonda göstermektedir. Simülasyon sonuçları, PMV değerlerinde genel bir düşüş eğilimi olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada termal konfor sağlanması nedeniyle düşünülen pasif yöntemler, PMV değerlerini başarıyla düşürmüştür. Bu düşüş eğilimi, Leca bloklarının

kullanıldığı son aşama dışında tüm aşamalarda tutarlıdır. Leca bloklarının kullanımıyla PMV standardındaki artış, yüksek termal dirençleri ve düşük termal iletkenlik katsayıları (yaklaşık 0.9 W/m²K) nedeniyle oluşan sera etkisine bağlanmaktadır.



Şekil 4.117: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) GL değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)

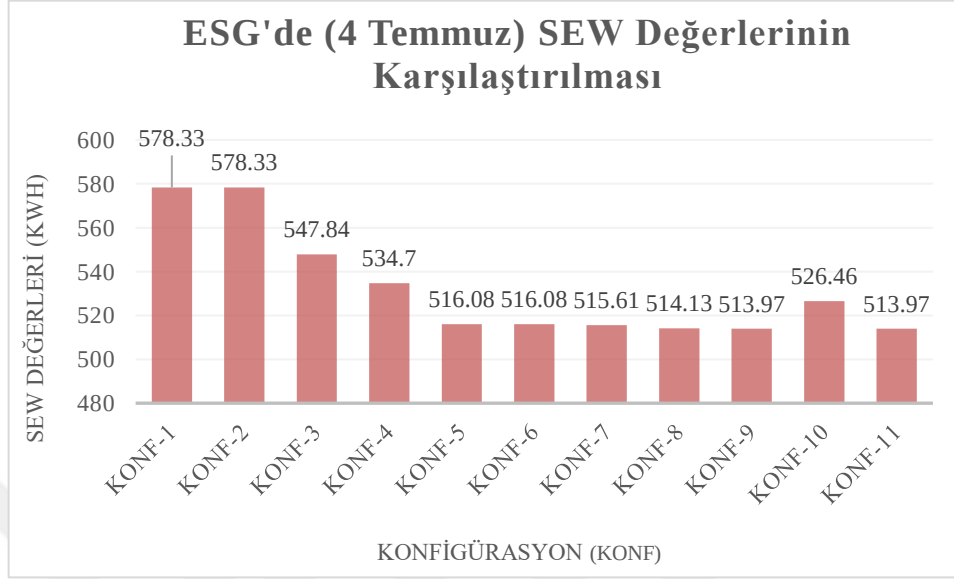
Şekil 117'de, tüm aşamalar PMV standardının azaltılmasını ve ayarlanmasını göstermiştir. Analiz, yılın en sıcak gününde aydınlatma sistemleri tarafından üretilen ısıda, aydınlatma sistemi tipini değiştirerek elde edilen önemli bir azalmayı açıkça göstermektedir. Floresan aydınlatmadan LED aydınlatmaya geçiş, 100 lükste metrekare başına 5 watt'tan 100 lükste metrekare başına 2.5 watt'a kadar güç tüketiminde önemli bir düşüşle sonuçlanmıştır. Bu değişiklik, binanın içindeki iç ısı kazanımını önemli ölçüde azaltmış, böylece en sıcak günde GL kriterini ayarlamış ve düşürmüştür.



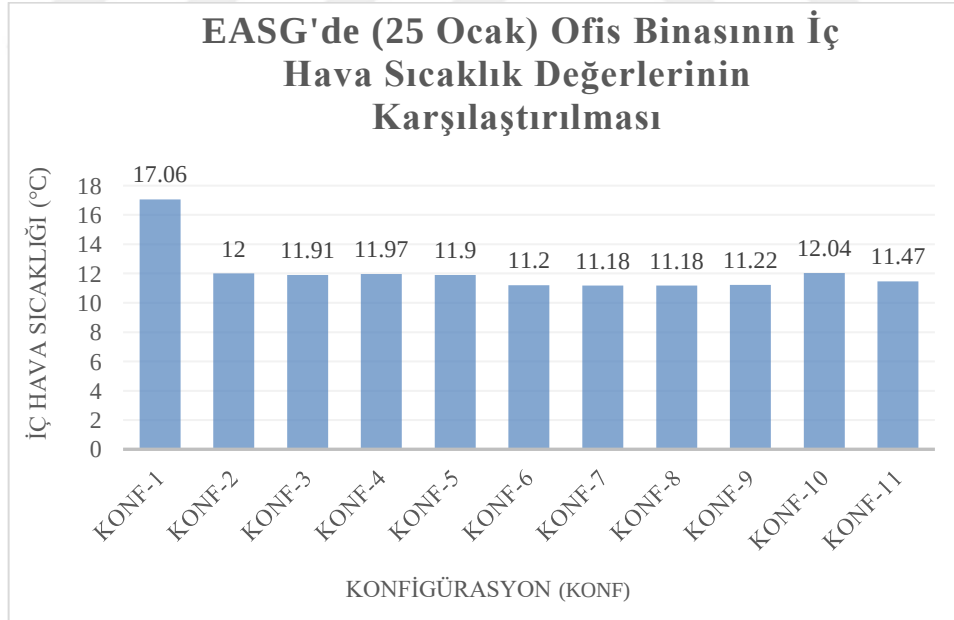
Şekil 4.118: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) SIW değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)

Şekil 4.118, ESG'de (4 Temmuz) ofis binasının SIW parametresi değerlerini on bir konfigürasyonda göstermektedir. Bu KONF'ta ofis binasının pencerelerinde kullanılan LC ve bina duvarlarına rüzgar kulelerinin sağladığı gölgelik, SIW parametre değerinin düşmesinde etkili olabileceği düşünülmektedir.

Şekil 4.119, ESG'de (4 Temmuz) incelenen ofis binasının 11 farklı konfigürasyonda SEW parametresi değerlerini göstermektedir. KONF-3'te gölgelik uygulaması, KONF-4'te LC cam kullanımı ve KONF-5'te hem gölgelik hem de LC'nin eş zamanlı kullanımı, SEW parametre değerlerinin düşmesine neden olmuştur. KONF-5, SEW parametresi değerinin düşmesinde en etkili olduğu anlaşılmaktadır. XPS yalıtımının kullanıldığı KONF-10 ise SEW parametresi değerinin artmasına sebep olmuştur. Bu durumun temel sebebi, yüksek termal dirence sahip malzemelerin, özellikle XPS yalıtımının, ısıyı daha uzun süre muhafaza etmesidir. Bu uzun süreli ısı muhafazası, güneş radyasyonundan kaynaklanan hapsolmuş ısı miktarında bir artışa yol açarak SEW değerlerinde artışa neden olmuştur.



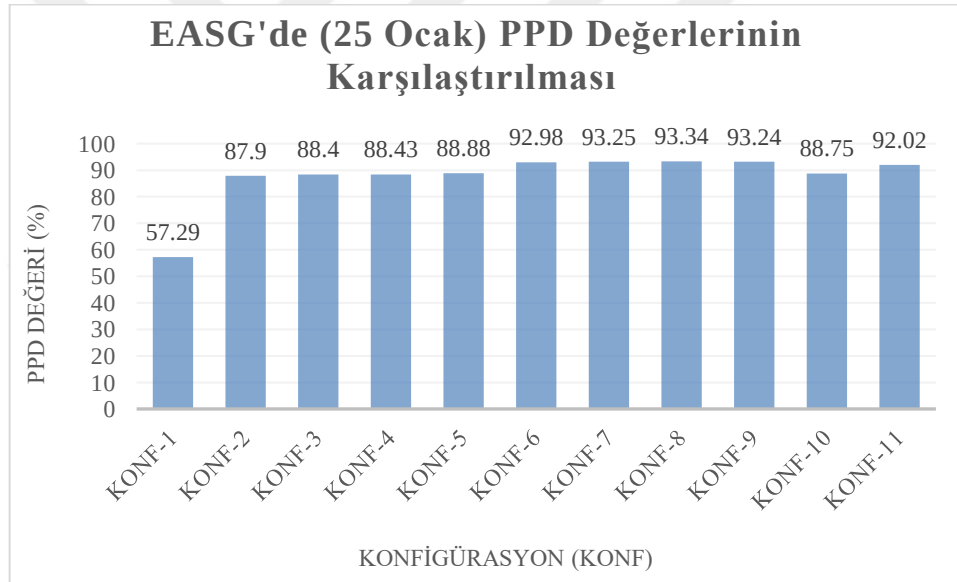
Şekil 4.119: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ESG'de (4 Temmuz) SEW değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)



Şekil 4.120: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının EASG'de (25 Ocak) iç hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)

Şekil 4.120, EASG'de (25 Ocak) incelenen ofis binasının iç hava sıcaklığını göstermektedir. Grafikte y-ekseninde ofis binasının iç hava sıcaklığı ve x-ekseninde on bir farklı KONF yer

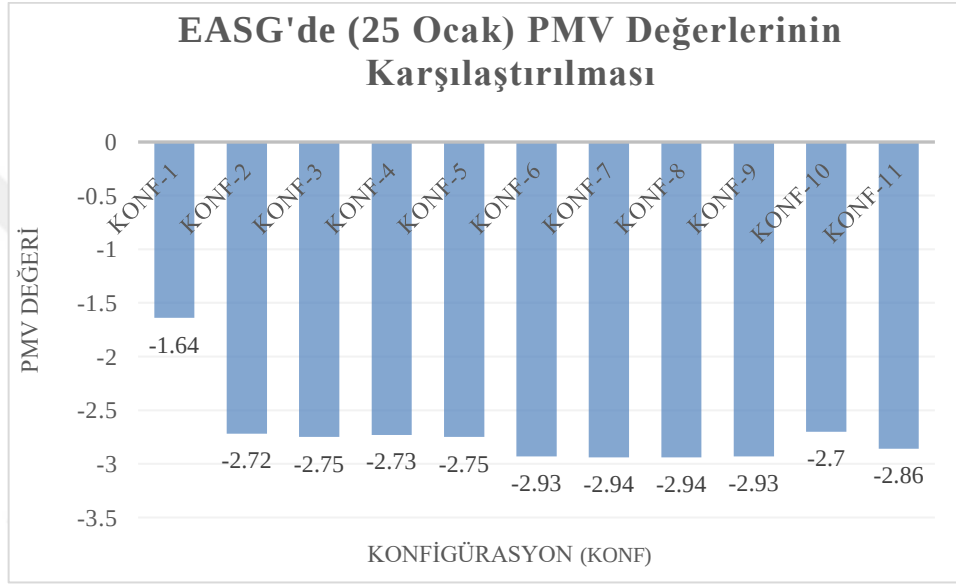
almaktadır. KONF-1'de bütün pencerelerin kapalı olduğu ve hiçbir pasif soğutma yönteminin kullanılmadığı durumda, binanın iç hava sıcaklığının 17.06 °C'ye ulaştığı görülmüştür. Design Builder yazılımında belirlenen doğal havalandırma ayarlarına göre, iç hava sıcaklığının 24 derecenin üzerine çıktığı durumlarda doğal havalandırmanın gerçekleştirilmesi sonucunda KONF-2'de hava sıcaklığının düştüğü gözlenmektedir. Bu süreçte LC ve LED kullanımının, iç hava sıcaklığının düşürülmesinde etkili olduğu görülmektedir. KONF-10'da ofis binasının dış duvarları ve çatısında kullanılan XPS yalıtımı, binanın iç hava sıcaklığını artırmış ve olumlu yönde etkilemiştir. Ayrıca KONF-11'de kullanılan Leca bloğunun yüksek termal direnci ve düşük termal iletkenlik katsayısına sahip olması nedeniyle, binanın iç hava sıcaklığını artırmada etkili olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.121: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının EASG'de (22 Ocak) PPD değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)

Şekil 4.121, ele alınan ofis binasında incelenen 11 konfigürasyonda ele edilen PPD değerlerini göstermektedir. EASG'de (25 Ocak) KONF-1'de görüldüğü gibi PPD değeri düşük orana ulaşmıştır. Bu durumun sebebi, bu konfigürasyonda pencerelerin tamamının kapalı olması ve hiçbir pasif soğutma yönteminin kullanılmamasıdır. KONF-6'da kullanılan LED aydınlatma sistemi, iç hava sıcaklığının düşmesine yol açarak PPD değerinin artmasına sebep olmuştur. KONF-7, KONF-8 ve KONF-9'da PPD değerinde bir artış gözlenmektedir. Bu durumun

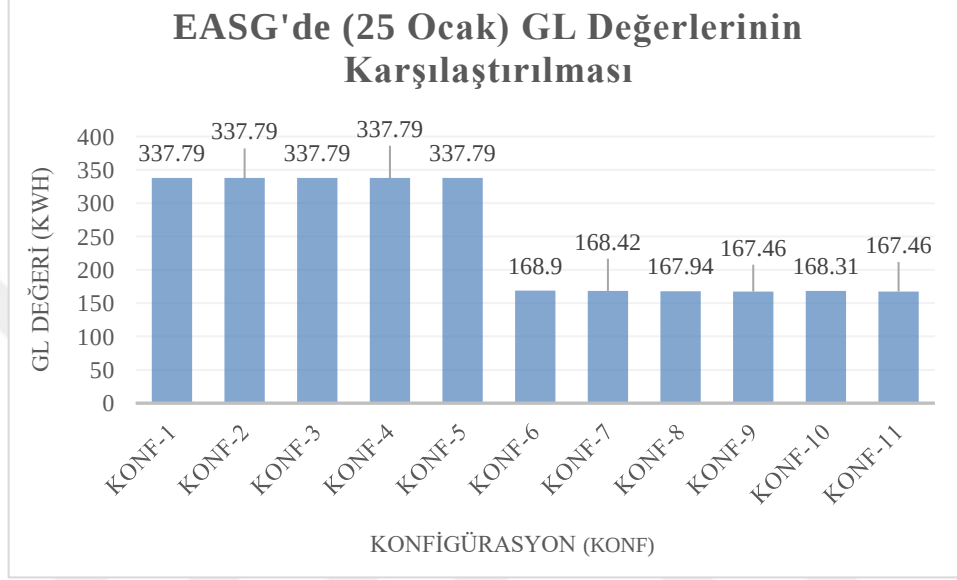
nedeni, rüzgar kulelerinin cephelerindeki hava açıklıklarının kapalı olmasına rağmen, dışarıdan gelen soğuk havanın pencerelerin birleşim yerlerinden iç mekana sızmasıdır. Dolayısıyla, içeri sızan soğuk hava iç mekanın sıcaklığını düşürerek PPD değerinin artmasına neden olmuştur. KONF-10'da XPS yalıtımı ve KONF-11'de Leca bloğunun PPD değerinin düşmesine katkıda bulunduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.122: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında EASG'de (25 Ocak) PMV değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)

Şekil 4.122, EASG'de (25 Ocak) ele alınan ofis binasının PMV değerlerini on bir konfigürasyonda göstermektedir. Bu şekilde elde edilen PMV değerleri şekil 4.117 gibidir. KONF-1'de ofis binasının pencerelerinin kapalı olması ve hiç bir pasif yöntemin kullanılmaması PMV değerinin -1.64 değerine ulaşmasına neden olmuştur. KONF-2 ve diğer konfigürasyonlarda, Design Builder yazılımında uygulanan doğal havalandırma ayarlarına göre, bu dönemde farklı sebeplerden dolayı iç hava sıcaklığı 24 °C'nin üzerine çıktığı doğal havalandırmanın gerçekleşmesine sebep olmuş ve iç hava sıcaklığının düşmesine, PPD ile PMV değerlerinin artmasına neden olmuştur. Ayrıca bu binada LC, içeriye ısı girişine izin vermediği için PMV değerinin arttığı gözlemlenmektedir. KONF-7, KONF-8 ve KONF-9'da rüzgar kulelerinin hava açıklıklarının birleşim yerlerinden içeriye sızan soğuk hava artması nedeniyle, PMV değerinin artması görülmektedir. Bu dönemde en etkili yöntem ilk adımda XPS

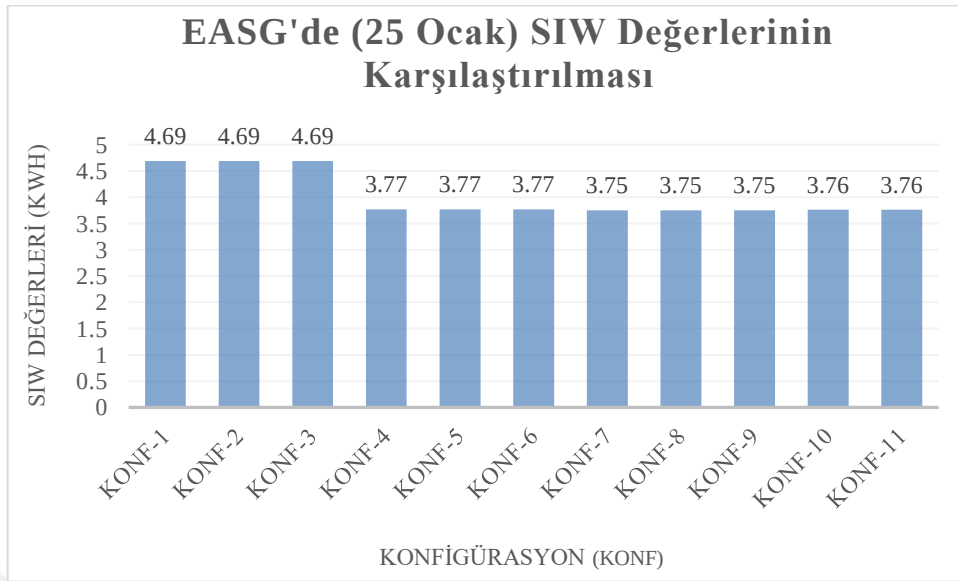
yalıtımı ve ikinci adımda Leca bloğunun kullanılmasıdır. Bu malzemelerin yüksek termal direnci ve düşük termal iletkenlik katsayısı özelliklerine sahip oldukları nedeniyle, PMV değerinin düşmesine sebep olmuştur.



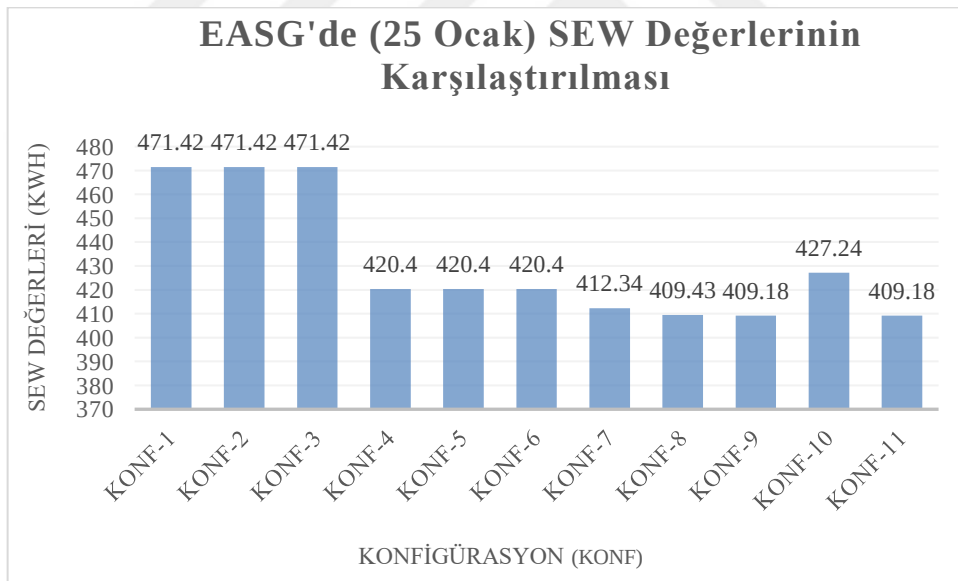
Şekil 4.123: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasında EASG'de (25 Ocak) GL değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)

Şekil 4.123, EASG'de (25 Ocak) ofis binasında incelenen on bir konfigürasyonun genel aydınlatma (GL) parametresinin değerlerini göstermektedir. Bu şekilde görüldüğü gibi sonuçlar aynı ESG'de (4 Temmuz) olduğu gibidir. KONF-6'da ofis binasında kullanılan LED aydınlatma sistemi, GL parametresinin değeri büyük bir ölçüde düştüğü görülmektedir.

Şekil 4.124, EASG'de (25 Ocak) ofis binasının SIW parametresi değerlerinin on bir konfigürasyonda göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi, KONF-4'te ofis binasının pencerelerine uygulanan LC, SIW parametresi değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Diğer konfigürasyonlarda bu değerde belirgin bir değişiklik gözlenmemektedir.



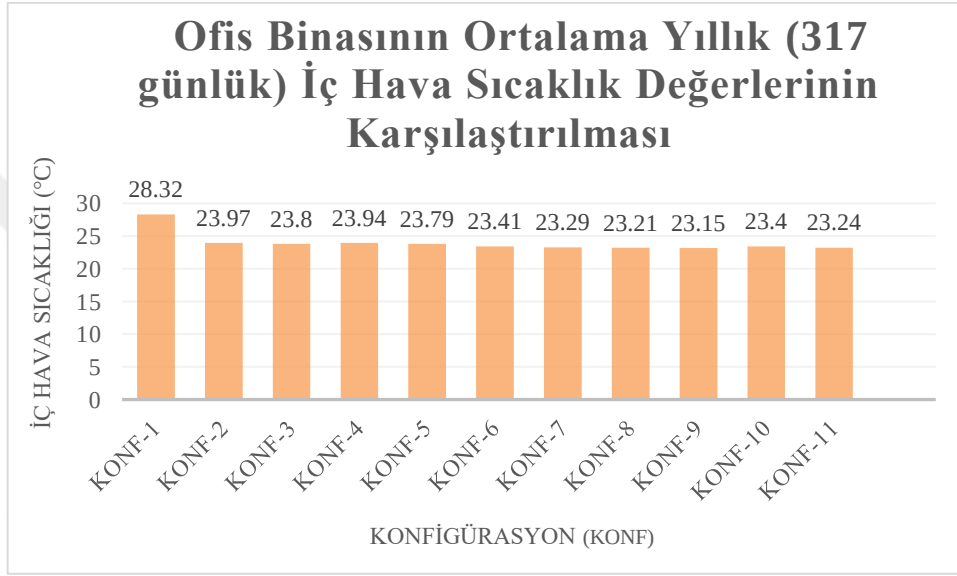
Şekil 4.124: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının EASG'de (22 Ocak) SIW değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)



Şekil 4.125: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının EASG'de (25 Ocak) SEW değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel'de üretilmiştir.)

Şekil 4.125 ise, EASG'de (25 Ocak) ele alınan ofis binasının SEW parametre değerlerini on bir konfigürasyonda göstermektedir. KONF-4'te LC'nin uygulanması SEW değerinin belirgin bir şekilde azalttığını görülmektedir. Rüzgar kulelerinin sayısının artmasıyla birlikte SEW parametre değerinde bir düşüş gözlenmektedir. Bu durumun sebebi, rüzgar kulelerinin doğal

pencereler üzerine gölge sağlaması olarak düşünülmektedir. XPS yalıtımının SEW parametresi değerinin artmasına neden olduğu görülmektedir. Yalıtım, bir binanın ısı direncini artırır. Isıl direncin artmasıyla birlikte bina içinden dışına olan ısı transferi azalır. Bu durumda, binada yalıtım bulunması pencerelerden gelen güneş ışığının iç mekanda hapsolmesine yol açabilir. Bu sebepten ötürü, yalıtım bu parametre değerinin artmasına sebep olmuştur.



Şekil 4.126: Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının ortalama yıllık iç hava sıcaklığı değerlerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından Excel’de üretilmiştir.)

Şekil 4.126 ofis binasının ortalama iç hava sıcaklığını on bir konfigürasyonda göstermektedir. Görüldüğü üzere hiç bir pasif soğuma yöntemi uygulanmayan konfigürasyonda (KONF-1) iç hava sıcaklığı en yüksek ölçüye sahiptir. KONF-2’de ise pencereler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma konfigürasyonunda hava sıcaklığının değeri en büyük düşüşe ulaşmıştır. Gölgeleme (KONF-3), LC (KONF-4) ve gölgeleme ile LC’nin eş zamanlı kullanımı (KONF-5) iç hava sıcaklığı açısından karşılaştırıldığında, gölgeleme ile LC kullanıldığında daha düşük iç hava sıcaklığı değerlerine ulaşıldığı gözlenmektedir. Tek bir çözüm olarak, gölgeleme kullanımının LC’den daha etkili bir sonuca ulaştığı gözlenmektedir. Elde edilen ortalama iç hava sıcaklığı yıllık sonuçlara bakıldığında R-1 diğer rüzgar kulelerine göre daha çok soğutma etkisine sahip olduğu görülmektedir. Sonuçlardan elde edilen verilere göre, XPS yalıtımının iç hava sıcaklığını azalttığı ve Leca bloğunun ise iç hava sıcaklığını artırdığı gözlenmektedir. |

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada dikkat çeken önemli bir nokta, önerilen tüm pasif yöntemlerin sıcak-kuru iklime yönelik olması ve soğutma dönemine odaklanmasıdır. Diğer bir önemli husus ise bu çalışmada önerilen yöntemlerin hem soğutma hem de ısıtma dönemlerinde incelenerek, tüm yıl boyunca etkili bir çözüm bulma amacı doğrultusunda on bir farklı çözüm için yıllık ortalama iç hava sıcaklığının faydalı olabileceğidir.

Ortalama yıllık iç hava sıcaklığı grafiğine (Şekil 4.126) bakıldığında, önerilen yöntemler arasında doğal havalandırmanın dış pencereler ve iç pencereler aracılığıyla gerçekleştirilmesinin, binanın iç hava sıcaklığının düşmesinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. İncelenen ofis binasında bulunan rüzgar kuleleri (R-1, R-2 ve R-3) ile bunlara bağlı yeraltı kanalları (K-1, K-2 ve K-3), iç hava sıcaklığını azaltmış ve R-1'in daha güçlü bir soğutma etkisine sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada önemli bir konu, binada önerilen güneş kırıcı yöntemler arasından en uygun yöntemi belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda gölgelik kullanımı, Low-e cam kullanımı, ve gölgelik ile Low-e camın eş zamanlı kullanımı olmak üzere üç farklı yöntem incelenmiştir. Ortalama yıllık iç hava sıcaklığı sonuçları, gölgelik ile Low-e camın daha etkili olduğunu göstermektedir. Bu durumun sebebi, gölgeliğin soğutma döneminde açılabilmesi ve ısıtma döneminde güneşin içeriye girmesine izin vererek iç ortamı ısıtması için kapanabilmesidir. Isıtma döneminde güneş ışınlarının eğik açı ile gelmesi iç ortamdaki etkisini arttırmaktadır. Bu dönemde Low-e cam kullanımı, güneş ışığının içeri girmesini sınırlandırarak iç mekanın ısınmasını önlemektedir. Bu durum kullanıcının termal memnuniyetini olumsuz etkiler ve konforsuz bir ortam yaratır. Bu doğrultuda önerilen üç yöntem arasında en ideal olmayan Low-e cam kullanımıdır. Elde edilen yıllık ortalama iç hava sıcaklığı sonuçlarında görüldüğü üzere, LED aydınlatma sisteminin enerji tasarrufu ve ısı üretiminin azaltılması açısından olumlu bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır. Binada uygulanan XPS yalıtımı özellikle ısıtma döneminde iç hava sıcaklığını artırarak ısısal konforu sağlamıştır. Kullanılan Leca blokları ise ortalama yıllık iç hava sıcaklığının artmasına neden olmuştur.

Çalışma kapsamında ele alınan ofis binasının iç hava sıcaklığı açısından, ESG'de (4 Temmuz) doğal havalandırmanın en ideal yöntem olduğu görülmektedir (Şekil 4.114). dış pencereler ve iç pencereler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma, binanın iç hava sıcaklığının ortalama

olarak 3.48 °C düşmesine sebep olmuştur. R-1 aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırmanın 0.3 °C, R-2 ile 0.18 °C ve R-3 ile 0.23 °C binanın iç hava sıcaklığının düşmesini sağladığı görülmektedir. Ofis binasında yer alan rüzgar kuleleri iç hava sıcaklığını 0.71 °C'ye düşürmüştür (Şekil 4.114). ESG'de (4 Temmuz) ele alınan binada gerçekleşen doğal havalandırma sonucunda toplamda 4.19 °C'lik bir düşüş yaşandığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu dönemde en az ideal yöntem KONF-11'de kullanılan Leca bloğu olarak belirlenmiştir. Leca bloğu KONF-9'da elde edilen değerin sadece 0.02 °C artmasına sebep olmuştur. Şekil 4.114'te en düşük artış bu KONF'a aittir. Bu çalışma kapsamında ESG'de (4 Temmuz) on bir konfigürasyondan elde edilen PPD değerleri dış pencereler, iç pencereler ve rüzgar kuleleri (R-1, R-2 ve R-3) ile gerçekleşen doğal havalandırmanın en ideal yöntemi olarak belirlenmiş ve bu yöntem %4.72'lik bir azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.115). Bu süreçte PPD değeri açısından en az ideal yöntem ise Leca kullanımı olarak belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında, ESG'de (4 Temmuz) incelenen on bir konfigürasyonda elde edilen PMV değerleri arasında en ideal yöntem, DP'ler ve İP'ler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma belirlenmiş ve PMV değerini 1.14 olarak düşürmesine neden olmuştur (Şekil 4.116). Ayrıca, binada R-1'in 0.12, R-2'nin 0.06 ve R-3'ün 0.08 PMV değerini düşürdüğü gözlemlenmektedir. Rüzgar kulelerinin toplam etkisi 0.26 ve binada gerçekleşen toplam doğal havalandırma 1.4 olarak PMV değerini düşürmüştür. En az ideal yöntem olarak ise ESG'de (4 Temmuz) KONF-11'de Leca bloğunun kullanılması belirlenmiştir (Şekil 4.116). Çalışma kapsamında ESG'de (4 Temmuz) ve EASD'de on bir konfigürasyondan elde edilen GL parametre değerleri karşılaştırıldığında, KONF-6'da ofis binasında kullanılan LED aydınlatma sistemi GL parametresini 168.89 kWh olarak düşürmüş ve en ideal yöntem olarak belirlenmiştir (Şekil 4.117). Bu dönemlerde en az ideal yöntem olarak ise ilk beş konfigürasyonda LED aydınlatma sistemi yerine floresan aydınlatma sisteminin kullanılması olarak görülmektedir (Şekil 4.117). Yapılan çalışmada on bir konfigürasyonda ESG'de (4 Temmuz) SIW parametre değerleri karşılaştırıldığında en ideal yöntem, KONF-3'te ofis binasında gölgelik ile Low-e cam kullanılması olarak gözlemlenmektedir (Şekil 4.118). Bu dönemde en az ideal yöntem KONF-10'da uygulanan XPS yalıtımı ve KONF-11'de uygulanan Leca bloğunun hiç bir etkisi olmadığı gözlenmektedir. Ele alınan ofis binasında, ESG'de (4 Temmuz) incelenen on bir konfigürasyonda SEW parametre değerlerine bakıldığında, en ideal yöntemin KONF-5'te gölgelik ile Low-e camın ofis binası pencerelerinde kullanılması olduğu görülmektedir (Şekil 4.119). Bu dönemde en az

ideal yöntem ise KONF-10'da XPS yalıtımının kullanımıdır (Şekil 4.119). Tablo 5.1'de ESG'de (4 Temmuz) ele alınan altı parametrede en ideal yöntemlerin düşüş miktarı verilmiştir.

Tablo 5.1: Çalışma kapsamında ESG'de (4 Temmuz) ele alınan altı parametrede en ideal yöntemlerin düşüş miktarı (Yazar tarafından üretilmiştir.)

Parametre	En İdeal Yöntem	Düşüş Miktarı
İç hava sıcaklığı (°C)	1. Çapraz havalandırma	-3.48
	2. Rüzgar kuleler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma	-0.71
	Toplam gerçekleşen doğal havalandırma miktarı	-4.19
PMV	1. Çapraz havalandırma	-1.14
	2. Rüzgar kuleler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma	-0.26
	Toplam gerçekleşen doğal havalandırma miktarı	-1.4
PPD (%)	1. Çapraz havalandırma	-2.38
	2. Rüzgar kuleler aracılığıyla gerçekleşen doğal havalandırma	-2.34
	Toplam gerçekleşen doğal havalandırma miktarı	-4.72
Genel aydınlatma=GL (kWh)	LED aydınlatma sistemi	-168.89
Dış pencerelerden güneş enerjisi kazanım miktarı=SEW (kWh)	Gölgelik ile Low-e cam (LC)	-62.25
İç pencerelerden güneş enerjisi kazanım miktarı=SIW (kWh)	Gölgelik ile Low-e cam (LC)	-1.03

Soğutma döneminde elde edilen simülasyon sonuçlarına bakıldığında en ideal pasif soğutma yönteminin doğal havalandırma olduğu anlaşılmaktadır. Ele alınan ofis binasında farklı yöntemler aracılığıyla doğal havalandırma gerçekleşmiştir. Bu yöntemler arasında dış pencereler ve iç pencereler aracılığıyla gerçekleşen çapraz havalandırma ile binada yer alan rüzgar kuleleri ve rüzgar kulelerine bağlanan yeraltı kanalları bulunmaktadır. Isıtma döneminde ofis binasının pencereleri, rüzgar kulelerinin hava açıklıkları ve binanın bodrum katında rüzgar kulelerine bağlanan yeraltı kanallarının hava açıklıkları aracılığıyla soğuk hava sızması, iç mekanı konforsuz hale getirebilir. Bu sebepten dolayı pencereler ve hava açıklıklarının birleşim noktalarından soğuk hava sızmasını önlemek için özen gösterilmesi gerekmektedir.

Soğutma döneminde rüzgar kulesinin soğutma etkisine sahip olmadığını iddia eden bazı kaynakların aksine, bu çalışmanın ESG'de (4 Temmuz) elde edilen sonuçlarına göre, ofis binasındaki rüzgar kulelerin sayısının artmasıyla binanın iç hava sıcaklığı, PPD ve PMV değerlerinin düştüğü gözlenmektedir. Ele alınan ofis binasındaki rüzgar kulelerinin ESG'de (4 Temmuz) soğutma özelliğine sahip olduğu, rüzgar kulelerine bağlanan yeraltı kanallarının toprağın soğutma etkisinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca aylık PMV değerlerinin incelenmesi, ofis binasına R-1'in eklenmesi (KONF-7) itibariyle Mayıs ayının konforlu olduğunu göstermektedir. İncelenen sonuçlara göre, binada bulunan rüzgar kulelerinin soğutma etkileri farklılık göstermektedir. Elde edilen simülasyon sonuçları R-1'in daha çok soğutma etkisine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca sonuçlar R-3'un R-2'den daha fazla soğutma özelliğine sahip olduğu ispatlamıştır.

Elde edilen EASG (25 Ocak) sonuçlarına bakıldığında, XPS yalıtımı iç hava sıcaklığının artmasına, PPD ve PMV değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Ayrıca, Leca bloğunun da etkili olduğu gözlenmektedir. Bu nedenle, XPS yalıtımı ve Leca bloğunun kullanımının özellikle ısıtma döneminde faydalı olduğu sonucuna varılmıştır. Önerilen üç güneş kırıcı yöntem arasında, EASG'de (25 Ocak) elde edilen sonuçlar, ortalama yıllık veriler ile uyumlu çıkmıştır. Bu dönemde Low-e camın kullanımı, en az ideal yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışma, sıcak-kuru iklim bölgesine odaklanarak tasarlanan ofis binasının merkezi avlusu ve godal bahçesinin CFD analizleri ESA'da (Temmuz) gerçekleştirilmiştir. CFD analizleri merkezi avlu ve godal bahçenin konforlu bir çevre oluşturduğunu göstermektedir. Merkezi avlu

ve godal bahçe Yezd Bölgesi'nde esen fırtınalı rüzgarların binaya girişini engelleyerek ortamın konforunu artırmaktadır.

Bu çalışma kapsamında ele alınan tüm konfigürasyonlarda, kabul edilen sınır şartları çerçevesinde aktif mekanik iklimlendirme sistemleri kullanılmamıştır. Yalnızca pasif iklimlendirme parametreleri göz önünde bulundurularak incelenmiş ve performansları değerlendirilmiştir. Dolayısıyla pasif parametrelerin performansları göz önünde bulundurulmuştur. Bu bağlamda özellikle Yezd Bölgesi'nin en sıcak dönem boyunca görülen meteorolojik verilerin oldukça yüksek değerlere ulaşmasından dolayı yalnızca pasif yöntemlerin ASHRAE 55 standardında belirtilen konfor ölçülerin aralığında kalması mümkün olamamıştır. Bu sebeple, Yezd Bölgesi'nde herhangi bir yaşam alanında konfor sağlamak amacıyla pasif parametrelerin yanı sıra aktif soğutma sistemlerinin de kullanılması önerilmektedir.

Tüm bu çalışma sürecinde görüldüğü üzere İran geleneksel mimarisinde kullanılan bütün pasif ilkelerin konfor sağlanması ve enerji tüketiminin düşürülmesinde ne kadar çok katkı sağladıkları bu çalışma sayesinde bir kez daha ispatlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada ele alınan ofis binasında uygulanan modern yöntemlerin etkisi incelenmiş ve uygun yöntemler önerilmiştir. Bundan sonra yapılacak olan diğer tüm akademik çalışmalar başta olmak üzere özellikle mimari tasarım aşamasında modern mimari öğelerini kullanan tüm tasarımcılara örnek olması bakımından da değerli bir çalışma haline dönüşmüştür. Bu çalışmanın sonuç değerleri modern mimaride de özellikle ele alınan pasif tasarım ilkelerini kullanılabilecek potansiyele sahip olduğu bir kez daha ispatlanmıştır. |

KAYNAKLAR

- [1]. Zandieh, M. and Parvineinejad, S., 2010, Sustainable development and its concepts in Iranian residential architecture. *Quarterly Journal of Housing and Rural Environment*, 29(130), 2-21.
- [2]. Gomaa, B., 2013, Innovation in Natural Ventilation in Buildings' Design and Application. In *PLEA*.
- [3]. Nelson, J. and Grayson, D., 2017, World business council for sustainable development (WBCSD). In *Corporate responsibility coalitions* (pp. 300-317). Routledge.
- [4]. Agrawal, P.C., 1989, A review of passive systems for natural heating and cooling of buildings. *Solar & wind technology*, 6(5), 557-567.
- [5]. Zhang, H., Yang, D., Tam, V.W., Tao, Y., Zhang, G., Setunge, S. and Shi, L., 2021, A critical review of combined natural ventilation techniques in sustainable buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110795.
- [6]. Ziabari, Seyyed Ali Moghadam, and Mozafari, Fatemeh., 2019, The effect of the balcony on natural ventilation, thermal comfort and reduction of external noise in residential buildings.
- [7]. Behzadpour, M., and Kashani, B., 2022, Enerji tüketimini azaltmak için İran'da yeşil mimari kurallarının belirlenmesi ve uygulamaya konulması, örnek: Buşehr yeşil binası.
- [8]. Heidari, S., & Fazeli, M., 2017, Efficiency Evaluation of the Passive Cooling Systems in the Hot and Dry Climate of Iran (Study on the City of Yazd and Isfahan). *Iranian Journal of Energy*, 19(4), 0-0.
- [9]. Aflaki, A., Mahyuddin, N., Mahmoud, Z. A. C., & Baharum, M. R., 2015, A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy and buildings*, 101, 153-162.
- [10]. Agrawal, P. C., 1989, A review of passive systems for natural heating and cooling of buildings. *Solar & wind technology*, 6(5), 557-567.
- [11]. Khedari, J., Waewsak, J., Thepa, S., & Hirunlabh, J., 2000, Field investigation of night radiation cooling under tropical climate. *Renewable Energy*, 20(2), 183-193.
- [12]. Pormoussi, Mahbobeh, Mofidi Shemirani, Sidmjid, and Mahmoudi Zarandi, Mahnaz., 2016, Comparative evaluation of thermal behavior and ventilation in native residential buildings in the temperate and humid climate of Iran (case study: Kalbadi house in Sari and Aghajan house of Nesb Babol). *Urban Management*, 16(47), 337-350.
- [13]. Neshat Safavi, Hossein and Iqbali, Seyed Rahman, 2020, Evaluation of the performance of inlet and outlet vents to improve natural ventilation and thermal comfort of residents in the hot and dry climate of Yazd, 8th National Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development of Iran, Tehran.

- [14]. Vaezizadeh, F., Rashidisharifabad, S., & Afhami, R., 2016, Investigating the cooling effect of living walls in the sunken courtyards of traditional houses in Yazd. *European Journal of Sustainable Development*, 5(2), 27-27.
- [15]. Heidari, S., & Fazeli, M., 2017, Efficiency Evaluation of the Passive Cooling Systems in the Hot and Dry Climate of Iran (Study on the City of Yazd and Isfahan). *Iranian Journal of Energy*, 19(4), 0-0.
- [16]. Aflaki, A., Mahyuddin, N., Mahmoud, Z. A. C., & Baharum, M. R., 2015, A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates. *Energy and buildings*, 101, 153-162.
- [17]. Bahadori Nejad, M., & Dehghani, A., 2008, Wind-Catcher, a Masterpiece of Iranian Engineering. Yazda, yazd, 9786001652189.
- [18]. Valian, Tayyaba, Mofidi Shemirani, Syed Jed, and Mahmoudi, Mahnaz., 2019, Explanation of the physical features of windbreak in the architecture of Semnan city. *Architecture of hot and dry climate*, 8(12), 99-125.
- [19]. Aboui, Reza, Mozafar, Farhang, and Zakiramili, Leila., 2011, The appearance of ventilators in the houses of the Yazd plain - Ardakan. *Restoration and Architecture of Iran (repair of historical and cultural works and textures)*, 2(3), 15-28.
- [20]. Behbood, K. T., Taleghani, M., & Heidari, S., 2010, Energy efficient architectural design strategies in hot-dry area of Iran: Kashan. *Emirates Journal for Engineering Research*, 15(2), 85-91.
- [21]. Soflaei, F., Shokouhian, M., & Shemirani, S. M. M., 2016, Traditional Iranian courtyards as microclimate modifiers by considering orientation, dimensions, and proportions. *Frontiers of Architectural Research*, 5(2), 225-238.
- [22]. Wikipedia. W., 2020, Agabozorg Camisi, https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%B3%D8%AC%D8%AF_%D8%A2%D9%82%D8%A7%D8%A8%D8%B2%D8%B1%DA%AF, [Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2023].
- [23]. Sahebzadeh, S., Heidari, A., Kamelnia, H., & Baghbani, A., 2017, Sustainability features of Iran's vernacular architecture: A comparative study between the architecture of hot–arid and hot–arid–windy regions. *Sustainability*, 9(5), 749.
- [24]. Ahmadi, F., Wilkinson, S., Rezazadeh, H., Keawsawasvong, S., Najafi, Q., & Masoumi, A., 2023, Energy efficient glazing: A comparison of microalgae photobioreactor and Iranian Orosi window designs. *Building and Environment*, 233, 109942.
- [25]. Mahdavinejad, M., Hosseini, A., & Alavi, M., 2014, Sustecture Lessons from Underground Spaces in Traditional Architecture of Developing Countries. *Researches and Applications in Mechanical Engineering*, 3, 26-32.

- [26]. Moosavi, R. and Vakilinezhad, R., 2021, Experimental evaluation of summer thermal comfort in various types of Sardab (Cellar): underground space in Iran vernacular houses. *Journal of Heat and Mass Transfer Research*, 8(1), 1-11.
- [27]. Shahamat, H., 2014, Formal sustainability in traditional architecture of Iran according to five principles of traditional architecture of Iran. *Journal of applied environmental and biological sciences*, 4(1), 100-110.
- [28]. Saljoughinejad, S., & Sharifabad, S. R., 2015, Classification of climatic strategies, used in Iranian vernacular residences based on spatial constituent elements. *Building and Environment*, 92, 475-493.
- [29]. Rezazadeh Ardebili, M., & Shafiei, M., 2016, Lessons from the Past: Climatic Response of Iranian Vernacular houses to Hot Climate Conditions. *Space Ontology International Journal*, 5(4), 15-28.
- [30]. Shayegani, A., & Joklová, V., 2023, Investigating privacy principles' formation in vernacular architecture of arid and semi-arid parts of Iran. *Architecture Papers of the Faculty of Architecture and Design STU*, 28(1), 3-16.
- [31]. Mikaeili, M. and Sarihan, F., 2014, November. Sustainability and Bioclimatic Design Principals in Hot-Dry Area of Iran. In *ICONARCH International Congress of Architecture and Planning; 2014: ICONARCH II-INNOVATIVE APPROACHES IN ARCHITECTURE AND PLANNING*. Konya Technical University Faculty of Architecture and Design.
- [32]. Maleki, B. A., 2011, Traditional sustainable solutions in Iranian desert architecture to solve the energy problem. *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE)*, 6, 84-91.
- [33]. Khooshroo, S., 2017, *İranın geleneksel mimarisi sürdürülebilir mimaride bir imge* (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [34]. Foruzanmehr, A., 2012, Summer-time thermal comfort in vernacular earth dwellings in Yazd, Iran. *International Journal of Sustainable Design*, 2(1), 46-63.
- [35]. Eslami Mahmoodabadi, S., Mofidi Shemirani, S. M., & Habib, F., 2021, Investigating the Principles of Indigenous Housing Architecture of Hot and Dry Climate of Iran with the Formal Impact Approach of the Building in Promoting Thermal Comfort of Building Users. *Islamic Art Studies*, 17(40), 21-39.
- [36]. Chohan, A.H. and Awad, J., 2022, Wind Catchers: An Element of Passive Ventilation in Hot, Arid and Humid Regions, a Comparative Analysis of Their Design and Function. *Sustainability* 2022, 14, 11088.
- [37]. Mahmoudi Zarandi, M., 2016, An analysis on the orientation, Position and Dimensions of Wind-catchers in Vernacular Houses of Yazd. *Journal of Housing and Rural Environment*, 35(153), 35-46.

- [38]. Pourahmadi, M. and Ayatollahi, S., 2012, Refunctioning solutions for different wind catchers of Yazd based on their related summer side spaces. *Journal of Architecture in Hot and Dry Climate*, 1(1), 7-18.
- [39]. Hojati, A., Saedvandi, M. and De Angelis, E., 2021, Analysis of Performance of Three Wind-catchers for Ventilation of Contemporary Houses in Isfahan-Hot and Arid Climate-hot and dry climate of Isfahan. *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning*, 11(3), 16-32.
- [40]. Mahdavinejad, M., Javanroodi, K., Ghasemipoorabadi, M.H. and Bemanian, M., 2013, Evaluating the efficiency of YAZDI wind tower, an experimental study. *Int J Archit Eng Urban Plann*, 23(1&2), 17-22.
- [41]. Hughes, B.R. and Ghani, S.A., 2011, A numerical investigation into the feasibility of a passive-assisted natural ventilation stack device. *International Journal of Sustainable Energy*, 30(4), 193-211.
- [42]. Soltani, M., Dehghani-Sanij, A., Sayadnia, A., Kashkooli, F. M., Gharali, K., Mahbaz, S., & Dusseault, M. B., 2018, Investigation of airflow patterns in a new design of wind tower with a wetted surface. *Energies*, 11(5), 1100.
- [43]. Elzaidabi, A.A.M., 2009, *Low energy, wind catcher assisted indirect-evaporative cooling system for building applications* (Doctoral dissertation, University of Nottingham).
- [44]. Bahadori, M. N., Mazidi, M., & Dehghani, A. R., 2008, Experimental investigation of new designs of wind towers. *Renewable Energy*, 33(10), 2273-2281.
- [45]. Bahadori, M.N., Mazidi, M. and Dehghani, A.R., 2008, Experimental investigation of new designs of wind towers. *Renewable energy*, 33(10), 2273-2281.
- [46]. Kalantar, V., 2009, Numerical simulation of cooling performance of wind tower (Baud-Geer) in hot and arid region. *Renewable Energy*, 34(1), 246-254.
- [47]. Yaghoubi, M.A., Sabzevari, A. and Golneshan, A.A., 1991, Wind towers: measurement and performance. *Solar energy*, 47(2), 97-106.
- [48]. Gilvaei, Z.M., Poshtiri, A.H. and Akbarpoor, A.M., 2022, A novel passive system for providing natural ventilation and passive cooling: Evaluating thermal comfort and building energy. *Renewable Energy*, 198, 463-483.
- [49]. Sadeghi, N., Gorji Mahlabani, Y. and Nazif, H.R., 2021, Numerical investigation on thermal performance of a wind catcher for natural ventilation in hot and dry climate. *Journal of Renewable and New Energy*, 8(1), pp.33-40.
- [50]. Sadeghi, H. and Kalantar, V., 2017, Improvement of Baad-Gir performance using underground channel. *Modares Mechanical Engineering*, 16(13), 28-31.
- [51]. MAHMOUDI, M. and MOFIDI, S.S., 2009, Analysis on typology and architecture of wind catcher and find the best type.

- [52]. Dehghani Mohamadabadi, H., Yazdanfar, S.A., Dehghan, A. and Aehghani Mohamadabadi, A., 2017, Numerical analysis of the performance of four-sided wind tower attached to parlor and courtyard in different wind incident angles. *Modares Mechanical Engineering*, 16(12), 125-134.
- [53]. V .Kalantar, V., 2009, Numerical Simulation of Natural Ventilation and Cooling a Building by combined windtower and Solar Chimney. *Journal of advance Materials and Technology*, 301-308.
- [54]. Ebadi, H., BigdeliRad, V., Lamit, H.B., Yegane, S. and Kermaji, R., 2014, A Survey on Sustainability of Central Courtyards of Iran Traditional Architecture. *World Applied Sciences Journal*, 30, 221-225.
- [55]. Yazdi, Y., Mofidi Shemirani, S.M. and Etesam, I., 2021, An Investigation of the Relation between the Structural Components of the Vernacular Houses in Hot and Arid Areas in Iran (Case Study: Qajar Houses in Yazd). *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 18(96), 59-76.
- [56]. Soflaee, F. and Shokouhian, M., 2007, September. Environmental effect of courtyard in sustainable architecture of Iran (Hot-arid regions, meso-climate BWks). In *2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on building low energy cooling and advanced ventilation technologies in the 21st century*.
- [57]. Mahdavinejad, M., Moradchelleh, A., Dehghani, S. and Mirhosseini, S.M., 2013, The adoption of central courtyard as a traditional archetype in contemporary architecture of Iran. *World Appl Sci J*, 21(6), pp.802-11
- [58]. Zainlian, Nafiseh, and Akhot, Haniyeh., 2016, Structures of courtyards in houses in hot and dry and hot and humid Qajar climates, focusing on the "central courtyard" type (case study: houses in Yazd and Dezful). *Iranian Islamic City Studies*, 8(30), 15-29.
- [59]. Karimi, Mehdi and Abbasi, Noushin., 2021, the effect of the garden ditch on hot and dry traditional architecture
- [60]. Shabkhiz Fordoei, M. and Etesam, I., 2019, Influence of Sunken Court Yard on Environmental Temperature Adjustment and Energy Consumption in Hot and Dry Climates. *Iranian Journal of Energy*, 22(2), 143-157.
- [61]. Irib. N., 2018, Pirnia evi, İran'ın orta çölündeki evlerin mimari modeli, <https://www.tribnews.ir/fa/news/>, [Ziyaret tarihi: 02 Mart 2024].
- [62]. Dānā'iniyā, A. and Purhosseini Ardakāni, F., 2020, Typology of Skylights in the Architecture of Mosquesâ Domes (A Comparative Study on the ShabĀ ks in the Dome-Houses of Timurid Yazd and Safavid Isfahan Mosques). *Journal of Iranian Handicrafts Studies*, 3(1), 5-26.
- [63]. Qobadian, V., 2011, İran'ın geleneksel binalarının iklimsel incelenmesi. In: *Tehran üniversitesi yayıncılık enstitüsü, Bölüm 3-6, Tehran üniversitesi yayıncılık enstitüsü*, ISBN: 978-964-03-3873-5, 37-156.

- [64]. Bahadorinejad, M. and Dehghani. A., 2012, badgir, iran mühendisliği'nin başyapıtı, In: Yazda (ed.), Bölüm 3, Yazda, Tehran, ISBN: 978-600-165-218-9, 89-132.
- [65]. Mahmoudi Zarandi, M., 2014, badgir, iran mimarisinin sembolü badgir, In: Yazda (ed.), Bölüm 4, Yazda, Tehran, ISBN: 978-600-165-353-7, 107-191.
- [66]. Onebuilding, C., 2023, Repository of free climate data for building performance simulation, <https://climate.onebuilding.org/>, [Ziyaret tarihi: 10 Haziran 2024].
- [67]. Alipour, A., Haqiratparast, S., Shokofi, P., Taghizadeh, R., Yazdan, S. and Zabihi, H., 2016, Designing a local model in a hot and dry climate to reduce energy consumption in the housing sector (case study: Yazd city). *Environmental Science and Technology*, 21(3), 227-236.
- [68]. Darem, Yasman, and Mohammadzadeh, Nilofar., 2016, Roof morphology in cold and mountainous climate. International conference on new researches in civil engineering, architecture and urban planning.
- [69]. Andalib, A. and Shahcheraghi, A., 2022, Geometric and proportional analysis in the structure of central courtyards and seasonal rooms in the Vernacular Architecture of the cold climate (case study: Ardabil Qajar houses).
- [70]. Kojaro, A., 2018, Sadegi geleneksel evi, <https://www.kojaro.com/attraction/>, [Ziyaret tarihi: 01 Nisan 2024].
- [71]. Ghorbani, Fahima, and Heydarnetaj, Vahid., 2016, Investigating the role of climatic factors in the formation of rural texture and housing in a temperate and humid climate (case example of Diva Babol village). Islamic and Historical Architecture and Urban Planning Research Conference of Iran.
- [72]. Kasmaei, M., 2003, Climate and architecture. *Tehran: Khak Publishing*.
- [73]. Maryam, M., 2015, Ramsar climate studies, <https://www.memarcad.ir/downloads/download-the-ramsar-regional-studies/>, [Ziyaret tarihi: 05 Nisan 2024].
- [74]. Elyasi, S. and Yamaçlı, R., 2022, Mimarlık ve İklim İlişkisi perspektifinde (İran) Yazd ve Masule Şehirleri Örneği. *Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi*, 4(2), pp.129-140.
- [75]. Baghaiepoor, M., Jovanovic, G. and Stanimirovic, M., 2019, Climate adapted houses in Iran: Hot, cold and humid climate. *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, 429-443.
- [76]. Saadat, Davood, Kariminejad, Siamak, and Pouralikhani, Massoud., 2014, A look at native architecture in a hot and humid climate (southern coasts of Iran). International conference on new researches in civil engineering, *architecture and urban planning*.
- [77]. Paydar, N., 2017, Sıcak-nemli iklim mimarisi, <https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fpaydarag.com%2Fwarm-and->

humidclimate%2F&psig=AOvVaw01ISbJLUCtkfebTOali5PW&ust=1717148054879000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=2ahUKEwiYtfyPibWGAXUHZAIIHRxfCycQjRx6BAgAEBU, [Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2024].

- [78]. Iranpress, I., 2022, Iranian Deserts; What Iran is known for, <https://iranpress.com/iranian-deserts-what-iran-is-known-for>, [Ziyaret tarihi: 12 Nisan 2024].
- [79]. Khodabakhshian, Mogdi, and Mufidi Shemirani, Siddmjid., 214, Underground spaces in the native architecture of hot and dry climate of Iran. *City Identity*, 8(17), 35-44.
- [80]. Alipour, A., Haqiratparast, S., Shokofi, P., Taghizadeh, R., Yazdan, S. and Zabihi, H., 2016, Designing a local model in a hot and dry climate to reduce energy consumption in the housing sector (case study: Yazd city). *Environmental Science and Technology*, 21(3), 227-236.
- [81]. Mollayousef, S.S., 2015, *Local Architecture: Using Traditional Persian Elements to Design for Climate in Yazd, Iran* (Doctoral dissertation, Carleton University).
- [82]. Jamalpour, Samaneh, and Arbaban Esfahani, Arash., 2016, The effect of climate on the architecture of Yazd houses. *National Conference of Native Architecture and Urban Planning of Iran*.
- [83]. MousaviFard, N.A., 2020. *Applying Daylight Principles from Vernacular Iranian Architecture in Modern Building Design*.
- [84]. Simoni, P. and Abbasi, M., 2020, Evaluating the Relationship Between Education and Professional Activity in Architecture and Urban Planning Detailed study: School of Architecture and Urban Planning, University of Art. *Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning*, 25(1), 43-54.
- [85]. Kashan, k., 2016, Boroujerdiha Evi, http://kashancht.ir/contact_us.aspx, [Ziyaret tarihi: 11 Eylül 2023].
- [86]. Lavafpour, Y., 2012. Towards new approaches for integrating principles of precedent architecture into energy efficient buildings in hot-dry climate. *SAJ-Serbian Architectural Journal*, 4(3), 240-253.
- [87]. Goyai, Arzo, Memarian, Safaran and Elias., 2013, A reflection on the meaning of the garden pit and its place in the traditional architecture of Iran. *Effect*, 60(34), 89-104.
- [88]. Beladi, K., 2022, Evaluating sustainability aspects of housing in UNESCO world heritage city of Yazd case study: Lariha house. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, 6(2), 291-313.
- [89]. Azizi-Bondarabadi, H. and Haji Sadeghi, N., 2022. Local seismic culture in Iranian vernacular architecture: Evidence from Yazd earthen architecture. *Built Heritage*, 6(1), 5.

- [90]. Dehnavi, M., Ghadiri, M.H., Mohammadi, H. and Ghadiri, M.H., 2012. Study of wind catchers with square plan: influence of physical parameters. *Int J Mod Eng Res (IJMER)*, 2(1), 559-64.
- [91]. Alı, A.A.A. and Kurtay, C., Performance of the Wind Catcher in Hot Dry Regions, Khartoum-Sudan. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 9(1), 29-41.
- [92]. Dehghani-Sanij, M.R., 2020. Wind towers: architecture, climate and sustainability.
- [93]. Bekleyen, A. and Melikoğlu, Y., 2019. Antik rüzgâr yakalayıcıların Anadolu'daki örnekleri: Şanlıurfa'nın badgelleri. *Art-Sanat Dergisi*, (12), 109-128.
- [94]. Hejazi, B. and Hejazi, M., 2014. Persian wind towers: Architecture, cooling performance and seismic behaviour. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 9(1), 56-70.
- [95]. Ghaemmaghami, P.S. and Mahmoudi, M., 2005, May. Wind tower a natural cooling system in Iranian traditional architecture. In *International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*, 10(2), 71-76
- [96]. Mahmoudi, Mofidi Shemirani and Seyed Majid, 2012, Badgir's Iranian identity and its background in Iranian architecture. *Hoyt Shahr*, 2(2), 25-34
- [97]. Amiri-Kordestani, M., 2014, Natural air conditioning, traditions and trends: high performance of sustainable indoor ventilation in a hot and dry climate.
- [98]. Fathy, H., 1986, Natural energy and vernacular architecture.
- [99]. Keshtkaran, P., 2011. Harmonization between climate and architecture in vernacular heritage: A case study in Yazd, Iran. *Procedia Engineering*, 21, 428-438.
- [100]. Dehghani and Aghanjafi., 2005, Experimental investigation of the efficiency of two new wind deflector designs and their comparison with traditional wind deflectors. *Iranian Energy Magazine*, 9(2), 14-26.
- [101]. A'zami, A., 2005, May. Badgir in traditional Iranian architecture. In *International conference "Passive and low energy cooling for the built environment*, 1021-1026.
- [102]. Dehnavi, M., Ghadiri, M. H., Mohammadi, H., & Ghadiri, M. H., 2012, Study of wind catchers with square plan: influence of physical parameters. *Int J Mod Eng Res (IJMER)*, 2(1), 559-64.
- [102]. Mahdavinejad, M.J. and Javanrudi, K., 2011, Comparative evaluation of airflow in two kinds of Yazdi and Kermani wind-towers. *Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning*, 3(4), 69-80
- [103]. Marahemi, S., Yari, N. and Saedvandi, M., 2017, Typology of Loft Badgirs'(wind towers) Based on Façade Ornaments. *Housing and Rural Environment*, 36(159), 19-34.

- [104]. Melikoğlu, Y., 2018. Geleneksel Yaşam Alanlarından Öğrenilen Sürdürülebilir Dersler: Şanlıurfa'nın Geleneksel Rüzgâr Yakalayıcıları, Dicle Üniversitesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır*.
- [105]. Hejazi, M., Hejazi, B. and Hejazi, S., 2017, Architecture, cooling performance and seismic behaviour of wind towers. *Journal of Housing and Rural Environment*, 36(158), 21-34..
- [106]. Isna, N., 2018, Tek yönlü badgir, <https://www.isna.ir/news/97050100192>, [Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2023].
- [107]. Ahmadi, A., 2020, Badgir nedir, <https://memarifa.ir/badgir/>, [Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2023].
- [108]. Farhangi. G., 2018, Badgir şehri, <https://www.alef.ir/news/3970611149.html?show=text>, [Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2023].
- [109]. Wikipedia. W., 2011, Dowlatabad, https://en.wikipedia.org/wiki/Dowlatabad_Garden, [Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2023].
- [110]. Yazdi, Y., Mofidi Shemirani, S. M., & Etesam, I., 2021, An Investigation of the Relation between the Structural Components of the Vernacular Houses in Hot and Arid Areas in Iran (Case Study: Qajar Houses in Yazd). *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 18(96), 59-76.
- [111]. Mahmoudi, M., 2006, Wind Catcher: An attractive and charming feature of Yazd city Mahnaz mahmuodi (MS). *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 3(5), 91-99.
- [112]. Dad. H., 2023, Agazade Evi, <https://dadhotel.com>, [Ziyaret tarihi: 11 Nisan 2023].
- [113]. Hamgardi. H., 2020, Amri Köşkü, <https://hamgardi.com/fa>, [Ziyaret tarihi: 11 Nisan 2023].
- [114]. Reisen, I., 2021, Yezd şehrinde İskender hapishanesi, <https://reiseniran.de/fa>, [Ziyaret tarihi: 05 Şubat 2024].
- [115]. Jomehzadeh, F., Hussen, H.M., Calautit, J.K., Nejat, P. and Ferwati, M.S., 2020, Natural ventilation by windcatcher (Badgir): A review on the impacts of geometry, microclimate and macroclimate. *Energy and Buildings*, 226, p.110396.
- [116]. Zarandi, M.M., 2009, Analysis on Iranian wind catcher and its effect on natural ventilation as a solution towards sustainable architecture (Case Study: Yazd). *International Journal of Humanities and Social Sciences*, 3(6), 668-673.
- [117]. Hashemi Zarj Abad, H. and Masudi, Z., 2013, Ventilation; Masterpiece of the classic architecture engineering of Iran in desert margin with the analysis of the architecture typology of ventilation in south khorasan. *Scientific Quarterly of Social-Cultural Studies of Khorasan*, 6(4), 166-198.

- [118]. Hashempour, R. and Saeed, L.N., 2015, The Analysis on Articulation (Joint) Space in Matrix of Iranian Architecture Case Study: Forecourt (Doorway Space) of Sigari House at Yazd City. *Environment Conservation Journal*, 16(SE), 33-48.
- [119]. Roaf, S., 1988. The wind catchers of Yazd (PhD thesis).
- [120]. Tahriye, M., 2018, İran evlerinde bahçenin rolü, <https://archline.ir>, [Ziyaret tarihi: 20 Haziran 2023].
- [121]. Soflaee, F., 2006, Environmental Effect of Courtyard in Sustainable Architecture of Iran (Hot-arid Regions) Case Study: Courtyard houses in Yazd.
- [122]. Dunham, D., 1961, The courtyard house as a temperature regulator. *Ekistics*, 11(64), 181-186.
- [123]. Pirnia, M.K. and Memarian, G.H., 2005, Introduction to Islamic architecture of Iran. *Tehran: Soroush Danesh*.
- [124]. Qobadian, V., 2006, A Survey on the Climatic design of the Iranian traditional buildings. *Tehran University, Tehran*.
- [125]. Memarian, G. and Sadoughi, A., 2011, Application of access graphs and home culture: examining factors relative to climate and privacy in Iranian houses. *Scientific Research and Essays*, 6(30), 6350-6363.
- [126]. Zainlian Nafiseh and Akhot Hanieh., 2017, The structure of the yard in houses of hot and dry and hot and humid Qajar climates with a focus on the "central yard" type (case study: houses in Yazd and Dezful).
- [127]. Khajehzadeh, I., Vale, B. and Yavari, F., 2016, A comparison of the traditional use of court houses in two cities. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5(2), 470-483.
- [128]. Omidvari, S. and Basouli, M., 2021, An Analysis of the Formal Typology of Sunken Courtyards in the Central Plateau of Iran Case Study: Traditional Houses of Yazd.
- [129]. Kaşan, U., 2021, Geleneksel Mimari, <https://mpk.kashanu.ac.ir/fa/news/>, [Ziyaret tarihi: 19 Mayıs 2024].
- [130]. Shabkhiz Fordoei, M. and Etesam, I., 2019, Influence of Sunken Court Yard on Environmental Temperature Adjustment and Energy Consumption in Hot and Dry Climates. *Iranian Journal of Energy*, 22(2), 143-157.
- [131]. Memarian, G.H., 1999, Residential architecture of Iran. *University of Science and Industry: Tehran, Iran*.
- [132]. Santamouris, M. and Kolokotsa, D., 2013, Passive cooling dissipation techniques for buildings and other structures: The state of the art. *Energy and Buildings*, 57, 74-94.

- [133]. Alemu, A.T., Saman, W. and Belusko, M., 2012, A model for integrating passive and low energy airflow components into low rise buildings. *Energy and Buildings*, 49, 148-157.
- [134]. Angrisani, G., Diglio, G., Sasso, M., Calise, F. and d'Accadia, M.D., 2016, Design of a novel geothermal heating and cooling system: Energy and economic analysis. *Energy Conversion and Management*, 108, 144-159.
- [135]. Shaabani, M., Dehghan, B.A. and ZARE, L., 2021, Feasibility of using geothermal energy in building in order to reduce carbon dioxide pollutant emissions in environment (Case Study: Hamedan) Mahdi.
- [136]. Kazemi, M. and Ayatollahi, S.M., 2012, The Serdabs of Yazd. *Soffeh*, 22(1), 41-56.
- [137]. SeeIran. I., 2017, See Iran, <https://seeiran.ir/>, [Ziyaret tarihi: 2 Mayıs 2024].
- [138]. Khalili, M. and Amindeldar, S., 2014, Traditional solutions in low energy buildings of hot-arid regions of Iran. *Sustainable Cities and Society*, 13, 171-181.
- [139]. Abouei, R., 2006, September. Conservation of Badgirs and Qanats in Yazd, Central Iran. In *The 23th conference on passive and low Energy Architecture*, Geneva, Switzerland (pp. 6-8).
- [140]. Yazdi, Y., Mofidi Shemirani, S. M., & Etesam, I., 2021, An Investigation of the Relation between the Structural Components of the Vernacular Houses in Hot and Arid Areas in Iran (Case Study: Qajar Houses in Yazd). *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 18(96), 59-76.
- [141]. Roaf, S., 2005, May. Air-conditioning avoidance: lessons from the windcatchers of Iran. In *International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment*, 1053-1057.
- [142]. Eiraji, J. and Namdar, S.A., 2011. Sustainable systems in Iranian traditional architecture. *Procedia Engineering*, 21, 553-559.
- [143]. Beladi, K., 2022. Evaluating sustainability aspects of housing in UNESCO world heritage city of Yazd case study: Lariha house. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, 6(2), 291-313.
- [144]. Ahmadi, M., 2015, Eyvan nedir, <https://memarifa.ir/what-is-porch/> [Ziyaret tarihi: 26 Nisan 2024].
- [145]. Shirin Jani Samieh, Samadi Fard Zahra and Seyed Ali Sharifian., 2015, Recognizing the concept and function of the porch in Iranian architecture with an emphasis on the impact on the architectural structure.
- [146]. Aycam, I. and Varshabi, N., 2016, The analysis of form, settlement pattern and envelope alternatives on building cooling loads in traditional Yazd houses of Iran, *Gazi University Journal of Science*, 29(3), 503-514.

- [147]. Piriaei, M., Mehrangiz, Mofidi Shemirani, Seyed Majid, Sabernjad and Jhaleh., 2020, The role of climatic factors in the proportions of the central courtyard in the native houses of the hot and dry climate of Iran (case study: Yazd city). *Zagros Landscape Geography and Urban Planning Quarterly*, 12(45), 67-84.
- [148]. Omid, Milad, Aflaki and Ardalan., 2019, Comparative study of native architecture of hot and dry climate houses and the use of two-phase materials in today's buildings to reduce energy consumption. *Architecture*, 13(2), 193-202
- [149]. Mashhadi, M.K., 2012, *Comparison of Iranian and Turkish Traditional Architectures in Hot-Dry Climates* (Doctoral dissertation, Eastern Mediterranean University (EMU)).
- [150]. Hejazi, M., 2006, Persian architecture: Conformity with nature in hot-dry regions. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 1(2), 186-196.
- [151]. A'zami, A., Yasrebi, S.H. and Salehipoor, A., 2005, Climatic responsive architecture in hot and dry regions of Iran. In *International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment"*, Santorin, Greece.
- [152]. Omid, A., Golchin, N. and Masoud, S.E., 2022, Evaluating the visual comfort of Orosi windows in hot and semi-arid climates through climate-based daylight metrics: A quantitative study. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 21(5), 2114-2130.
- [153]. Hosseini, S.M., Mohammadi, M., Schröder, T. and Guerra-Santin, O., 2020, Integrating interactive kinetic façade design with colored glass to improve daylight performance based on occupants' position. *Journal of Building Engineering*, 31, p.101404.
- [154]. Nasiri, Z., 2021, İran'ın geleneksel mimarisinde Orosi, <https://roag.ir/p/orosi-in-traditional-iranian-architecture/> [Ziyaret tarihi: 26 Nisan 2024].
- [155]. Mahdavinjad, M. and Kia, A., 2019, Contemporarization of traditional facade skins (lattice) in Iranian architecture for optimization of daylight and energy. Case study: Tehran office buildings. *Journal of Architecture in Hot and Dry Climate*, 7(9), 69-82.
- [156]. Ghayeghchi, M.M., 2015, The Relationship between Privacy and Introversion in Traditional Houses. *Fen Bilimleri Dergisi (CFD)*, 36(4).
- [157]. Dānā'iniyā, A. and Purhosseini Ardakāni, F., 2020, Typology of Skylights in the Architecture of Mosquesâ Domes (A Comparative Study on the ShabĀ ks in the Dome-Houses of Timurid Yazd and Safavid Isfahan Mosques). *Journal of Iranian Handicrafts Studies*, 3(1), 5-26.
- [158]. Abdel, H., 2023, Nursing College Ashaktashram / Neogenesis+Studi0261, https://www.archdaily.com/1015668/nursing-college-ashaktashram-neogenesis-plus-studi0261?ad_source=search&ad_medium=projects_tab, [Ziyaret tarihi: 25 Mayıs 2024].
- [159]. Hejazi, M., 2006, Persian architecture: Conformity with nature in hot-dry regions. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 1(2), 186-196.

- [160]. Kharazmi, M and Afhami, R., 2010, Applied geometry in the decoration of architectural works of Iran before Islam. *Science and Technology Month*, 129(4), 8-13.
- [161]. Faghih, A.K. and Bahadori, M.N., 2009, Experimental investigation of air flow over domed roofs.
- [162]. Niarsh Architecture of Iran - Gholamreza Memarian Winter 2014.
- [163]. Wikipedia. W., 2024, Sasani mimarisi, https://fa.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%DB%8C_%D8%B3%D8%A7%D8%B3%D8%A7%D9%86%DB%8C, [Ziyaret tarihi: 04 Nisan 2024].
- [164]. Archileran. A., 2022, Sasani mimarinin özellikleri, <https://archilearn.net/blog/%D9%85%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%DB%8C-%D8%B3%D8%A7%D8%B3%D8%A7%D9%86%DB%8C%D9%88%DB%8C%DA%98%DA%AF%DB%8C%D9%87%D8%A7%DB%8C%D9%85%D8%B9%D9%85%D8%A7%D8%B1%DB%8C-%D8%AF%D9%88%D8%B1%D9%87%D8%B3%D8%A7/>, [Ziyaret tarihi: 04 Temmuz 2024].
- [165]. Kojaro, N., 2013, İran gonbadi, <https://www.kojaro.com/attraction/7173-%DA%AF%D9%86%D8%A8%D8%AF%D8%B3%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%86%DB%8C%D9%87/>, [Ziyaret tarihi: 01 Ocak 2024].
- [166]. Heirmadn, B., 2016, İran camileri, <https://www.alibaba.ir/mag/sheikh-lotfollah-mosque/>, [Ziyaret tarihi: 04 Temmuz 2024].
- [167]. Pirnia, M., 1968, Iranian architectural stylistics, ISBN: 6229924404.
- [168]. Irannews. N., 2020, İran camileri, <https://www.tasnimnews.com/ar/news/2020/03/19/2226683/>, [Ziyaret tarihi: 04 Temmuz 2024].
- [169]. Sadeghi, R.M., 2011, Evaluation of bioclimatic coefficients effective in human comfort, case study: Yazd city. *Natural Geography of Larestan Winter* 77-79.
- [170]. Aycam, I. and Varshabi, N., 2016, The analysis of form, settlement pattern and envelope alternatives on building cooling loads in traditional Yazd houses of Iran, *Gazi University Journal of Science*, 29(3), 503-514.
- [171]. https://maps.app.goo.gl/6uxvdBfWPHmFpRsF7?g_st=com.google.maps.preview.copy [Ziyaret tarihi: 07 Temmuz 2024].
- [172]. Memarian, G. and Brown, F., 2004, The shared characteristics of Iranian and Arab courtyard houses, In *Courtyard housing* (pp. 49-62). Taylor & Francis.
- [173]. Hashemi Zarj Abad, H. and Masudi, Z., 2013, Ventilation; Masterpiece of the classic architecture engineering of Iran in desert margin with the analysis of the architecture typology of ventilation in south Khorasan, *Scientific Quarterly of Social-Cultural Studies of Khorasan*, 6(4), 166-198.

- [174]. Jafarian, S., Sarkardehee, E., Monsefi Parapari, D. and Mojahedi, M., 2021, Investigating the effect of Flexible Lightweight Membrane Canopy in Order to Provide Thermal Comfort in Hot and Dry Climate, *Journal of Sustainable Architecture and Urban Design*, 9(2), pp.64-47.
- [175]. Samen, F., 2024, Samen Firması, <https://sayebansamen.com/>, [Ziyaret tarihi: 14 Mayıs 2024].
- [176]. Yazdi, Y., Mofidi Shemirani, S.M. and Etesam, I., 2021, An Investigation of the Relation between the Structural Components of the Vernacular Houses in Hot and Arid Areas in Iran (Case Study: Qajar Houses in Yazd), *The Monthly Scientific Journal of Bagh-e Nazar*, 18(96), 59-76.
- [177]. Hakiminejad, A., Fu, C. and Mohammadzadeh Titkanlou, H., 2015, A critical review of sustainable built environment development in Iran, In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Engineering Sustainability*, 168(3), 105-119
- [178]. Hassan, O.A. and Jonsson, P., 2014, Lecablock, an Alternative Construction Material for the Exterior Walls of Passive House, *Journal of Building Construction and Planning Research*, 2(2), 96105.
- [179]. Leca, B., 2024, Leca Block, <https://leca.asia/>, [Ziyaret tarihi: 14 Mayıs 2024].
- [180]. Zahiri, S. and Altan, H., 2016, The effect of passive design strategies on thermal performance of female secondary school buildings during warm season in a hot and dry climate, *Frontiers in built environment*, 2, p.3.
- [181]. Lucchi, E., Tabak, M. and Troi, A., 2017, The “cost optimality” approach for the internal insulation of historic buildings, *Energy Procedia*, (5)133, 412-423.
- [182]. Bonus, Y., 2024, Bonus yalıtım, <https://www.bonusyalitim.com.tr/urunler/bonus-xps>, [Ziyaret tarihi: 15 Mayıs 2024].
- [183]. Jelle, B.P., Kalnæs, S.E. and Gao, T., 2015, Low-emissivity materials for building applications: A state-of-the-art review and future research perspectives, *Energy and Buildings*, 96, 329-356.
- [184]. Rissman, J. and Kennan, H., 2013, low-emissivity Windows. *American Energy Innovation Council*.
- [185]. Abundiz-Cisneros, N., Sanginés, R., Rodríguez-López, R., Peralta-Arriola, M., Cruz, J. and Machorro, R., 2020, Novel Low-E filter for architectural glass pane, *Energy and Buildings*, 206, 109558.
- [186]. Iran Ministry of Housing and Urban Development., 2010, Chapter 19 of National Building Codes.
- [187]. Design Builder, P., 2024, Design builder program, <https://designbuilder.co.uk/>, [Ziyaret tarihi: 25 Mayıs 2024].

- [188]. Daemei, A.B., Limaki, A.K. and Safari, H., 2016, Opening performance simulation in natural ventilation using design builder (case study: a residential home in Rasht), *Energy Procedia*, 1(100), 412-422.
- [189]. Wasilowski, H., Reinhart, C. and Samuelson, H.W., 2009, Modeling an existing building in DesignBuilder/EnergyPlus: custom vs. default inputs, *Proceedings of (Building Simulation) the International Building Performance Simulation Association International Conference*, Glasgow, Scotland, July 2009: 1252- 1259.
- [190]. Zhang, L., 2014, Simulation analysis of built environment based on design builder software, *Applied Mechanics and Materials*, 580, pp.3134-3137.
- [191]. Shayegani, A., Joklova, V. and Illes, J., 2024, Optimizing Windcatcher Designs for Effective Passive Cooling Strategies in Vienna's Urban Environment, *Buildings*, 14(3), 765-773
- [192]. Zhang, Y., 2009, Parallel: Energyplus and The Development of A Parametric Analysis Tool, *In Building Simulation*, 1(11), 1382-1388.
- [193]. Masnadi, M. and Heidari, S., 2010, Roof simulation a method of detailed thermal survey in visual environment, *Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning*, 42(2), 5-8.
- [194]. Janzadeh, A. and Zandieh, M., 2021, Design feasibility of a net-zero energy neighborhood in Qazvin, *Energy Efficiency*, 14(1), 7.
- [195]. Tabesh, T. and Sertyesilisik, B., 2016, An investigation into energy performance with the integrated usage of a courtyard and atrium, *Buildings*, 6(2), 21.
- [196]. Tabesh, T. and Sertyesilisik, B., 2014, An Investigation into the Thermal Behavior of Courtyards, *American Transactions on Engineering & Applied Sciences*, 3(2).
- [197]. Design Builder, P., 2024, Design builder program, <https://designbuilder.co.uk/resources/testimonials>, [Ziyaret tarihi: 25 Mayıs 2024].
- [198]. Olesen, B.W., 1982, Thermal comfort.
- [199]. Fabbri, K. and Fabbri, K., 2015, The indices of feeling—predicted mean vote PMV and percentage people dissatisfied PPD, *Indoor Thermal Comfort Perception: A Questionnaire Approach Focusing on Children*, 75-125.
- [200]. Lin, Z. and Deng, S., 2008, A study on the thermal comfort in sleeping environments in the subtropics-developing a thermal comfort model for sleeping environments, *Building and environment*, 43(1), 70-81.
- [201]. Djongyang, N., Tchinda, R. and Njomo, D., 2010, Thermal comfort: A review paper, *Renewable and sustainable energy reviews*, 14(9), 2626-2640.
- [202]. Yau, Y.H. and Chew, B.T., 2014, A review on predicted mean vote and adaptive thermal comfort models, *Building Services Engineering Research and Technology*, 35(1), 23-35.

- [203]. Hamshahri, O., 2021, Yezd Bölgesi'nin geleneksel dokusu, <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.hamshahrionline.ir%2Fnews%2F601775%2F%25DA%25A9%25D9%2588%25DA%2586-%25D8%25B6%25D8%25A7%25DB%258C%25D8%25B9%25D8%25A7%25D8%25AA%25DB%258C-%25D9%2587%25D8%25A7-%25D8%25A7%25D8%25B2-%25D8%25A8%25D8%25A7%25D9%2581%25D8%25AA-%25D8%25AA%25D8%25A7%25D8%25B1%25DB%258C%25D8%25AE%25DB%258C-%25DB%258C%25D8%25B2%25D8%25AF&psig=AOvVaw1lNbK23G0nXHEIJOxKRzPm&ust=1722177718354000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQ3YkBahcKEwig0LGLuseHAxUAAAAAHQAAAAAQBA>, [Ziyaret tarihi: 07 Temmuz 2024].
- [204]. Şafak, G., 2011, Betonarme Karkas Sistemlerde Dış Duvarın Taşıyıcılık Performansının İrdelenmesi.
- [205]. Ashrae, A., 2022, Standard 90.1-2022, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings (S-I), https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE_PREVIEW_ONLY_STANDARDS/STD_90.1_2022_SI, [Ziyaret tarihi: 07 Temmuz 2024].
- [206]. Yaşa, E., 2004, Avlulu binalarda doğal havalandırma ve soğutma açısından rüzgar etkisi ile oluşacak hava akımlarına yüzey açıklıklarının etkisinin deneysel incelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [207]. Doraj, P., Özyılmaz, H., Eskandani, O.H. and Haghjou, A., 2022. İran' nın soğuk ve sıcak iklim bölgelerinde geleneksel evlerin tipoloji değerlendirmesi (tebriz ve yezd örneği). *Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 12(2), pp.401-419.
- [208]. Helali, S.S. and Erarslan, A., 2019, June. Geleneksel İran Avlulu Evinde Sürdürülebilir Mimarlık Açısından Avlunun Rolü. In *Proceedings of the International Conference of Contemporary Affairs in Architecture and Urbanism-ICCAUA* (Vol. 2, No. 1, pp. 457-475).
- [209]. Parvaresh, H., 2013. Mekansal kurgu özellikleri açısından İran, Yazd-Türkiye, Şanlıurfa geleneksel konutları üzerine bir araştırma (Master's thesis, Anadolu University (Turkey)).
- [210]. Çetintaş, K.F. and Rezafar, A., Binalarda Pasif Soğutma Yöntemleri ve Geleneksel Mimarideki Uygulamalarının İncelenmesi. *KAPU Trakya Mimarlık ve Tasarım Dergisi*, 2(2), pp.37-56. |

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Sevda SHIRZAD SOLTANAHMADI
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.
Uyruğu	☐ T.C. ☐ Diğer:
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İran Azad Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Mimarlık Bölümü
Mezuniyet Yılı	29.09.2019

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	İç Mimarlık Anabilim Dalı
Programı	İç Mimarlık Programı