

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARİHİ AHŞAP YAPILARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI: KOCAELİ ÖRNEĞİ

BİLGE DÜMEN DERELLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. CAHİDE AYDIN İPEKÇİ

MAYIS 2025

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARİHİ AHŞAP YAPILARDA ENERJİ
VERİMLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI: KOCAELİ
ÖRNEĞİ

BİLGE DÜMEN DERELLİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: PROF. DR. CAHİDE AYDIN İPEKÇİ

MAYIS 2025

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL

RESEARCH OF ENERGY EFFICIENCY IN
HISTORICAL WOODEN BUILDINGS: SAMPLE OF
KOCAELI

BİLGE DÜMEN DERELLİ

A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

ADVISOR: PROF. DR. CAHİDE AYDIN İPEKÇİ

MAY 2025

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 03/02/2025 tarih ve 2025/08 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 27/05/2025 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Bilge DÜMEN DERELLİ'nin tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) :Prof. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ

ÜYE

:Prof. Dr. Elif Özlem AYDIN

ÜYE

:Doç. Dr. Neslihan TÜRKMENOĞLU BAYRAKTAR

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

*Emir Mert ve
Zeynep İlay'a*

ÖZET

Artan enerji talebi, çevre ve doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı giderek artırırken, zaman zaman arz güvenliğine ilişkin endişelere de yol açmaktadır. Bu doğrultuda, sürdürülebilir enerji yönetimi stratejileri büyük önem kazanmış, enerji verimliliği politikaları öncelikli hale gelmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı, tarihi ahşap yapılarda enerji verimliliğini değerlendirmek ve bu doğrultuda iyileştirme önerileri sunabilmektir. Tarihi ahşap yapı kavramı ile ilgili çalışma kapsamı Kocaeli bölgesinde bulunan geleneksel ahşap konut tipleri ile sınırlanmıştır.

Alan çalışması kapsamında seçilen dört farklı geleneksel konutun konumları, taşıyıcı sistem özellikleri, plan tipolojileri ve yapı malzemelerine ilişkin veriler kullanılarak "DesignBuilder" simülasyon programı aracılığıyla yapıların modelleri oluşturulmuştur. Elde edilen enerji tüketim verileri ve yapı bileşenlerine ait duvar yüzeylerindeki yoğunlaşma potansiyeli grafiksel olarak değerlendirilmiştir. Buna ek olarak, yapılar termal kamera ile gerçekleştirilen aylık ölçümler ile izlenmiş elde edilen veriler doğrultusunda yaz ve kış dönemlerindeki ısı köprüleri ve ısı kayıpları bulguları ile yapılardaki ısı kayıplarının sebepleri irdelenmiştir. Simülasyon sonuçlarından elde edilen enerji tüketim bulguları TS 825(2008) ve TS 825(2024) standardına göre değerlendirilmiştir.

Simülasyon sonuçları doğrultusunda enerji verimliliği açısından en fazla iyileştirme gerektiren yapı Çıpalı Konak olarak belirlenmiş ve bu yapının geleneksel sistemine uyumlu cephenin özgünlüğünü koruyan alternatif duvar, çatı, zemin ve cam yalıtımları öneren yedi adet iyileştirme senaryosu denenmiştir. Bu senaryoların yoğunlaşma grafikleri de oluşturularak yoğunlaşma riski olan senaryolar elenmiştir. Yapının özgünlüğünün korunarak oluşturulan iyileştirme senaryoları ile yapıda %28 oranında enerji tasarrufu elde edilmiştir. Sonuç olarak söz konusu tarihi yapılarda enerji kazancı için güncel yönetmeliklere göre yapılabilecek öneriler sunulmuştur.

Bu çalışma Gebze Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 2023-A-101-05.

Anahtar Kelimeler: Tarihi Ahşap Yapılar, Isıl Performans, Enerji Verimliliği, Bina Enerji Simülasyonu, Kocaeli.

ABSTRACT

As the growing demand for energy increasingly intensifies pressure on the environment and natural resources, it occasionally raises concerns regarding energy supply security. In this context, sustainable energy management strategies have gained significant importance, and energy efficiency policies have become a top priority.

The aim of this thesis is to evaluate energy efficiency in historical timber buildings and to propose improvement strategies accordingly. The scope of the study on the concept of historical timber structures is limited to traditional wooden houses located in the Kocaeli region.

Within the fieldwork, four different traditional houses were selected. Their models were created using the "DesignBuilder" simulation program based on data regarding their locations, structural systems, plan typologies, and building materials. The obtained energy consumption data and the condensation potential on wall surfaces of building components were evaluated graphically. Additionally, the buildings were monitored through monthly measurements conducted with a thermal camera, and based on the collected data, heat bridges and heat losses during summer and winter periods were examined. The causes of heat loss in the buildings were also analyzed. The energy consumption findings obtained from the simulations were evaluated according to the TS 825(2008) and TS 825(2024) standards.

Based on the simulation results, the building requiring the most improvement in terms of energy efficiency Çıpalı Konak was identified. Seven improvement scenarios were tested, proposing alternative wall, roof, floor, and glazing insulations that are compatible with the traditional structure and preserve the originality of the facade. Condensation graphics were generated for these scenarios, and those with condensation risks were eliminated. With the proposed improvement scenarios that maintain the building's authenticity, an energy saving of 28% was achieved. In the conclusion section, suggestions are presented for relevant institutions and practitioners in accordance with current regulations to enhance energy performance in such historical buildings.

This study was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Gebze Technical University. Project No: 2023-A-101-05.

Keywords: Historical Wooden Buildings, Thermal Performance, Energy Efficiency, Building Energy Simulation, Kocaeli.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, danışmanım sayın Prof. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ hocama çalışmam boyunca rehberliği, eğitimi, sürekli desteği ve tükenmez sabrı için minnettarlığımı, jüri üyeleri sayın Prof. Dr. Elif Özlem AYDIN ve sayın Doç. Dr. Neslihan TÜRKMENOĞLU BAYRAKTAR hocalarıma yol gösterici tavsiyeleri için en içten şükranlarımı sunarım. Tezin ilerlemesini kolaylaştıran arkadaşlarımdan enerji simülasyonu konusunda yardımları için Mimar Aslanbey MURTEZAOĞLU'na, ısı hesapları ve saha çalışmalarındaki desteğiyle yanımda olan Makine Mühendisi Sercan KILIÇ'a ve Kocaeli Rölöve Anıtlar Müdürü Mehmet Said ÜZÜLMEZ'e teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak, destekleri ve yardımları için aileme, anneme ve eşime en içten sevgilerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	2
1.2. Literatür Araştırması	3
1.2.1. Enerji Verimliliği	3
1.2.2. Tarihi Yapılar ve Enerji Verimliliği	6
2. KONUSYLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER	14
2.1. Geleneksel Ahşap Yapım Sistemleri	14
2.1.1. Ahşap Yığma Sistem (Çantı)	14
2.1.2. Ahşap Karkas Sistem	16
2.2. Bina Enerji Simülasyonu (BES)	20
2.3. Termal (Kızılötesi) Kamera	24
3. ARAŞTIRMA KONUSU YAPILARIN BES MODELLEME VE TERMAL KAMERA İLE İNCELENMESİ	26
3.1. Materyal ve Yöntem	26
3.2. Tavşancıl Evi	30
3.2.1. Tavşancıl Evi BES Modellemesi ve Analizi	32
3.2.2. Tavşancıl Evi Termal Kamera İncelemesi	38
3.3. İlyas Bilir Evi	44
3.3.1. İlyas Bilir Evi BES Modellemesi ve Analizi	46
3.3.2. İlyas Bilir Evi Termal Kamera İncelemesi	52
3.4. Nizamettin-Zülfiye Evi	54
3.4.1. Nizamettin-Zülfiye Evi BES Modellemesi ve Analizi	56
3.4.2. Nizamettin-Zülfiye Evi Termal Kamera İncelemesi	61
3.5. Çıpalı Konak	62
3.5.1. Çıpalı Konak BES Modellemesi ve Analizi	65
3.5.2. Çıpalı Konak Termal Kamera İncelemesi	70
4. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	74
4.1. BES Sonuçlarının TS 825 İle Değerlendirilmesi	72
4.2. Çıpalı Konak İyileştirme Senaryoları	79
4.3. BES Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi	85
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	100
TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR	101
EKLER	102

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

A.B.D.	: Amerika Birleşik Devletleri
BES	: Bina Enerji Simülasyonu
CHN	: Climate Heritage Network
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning
IEA	: International Energy Agency
ICOMOS	: International Council on Monuments and Sites
ISCES	: International Scientific Committee on Energy and Sustainability
IESVE	: Integrated Environmental Solutions Virtual Environment
NSEB	: Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar
SDGWG	: Sustainable Development Goals Working Group
SHGC	: Solar Heat Gain Coefficient
TRNSYS	: Transient System Simulation Tool
λ	: Isıl iletkenlik hesap değeri
kWh	: Kilowatt saat

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Hiyerarşik katmanlar düzeni.	5
Şekil 1.2: Flanders Miras Ajansı'nın rehber kitapları.	7
Şekil 1.3: Flanders Miras Ajansı'nın çatı yalıtımı örneği.	7
Şekil 2.1: Şeyh Muslihiddin Camisi Kaynarca/Sakarya.	15
Şekil 2.2: Yığma ahşap sistemde köşe duvar birleşimi.	15
Şekil 2.3: Yığma ahşap yapı örneği; Akçakoca Cami, Kandıra/Kocaeli.	16
Şekil 2.4: (a) Tuğla dolgulu hımış duvar, (b) bağdadi duvar, (c) ahşap kaplamalı duvar.	16
Şekil 2.5: Marmara Bölgesi ahşap iskeletli yapıların dağılımı.	18
Şekil 2.6: Dal örgü duvar sistemi, Tahtalı Köyü/Derince.	18
Şekil 2.7: Göz dolma ahşap yapı.	19
Şekil 2.8: Dizeme duvarlı yapı, Bolu.	20
Şekil 3.1: Tezin yol haritası.	26
Şekil 3.2: Araştırma konusu yapıların konumları.	27
Şekil 3.3: Duvar katmanı ve U değeri örneği.	29
Şekil 3.4: Tavşancıl Evi'nin konumu.	30
Şekil 3.5: Tavşancıl Evi zemin kat planı.	31
Şekil 3.6: Tavşancıl Evi 1. kat planı.	31
Şekil 3.7: Tavşancıl Evi uygulama öncesi.	31
Şekil 3.8: Tavşancıl Evi rekonstrüksiyon durumu.	31
Şekil 3.9: Tavşancıl Evi BES program modeli.	32
Şekil 3.10: Tavşancıl Evi rekonstrüksiyon sonrası.	33
Şekil 3.11: Tavşancıl Evi aylık ısıtma tüketimi.	36
Şekil 3.12: Tavşancıl Evi ahşap kaplamalı, arası taşıyünü bağdadi duvar yoğuşma diyagramı.	37
Şekil 3.13: Tavşancıl Evi duvar yoğuşma diyagramları.	38
Şekil 3.14: Tavşancıl Evi ahşap duvar dış yüzey sıcaklık değişimi.	39
Şekil 3.15: Tavşancıl Evi yönler göre cam iç - dış yüzey sıcaklık farkı.	40
Şekil 3.16: Tavşancıl Evi Ağustos ayı (a) dış yüzey termal kamera ölçümü, (b) dış cephe fotoğrafı.	42
Şekil 3.17: Tavşancıl Evi (a) Ağustos ayı güney cephe zemin kat iç yüzey termal kamera ölçümü, (b) taş dolgulu duvar katmanı.	42
Şekil 3.18: Tavşancıl Evi Mayıs ayı iç ve dış yüzey termal kamera ölçümü.	43
Şekil 3.19: Tavşancıl Evi Ocak ayı giriş kapısı iç yüzey sıcaklık ölçümü.	43
Şekil 3.20: Tavşancıl Evi Ocak ayı doğu cephesi cam iç ve dış yüzey sıcaklıkları	44
Şekil 3.21: İlyas Bilir Evi'nin konumu.	44
Şekil 3.22: İlyas Bilir Evi zemin kat planı.	45
Şekil 3.23: İlyas Bilir Evi 1. kat planı.	45
Şekil 3.24: İlyas Bilir Evi Güney ve Doğu cephe çizimleri.	46
Şekil 3.25: İlyas Bilir Evi Güney cephe görseli.	46
Şekil 3.26: İlyas Bilir Evi BES program modeli.	47
Şekil 3.27: İlyas Bilir Evi ahşap kaplamalı bağdadi duvar yoğuşma diyagramı.	51
Şekil 3.28: İlyas Bilir Evi taş duvar yoğuşma diyagramı.	51

Şekil 3.29: İlyas Bilir Evi taş duvar yüzey sıcaklık ölçümleri.	52
Şekil 3.30: İlyas Bilir Evi Güney cephe (taş ve ahşap) aylık yüzey sıcaklıkları.	53
Şekil 3.31: Nizamettin-Zülfiye Evi'nin konumu.	54
Şekil 3.32: Nizamettin-Zülfiye Evi zemin kat planı.	55
Şekil 3.33: Nizamettin-Zülfiye Evi 1. kat planı.	55
Şekil 3.34: Nizamettin-Zülfiye Evi Kuzey ve Doğu cephe görseli.	55
Şekil 3.35: Nizamettin-Zülfiye Evi Doğu cephesi çizimi.	56
Şekil 3.36: Nizamettin-Zülfiye Evi Güney cephesi çizimi.	56
Şekil 3.37: Nizamettin-Zülfiye Evi BES program modeli.	57
Şekil 3.38: Nizamettin-Zülfiye Evi duvar yoğunlaşma diyagramı.	61
Şekil 3.39: Nizamettin-Zülfiye Evi Ağustos ayı güney cephe termal kamera ölçümü.	61
Şekil 3.40: Nizamettin-Zülfiye Evi kış dönemi kuzey cephe termal kamera. Ölçümü.	62
Şekil 3.41: Çıpalı Konak yapısının konumu.	62
Şekil 3.42: Çıpalı Konak Kuzey cephe.	63
Şekil 3.43: Çıpalı Konak zemin kat planı.	64
Şekil 3.44: Çıpalı Konak kat planları.	64
Şekil 3.45: Çıpalı Konak görselleri.	65
Şekil 3.46: Çıpalı Konak BES program modeli.	66
Şekil 3.47: Çıpalı Konak duvar yoğunlaşma diyagramları.	69
Şekil 3.48: Çıpalı Konak cam iç-dış yüzey sıcaklık farkı grafiği.	70
Şekil 3.49: Çıpalı Konak hımsız tuğla dolgu duvar dış yüzey sıcaklık grafiği.	72
Şekil 3.50: Çıpalı Konak Aralık ayı doğu cephesi dış yüzey termal kamera ölçümü ve dış cephe görseli.	72
Şekil 3.51: Çıpalı Konak kuzey cephe dış yüzey termal kamera ölçümü.	73
Şekil 3.52: Çıpalı Konak pencere doğraması iç yüzey termal kamera ölçümü.	73
Şekil 4.1: İklim Bölgeleri farkı.	75
Şekil 4.2: Aerojel görseli.	81
Şekil 4.3: Aerojel keçe görseli.	81
Şekil 4.4: Senaryo 3 duvar yoğunlaşma diyagramı.	84
Şekil 4.5: Yapıların dış duvar U değerleri.	87
Şekil 4.6: Yapılara ait CO ₂ emisyonu oranları grafiği.	89
Şekil 4.7: Yapılara ait dış pencere güneş kazanımları grafiği	89
Şekil 4.8: Yapılara ait yıllık ısıtma yükü grafiği.	91
Şekil 4.9: (a) Low-e kaplama camın çalışma prensibi, (b) giyotin pencerede. izolasyon fırçası detayı.	94

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1: Araştırma konusu yapıların listesi.	28
Tablo 3.2: Tavşancıl Evi duvar katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.	34
Tablo 3.3: Tavşancıl Evi döşeme katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.	35
Tablo 3.4: İlyas Bilir Evi duvar katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.	48
Tablo 3.5: İlyas Bilir Evi döşeme katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.	49
Tablo 3.6: Nizamettin-Zülfiye Evi duvar katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.	58
Tablo 3.7: Nizamettin-Zülfiye Evi döşeme katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.	59
Tablo 3.8: Çıpalı Konak duvar katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.	67
Tablo 3.9: Çıpalı Konak döşeme katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.	68
Tablo 4.1: Yapıların $A_{top}/V_{brüt}$ değerleri.	76
Tablo 4.2: Yapılara ait TS 825 (2008) yıllık tüketim sınır değerleri.	77
Tablo 4.3: Yapılara ait TS 825 (2024) yıllık m^2 başına tüketim sınır değerleri.	78
Tablo 4.4: Çıpalı Konak cephe camlarına ait bulgu ve öneriler.	80
Tablo 4.5: Ereğli Çıpalı Konak enerji tüketim iyileştirme senaryoları.	83
Tablo 4.6: Yapılara ait yıllık enerji tüketim değerleri.	86

1. GİRİŞ

Son yıllarda, enerji maliyetlerinin düşürülmesi ve emisyonların azaltılması gibi nedenlerle, binalarda enerji verimliliği üzerine yapılan araştırmalar önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmalar, binaların mevcut enerji verimliliği ve termal konfor standartlarına uygun şekilde uyarlanmasının, sürdürülebilirlik ve enerji performansı üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Ayrıca, tarihi miras binalarının enerji performansının artırılması gerekliliği de ön plana çıkarılmıştır.

Binalar, yıllık küresel karbon emisyonlarının yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır ve bunun yaklaşık %30'u mevcut binaların işletilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu emisyonları sıfır'a düşürmek için çeşitli azaltma stratejileri gereklidir. Binanın yeniden kullanımı, ilk etapta inşaattan kaynaklanan emisyonları önlediği için en sürdürülebilir çözüm olabilirken, pasif ve aktif enerji verimli önlemler mevcut binalar için bir sonraki en etkili stratejilerdir. Hem pasif hem de aktif enerji verimliliği müdahaleleri çok çeşitli kapsam, karmaşıklık, maliyet ve etkiye sahiptir. Doğru müdahaleyi seçmek, karbon emisyonlarında azalma ve bu projelerin sürdürülebilirliği için kritik öneme sahiptir [Pease et al., 2022].

Dünyada ve ülkemizde yeni enerji verimliliği yasaları ile binalar için zorunlu yenileme önlemleri yapılmaya çalışılmaktadır. Binaların enerji performansına ilişkin çalışmalar, bina kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hedeflemektedir. Ancak, mevcut durumda planlayıcıların ve uygulayıcıların kapasiteleri ile yapı malzemeleri ve bina hizmet ekipmanlarının temin edilebilirliği, mevcut yapı stokunun tadilat zorlukları gibi sınırlayıcı faktörler bulunmaktadır. Buna ek olarak, tarihi binaların korunması veya modernizasyonu, daha özel zorluklar barındırmaktadır. Tarihi ve kültürel açıdan değerli binaların sürdürülebilir bir şekilde korunabilmesi için yüksek düzeyde bir planlama gereksinimi söz konusudur. Buna ek olarak, bu tür yapıların enerji talebini, yeni inşa edilen binalarda olduğu kadar kolay bir şekilde azaltmak mümkün değildir. Ancak hiçbir eylemde bulunmamak bir çözüm olarak değerlendirilemez. Bu nedenle, tarihi binalarda enerji verimliliğini artırmaya yönelik yapının özgün haline saygılı ve uygulanabilir önlemlerin hayata

geçirilmesi gerekmektedir. Ancak, bu süreçte tarihi bina stokunun kültürel ve estetik açıdan değer taşıyan özelliklerinin korunması büyük önem taşımaktadır.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Kültürel mirasımızın ayrılmaz bir parçasını oluşturan tarihi yapıları gelecek nesillere aslını bozmadan kültürel hafıza olarak taşımak önemli bir konudur. Buna ek olarak, bu yapılar içerisinde günümüz konfor koşullarının sağlanarak yaşam alanları oluşturulması da yapıların terkedilmeleri yerine kullanımını arttırarak korunmasını da sağlamaktadır. Bu bağlamda, enerji verimliliği çalışmalarında tarihi yapıların özgünlüğünün korunmasıyla modernizasyon arasında bir denge kurulması gerekmektedir.

Bu problem çerçevesinde tez çalışmasının amacı, tarihi ahşap konutların enerji verimliliğini incelemek ve iyileştirme önerileri sunabilmektir. Bu doğrultuda tezin kapsamı, Kocaeli’nde geleneksel sistemde yapılan ahşap konut yapıları ile sınırlandırılmış olup sivil mimarlık örneklerinin bulunduğu Karamürsel (Ereğli), Dilovası (Tavşancıl) ve Körfez (Kutluca) ilçelerinde hem onarım görmüş hem de özgün durumda olan farklı yapı kabuğuna sahip, kapalı hacmi korunan ve kullanılan dört yapı belirlenmiştir.

Öncelikle giriş bölümünde literatürde ülkemizde ve dünyada enerji verimliliği ve tarihi yapıları birlikte ele alan çalışmalar incelenmiştir. Daha sonra enerji verimliliği kavramı ve bu konudaki güncel yasal düzenlemelere değinilmiş, tarihi yapılar ile ilgili yasa ve yönetmelikler olup olmadığı araştırılmıştır.

İkinci bölümde tezin konusu ile ilgili geleneksel ahşap yapılar literatür bilgisi olarak ele alınmış, Kocaeli bölgesindeki yapı çeşitlerine değinilmiştir. Devamında Bina Enerji Simülasyon (BES) programları hakkında kısa bilgiler verilmiş, tez çalışması kapsamında incelenen yapıların modellemelerinde izlenen yöntem ve yapıların termal kamera ölçümleri ele alınmıştır.

Üçüncü bölümde araştırmanın materyal ve yöntemi anlatıldıktan sonra saha çalışması için seçilen dört adet yapı ayrı ayrı tanıtılmış, konumları, yapım sistemleri, plan özellikleri, kullanılan malzemeleri anlatılmıştır. Her bir yapı Energyplus tabanlı “Design Builder” programında modellenerek elde edilen veriler ile her yapı için çıkan enerji tüketim sonuçları ve yapı duvarlarının yoğunlaşma grafikleri verilmiştir.

Ayrıca termal kamerayla yapıların cephelerindeki iç ve dış yüzey sıcaklık değişimleri aylık ölçümlerle bir yıl boyunca izlenmiş, yaz ve kış dönemlerinde ısı köprüleri ve ısı kayıpları incelenmiştir.

Dördüncü bölümde simülasyon sonucu elde edilen veriler üzerinden en fazla iyileştirme yapılması gereken yapının geleneksel sistemine uygun olabilecek güncel ısı yalıtım malzemeleri araştırılarak belirlenen duvar, çatı, zemin katmanı senaryoları ile yapının enerji verimliliğini artırmaya yönelik malzemelerin enerji verimliliğine katkısı analizlerle çalışılmıştır. Buradaki temel amaç yapıların tarihi değeri olması sebebi ile yalıtım malzemelerinin geleneksel sisteme uygun olmasına dikkat edilmesi gerekliliğini vurgulamaktır.

Son bölümde ise elde edilen sonuçlar özetlenerek konuyla ilgili önerilerde bulunulmuştur. Hem simülasyon ve hem de sahada yapılan termal kamera ölçümlerine dayalı bu çalışmanın tarihi ahşap yapıların bakım, onarım ve yeniden yapım aşamalarında ısı ve nemsel konfor koşullarının iyileştirilmesine, enerji verimli hale getirilmesine, enerji kimlik belgesi düzenleme çalışmalarına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca ülkemizde enerji verimliliği ile ilgili kanun ve yönetmelikler uygulanmaya çalışılırken bu konuda tarihi yapılarda neler yapılabileceğine ve kamuda birebir tarihi yapılara müdahalede bulunan çalışanlara veri oluşturması bakımından literatürde kaynak oluşturacaktır.

1.2. Literatür Araştırması

Tez konusu kapsamında “tarihi ahşap yapı, enerji verimliliği, termal kamera/kızılötesi ısı görüntüleme ile, historic wooden building, energy efficiency, thermal measurement” anahtar kelimelerinin bir arada konu edildiği mimarlık alanındaki ulusal ve uluslararası çalışmalar araştırılmıştır. Ayrıca bina enerji simülasyonu ve yapılarda termal kamera ile yapılan sıcaklık ölçümleri ile ilgili literatürde yer alan çalışmalar incelenmiştir.

1.2.1. Enerji Verimliliği

Enerji verimliliğinin önemi ve sürdürülebilir kalkınma, ayrışma ve karbondan arındırma üzerindeki etkileri, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında genellikle göz ardı edilen enerji verimliliği politikaları ve stratejilerinde önemli farklılıklara yol

açmıştır. Enerji verimliliğinin sürdürülebilir kalkınma, ekonomik ve çevresel ayrışma ve karbondan arındırma çabalarını ilerletmede önemli bir faktör olarak giderek daha fazla tanınmasına rağmen, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında enerji verimliliği politikalarının ve stratejilerinin uygulanmasında ve etkinliğinde önemli bir farklılık vardır **[Güngör, 2023]**.

Enerji tüketiminin azaltılması ve inşaat sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi, Avrupa Birliği'nin enerji bağımlılığını azaltma ve sera gazı emisyonlarını düşürme hedefleri doğrultusunda alınması gereken temel önlemler arasında yer almaktadır. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından Gündem 2030 çerçevesinde belirlenen sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin (Sustainable Development Goals-SDG) büyük bir bölümü yapı sektörünü doğrudan etkilemektedir. 2050 yılına yönelik projeksiyonlarda, Avrupa Birliği Avrupa Yeşil Mutabakatı kapsamında net sıfır sera gazı emisyonu hedefini gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır **[NSEB, 2020]**.

Ülkeler bu hedefe ulaşmak için birbirine paralel farklı yöntem ve yönetmelikler hazırlamışlardır. Yönetmeliklere göre enerji performansının hesaplanmasının temel amacı, ısıtma, havalandırma, soğutma, aydınlatma, sıcak su sistemlerine karşılık gelen net birincil enerji tüketimini belirleyerek yıllık toplam enerji ihtiyacını tespit etmektir. Bununla birlikte, günlük ve mevsimsel değişimlerin etkilerini analiz edebilmek için kısa vadeli enerji değerlerinin hesaplanması da önemli bir katkı sağlayabilir. Konut yapılarında çoğu üye devlet, 50 kWh/ (m².y)'den daha yüksek olmayan birincil enerji kullanımına sahip olmayı amaçlamaktadır. En fazla birincil enerji kullanımı, Danimarka'da 20 kWh/(m².y) veya Hırvatistan'da 33 kWh/(m².y)'dir. Bazı ülkeler Belçika (Brüksel), Bulgaristan, Danimarka, Hırvatistan (Avrupa), Estonya, Fransa, İngiltere, İrlanda, Malta, Slovakya, Slovenya) 45 veya 50 kWh/(m².y) hedef almaktadır **[NSEB, 2020]**.

Enerji performansı konusunda ülkemizde yapılan düzenlemelerde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından hazırlanan ve 19 Şubat 2022 tarih ve 31755 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik" ile binalarda yenilenebilir enerji kullanımı 1 Ocak 2023 itibarıyla zorunlu hale getirilmiştir. Bu düzenleme kapsamında, geleneksel binalara kıyasla daha yüksek enerji verimliliğine sahip ve tükettiği enerjinin belirli bir kısmını yenilenebilir kaynaklardan sağlayan "Neredeyse Sıfır

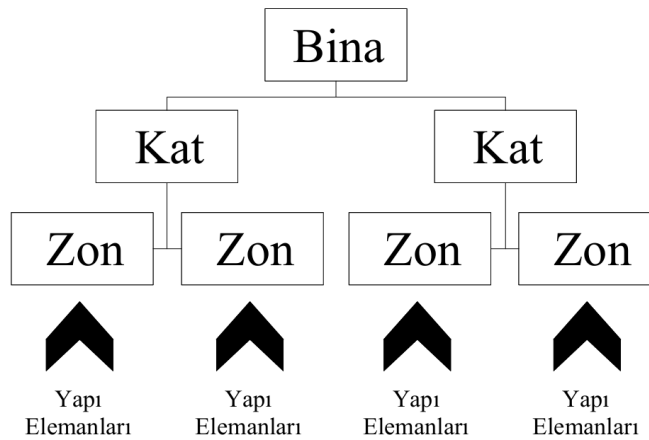
Enerjili Binalar-NSEB” modeline geçiş aşamalı olarak zorunlu tutulmuştur. Yönetmeliğe göre, 1 Ocak 2023’ten itibaren inşa edilecek 5000 metrekareden büyük tüm binaların enerji performans sınıfının en az “B” seviyesinde olması ve toplam enerji tüketimlerinin en az %5’inin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması şart koşulmuştur **[ResGaz 1, 2022]**.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği’nin 2. maddesi (Değişik: RG-1/4/2010-27539), (d) fıkrasında;

Korunması gerekli kùltür varlığı olarak tescil edilen binalarda, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik önlemler ve uygulamalar ile ilgili, Kùltür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulunun görüşünün alınarak bu görüş doğrultusunda yapının özelliğini ve dış görüntüsünü etkilemeyecek biçimde enerji verimliliğini arttırıcı uygulamaların yapılmasına ilişkin iş ve işlemleri kapsar.

olarak belirtilmiştir **[ResGaz 1, 2022]**. Tarihi yapılar ile ilgili bir zorunluluk belirtilmemekle birlikte her yapının birebir incelenmesi gerektiği için enerji verimliliği uygulamalarının kapsamı, sınırı ve yöntemi Kùltür Varlıklarını Koruma Kurullarının onayına bırakılmıştır.

Ayrıca ÷lkemizde yapıların enerji performansı hesabının nasıl yapılacağı 1 Kasım 2017 tarih ve 30227 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ” ile anlatılmıştır. Tebliğde hesap yönteminde yapıların nasıl ele alınacağı anlatılmış olup öncelikle bir “bina” nesnesi, bunun alt elamanı olarak “kat” nesneleri ve ardından katlara ait “zon” yani yapı mahallerinin yapı ölçeğinde birleşmesinden bahsedilmiştir (**şekil 1.1**) **[ResGaz 2, 2017]**.



şekil 1.1: Hiyerarşik katmanlar düzeni **[ResGaz 2, 2017]**.

Söz konusu tebliğde ahşap yapı veya tarihi değeri olan yapılar ile ilgili ayrı bir yöntem belirtilmemiştir. Yapı tiplerine göre yöntem belirtilmiş ve müstakil konutlarda, bina içerisindeki farklı mekânların konfor sıcaklıklarının değişkenlik göstermesi ve tüm dolaşım alanlarının açık olması dikkate alınmıştır. Ayrıca, iklimlendirilen bölgeler içinde yer alan tuvalet, kiler gibi alanların sıkça açık tutulması durumu göz önünde bulundurularak, bu mahaller iklimlendirilen “zon”lar kapsamında değerlendirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında da incelenen yapılar paralel şekilde müstakil konut olarak ele alınmıştır.

1.2.2. Tarihi Yapılar ve Enerji Verimliliği

Dünyada, tarihi yapılarda enerji konusu farklı platformlarda ele alınmaktadır. Uluslararası Kültürel Miras Enerji ve Sürdürülebilirlik Komitesi (ISCES), Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi (ICOMOS)'in teknik organlarından biri olarak, yapıli kültürel mirasın anlaşılmasını, korunmasını ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini destekleyen bir araştırma platformu olarak faaliyet göstermektedir. Enerji verimliliği, sürdürülebilirlik ve iklim değışikliğı gerekliliklerini dikkate alarak kültürel mirasın korunmasına yönelik stratejiler geliştirmektedir. ISCES, fikir alışverişine olanak sağlayan ve bilginin yayılmasını teşvik eden bir platform işlevi görmektedir. Komite, tüm kıtalardan gelen ve alanında uzman 60'tan fazla üye ile küresel düzeyde etkinlik göstermektedir. Ayrıca, İklim Mirası Ağı (CHN) ve ICOMOS Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri Çalışma Grubu (SDGWG) gibi uluslararası girişimlere katkıda bulunarak, kültürel mirasın korunmasında iklim değışikliğı ve sürdürülebilirlik hedeflerini önceliklendiren projelerde aktif rol almaktadır.

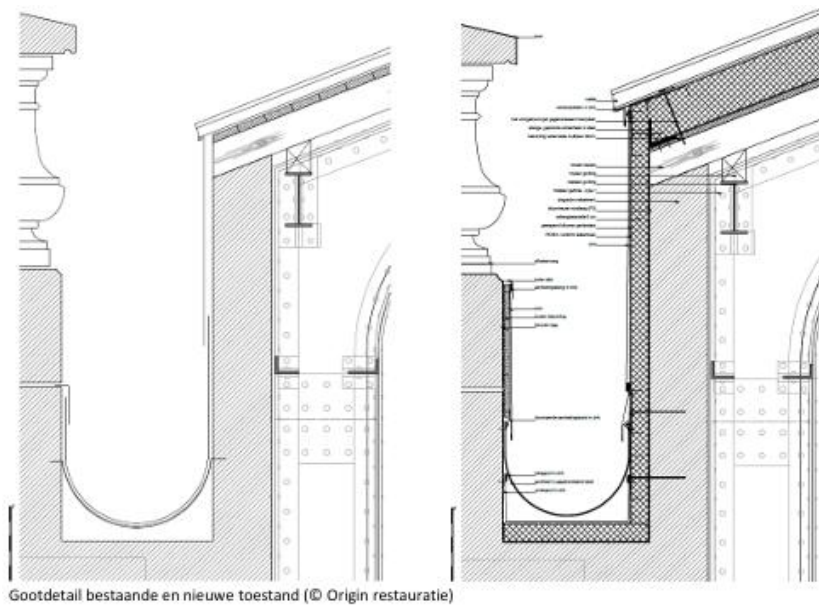
Yapılan literatür araştırması sırasında ulaşılan Belçika'nın Flaman Bölgesi'ndeki miras yapılarında enerji ve CO₂ tasarrufu önlemleri arasında yer alan Flanders Miras Ajansı'nın, konut amaçlı tüm yapıların kiralanması veya satışı durumunda zorunlu olan düzenli Enerji Ön İstasyonu Sertifikasına eşlik edecek şekilde inşa edilmiş mirasın yenilenmesi için uyarlanmış önerilerin geliştirildiğı ve rehber kitaplar (**Şekil 1.2**) hazırlandığından bahsedilmektedir [**Web 1**]. Söz konusu rehberlerde çatı yalıtımının enerji verimliliğini büyük ölçüde etkilediğı ve yapıya en az zarar veren

yöntemlerden biri olduğu vurgulanmış, bunun yanında o bölgeye ait geleneksel kapı pencere sistemlerinin iyileştirmesi önerilerinde de bulunulmuştur.



Şekil.1.2: Flanders Miras Ajansı'nın rehber kitapları [Web 1].

Ayrıca hazırlanan rehber kitapta tüm bu çalışmaların yanında değerlendirme çerçevesinin Flaman Bölgesi'nde genel uygulanabilirliği hedeflediği ve enerji tasarrufu önlemlerinin uygulanması ile miras bakımı arasında bir denge sağlanması amaçlandığı ancak değerlendirme çerçevesi bu konuyu çevreleyen her soruya siyah-beyaz bir çözüm sunamayacağı bu nedenle her olayın kendine özgü bir sorun olduğu ve bu amaca yönelik özel olarak hazırlanmış danışmanlık ve detaylı çözümlerin (Şekil 1.3) gerekli olduğu belirtilmiştir.



Şekil 1.3: Flanders Miras Ajansı'nın çatı yalıtımı örneği [Web 1].

Bunlara ek olarak miras yapıların enerji performansı gerekliliklerinin ancak kısmen karşılanabileceği; inşa edilmiş mirasın pasif binalara dönüştürülemeyeceğinin de farkında olunması gerektiği vurgulanmıştır **[Web 1]**.

2006 yılı öncesinde kültürel miras ve ekolojinin kesişimi, kültürün topraktan ayrılamayacağını kabul etmeye odaklanmışken, gün geçtikçe çevresel odak, binaların doğal çevre üzerindeki etkisine, özellikle de iklim değişikliği mücadelesinde oynadıkları role doğru kaymıştır **[Redden and Crawford, 2021]**.

Konuyla ilgili olarak 7-9 Ekim 2024 tarihlerinde 5. si düzenlenen Tarihi Binalarda Enerji Verimliliği Uluslararası Konferansı'nda (International Conference on Energy Efficiency in Historic Buildings, EEHB) geleneksel binaların, dünya bina stokunun önemli ve büyüyen bir oranını temsil ettiğine, bu binaların tarihi dokusuna saygı gösterirken enerji verimliliğinin artırılmasına da katkı sağlayan çözümlere ihtiyaç duyulduğuna değinilmiştir **[Web 2]**.

Hao et al., [2020] tarafından yapılan çalışmada; tarihi binaların enerji yönünden verimli hale getirilmesi ile ilgili literatür taraması yapılarak hem iklim değişikliğinin hem de güçlendirme müdahalelerinin etkisi özetlenmiştir. Güçlendirme çözümleri, tarihi binaların enerji kullanımını, iç mekân iklimini ve nem dinamiğini değiştirebilir. Enerji kullanımı ile ilgili olarak, güçlendirmenin enerji performansı üzerindeki olumlu etkisi, tarihi binalarda uygulanmasını ve daha fazla çözümün geliştirilmesini teşvik eder. Öte yandan, iç iklim ile ilgili olarak, aşırı ısınma gelecekte artan bir endişe kaynağı olacaktır. İç yalıtımın ve artan dış ortam sıcaklığının birleşik etkisi, soğutma için enerji talebini artırabilir. Yapı kabuğundaki nem dinamikleri ile ilgili olarak, dış iklimdeki değişiklikler (örneğin, değişen yağış düzeni) ve ardından iç mekan iklimindeki değişiklikler nedeniyle nem risklerinin ortaya çıkması daha olasıdır. Güçlendirme müdahalelerinin duvarların kurutma kapasitesini azaltabileceği ve sıcaklık gradyanını değiştirebileceği, değişen iklim ve güçlendirme müdahalelerinin birleşik etkisinin tarihi yapıların korunmasını baltalayabileceğine dikkat çekilmiştir.

BES programlarının yapılarda kullanıldığı çeşitli çalışmalar aşağıda kısaca anlatılmıştır.

Şahin'in [2013], İzmir'in Basmane semtinde yer alan tarihî Basmane Semt Merkezi binası üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada, enerji verimliliğine yönelik

iyileştirmelerin etkilerinin nicel olarak değerlendirilmesi amacıyla DesignBuilder programını kullanmıştır. Binaya ait geçmiş dönem enerji tüketim verileri; elektrik faturaları ve yakıt kullanım miktarları temel alınarak analiz edilmiştir. Önerilen enerji verimliliği artırıcı müdahalelerin, yapının tarihî, mimarî ve kültürel miras nitelikleri üzerindeki potansiyel etkileri disiplinler arası bir yaklaşımla değerlendirilmiş; bu değerlere uyumsuz olan seçenekler çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Uygun bulunan iyileştirme önerileri ise üç ayrı müdahale paketi altında sınıflandırılmış ve her bir paketin enerji tüketimine olan etkisi ayrı ayrı analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, söz konusu bütüncül yaklaşımla yapının mimarî ve kültürel özgünlüğüne zarar vermeksizin %41 oranında enerji tasarrufu sağlanabileceğini ortaya koymuştur.

Harputlugil ve Çetintürk [2004], çalışmalarında; Safranbolu’da bulunan Hacı Hüseyinler Evi’ni enerji verimliliği yönünden incelemişlerdir. Çalışmada benzer yapı malzemeleri ve sistemlerle inşa edilmiş geleneksel konutların yıl boyunca sunduğu ısı konfor koşullarını matematiksel olarak ortaya koymak amacıyla ısı konfor analizi yapılmıştır. Bu analizler için Cardiff Üniversitesi Mimarlık Bölümü’nde Dr. Andrew Marsh tarafından geliştirilen ECOTECT yazılımının 2004 sürümü (v.5.20), Hacı Hüseyinler Evi’nin ısı konfor analizinde kullanılmıştır. Program, performans değerlendirmesi için yapının üç boyutlu dijital modeline ihtiyaç duymaktadır. Bu amaçla, evin rölöve çizimlerinden yararlanılarak ECOTECT ortamında dijital modelleme gerçekleştirilmiş; ardından zonlama, malzeme özellikleri ve iklim verileri tanımlanarak simülasyon süreci tamamlanmıştır. Çalışma sonucunda, Uluslararası Enerji Ajansı’nın (IEA) 2001 Türkiye raporunda önerilen enerji tüketim hedeflerinin (100–150 kWh/m²/yıl) altında bir değere sahip olan Hacı Hüseyinler Evi’nin, 98,6 kWh/m² yıllık enerji tüketimiyle bu standardı geleneksel yapı teknikleriyle sağlayabildiği görülmüştür.

İtalya’nın Abruzzo bölgesinde küçük tarihi merkezlerde yapılan bir çalışmada tarihi binaların enerji verimliliğini artırmak için bir tasarım aracı önerilmiştir. Deprem sebebiyle hasar alan geleneksel yığma yapıların müdahaleleri sırasında yapılan analizlerle yapıların enerji performanslarını da iyileştirme önerileri getirmeyi amaçlamışlardır. DesignBuilder simülasyon programı kullanılarak uygun enerji çözümlerinin değerlendirilmesine ve seçilmesine çalışmıştır. Ek olarak, yapı kabuğunun tüm bileşenleri için endüstride mevcut olan güncel teknolojik malzemeler

kullanılarak bir metodoloji tanıtılmıştır. Ayrıca termografik test yöntemi, herhangi bir spesifik termal sorun olasılığını dışlamak için seçilen duvar yapıları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu test, duvar bileşim şekli yüksek termal kayıpların araştırılmasını sağlamıştır. Elde edilen veriler ile yapılan iyileştirme senaryolarında ve projelendirmede enerji performanslarını %50'nin üzerine çıkarılmıştır [Berardinisa et al., 2014].

Al-Sakkaf et al, [2021] yaptıkları araştırmada; Suudi Arabistan Krallığı'nın Riyad kentinde yer alan ve kültür yapısı olan Murabba Sarayı vaka çalışması olarak seçmiş, termal konforu ve gerekli soğutma enerjisini iyileştirmek amacıyla bazı pasif tasarım müdahaleleri üzerinde durmuştur. Miras yapıların enerji performansını ve termal konforunu iyileştirmek amacıyla, farklı mevsimlerde on pasif mimari tasarım alternatifinin enerji performansı DesignBuilder yazılım programı ile simüle edilmiştir. Bu on pasif tasarım senaryosu; çift kat low-E cam, çift kat yansıtımlı cam, hava boşluklu çift duvar ile birlikte çift kat low-E cam, ısı yalıtımlı çift duvar ile birlikte çift kat low-E cam, hafif ısı yalıtımlı çift duvar ile birlikte çift kat low-E cam, püskürtme köpük yalıtımlı çift duvar ile birlikte çift kat low-E cam, hava boşluklu çift duvar ile birlikte çift kat yansıtımlı cam, ısı yalıtımlı çift duvar ile birlikte çift kat yansıtımlı cam, hafif ısı yalıtımlı çift duvar ile birlikte çift kat yansıtımlı cam ve püskürtme köpük yalıtımlı çift duvar ile birlikte çift kat yansıtımlı cam olarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda, çift kat low-E cam kullanımıyla birlikte polistiren ısı yalıtımı uygulanan çift duvar sisteminin, yapının iç mekân ısıl sıcaklık konforunu artırdığını ve enerji tüketimini %17, CO₂ emisyonlarını ise %9 oranında azalttığı tespit edilmiştir.

Kaçel vd., [2015], yaptıkları çalışmada; farklı iklim bölgelerinde performans gösteren, aynı ısı geçirgenlik katsayısına (U katsayısı) sahip yapı kabuklarının farklı olarak detaylandırılması gerektiğinin ve U katsayısı yaklaşımı ile detaylandırılan kabuklarda tasarım eksiklikleri olabileceğinin altını çizmektedir. Aynı iklim bölgesinde bulunan ve aynı U katsayısına sahip yapı kabuğu detaylarının yönler bağli olarak farklı tasarlanmalarının gerekliliğı ortaya çıkmıştır. Ayrıca çalışma, kabuk detaylarının dinamik enerji hesaplama araçları ile test edilmelerinin gerektiğini belirtmektedir. Konut ile ofis fonksiyonuna göre değışen iç ısı kazanç faktörlerinin yapı kabuğı enerji performansı üzerindeki etkisi de çalışmada ortaya çıkmıştır.

Termal kameranın yapılarda kullanıldığı çeşitli çalışmalar aşağıda kısaca anlatılmıştır.

Polonya'nın Podhale bölgesinde bulunan ahşap tarihi bir binanın vaka çalışmasında tarihi binalarda termal kalitenin iyileştirilmesi araştırılmıştır [Cisak et al. 2020]. Binanın tarihi değer ve ahşap yapısı, tipik termal güçlendirme çözümlerinin uygulanmasını engellemektedir. Özellikle iç yalıtımın uygulanmasına odaklanarak, bu tür binalar için geçerli olan mevcut enerji performansı iyileştirme çözümlerinin gözden geçirilmesini ahşap duvarlar ve tabliyelerle binaların ısı güçlendirmesi açısından sorunlu alanların belirlenmesini amaçlamışlardır. Yöntem olarak, yerinde testler, bina kabuğu içinde sıcaklık dağılım alanı bozuklukları olan yerleri gösteren ve ısı köprülerine odaklanan termovizyon testleri, mevcut bölmeler için gerçek termal geçirgenlik katsayılarının ölçümleri, binanın hava geçirmezliği ve seçilen odalardaki mikro iklim ölçümleri kullanılmıştır. Isı köprülerinin binanın mevcut durumu üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, yalıtım sonrası duvar sistemlerindeki su içeriği değişikliklerinin analizi çalışmaları ile sunulan yaklaşım, tarihi ahşap binaların değerini korurken, enerji performansının iyileştirilmesini sağlamıştır.

Koçkar Tuğla, [2022] tarafından yapılan çalışmada, mevcut bir binanın cephelerinin ısınma özellikleri, nicel Kızılötesi Isıl Görüntüleme (KÖIG) yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. İnceleme için binanın batı cephesi (ÇA1) ve kuzey cephesi (ÇA2) seçilmiştir. Araştırma, temmuz ayında güneşli bir gün boyunca, sabah 07:00 ile akşam 19:30 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. ÇA1 ve ÇA2 bölgelerinden her saat başı ısı görüntüleri alınmış ve bu verilerle cephelerin ısı haritaları oluşturulmuştur. Toplanan ısı görüntüleri, özel bir yazılım aracılığıyla analiz edilerek yüzey sıcaklıkları belirlenmiş ve bu verilere dayanarak sıcaklık farkı (ΔT), ısınma hızı (RW) ve ısınma hızı oranları gibi ısı parametreleri hesaplanmıştır. Bu parametreler doğrultusunda, bina cephelerinde kullanılan malzemelerin ısınma davranışları detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Sarıtabak [2012], ise çalışmasında yeni ve mevcut binaların dış ortam şartlarına maruz kalan dış kabuk bileşenlerinin çevresel etmenler karşısındaki durumunu görsel analizi ile birlikte tahribatsız bir test yöntemi ile inceleyerek tespit edilen durumlara bağlı olarak yapı elemanları ve bileşenlerini ısı ve nemsel performans açısından değerlendirmiştir.

Demircan [2020], yaptığı araştırma ile Adapazarı ilinde yer alan dört farklı yalıtımsız yapının termal kamera aracılığıyla incelenmesi gerçekleştirilmiş ve bu yapıların maruz kaldığı ısı kayıplarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, yapılardan hem termal görüntüler hem de sıcaklık ölçümleri elde edilmiştir. İnceleme sonunda, elde edilen termal veriler analiz edilerek yorumlanmış; ısı kayıplarının yoğunlaştığı bölgeler tespit edilmiştir. Son olarak, belirlenen sorunlu alanlara yönelik çeşitli çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Diğer bir çalışmada, binalarda nemin ve diğer yapısal değişimlerin saptanmasına yönelik çok zamanlı (multi-temporal) termal analiz uygulamalarına odaklanmaktadır. Nemin belirlenmesine yönelik analizlerin etkinliğini değerlendirmek amacıyla iki farklı yöntem karşılaştırılmıştır: biri basit görüntü farklarına dayalı, diğeri ise daha ileri düzeyde bir yöntem olan Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis, PCA). Söz konusu yöntemler, Belçika'nın Leuven kentinde bulunan Arenberg Kalesi'nin ana giriş cephesi üzerinde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda çeşitli nem haritaları üretilmiş ve mimari cephelerde yarı otomatik nem tespiti amacıyla görüntü farklarının ya da PCA yönteminin güvenilirliğini değerlendirmek üzere analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, farklı zamanlarda elde edilen termal görüntülerin kullanımı açısından PCA tabanlı yaklaşımın daha yüksek doğruluk sağladığı ortaya konmuştur [**Lerma et al, 2010**].

Binalarda meydana gelen ısı kayıplarının engellenmesine yönelik ilk adım, söz konusu kayıpların hangi yapı elemanlarından (örneğin betonarme duvar, kolon, giriş, pencere çerçevesi, cam yüzeyler, kapılar, dolgu duvarlar, çatı, döşeme, çıkma ve iç balkon gibi) kaynaklandığının görüntüleme temelli yöntemlerle belirlenmesidir. Bu tespitin gerçekleştirilmesinde, ısıya duyarlılık esasına göre çalışan ileri teknolojiye sahip termal kameralar kullanılmakta ve yapı elemanlarının yüzey sıcaklık dağılımlarını görsel olarak ortaya koymaktadır. Elde edilen ısı kızıltötesi görüntülerin doğru şekilde düzenlenmesi ve ilgili yapının mimari projesiyle birlikte analiz edilerek değerlendirilmesi, sağlıklı sonuçlara ulaşılması açısından kritik öneme sahiptir. Bu kapsamlı analiz ve değerlendirmeler sonucunda, yapının ısı kaybına neden olan tüm sorunlu bölgeleri yerel düzeyde tespit edilebilmekte; ayrıca yapının, mimari projeye uygun biçimde inşa edilip edilmediği de belirlenebilmektedir. Buna ek olarak, mevcut ısı yalıtımı uygulamalarının etkinliği de termal kameralarla gerçekleştirilen görsel ölçüm teknikleri sayesinde

değerlendirilebilmektedir. TS 825 standardına uygun olarak hesaplanan yalıtım kalınlıklarına göre yapılan uygulamalarda, gerçekleştirilen ölçümler yalıtım performansının yeterli olduğunu ve teorik hesaplamaları doğruladığını ortaya koymuştur. Ancak, TS 825'te öngörülen kalınlığın altında kalan ya da yeterli kalınlıkta olmayan malzemelerle gerçekleştirilen yalıtım uygulamalarında, ısı yalıtım performansının yetersiz olduğu ve buna bağlı olarak ısı köprülerinin meydana geldiği gözlemlenmiştir [**Ünal ve Bayram, 2017**].

2. KONUYLA İLGİLİ GENEL BİLGİLER

Bu bölümde, Türkiye'de ve özellikle Kocaeli bölgesinde görülen geleneksel ahşap yapı sistemleri; tarihsel süreç içindeki gelişimi, yapım teknikleri ve bölgesel çeşitliliklerine değinilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan, yapıların enerji performanslarının değerlendirilmesine yönelik olarak bina enerji simülasyonu yöntemi açıklanmış ve çalışma kapsamında kullanılan yazılım tabanlı analiz aracı tanıtılmıştır. Tezin saha araştırmasında yapıların yerinde incelemesinde kullanılan termal kamera ile ısı görüntüleme yöntemi hakkında kısa bilgi verilmiştir.

2.1. Geleneksel Ahşap Yapım Sistemleri

Ahşap, geçmişten günümüze yapılarda taşıyıcı eleman, dış cephe kaplaması, doğrama, döşeme, çatı malzemesi ve tavan kaplaması olarak kullanılmıştır. Ülkemizde ahşap mimari daha çok sivil yapılarda ve küçük ölçekli camilerde (Şekil 2.1) kullanılmıştır. Yörelere göre çeşitlenen duvar boşluklarının farklı yöntemler ile doldurulması söz konusudur.

Kocaeli bölgesinde de geleneksel Anadolu ahşap yapı örneklerinde olduğu gibi ahşap yığma duvar ve ahşap karkas duvar olmak üzere iki türlü duvar kuruluşu görülmektedir. Yığma duvarda sistemi küçük ölçekli camilerde, ahşap karkas duvar tekniği ise konut yapılarında kullanılmıştır.

2.1.1. Ahşap Yığma Sistem (Çantı)

Ahşap yığma, en eski yapım sistemlerinden biri olup ahşabın kolay ve ucuz bulunduğu tüm kültür ve coğrafyalarda ortaya çıkmıştır. İskandinavya, Rusya, Sibirya, İsviçre, Kanada, A.B.D.'nin kuzeyi, Japonya'da birbirlerinden çok az farklılaşan ahşap yığma strüktürlere rastlanmaktadır. Kimilerinde bu strüktürler yaygın bir gelenek oluşturmuş, kimilerinde ise yerel ve halk mimarlığı sınırları içinde değerlendirilmesi gereken bir teknik olarak kalmıştır [Bostancıoğlu ve Büzgün, 2004].

Türklerde ahşap yapı geleneği Hun dönemine kadar inmektedir. Göktürk ve Uygur döneminde tarihlenen yerleşmelerden de ahşap malzemeler ele geçirilmiştir. Selçuklular bu ahşap yap geleneklerini Anadolu'ya da getirmişler ve burada ahşap

direkli camiler inşa etmişlerdir **[Karpuz, 1987]**. Günümüzde ahşap yığma yapılar küçük ölçekli camii, ahır, samanlık, ambar, değirmen olarak hala kullanılmaktadır. Kocaeli bölgesinde ise bu yapım sistemi ile çoğunlukla camii örneklerinde karşılaşılmaktadır.



Şekil 2.1: Şeyh Muslihiddin Camisi Kaynarca/Sakarya **[Web 3]**.

Ahşap yığma sistem ağacın doğal halde kütük şeklinde (**Şekil 2.2**) veya işlenerek kare, dikdörtgen formlarda masif kereste şeklinde yatay bir düzende birbiri üstüne konması ve köşelerinin geçme tekniği (lamba zıvana) ile birleştirilmesidir (**Şekil 2.3**). Daha çok geleneksel yöntemler kullanılarak birbiri üzerine dizilen parçalar belirli aralıklarla birbirlerine ahşap kavelalar veya metal çiviler/vidalar ile bağlanır. Ahşap, hem taşıyıcı hem de dış tesirlere karşı koruyucu malzeme durumundadır. Ahşap yığma duvarlar yuvarlak kesitli, kalas ve ya tahta duvar olarak farklı duvar şekillerinde görülmektedir. Kalas şeklinde olan duvarlar 2-5 cm. kalınlıklarda tahtalardan oluşmuştur **[Karpuz, 1987]**.



Şekil 2.2: Yığma ahşap sistemde köşe duvar birleşimi **[Yazar, 2025]**.



Şekil 2.3: Yığma ahşap yapı örneği; Akçakoca Cami, Kandıra/Kocaeli [Web 4].

2.1.2. Ahşap Karkas Sistem

Geleneksel ahşap karkas yapım tekniği, Türkiye’nin, deprem riskinin de yoğun olduğu Kuzey ve Batı Anadolu, Marmara Bölgesi ve Orta Anadolu’nun kuzey kuşağında yaygın olarak uygulanmıştır. Ahşap çatkı (iskelet) ile onu oluşturan dikme ve kirişler arasındaki boşlukların doldurulması ya da kaplanmasıyla oluşturulan bu yapılar, hımış, bağdadi ve ahşap kaplamalı olarak sınıflandırılırlar [Aksoy ve Ahunbay, 2005]. Taş bir temel üzerine kurulan ahşap iskeletin arasına kerpiç ya da tuğlalar doldurulmasıyla oluşturulan yapılar “hımış” duvar (Şekil 2.4a) ahşap iskeletin üzerine 2-3 cm genişlikte çıta çakılarak, sıvananlar “bağdadi” duvar (Şekil 2.4b) [Hasol, 1979], iskeletin dıştan tahta ile kaplanması, içten bağdadinin üzerinin sıvanmasıyla oluşturulan ve iç, dış kaplama arası boş bırakılan yapılar da “ahşap kaplamalı” duvar (Şekil 2.4c) olarak tanımlanır [Aksoy ve Ahunbay, 2005].



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.4: (a) Tuğla dolgulu hımış duvar, (b) bağdadi duvar, (c) ahşap kaplamalı duvar [Yazar, 2024].

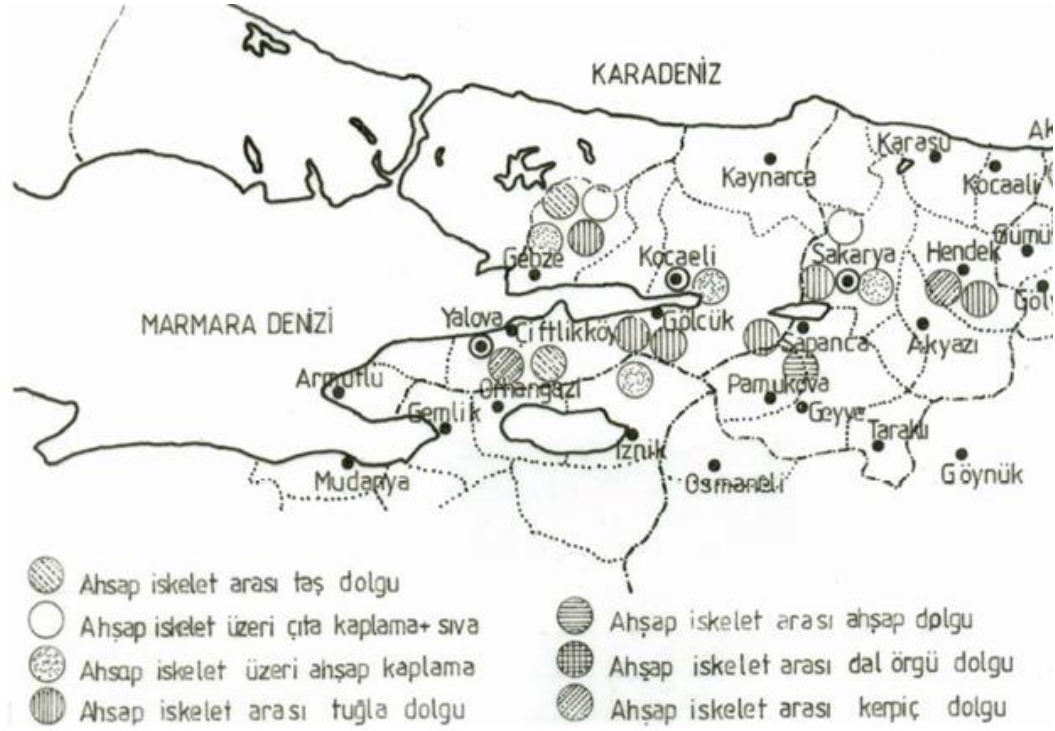
Sistemin temeli, yükleri çatı ve taban arasında dikey, yatay ve çapraz bağlarla çerçeveler oluşturarak temele aktaran taşıyıcı duvar sistemlerine dayanmaktadır. Ahşap karkas (iskelet) sistemler, tek boyutlu ahşap bileşenlerin taşıyıcılık görevini üstlendiği, yığma sistemlere göre ahşabın daha ekonomik olarak kullanıldığı sistemlerdir. İskelet sistemlerde, tek boyutlu ahşap bileşenler taşıyıcı sistemi oluştururken, duvarlar taşıyıcı olmayan, sadece mekanları bölmede, binayı çevrelemede kullanılan elemanlara dönüşmektedir. Ahşap karkas yapılar özde bir iskelet sistemdir. Dikmeler arasında kalan boşluklar kerpiç, tuğla, taş gibi bir bileşenle doldurulmakta, üzerine sıva yapılabilmekte veya bağdadi çıtalarla (ahşap latalarla) dikmelerin dışa bakan yüzeyleri kaplanarak dış etkenlere karşı istenen yalıtım ve koruma sağlanmaktadır.

Anadolu'da hıмыш yapım geleneğinin, 16. yüzyılın sonlarında ortaya çıktığı ve 20. yüzyılın başlarına dek, yaklaşık üç yüzyılı aşkın bir süre boyunca uygulanageldiği literatürde belirtilmektedir. Bu yapı sisteminde kullanılan dolgu malzemeleri, yerleşim tipine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Kırsal alanlarda dolgu olarak genellikle kerpiç ve ahşap dizeme tercih edilirken, kasaba ve kent merkezlerinde ise daha çok tuğla kullanımı yaygındır **[Aksoy ve Ahunbay, 2005]**.

Anadolu'da ve Balkanlar'da yüzlerce yıldır kullanılan geleneksel hıмыш yapıların Marmara Bölgesi'nde baskın bir çoğunlukta olduğu görülmektedir (**Şekil 2.5**). Hıмыш yapılarda iskelet aralarındaki boşlukların doldurulmasında tuğla, ahşap, dal örgü, kerpiç ve taş gibi farklı dolgu malzemelerinin kullanıldığı görülmektedir **[Aksoy ve Ahunbay, 2005]**.

Ahşap karkas sistemin arasının boş bırakılıp dış taraftan tahta kaplanıp iç taraftan bağdadî tekniğinde sıvanması; Çoğunlukla İstanbul ile onun etkisi altında olan yerleşimlerde kullanılmıştır. Ayrıca hıмыш, bağdadi ve ahşap kaplamalı sistemlerin bir arada kullanıldığı karma sistemler de bulunmaktadır **[Çobancaoğlu, 2003]**. **Şekil 2.5**'e göre Kocaeli bölgesinde merkez yakınında ahşap kaplamalı, Gölcük, Karamürsel civarında tuğla dolgulu, Dilovası-Gebze tarafında ise ahşap kaplama, tuğla dolgulu, bağdadi sıvalı, taş dolgulu yapı örnekleri olduğu görülmektedir.

Özbayraktar ve Yinelek [2019], Karamürsel kırsalında (Avcıköy) yaptıkları çalışmalarında taş dolgulu ve kerpiç dolgulu yapı örnekleri belgelemişlerdir.



Şekil 2.5: Marmara Bölgesi ahşap iskeletli yapıların dağılımı [Aksoy ve Ahunbay, 2005].

Bu verilere ek olarak, **Arslan [2018]** araştırmasında, Körfez bölgesinde yer alan Sipahiler ve Sevindikli köylerinde incelenen geleneksel kırsal konut örneklerinin tamamının iki katlı olduğu bu yapıların, zemin katları ahşap hatıllarla desteklenmiş kaba yonu taş duvarlar ile ahşap karkas sistem arasına uygulanan çeşitli dolgu teknikleriyle inşa edildiği, birinci katların ise, ahşap taşıyıcı iskelet içerisine yerleştirilen dal örgü dolgulu olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, Derince ilçesi kırsalında yer alan köylerde de dal örgü dolgulu ahşap karkas yapı örnekleri görülmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Dal örgü duvar sistemi, Tahtalı Köyü/Derince [Yazar, 2018].

Karadeniz bölgesinde “Göz Dolma” tekniği adı verilen diğer bir yöntemde ise geçme tekniğinde bağlantılarla, yatay ve düşey konumda, kareye yakın düzgün bir biçimde kurulmuştur (**Şekil 2.7**). Bu standart boşluklar düzgün kesilen veya doğal dere taşları ile doldurulmuştur. Ayrıca göz dolmadan ayrılan bir diğer dolma tekniği Muskalı Dolma sisteminde ise, taşıyıcı sistem bağlantılarının çapraz parçalarla bağlanması sonucu elde edilen küçük üçgenlerden kurulmuştur. Aralarında çapraz ahşap parçalar ile üçgenler oluşturulur. Bu üçgen boşluklar içine kireç harç ile küçük taş parçaları yerleştirilir [**Hasol, 1997**].



Şekil 2.7: Göz dolma ahşap yapı [**Web 5**].

Dizeme olarak adlandırılan ahşap dolgulu hımış sistemde ise taşıyıcı dikme ve eğik elemanların arası düşey ya da yatay olarak düzenlenmiş az işlenmiş masif ahşap elemanlarla doldurulmaktadır. Ahşap karkas arasına ahşap elemanlar dikey olarak doldurulduğunda dikey dizeme yatay olarak dolgu yapıldığında ise yatay dizeme olarak çeşitlenmektedir (**Şekil 2.8**).



Şekil 2.8: Dizeme duvarlı yapı, Bolu [Yazar, 2025].

2.2. Bina Enerji Simülasyonu

Küresel enerji tüketiminin önemli bir bölümü binalardan kaynaklanmaktadır. Özellikle, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinin verimsiz kullanımı, enerji kayıplarının ana nedenlerinden biridir. Bu nedenle, bina tasarımında enerji verimliliğinin optimize edilmesi kritik bir önem taşımaktadır. Bina Enerji Simülasyonu (BES), bir yapının enerji performansının ve kullanıcıların termal konfor düzeylerinin; iklim verileri, yapı geometrisi, içsel ısı kazançları, HVAC sistemleri, işletim senaryoları ve modele özgü diğer parametrelerin etkileşimi altında ayrıntılı biçimde hesaplanmasına imkân tanıyan, fizik temelli matematiksel bir enerji tüketimi modelleme yöntemidir. İlk olarak bina tasarım süreçlerinde karar destek aracı olarak geliştirilmiş olan BES uygulamaları, günümüzde mevcut yapıların enerji yönetimi ve performans analizlerinde giderek daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu program teknolojisi günümüzde özellikle hastane, hava limanı gibi büyük yapıların enerji verimliliği ve sürdürülebilir mimarlık alanına katkıda bulunmaktadır.

BES programlarının temel hedefi, bir yapının enerji kullanımını modellemek, analiz etmek ve optimize etmektir. Programlar sayesinde aşağıdaki verilerin hepsi veya ihtiyaç duyulana elde edilir [Dal vd., 2023].

- Enerji Tüketim Analizi: İç mekânların enerji ihtiyacını tahmin eder. Isıtma, soğutma, havalandırma, sıcak su kullanımı ve elektrik kullanımına yönelik detaylı veriler sunar.
- Termal Konfor Analizi: Kullanıcıların termal konforunu sağlamak üzere ortam koşullarını, güneş kazanımlarını simüle eder.
- Havalandırma ve Hava Kalitesi Değerlendirmesi: Doğal ve mekanik havalandırma sistemlerinin etkinliğini analiz eder, yapı için doğru sistem seçimi yapılmasını sağlar.
- Yenilenebilir Enerji Entegrasyonu: Güneş panelleri, rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının bina enerji sistemine etkisini simüle eder.
- Enerji Tasarrufu ve Karbon Emisyonu: Enerji tasarrufu stratejilerinin etkilerini hesaplar ve karbon ayak izini azaltmaya yönelik öneriler sunar.
- Aydınlatma Analizi: Doğal ve yapay aydınlatma sistemlerinin etkisini analiz eder. Gün ışığı simülasyonlarıyla enerji tasarrufu sağlamak ve görsel konforu artırmak için tasarım önerileri sunar.

Yapıların enerji performansının analizinde kullanılan BES programlarından bazıları aşağıda kısaca açıklanmıştır [Dal vd., 2023].

- DesignBuilder, EnergyPlus tabanlı olan bu program, bina enerji performansı, termal konfor ve doğal havalandırma analizleri için çok yönlü bir yazılımdır. Grafiksel arayüzü, kullanıcı dostu bir deneyim sunar.
- EnergyPlus, A.B.D. Enerji Bakanlığı tarafından geliştirilen detaylı enerji modelleme ve simülasyon yeteneklerine sahip bir programdır.
- IESVE (Integrated Environmental Solutions Virtual Environment), detaylı enerji ve çevresel analizler sunar. Yeşil bina sertifikasyon süreçlerinde yaygın olarak kullanılır.
- TRNSYS (Transient System Simulation Tool), dinamik enerji simülasyonları için esnek bir araç olup özellikle yenilenebilir enerji sistemleri için tercih edilir.
- Ladybug; bina enerji modellemesi ve çevresel analiz için kullanılan açık kaynaklı bir araçtır. Özellikle, Grasshopper ve Rhino 3D platformlarında çalışan Ladybug, kullanıcıların bina enerji verimliliği, termal konfor, güneş ışıınımı ve

çevresel performans gibi faktörleri analiz etmesine olanak tanır. Ladybug, EnergyPlus ve OpenStudio gibi enerji simülasyon araçlarıyla entegre çalışarak binaların enerji performansını analiz eder.

Program bilgileri şöyledir: DesignBuilder, yapıların üç boyutlu geometrik modellemesinin görsel olarak yapılabilirdiği ve bu model üzerinden EnergyPlus simülasyon motorunun temelinde, enerji verimliliği, termal konfor, karbon emisyonları, yenilenebilir enerji sistemleri, aydınlatma ve HVAC sistemleri gibi birçok farklı alanda detaylı analizler yapılmasını sağlar.

Bina geometrisinin tanımlanmasını şu şekilde yapabiliriz: Hava durumu verileri, bina enerjisi, konforu ve gün ışığından yararlanma simülasyonları için temel bir girdi olup, hesaplamaları yönlendirmek için gereken temel çevresel koşulları sağlar. Yakın zamana kadar bina simülasyonlarında kullanılan hava durumu verilerinin çoğu yalnızca geçmiş okumalara dayanıyordu ve yalnızca dağınık konumlar için mevcuttu. Ancak optimum performans için tasarıma daha fazla vurgu yapıldıkça, proje sahasına özgü ve amaçlanan tasarım amacı için seçilen gerçekçi hava durumu verilerinin kullanılması artık simülasyon sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır **[Web 6]**.

Programın modelleme araçlarıyla binanın geometrik modeli oluşturulur. Kat planları, duvarlar, çatılar, pencereler ve diğer yapı elemanları modellenir. Bina mahalleri programda kullanım amacına göre oturma odası, ofis gibi termal zonlara ayrılır. Yapı kabuğunun aynı olduğu durumlarda ve zonlar birbiri ile ilişkili ise zonlar kaldırılabilir.

Teknik verilerin girişi de oldukça önemlidir. Teknik verilerin girişi süreci, bina enerji performansı simülasyonlarının doğruluğunu sağlamak için kritik bir adımdır. Bu kapsamda, iç ortam koşulları, havalandırma ve iç hava kalitesi ayarları, aydınlatma ve ekipman yükleri ile HVAC sistem ayarları dikkatle tanımlanmalıdır.

İç ortam koşulları, sabit iç sıcaklık (örneğin, 21°C) veya belirli sıcaklık aralıkları üzerinden tanımlanır. Bu aşamada hedeflenen termal konfor seviyeleri, kullanıcı ihtiyaçlarını ve standartlarını karşılayacak şekilde belirlenir. "Activity" sekmesinde kullanıcı, odanın kullanım türüne göre bir aktivite şablonu seçebilir. Örneğin, ofis, konut, sınıf veya hastane gibi farklı kullanım türlerine özel önceden tanımlanmış şablonlar mevcuttur. Şablonlar, iç ortam sıcaklığı, bağıl nem, minimum havalandırma ihtiyacı, kişi başına düşen ısı yükü gibi parametreleri içerir.

Kullanıcılar, varsayılan değerleri olduğu gibi kullanabilir veya özelleştirebilir. Yapının "Activity" özelliği (konut, ofis, eğitim,) ile aktiviteye göre iç sıcaklık ayarları otomatik yapılmaktadır. Bu sekme, belirli bir mekânın kullanım amacına uygun iç ortam koşullarını, kişi yoğunluğunu, ekipman yüklerini ve aydınlatma ihtiyaçlarını tanımlama imkânı sunar.

Aydınlatma ve ekipman yüklerine ilişkin veriler, iç mekânın enerji tüketim dinamiklerini anlamak için kritik öneme sahiptir. Bu süreçte, iç mekân aydınlatma yükleri watt birimleriyle tanımlanır ve kullanılan ekipmanların enerji tüketim değerleri modele dahil edilir.

HVAC sistemi ayarları, binanın enerji performansına doğrudan etki eden unsurlar arasındadır. Bu aşamada, kullanılan HVAC sistemlerinin türü ve teknik performans parametreleri, örneğin sistemlerin performans katsayı (Coefficient of Performance - COP) değerleri, ısı geri kazanım verimlilikleri ve çalışma sıcaklık aralıkları gibi detaylar tanımlanır. Sistemlerin özelliklerine bağlı olarak enerji tüketimi ve karbon salınımı tahminleri yapılabilir.

DesignBuilder programında "Construction" sekmesi, bina elemanlarının malzeme özelliklerini ve katman yapılarını tanımlamak için kullanılır. Malzemeler ve yapı elemanları, ASHRAE, BS, EN, ISO veya diğer uluslararası standartlara uygun şekilde seçilebilir. Bu sekme, yapı elemanlarının termal ve fiziksel özelliklerini ayrıntılı şekilde belirleme imkânı sunar. Burada dış duvarlar, çatı, zemin, pencereler ve kapılar gibi yapı elemanları düzenlenebilir. Yapı elemanlarına malzeme katmanları eklenerek her katman için malzeme türü, kalınlık, yoğunluk, termal iletkenlik ve ya direk olarak ısı iletim direnci (R) özellikleri tanımlanır. Bu veriler söz konusu programın malzeme kütüphanesinden seçileceği gibi, yeni malzeme tanımlaması yapılarak literatürden de giriş yapılabilir.

Program ısı iletim katsayısı veya ısı iletim dirençleri girilerek termal performans açısından önemli olan duvar ve döşeme katmanlarının U değerleri, program tarafından hesaplanır. Girilen verilerin doğrulaması adına duvar katmanlarının U değerleri (2.1) ve (2.2) formülleri ile hesaplanır.

$$R_{top} = R_i + R_1 + R_2 + \dots R_e \quad (2.1)$$

$$U = 1 \div R_{top}. \quad (2.2)$$

Program girdilerinde pencereler için cam türü (örneğin, tek cam, çift cam veya düşük emisyonlu cam), çerçeve malzemesi ve güneş ısı kazancı gibi özellikler tanımlanabilir.

Dinamik enerji simülasyonu ve iyileştirme önlemleri hakkında şunları söyleyebiliriz: Simülasyon analizleri sonucunda elde edilen veriler, mevcut tasarımın güçlü ve zayıf yönlerini belirleyerek tasarımın iyileştirilmesi için bir temel oluşturur. Simülasyon sonuçlarına göre enerji tüketim değerleri, termal konfor seviyesi, karbon salınımı ve diğer parametreler detaylı olarak incelenir. Farklı yapı elemanlarının veya sistemlerin katkıları değerlendirilerek sorunlu alanlar tespit edilir. Tespit edilen sorunlar doğrultusunda tasarımda iyileştirmeler yapılır. Örneğin, duvar, çatı veya döşemede yalıtım eklenmesi veya yalıtım malzemelerinin kalınlıklarının artırılması, pencerelerde düşük emisyonlu, çift cam, filmli cam gibi malzemeler, verimli bir HVAC sistemine geçiş yapılması gibi düzenlemelerin hepsi veya birkaçı denenir.

İyileştirilmiş tasarım modeli, yeni parametrelerle simüle edilir ve performansın önceki tasarımla karşılaştırılması sağlanır. Böylece yapılan değişikliklerin enerji tüketimi ve karbon salınımına etkisi net bir şekilde görülür.

Bu döngüsel süreç, tasarımın sürekli olarak optimize edilmesine olanak tanır. Her bir senaryoda elde edilen daha iyi performans sonuçları, projenin enerji verimliliği, ekonomik avantajlar ve çevresel sürdürülebilirlik açısından hedeflere daha yakın olmasını sağlar.

2.3. Termal (Kızılötesi) Kamera

Isıya duyarlılık esasına dayanan termal kameralar (ısı kızılötesi görüntüleme cihazları), yapıların dış cephelerinde meydana gelen ısı kayıplarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu cihazlar, herhangi bir fiziksel temas gerektirmeksizin, kızılötesi dalga boyu aralığında yüzey sıcaklıklarını tespit edebilme özelliğine sahiptir. Termal kamera kullanımı sayesinde, yalıtımlı dış cephelerdeki ısı kaybı yaşanan noktalar kolaylıkla saptanabilmektedir. Bu sayede, dış cephe yalıtımının etkinliği değerlendirilebilmekte; hangi yapı bileşenlerinde daha yoğun ısı kayıplarının meydana geldiği ve yalıtım uygulamalarındaki hatalı bölgeler belirlenebilmektedir. Kızılötesi termografi, bazı ülkelerde yapıların enerji

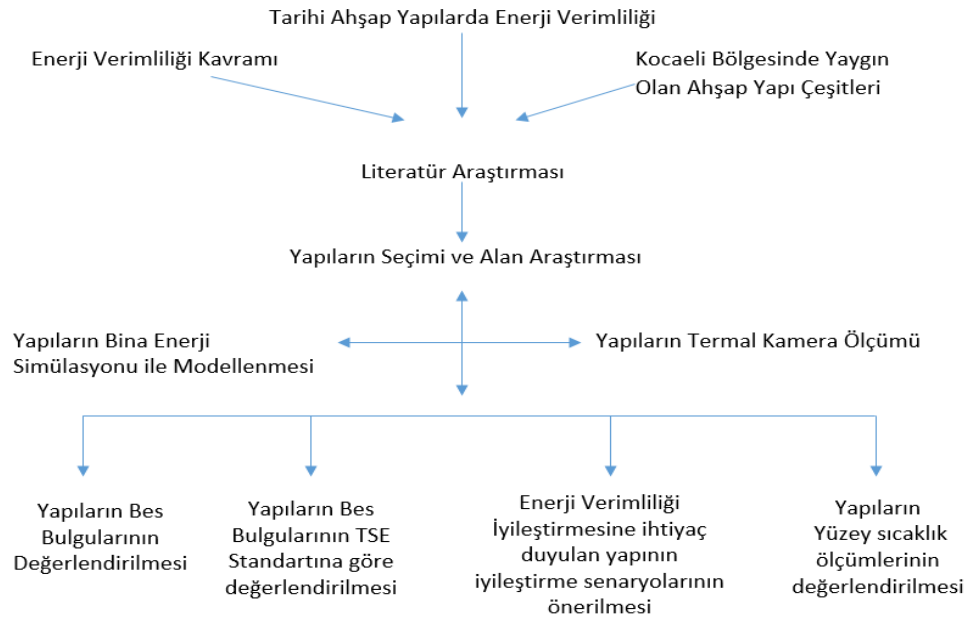
verimliliğini değerlendirmek, aynı zamanda yapısal kusurlar ile nem kaynaklı sorunları öngörebilmek amacıyla yaygın şekilde kullanılmaktadır **[Elhuveydi ve Oral, 2022]**. Termal kameranın yapılarda kullanıldığı çalışmalardan örneklere literatür araştırması başlığı altında değinilmiştir.

3. ARAŞTIRMA KONUSU YAPILARIN BES MODELLEME VE TERMAL KAMERA İLE İNCELENMESİ

Bu bölümde, geleneksel ahşap yapıların enerji performansının araştırılması amacıyla gerçekleştirilen saha uygulamaları ile bilgisayar tabanlı simülasyon araçları birlikte ele alınmıştır. Tez çalışmasının materyali olan yapılar hakkında bilgi verilmiş, söz konusu yapılarda hem Bina Enerji Simülasyonu hem de termal kamera ile yapılan incelemeler anlatılmıştır.

3.1. Materyal ve Yöntem

Geleneksel ahşap yapıların enerji performansının ve ısı davranışının değerlendirilmesi amacıyla nicel ve nitel yöntemlerin bir arada kullanıldığı bütüncül bir araştırma yaklaşımının benimsendiği bu tez çalışması, dört farklı geleneksel ahşap yapının BES modeli üzerinden değerlendirilmesini ve sahada termal kamera ile yapılan ölçümlerle desteklenmesini içermektedir. Bu sayede yapı kabuklarının ısı performansları bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmiştir. Tez çalışmasının yol haritası Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1: Tezin yol haritası.

Çalışmanın materyalini, Kocaeli ili sınırları içerisinde yer alan ve mimari özellikleri itibariyle geleneksel ahşap yapım sistemini temsil eden **Şekil 3.2**'de konumları verilen ve aşağıda sıralanan dört yapı örneği oluşturmaktadır:

- Tavşancıl Evi: Dilovası İlçesi, Tavşancıl, 1781 Parsel
- İlyas Bilir Evi: Dilovası İlçesi, Tavşancıl, 564 Ada, 1 Parsel
- Çıpalı Konak: Karamürsel İlçesi, Ereğli, 276 Ada, 29 Parsel
- Nizamettin-Zülfiye Evi: Körfez İlçesi, Kutluca, 2019 Ada, 2 Parsel



Şekil 3.2: Araştırma konusu yapıların konumları [Web 7].

Farklı onarım türleri ve malzeme kullanımları ile Kocaeli'ndeki geleneksel sivil mimarinin (tuğla dolgulu hımış, bağdadi, ahşap kaplamalı) çeşitli örneklerini yansıtan bu dört yapı (**Tablo 3.1**) yönelim, kat adedi, taşıyıcı sistem ve yapı kabuğu nitelikleri bakımından farklılık göstermektedir. İncelenen yapılar farklı müdahale düzeyleriyle (rekonstrüksiyon, restorasyon, basit onarım) ele alınmış ve yapım sistemleri bakımından bölgenin geleneksel mimarisinin karakteristik özelliklerini yansıtmaktadır.

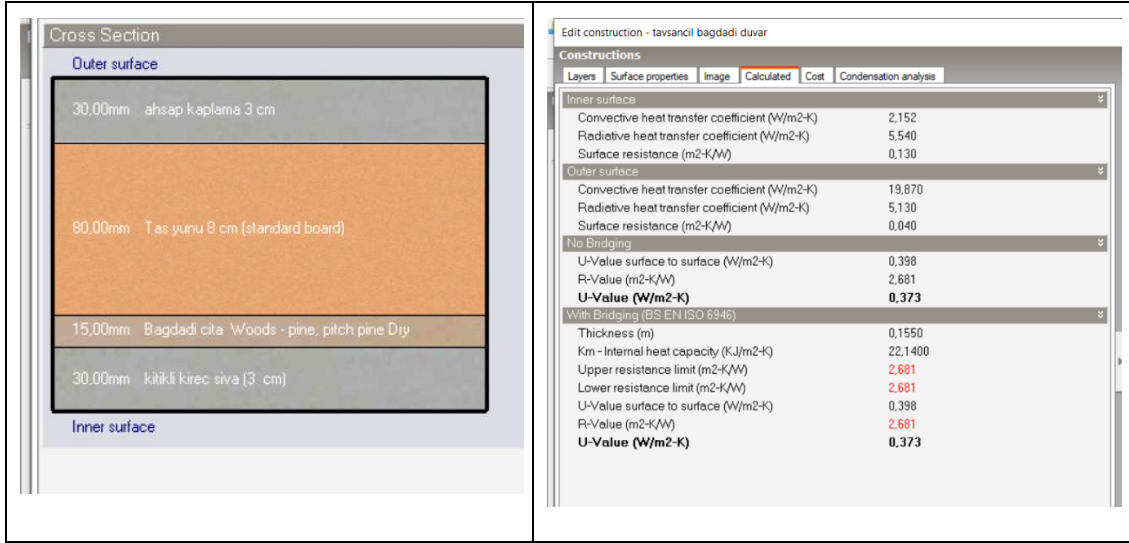
Tablo 3.1: Araştırma konusu yapıların listesi [Yazar, 2025].

YAPI BİLGİLERİ	KAT ADEDİ	ONARIM DURUMU	YAPIM SİSTEMİ	YAPI KABUĞU	YAPI FOTOĞRAFLARI
Tavşancıl Evi Dilovası, Tavşancıl 1781 Parsel	2	Rekonstrüksiyon	Taş duvar, taş dolgulu hümüş ve ahşap kaplamalı karkas	Zemin Kat: Kıtıklı sıva+ taş duvar+kitıklı sıva / kitıklı sıva+ taş dolgu hümüş+ahşap kaplama 1. Kat: Kıtıklı Sıva+ bağdadi çita+Ahşap karkas+ taşıyıcı+ahşap cephe kaplaması	
İlyas Bilir Evi Dilovası, Tavşancıl 564 Ada 1 Parsel	2	Basit Onarım	Taş duvar ve ahşap kaplamalı karkas	Zemin Kat: Kıtıklı Sıva+ taş duvar 1. Kat: Kıtıklı sıva+bağdadi çita+ahşap karkas+ ahşap kaplama	
Çıpalı Konak Karamürsel, Ereğli 276 Ada 29 Parsel	3	Restorasyon	Tuğla dolgulu hümüş	Zemin, 1,2. Kat: Kıtıklı sıva +tuğla dolgulu hümüş+ kireçli sıva	
Nizamettin- Zülfıye Evi Körfez, Kutluca 2019 Ada 2 Parsel	2	Basit Onarım	Tuğla dolgulu hümüş	Zemin ve 1. Kat: Kıtıklı sıva+tuğla dolgulu hümüş	

DesignBuilder simülasyon programı (Version 7.0.2.006 öğrenci lisanslı) kullanılarak araştırma konusu dört yapının 3 boyutlu geometrileri oluşturulmuş ve iklim verileri doğrultusunda enerji performansları değerlendirilmiştir. Simülasyon programının süreci; yapı geometrisinin modellenmesi, yapı bileşenlerinin fiziksel özelliklerinin (ısı iletkenlik, kalınlık, yansıtıcılık vb.) tanımlanması, iç mekân kullanım verilerinin girilmesi ve bölgesel iklim dosyasının entegre edilmesi adımlarını içermektedir. Tez kapsamında enerji simülasyonu yapılan yapılar için İzmit’e ait EPW (EnergyPlus Weather) dosyası kullanılmıştır. Tavşancıl Evi ve Çıpalı Konak’ta doğalgaz sistemi bulunurken İlyas Bilir Evi ve Nizamettin-Zülfıye Evi’nde soba ile ısıtma sağlanmaktadır. Ancak simülasyon programına teknik veri girişinde bu yapıların da doğalgaz sistemi olması durumundaki enerji tüketim hesaplaması da göz önünde bulundurulmuştur.

Seçilen dört yapıda kullanılan malzemeler ve yapı elemanlarının ısı iletim katsayısı ve ısı iletim direnç değerleri TS 825 standardı **EK-E** tablosu ile DesignBuilder program kütüphanesinden alınmış olup **Şekil 3.3**’de duvar katmanı ve U değeri örneği gösterilmiştir. Simülasyon programına girilen verilerin doğrulanması adına söz konusu yapıların duvar katmanlarının U değerleri (2.1.) ve (2.2.) formülü ile

manuel olarak hesaplanmış ve programda otomatik hesaplanan U değerleri doğrulanmıştır.



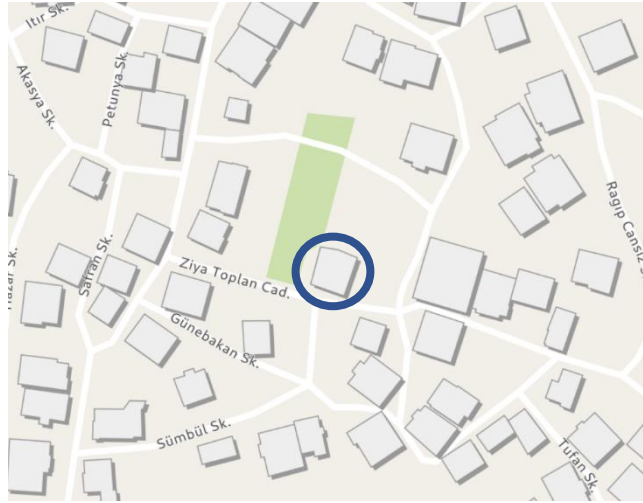
Şekil 3.3: Duvar katmanı ve U değeri örneği.

Tez konusu yapılar için pencereler ve camlar gerçeğine uygun olarak programa girilmiş, kapı ölçüleri birebir ve iç mekandaki kapılar açık olarak modellenmiştir. Simülasyon sonuçları, TS 825 standardında belirtilen enerji performans kriterleri çerçevesinde yorumlanmıştır. İncelenen yapıların dış cephelerinde ısı köprü oluşumları, yüzey sıcaklık farkları ve olası yalıtım eksikliklerinin belirlenmesi amacıyla iç ve dış yüzey sıcaklık ölçümleri termal kamera ile gerçekleştirilmiştir. Termal kamera ölçümlerinin aktarıldığı tablo ve görüntülere ait örnekler **EK A, Şekil A.1, A.2, A.3, A.4 ve A.5**'te verilmiştir. Termal görüntüler, yapıların enerji simülasyonu sonuçları ile değerlendirilmiş ve analizler sonucu ısı performans açısından zayıf noktalar tespit edilmeye çalışılmıştır.

Her bir yapı için ayrı ayrı yürütülen bu analiz süreçleri, enerji verimliliğini etkileyen faktörleri nicel olarak ortaya koymanın yanı sıra, yapının mevcut fiziksel durumunu görsel olarak da belgelemeyi mümkün kılmıştır. Bu bağlamda, elde edilen veriler hem mevcut durum tespiti hem de iyileştirme senaryolarının geliştirilmesi açısından temel birer referans oluşturmaktadır.

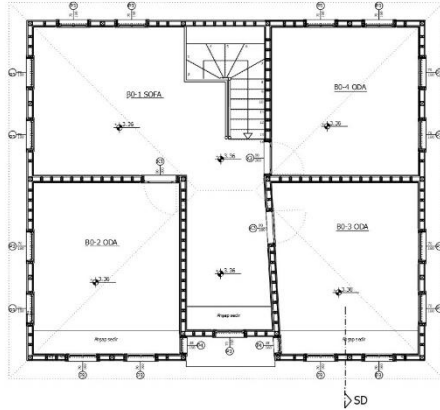
3.2.Tavşancıl Evi

Kocaeli İli, Dilovası İlçesi'nde, Türk geleneksel konut mimarisine ait örneklerin yoğun olduğu Tavşancıl Mahallesi'nde yer alan Tavşancıl Evi olarak adlandırılan yapı Ziya Toplan Caddesi üzerindedir. 500 m² arsa içerisinde 72 m² brüt oturum alanına sahip konutun brüt toplam alanı 153 m² ve iki katlıdır. Kocaeli körfezinin hemen kuzeyinde yer alan Tavşancıl Mahallesinin, deniz seviyesinden yüksekliği ise ortalama 190 metredir (Şekil 3.4).

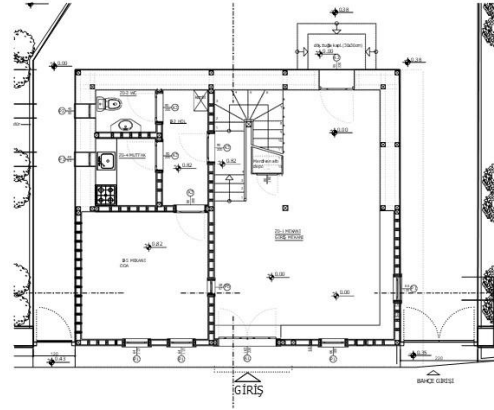


Şekil 3.4: Tavşancıl Evi'nin konumu [Web 8].

Türk geleneksel yapı tipine uygun olan yapıya zemin katta güneyden kapısı olan taşlık veya hayat diye adlandırılabilen mahalde girilmektedir (Şekil 3. 5). Kuzeyde yer alan bir kapı ile arka bahçeye çıkılmaktadır. Batı tarafında zeminden 80 cm yüksekte bir oda, bir wc ve mutfak yer almaktadır. 1. Kata geçişte merdivenden sofaya çıkılmaktadır. Sofa etrafında güneydoğu ve güneybatıya bakan 2 oda ve kuzeydoğuya bakan bir oda olmak üzere 3 oda bulunmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.5: Tavşancıl Evi zemin kat planı
[B. Kartal Mimarlık].



Şekil 3.6: Tavşancıl Evi 1. kat planı
[B. Kartal Mimarlık].

Yapım sistemi olarak; zemin katı kuzeyde taş ve güneyde ahşap karkas arası taş dolgu duvar, 1. katı ise içten ahşap karkas üzeri bağdadi dışı ahşap kaplama olan bir yapıdır. Dış cephe kaplaması 3 cm ahşap yalı baskı kaplamadır. Birinci ve zemin katın neredeyse tamamı yıkılmış olan yapının (Şekil 3.7) rölöve, restitüsyon ve rekonstrüksiyon projeleri “Bülent Kartal Mimarlık” tarafından hazırlanmış, rekonstrüksiyon (Şekil 3.8) uygulaması ise 2016 yılında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılmıştır. Mülkiyeti Kocaeli Büyükşehir Belediyesine ait olup kurs binası olarak işlevlendirilmiştir. Yapı etrafında komşu bir yapı bulunmamaktadır. Güney cephesi yol kenarında, doğu, kuzey ve batı cephesi bahçe içerisinde.



Şekil 3.7: Tavşancıl Evi uygulama öncesi.
[B. Kartal Mimarlık].



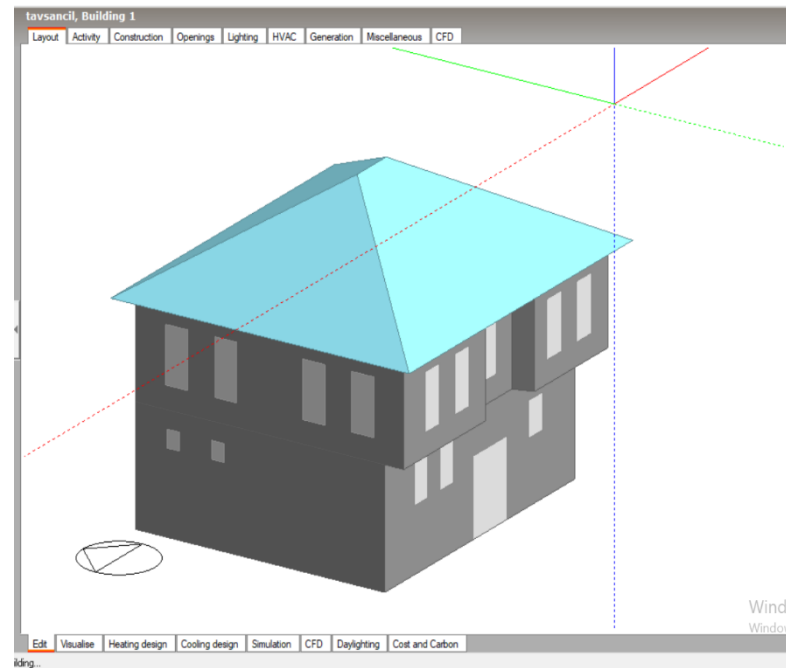
Şekil 3.8: Tavşancıl Evi rekonstrüksiyon durumu [Yazar, 2016].

Yapı malzemeleri olarak zemin katta; kuzey, doğu ve batı cephelerinin yarı kısmına kadar taş duvar ve üzeri kırıktık kireçli sıva bulunmaktadır. Güney cephe doğu ve

batının bir kısmı ise ahşap karkas arası taş dolgu üzeri kırıktık kireç sıva ve dış kısmı ahşap kaplamadır. 1. kat duvarlar ahşap karkas bağdadi çıta ve üzeri kırıktık kireçli sıvadır. Yeni müdahale olarak 1. katta duvar arasına 8 cm taşıyünü eklenmiştir. Çatı geleneksel alaturka kiremitli kırma çatıdır. Zemin kat tavanı ahşap kirişler üzeri ahşap döşeme olup 1. kat tavanı çıtalı ahşap tavadır.

3.2.1. Tavşancıl Evi BES Modellemesi ve Analizi

İklim verileri olarak yapının bulunduğu ile ait İzmit iklim verileri kullanılmıştır. Bina mimarisi, zonlar halinde modellenmiştir (Şekil 3.9) uygulama projesine ve yapının malzeme farklılıkları göz önünde bulundurularak veri girişi yapılmıştır. Yapının rekonstrüksiyonu sırasında ısı yalıtımı için çeşitli önlemler alınmıştır. Özgün halinde dış cephesi ahşap kaplama ve arada hava boşluğu olan bağdadi duvarda ahşap karkas arasına 8 cm kalınlığında 70 kg/m³ yoğunluklu taşıyünü eklenmiştir (Şekil 3.10). Her iki tarafı kırıktık sıva olan iç duvarlarda da ahşap karkas arasına 8 cm kalınlığında 70 kg/m³ yoğunluklu taşıyünü bulunmaktadır. Çatıda ise ahşap tavan kirişleri arasına 8 cm, 150 kg/m³) taşıyünü döşenmiştir. Pencereler rekonstrüksiyon sonrası 3mm+6mm hava boşluğu+3mm ısı yalıtımlı cam olması sebebiyle modele aynı şekilde girilmiştir.



Şekil 3.9: Tavşancıl Evi BES program modeli.

İç ve dış kapılar klasik ahşap tablalı kapıdır. Zemin katta zonlar arasında kot farkı olması sebebiyle iç bölme duvarlar modellenmiş zonlar belirtilmiştir. 1. katta ise cephe kabuğunun tamamen aynı olması ve kapıların açık olması her odanın aynı derecede ısıtılması sebebiyle iç bölme duvarlar modele dahil edilmemiş tek bir zone olarak modellenmiştir.

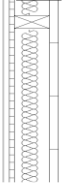
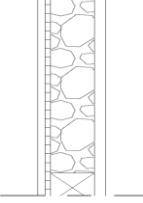
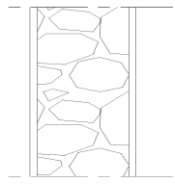
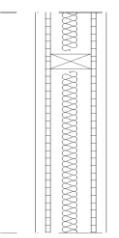


Şekil 3.10: Tavşancıl Evi rekonstrüksiyon sonrası [Yazar, 2024].

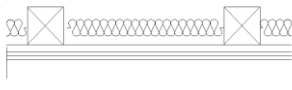
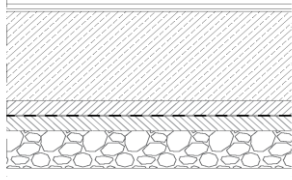
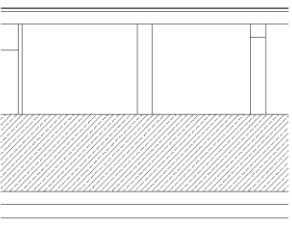
Yapıda doğalgaz ısıtma sistemi bulunmaktadır. Simülasyon modelinde bu şekilde modellenmiştir. Yapının son durumunda soğutma sistemi olmaması sebebiyle modellerde soğutma sistemi öngörülmemiştir.

Programa girilen veriler ile programdan seçilen verilerin doğrulaması adına duvar katmanlarının U değerleri (2.1.) formülü ile manuel olarak da hesaplanmış ve programda hesaplanan U değerleri ile karşılaştırılmıştır. Isıl iletkenlik değerleri **Tablo 3.2** ve **3.3**'te verilmiştir. Tabloda yer alan ısı iletim katsayıları değerleri DesignBuilder program kütüphanesinden ve TS 825 standardına ait Ek-E tablosundan alınmıştır.

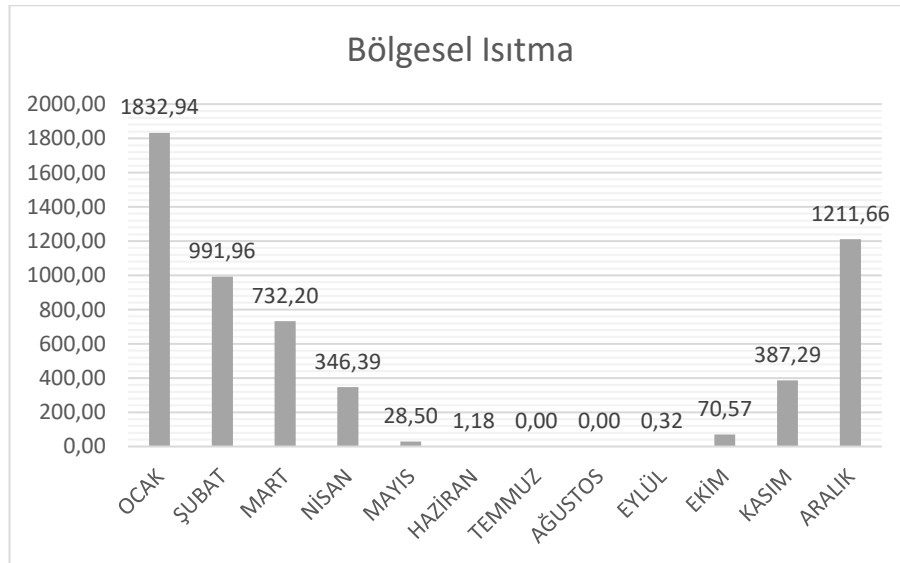
Tablo 3.2: Tavşancıl Evi duvar katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.

Yapı Elemanı		Duvar Kalınlık (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci $R=d/\lambda$ (m ² K/W)
	1. kat Bağdadi Duvar (Dış duvar)	0,175	-Ahşap kaplama	0,03	0,13	0,23
			-Taşyünü	0,08	0,038	2,1
			-Ahşap çita	0,015	0,13	0,12
			-Kırıtlı Kireç sıva	0,03	0,5	0,06
	Zemin kat Taş Dolgu Duvar (Dış Duvar)	0,195	-Ahşap kaplm.	0,03	0,13	0,23
			-Taş Dolgu	0,12	0,70	0,17
			-Ahşap çita	0,015	0,13	0,12
			-Kırıtlı Kireç sıva	0,03	0,5	0,06
	Zemin kat Taş duvar (Dış Duvar)	0,6 m	-Kırıtlı Kireç sıva	0,04	0,5	0,08
			-Taş duvar	0,52	1,3	0,4
			-Kırıtlı Kireç sıva	0,04	0,5	0,08
	Zemin, 1. kat Bağdadi Duvar (İç duvar)	0,21 m	-Kırıtlı Kireç sıva	0,03	0,5	0,06
			-Ahşap çita	0,015	0,13	0,12
			-Taşyünü	0,08	0,038	2,1
			-Durgun Hava	0,02	---	0,16
			-Ahşap çita	0,015	0,13	0,12
			-Kırıtlı Kireç sıva	0,03	0,5	0,06

Tablo 3.3: Tavşancıl Evi döşeme katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.

Yapı Elemanı		Kalınlık (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci $R=d/\lambda$ (m ² K/W)
	1. kat döşeme	0,03	-Ahşap döşeme kaplama. -Döşeme kirişi 10x12cm	0,03	0,13	0,23
	1. kat tavan	0,083	-Taşyünü	0,08	0,035	2,28
			-Tavan kaplama	0,025	0,13	0,19
	Temel	0,9 m	Karosiman	0,03	1,1	0,027
			-Harç	0,02	1,4	0,014
			-Beton temel + Koruma betonu	0,70	2,27	0,31
			-Su yalıtımı	0,006	0,25	0,024
			-Grobeton	0,1	2,27	0,044
			-Blokaj	0,3	2,09	0,14
	2 ve 3 mahal temeli	1,73	-Ahşap döşeme kaplama	0,03	0,13	0,23
			-Durgun hava	0,8		0,21
			-Beton temel+ Koruma betonu	0,70	2,27	0,31
			-Su yalıtımı	0,006	0,25	0,024
			-Grobeton	0,1	2,27	0,044
			-Blokaj	0,3	2,09	0,14

Yapılan simülasyon sonucunda, Tavşancıl Evinin yıllık toplam enerji tüketimi 8072.24 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu durum, yapının küçük alanı 132.21 m² ve düşük enerji yoğunluğuyla ilişkilidir. Simülasyon verisinde ısıtma ihtiyacı 5603.01 (kWh) olarak bir yapının bölgesel ısıtma enerji gereksinimlerinin aylık bazda değişimi görülmektedir. Ocak ayı, en yüksek ısıtma enerjisi tüketimiyle öne çıkmakta olup, 1832,94 birim enerji gereksinimi bulunmaktadır. Bu durum, düşük dış sıcaklıkların ısıtma ihtiyacını artırdığına işaret etmektedir. Şubat ayında enerji ihtiyacı 991,96 birim ile bir miktar azalırken, Mart ayında bu ihtiyaç daha da düşerek 732,20 birime gerilemiştir. Nisan ayında dış hava sıcaklıklarının artmasıyla ısıtma ihtiyacı 346,39 birime kadar düşerken, Mayıs ayında ise neredeyse tamamen azalarak 28,50 birime gerilemiştir. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında, dış sıcaklıkların ılıman seviyelerde olması nedeniyle ısıtma enerji gereksinimi sıfıra yaklaşmıştır. Sonbahar döneminde, Ekim ayında enerji gereksinimi düşük bir seviyede başlamakta 70,57 birim, ancak Kasım ayında artarak 387,29 birime ulaşmaktadır (Şekil 3.11).



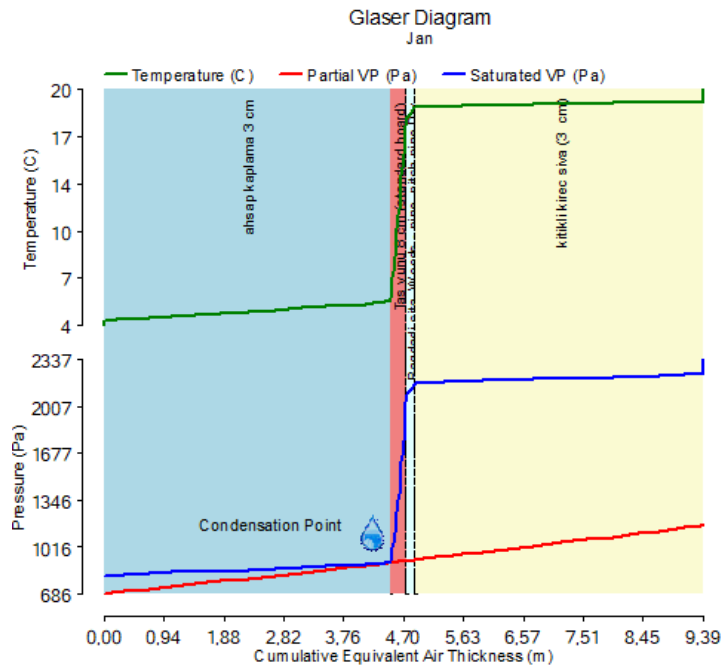
Şekil 3.11: Tavşancıl Evi aylık ısıtma tüketimi.

Aralık ayında ise kış koşullarının yeniden etkili olmasıyla enerji tüketimi 1211,66 kWh birime yükselmektedir. Genel olarak, ısıtma enerji gereksinimleri kış aylarında belirgin bir şekilde yüksekken, bahar ve geçiş aylarında orta seviyelere inmekte, yaz aylarında ise minimum seviyeye düşmektedir. Buna ek olarak 1507.88 kWh elektrik

tüketimi ve 961,35 kWh sıcak su sistemi tüketimi hesaplanmıştır. Yapı alanına göre m²'ye 61,06 kWh enerji tüketimi düşmektedir.

DesignBuilder programının "Condensation Analysis" sekmesinde yapı katmanlarına ilişkin yoğuşma analizi bilgileri yer almaktadır. Bu analiz, ISO 13788 standardına uygun olarak yapı bileşenlerinde ara tabaka yoğuşması (interstitial condensation) ve yüzey yoğuşması (surface condensation) risklerini değerlendirmektedir.

Glaser diyagramlarında yapı boyunca sıcaklık (Temperature), kısmi buhar basıncı (Partial VP), ve doyma buhar basıncı (Saturated VP) grafiksel olarak verilmiştir. Diyagram, yapı elemanlarında sıcaklık değişimini ve su buharı basıncının nasıl değiştiğini gösterir. Diyagramda kırmızı çizgi doymuş buhar basıncını, yeşil çizgi sıcaklık dağılımını mavi çizgi ise kısmi buhar basıncı gösterir.

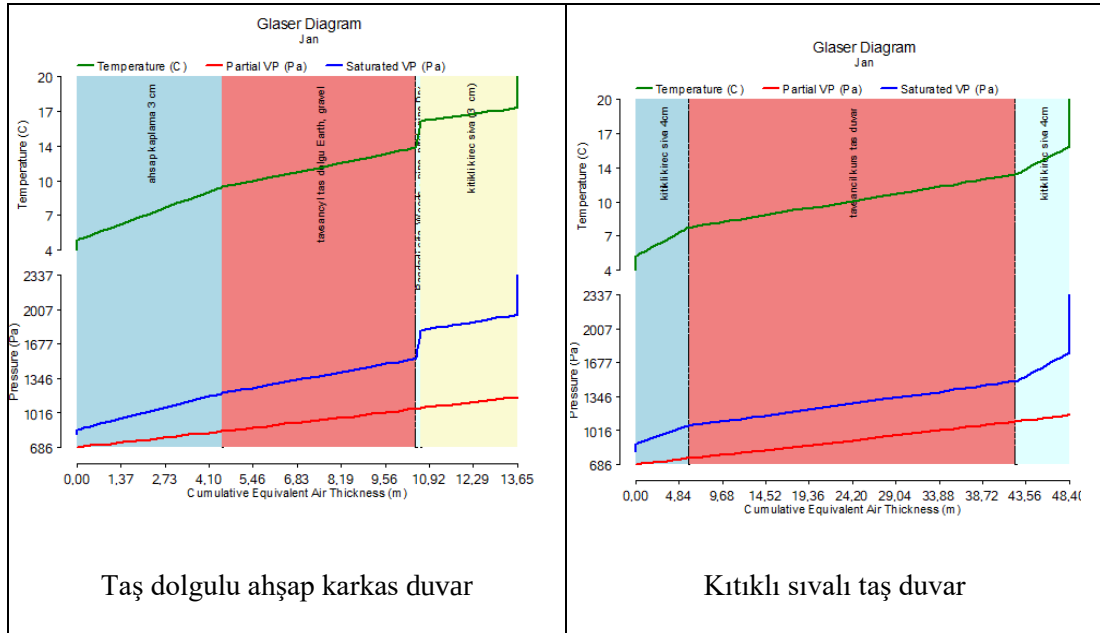


Şekil 3.12: Tavşancıl Evi, ahşap kaplamalı, arası taşıyünü bağdadi duvar yoğuşma diyagramı.

Program analiz verilerine göre görsel **Şekil 3.12.**'teki diyagramda, mavi çizgi (kısmi buhar basıncı) kırmızı çizgi (doyma buhar basıncı) ile kesişmektedir. Bu nokta, yoğuşma riskinin bulunduğu yeri gösterir ve "Condensation Point" olarak işaretlenmiştir. Ahşap kaplamalı bağdadi dış kabukta yoğuşma ahşap kaplamanın hemen arkasında taşıyününe temas eden bölgede meydana gelebilir ancak programda

yaz aylarında ve güneşli zamanlarda buharlaşacağı öngörülmektedir. Analiz verilerine göre termal kalitenin iyi olduğu ve küf oluşumu riski yoktur. Bu diyagram, hesaplanan maximum nem miktarının bir sonucu olarak yapı malzemelerinin ve termal performansının bozulması riskinin dikkate alınması ve geleneksel sistemdeki bağdadi ahşap bir duvarda yalıtım malzemeleri kullanılacaksa dikkatlice seçilmesi gerektiğini ortaya çıkarmaktadır.

Zemin kat güney ve yan cephelerde yer alan taş dolgulu ahşap karkas ve 50 cm'lik kırıtkı sıvalı taş duvar yoğuşma diyagramları **Şekil 3.13**'te verilmiştir. Diyagramda kırmızı ve mavi çizgilerin kesişmediği görülmektedir.



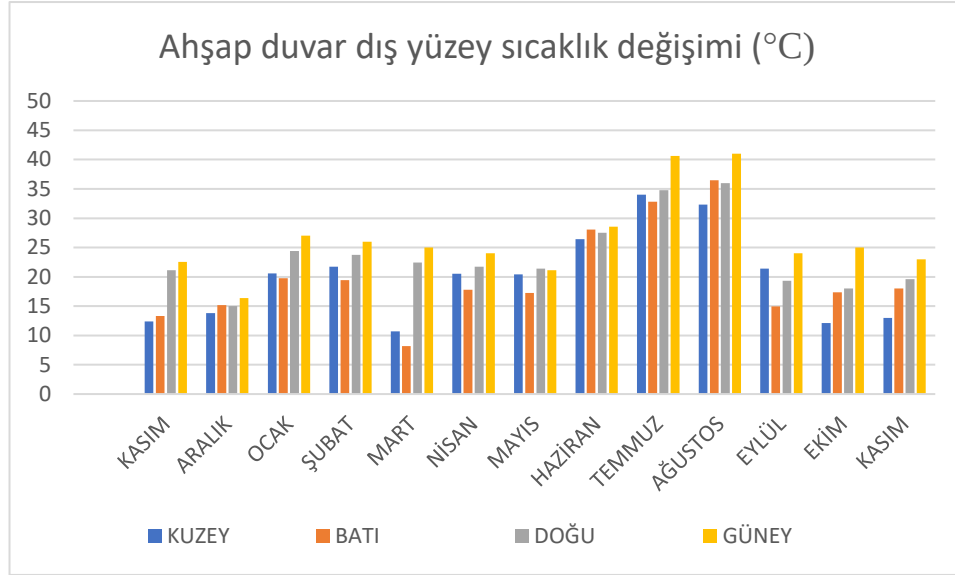
Şekil 3.13: Tavşancıl Evi duvar yoğuşma diyagramları.

Bu durum, su buharının yoğuşmaya dönüşmediğini ve yapı katmanlarında yoğuşma riskinin olmadığını ifade eder. Bu analiz, yapının geleneksel sistemdeki taş duvar ve taş dolgulu ahşap duvarın yüzey nem problemleri ve yoğuşma riski açısından yüksek bir performansa sahip olduğunu göstermektedir.

3.2.2. Tavşancıl Evi Termal Kamera İncelemesi

Yapılarda bulunan farklı malzemelerin yönlere ve mevsimsel duruma göre sıcaklık değişimlerini izleyebilmek için termal kamera ile bir yıl boyunca yapı kabuğundan iç ve dıştan aylık periyodik yüzey sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu doğrultuda elde

edilen bulgular, mevcut durumun değerlendirilmesi ve olası iyileştirme stratejilerinin oluşturulması açısından önemli birer kaynak niteliği taşımaktadır. 2024 Ağustos ayına ait yüzey sıcaklık ölçüm föyü örneği **EK-A Tablo A.1**'de verilmiştir. Yapılan ölçümler sonucu oluşturulan ahşap dış duvar sıcaklık değişimi grafiği **Şekil 3.14**'te gösterilmiştir.



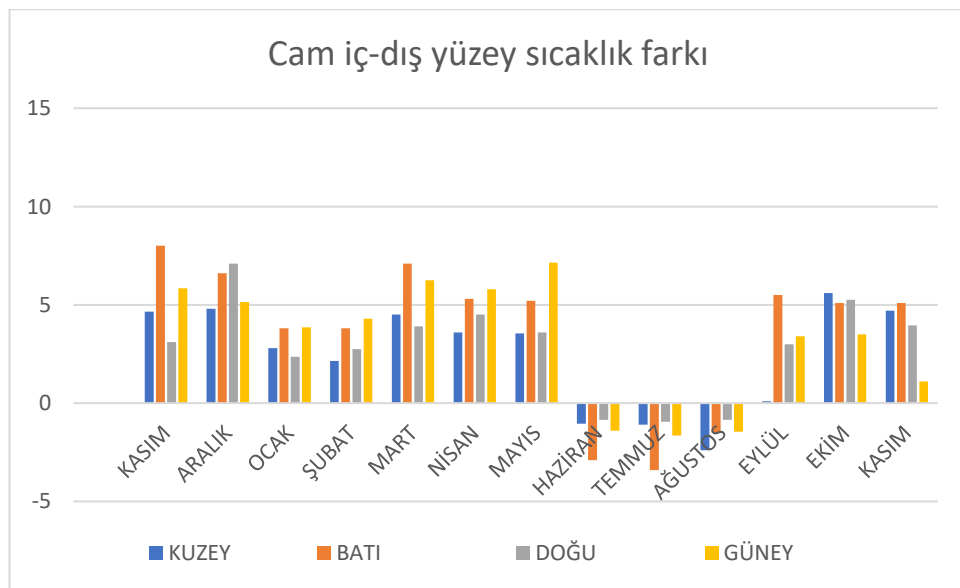
Şekil 3.14: Tavşancıl Evi ahşap duvar dış yüzey sıcaklık değişimi.

Şekil 3.14'teki grafikte yer alan verilere göre yüzey sıcaklık değerleri kış aylarında (Kasım-Mart) genellikle düşükken, yaz aylarında (Haziran-Ağustos) oldukça yüksektir. Bu durum, mevsimsel sıcaklık değişiminin ahşap duvar yüzeylerine olan etkisini göstermektedir. En yüksek sıcaklık farkları yaz aylarında (Temmuz-Ağustos), en düşük farklar ise kış aylarında gözlenmiştir. Bu grafik, ahşap duvarların dış yüzeyindeki sıcaklık değişimlerini mevsimsel ve yönsel olarak ortaya koymaktadır. Güney ve Batı cepheleri yıl boyunca daha yüksek sıcaklık değerleriyle öne çıkarken, Kuzey cephesi en düşük sıcaklıkları göstermektedir. Güney cephelerde kışın güneşlenmenin etkisiyle yüzey sıcaklıkları daha yüksektir. Bu durum pasif ısı kazancı açısından avantajlıdır. Kuzey cepheler ise daha düşük sıcaklıklarda seyrettiğinden, bu bölgelerde ısı kayıplarının azaltılması için daha güçlü yalıtım önlemleri gereklidir.

Yaz döneminde güney ve doğu cepheleri, sabah ve öğle saatlerinde güneş ışınımına doğrudan maruz kalmaları nedeniyle çok yüksek yüzey sıcaklıklarına ulaşmaktadır.

Bu durum, ısı kazançlarını artırarak soğutma ihtiyacını yükseltebilir. Grafikte yer alan ölçümler gölge alanlardan ölçülmüştür. Ancak gölge olmayan ahşap yüzeylerde yaz aylarında sıcaklığın 69°C'ye kadar yükseldiği tespit edilmiştir. Özellikle grafikte güney cephesindeki 40°C üzeri yüzey sıcaklıkları, iç mekânda konforsuzluk yaratabilecek düzeydedir. Ağaç gibi gölgeleme elemanları ile bu etki sınırlandırılabilir. Ahşap kaplama, ısıyı yüzeyde kısa süre tutma eğiliminde olduğu için ani sıcaklık değişimlerine karşı hassastır. Bu nedenle cephe alt yapısı ile birlikte detaylı ısı geçiş tasarımı yapılmalıdır. İç mekanda sıcaklık cephenin ısınmasına oranla daha serindir. Bu yapı örneği rekonstrüksiyon yapılırken ahşap kaplama altındaki bağdadi duvar arasına taşıyünü ısı yalıtım katmanı eklenmiştir.

Aşağıda yer alan **Şekil 3.15** grafiğinde "cam iç-dış sıcaklık farkı" dört yön (Kuzey, Batı, Doğu, Güney) için yıl boyunca farklı aylarda karşılaştırılmıştır. Grafikte şu noktalar dikkate alınabilir; Kuzey yönü diğer yönlerle göre genelde daha düşük sıcaklık farklarına sahiptir, bu da Kuzey cephesinin daha az güneş ışığı aldığı anlamına gelebilir. Batı yönünde özellikle Aralık ve Mayıs aylarında yüksek sıcaklık farklarıyla dikkat çekmektedir. Bu durum, batı yönünün daha fazla güneş ışığı almasıyla ilişkilendirilebilir. Doğu yönü kış aylarında sıcaklık farkları orta seviyede, yaz aylarında ise fark genelde küçüktür. Güney yönü yılın çoğu ayında yüksek sıcaklık farkları gözlemlenmiştir, bu da Güney cephelerinin daha fazla güneş ışığı aldığına işaret eder.



Şekil 3.15: Tavşancıl Evi yönlere göre cam iç-dış yüzey sıcaklık farkı.

Mevsimsel açıdan bakıldığında; kış aylarında (Kasım-Şubat) tüm yönlerde malzemenin iç ortam ve dış ortam yüzey sıcaklık farkı genelde pozitif olup batı ve güney yönleri en yüksek değerleri göstermektedir. Yaz aylarında (Haziran-Ağustos), kuzey yönünde fark neredeyse sifıra yakınken, diğer yönlerde negatif sıcaklık farkları görülmektedir. Bu, camın iç kısmının dışarıya göre daha serin olduğunu gösterebilir.

Geçiş aylarında (Mart, Nisan, Eylül) sıcaklık farkları yine pozitif değerleri gösterirken, özellikle Nisan ayında farklar daha belirgin artış göstermektedir.

Temmuz ayında, batı cephesinde fark $-3,4^{\circ}\text{C}$, güney cephesinde $-1,65^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Haziran ve Ağustos aylarında da benzer şekilde tüm cephelerde negatif değerler gözlemlenmektedir. Bu veriler, özellikle batı ve güney cephelerinin yazın güneş ışınlamına doğrudan maruz kaldığını ve bu nedenle cam yüzeylerden yoğun ısı kazançları yaşandığını göstermektedir. Negatif farklar, iç ortamın dış ortamdaki daha soğuk olduğunu ve bunun da genellikle aktif soğutma sistemlerinin çalıştığını veya iç ortamın termal olarak iyi korunduğunu gösterebilir.

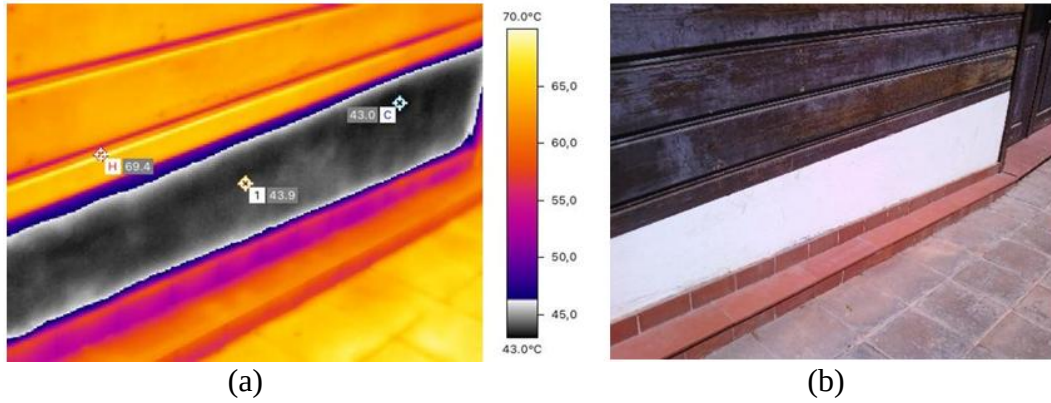
Cam yüzeylerin enerji performansı üzerindeki etkisi dikkate alındığında, farklı cam türlerinin yönelime ve iklim koşullarına göre uygun şekilde seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, cam türleri fiziksel ve optik özelliklerine göre belirli cephelerde daha verimli sonuçlar sunmaktadır.

Low-E (Düşük Emisyonlu) camlar, iç ortamdaki dış ortama gerçekleşen ısı kaybını sınırlamak amacıyla geliştirilmiş, düşük U-değerine sahip camlardır. Radyatif ısı transferini azaltmaları sayesinde, özellikle kış aylarında iç ortam sıcaklığının korunmasına katkı sağlarlar. Bu tür camlar, güneş ışınlamının sınırlı olduğu kuzey ve doğu cephelerinde, kış ısı kayıplarını azaltmak amacıyla tercih edilebilir.

Güneş kontrol (Solar control) camları, düşük güneş ısı kazancı katsayısına (SHGC) sahiptir ve güneşten gelen ısıya önemli bir bölümünü yansıtarak yaz aylarında iç ortamın aşırı ısınmasını engeller. Bu özellikleri sayesinde, özellikle güneş ışınlamına yoğun olarak maruz kalan batı ve güney cephelerinde, yaz mevsiminde ısı kazançlarını sınırlamak için kullanılması önerilir. SHGC değeri < 0.4 olan camlar, batı ve güney cephelerde yaz ısı kazançlarını etkili biçimde azaltabilir.

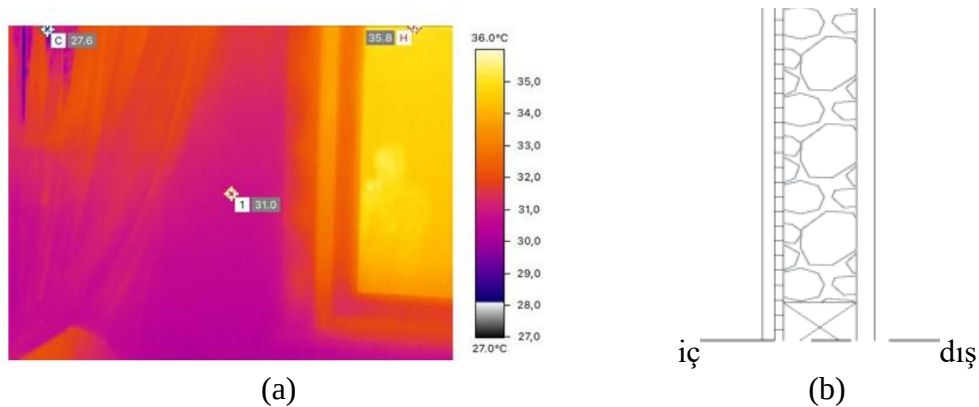
Ağustos ayı ölçümünde güney cephede açık havada ahşap yüzey sıcaklığının $69,4^{\circ}\text{C}$ dereceye kadar çıktığı tespit edilmiştir. Gölgede ise 43°C ölçülmüştür (**Şekil 3.16**).

Termal kamera ile alınan görüntüde ahşap ve sıvalı yüzey arasında yaklaşık 25–26 °C fark oluşmuştur. Bu, malzeme türü ve yüzey rengi farklarının doğrudan ısı tutulumuna etkisini gösterir. Ahşap cephe güneş ışığını emdiği için yüksek yüzey sıcaklık değerine sahiptir. Özellikle koyu renk ahşap malzeme ısıyı absorbe etmeye uygundur.



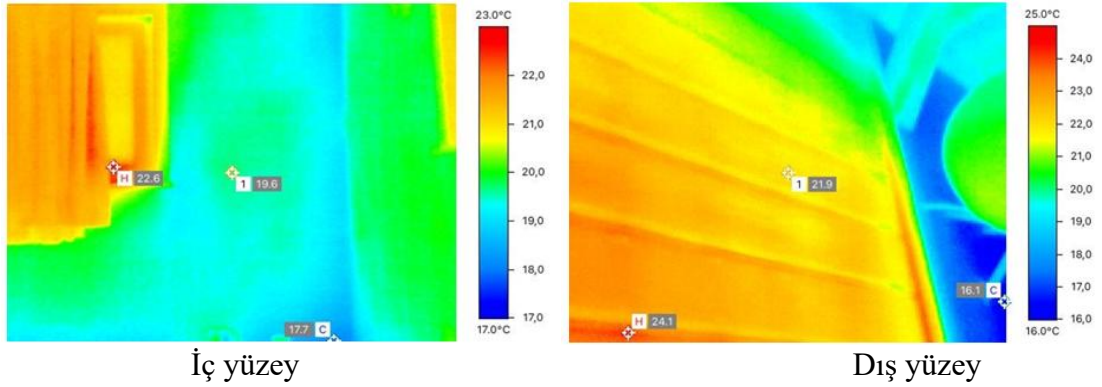
Şekil 3.16: Tavşancıl Evi ağustos ayı (a) dış yüzey termal kamera ölçümü, (b) dış cephe fotoğrafı [Yazar, 2024].

Yapının zemin katında ahşap kaplamalı taş dolgulu duvarın iç yüzey sıcaklık ölçümü 31°C'dir. 19,5 cm kalınlığındaki duvarın U değeri 1,33 olarak hesaplanmıştır. Dış ve iç yüzey arasında yaklaşık 38 °C fark, duvar katmanlarının ısı yalıtım performansının iyi olduğunu düşündürmektedir. Kırıktı sıva (organik katkılı sıva) ısıyı daha fazla yüzeyde tutabilir ve dışarıdan gelen ısıyı normal sıvaya göre içeriye geçirmedi gecikme yaratmaktadır (Şekil 3.17).



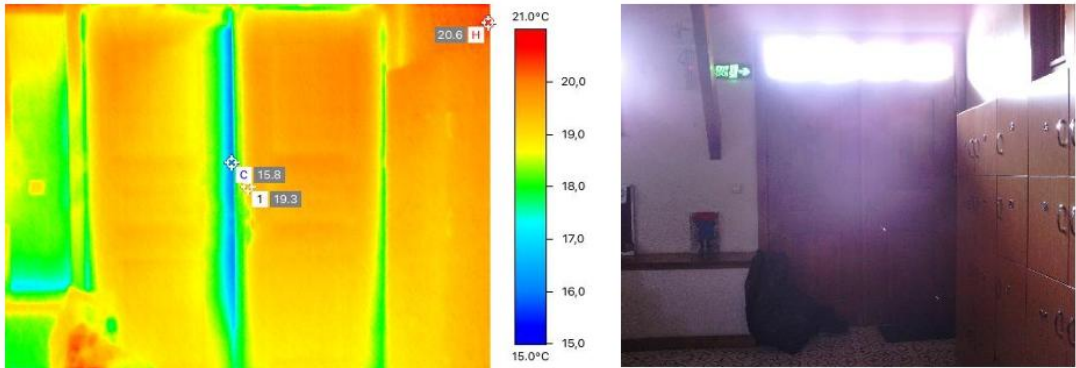
Şekil 3.17: Tavşancıl Evi (a) Ağustos ayı güney cephe zemin kat iç yüzey termal kamera ölçümü, (b) taş dolgulu duvar katmanı [Yazar, 2024].

Taş dolgulu ahşap karkas duvarın iç ve dış yüzey sıcaklık ölçümleri Şekil 3.18.'de yer almaktadır. Zemin katta soğutma sistemi bulunmamakta iken iç yüzey sıcaklığının daha düşük olması geleneksel duvar sistemindeki yalıtım etkisinden olduğu düşünülmektedir.



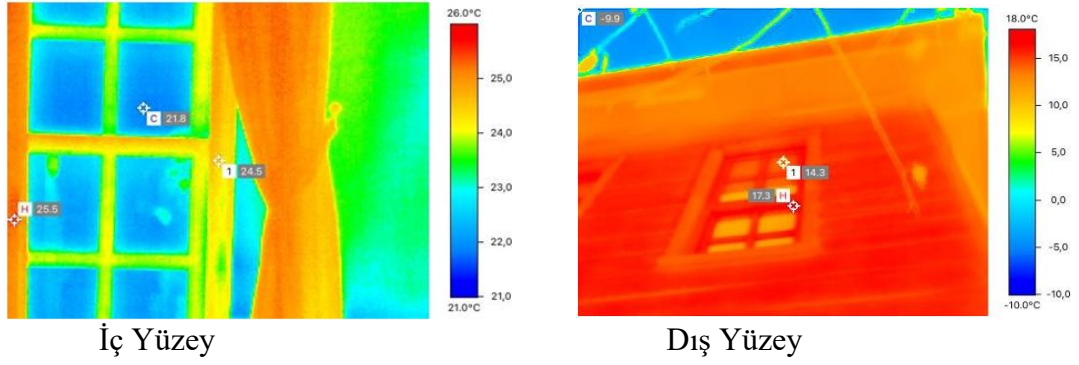
Şekil 3.18: Tavşancıl Evi Mayıs ayı iç ve dış yüzey termal kamera ölçümü.

Kış dönemi ölçümlerinde ön kapıda (Şekil 3.19) ısı köprüsü olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle birleşim yerleri ve üst açıklıkların ciddi birer termal zayıflık alanı oluşturduğunu kanıtlamaktadır. Bu bölgelerdeki sıcaklık düşüşleri, iç mekân konforunu azaltmakta ve ısıtma giderlerini artırmaktadır.



Şekil 3.19: Tavşancıl Evi Ocak ayı giriş kapısı iç yüzey sıcaklık ölçümü [Yazar, 2024].

Şekil 3.20'de kış döneminde 3+6+3 mm olan ısı yalıtımlı cam yüzeyinin dış yüzey sıcaklığı 14,3 °C, iç yüzey sıcaklığı ise 21,8 °C olduğu tespit edilmiş olup yapıda kullanılan cam yalıtımının görevini yerine getirdiği teyit edilmiştir.



Şekil 3.20: Tavşancıl Evi Ocak ayı doğu cephesi, cam iç ve dış yüzey sıcaklıkları.

3.3. İlyas Bilir Evi

Söz konusu yapı Dilovası ilçesi, Tavşancıl mahallesi, Ebegümeci sokakta 561 /1 parselde bulunmaktadır. Bu bölgenin de deniz seviyesinden yüksekliği, ortalama 190 metredir. Yapı 2 katlı olup zemin kat girişi doğu cephesindedir. Arazi kuzey cepheye doğru yükselmektedir.

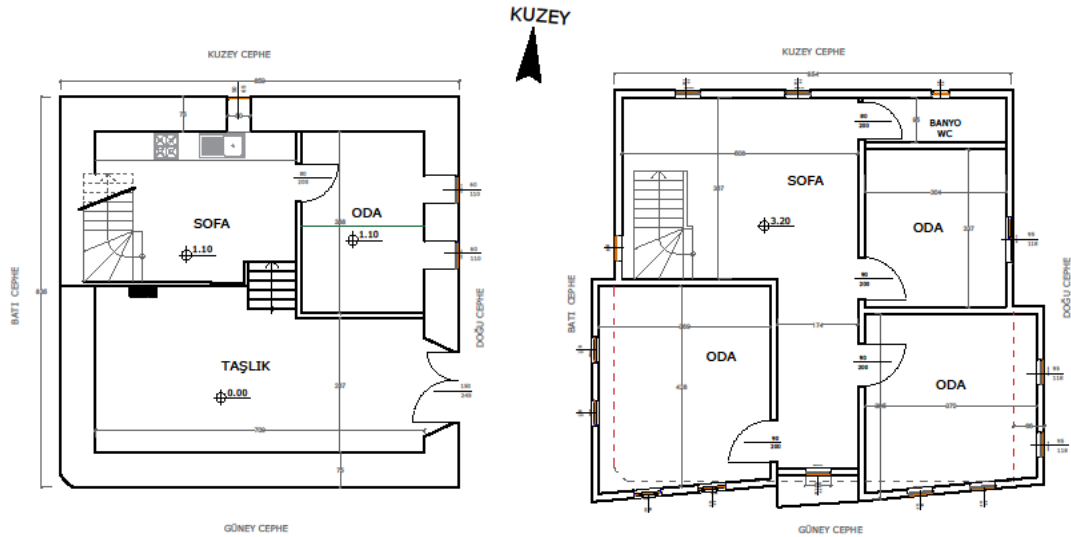


Şekil 3.21: İlyas Bilir Evi'nin konumu [Web 9].

Doğu cephesindeki zemin kat girişi taşlık mekanına açılır. Kare planlı zemin kattaki girişten altı basamakla ara kota çıkılır (**Şekil 3.22**). Burada sofa ve bir oda bulunmaktadır. Zemin kat mekân düzeninde, girişte taşlık yer almaktadır. Geleneksel yapılarda geçiş alanı veya giriş holü işlevi görmektedir. 1,1 m. kotunda sofa diyebileceğimiz ancak mutfak olarak kullanılan oturma veya bekleme alanı bulunur. Sofadan doğu cephesinde yer alan odaya geçilmektedir. Batı tarafında ise 1. kata çıkılan merdiven yer almaktadır. 1. kat geleneksel L plan tipine uygun olarak

düzenlenmiştir (**Şekil 3.23**). Ancak yapının mekân sofadan güneyde 2 odaya doğuda 1 odaya geçilmektedir. Kuzey cephe tarafında banyo yer almaktadır. Yapının özgün halinde oda içinden kullanılan yüklük ve gusülhane olduğu düşünülmektedir.

Zemin kat, dış kapının değişimi haricinde onarım geçirmemiştir, özgün durumu korunmuştur. Zemin kat duvarlar 70 cm kalınlığında taş duvardır. Duvarlar içeriden kırıklı sıvalı dışarıda ise taş derzlidir. Girişteki taşlık mahallinin yüksekliği 3.20 metredir. Tavanı ahşap kirişleme, zemini betondur. Sofa ve oda mahallinin yüksekliği 2.10 metredir. Sofa mahalline sonradan eklenen tezgâh ile mutfak olarak işlevlendirilmiştir. Sofa ve oda tavanları ahşap kiriş üzeri çıtalı ahşap kaplamadır. Döşeme ahşap kaplamadır.



Şekil 3.22: İlyas Bilir Evi zemin kat planı
[Yazar, 2024].

Şekil 3.23: İlyas Bilir Evi 1. kat planı
[Yazar, 2024].

1. kat duvarları içeride ahşap karkas üzeri bağdadi çıta ve kırıklı kireç sıvadır, dış cephesi yalıbbaskı ahşap kaplama olup sonradan batı, kuzey ve doğu cephesinin büyük bölümü saç ile kaplanmıştır. Güney cephede ise özgün ahşap cephe kaplaması bulunur. Pencereleer özgün durumunda ahşap giyotin doğrama ve tek cam olup güneybatıda yer alan oda pencereleri PVC doğrama ve çift cam ile değiştirilmiştir. Zemin ahşap döşemedir. 1. kat yüksekliği 2.30 metre, tavan kaplaması çıtalı ahşap tavadır. Çatı, kırma çatı alaturka kiremit kaplıdır. Saçak altı ahşap kaplama mevcuttur (**Şekil 3.24**, **Şekil 3.25**).



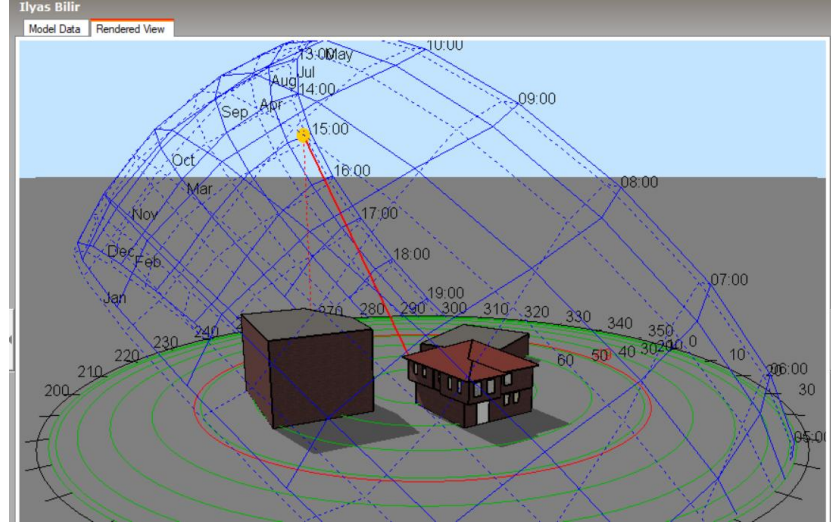
Şekil 3.24: İlyas Bilir Evi güney ve doğu cephe çizimleri [Yazar, 2024].



Şekil 3.25: İlyas Bilir Evi güney cephe görseli [Yazar, 2024].

3.3.1. İlyas Bilir Evi BES Modellemesi ve Analizi

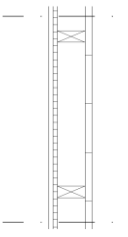
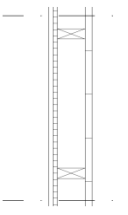
İklim verileri olarak yapının bulunduğu ile ait İzmit iklim verileri kullanılmıştır. Bina mimarisi, zonlar halinde modellenmiştir. Uygulama projesine uygun olarak, malzeme farklılıkları göz önünde bulundurularak veri girişi yapılmıştır. Özgün halde bulunan taş ve ahşap kaplamalı bağdadi duvarlar geleneksel yapım sistemindedir ve bu sisteme uygun modellenmiştir. Pencerelelerin bir kısmında PVC doğrama ve 3mm+6mm hava boşluğu+3mm ısı yalıtımlı diğer özgün pencere camları ise 3 mm tek cam olarak modellenmiştir (Şekil 3.26).



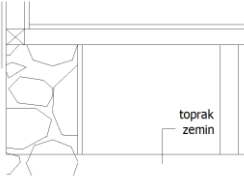
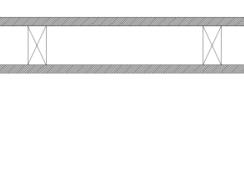
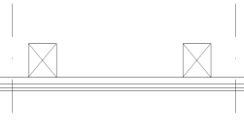
Şekil 3.26: İlyas Bilir Evi BES program modeli.

Programa girilen veriler ile programdan seçilen verilerin doğrulaması adına duvar katmanlarının U değerleri (2.1.) formülü ile manuel olarak da hesaplanmış ve programda hesaplanan U değerleri ile karşılaştırılmıştır. Isıl iletkenlik değerleri **Tablo 3.4** ve **3.5**'te verilmiştir. **Tablo 3.4** ve **Tablo 3.5**'te yer alan ısı iletim katsayıları değerleri DesignBuilder program kütüphanesinden ve TS 825 Ek-E tablosundan alınmıştır.

Tablo 3.4: İlyas Bilir Evi duvar katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.

Yapı Elemanı		Duvar Kalınlığı (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci $R=d/\lambda$ (m ² K/W)
	Zemin Taş Duvar (Dış duvar)	0,73	-Kıtıklı Kireç sıva	0,03	0,5	0,06
			-Taş duvar	0,70	1,3	0,54
	Bağdadi Duvar (Dış Duvar)	0,18	-Ahşap kaplm.	0,03	0,13	0,23
			-Ahşap karkas+Durgun hava	0,12	-----	0,16
			-Ahşap çita	0,015	0,13	0,12
			-Kıtıklı Kireç sıva	0,02	0,5	0,04
	Bağdadi Duvar (İç Duvar)	0,17	-Kıtıklı Kireç sıva	0,02	0,5	0,04
			-Ahşap çita	0,015	0,13	0,12
			-Ahşap karkas+Durgun hava	0,10	-----	0,14
			-Ahşap çita	0,015	0,13	0,12
			-Kıtıklı Kireç sıva	0,02	0,5	0,04

Tablo 3.5: İlyas Bilir Evi döşeme katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.

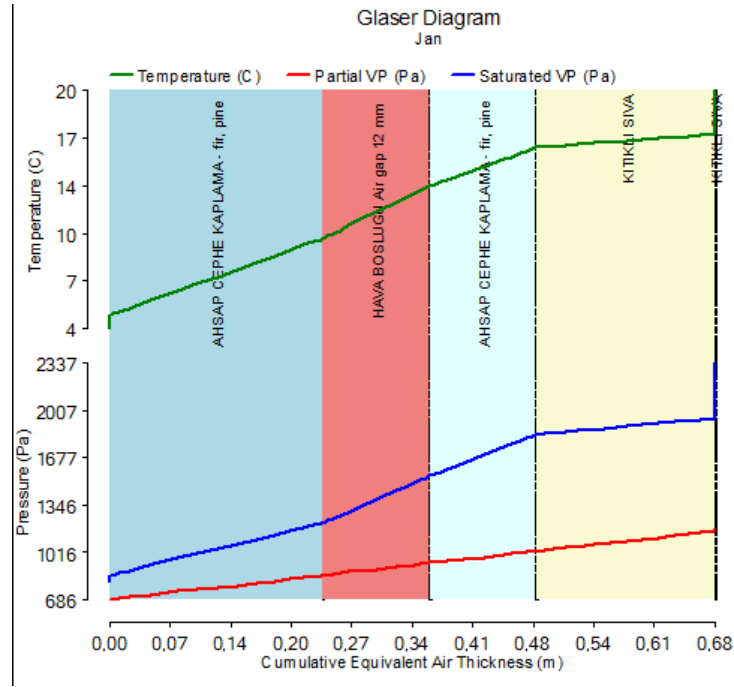
Yapı Elemanı		Kalınlık (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci $R=d/\lambda$ (m ² K/W)
	Temel	1,42	-Ahşap döşeme kaplm. -Döşeme kirişi 10x12cm	0,025	0,13	0,19
			-Durgun Hava	1,10	-----	0,21
			-Sıkıştırılmış Toprak	0,3	1,28	0,70
	Temel	0,4	-Beton döşeme	0,1	2,27	0,044
			-Sıkıştırılmış toprak	0,3	1,28	0,70
	Zemin kat tavan	0,025	-Ahşap döşeme kaplm. -Döşeme kirişi 10x12cm	0,025	0,13	0,19
	Zemin kat tavan	0,165	-Ahşap döşeme kaplm.	0,025	0,13	0,19
			-Döşeme kirişi 10x12cm+Durgun hava	0,12	-----	0,18
			-Ahşap tavan kaplm.	0,02	0,13	0,15
	1. kat tavan	0,020	-Döşeme kirişi 10x12cm -Ahşap tavan kaplm.	0,02	0,13	0,15

Bina aktivitesi olarak konut seçilmiştir. Yapıda ısıtma sistemi bulunmamaktadır. Sobalı ısıtma yapılmaktadır. Yapının enerji verimliliğini hesaplayabilmek adına simülasyonda doğalgaz sistemi olarak veri girişi yapılmıştır. Soğutma sistemi olmaması sebebiyle soğutma sistemi öngörülmemiştir.

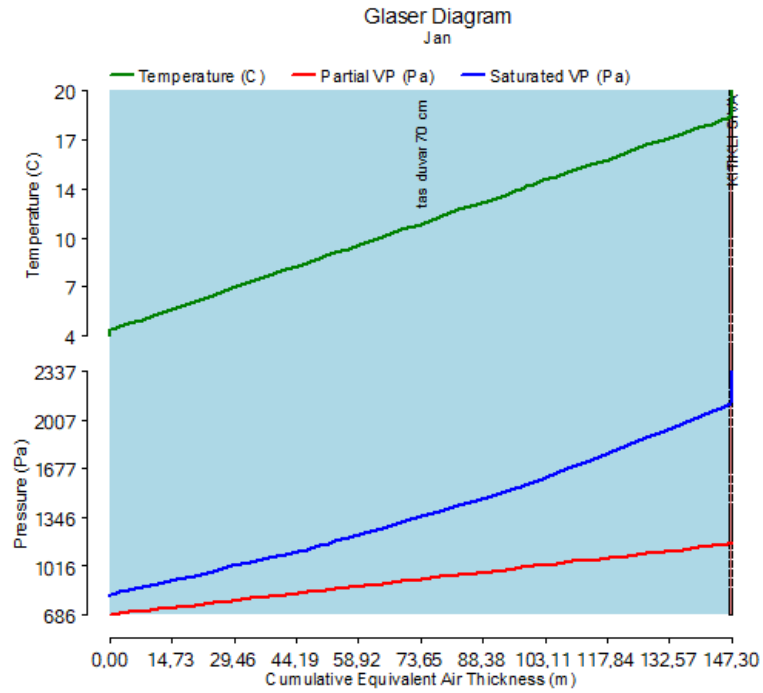
Yapılan simülasyon sonucunda söz konusu yapının yıllık enerji tüketimi 10936.14 kWh olarak ortaya çıkmıştır. Yıllık elektrik tüketimi 1221.51 kWh ilen 1327,86 Kwh

lik kısmı ise sıcak su kaynaklı tüketimdir. Aylık bazda ısıtma yükleri (Zone Heating Load) ise Ocak ve Şubat aylarında en yüksek seviyelerde seyretmektedir. Ocak ayında ısıtma yükü $17,216.99 \text{ Wh/m}^2$, Şubat ayında ise $10,870.70 \text{ Wh/m}^2$ olarak kaydedilmiştir. Bu yüksek değerler, kış aylarında düşük dış hava sıcaklıklarının bina iç ortam sıcaklıklarını konfor aralığında tutmak için daha fazla ısıtma enerjisi gerektiğini göstermektedir. Mart ve Nisan aylarında, dış hava sıcaklıklarının artmasıyla birlikte ısıtma yükleri düşüş göstermekte, Mart ayında $8,872.23 \text{ Wh/m}^2$, Nisan ayında ise $5,893.30 \text{ Wh/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Mayıs ayında ısıtma yükü yalnızca 53.89 Wh/m^2 olarak kaydedilmiş, Sonbahar döneminde (Eylül, Ekim) ısıtma ihtiyacı tekrar artmaya başlamaktadır. Eylül ayında ısıtma yükü düşük bir seviyede (4.03 Wh/m^2) iken, Ekim ayında bu değer $2,326.82 \text{ Wh/m}^2$ seviyesine yükselmiştir. Bu, dış hava sıcaklıklarının düşmeye başlamasıyla birlikte bina iç ortam sıcaklıklarının korunması için enerji ihtiyacının tekrar arttığını göstermektedir. Kasım ayında ısıtma yükü $6,397.97 \text{ Wh/m}^2$, Aralık ayında ise kış koşullarının etkisiyle tekrar yüksek bir seviyeye çıkarak $12,372.55 \text{ Wh/m}^2$ olmuştur.

Duvarlardaki yoğuşma analizlerine bakıldığında **Şekil 3.27** diyagramı 1. kat dış duvar katmanıdır. Duvar katmanı ahşap kaplama, hava boşluğu, bağdadi çıta ve kırıklı sıvadır. **Şekil 3.28** ise zemin katın 70 cm kalınlığındaki taş duvar yoğuşma diyagramıdır. Duvar diyagramlarında kısmi buhar basıncının (kırmızı çizgi), doyma buhar basıncını (mavi çizgi) hiçbir noktada kesmediği görülmektedir. Bu durum, analiz edilen yapı elemanlarında yoğuşma oluşma riskinin bulunmadığını göstermektedir. Grafik, yapı elemanlarının nem ve termal performansı açısından güvenli olduğunu göstermektedir. Grafikten, sıcaklığın dış ortamdan iç ortama doğru artış gösterdiği, malzeme katmanlarının termal dirençlerine göre değiştiği ve sıcaklık farkını dengede tuttuğunu gözlemlenmektedir.



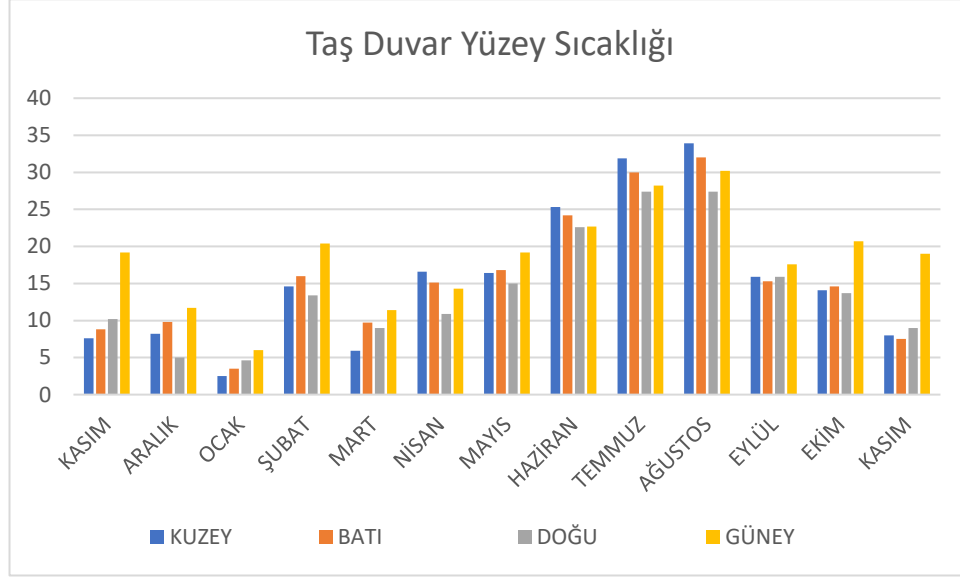
Şekil 3.27: İlyas Bilir Evi ahşap kaplamalı bağdadi duvar yoğuşma diyagramı.



Şekil 3.28: İlyas Bilir Evi taş duvar yoğuşma diyagramı.

3.3.2. İlyas Bilir Evi Termal Kamera İncelemesi

Şekil 3.29’da yer alan grafik incelendiğinde Kuzey Cephesi; yıl boyunca en düşük yüzey sıcaklıklarının kaydedildiği yön ve Ocak ayında 2,5°C’ye kadar düşerek en soğuk yüzey olarak belirlenmiştir. Güneş ışınlamına doğrudan maruz kalmaması nedeniyle ısı kayıplarının en fazla olabileceği cephedir.



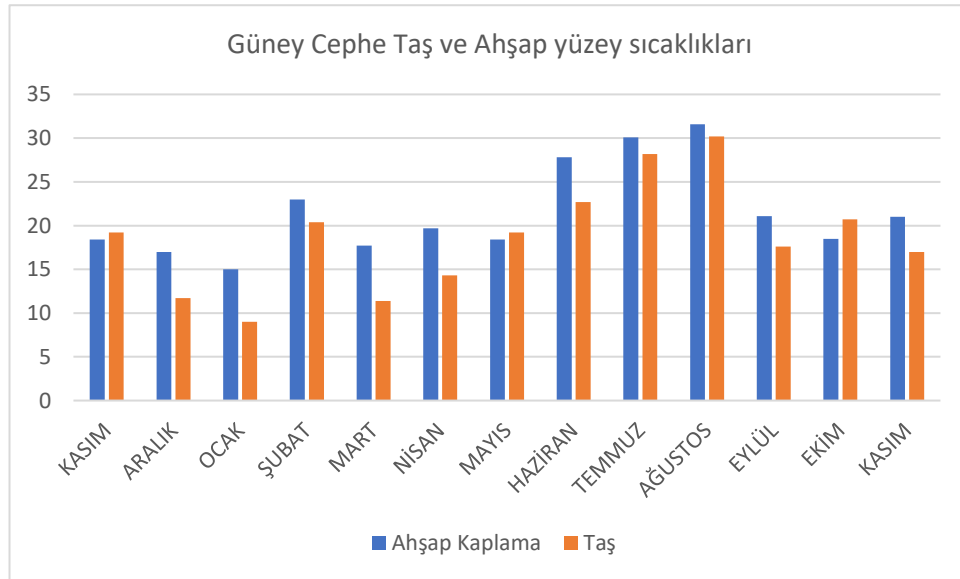
Şekil 3.29: İlyas Bilir Evi taş duvar yüzey sıcaklık ölçümleri.

Güney Cephesi, tüm yıl boyunca en yüksek yüzey sıcaklıklarının ölçüldüğü cephedir. Özellikle Şubat (20,4°C) ve Ağustos (30,2°C) aylarında diğer cephelere kıyasla daha yüksek sıcaklık göstermiştir. Kışın pasif güneş kazanımı açısından avantajlıdır. Batı ve Doğu Cepheleri, Batı cephesi, öğleden sonra güneş aldığı için yaz aylarında daha yüksek sıcaklıklar göstermektedir (örneğin, Ağustos 32°C). Doğu cephesi sabah güneşi almasına rağmen daha dengeli sıcaklık değerlerine sahiptir. Bahar ve yaz aylarında ısı yük açısından değerlendirildiğinde batı cephesi gölgelendirme ihtiyacı açısından daha önceliklidir.

Yaz aylarında (Haziran–Ağustos) tüm cephelerde yüzey sıcaklıkları belirgin biçimde artmıştır. Bu durum, yüksek çevre sıcaklıkları ve yoğun güneş ışınlamının duvar yüzeylerinde birikmesine bağlanabilir. Özellikle Ağustos ayında güney cephesi 30,2°C, batı cephesi 32°C ve kuzey cephesi 33,9°C'ye ulaşarak maksimum değerlere erişmiştir.

Kuzey cephesinin bu denli ısınması, yüksek hava sıcaklıklarının gölgede dahi yüzey sıcaklığını ciddi biçimde artırabildiğini göstermektedir. Ocak ayında kuzey cephesi 2,5°C, batı cephesi 3,5°C, doğu cephesi 4°C ve güney cephesi 6°C olarak ölçülmüştür. Bu değerler, düşük çevre sıcaklıklarına ve güneşlenme süresinin sınırlı olmasına bağlı olarak yüzeylerin ısı enerjisi kaybettiğini göstermektedir.

Şekil 3.30'da yer alan grafik, güney cephede farklı kaplama malzemelerinin ısı davranışlarını termografik verilerle yıl boyunca ortaya koymaktadır. Ahşap kaplama, yıl boyunca taş yüzeye kıyasla daha yüksek yüzey sıcaklıklarına sahiptir. Özellikle Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek sıcaklık değerlerine ulaşmaktadır (örneğin Temmuz'da yaklaşık 30°C). Kış aylarında (Aralık–Ocak), sıcaklıklar düşmesine rağmen taş yüzeye göre daha yüksek kalmaktadır. Ocak ayında yaklaşık 15°C gözlenmektedir. Bu durum, ahşabın düşük ısı iletkenliği (λ değeri) ve daha yavaş ısı kaybı karakteristiği ile açıklanabilir. Dış cephede kullanılan ahşabın 3 cm kalınlıkta olmasına rağmen yavaş ısı kaybı sebebiyle ahşap, yüzeydeki ısıyı daha uzun süre tutma eğilimindedir.



Şekil 3.30: İlyas Bilir Evi güney cephe (taş ve ahşap) aylık yüzey sıcaklıkları.

Taş yüzeydeki sıcaklık ölçümlerinde Yaz aylarında ısınmakta, ancak ahşap kadar yüksek sıcaklıklara ulaşmamaktadır. Kışın çok daha düşük sıcaklıklar göstermektedir. (örneğin Ocak'ta yaklaşık 9°C). Taş malzemenin yüksek ısı

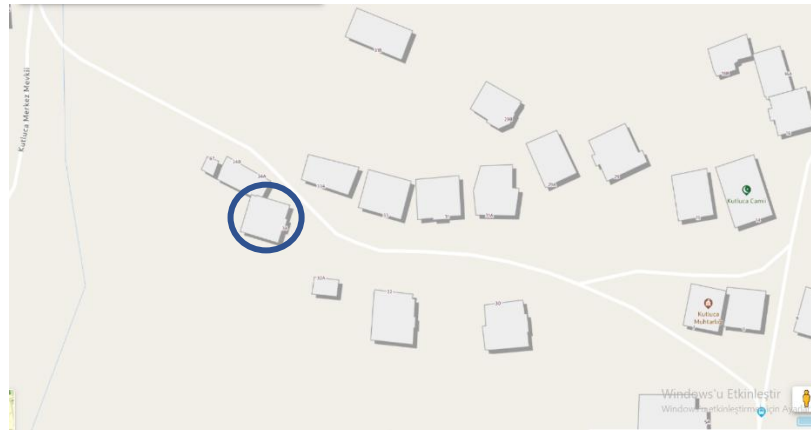
iletkenliği nedeniyle, ısıyı hızlıca ilettiği anlaşılmaktadır. Taş duvarın 75 cm gibi kalın bir durumda olması ise ısı kaybını engellemektedir.

Kış aylarında, Ahşap yüzeyin sıcaklığı taş yüzeye göre anlamlı ölçüde daha yüksektir (özellikle Ocak ayında yaklaşık 6°C fark). Bu, ısı kaybının en aza indirgenmesi gereken dönemlerde ahşabın daha avantajlı olduğunu gösterir.

Yaz aylarında, her iki yüzey de yüksek sıcaklıklara ulaşmakta, ancak ahşap yine taş yüzeyden daha sıcaktır. Bu, güneş ışıınımını absorblama kapasitesinin yüksek olduğunu gösterir. Gölgeleme elemanlarıyla birlikte bu durum dengelenmelidir. İlyas Bilir evinde güney cephede olan ağağlar ile gölgeleme sağlanmaktadır.

3.4. Nizamettin-Zölfiye Evi

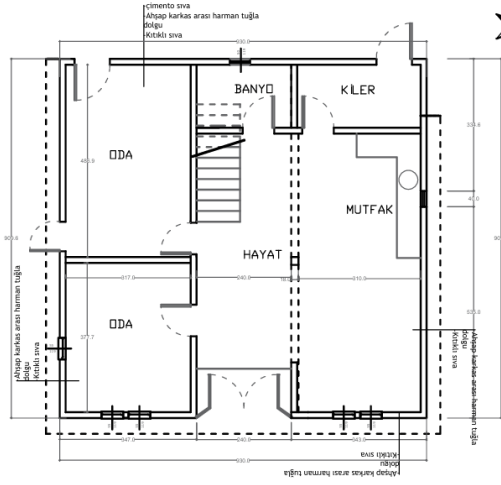
Söz konusu yapı Körfez ilçesi, Kutluca mahallesinde 2019 ada 2 parselde bulunmaktadır (**şekil 3.31**). Bölgenin deniz seviyesinden yüksekliği 233 metredir. İki katlı olan yapının plan formu ve dış cephesi büyük ölçüde korunmuştur (**şekil 3.34**). Zemin kata doğu cephesinden iki kanatlı bir kapı ile girilir (**şekil 3.32**). Girişte 20 cm kot farkı ile geleneksel konut tipinde hayat diyeceğimiz mahale gelir.



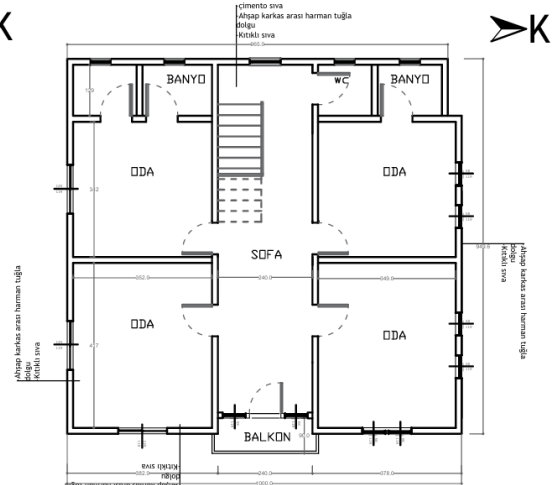
şekil 3.31: Nizamettin-Zölfiye Evi'nin Konumu [Web 10].

Hayata güneyde iki oda bağlanır. Kuzey tarafta ise sonradan eklenen mutfak tezgâhı görölmektedir. Batı cephesinde banyo ve kiler bulunmaktadır. Giriş kapısının karşısında bulunan tek kollu düz merdiven ile geleneksel sofa planlı konut tipinde olan 1. kata ulaşılır (**şekil 3.33**). Doğu Batı yönünde uzanan sofaya açılan, güney ve kuzeyde olmak üzere dört oda açılmaktadır. Batı cephesi tarafında yer alan odalarda

önceden yüklük ve gusülhane olduğu düşünülen banyo ve WC yer almaktadır. Sofa doğu cephesinde balkona açılır, batı cephesinde ise pencere açılmıştır.



Şekil 3.32: Nizamettin-Zülfıye Evi zemin kat planı [Yazar, 2024].



Şekil 3.33: Nizamettin-Zülfıye Evi 1. kat planı [Yazar, 2024].

Doğu cephede zemin kat giriş kapısının hemen üstünde yer alan balkonun korkuluk ve çerçevesi yapının özgün ve dikkat çeken elemanlarıdır (Şekil 3.34).



Kuzey cephesi

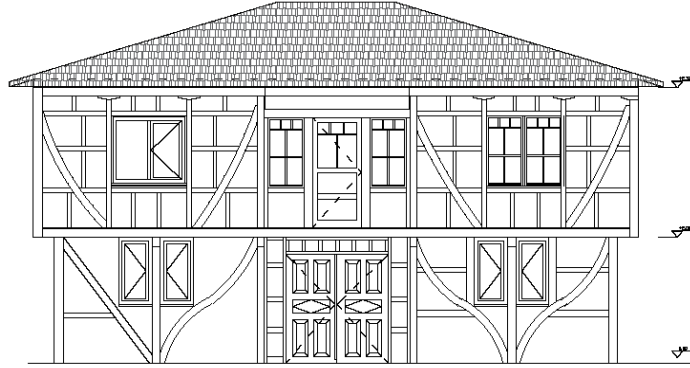


Doğu cephesi

Şekil 3.34: Nizamettin-Zülfıye Evi Kuzey ve Doğu cephe görseli [Yazar, 2024].

Yapı dış duvarları ahşap karkas arası harman tuğla örgüdür. Dış cephede sıva bulunmamaktadır. İç cephe duvarları kırıktı sıvadır. Ara bölme duvarlar da ahşap karkas arası harman tuğla dolgu ve üzeri kırıktı sıvadır. Pencere geleneksel giyotin pencere ve camları tek camdır. Zemin katta hayat mahalinin tavanı ahşap kirişleme, zemini ise betondur. Güneyde yer alan odaların tavanları lamba zıvanalı ahşap tavadır. 1. kat tavanları çitallı ahşap kaplama zeminler ahşap döşemedir. Basit

onarım dışında onarım geçirmemiştir. Onarımlar ile 1. katta ise kuzey doğuda yer alan oda ve sofanın pencereleri dışındaki pencereler PVC pencere ile değiştirilmiştir (Şekil 3.35, Şekil 3.36). Zemin katta kiler banyo ve güney batıda yer alan odanın batı cephesinde kapı açılmıştır ve kapılar PVC doğramadır. Batı cephesi çimento sıva ile sıvanmıştır. Yapıda doğalgaz sistemi mutfığa eklenmiştir ancak ısıtma sistemi yoktur. İç kapılar özgün ahşap tablalı kapıdır.



Şekil 3.35: Nizamettin-Zülfiye Evi Doğu cephesi çizimi [Yazar, 2024].

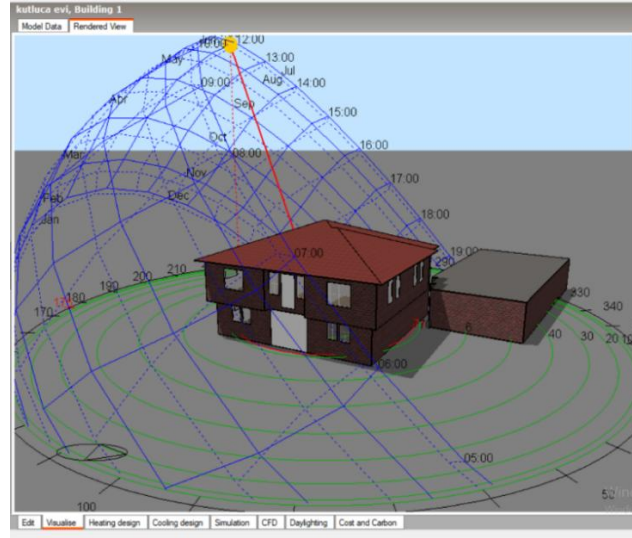


Şekil 3.36: Nizamettin-Zülfiye Evi Güney cephesi çizimi [Yazar, 2024].

3.4.1. Nizamettin-Zülfiye Evi BES Modellemesi ve Analizi

İklim verileri olarak İzmit iklim verileri kullanılmıştır. Bina mimarisi, zonlar halinde modellenmiştir. Kapı açıklıkları süresi diğer yapılarıdaki gibi %100 olarak seçilmiştir. Yapı duvarları özgün durumda olup duvar çatı ve zeminde herhangi bir yalıtım malzemesi kullanılmamıştır. Dış duvarlar ahşap karkas arası harman tuğla dolgudur dış cephe sıvasızdır. Pencerelerin büyük çoğunluğu özgün giyotin pencere yerine PVC doğrama ve 3+6+3 mm cam ile değiştirilmiştir. 1. kat doğu ve kuzey cephede yer alan ahşap giyotin pencerelerde 3 mm tek cam bulunmaktadır. Modellemede

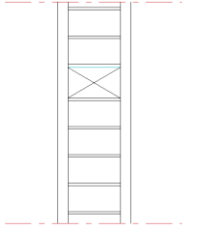
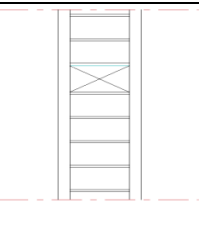
pencereler yerindeki durumuna göre oluşturulmuştur. Kapılar ahşap tablalı klasik kapıdır. Çatı katmanını kiremit, kiremit tahtası arası hava boşluğu, su yalıtım membranı ve ahşap çatı kaplamasıdır. Tavanlar 1. katta çıtalı ahşap tavan ve zemin katta ahşap kirişlemedir. Modellemeler bu katmanlara uygun olarak yapılmıştır (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Nizamettin-Zülfıye Evi BES program modeli.

Konut olarak kullanılan yapının bina aktivitesi de konut olarak seçilmiştir. Söz konusu yapıda ısıtma sistemi bulunmamaktadır. Doğalgaz kullanımı bulunmakla birlikte sadece ocak için kullanılmakta, ısıtma sisteminde kullanılmamaktadır. Isıtma olarak kömür sobası mevcuttur. Ancak teknik veri girişinde bu yapıların da doğalgaz sistemi olması durumundaki enerji tüketimi hesaplaması yapılmıştır. Soğutma sistemi tanımlanmamıştır.

Tablo 3.6: Nizamettin-Zülfıye Evi duvar katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.

Yapı Elemanı		Duvar Kalınlığı (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci $R=d/\lambda$ (m ² K/W)
	Dış Duvar	0,15	-Ahşap karkas arası tuğla örgü	0,13	0,81	0,185
			-Kıtıklı kireç sıva	0,02	0,5	0,04
	Batı Cephesi Dış Duvar	0,17	-Çimento sıva	0,02	0,82	0,024
			-Ahşap karkas arası tuğla dolgu	0,13	0,81	0,16
			-Kıtıklı kireç sıva	0,02	0,5	0,04
	İç duvar	0,14	-Kıtıklı kireç sıva	0,02	0,5	0,04
			-Ahşap karkas arası tuğla dolgu	0,10	0,81	0,12
			-Kıtıklı kireç sıva	0,02	0,5	0,04

Program girilen verilerin doğruluğunu teyit etmek amacıyla, duvar katmanlarının U değerleri (2.1.) formülü kullanılarak manuel olarak hesaplanmış ve bu değerler program tarafından hesaplanan U değerleri ile karşılaştırılmıştır. Isıl iletkenlik katsayılarına ilişkin değerler **Tablo 3.6** ve **Tablo 3.7**'de sunulmuştur. Tablolarda yer alan ısı iletim katsayıları, DesignBuilder programının kütüphanesi ile TS 825 **Ek-E** tablosundaki standart değerlerden alınmıştır.

Tablo 3.7: Nizamettin-Zülfiye Evi döşeme katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.

Yapı Elemanı		Kalınlık (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci $R=d/\lambda$ (m ² K/W)
	Temel	0,65	-Şap	0,15	1,3	0,12
			-Blokaj	0,3	2,09	0,14
			-Sıkıştırılmış toprak	0,3	1,28	0,23
	Islak Hacimler Temel	0,64	-Seramik	0,02	1,1	0,02
			-Yapıştırma harcı	0,02	1,4	0,014
			-Şap	0,15	1,3	0,12
			-Blokaj	0,30	2,09	0,14
			-Sıkıştırılmış toprak	0,30	1,28	0,23
	Zemin kat tavan	0,025	-Ahşap döşeme kaplaması -Döşeme kirişi 10x10cm	0,025	0,13	0,19
	Zemin. kat tavan	0,144	-Ahşap döşeme kaplaması	0,025	0,13	0,19
			-Döşeme kirişi 10cm +Durgun hava	0,1	-----	0,15
			-Ahşap tavan kaplaması	0,022	0,13	0,17
	1. kat tavan	0,020	-Döşeme kirişi 10cmX10 cm -Ahşap tavan kaplaması	0,020	0,13	0,15

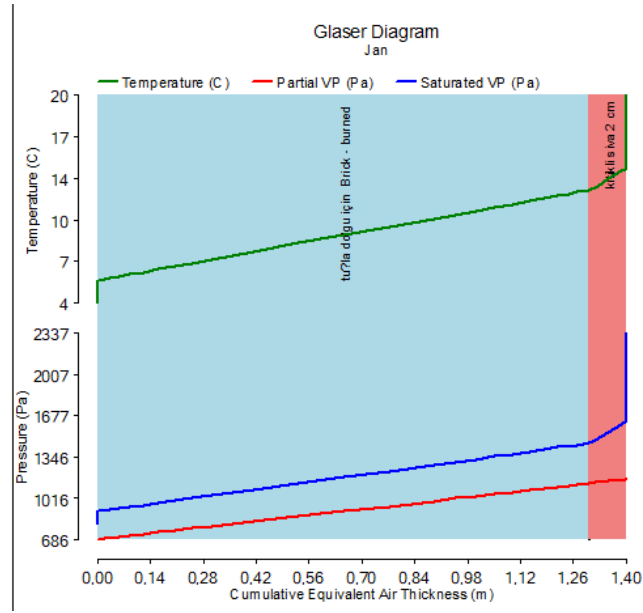
Yapılan simülasyon sonucuna göre 176 m² büyüklüğündeki Nizamettin-Zülfiye Evi yıllık enerji tüketimi 16616.11 kWh olarak bulunmuştur. Büyük kısmını ısıtma yükünün oluşturduğu tüketim değerinin 1673.04 kWh bölümü elektrik tüketimi,

14943.07 kWh bölümü ise ısıtma ve sıcak su sistemi tüketimi olarak hesaplanmıştır. Yıllık ısıtma tüketiminin aylara göre durumu incelendiğinde; Ocak ayında ısıtma yükü 3803,27 kWh ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Şubat ayında bu değer 2274,39 kWh'ye düşerek bir azalma göstermiştir. Mart ayında ısıtma yükü daha da azalarak 1741,21 kWh seviyesine inmiş, Nisan ayında ise bu değer 1006,63 kWh'ye kadar düşmüştür. Bu eğilim, kış aylarının ardından dış hava sıcaklıklarının artmasıyla birlikte binanın ısıtma ihtiyacının kademeli olarak azaldığını göstermektedir. Mayıs ayında ısıtma ihtiyacı önemli ölçüde azalarak yalnızca 137,76 kWh olarak kaydedilmiştir. Yaz aylarında (Haziran, Temmuz ve Ağustos) ise dış hava sıcaklıklarının yüksek olması nedeniyle ısıtma yükü neredeyse sıfır seviyesine ulaşmıştır. Örneğin, Temmuz ayında ısıtma yükü yalnızca 0,02 kWh olarak kaydedilmiştir.

Sonbahar döneminde Eylül ayında 19,58 kWh ile düşük bir ısıtma ihtiyacı görülmüş, ancak Ekim ayında bu değer 320,33 kWh'ye yükselmiştir. Kasım ayında ısıtma yükü belirgin bir şekilde artarak 1133,59 kWh seviyesine ulaşmış, Aralık ayında ise kış koşullarının etkisiyle 2630,70 kWh seviyesine kadar yükselmiştir.

Nizamettin-Zülfıye Evi'nin enerji tüketimindeki kış aylarında ısıtma yükleri oldukça yüksekken, geçiş aylarında azalmış, yaz aylarında ise neredeyse sıfır düzeyine gerilemiştir. Binanın yalıtımı ve tasarım özelliklerine bağlı olarak kış aylarındaki enerji tüketimi oldukça yüksek olduğu için enerji verimliliği açısından bazı iyileştirme önlemleri alınabilir.

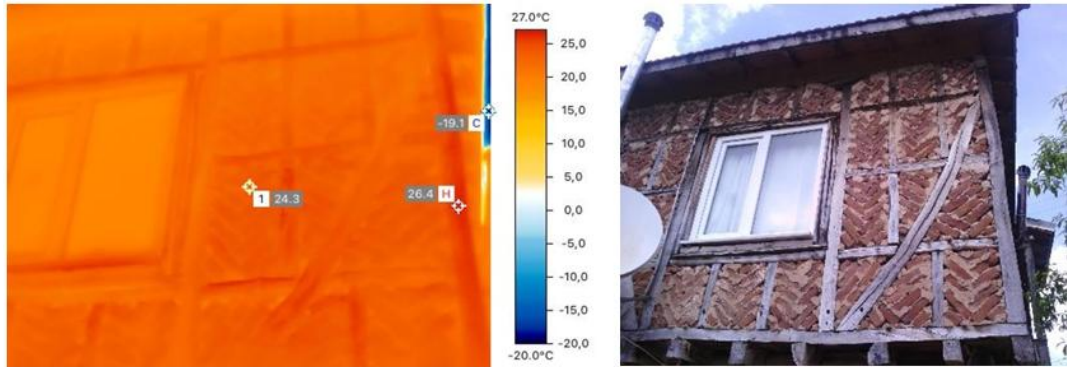
Aşağıda yer alan **Şekil 3.38**'de duvar diyagramlarında kısmi buhar basıncının (kırmızı çizgi), doyma buhar basıncını (mavi çizgi) hiçbir noktada kesmediği yapı elemanlarında yoğuşma oluşma riskinin bulunmadığını görülmektedir. Grafik, yapı elemanlarının nem ve termal performansı açısından güvenli olduğunu göstermektedir. Ancak sıcaklık eğrisi iç kısma doğru yeterince artmamaktadır.



Şekil 3.38: Nizamettin-Zülfiye Evi duvar yoğuşma diyagramı.

3.4.2. Nizamettin-Zülfiye Evi Termal Kamera İncelemesi

Şekil 3.39’da Ağustos ayı güney cephe tuğla duvar sıcaklığı 24 derece normal sıcaklık seviyesinde ölçülmüştür. Yapı kabuğunun yaz aylarında iç mekânda aşırı ısınmaya sebep olmadığı konfor koşulunu sağladığı düşünülmektedir.



Şekil 3.39: Nizamettin-Zülfiye Evi ağustos ayı güney cephe termal kamera ölçümü.

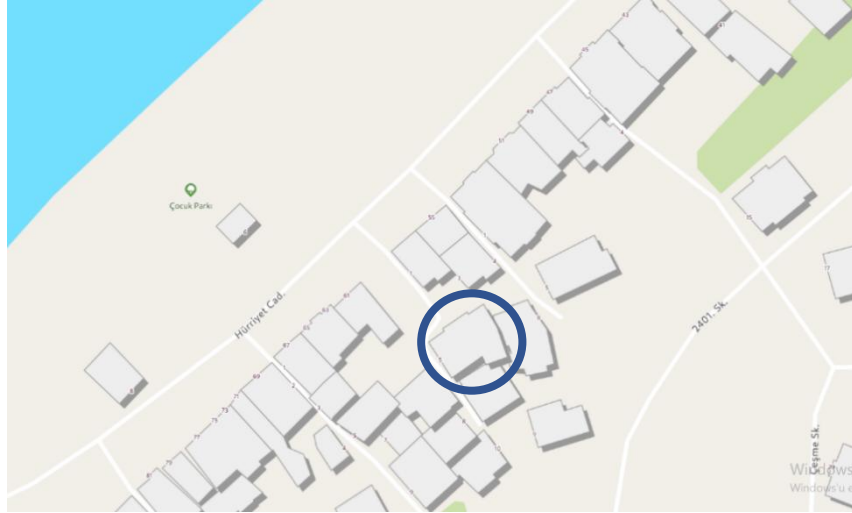
Kuzey cephede yapıda zemine yakın duvarların sıcaklığının düşük olması zeminden ısı kaybı ve nemlenme olduğunu göstermektedir (Şekil 3.40). Nizamettin-Zülfiye Evinde de termal kamera ile aylık yüzey sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Camların tek cam olması kışın ısıtma sistemi olarak tek odada soba yanması gibi sebeplerle iç dış sıcaklık farkları ile ilgili grafik hazırlanmamıştır.



Şekil 3.40: Nizamettin-Zülfiye Evi kış dönemi kuzey cephe termal kamera ölçümü.

3.5. Çıpalı Konak

Çıpalı Konak yapısı Kocaeli ili, Karamürsel ilçesi, Ereğli Mahallesi'nde, Hürriyet Caddesi üzerindeki Deniz Sokak, 276 ada, 29 parselde yer almaktadır (**Şekil 3.41**). Yapı alanı Ereğli sahiline yakın olup deniz seviyesindedir. 2017 yılında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından restore edilerek çocuk ve gençlere yönelik kütüphane olarak işlevlendirilmiştir.



Şekil 3.41: Çıpalı Konak yapısının konumu [Web 11].

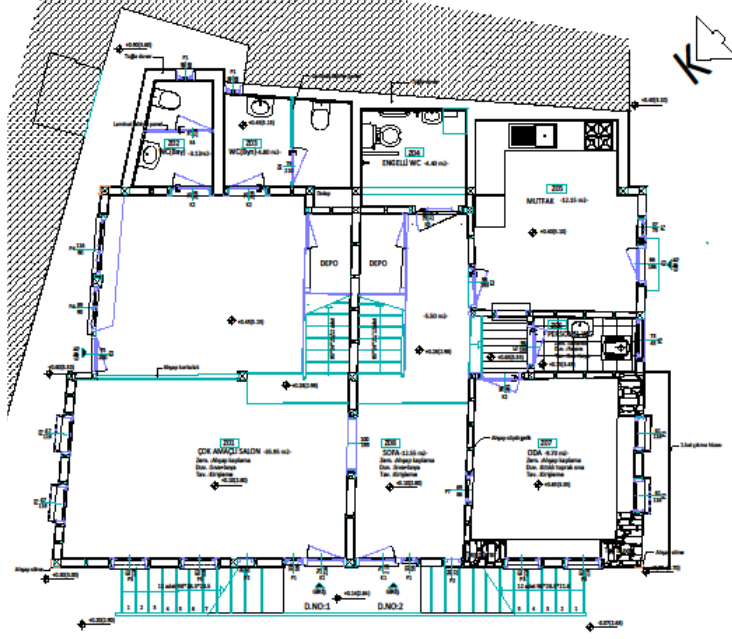
Yapının arka kısmında, arsa sınırları içinde sonradan eklenmiş bir yapı bulunmaktadır. Günümüzde restorasyon sonrası bu tek katlı yapı WC, banyo, engelli WC işlevleri ile kullanılmaktadır. Ayrıca, yapının doğusunda bulunan yeni

betonarme yapı, Çıpalı konağa 1 metre yakın olarak yapılmıştır. Bu durum, yapının doğu (sağ) cephesini güneş ışığı almayan ve kullanılmayan bir bölge haline gelmiştir (Şekil 3.42).



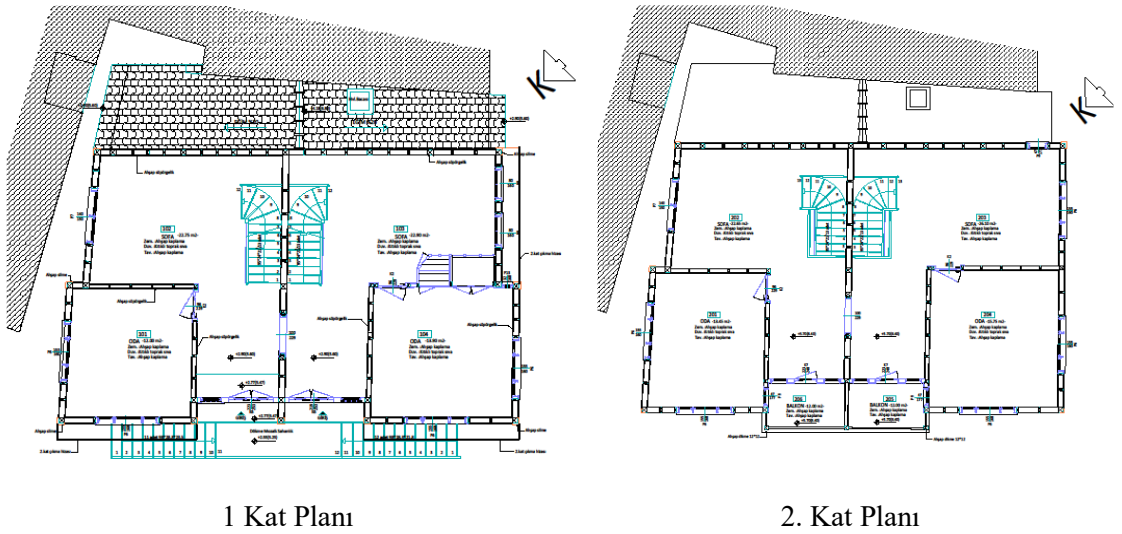
Şekil 3.42: Çıpalı Konak kuzey cephe [Yazar, 2024].

Çıpalı konak, 3 katlı ikiz ev şeklinde bir yapıdır. İki mesken sahibi için aynı plan şeması doğu ve batı yönünde oluşturulmuştur. Katlara bitişik duvara yaslanan iki ayrı merdiven ile çıkılmaktadır. Yapının kuzey ve doğu cepheleri açıktır. Kuzey cephe, zemin ve 1. kattaki girişlerle ana giriş cephesi olmuştur. Batı cephesinde de mutfak mahalinden bir çıkış bulunmaktadır. Zemin kat solda bulunan mekân oturma mekanıdır, çok amaçlı salon olarak işlevlendirilmiştir (Şekil 3.43). Arka güneyde yer alan sonradan yapılmış ve restorasyonda korunmuş banyo ve WC olan eklenti yapılar zeminden 35 cm yüksekte yer alır ve 2 basamak ile ulaşılmaktadır. Doğru cephesinde mutfak ve kuzey doğu köşede bir oda yer almaktadır. Güneydeki tek katlı eklenti bölüm duvarları 20 cm tuğla üzeri sıva boyadır. Zemin ahşap kirişleme üzeri ahşap kaplamadır. Tavan ahşap kirişleme olarak görülmektedir. Giriş kapısının karşısında yer alan merdiveni ile kapı arasında duvarda kapı boşluğu açılarak iki alan kullanımı birleştirilmiştir. Üst kata çıkan iki merdiven korunmuştur.



Şekil 3.43: Çıpalı Konak Zemin Kat Planı [Selçuk ŞENOL İnşaat San. Tic. Ltd. Şti].

Yapının esas giriş mekânı olan 1. kata direk dışarıdan kuzey cepheden iki kollu merdiven ile çıkılmaktadır. Bu katta 2 sofa ve 2 adet oda bulunmaktadır. 2. katta da alt kat planının aynısı olarak 2 sofa ve 2 oda yer alır. Sofalar kapı ile birbirine bağlıdır. Her iki katta da tavanlar lamba zıvanalı ahşap tavan, zeminler ahşap döşemedir. 2. Katta sofadan çıkılan balkon yer alır (Şekil 3.44).



Şekil 3.44: Çıpalı Konak kat planları [Selçuk ŞENOL İnşaat San. Tic. Ltd. Şti].

Yapının dış kabuğu ahşap karkas arası tuğla dolgu üzeri içeride kırıktık sıva ve boya dışarıda hidrolik kireç esaslı sıvadır. Çatı kaplaması ahşap kaplama üzeri su yalıtım membranı ve alaturka kiremittir. Çatı, zemin ve duvarlarda özgün durum korunmuş olup herhangi bir ısı yalıtımı yapılmamıştır (Şekil 3.45).



Kuzey-Doğu görseli



Kuzey-Batı görseli

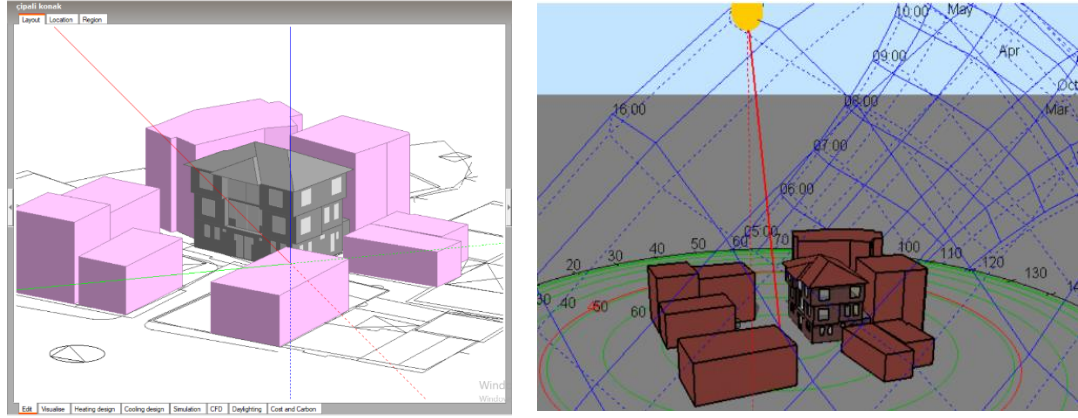
Şekil 3.45: Çıpalı Konak görselleri [Yazar, 2024].

3.5.1. Çıpalı Konak BES Modellemesi ve Analizi

Karamüsel ilçesinde yer alan yapı için de iklim verileri olarak İzmit iklim verileri kullanılmıştır. Bina mimarisi, zonlar halinde modellenmiştir (Şekil 3.46). Kapı açıklıkları süresi diğer yapılardaki gibi %100 olarak seçilmiştir. Yapı duvarları restorasyon sırasında özgün durumuna göre yapılmış olup duvar çatı ve zeminde herhangi bir yalıtım malzemesi kullanılmamıştır. Dış ve iç duvarlar ahşap karkas arası tuğla dolgudur. Pencereilerin tamamı ahşap doğrama, camlar 3mm+6mm hava boşluğu+3mm ısı yalıtımlı camdır. Kapılar ahşap tablalı klasik kapıdır. Çatı katmanı kiremit, kiremit tahtası arası hava boşluğu, su yalıtım membranı ve ahşap çatı kaplamasıdır.

Restorasyonu tamamlanan yapı günümüzde çocuk ve genç kütüphanesi olarak işlevlendirilmiştir. Bina aktivitesi olarak diğer yapılara uygun olarak konut seçilmiştir. Yapıda doğalgaz sistemi bulunmakta olup veri girişi olarak da doğalgaz

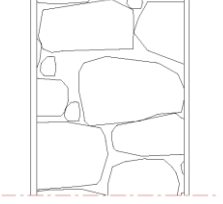
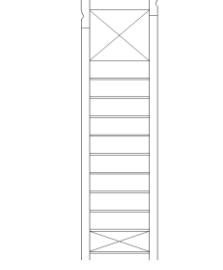
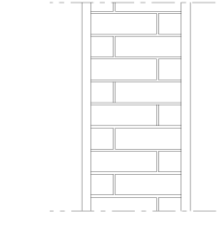
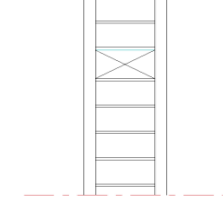
seçilmiştir. Soğutma sistemi olarak odalarda klima bulunmaktadır ancak diğer yapılarda olmaması sebebiyle soğutma sistemi programa veri olarak girilmemiştir.



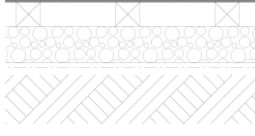
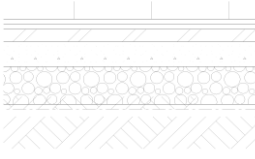
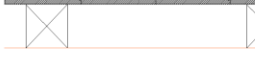
Şekil 3.46: Çıpalı Konak BES Program modeli.

Programa girilen verilerin doğruluğunu teyit etmek amacıyla, duvar katmanlarının U değerleri (2.1.) formülü ($R_{top}=R_i+R_1+R_2+\dots+R_e$) kullanılarak manuel olarak hesaplanmış ve bu değerler program tarafından hesaplanan U değerleri ile karşılaştırılmıştır. Isıl iletkenlik katsayılarına ilişkin değerler **Tablo 3.8** ve **Tablo 3.9**'da sunulmuştur. Tablolarda yer alan ısı iletim katsayıları, DesignBuilder programının kütüphanesi ile TS 825 **Ek-E** tablosundaki standart değerlerden alınmıştır.

Tablo 3.8: Çıpalı Konak duvar katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.

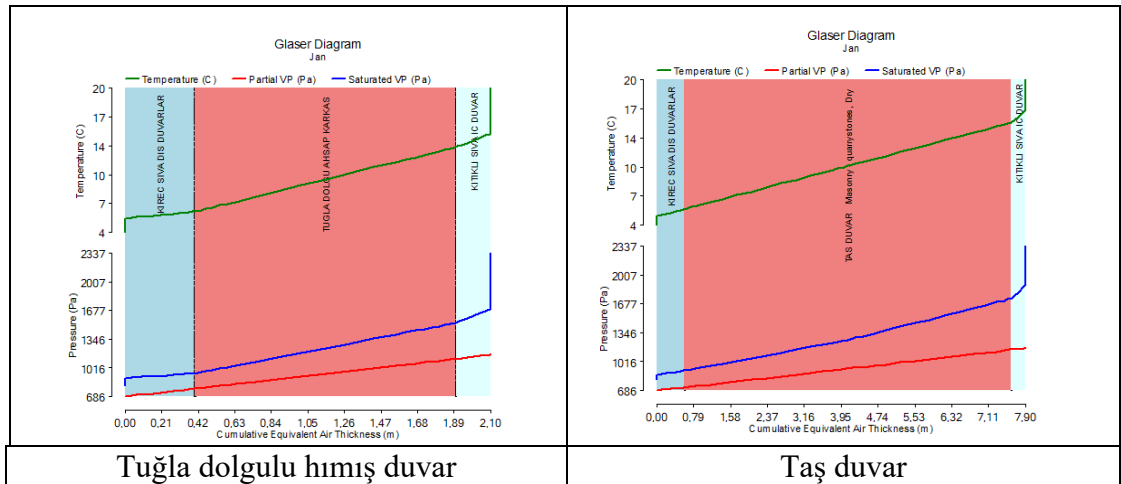
Yapı Elemanı		Duvar Kalınlığı (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isı İletim Direnci $R=d/\lambda$ (m ² K/W)
	Dış duvar	0,56	-Kireç esaslı sıva	0,03	1,00	0,03
			-Taş duvar	0,50	1,3	0,38
			-Kıtıklı sıva	0,03	0,5	0,06
	Dış Duvar	0,19	-Kireç esaslı sıva	0,02	1,00	0,02
			-Ahşap karkas arası tuğla örgü	0,15	0,81	0,185
			-Kıtıklı sıva	0,02	0,5	0,04
	Dış Duvar	0,24	- kireç esaslı sıva	0,02	1,00	0,02
			-Tuğla duvar	0,2	0,81	0,246
			- kireç esaslı sıva	0,02	1,00	0,02
	İç duvar	0,14	-Kıtıklı sıva	0,02	0,5	0,04
			-Ahşap karkas arası tuğla dolgu	0,10	0,81	0,12
			-Kıtıklı sıva	0,02	0,5	0,04

Tablo 3.9: Çıpalı Konak döşeme katmanlarına ait ısı iletim katsayıları.

Yapı Elemanı		Kalınlık (m)	Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Isıl İletim Direnci $R=d/\lambda$ (m ² K/W)
	Temel	0,57	-Ahşap döşeme kaplm.	0,022	0,13	0,17
			-Döşeme kirişi 10cm +Durgun hava	0,1	-----	0,14
			-Blokaj	0,15	2,09	0,07
			-Sıkıştırılmış toprak	0,3	1,28	0,23
	Islak Hacim Temel	0,64	-Seramik	0,02	1,1	0,02
			-Yapıştırma harcı	0,02	1,4	0,014
			-Koruma Betonu	0,05	2,27	0,02
			-Su Yalıtımı	0,006	0,25	0,024
			-Grobeton	0,10	2,27	0,044
			-Blokaj	0,15	2,09	0,07
			-Sıkıştırılmış toprak	0,3	1,28	0,23
	Zemin kat tavan	0,022	-Ahşap döşeme kaplaması -Döşeme kirişi 10x10cm	0,022	0,13	0,17
	1. kat tavan	0,142	-Ahşap döşeme kaplama	0,022	0,13	0,17
			-Döşeme kirişi 10cm +Durgun hava	0,1	-----	0,14
			-Ahşap tavan kaplaması	0,022	0,13	0,17
	2. kat tavan	0,22	-Döşeme kirişi 10cmX10 cm -Ahşap tavan kaplaması	0,022	0,13	0,17

Yapılan simülasyon sonucunda 276,15 m² büyüklüğündeki 3 katlı Ereğli Çıpalı Konağın toplam yıllık enerji tüketimi 33676.11 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu tüketimin 30413.88 kWh'lik bölümü ısıtma ve sıcak su sistemi, 3262.23 kWh'lik bölümü ise elektrik tüketimidir. Aylara göre ısıtma tüketimine bakıldığında, Ocak ayında 7.665,96 kWh ile ısıtma yükleri en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Şubat ayında bu değer 4.407,05 kWh'ye gerileyerek düşüş göstermektedir. Mart ayında 3.219,61 kWh ve Nisan ayında 1.933,42 kWh'ye kadar azalan ısıtma yükleri, bahar aylarında dış hava sıcaklıklarının artmasıyla daha düşük seviyelerde seyretmektedir. Mayıs ayında 566,61 kWh olan ısıtma yükü, yaz aylarında (Haziran, Temmuz ve Ağustos) neredeyse sıfır seviyesine inmiş, bu dönemde ısıtma ihtiyacı tamamen ortadan kalkmıştır. Sonbahar dönemine girildiğinde Eylül ayında 94,27 kWh ile ısıtma ihtiyacı artmaya başlamış, Ekim ayında bu değer 874,21 kWh'ye, Kasım ayında ise 2.552,84 kWh'ye yükselmiştir. Dış hava sıcaklıklarının düşmesiyle birlikte Kasım ayında ısıtma yükleri belirgin şekilde artmıştır. Aralık ayında ise 4.784,71 kWh ile ısıtma yükü tekrar yüksek bir seviyeye ulaşmıştır. Bu durum, kış mevsiminde binanın iç mekân sıcaklıklarını konfor aralığında tutmak için önemli miktarda enerji tükettiğini göstermektedir.

Çıpalı Konağın ahşap karkas arası tuğla dolgulu dış duvar ile zemin kat kuzey-batıda yer alan odanın taş duvarına ait yoğuşma grafikleri **Şekil 3.47**'de verilmiştir. Duvar diyagramlarında kısmi buhar basıncının (kırmızı çizgi), doyma buhar basıncını (mavi çizgi) hiçbir noktada kesmediği analiz edilen yapı elemanlarında yoğuşma oluşma riskinin bulunmadığını görülmektedir.

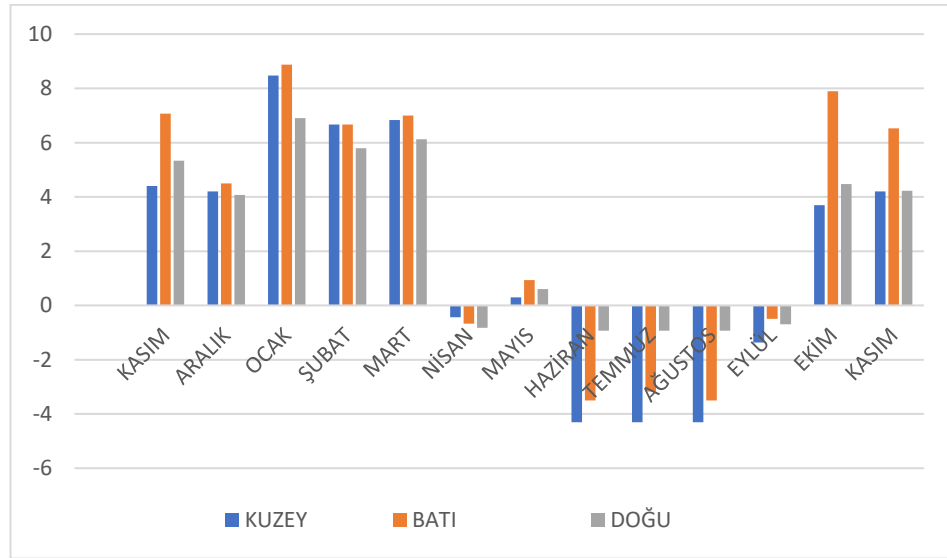


Şekil 3.47: Çıpalı Konak duvar yoğuşma diyagramları.

Grafik, yapı elemanlarının nem ve termal performansı açısından güvenli olduğunu göstermektedir. Grafikten, sıcaklığın dış ortamdan iç ortama doğru artış gösterdiği ancak diğer yapılarda incelenen bağdadi duvarlara göre sıcaklığın iç ortama doğru daha az artış gösterdiği tespit edilmiştir.

3.5.2. Çıpalı Konak Termal Kamera İncelemesi

Aylık periyodik ölçümlere göre oluşturulan cam iç-dış yüzey sıcaklık farkı grafiğinde (Şekil 3.48), kuzey, batı ve doğu cephelerine ait cam yüzeylerde yıl boyunca gözlemlenen iç-dış sıcaklık farkları incelenmiştir. Yüzey Sıcaklığı farkları, cephe yönüne ve mevsimsel değişkenliğe bağlı olarak anlamlı farklılıklar göstermektedir.



Şekil 3.48: Çıpalı Konak cam iç-dış yüzey sıcaklık farkı grafiği.

Kış aylarında (özellikle Ocak ve Şubat aylarında), tüm cephelerde pozitif sıcaklık farkları gözlemlenmiş olup, bu farkların özellikle batı cephesinde belirgin şekilde yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Örneğin, Ocak ayında batı cephesinde 8,87 °C'lik fark ile en yüksek değere ulaşılmıştır. Kuzey ve doğu cephelerinde ise Ocak ayında sırasıyla 8,47 °C ve 6,9 °C değerleri ölçülmüştür. Bu bulgu, güneş ışınlamına daha fazla maruz kalan batı cephesinin, özellikle öğleden sonra daha yüksek iç sıcaklıklara sahip olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda Şubat ve Mart aylarında da benzer şekilde yüksek farklar (6–7 °C aralığında) görülmektedir.

Bu dönemde pozitif farkların görülmesi, iç ortamın dış ortama göre daha sıcak olduğunu ve bu durumun ısı kaybına yol açabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, bu cephelerde ısı yalıtımı önlemlerinin etkinliği önem kazanmaktadır.

Nisan ayında cephelerin tamamında sıcaklık farkları negatif yönde ölçülmüş olup, en düşük değer doğu cephesinde ($-0,83\text{ }^{\circ}\text{C}$) kaydedilmiştir. Bu durum, iç ortamın dış ortama göre daha soğuk kaldığını göstermekte ve mevsimsel geçişte güneşlenme süresi ile pencere yöneliminin ısı denge üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Mayıs ayında ise farklar sınıra yakın ($0,3\text{--}0,91\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve pozitif yönde değişmektedir, bu da geçiş döneminin dengeleyici etkisini ortaya koymaktadır.

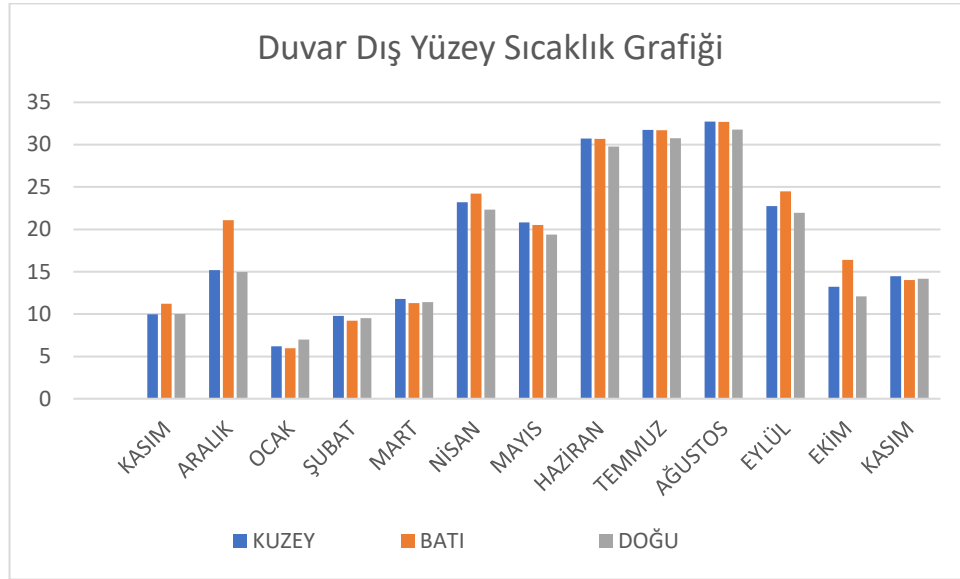
Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında tüm cephelerde negatif sıcaklık farkları kaydedilmiştir. En düşük değerler Temmuz ayında kuzey cephesinde ($-4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$), batı cephesinde ($-3,17\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve doğu cephesinde ($-0,93\text{ }^{\circ}\text{C}$) görülmüştür. Bu negatif farklar, iç ortamın dış ortama göre daha serin olduğunu göstermektedir. Yaz döneminde iç mekanlarda güneş kazançlarının sınırlandığını ve bu durumun iç ortam konforuna olumlu katkı sağladığını göstermektedir. Ancak bu farkların yüksek olması, soğutma yüklerinin artabileceğine de işaret etmektedir.

Eylül ayında sıcaklık farkları yine negatif değerlerde seyretmekle birlikte mutlak değer olarak daha düşüktür (yaklaşık $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ civarında). Bu, yazdan sonbahara geçişte iç-dış ortam sıcaklıklarının birbirine yakınsadığını göstermektedir. Ekim ayında ise farklar tekrar pozitif değerlere ulaşmakta ve batı cephesinde $7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ gibi yüksek bir değere çıkmaktadır. Bu, sonbaharda batı cephesinin güneşlenme etkisiyle tekrar ısındığını göstermektedir.

Yıllık eğilim ve cephe yönünden değerlendirildiğinde; Batı cephesi, yılın büyük bölümünde en yüksek sıcaklık farklarının gözlemlendiği yön olmuştur. Bu durum, batı yönünün öğleden sonra güneş ışınlamına daha uzun süre maruz kalmasıyla ilişkilidir. Kuzey cephesi, güneşlenmenin en az olduğu yön olarak, yaz aylarında iç ortamın dış ortama göre belirgin şekilde daha serin kaldığını göstermektedir. Doğru cephesi, sabah güneşi etkisiyle kış aylarında belirgin pozitif farklar üretmiş; yaz aylarında ise bu fark azalmıştır.

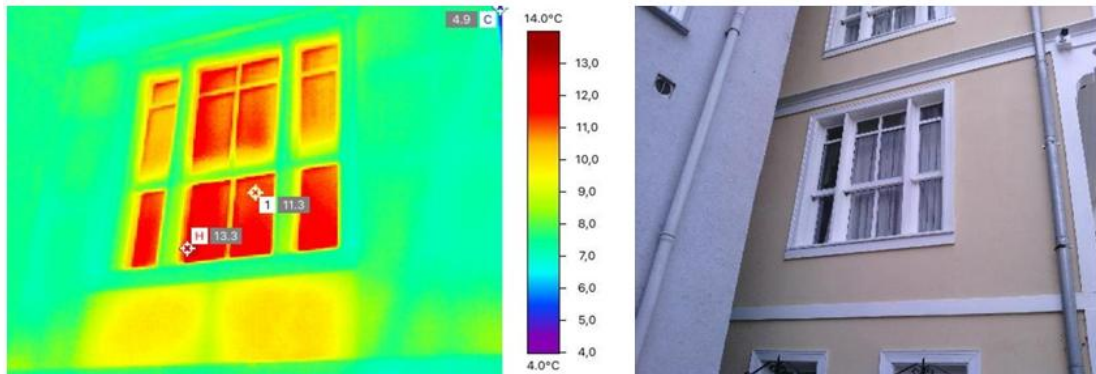
Şekil 3.49'da en düşük sıcaklıklar Ocak ayında gözlenmiştir (kuzey: $6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; batı: $5,97\text{ }^{\circ}\text{C}$; doğu: $6,97\text{ }^{\circ}\text{C}$). Aralık ve Şubat aylarında sıcaklıklar biraz daha yüksek olsa da $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altında kalmıştır. Batı cephesi, Aralık ayında $21,07\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile diğer

cephelerden belirgin şekilde yüksek sıcaklık göstermiştir. Bu, öğleden sonra güneş kazanımı ile ilişkilendirilebilir.



Şekil 3.49: Çıpalı Konak hımış tuğla dolgu duvar dış yüzey sıcaklık grafiği.

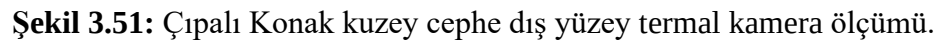
Bu dönemde dış yüzey sıcaklıklarının düşük olması, dış ortamdan gelen ısı kayıplarını artırabilir. Özellikle ısı yalıtım sistemlerinin etkinliği, bu cephelerde iç ortam ısının korunması açısından önemlidir.



Şekil 3.50: Çıpalı Konak aralık ayı doğu cephesi dış yüzey termal kamera ölçümü ve dış cephe görseli.

Termal kamera ölçümlerinde ısı kayıp bölgeleri ve ısı köprüleri araştırıldığında; **Şekil 3.50**'de kış döneminde iç ortamda çalışan ısı radyatörünün dış cephede oluşturduğu ısı değişimi gözlenmiştir. Bina enerji simülasyon sonucunda Çıpalı Konak'ta m²'ye göre fazla enerji tüketimi hesaplanmıştır. Buna paralel olarak saha

Ahşap kapıda ahşabın zamanla çalışması sonucu ısı köprüsü oluşmuştur (**Şekil 3.51**). Ahşap kapı tablaları arasında uygun müdahale ile sorun çözülebilir.



73

4. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

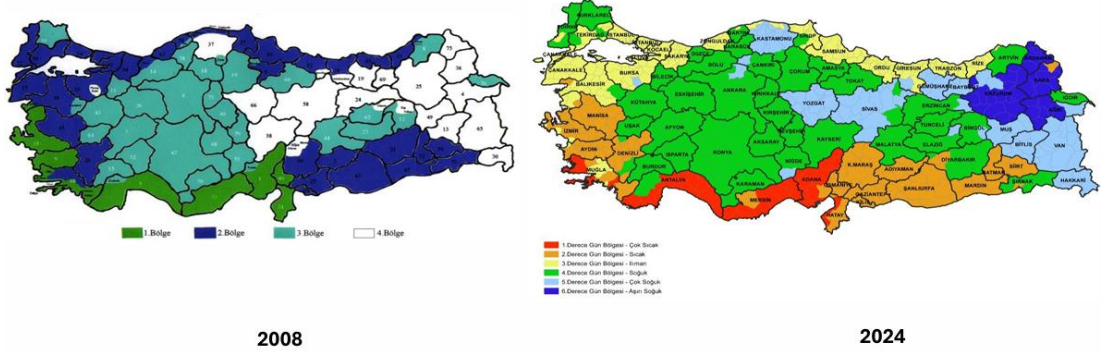
Her bir yapı özelinde gerçekleştirilen analiz süreçleri, enerji verimliliğini etkileyen unsurların nicel verilerle belirlenmesine olanak sağlarken, yapıların mevcut fiziksel koşullarının görsel yöntemlerle belgelenmesini de mümkün kılmıştır. Bu doğrultuda elde edilen bulgular, mevcut durumun değerlendirilmesi ve olası iyileştirme senaryolarının oluşturulması açısından önemli birer dayanak niteliği taşımaktadır. Bu bölümde, Tavşancıl Evi, İlyas Bilir Evi, Nizamettin-Zülfiye Evi ve Çıpalı Konak yapılarının BES verileri ile elde edilen yıllık ısıtma enerji gereksinimleri, TS 825 Isı Yalıtım Standardı (2008) ile Atop/Vbrüt oranlarına göre değerlendirilmiş ve TS 825'te belirtilen sınır değerlerle kıyaslanmıştır.

4.1. BES Sonuçlarının TS 825 İle Değerlendirilmesi

Avrupa Birliği standartlarına uyumlu hale getirilmeye çalışılan standardın ilk hali 29 Nisan 1998 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Türk Standartları Enstitüsü'nün Mühendislik Hizmetleri İhtisas bağlı TK30 Enerji ve Enerji Sistemleri Teknik Komitesi'nce TS 825: 2008 + T1: 2009 + T2: 2009'un revizyonu olarak hazırlanmış ve sonra TSE Teknik Kurulu'nun 18 Aralık 2013 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak kabul edilerek yayımına karar verilmiştir [Atmaca, 2016]. Ekim 2024 yılında güncellenen söz konusu standart, 20 Şubat 2025 tarihli resmi gazetede yayınlanan "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı İle İlgili Tebliğ" ile söz konusu standardın revize edilmiş hali, 1 Nisan 2025 tarihi itibarıyla yürürlüğe girmiştir. Bu değişiklikte birlikte, yapıların yalnızca ısıtma yüküne göre projelendirilmesine dayanan mevcut yaklaşım terk edilerek, yerini hem ısıtma hem de soğutma gereksinimlerinin dikkate alındığı bütüncül bir tasarım anlayışına bırakmaktadır. Buna ek olarak yapılan revizyonlar aşağıda sıralanmıştır;

- Eski standartta yer alan 4 iklim bölgesi, yeni düzenlemeyle birlikte 6'ya yükseltilmiştir (**Şekil 4.1**). Bu değişiklik, Türkiye'deki çeşitli iklim koşullarının dikkate alınmasıyla gerçekleştirilmiş olup, daha etkili ısı yalıtım stratejilerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Kocaeli ili 2. Dereceden "3. Derece ılıman gün bölgesine" geçmiştir.

İKLİM BÖLGELERİ



Şekil 4.1: İklim Bölgeleri farkı. [Diz, 2025].

- TS 825: 2024’e göre kullanım alanı başına iç ısı kazancı miktarı TS825:2008’deki gibi sabit olmayıp, bina türlerine göre farklılaştırılmıştır.
- Son yönetmelikte yapı kullanım sınıfı altıdan on ikiye çıkarılmış ve iç ortam sıcaklıkları artırılmıştır. Konut sınıfı yapılarda iç ortam sıcaklığı 2008 tarihli yönetmelikte 19°C iken 2024 tarihli yönetmelikte ise kış tasarım sıcaklığı 20°C yaz tasarım sıcaklığı ise 26°C’dir.
- Duvar, tavan/çatı, döşeme ve pencerelerin U sınır değerleri yaklaşık %30-35 oranında düşürülmüştür. Böylece örneğin, Kocaeli’ndeki bir yapının duvarında tavsiye edilen U sınır değeri 0,60’tan 0,40’a düşürülmüştür.
- TS 825:2008 standardında tüm bina tipleri için ortak enerji sınırları belirlenmişken, TS 825:2024 standardında ise A/V oranına bağlı olmaksızın, bina türlerine göre değişen enerji sınır değerleri tanımlanmıştır. Örneğin müstakil konutlar için 3. derece gün bölgesinde izin verilen asgari net ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı 80 kWh/m².yıl’dır.
- TS 825:2024’e göre low-e kaplamalı camların kullanımı kaplamasız yalıtım camı ısıl geçirgenlik katsayısı 1,6 W/m²K’den büyük olan cam ünitelerinin yeni binalarda kullanılması tavsiye edilmez [Diz, 2025].

İlk defa 5/12/2008 tarihinde Resmi Gazetede yayımlanan ve en son 19/2/2022 tarihinde değişiklik yapılan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” nin dördüncü bölüm, Bina Isı Yalıtımı Esasları 9. Madde a bendinde; binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının, TS 825 standardında belirtilen sınır değeri aşmaması gerektiği belirtilmiştir.

Bu kapsamda; Tavşancıl Evi, İlyas Bilir Evi, Nizamettin-Zülfiye Evi ve Çıpalı Konak yapılarına ait simülasyon programından elde edilen bulgular “TS 825(2008) Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına” göre ele alınmıştır. Öncelikle çalışma yapılan yapıların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri hesaplanmıştır. Kocaeli ilinde yer alan yapılar 2. Derece iklim bölgesinde yer almaktadır. Buna göre; TS 825 Ek-A çizelgesine göre $A_{top}/V_{brüt}$ hesaplanmalıdır. A_{top} , binanın ısı kaybeden yüzeylerinin toplam alanıdır (m^2), $V_{brüt}$ ise binanın brüt hacmidir (ısıtılmış yapı hacmi m^3).

Buna göre; yapıların $A_{top} /V_{brüt}$ değerleri hesaplanarak; Tavşancıl Evi için 0,913, İlyas Bilir Evi için 1,10, Nizamettin-Zülfiye Evi için 0,86 ve Çıpalı Konak için 0,68 değerleri bulunmuştur (**Tablo 4.1**).

Tablo 4.1: Yapıların $A_{top} /V_{brüt}$ değerleri.

Yapı Adı	$A_{top}/V_{brüt}$	Sonuç
Tavşancıl Evi	354,32/388,09	0,913
İlyas Bilir Evi	344,64/312,67	1,10
Nizamettin-Zülfiye Evi	573,14 / 844,9	0,86
Çıpalı Konak	354,15/413,98	0,68

TS 825 Ek-A 1.2. çizelgeye göre A/V oranı 0,2’den büyük, 1,05’den küçük olan, 2. Derece iklim bölgesinde yer alan, kat yükseklikleri 2,60’tan fazla olan Tavşancıl Evi, İlyas Bilir Evi ve Çıpalı Konak yapıları için aşağıdaki (4.1) formülü kullanılmıştır.

$$V_{brüt} \text{ ile ilişkili } Q_1 \text{ 2.DG} = 22,4 \times A/V + 7,8 \text{ [kWh/ } m^3, \text{ yıl]} \quad (4.1)$$

Nizamettin-Zülfiye Evi için ise TS 825 Ek-A 1.2. çizelgeye göre A/V oranı 1,05’den büyük olması ve kat yüksekliği 2,60’dan az olması sebebiyle TS 825 Ek-A 1. Tabloya göre 2. Bölgede $V_{brüt}$ ile ilişkili değer kullanılmıştır.

Simülasyon programından elde edilen birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ise (4.2) formülü ile hesaplanarak **Tablo 4.2.**'de verilmiştir.

$$Q = Q_{yıl} / V_{brüt} \quad (4.2)$$

Tablo 4.2: Yapılara ait TS 825 (2008) yıllık tüketim sınır değerleri.

	TS 825(2008)'e göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri (kWh/m ³)	Simülasyondan elde edilen birim hacim başına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (kWh/m ³)	Simülasyondan elde edilen toplam yıllık enerji ihtiyacı [kWh]
Tavşancıl Evi	28,25	20,8	8.072,24
İlyas Bilir Evi	31,30	34,98	10.936,14
Nizamettin-Zülfiye Evi	27,06	40,14	16.616,11
Çıpalı Konak	23,03	39,86	33.676,11

Yapılan çalışmada araştırma konusu dört yapının konum, yön gibi farklılıkları sebebiyle birebir karşılaştırılması mümkün değildir. Bununla birlikte ortaya çıkan bulgular bütüncül olarak değerlendirildiğinde;

- Tavşancıl Evi'nin TS 825(2008) sınır değerinin altında kaldığı ve enerji verimliliğine uyduğu görülmektedir. Rekonstrüksiyon yapılan yapıdaki yalıtım uygulamalarının yeterli olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle bağdadi duvarda bulunan boşluğa eklenen taşıyıcı yalıtımı etkin olmuştur. Ancak burada yoğunlaşma riski oluşmuş yapının yazın güneş gören bir konumda olması sebebiyle yoğunlaşmanın buharlaşacağı sonucu ortaya çıkmıştır.
- Diğer incelenen ve esaslı onarım geçirmemiş olan geleneksel taş ve ahşap bağdadi yapı kabuğuna sahip Tavşancıl'daki İlyas Bilir Evi'nin ise TS 825(2008) sınırına çok yakın olduğu gözlenmektedir. Yapıda pasif ısı kazancının sağlanabileceği güney ve batı cepheleri ağaç ve diğer komşu yapılar nedeniyle tamamen açık değildir. Buna rağmen geleneksel ahşap yapılarda bağdadi duvarda bulunan durgun hava katmanının doğal bir yalıtım oluşturmasının ve ayrıca zemin kat taş duvar kalınlığının 70 cm olmasının bu konuda etkili olduğunu düşündürmüştür.

- Nizamettin-Zülfiye Evi ve Çıpalı Konağın TS 825(2008) sınır değeri ile simülasyondan elde edilen değer arasında büyük bir fark olduğu ve nispeten daha verimsiz olduğu tespit edilmiştir. Nizamettin-Zülfiye Evi’nde tez çalışması sürecinde mutfığa ocak kullanımı için doğalgaz tesisatı eklenmiştir. Zaman içerisinde ısıtma için de doğalgaz sistemi yapılacağı bilgisi yapı sahiplerinden edinilmiştir. İleriye dönük olarak doğalgaz ısıtma sisteminde yapı kabuğundaki verimsizlik sebebiyle duvara yakın olan petek radyatör kullanımı ısı kaçışlarına sebep olabilir. Doğalgaz ile çalışabilen farklı bir ısıtma elemanı veya çatı, zemin ve yapı kabuğunda enerji yönünden iyileştirme yapılması önerilmektedir.

TS 825(2024) standartına göre değerlendirme yapıldığında ise; “müstakil konut” bina türünde, Kocaeli’nin de içinde olduğu 3. Bölgede bir konutun izin verilen asgari net ısıtma ve soğutma enerjisi ihtiyacı 80 kWh/m².yıl’dır. **(Tablo 4.3)**. Bu değer bir metrekaarelik alanın bir yıl içinde tükettiği enerji miktarını gösterir **[Diz, 2025]**.

Tablo 4.3: Yapılara ait TS 825(2024) yıllık m² başına tüketim sınır değerleri.

	TS 825(2024)’e göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı sınır değeri [kWh/m ² .yıl]	Simülasyondan elde edilen toplam yıllık enerji ihtiyacı [kWh]	Yapı Alanı [m ²]	Simülasyondan elde edilen bir metrekaarelik alanın bir yıl içinde tükettiği enerji miktarı [kWh/m ² .yıl]
Tavşancıl Evi	80	8.072,24	132.21	61,05
İlyas Bilir Evi	80	10.936,14	131.02	83,46
Nizamettin-Zülfiye Evi	80	16.616,11	176,1	94,36
Çıpalı Konak	80	33.676,11	276.15	121,95

Tablo 4.3’de görüldüğü üzere TS 825(2024) standardına göre dört farklı yapının yıllık ısıtma enerjisi tüketim değerlerini hem sınır değerlerle hem de simülasyon verileriyle karşılaştırmalı olarak sunmaktadır. Her bir yapı için yıllık toplam enerji ihtiyacı, yapı alanı ve birim alan başına yıllık enerji tüketimi hesaplanmıştır. Bu bağlamda;

Tavşancıl Evi: 61,05 kWh/m²·yıl ile sınır değerin oldukça altında kalarak iyi bir enerji performansı sergilemektedir.

İlyas Bilir Evi: 83,46 kWh/m²·yıl değeri ile sınırın biraz üzerinde yer almakta olup basit onarım haricinde onarım geçirmeyen ve ek yalıtım katmanı olmayan taş duvar ve ahşap kaplamalı bağdadi duvar yapı kabuğunun enerji verimliliği açısından dikkate değer düzeyde iyi performansı olduğu söylenebilir.

Nizamettin-Zülfiye Evi: 94,36 kWh/m²·yıl ile belirlenen sınır değeri aşmış, enerji verimliliği açısından yetersiz kalmıştır.

Çıpalı Konak: 121,95 kWh/m²·yıl ile tüm yapılar arasında en yüksek enerji tüketimine sahiptir ve sınır değeri ciddi şekilde aşmaktadır.

TS 825(2024) sınır değerler sonuçları TS 825(2008) sınır değer sonuçları ile paralellik göstermiştir. Her iki sonuca göre Çıpalı Konak yapısının enerji açısından oldukça verimsiz olduğu sonucuna varılmıştır.

4.2. Çıpalı Konak İyileştirme Senaryoları

Çıpalı Konak BES analizinden elde edilen sonuçlarda diğer yapılara göre iyileştirme çalışmaları yapılması gerekliliğinin daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sebeple enerji verimliliği iyileştirme senaryoları için Çıpalı Konak seçilmiştir.

Tarihi yapılarda cephe özelliklerinin bozulmaması amacıyla dış yüzey yerine iç yüzeylerde ısı, nem yalıtım uygulaması yapılması önerilmektedir. Yapılarda ısı yalıtım uygulamalarının dış yüzeyde uygulanması ısı kaçışlarının engellenmesi adına en doğru yaklaşım olmakla birlikte bu uygulamanın yapı cephesinin özgünlüğüne olumsuz etkisi nedeniyle tarihi yapılarda öncelikli olarak tercih edilmediğinden, cam tiplerinin yüksek ısıl performansa ve sızdırmazlığa sahip çok katmanlı ve düşük ısı geçirme katsayısına sahip (U değeri, W/ m² K) cam ve çerçeve sistemleriyle değiştirilmesi, koridor ve girişlerdeki mevcut kapıların sızdırmazlık özelliğine sahip kapılarla değiştirilmesinin de enerji verimliliğinin artırılmasına katkı sağlayacağından bahsetmektedir **[Bayraktar ve Abusamhadana, 2018]**.

Enerji verimliliği iyileştirme çalışması yapılacak tarihi Çıpalı Konak'ta da paralel şekilde dış cephede ısı yalıtımı için duvar kalınlığını arttırmak tüm cephe düzenini bozacağı için farklı yöntemler araştırılmıştır. Bunlardan ilki pencere camlarında

kullanılan 3+6+3 mm çift cam yerine cam kalınlığını arttırmadan Low-E kaplamalı cam kullanmaktır.

Low-E camlar, mikroskobik düzeyde ince, şeffaf kaplamalara sahiptir ve bu kaplamalar, insan saçından daha ince bir yapıya sahip olup, istenmeyen kızılötesi ışınları veya enerjiyi yansıtma özelliğine sahiptir. Bu özellik, özellikle kış aylarında önemli bir avantaj sunar. İç mekânın ısı enerjisi dış ortama kaçmaya çalışırken, Low-E camlar ısıyı geri yansıtma kapasitesi sayesinde ısının iç mekânda kalmasını sağlar. Bu sayede ısı kaybı azaltılır ve enerji verimliliği önemli ölçüde artırılır **[Web 12]**.

Söz konusu yapının termal kamera ile kızılötesi görüntü ölçümleri sonucu oluşturulan Şekil 3.48.'de yer alan cam iç-dış yüzey sıcaklık farkı grafiğine göre; cam yüzeylerdeki iç-dış sıcaklık farkları, yönelime ve mevsime bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Özellikle batı cephesinde gözlenen yüksek yüzey sıcaklık farkları, yazın aşırı ısınmayı önlemek için gölgeleme elemanlarının kullanımını gerekli kılmaktadır. Kuzey cephesinde ise kış aylarında ısı kayıplarını azaltmak amacıyla yüksek performanslı yalıtımlı cam kullanımı önerilmektedir. Bu veriler, enerji verimliliği açısından cephe tasarımı ve cam özelliklerinin mevsimsel koşullara göre optimize edilmesi gerekliliğini de ortaya çıkarabilir. Yönlere göre Çıpalı Konak cephe camlarına ait bulgu ve öneriler **Tablo 4.4**'te verilmiştir.

Tablo 4.4: Çıpalı Konak cephe camlarına ait bulgular ve öneriler.

Cephe Yönü	Bulgular	Öneriler
Kuzey	Kışın yüksek ısı kaybı	Düşük U-değerli çift cam
Batı	Yazın aşırı ısı kazancı ve kışın yüksek kayıp	Low-E cam, dış gölgeleme, reflektif cam
Doğu	Sabah güneşi nedeniyle kışın ısı kazancı, yazın ısı yük	Termal perdeler, orta geçirgenlikli camlar

İkinci olarak, iyileştirme senaryosuna konu olan Çıpalı Konağın çatı yalıtımı bulunmamakta olup tavan arasından ısı kaybını önlemek için taşıyıcı ısı yalıtımı yapılması senaryoya eklenmiştir.

Üçüncü olarak yapı kabuğunda iyileştirme önerileri getirilmiştir. En dışta yer alan kireç sıva yerine kalınlığı arttırmadan yalıtımlı (perlitli) sıva uygulaması denenmiştir.

Diğer bir senaryoda ise dışarıdan Aerojel ısı yalıtımı üzeri kireç sıva ve içeriden yalıtım olmak üzere iki alternatif olarak kullanılmıştır. Aerojeller (**Şekil 4.2, Şekil 4.3**) en hafif katı maddelerden biridir. Bir polimerin bir çözücü ile bir jel oluşturmak üzere birleştirilmesi ve daha sonra jelin içindeki sıvının uzaklaştırılması ve havayla değiştirilmesi ile oluşturulurlar. Bu malzemeler nano boyutta boşluklar içerir ve %90, 98 aralığında gözenekliliğe sahiptir [**Web13, 14**].



Şekil 4.2: Aerojel Görseli [Web 13].



Şekil 4.3: Aerojel Keçe [Web 14].

Dolayısıyla birim hacim kütlesi çok düşüktür. Silika, çeşitli metal oksitler, organik polimerler, karbon ve metaller gibi değişik maddelerden elde edilebilirler [**Yılmaz, 2013**]. Yapıda kullanılan şiltelerin ısı iletkenliği 0,017-0,021 W/m. C derece değerleri arasında olduğundan mükemmel ısı yalıtım özelliği gösterir. Yaklaşık 1200°C derece sıcaklığa kadar dayanıklıdır. Nem ve küf oluşumuna karşı dirençlidir ve ultraviyole ışınlarına uzun süre maruz kaldığında renk kaybı yaşamaz. Kullanım süresi boyunca uzun dönemde özelliklerini kaybetmez. Bu üstün özelliklerine rağmen pahalı olduğu için tercih edilme oranı düşüktür [**Özer ve Özgünler, 2019**]. Simülasyonda kullanılan aerogel keçe piyasada üretilen ürünlerden seçilmiştir.

Seçilen aerojel keçe ısı iletkenlik katsayısı:0,022 W /mK olan ve yoğunluğu 500 kg/m³ alınmıştır [Web 7].

Tablo 4.5' te ıpalı Konak iyileştirme senaryoları değerlendirilerek farklı yapı malzemeleri ve bileşenlerinin enerji performansına etkisi gösterilmiştir. Yedi farklı senaryoda kullanılan yapı elemanları, ısı iletim katsayıları (λ), toplam ısı geçiş katsayıları (U) ve simülasyon sonucunda elde edilen yıllık toplam enerji ihtiyacı (kWh) ile birlikte analiz edilmiştir.

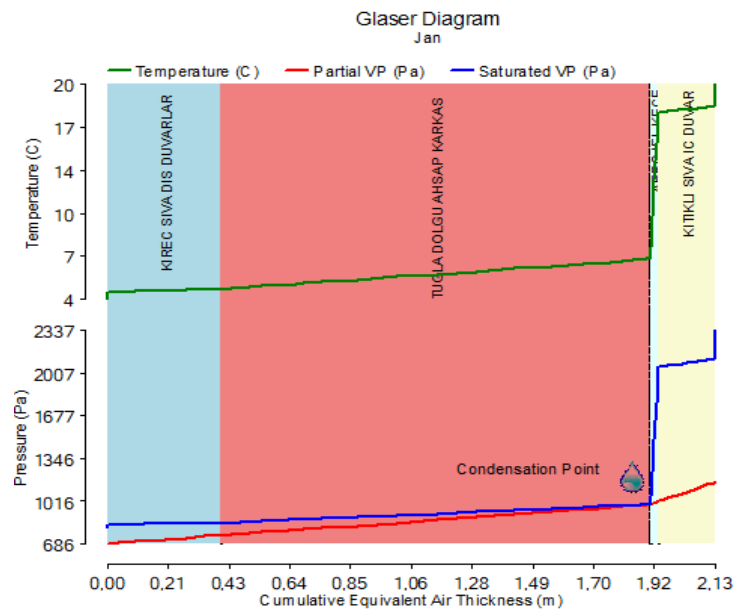
Tablo 4.5: Çıpalı Konak enerji tüketim iyileştirme senaryoları.

Çıpalı Konak İyileştirme Senaryoları		Katmanlar	Kalınlık d (m)	Isı İletim Katsayısı λ (W/mK)	Simülasyondan elde edilen toplam yıllık enerji ihtiyacı [kWh]
Senaryo 1	Cam	- Low-e cam -6 mm argon gazı	3+6+3 mm		33.389,91
Senaryo 2	Cam Çatı arası	- Low-e cam -6 mm argon gazı	3+6+3		32.119,75
		-taşyünü 150 kg/m ³	8 cm	0,038	
Senaryo 3	Cam Çatı arası Dış Duvar içeriden Aerojel keçe	- Low-e cam	3+6+3		25.145,55
		-Taşyünü	0,08	0,038	
		- kireç esaslı sıva	0,02	1,00	
		-Tuğla duvar	0,15	0,81	
		-Aerojel keçe	0,02	0,022	
		- kırıtlı sıva	0,02	0,5	
Senaryo 4	Cam Çatı arası Dış Duvar dıştan Aerojel keçe	- Low-e cam	3+6+3		25.528.71
		- kireç esaslı sıva	0,10	1,00	
		-Tuğla duvar	0,10	0,81	
		-Aerojel keçe	0,02	0,022	
		- kırıtlı sıva	0,02	0,5	
Senaryo 5	Cam Çatı arası Dış Duvar perlitli yalıtım sıvası	- Low-e cam	3+6+3		29.379.07
		-Taşyünü	0,08	0,038	
		- Kırıtlı sıva	0,02	0,08	
		-Tuğla duvar	0,15	0,81	
		-Yalıtım sıva	0,02	0,5	
Senaryo 6	Cam Çatı arası Dış Duvar dıştan Aerojel keçe	- Low-e cam	3+6+3		25.076,04
		-Taşyünü	0,1	0,038	
		- Kırıtlı Sıva	0,02	0,08	
		-Tuğla duvar	0,10	0,81	
		-Aerojel keçe	0,02	0,022	
		-Yalıtım sıva	0,02	0,5	
Senaryo 7	Cam, Çatı arası, Dış Duvar, dıştan Aerojel keçe Perlitli yalıtım sıvası	- Low-e cam	3+6+3		24.282.77
		-Çatı Taşyünü	0,1	0,038	
		- Kırıtlı Sıva	0,02	0,08	
		-Tuğla duvar	0,10	0,81	
		-Aerojel keçe	0,03	0,022	
		-Yalıtım sıva	0,02	0,5	

Senaryo 1 ve Senaryo 2' de Low-E cam kullanılmış, ancak Senaryo 2' de ek olarak çatı arası yalıtım malzemesi olan taşyünü (150 kg/m^3) ilave edilmiştir. Isı iletim katsayısı (λ) her iki durumda da cam için aynı ($1,664 \text{ W/m}^2\text{K}$) olmasına rağmen, Senaryo 2'nin enerji ihtiyacı ($32.119,75 \text{ kWh}$), Senaryo 1' e kıyasla daha düşük ($33.389,91 \text{ kWh}$) olarak hesaplanmıştır. Bu durum, çatı arası yalıtımın enerji verimliliğine olumlu katkısını göstermektedir.

Senaryo 3 ve Senaryo 4' te bu iki senaryoda, çatı arası yalıtımın yanı sıra duvarlarda aerjel keçe ve kireç esaslı sıva kullanılmıştır. Senaryo 3'te aerjel keçe iç tarafta kullanılırken, Senaryo 4' te dış cephede uygulanmıştır.

Her iki senaryoda da toplam ısı geçiş katsayısı (U değeri) aynı ($0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$) olmasına rağmen, enerji ihtiyacı bakımından Senaryo 3 ($25.145,55 \text{ kWh}$), Senaryo 4'e ($25.528,71 \text{ kWh}$) kıyasla daha avantajlıdır. Bu, içten yalıtımın belirli koşullarda dıştan yalıtıma göre daha etkili olabileceğini göstermektedir. Ancak, içeriden yapılan aerjel keçe yalıtımlı duvar yoğuşma analizinde tuğla dolgu duvar ile keçe arasında yoğuşma oluşmaktadır (**Şekil 4.4**). Dış cepheden 17 cm içeride oluşan yoğuşma yaz aylarında buharlaşsa da yapının kuzey cepheye doğru yönelmiş olması güney cephesinin kapalı olması sebebiyle yoğuşma nemi yapı bünyesinde kalabilir. Bu durum ise zamanla ahşap karkasın çürümesine, küf oluşumlarına sebep olabilir. Buna rağmen Senaryo 4' teki dıştan yapılan aerjel keçe yalıtımına ait Glaser diagramında herhangi bir yoğuşma oluşmamıştır.



Şekil 4.4: Senaryo 3 duvar yoğuşma diyagramı.

Senaryo 5' te bu senaryoda, çatı arası yalıtımın yanı sıra perlitli yalıtım sıvası ve kireç esaslı sıva kullanılmıştır. Isı geçiş katsayısı (U) 1,398 W/m²K olarak hesaplanmıştır ve bu durum, kullanılan yalıtım malzemelerinin sınırlı da olsa enerji performansını artırdığını göstermektedir. Bu senaryonun yıllık enerji ihtiyacı 29.379,07 kWh ile diğer senaryolar arasında orta seviyede bir performans göstermektedir.

Senaryo 6' da çatı arası ve dış duvar yalıtımı için aerjel keçe ve taşıyıcı gibi malzemeleri birleştirmiştir. Bu senaryoda U değeri 0,609 W/m²K'ye düşmüş ve enerji ihtiyacı 25.076,04 kWh olarak hesaplanmıştır.

Senaryo 7' de benzer bir malzeme kombinasyonu kullanılarak, toplam U değerini daha da düşürmüştür (0,476 W/m²K). Bu senaryoda yıllık enerji ihtiyacı 24.282,77 kWh ile en düşük seviyede kaydedilmiştir. Bu sonuç, dış duvar yalıtımının etkinliğini ve aerjel keçenin yüksek performansını vurgulamaktadır.

Genel olarak, Senaryo 7, tüm senaryoların toplamı olarak en düşük enerji ihtiyacına sahiptir ve en verimli yalıtım stratejisini temsil etmektedir. Düşük U değeri ile yalıtım performansı maksimize edilmiştir. Çatı arası yalıtımının yanı sıra, iç veya dış duvarlarda kullanılan aerjel keçe ve benzeri yüksek performanslı yalıtım malzemeleri enerji verimliliğini belirgin şekilde artırmaktadır.

4.3. BES Sonuçlarının Genel Değerlendirmesi

Bu kapsamda, seçilen dört adet ahşap yapının DesignBuilder simülasyon programında ayrı ayrı modellemeleri yapılmış elde edilen sonuç grafikler dört yapı için bir araya toplanmıştır. Yıllık ısıtma yükleri, toplam enerji tüketimi (metrekare başına düşen enerji miktarı) ve karbon salınım oranları, pencerelerden elde edilen ısı kazanımı ve bağıl nem içeren veriler elde edilmiştir. Isıtma yükü hesaplamalarında, programın "analyses" bölümünde yer alan ve ısıtma yükü olarak tanımlanan "Zone Sensible Heating" verileri kullanılmıştır. Toplam enerji tüketim verileri ise, programın toplam enerji tüketimi ile ilişkili olan "Site Energy" başlığı altındaki veriler üzerinden değerlendirilmiştir.

Dört yapı için ayrı ayrı elde edilen bu veriler, hazırlanan grafikler ve tablolar yardımıyla birleştirilerek değerlendirilmeye çalışılmıştır. Dört yapının simülasyon sonuçlarından elde edilen veriler "Normalise by Area" (Alan Bazında Normalize

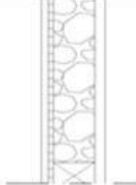
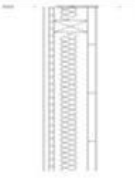
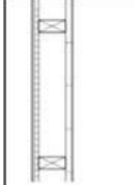
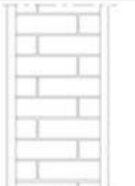
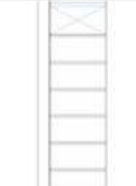
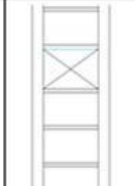
Etme) seçeneği aktif edilerek alınmıştır. Bu seçenek, hesaplanan bir değeri binanın toplam alanına bölerek birim alan başına değer olarak ifade edilmiş halidir. TS 825(2024) standardında da yapıların enerji sınır tüketimi bu değerle hesaplanmaktadır. kWh/m² (kilowatt-saat/metrekaare) birim alan başına enerji tüketimi, kgCO₂/m² (kilogram karbondioksit/metrekaare) birim alan başına karbon emisyonu gibi sonuçları standartlaştırır ve diğer bina ile kıyaslanmasını sağlar.

Tablo 4.6: Yapılara ait yıllık enerji tüketim tablosu.

	Yapı net alanı [m ²]	Yapı yüksekliği [m]	Toplam Yıllık Enerji İhtiyacı [kWh]	Toplam Kaynak Enerji İhtiyacı [kWh]	Bina Alanı Başına Enerji İhtiyacı [kWh/m ²]
Tavşancıl Evi	132,21	6,02	8.072,24	28.494,68	61,06
İlyas Bilir Evi	131,02	5,48	10.936,14	38.970,73	83,47
Nizamettin-Zülfiye Evi	176,10	4,60	16.616,11	59.292,83	94,36
Çıpalı Konak	276,15	8,57	33.676,11	120.226,98	121,95

Tablo 4.6'da yer alan verilere göre Tavşancıl Evi en düşük toplam enerji kullanımı (8.072,24 kWh) ve en düşük CO₂ emisyonlarıyla en verimli yapı olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, yapının küçük alanı (132,21 m²) ve düşük enerji yoğunluğuyla ilişkilidir. Enerji yoğunluğu, toplam yapı alanına göre 61,06 kWh/m² ile en düşük seviyededir. İlyas Bilir Evi, enerji kullanımı ve emisyonları açısından Tavşancıl Evi'nden daha yüksek bir profil sergilemektedir. Yapının enerji yoğunluğu 83,47 kWh/m² olup, orta düzeyde bir enerji verimliliği sunmaktadır. Nizamettin-Zülfiye Evi, daha büyük bir yapı alanına (176,10 m²) ve toplam enerji tüketimine (16.616,11 kWh) sahiptir. Enerji yoğunluğu 94,36 kWh/m² olarak hesaplanmıştır ve bu, yapıdaki yalıtım seviyelerinin daha fazla iyileştirilmesi gerektiğine işaret edebilir. Çıpalı Konak ise en büyük yapı alanına (276,15 m²) ve yapı hacmine bağlı olarak en yüksek enerji tüketimine (33676,11 kWh) sahiptir. Ayrıca, 121,95 kWh/m² enerji yoğunluğuyla en düşük enerji verimliliğini göstermektedir. Bu durum, yüksek ısıtma ihtiyacı ve karbon emisyonuna sebep olmaktadır.

U-değeri, bir yapı elemanının ısı iletim performansını belirler; değerin düşük olması, daha iyi yalıtım sağlandığı anlamına gelir. Düşük U-değerine sahip duvarlar (örneğin taş yünü dolgulu bağdadi sistem) daha iyi yalıtım sağlar, bu da daha düşük enerji tüketimi ve konforlu iç ortam anlamına gelir. Diğer yandan yüksek U-değerli duvarlar, yüksek ısı kaybı nedeniyle daha fazla enerji gereksinimi doğurur. Yapıların dış duvar U değerleri **Şekil 4.5**'te verilmiştir.

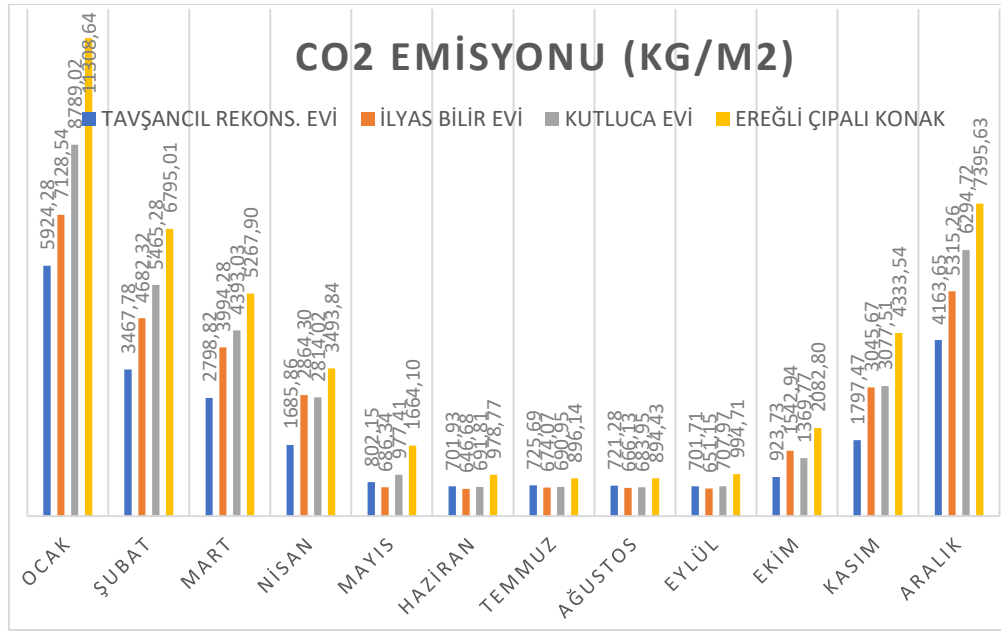
TAVŞANCIL EVİ			İLYAS BİLİR EVİ	
Taş Duvar 60 cm	Ahşap kaplamalı Taş Dolgulu duvar 19,5 cm	Ahşap kapl. bağdadi duvar arası taşıyünü 17,5 cm	Taş Duvar 73 cm	Ahşap kaplamalı bağdadi duvar 18 cm
				
U=1,37 W/m²K	U=1,33 W/m²K	U= 0,37 W/m²K	U= 1,3 W/m²K	U=1,36 W/m²K
ÇİPALI KONAK			NİZAMETTİN-ZÜLFİYE EVİ	
Taş Duvar 56 cm	Sıvalı Tuğla Dolgulu hıms dış duvar 19 cm	Tuğla yığma duvar 24 cm	Tuğla Dolgulu hıms duvar 15 cm	Tuğla Dolgulu dış çim. Sıvalı 17 cm
				
U= 1,56 W/m²K	U= 2,38 W/m²K	U=2,17 W/m²K	U= 2,70 W/m²K	U= 2,5 W/m²K

Şekil 4.5: Yapıların dış duvar U değerleri.

Buna göre; en iyi ısı yalıtımına sahip yapı, Tavşancıl Evi ($U=0,37$) olmuştur. Taşıyünü ile sağlanan bu değer, enerji verimliliği açısından oldukça uygundur. En kötü ısı yalıtımına sahip yapı, Nizamettin-Zülfıye Evi ($U=2,70$) yüksek ısı kaybı nedeniyle ısıtma yükü fazladır. Yapı kabuğu sistemleri arasında bir değerlendirme

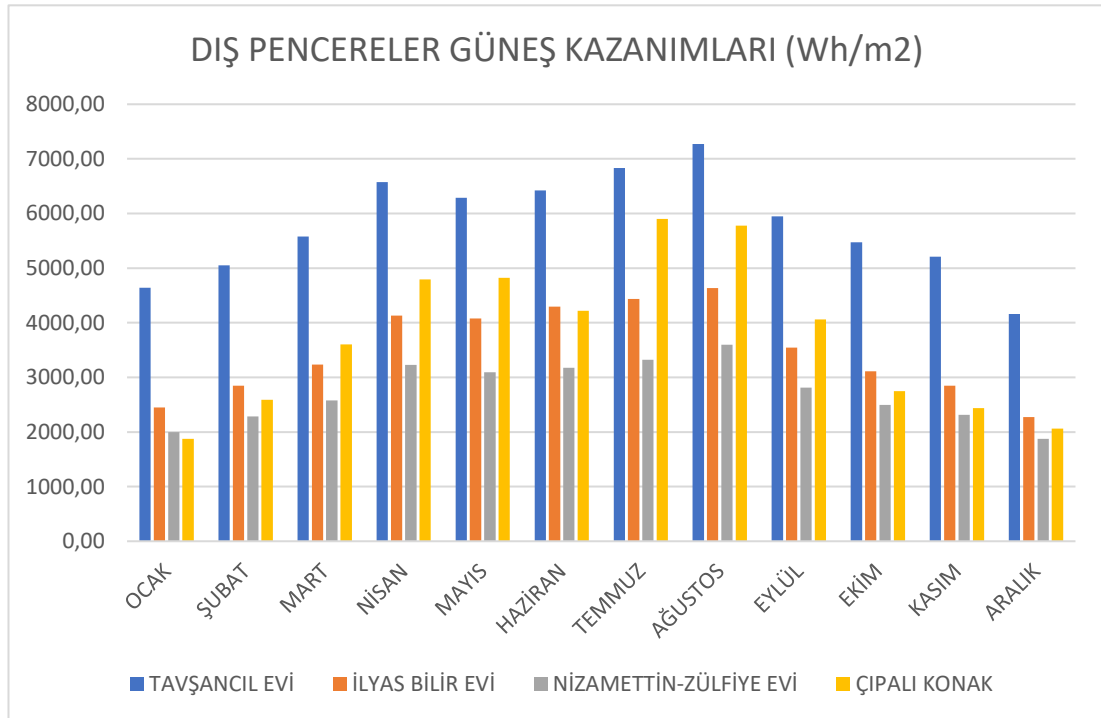
yapıldığı zaman ise taş duvar ve arasında hava boşluğuna sahip bağdadi duvar ile yapılan yapıların tuğla dolgulu yapılara göre enerji verimliliğinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılabilir. Arada yer alan hava boşluğunun U değerini etkilediği ve bir ısı kazancı yaptığı söylenebilir. Ayrıca kireç sıvaya oranla içerisinde saman ve keçi kılı olan kırıklı sıvalar ile sıvanan duvarların enerji verimliliği daha yüksek olduğu söylenebilir. Çıpalı Konakta nem sorunları sebebiyle dış cephede kırıklı sıva yerine hidrolik kireç esaslı sıva kullanılması da bu yapıda sıvanın yalıtım etkisini azaltmıştır.

Karbon emisyonu grafiğinde ısıtma yükü grafiğine paralel sonuç çıkmıştır (**Şekil 4.6**). Kış aylarında CO₂ emisyonlarındaki artış, ısınma ihtiyacının enerji tüketiminde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bunun dışında elektrik ve su tüketimi de CO₂ emisyonunu artırmaktadır. Çıpalı Konak, diğer yapılara kıyasla oldukça yüksek emisyonlara sahip olduğundan enerji verimliliği açısından geliştirilmesi gerekli bir durumdadır. Bunun sebebi ısıtma yükü grafiğinde bahsedilen yapı yönü, kat yüksekliği, yapı kabuğu malzemeleri nedenleri ile ilişkilidir. Tavşancıl Evi, enerji tüketimi ve karbon emisyonu açısından en çevreci yapı olarak öne çıkmaktadır. Sebebi daha önce bahsedildiği gibi ısı yalıtım iyileştirmesinin etkili olmasıdır. İlyas Bilir Evi ve Nizamettin-Zülfiye Evi herhangi bir onarım müdahalesi geçirmemesine ve özgün yapım sisteminde olmasına rağmen orta seviyede karbon emisyonu değerlerine sahiptir ve birbirine benzer bir eğilim göstermektedir. Bu sonuç ise geleneksel yapıların geçmişten gelen kültür ve bilgi birikimi ile yapıldığı, kullanılan malzemelerin tarihsel bilinçle seçildiği, yeni yapılacak müdahalelerde ise malzeme değişikliklerinde daha çok özen gösterilerek çok yönlü düşünülmesi gerektiğini göstermektedir.



Şekil 4.6: Yapılara ait CO₂ emisyonu oranları grafiği.

Dört yapının dış pencerelerinden aldığı güneş enerjisi kazanımlarını (Wh/m²) aylar bazında Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Güneş kazanımları, yapıların konumuna, pencere yönlenmelerine, pencere büyüklüklerine ve çevresel engellere bağlı olarak değişiklik göstermektedir.



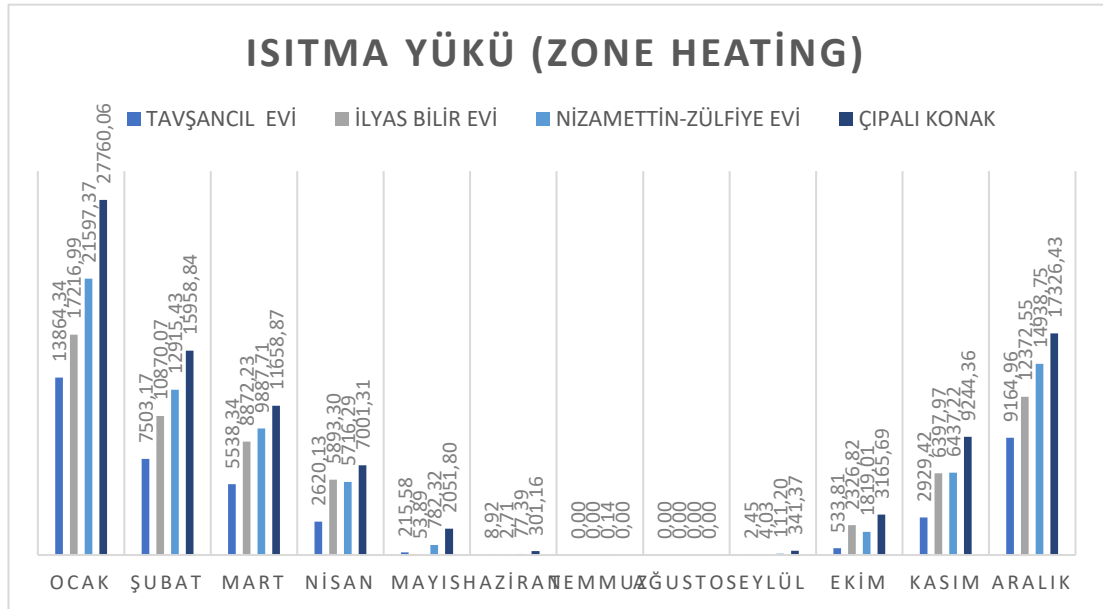
Şekil 4.7: Yapılara ait dış pencere güneş kazanımları grafiği.

Yapılara ait dış pencere güneş kazanımları birleşik grafiğindeki veriler her yapı için detaylı şekilde aşağıda anlatılmıştır:

- Tavşancıl Evi'nde dört tarafı açık ve güney yönüne bakması nedeniyle yıl boyunca en yüksek güneş kazanımına sahiptir. Özellikle yaz aylarında (Haziran, Temmuz ve Ağustos) güneş kazanımları önemli ölçüde artmaktadır. Bu durum, güney cephesinin yıl boyunca güneş ışığını kesintisiz almasıyla açıklanabilir. Lazer kamera ile yaz aylarında yapılan ölçümlerde cephede ahşap yüzey sıcaklığının 50-55°C dereceye çıktığı tespit edilmiştir. Kış aylarında da (Ocak ve Aralık) diğer yapılara göre oldukça yüksek güneş kazanımı vardır. Bu durum, ısınma maliyetlerini düşürme açısından avantaj sağlar.
- İlyas Bilir Evi'nde güneybatısında yüksek bir bina olması, güneş ışığını kısmen engellemektedir. Bunun sonucu olarak güneş kazanımları, diğer yapılara kıyasla daha düşük seviyededir. Ön cephesinin güneye bakması, kış ve yaz aylarında güneş ışığı almasını sağlamaktadır. Yaz aylarında ağaç gölgeleri sebebiyle güneş etkisi Tavşancıl Evi'nde olduğu seviyelere çıkmamaktadır. Bu durum soğutma ihtiyacı gereksinimini önlemektedir.
- Nizamettin-Zülfiye Evi'nde, etrafında yüksek komşu bina olmaması ve ön cephesinin doğuya bakması nedeniyle sabah güneşinden maksimum derecede faydalanır. Bu durum, sabah saatlerinde yüksek güneş kazanımlarına yol açtığı düşünülmektedir. Doğu cephesi güneş ışığını öğleden sonra alamaması, güney ve batı cephelerindeki pencere açıklıklarının az olması sebebiyle güneş kazanımları yaz aylarında bile Tavşancıl Evi'ne göre daha düşüktür. Kış aylarında sabah güneşi nedeniyle orta düzeyde kazanım sağlar.
- Çıpalı Konak'ta ise, güney ve doğusunda komşu binaların olmasına rağmen güneş kazanımının yüksek olmasının sebebi pencere açıklıklarının geniş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer yapıların pencere açıklıkları geleneksel konut tipinde olduğu gibi 55-58x118-120 cm ebatlarındadır. Çıpalı Konak'ta ise 150x160 cm ebatlarındadır. Özellikle temmuz ve ağustos aylarında yüksek olmasının sebebinin bu ebatlardaki pencerelerden batı cephesinden alınan güneş ışığı denilebilir. Lazer kamera ölçümlerinde yaz aylarındaki batı cephesi ölçümlerinde yüzey sıcaklıklarının camlarda 30-35, ahşap cephede 40-50 derecelere çıktığı tespit edilmiştir.

Tüm yapıların yapı kabuğuna bağlı analiz sonuçlarında, yıl boyunca yapıların ısıtma yükü hesabı incelendiğinde en fazla tüketim olan yapıların sırasıyla Çıpalı Konak, Nizamettin-Zülfıye Evi, İlyas Bilir Evi ve Tavşancıl Evi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Bu durumda, yapımı sırasında ısı yalıtım önlemi alınan Tavşancıl evinin ciddi oranda verimli hale geldiği, duvar ve çatı arasında kullanılan ısı yalıtım malzemesinin işlevini yerine getirdiği ve yapıyı enerji verimli duruma çıkardığı sonucuna ulaşılmaktadır.

İlyas Bilir evinin ise özel yalıtım malzemesi kullanılmamasına rağmen dış duvar U değerleri ile paralel olarak iyi düzeyde verimli bir yapı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kalın taş duvardan ve durgun hava barındıran ve yalıtım sağlayan kırıklı sıva ile bağdadi duvardan oluşan geleneksel yapı kabuğu yıllar öncesinden süzülüp gelen bilgi birikiminin göstergesidir. İlerlemiş çözümlerde en çok ısınacak ve soğuktan korunacak sofanın evin ortasında yerleştirilmesi de enerji verimliliği yönünden bilinçli bir tasarımıdır. Bazı geleneksel konut örneklerinde ise çatı ile son kattaki odaların tavanları arasında bir hava yastığı oluşturulmuştur. Burada kimi zaman banyonun, mutfakın sıcak havalarını atan bacalar ağzlanmış bacadan çıkacak sıcak havadan dahi yararlanılmıştır [Bektaş, 1996].



Şekil 4.8: Yapılara ait yıllık ısıtma yükü grafiği.

Ahşap karkas arası tuğla dolgu yapı kabuğuna sahip özgün durumuna göre restorasyon geçirmiş Çıpalı Konağın enerji tüketiminin çok yüksek olduğu

görülmüştür. Bu durumun Çıpalı Konağın ana cephesinin kuzey cepheye bakması güney cephesinin kapalı olması sebebiyle kış aylarında ısı kazanımının olmaması kuzeyde ise cam açıklığının fazla olması sebebiyle kış aylarında ısı kaybının olması ayrıca kat yüksekliklerinin fazla olması sebebiyle hacimsel ısıtma yükünün çok olması olarak değerlendirilebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

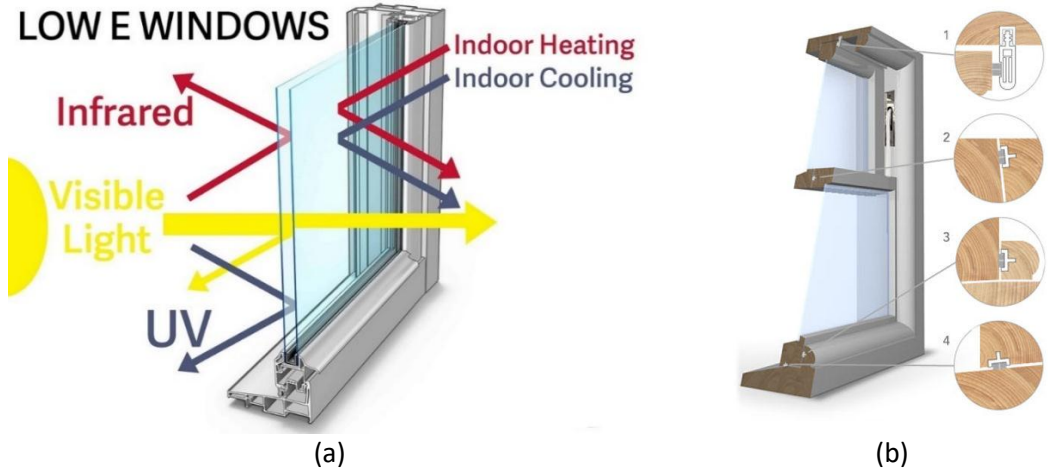
Tarihi ahşap yapıların enerji verimliliğini incelemek amacıyla hazırlanan bu tez kapsamında Kocaeli’nde belirlenen dört ahşap konut yapısı üzerinde yerinde yapılan inceleme ve simülasyon programında yapılan çalışmalarda ortaya çıkan sonuçlara göre özetle; Türk geleneksel konutlar enerji verimliliği açısından da ahşap, taş, kırıktı siva gibi doğal malzemelerin kullanım yerleri, kalınlıkları ve yapım yöntemleri ile geçmişin bilgi ve birikimini yansıtan örnekler olduğu görülmektedir. Yapıların enerji tüketimlerinin ön planda tutulmadığı modern mimari dönem sonrası günümüzde enerji tasarrufu ve tarihi miras binalarında enerji verimliliği konuları yeniden önem kazanmıştır. Bu kapsamda tez çalışmasında incelenen dört yapıdan Çıpalı Konak özelinde yapılan enerji iyileştirme çalışmasında yapının özgünlüğünü bozmadan % 28’lik bir iyileştirme oranına ulaşılmıştır. Ancak iyileştirme senaryolarına rağmen yapının TS 825(2008)’e göre yıllık ısıtma enerjisi sınırın altına düşürülemediği görülmüştür.

Çıpalı Konakta, duvarda iç ve dış yalıtım uygulamaları arasında enerji verimliliği açısından belirgin bir fark gözlenmiştir, bu da uygulama yerinin iklimsel ve yapısal koşullara uygun seçilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Ancak içten yalıtım uygulamasının duvarda yoğunlaşma riski oluşturduğu ve bu nedenle içten yalıtım uygulaması seçerken bu konuya dikkat edilmesi ve çok yönlü düşünülmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Literatürde bahsedilen Flanders Miras Ajansı’nın geliştirildiği rehber kitapların ülkemiz özelinde hazırlanması, tarihi yapıların enerji verimliliği ve iyileştirilmesi çalışmaları için önemli olduğu düşünülmektedir. Flanders Miras Ajansı miras yapılarında enerji performansı gerekliliklerinin kısmen karşılanabildiği ve inşa edilmiş mirasın pasif binalara dönüştürülemeyeceğini vurgulamıştır [Web 15]. Buna paralel olarak bu tez çalışmasında da enerji tüketimini düşürmek için yapı kabuğunda hacimsel olarak ciddi değişiklikler yapmak gerekeceğinden cephe süslemelerine, kapı pencerelerin özgünlüğüne zarar vereceği düşünülmüştür. Bu sebeple senaryolar %28 iyileştirme oranında bırakılmıştır.

Tarihi yapılarda enerji verimliliği uygulamaları önem kazandıkça ülkemizde de Flanders Miras Ajansı’nın çalışmasına benzer uygulama standartları geliştirilebilir. Örnek olarak, tarihi ahşap konut yapılarımızın genelinde bulunan giyotin pencereler için doğramalar aslına uygun olarak yeniden üretiliyorsa hava boşluğu belli bir

standarda göre belirlenmiş olan Low-E kaplamalı çift camların montajına göre doğrama üretilmesi gibi çözümler yaygınlaştırılabilir. Giyotin pencere kanatlarının arasından ısı kaçışını engellemek için hem yeni hem de korunacak doğramaya izolasyon fırçaları eklenebilir (Şekil 4.9 a, b).



Şekil 4.9: (a) Low-E kaplama camın çalışma prensibi, (b) Giyotin pencerede izolasyon fırçası detayı [Web 16, 17].

Bunlarla birlikte tarihi ahşap yapıların büyük bölümünü oluşturan geleneksel konut mimarimizde yapılacak mekanik ısıtma sistemi tasarımlarının plan tipolojileri ile uyumlu olacak şekilde tasarlanması önemlidir. Geleneksek konut mimarisinde içerisinde kapladığı alan ve üstlendiği önemli işlev nedeniyle sofa, yapının planını belirleyen başlıca unsurlardan biridir ve oda bağlantılarında kullanılmayan yan bölümler ve pencere önleri hafifçe yükseltilerek, sedir ya da seki gibi oturma amaçlı elemanlar olarak düzenlenmiştir [Eldem, 1954]. Çağdaş mekanik ısıtma sistemi ise pencere önlerinde ısı kaçışını engelleyecek tasarımlar sunmaktadır. Bu sebeple ısıtma sistemi tasarımı da yapının merkezi plan şemasına göre şekillenmeli, sofaya, seki, ocak gibi mimari elemanlara göre ısıtma elemanı seçimi yapılmalıdır.

Ülkemizde güncel olarak yürürlükte bulunan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'nin 2. Madde (d) fıkrasına istinaden tarihi yapılarda enerji verimliliği önlemlerini onaylamak, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurullarının denetimdedir. Her yapı özelinde değerlendirilecek olan bu konuda özgün sisteme yapılacak müdahalelerde yoğunlaşma sorunları veya aşırı ısınma sorunları oluşmaması adına Koruma Kurullarında onay sürecinde titizlikle davranılması ve gerektiği

durumlarda yalıtım hesap raporları gibi ek belgelerle yeni müdahale önerilerinin irdelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasının tarihi ahşap yapıların bakım, onarım ve yeniden yapım aşamalarında ısı ve nemsel konfor koşullarının iyileştirilmesi, enerji verimli hale getirilmesi, enerji kimlik belgesi düzenleme gibi uygulamalara, konuyla ilgilenen araştırmacılara veri oluşturması açısından kaynak ve katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Aksoy D., Ahunbay Z., (2005), “Geleneksel ahşap iskeletli Türk Konutu’nun deprem davranışları” , İTÜ Dergisi/A Mimarlık, Planlama, Tasarım, 4 (1), 47-58.

Al-Sakkaf, A., Mohammed Abdelkader, E., Mahmoud, S., Bagchi,A., (2021), “Studying Energy Performance and Thermal Comfort Conditions in Heritage Buildings: A Case Study of Murabba Palace.” Sustainability, 13, 12250.

Arseven, C.E., (Tarihsiz). “Türk Sanatı Tarihi”, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul.

Arsan Ş., (2018), “Kocaeli İli Körfez İlçesi Kuzey Marmara Otoyolu Çevresi Kırsal Yerleşimlerinde Geleneksel Mimari ve Sürdürülebilirlik Sorunu”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Atmaca U., (2016), “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardındaki Güncellemeler”, Tesisat Mühendisliği, 154-Temmuz/Ağustos.

Bayraktar T. N., Abusamhadana M.S.G., (2018), “Tarihi Okul Yapılarında Isıl Konfor Gereksinimleri Bağlamında Enerji İyileştirme Stratejileri: Ulugazi İlköğretim Okulu”, Mimarlık ve Yaşam Dergisi, 3 (2), 189-206.

Bektaş C., (1996), “Türk Evi”. YEM Yayınevi.

Berardinisa P. D., Rotilioa M., Marchionnia C., Friedman A., (2014), “Improving the energy-efficiency of historic masonry buildings. A case study: A minor centre in the Abruzzo region”, Energy and Buildings, 80, 415-423.

Bostancıoğlu E., Büzgün Birer E., (2004), “Ekoloji ve Ahşap–Türkiye’de Ahşap Malzemenin Geleceği” Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 9 (2), 37-44.

Cisak M.F., Radziszewska-Zielina E., Orlik-Kozdon B., Steidl T., Tatara T., (2020), “Analysis of the Thermal Retrofitting Potential of the External Walls of Podhale’s Historical Timber Buildings in the Aspect of the Non-Deterioration of Their Technical Condition”, Energies, 13(18), 4610.

Çobancoğlu T. (2003), “Türkiye’de Geleneksel Ahşap Ev Yapı Sistemlerinin İrdelenerek Gruplandırılmasına Yönelik Bir Değerlendirme”, Tasarım Kuram, 3, 27-42.

Dal A. Ö., Tomrukçu G., Kızıldağ H., Avgan G., Ashrafian T., Kalaycıoğlu Özdemir E., Ganiç Sağlam N., (2023), “Bina Enerji Performans Analizi; Simülasyon, Doğrulama ve Kalibrasyon Yöntemleri Üzerine Bir Araştırma”, 15. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 26-29 Nisan 2023, İzmir.

Demircan H., (2020), “Termal Kamera Yöntemiyle Binalarda Meydana Gelen Isı Kayıplarının Tespit Edilmesi (Adapazarı Örneği)”, Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 3(1): 26- 31.

Diz T., (2025), “Yeni TS 825 Standardının Getirdiği Yenilikler”, İzoder Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği Sunumu.

Eldem S. H., (1954), “Türk Evi Plan Tipleri”. İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Yayınları.

Elhuveydi A., Oral F., (2022), “Binalarda Isı Kaybına Neden Olan Yapısal Sorunların Termal Kamera Görüntüleme Tekniği ile Değerlendirilmesi”, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25 (3).

Güngör S. (2023), “Assessment of Energy Efficiency Related Indicators and Comparing Selected Countries by Scoring Their Energy Efficiency”, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi.

Harputlugil U. G., Çetintürk N., (2005), “Geleneksel Türk Evi’nde Isıl Konfor Koşullarının Analizi: Safranbolu Hacı Hüseyinler Evi”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 20 (1), 77-84.

Hasol D., (1997), 01.01.1997, Eczacıbaşı Sanat Ansiklopedisi. YEM Yayınları.

Hao L., Herrera-Avellanosa D., Del Pero C. ve Troi A., (2020), “What Are the Implications of Climate Change for Retrofitted Historic Buildings? A Literature Review”, Sustainability, 12, 7557.

Karagöz İ. Ü., (2016), “Ahşap Yapı Üretimine Yönelik Standart Panel Tasarımı ve Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.

Kartal B. Mimarlık, (İzmit/Kocaeli).

Kaçel S., Ekşi A., Yılmaz A. Z., (2015) “Konut ve Ofis Fonksiyonlu Hacim Örneğinde Yapı Kabuğu Enerji Performansının Karşılaştırmalı Değerlendirmesi”, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 8-11 Nisan, İzmir.

Karpuz H., (1987), “Halk Mimarimizde Ahşap Çantı Yapılar” Kültür ve Turizm Bakanlığı, III. Milletlerarası Türk Folklor Kongresi Bildirileri, C. V,

Koçkar Tuğla R. (2022), “Mevcut Yapı Cephelerinin Isıl Özelliklerinin Nicel Kızılötesi Isıl Görüntüleme Yöntemi ile Yerinde İncelenmesi”, Politeknik Dergisi, 25(4): 1633-1643.

Lerma J. L., Cabrelles M., Portalés C., (2011), “Multitemporal Thermal Analysis To Detect Moisture On A Building Façade”, Construction and Building Materials, 25 (5), 2190-2197.

NSEB, (2020), “Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar İçin Rehber Kitap”, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

Özbayraktar M., Yinelek T., (2019), “Kocaeli/ Karamürsel İlçesi Kırsal Yerleşmeleri Üzerine Analizler: Avcıköy Örneği”, The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication – TOJDAC, 9 (4), 514-532.

Özer N., Özgünler S. A., (2019), “Yapılarda Yaygın Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Performans Özelliklerinin duvar kesitleri üzerinde değerlendirilmesi”, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24 (2).

Pease P., Chhabra J., Padwal A., Zolfaghari Z., (2023), “Passive or Active, Mapping the Highest Impact HVAC Design Interventions Across the USA”, 2023 AHHRAE Winter Conferance, Researchgate Preprint September, DOI:10.13140/RG.2.2.19709.03043.AT-23-C071, Published in ASHRAE Transactions, Volume 129, Part 1, p.616-625. <https://research.ebsco.com/c/6u2qmz/viewer/pdf/s6olv3rmnr?route=details>

Redden R., Crawford R. H., (2021), “Valuing the environmental performance of historic buildings”, Australasian Journal of Environmental Management, 28 (1), 59-71. DOI: 10.1080/14486563.2020.1772133.

ResGaz 1, (2022), Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik, 19 Şubat 2022 tarih ve 31755 sayılı Resmî Gazete.

ResGaz 2, (2017), Binalarda Enerji Performansı Ulusal Hesaplama Yöntemine Dair Tebliğ (Tebliğ No: Mhg/2017-26), 1 Kasım 2017 tarih ve 30227 sayılı Resmî Gazete.

Sarıtabak E. (2012), “Bina Kabuğunun Dış Duvarları ve Ara Kesitlerinde Isıl ve Nemsel Performansın Kızıl Ötesi Termografi ile Değerlendirilmesi Üzerine Bir Alan Çalışması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi,

Şahin C.D., (2013), Energy Efficient Retrofitting Of Historical Buildings: a Case Study On The Building of Basmane Semt Merkezi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Teknoloji Enstitüsü.

Selçuk S. İnşaat San. Tic. Ltd. Şti. (İzmit/KOCAELİ).

Ünal Ö, Bayram M., (2017), “Binalardaki Isı Kayıplarının Termal Kamera Ölçüm ve Görüntüleriyle Tespit Edilmesi, Analizi ve Değerlendirilmesiyle İlgili Bir Çalışma”, 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 615-629, İzmir, 19-22 Nisan.

Web 1, <https://isc.es.icomos.org/resources/>, (Erişim Tarihi: 14.12.2024).

Web 2, <https://www.eehb2024.org/>, (Erişim tarihi: 30.12.2024).

Web 3, <https://www.haber7.com/sakarya/2200639-6-asirlik-canti-teknigi-ile-yapilan-cami>, (Erişim Tarihi: 29.01.2023).

Web 4, <https://www.arkitera.com/proje/akcakoca-bey-mescidi/>, (Erişim tarihi: 20.01.2025).

Web 5, <https://rizeningelenekselmimarisi.blogspot.com/2011/08/r-izenin-geleneksel-mimarisi-konut-ve-13.html>, (Erişim Tarihi:24.05.2025).

Web 6, <https://designbuilder.co.uk/25-training/short-descriptions1/138-designbuilder-finance-option>, (Erişim Tarihi: 10.01.2025).

Web 7, <https://rehber.kocaeli.bel.tr/#40.7618452,29.9341138,13z>, (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 8, <https://rehber.kocaeli.bel.tr/#40.7714558,29.5754841,20z>, (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 9, <https://rehber.kocaeli.bel.tr/#40.7751396,29.5746845,20z>, (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 10, <https://rehber.kocaeli.bel.tr/#40.9139891,29.7470750,19z>, (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 11, <https://rehber.kocaeli.bel.tr/#40.7026493,29.6628968,20z>, (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 12, <https://yalova.csb.gov.tr/low-e-kaplamali-camlari-taniyalim-haber-228981>, (Erişim tarihi: 23.01.2025).

Web 13, <https://www.bilimup.com/dunyanin-en-hafif-katisi-aerojel>, (Erişim tarihi: 22.06.2025).

Web 14, <https://www.izomarket.com/aerojel/aerojel-kece-sert-u-8682974008576>, (Erişim Tarihi: 22.06.2025).

Web 15, <https://oar.onroerenderfgoed.be/publicaties/AKOE/4/AKOE004-001.pdf>, (Erişim Tarihi: 10.07.2025).

Web 16, <https://sadafglass.com/tr/low-e-cam/> (Erişim tarihi: 23.06.2025).

Web 17, <https://www.giyotinpencere.com/izolasyon-ueruenleri> (Erişim tarihi: 24.06.2025).

Yılmaz Y., (2013), “Farklı Başlangıç Maddeleri Kullanılarak Sol-jel Yöntemiyle Monolitik Silika Aerojel ve Silika Aerojel Sentezi ve Karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

Bilge DÜMEN DERELLİ, lisans eğitimini 2006 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde tamamladı. 2006-2008 yılları arasında özel sektörde, 2008-2010 yılları arasında İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nde çeşitli proje görevlerinde çalıştı. 2010-2023 yılları arasında Kocaeli Büyükşehir Belediyesi bünyesinde tescilli yapılar da dahil olmak üzere çok sayıda yapının yapı denetim mimarı ve proje kontrol görevlisi olarak görev yaptı. 2023 yılından itibaren Kocaeli Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü'nde mimar olarak görevine devam etmektedir. Evli ve 2 çocuk annesidir.

TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

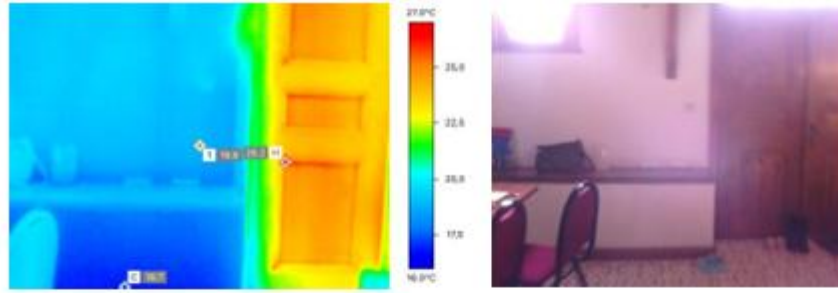
Dümen Derelli B., Aydın İpekçi C., (2024), “Tavşancıl’da Tarihi Ahşap Bir Yapının Isıl Performans Analizi”, Ege 12. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi Kitabı 2. cilt, 2114-2122, İzmir, 26-30 Aralık.

EKLER

Ek-A: Termal Kamera Ölçüm Örnekleri

	Yapi Adı: Tavşancıl Kurs				Yer:Tavşancıl				Not: ısıtma sistemi çalışmıyordu				Dış Ortam Sıcaklığı: 35 Derece					
	Tarih: 14.08.2024												İç Ortam Sıcaklığı: zemin 30 Der.					
					DİŞ ÖLÇÜM				İÇ ÖLÇÜM				İÇ-DİŞ SICAKLIK FARKI					
		CAM	SIVA DUVAR	AHŞAP DUVA	DOĞRAMA	KAPI		CAM	SIVA DUVAR	AHŞAP DUVAR	DOĞRAMA	KAPI		CAM	SIVA DUVAR	AHŞAP DUVAR	DOĞRAMA	KAPI
Kuzey cephesi																		
		1. Kat	34,6		32,3	35,6		31,5		30,4	31,1			-3,1		-1,9	-4,5	
		Zemin Kat	34,2	29,8	34,8	34,8	34,9	32,5	29,6		31,4	31,6		-1,7	0,2		-3,4	-3,3
		ORT.	34,4	29,8	32,3	35,2	34,9	32	29,6	30,4	31,25	31,6		-2,4	0,2	-1,9	-3,95	-3,3
Bati cephesi																		
		1. Kat	37,7		36,3	38		36,2		32,2	35,9			-1,5		-4,1	-2,1	
		Zemin Kat		31,3	36,6				27,2	30,9					-4,1	-5,7		
		ORT.	37,7	31,3	36,45	38		36,2	27,2	31,55	35,9			-1,5	-4,1	-4,9	-2,1	
Doğu Cephesi																		
		1. Kat	35		36	36,2		36		34,2	35,3			1		-1,8	-0,9	
		Zemin Kat	35,9	34,2	36	37		33,2	29,7	30,6	32,1			-2,7	-4,5	-5,4	-4,9	
		ORT.	35,45	34,2	36	36,6		34,6	29,7	32,4	33,7			-0,85	-4,5	-3,6	-2,9	
Güney Cephesi																		
		1. Kat	39,3		41,5	39,8		35,9		32	34,4			-3,4		-9,5	-5,4	
		Zemin Kat	34,5	44	42,2	40,1	43,6	35	28	30,9	33,4	39	0,5	-16	-11,3	-6,7	-4,6	
		ORT.	36,9	44	41,85	39,95	43,6	35,45	28	31,45	33,9	39	-1,45	-16	-10,4	-6,05	-4,6	

Şekil A.1: Tavşancıl Evi Ağustos (2024) ayı yüzey sıcaklık ölçüm föyü örneği.



Görüntü parametreleri

Emisivite:	0.95	Ortam Sıcaklığı [°C]:	20.0
Yansıyan Sıcaklık Düzeltmesi (RTC) [°C]:	20.0	Bağıl Nem [%rH]:	50.0
		Radyasyon [W/m²]:	500
		Akım [A]:	0.0
		Gerilim [V]:	0.0
		Güç [W]:	0

Görüntü noktaları

Görüntü noktaları	Sıcaklık [°C]	Yorumlar
1	16.6	
C	16.7	
H	26.2	

Yorumlar

Dosya

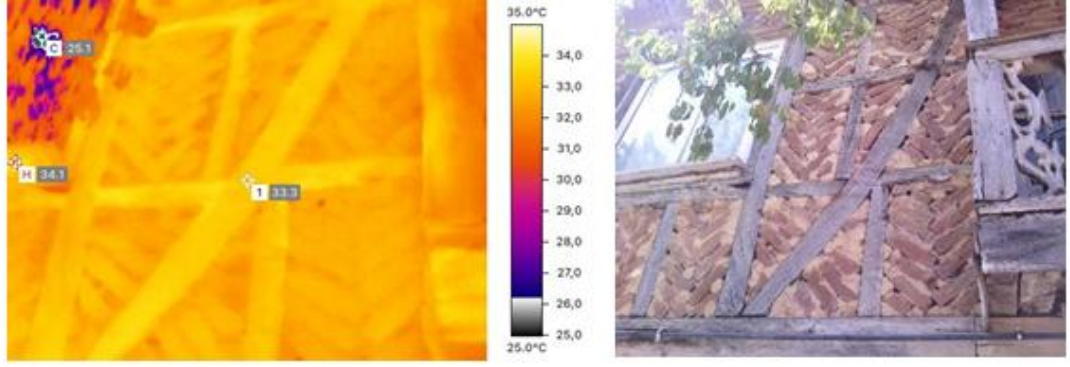
Dosya	SR000859.BMT	Tarih	08.02.2024
Seri no.	63870652	Zaman	14:20:13
Kamera	teslo 872	FOV	0° x 0°

Şekil A.2: Tavşancıl Evi Şubat (2024) ayı termal kamera yüzey sıcaklık ölçümü örneği.



Sayfa 44/149

Şekil A.3: İlyas Bilir Evi Temmuz (2024) ayı termal kamera yüzey sıcaklık ölçümü örneği.



Görüntü parametreleri

Emisivite:	0.95	Ortam Sıcaklığı [°C]:	20.0
Yansıyan Sıcaklık Düzeltmesi (RTC) [°C]:	20.0	Bağıl Nem [%rH]:	50.0
		Radyasyon [W/m²]:	500
		Akım [A]:	0.0
		Gerilim [V]:	0.0
		Güç [W]:	0

Görüntü noktaları

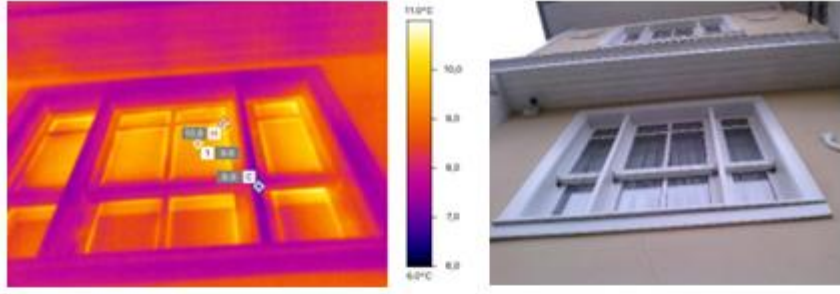
Görüntü noktaları	Sıcaklık [°C]	Yorumlar
1	33.3	
C	25.1	
H	34.1	

Yorumlar

Dosya

Dosya	SR001773.BMT	Tarih	27.08.2024
Seri no.	63870652	Zaman	14:12:16
Kamera	testo 872	FOV	0° x 0°

Şekil A.4: Nizamettin-Zülfıye Evi Ağustos (2024) ayı termal kamera yüzey sıcaklık ölçümü örneği.



Görüntü parametreleri

Emisivite:	0.95	Ortam Sıcaklığı [°C]:	20.0
Yansıyan Sıcaklık	20.0	Bağıl Nem [%rH]:	50.0
Düzeltilmesi (RTC) [°C]:		Radyasyon [W/m²]:	500
		Akım [A]:	0.0
		Gerilim [V]:	0.0
		Güç [W]:	0

Görüntü noktaları

Görüntü noktaları	Sıcaklık [°C]	Yorumlar
1	9.6	
C	6.9	
H	10.8	

Yorumlar

Dosya

Dosya	IR000914.BMT	Tarih	27.02.2024
Seri no.	63870652	Zaman	12:57:30
Kamera	testo 872	FOV	42° x 30°

Şekil A.5: Çıpalı Konak Şubat (2024) ayı termal kamera yüzey sıcaklık ölçümü örneği.