



**SOĞUK İKLİM BÖLGELERİNDEKİ MEVCUT KONUT YAPILARININ
ENERJİ PERFORMANSININ ARTIRILMASINA YÖNELİK BİR
ARAŞTIRMA: ERZURUM'DA BİR TOPLU KONUT ÖRNEĞİ**

Ayşegül ER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2020

Ayşegül ER tarafından hazırlanan “SOĞUK İKLİM BÖLGELERİNDEKİ MEVCUT KONUT YAPILARININ ENERJİ PERFORMANSININ ARTIRILMASINA YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA: ERZURUM’DA BİR TOPLU KONUT ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

İkinci Danışman: Doç. Dr. Fatma Zehra ÇAKICI

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Atatürk Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Figen BEYHAN

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İlkay DİNÇ UYAROĞLU

İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Ana Bilim Dalı, Ostim Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 30.09.2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Cevriye GENCER

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ayşegül ER

30.09.2020

SOĞUK İKLİM BÖLGELERİNDEKİ MEVCUT KONUT YAPILARININ ENERJİ
PERFORMANSININ ARTIRILMASINA YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA:
ERZURUM’DA BİR TOPLU KONUT ÖRNEĞİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Ayşegül ER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2020

ÖZET

Enerji, ulusal ve uluslararası politikaların belirlenmesinde önemli roller üstlenmektedir. Küresel olarak enerji tüketiminin ve talebinin sürekli artıyor olması, enerji korunumu açısından bu talebin/tüketimin azaltılmasını ve enerji etkin yapılar konusunda stratejiler geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Yapı sektörünün toplam enerji tüketimin yaklaşık %40’ını tüketiyor olması, özellikle zorlu iklim koşulları için, başta mimari tasarım olmak üzere ilgili tüm disiplinleri bu konuda yenilikçi çalışmalar yapmaya yönlendirmektedir. Uç iklim bölgeleri için enerji tüketiminin en az olması ve en fazla performansı sağlanması önemlidir. Bu çalışmada soğuk iklim bölgeleri için enerji tüketimini azaltacak tasarım kararları; yapının konumu, yönlenmesi, yapı kabuğu elemanları ve yapı malzemeleri açısından incelenmiştir. Bu kararlar doğrultusunda soğuk iklim bölgelerindeki mevcut toplu konut yapılarının enerji etkin yenilenmesi konusu araştırılarak, Avrupa ülkelerinden seçilen 8 toplu konut yapısının ilgili tasarım kriterleri ortaya konulmuş ve enerji performansları incelenmiştir. Alan çalışması için Erzurum kentinden bir toplu konut yapısı seçilmiş ve modellenmiştir. Design Builder programı kullanılarak söz konusu yapının mevcut ısıtma enerjisi tüketiminin simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Yapımı ekonomik olarak mümkün olan enerji etkin yenileme senaryoları oluşturularak, yapı kabuğu elemanlarının U değerleri ve kalınlıklarının değiştirilmiş ve 5 farklı senaryo için 14 adet yenileme simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Her bir yenileme senaryosunun mevcut durumdaki ısıtma enerjisi tüketimine olan etkileri incelenerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. En etkin yenileme ile ısıtma enerjisi tüketiminin %31 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. İncelenen Avrupa örnekleri ile Erzurum kentinden seçilmiş olan toplu konut yapısının enerji performansı analizleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler ile “soğuk iklim bölgelerinde enerji etkin yenileme çalışmaları kapsamında, yapı kabuğu elemanları bazında yenileme kararları değerlendirilmiş ve enerji tüketimi üzerinde etki değerleri” ortaya konulmuştur.

Bilim Kodu : 80103
Anahtar Kelimeler : Enerji performansı, mevcut binalarda yenileme çalışmaları, soğuk iklim bölgeleri, standartlar
Sayfa Adedi : 120
Danışman : Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK
2. Danışman : Doç. Dr. Fatma Zehra ÇAKICI

A RESEARCH ON INCREASING THE ENERGY PERFORMANCE OF EXISTING
HOUSING BUILDINGS IN COLD CLIMATE REGION: A MASS HOUSING CASE IN
ERZURUM

(M. Sc. Thesis)

Ayşegül ER

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2020

ABSTRACT

Energy plays an important role in determining national and international policies. The continuous increase in energy consumption and demand globally necessitates the reduction of this demand / consumption in terms of energy conservation and the development of strategies for energy efficient buildings. The fact that the building sector consumes approximately 40% of the total energy consumption leads all relevant disciplines, especially architectural design, to carry out innovative studies on this subject, especially for difficult climatic conditions. For extreme climatic regions, it is important to have the lowest energy consumption and to achieve the highest performance. In this study, design decisions to reduce energy consumption for cold climate regions; the position of the building, its orientation, building shell elements and building materials were examined. In line with these lands, the subject of energy efficient renewal of existing mass housing buildings in cold climate regions was investigated, the relevant design parameters of 8 mass housing buildings selected from European countries were presented and their energy performances were evaluated. A mass housing structure in Erzurum city was selected and modeled for the field study. Simulation of the current heating energy consumption of the said building was carried out using the Design Builder program. 14 renewal simulations in 5 different scenarios were carried out by changing the U values and thicknesses of the building envelope elements within the scope of possible energy efficient renovation works. By examining the current effects of each renewal scenario on heating energy, the results were compared and it was observed that the heating energy consumption decreased by 31% with the most efficient regeneration. The energy performance analyzes of the collected housing structure selected from the city of Erzurum with the analyzed European examples were compared. "Within the scope of energy efficient renovation works in cold climate regions, renewal decisions on the basis of building shell elements were evaluated and their impact values on energy consumption" were revealed with the data obtained.

Science Code	: 80103
Key Words	: Energy performance, renovation in existing buildings, cold climate zones, standards
Page Number	: 120
Supervisor	: Assoc. Prof. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK
Co-supervisor	: Assoc. Prof. Dr. Fatma Zehra ÇAKICI

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, tezime ve akademik gelişimime katkı sağlayan, karşılaştığım her problemde sabır ve hoşgörü ile beni cesaretlendiren değerli danışmanlarım Doç. Dr. Semra ARSLAN SELÇUK ve Doç. Dr. Fatma Zehra ÇAKICI' ya teşekkürü bir borç bilirim. Gerekli bilgi/belge ve dokümanları temin etmemde yardımcı olan Toplu Konut İdaresi Başkanlığı'na, eğitim hayatım boyunca desteğini benden esirgemeyen kıymetli ağabeyim TOKİ Başkan Yardımcısı Ömer Faruk KARABAYIR' a, yüksek lisans öğrenimim boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı Çağdan Mühendislik Müteahhitlik Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi'ne ve Sayın Behçet ÇAĞLAR'a, aldığım her kararda, attığım her adımda yanımda olan canım annem ve babam Muhibe - Adem ER' e, ağabeyim Okan ER ve kardeşim Ömer Faruk ER' e ayrıca beni bu süreçte yalnız bırakmayan dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ	1
2. ARKA PLAN VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	5
2.1. Yapılı Çevrelerde Enerji Verimliliği Konusu	5
2.1.1. Dünya’da ve Türkiye’de enerji tüketimi	6
2.1.2. Avrupa’da ve Türkiye’de yapılı çevrelerde enerji verimliliği çalışmaları	12
2.2. Soğuk iklim bölgelerindeki yapılı çevrenin enerji verimliliği bağlamında tasarım kriterleri	23
2.2.1. İklim elemanları.....	23
2.2.2. Arazi kullanımı ve yapılaşma kararları	26
2.2.3. Yapım sistemleri ve malzeme seçimi	34
2.3. Soğuk İklim Bölgesinde Mevcut Konut Stoğunun Enerji Tüketimleri	37
2.3.1. Opak ve saydam bileşenler açısından ısı performansın incelenmesi	38
2.3.2. Isı köprülerinin incelenmesi	42
2.3.3. Isıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinin (HVAC) incelenmesi	44

Sayfa

2.4. Soğuk iklim bölgelerindeki yenilenmiş toplu konut yapılarının enerji performansına dair analiz: Avrupa kıtasından örnekler	46
2.4.1. İsveç Brogarden toplu konut örneği	46
2.4.2. Danimarka Traneparken toplu konut örneği	51
2.4.3. Çek Cumhuriyeti Koniklecova toplu konut örneği	57
3. ERZURUM KENTİNDE BİR TOPLU KONUT YAPISININ ENERJİ PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ	63
3.1. Erzurum-Narman TOKİ Konutunun Enerji Performansı Kriterlerinin Belirlenmesi.....	64
3.2. Erzurum-Narman TOKİ Konutunun Design Builder Simülasyon Programı ile Enerji Performansı Analizi	68
3.3. Erzurum-Narman TOKİ Konutunun Yapı Kabuğu Elemanları Açısından İyileştirme Senaryoları	73
4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME	95
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	99
KAYNAKLAR	102
EKLER.....	109
EK-1. Erzurum örneğine ait bodrum kat planı	110
EK-2. Erzurum örneğine ait zemin kat planı	111
EK-3. Erzurum örneğine ait normal kat planı.....	112
EK-4. Erzurum örneğine ait ön görünüş	113
EK-5. Erzurum örneğine ait arka görünüş	114
EK-6. Erzurum örneğine ait sol yan görünüş.....	115
EK-7. Erzurum örneğine ait sağ yan görünüş.....	116
EK-8. Erzurum örneğine ait fotoğraf.....	117
EK-9. Erzurum örneği Design Builder simülasyonuna ait zemin kat planı.....	118
EK-10. Erzurum örneği Design Builder simülasyonuna ait bodrum kat planı	119
ÖZGEÇMİŞ	120

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2. 1. Brogarden örneğine ait yapı kimlik bilgileri	47
Çizelge 2. 2. Brogarden örneğine ait yenileme bilgileri	50
Çizelge 2. 3. Brogarden örneğine ait yenileme öncesi ve sonrası enerji tüketimi	51
Çizelge 2. 4. Traneparken örneğine ait yapı kimlik bilgileri	52
Çizelge 2. 5. Traneparken örneğin dair yenileme çalışmaları	55
Çizelge 2. 6. Traneparken örneğinin enerji tüketim verileri	56
Çizelge 2. 7. Koniklecová 4 örneğine ait yapı kimlik bilgileri	58
Çizelge 2. 8. Koniklecová 4 örneğinin enerji tüketim verileri	589
Çizelge 2. 9. Koniklecová 4 örneğinin enerji tüketim verileri	59
Çizelge 2.10 Avrupa örneklerine ait yenileme çalışmaları	61
Çizelge 2.11 Avrupa örneklerine ait enerji tüketim verileri	62
Çizelge 3.1. Erzurum iline ait 1929-2019 yıllarına ait ortalama iklim değerleri	64
Çizelge 3.2. Erzurum toplu konut örneğine ait yapı kimlik bilgileri	65
Çizelge 3.3. TS 825 4. Bölge gün illeri	68
Çizelge 3.4. TS 825 bölgelere göre en fazla kabul edilen U değerleri	69
Çizelge 3.5. Resim 3.6. Erzurum örneğine ait mevcut durum ısıtma tasarımı	72
Çizelge 3.6. Resim 3.7. Erzurum örneğine ait mevcut durum toplam ısıtma yükü	73
Çizelge 3.7. Resim 3.8. S1 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	74
Çizelge 3.8. S1 senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü	75
Çizelge 3.9. S1A senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	75
Çizelge 3.10. S1A senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü	76
Çizelge 3.11. S1B senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	77
Çizelge 3.12. S1B senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü	77
Çizelge 3.13. S1C senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	78

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.14. S1C senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü	79
Çizelge 3.15. S2 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	79
Çizelge 3.16. S2 senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü.....	80
Çizelge 3.17. S3 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	80
Çizelge 3.18. S3 senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü.....	81
Çizelge 3.19. S3A senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	82
Çizelge 3.20. S3A senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü	82
Çizelge 3.21. S3B senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	83
Çizelge 3.22. S3B senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü	84
Çizelge 3.23. S3C senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	84
Çizelge 3.24. S3C senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü	85
Çizelge 3.25. S4 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	86
Çizelge 3.26. S4 senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü.....	86
Çizelge 3.27. S4A senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	87
Çizelge 3.28. S4A senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü	88
Çizelge 3.29. S4B senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	88
Çizelge 3.30. S4B senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü	89
Çizelge 3.31. S4C senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	90
Çizelge 3.32. S4C senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü	90
Çizelge 3.33. S5 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı	91
Çizelge 3.34. S5 senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü.....	92
Çizelge 3.35. Erzurum toplu konut örneğine ait yapı elemanı bilgileri	92
Çizelge 4.1. Erzurum toplu konut örneğine ait yapı enerji performansı bilgileri	95
Çizelge 4.2. İncelenen konutların enerji performansı değişiminin karşılaştırılması	97

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması	3
Şekil 2.1. 2011-2018 yılları arası küresel birincil enerji talebindeki değişiklikler	6
Şekil 2. 2. Dünya bölgesel enerji talebi	7
Şekil 2. 3 Sektörlere göre nihai enerji tüketimi, OECD, 1990-2017	7
Şekil 2. 4. Dünya sektörlerine göre nihai enerji tüketimi	8
Şekil 2. 5. Avrupa’da konutlarda enerji tüketimi.....	9
Şekil 2. 6. AB’ de konutlarda enerji tüketimi	10
Şekil 2. 7. Ülkelere göre konut yapılarında alan ısıtması için enerji tüketimi.....	10
Şekil 2. 8. Dünya birincil enerji yoğunluğu gelişimi	12
Şekil 2.9. AB’de nihai tüketicilerin enerji verimliliği eğilimleri	13
Şekil 2. 10. AB’de nihai tüketicilerin enerji verimliliği eğilimi	14
Şekil 2. 11. Verimlilik politikası ilerleme endeksi (EPPI) ve zorunlu politika gücündeki yıllık değişiklikler, 2000-2017.....	14
Şekil 2. 12. Binaların enerji kullanımı ve enerji yoğunluğu, 2000-2040.....	15
Şekil 2. 13. Konutlarda nihai enerji kullanımı küresel konut politikası kapsamı ve güç gelişimi, 2000-2017	15
Şekil 2.14. Türkiye’de enerji verimliliği alanındaki politika belgeleri ve mevzuat	18
Şekil 2.15. Ülkelere göre birincil enerji yoğunluğu karşılaştırması	20
Şekil 2.16. Türkiye’de yıllar itibariyle birincil ve nihai enerji yoğunluğu	21
Şekil 2.17. Türkiye’de yıllar itibariyle sektörel nihai enerji yoğunlukları	22
Şekil 2.18. Rüzgâr ve bina konuma bağlı olarak yaşanan ısı kaybı arasındaki ilişki	26
Şekil 2.19. Soğuk iklim bölgesinde bitişik nizam yapı tasarımları	28
Şekil 2.20. Soğuk iklimde yapıların güneye bakan yamaçlara yerleştirilmesi	29
Şekil 2.21. Soğuk iklimde uygun güneş yönelmesi	30

Şekil	Sayfa
Şekil 2.22. Soğuk iklimde yapılar arasındaki boşluk ve güneş ışınlarına erişimi	31
Şekil 2.23. Kompakt yapı formları ile minimum ısı kaybı	31
Şekil 2.24. Soğuk iklim bölgelerinde güneye dönük pencereler	32
Şekil 2.25. Giriş kapısında rüzgârın etkileri	33
Şekil 2.26. Binanın konfor koşullarını etkileyebilecek faktörler	42
Şekil 2.27. Brogarden örneğine ait yenilemeden önce ve sonra yapı kabuğu	48
Şekil 2.28. Brogarden örneğine ait yenilendikten sonra döşeme ve çatı detayı	48
Şekil 3.1. Erzurum örneğine ait kısmi sistem kesiti.....	66
Şekil 3.2. Erzurum örneğine ait kısmi sistem kesiti 2.....	67
Şekil 3.3. Erzurum örneğine ait Design Builder yapı modeli	70
Şekil 3.4. Erzurum örneğine ait Design Builder simülasyon planı.....	71

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Soğuk iklimde yalıtımsız binalarda ısı akışı	41
Resim 2.2. Soğuk iklimde pasif ev örneği	41
Resim 2.3. Traneparken örneğine ait duvarlarda ve zeminde yalıtım detayı	52
Resim 2.4. Traneparken örneğine ait yenilemeden önce ve sonra pencereler	53
Resim 2.5. Traneparken örneğine ait havalandırma sistemi	54
Resim 2.6. Traneparken örneği A blok çatısında güneş panelleri kullanımı	56

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Koppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi	63
Harita 3.2. Erzurum ilçesi uydu görüntüsü	64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

°	Derece
°C	Santigrat Derece
%	Yüzde
CO ₂	Karbondiyoksit
kWh	KiloWatt Saat
MWh	MegaWatt Saat
m	Metre
m ²	Metrekare
mm	Milimetre
cm	Santimetre
tep	Ton Eşdeğer Petrol
Mtep	Milyon Ton Eşdeğer Petrol

Kısaltmalar

Açıklamalar

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
Dsb	Kışı Şiddetli, Yazı Sıcak Ve Kurak
Dfb	Kışı Şiddetli, Her Mevsim Yağışlı, Yazı Çok Sıcak
EPS	Expanded Polystyrene Foam
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning
IEA	International Energy Agency
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

Kısaltmalar**Açıklamalar****TOKİ**

Toplu Konut İdaresi Başkanlığı

XPS

Extruded Polystyrene Foam

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji tüketiminin sürekli artması, doğal kaynakların tükenmesi ile ekolojik denge bozulmakta ve çevresel etkileri giderek artmaktadır. Enerji tüketiminin artıyor olması sebepleri arasında; Dünya nüfusunun sürekli artması, teknolojik aletlerin günlük hayatımızda kullanımının artması, yaşam konfor koşullarının yükseliyor olması, ulaşım, sanayi gibi pek çok sektörde enerjiye duyulan ihtiyacın artması ve bunlara benzer dünya gelişimi ile ilgili pek çok faktör gösteriliyor olsa da yapılan enerji etkin çalışmalar göstermiştir ki enerji korunumu konusunda yeterince hassas davranılmamaktadır.

Literatür taramasında da bahsedildiği üzere; Uluslararası Enerji Ajansı tarafından gerçekleştirilen enerji tüketim verileri incelendiğinde ulaşım, binalar ve sanayi sektörü en yüksek tüketim değerlerine sahiptir. Konutlar ise toplam enerji tüketiminin %20'sinden sorumludur. Konutlarda alan ısıtma, ortalama olarak tüketimin yarısını kapsıyor olsa da soğuk iklim bölgeleri için bu değerler daha da artmaktadır. Dolayısıyla ciddi bir kaybın söz konusu olduğu bu alan üzerine çalışmak bir gereklilik olmuştur.

Araştırmanın amacı

Bu araştırmanın genel amacı soğuk iklim bölgesinde bulunan mevcut toplu konut yapılarının enerji etkin yenilenmesini yapı kabuğu elemanları açısından ele alarak, enerji tüketiminin ne kadar etkilendiğini ortaya koymaktır.

Bu amaç doğrultusunda,

- Soğuk iklim bölgelerinde konutlarda alan ısıtma için tüketilen enerjinin araştırılması ve enerji tüketimi üzerinde etkili tasarım kriterlerinin belirlenmesi,
- Orta Avrupa ve Kuzey Avrupa bölgelerinden enerji etkin yenilemesi yapılmış toplu konut yapısı örneklerinin incelenmesi,
- Erzurum ilinde bir TOKİ toplu konut yapısının Design Builder simülasyon programı ile enerji analizinin yapılması ve iyileştirme senaryoları ile enerji tüketim verileri üzerindeki etkilerinin incelenmesi yapılmıştır.

Araştırma sorusu ve hipotezi

Araştırma kapsamında temel olarak ‘‘Soğuk iklim bölgelerindeki mevcut toplu konut yapılarının enerji tüketimi nasıl ve ne kadar azaltılabilir?’’ sorusunun cevabı aranmış ve bu kapsamda ‘‘Soğuk iklim bölgelerinde alan ısıtma için tüketilen enerji, yapı kabuğunda yapılacak iyileştirmelerle azaltılabilir’’ hipotezi ile yönlendirilerek test edilmiştir.

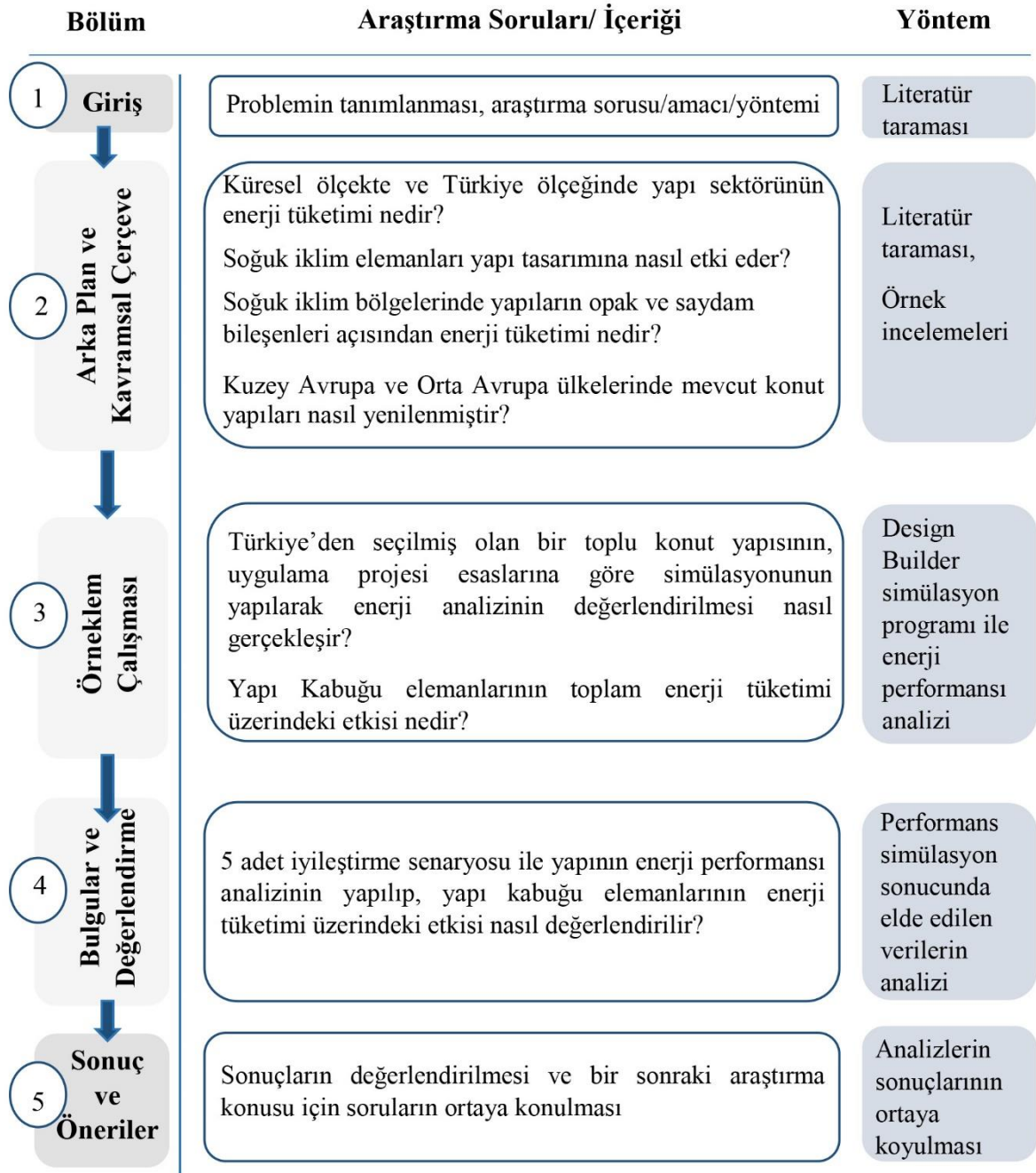
Araştırmanın önemi

Bu araştırma soğuk iklim bölgelerindeki bir yapının enerji etkin yenilenmesi için, yenileme yapacak kişilerin kararlarını daha net vermesine ve yapının yenileme planlamasının daha kolay oluşturulmasına bir bakış açısı kazandırmaktadır.

Araştırmanın yöntemi

Bu tez çalışması, literatür taraması, örnek incelemesi ve alan çalışması yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Toplam beş ana bölümden oluşan tez çalışmasında Şekil 1.1.’den de görülebileceği gibi;

- Birinci bölümde; araştırmanın amacı, hipotezi, önemi ve yöntemi açıklanmıştır.
- İkinci bölümde; soğuk iklim bölgesinde yapıli çevrelerin enerji tüketimi, opak ve saydam bileşenler açısından değerlendirilmesi ve Kuzey Avrupa / Orta Avrupa ülkelerinden yenilenmiş toplu konutların incelenmesi yapılarak tezin temel verilerinin oluşturulduğu bir kuramsal çerçeve çizilmiştir.
- Üçüncü bölümde, gerçekleştirilen alan çalışması ile veriler toplanmış,
- Dördüncü bölümde, yapılan alan çalışması üzerinden elde edilen bulgular değerlendirilmiş,
- Beşinci bölümde ise, değerlendirilmeler sonucunda araştırma sorusu yanıtlanarak gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.



Şekil 1. 1. Tez akış şeması

Araştırmanın materyali olarak, soğuk iklim bölgesinde bir toplu konut yapısına ait enerji performans analizi kullanılmıştır. Söz konusu yapı Erzurum ili Narman ilçesinde bulunan ve 2016 yılında inşası tamamlanmış olan bir TOKİ toplu konutudur. Yapının, yapı kabuğu elemanları ve bu elemanlara ait U değerleri ile yapıya ait HVAC sistemi elemanları kullanılmış olup Design Builder programı ile enerji simülasyonu yapılmıştır.

Design Builder programında yapı modellemesi yapıp, yapı kabuğu elemanlarından; duvarlar, kapı/pencereler, çatı, temel/döşeme gibi kabuk elemanlarının yalıtım kalınlığı, U değerleri, ısı iletkenlik değeri, HVAC sistemi gibi program analizi içerisinde var olan parametreler kullanılmış ve enerji performansı açısından simülasyonu yapılmıştır. Daha sonra yapılan bu model üzerinde, yapı kabuğu elemanlarında yapılan değışiklikler le iyileştirmeler yapılarak tekrar simülasyonu yapılmış olup, enerji değeri üzerinden değlendirmelerle çalışma tamamlanmıştır.

2. ARKA PLAN VE KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Günümüz şartlarında toplumların birincil ihtiyaçları arasında enerji çok büyük bir paya sahiptir. Bu durum hem ulusal hem de uluslararası politikalar için hedefler oluşturan bir unsur haline gelmiştir. Yapılı çevrelerin, birincil enerjinin %40'ından (IEA, 2018) daha fazlasını tüketiyor olduğu gerçeği bu alanda yapılacak iyileştirmeleri gündeme getirmiş, yapı ölçeğinde alınabilecek önlemler hem sektörel hem de akademik platformlarda tartışılmaya başlanmıştır.

Bu bölümde yapı sektöründe enerjinin önemi, enerji tüketimi ve yapılı çevrelerde enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar konusunda temel bilgi ve referanslara yer verilerek, soğuk iklim bölgelerindeki mevcut konut stoğunun enerji tüketimi hakkında yapılan çalışmalar tartışılmıştır. Tezin örneklem bölümünde yapılacak analizler ve değerlendirmeler için gerekli kuramsal çerçeve çizilmiştir.

2.1. Yapılı Çevrelerde Enerji Verimliliği Konusu

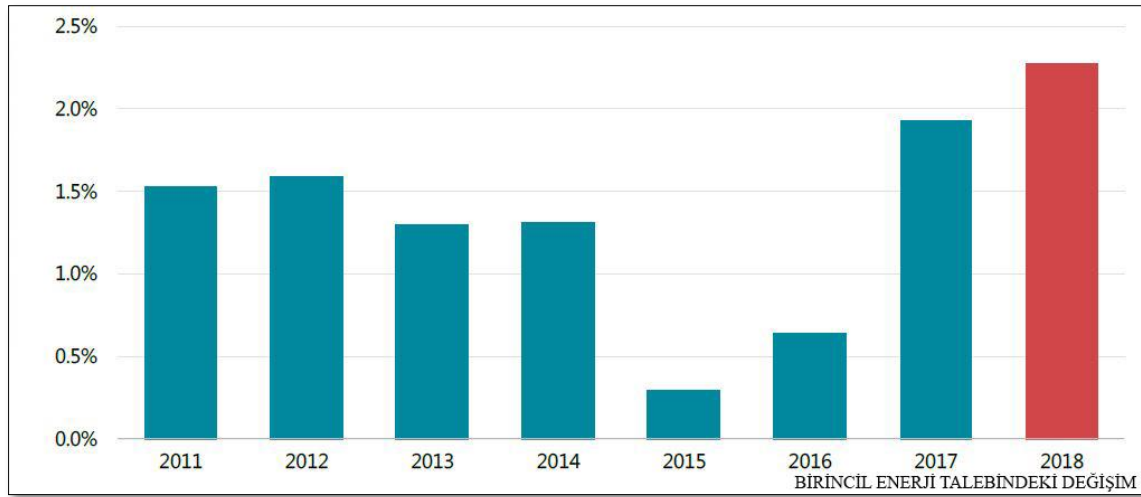
Günümüzde, enerji kaynaklarının bilinçli tüketilme zorunluluğunun temelinde, çevrenin kirlenmekte olduğu, sera gazlarının ekosistem üzerindeki yıkıcı etkileri, fosil bazlı enerji kaynaklarının tükenmekte olduğu gerçeği ile toplumların 1970'lerde (EIA, 2013) yaşanan enerji krizlerinden aldığı dersler yatmaktadır. Bu amaçla “çevresel sürdürülebilirlik” ana hedefiyle “ ekolojik mimarlık, yeşil bina, enerji etkin yapı tasarımı, pasif ev, sıfır enerji mimarlığı ve son hedef olarak nitelendirilebilecek pozitif enerjili bina” gibi kavram ve tasarım ölçütlerinin daha çok konuşulup tartışılması ve bu amaç doğrultusunda belirlenen uygulamaların yaygınlaştırılması kaçınılmaz hale gelmiştir.

Enerji; ekonominin en önemli parametresi, dünya siyaset politikasındaki belirleyiciliği ve iklim değişikliğindeki etkileri dolayısıyla dünyanın sosyal, ekonomik ve coğrafik düzeninin gelecekteki en kesin belirleyicisi kabul edilebilmektedir. Son yıllarda birçok ülkenin, özellikle de OECD ülkelerinin, Kyoto protokolü taahhütleri sebebiyle, enerji politikalarını planlarken dikkatli planlamayı gerekli hale getirmiştir (TMMOB, 2012).

2.1.1. Dünya’da ve Türkiye’de enerji tüketimi

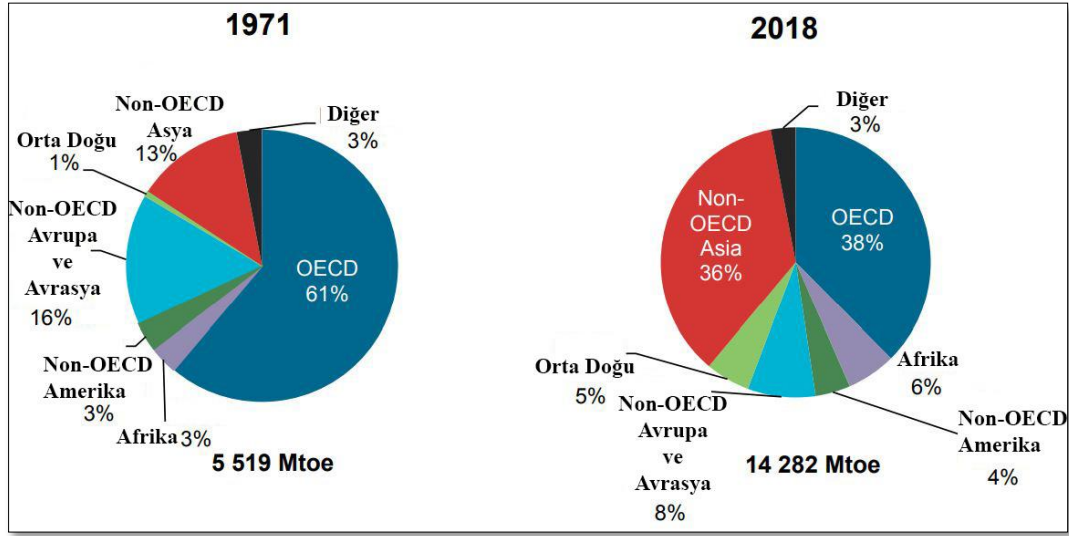
Dünya genelinde sürekli değişen ve artan bir enerji talebi bulunmaktadır. Bu talebe cevap vermek adına gereken küresel enerji politikaları ve yatırımları da artarak büyümektedir. 1971 ve 2017 arasında, dünya toplam birincil enerji talebi (TPES) 2,5 kattan fazla artmıştır (5 519 Mtoe'den 13 972 Mtoe'ye) (IEA(d), 2019).

Tüketilen enerjileri incelemek ve kıyaslamak adına karşımıza iki kavram çıkmaktadır. Bu kavramlar nihai enerji tüketimi ve birincil enerji tüketimidir. Nihai enerji tüketimi (Eurostat(a), 2018), farklı sektörlerden son kullanıcılar tarafından gerçekten tüketilen enerji miktarıdır. Nihai enerji tüketimi, teslimatlar ve dönüşüm dahil olmak üzere enerji sektörü tarafından kullanılan enerjiyi içermez. Birincil enerji tüketimi, (Eurostat(b), 2018) enerji kullanmayan kullanıcılar hariç brüt iç tüketime eşittir. Birincil enerji tüketimi, bir ülkenin toplam enerji talebini ölçer. Enerji sektörünün tüketimini, dönüşüm sırasındaki kayıpları (örneğin, petrol veya gazdan elektriğe) ve enerjinin dağılımını ve son kullanıcılar tarafından nihai tüketimi kapsar (Bertoldi, Diluiso, Castellezzi, Labanca, ve Serrenho, 2018).



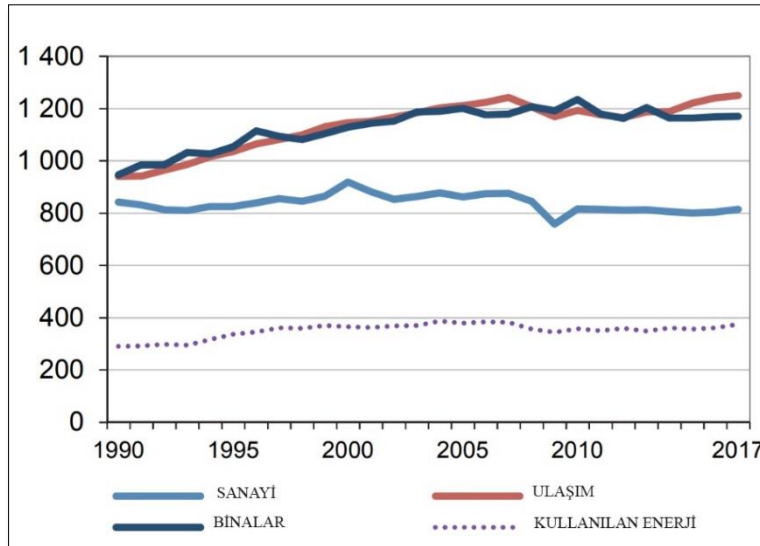
Şekil 2.1. 2011-2018 yılları arası küresel birincil enerji talebindeki değişiklikler (IEA(a), 2019)

Küresel toplam birincil enerji talebi, 2010'dan bu yana en büyük artışı 2018 yılında % 2,3 büyüyerek göstermiştir (Şekil 2.1). Çin, ABD ve Hindistan enerji talebindeki artışın % 70'inden sorumlu olmaktadır (IEA(a), 2019).



Şekil 2.2. Dünya bölgesel enerji talebi (IEA(d), 2019)

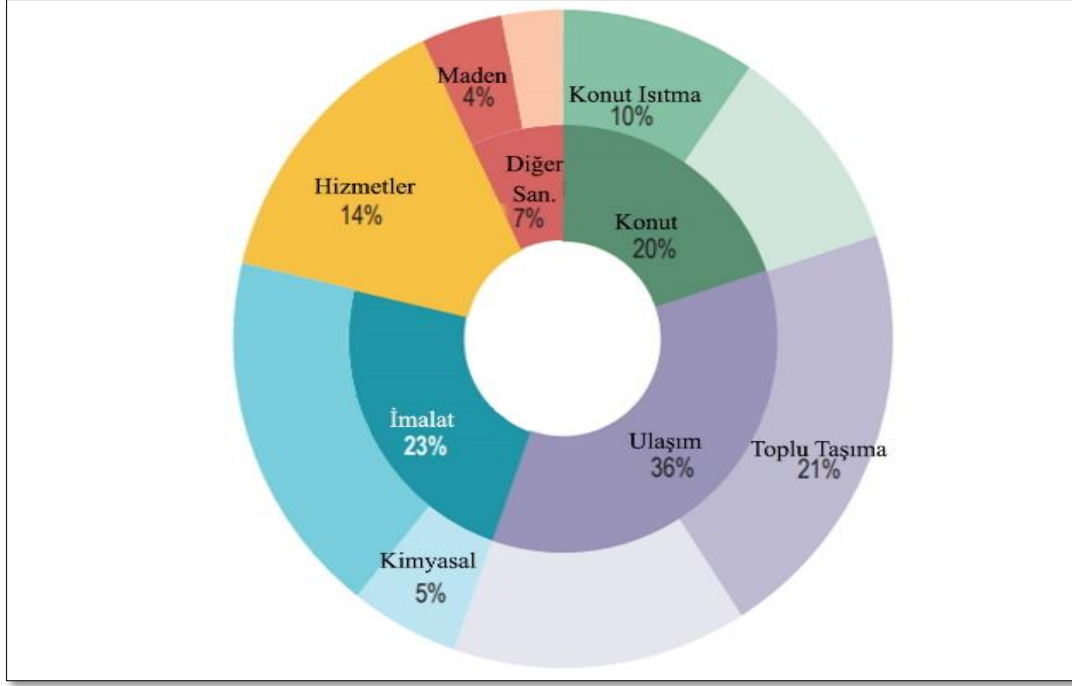
Şekil 2.2’de bölgesel olarak dünya enerji talebi verilmektedir. 1971-2018 yıllarında talebin en fazla olduğu bölgeler arasında Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü(OECD) ve OECD olmayan Asya olarak göze çarpmaktadır. OECD ülkelerinin birçoğu soğuk iklime sahip ülkelerdir. Tüketimin nüfus ve arz talep ile olan ilişkisi de üzerinde durulması gereken önemli konulardan biridir.



Şekil 2.3 Sektörlere göre nihai enerji tüketimi, OECD, 1990-2017(IEA(d), 2019)

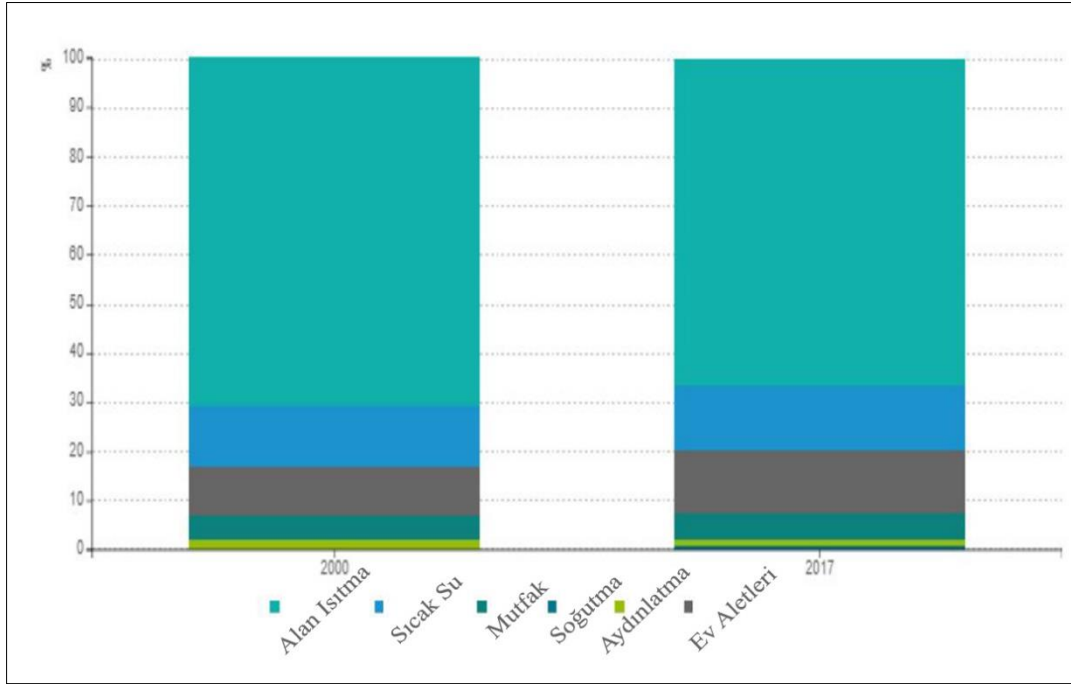
OECD verilerine göre 1990-2017 yılları arasında sektörlere göre enerji tüketim değerlerindeki değişim (Şekil 2.3) incelendiğinde; ulaştırma sektörü 2007 yılında bir çıkış

yaşayarak rekor seviyeye ulaşmıştır (1 251 Mtoe), ve böylece en büyük tüketim sektörü konumunu pekiştirmiştir. Öte yandan, binalar sektörü (konut ve hizmetler), son yıllarda neredeyse sabit kalmıştır (+% 0.1). Sanayi sektörü ise, 2010 yılından bu yana hafif seviyede dalgalanmaya devam etmiştir. Nihai tüketim açısından en istikrarlı sektör sanayi sektörü olmuştur (IEA(d), 2019).



Şekil 2.4. Dünya sektörlerine göre nihai enerji tüketimi (IEA(c), 2019)

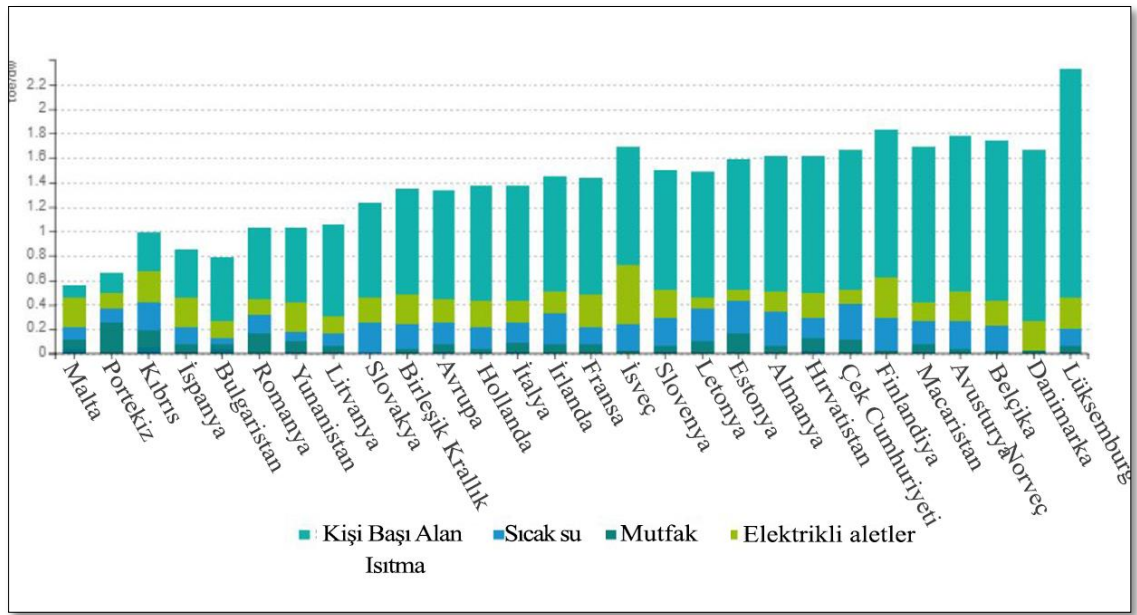
2017 yılı IEA' nın verilerine göre (Şekil 2.4) nihai enerji tüketiminde; ulaştırma sektörü, % 36 ile tüketiminin en yüksek payını oluşturmuştur. Ulaştırma sektörünü takiben imalat sanayi % 23 ve konut sektörü % 20 ile nihai enerji tüketim verileri üzerinde büyük bir söz hakkı elde etmiş olmaktadır (IEA(c), 2019).



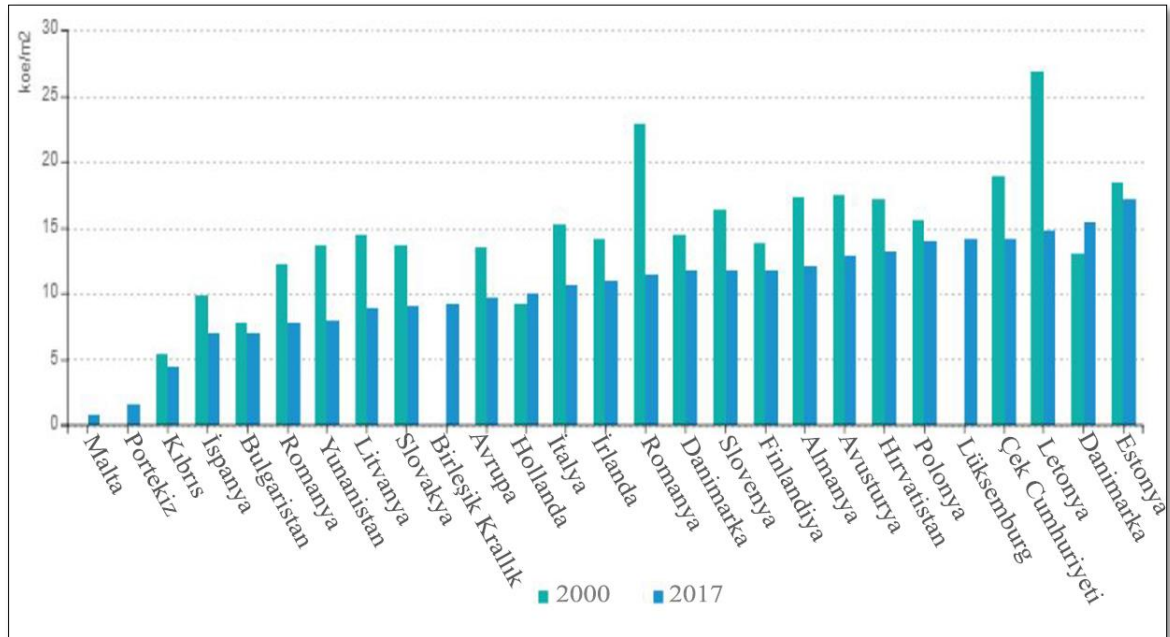
Şekil 2.5. Avrupa’da konutlarda enerji tüketimi(Odyssee-Mure, 2017)

AB’de konutlarda enerji tüketimi (Şekil 2.5) incelendiğinde alan ısıtmanın enerji tüketimi 2000 yılından 2017 yılına oranla yılda 0,7 düşmüştür.2000 yılında tüketimdeki oranı %71 iken 2017 yılında %67’ye düşmüştür. Ancak bu değer hala çok yüksek bir orandır. Su ısıtma %12’den% 13’e çıkmıştır. Elektrikli cihazlar 2000 yılında% 10’dan 2017’de% 12,5’e yükselmiş ve yılda %1.5 olarak artış sağlamıştır. Aydınlatma ise %2 değerlerinde seyretmektedir (Odyssee-Mure, 2017).

AB düzeyinde, binalarda enerji tüketiminin yaklaşık üçte ikisini konutlar tüketmektedir. Lüksemburg, Malta, Hollanda, İtalya veya Portekiz gibi sıcak iklime sahip bazı ülkelerde, konut dışı binalar baskındır ve toplam bina enerji tüketiminin yarısından fazlasını temsil etmektedirler. Danimarka, Letonya, Polonya ve Avusturya gibi soğuk iklime sahip ülkelerde konutların payı % 70’in üzerinde ve hatta Romanya’da % 80’e ulaşmaktadır (Bosseboeuf, Gynther, Lapillonne, ve Pollier, 2015). Dolayısıyla kullanım sıklığı ve süresine bağlı olarak soğuk iklime sahip ülkelerde konut yapılarında enerji tüketimi çok daha önemli olmaktadır.



Şekil 2.6. AB' de konutlarda enerji tüketimi (Odyssee-Mure, 2017)



Şekil 2.7. Ükelere göre konut yapılarında alan ısıtması için enerji tüketimi (Odyssee-Mure, 2017)

Konut yapılarına ait ısıtma tüketimi, aynı iklim baz alındığında Lüksemburg, Belçika, İtalya, Macaristan, Fransa gibi ülkelerde en yüksek tüketime sahiptir. Avrupa ortalamasına göre soğuk iklime sahip bölgeler daha fazla enerji tüketmektedir. Bina tasarımında ve yapımında daha verimli cihazların kullanımındaki gelişmelere rağmen konutlardaki enerji

talebi artmaya devam etmektedir. Bina kodlarının uygulanması, mevcut konut yapılarının termal güçlendirilmesinin teşvik edilmesi ve daha verimli ısıtma sistemlerinin (gaz yoğunlaşmalı kazanlar, ısı pompaları vb.) benimsenmesi için finansal teşvikler ile alan ısıtmasında enerji tüketimi azaltılmıştır (Odyssee-Mure, 2017). Yukarıdaki grafik incelendiğinde hem soğuk iklime sahip ülkeler hem az gelişmiş AB ülkelerinde alan ısıtması için harcanan enerji azalmasına rağmen hala kayda değer büyüklüktedir.

IEA verilerine göre enerji verimli iyileştirmeler kapsamında alan ısıtması için tüketilen enerji; çoğunlukla binaların daha iyi yalıtımı, eski binaların yenilenmesi ve ısıtma ekipmanlarındaki iyileştirmeleri ile IEA ülkelerinde önemli ölçüde azalmıştır. Yukarıdaki grafikte yerleşim alanı ısıtma yoğunluğunda (zemin alanı başına enerji tüketimi olarak tanımlanan) enerji verimli iyileştirmelerden kaynaklı bir düşüş görülmektedir. Örneğin, Fransa, Almanya ve Birleşik Krallık 2000 yılından bu yana %30'un üzerinde düşüş yaşamıştır. Daha sıcak ülkeler iç mekân sıcaklığını konfor seviyesinde tutmak için ortalama olarak daha az enerjiye ihtiyaç duyduğundan, daha düşük alan ısıtma yoğunluklarına sahiptir (IEA(c), 2019).

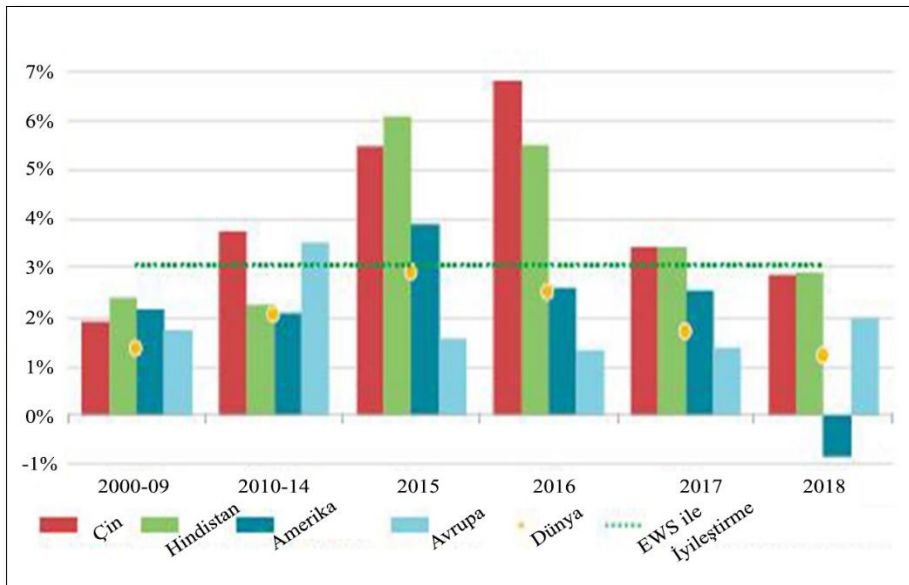
Binalar ve ekipmanlar daha verimli hale geldikçe, bazı ülkelerde ısıtma hizmetleri için enerji talebi düşmektedir. Bununla birlikte, soğuk iklime sahip gelişmekte olan ülkelerde, artan gelirler daha yüksek ısıtma talebine yol açmaktadır. Bu eğilimlerin küresel enerji yoğunluğunu nasıl etkileyebileceğini anlamak kolay değildir. Bir yandan, soğutma ve ısıtma hizmetlerine olan talep artışı, Gayrisafi yurt içi hasıla (GSYİH)'yı artırmadan enerji kullanımını arttırırsa, küresel enerji yoğunluğunu iyileştirme oranının yavaşlayacağı ön görülmektedir (IEA(b), 2019).

Enerji kullanımı da gelişmekte olan ve gelişmekte olan ülkelerdeki gelirlerin artmasıyla artmaktadır. Bu ülkeler daha zengin hale geldikçe, daha fazla insan daha kaliteli konutlara ve modern enerji hizmetlerine erişim kazanmaktadır. Bu da hala önemli bir erişim boşluğu olduğu için devam etmesi muhtemel bir eğilim haline gelmektedir.

2.1.2. Avrupa’da ve Türkiye’de yapılı çevrelerde enerji verimliliği çalışmaları

Enerji verimliliği (EESI, 2020), aynı görevi gerçekleştirmek için daha az enerji kullanmak anlamına gelmektedir. Sürdürülebilir bir küresel enerji sisteminin en önemli girdisidir. Çevresel ve sosyal yararları ile birlikte iklim değişikliğini azaltabilme, enerji korunumunu artırabilme ve ekonomileri büyütebilme potansiyelleri için önem arz etmektedir (IEA, 2020).

Enerji yoğunluğu, enerji verimliliği için önemli bir değişken olup, enerji tüketiminin (tep, joule) mali bir göstergeye (GSYİH, Katma Değer vb.) oranlanması ile tanımlanmaktadır (ÇŞB, 2017). Dolayısıyla enerji yoğunluğu kavramı, enerji tüketimi ve enerji verimliliği arasındaki bağlantı ve bu bağlantıların kıyaslanması için önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji yoğunluğunu düşürmek adına verimli enerji politikaları; sadece kullanılan teknoloji ile ya da kullanım değişikliği ile değil bunların birlikte işlemesi ile olmaktadır (TMMOB(b), 2012). Bu sebeplerle enerji verimliliği ekonominin sürdürülebilir olmasına doğrudan etki etmektedir.

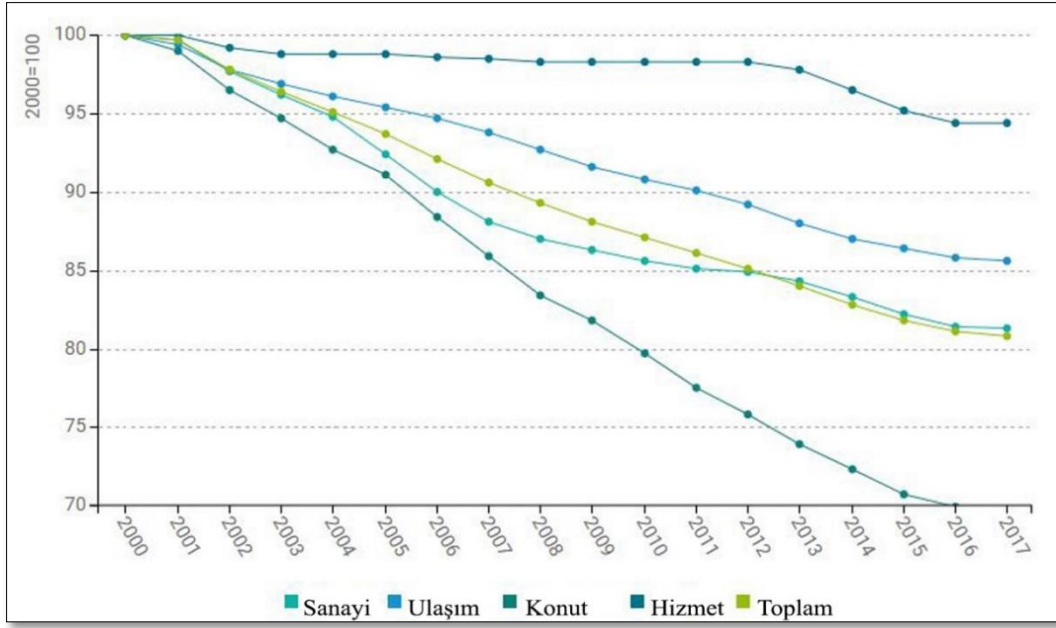


Şekil 2.8. Dünya birincil enerji yoğunluğu gelişimi (IEA(e), 2019)

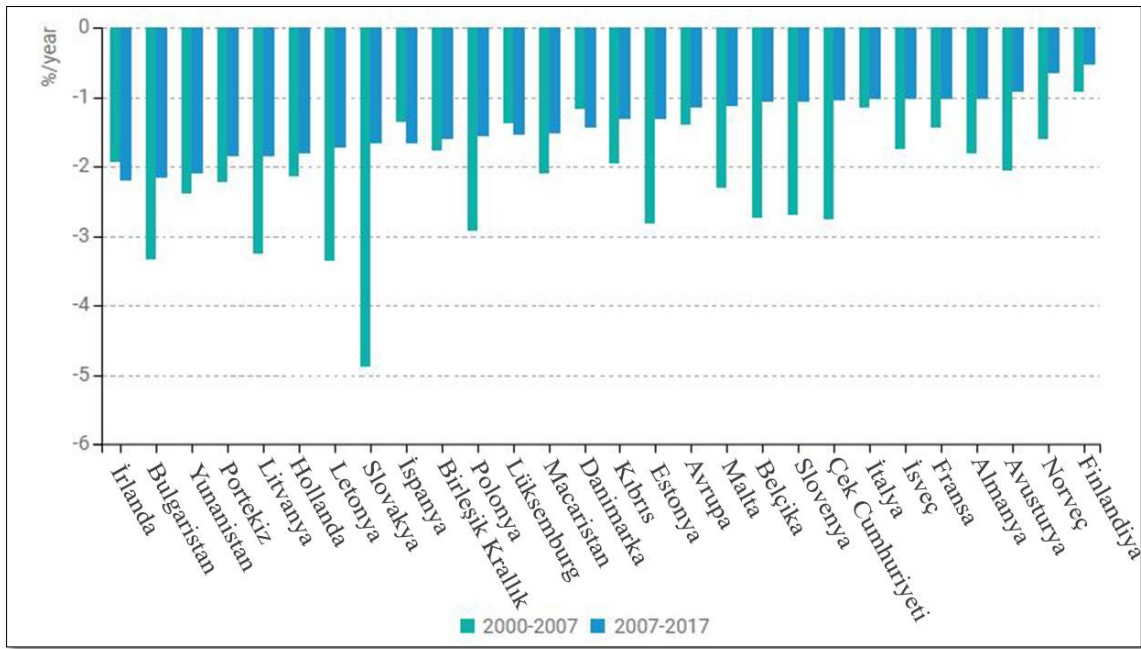
Yukarıdaki şekilde birincil enerji yoğunluğunun bölgelere göre değişimleri görülmektedir. Çin ve Hindistan'da birincil enerji yoğunluğu %3'ün altında seyretmiştir. Avrupa'da birincil enerji yoğunluğu 2017 yılında %1.4 seviyelerindeyken 2018 yılında %2 seviyelerine gelmiştir (IEA(a), 2019). Enerji yoğunluğundaki düşüş enerji verimliliğinin olumlu yönde

seyrettiği anlamına gelmektedir Avrupa’da enerji verimliliğinin iyileşmesi 2017 yılına oranla daha kötüleşmiş görünmektedir.

Avrupa’da nihai tüketicilerin enerji verimliliği 2000-2017 yılları arasında %1.2 artmış olarak görülmektedir. (Şekil 2.9) 2010'dan bu yana net bir şekilde bir yavaşlama olduğu göze çarpmaktadır (Odyssee-Mure, 2020).

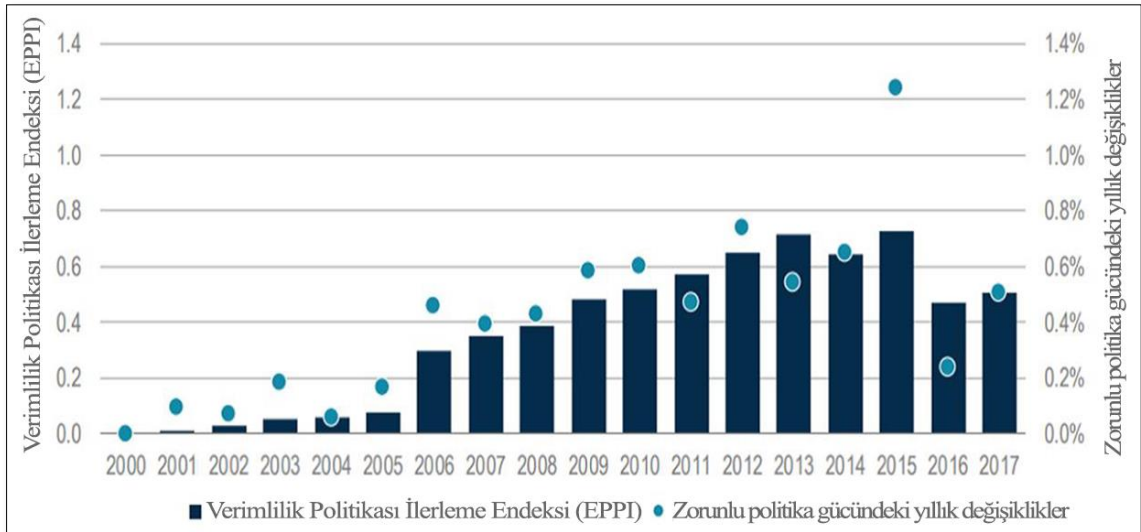


Şekil 2.9. AB’de nihai tüketicilerin enerji verimliliği eğilimleri (Odyssee-Mure, 2020)



Şekil 2.10. AB’de nihai tüketicilerin enerji verimliliği eğilimi (Odyssee-Mure, 2020)

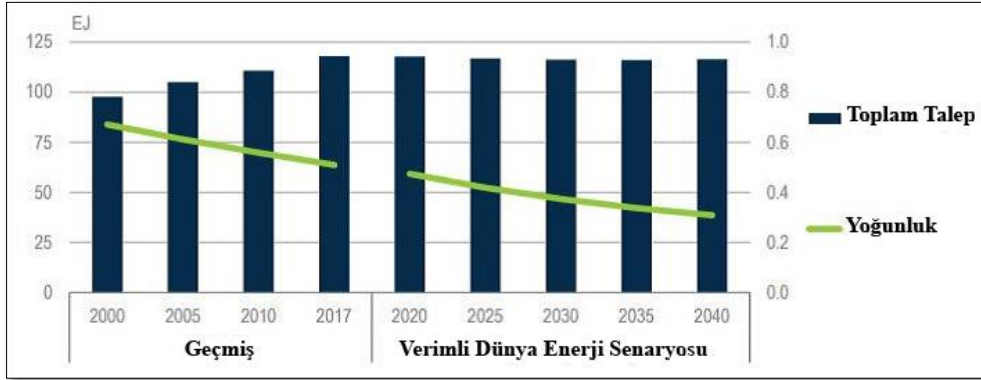
Şekilde 2.10’da 11 ülkede 2007’den bu yana yılda %1,5 ve üzerinde bir enerji verimliliği artışı olduğu kaydedilmiştir. 13 ülkede ise 2007 yılından bu yana yılda % 1,5 altında enerji verimliliği artışı olmuştur (Odyssee-Mure, 2020).



Şekil 2.11. Verimlilik politikası ilerleme endeksi (EPI) ve zorunlu politika gücündeki yıllık değişiklikler, 2000-2017 (IEA, 2018)

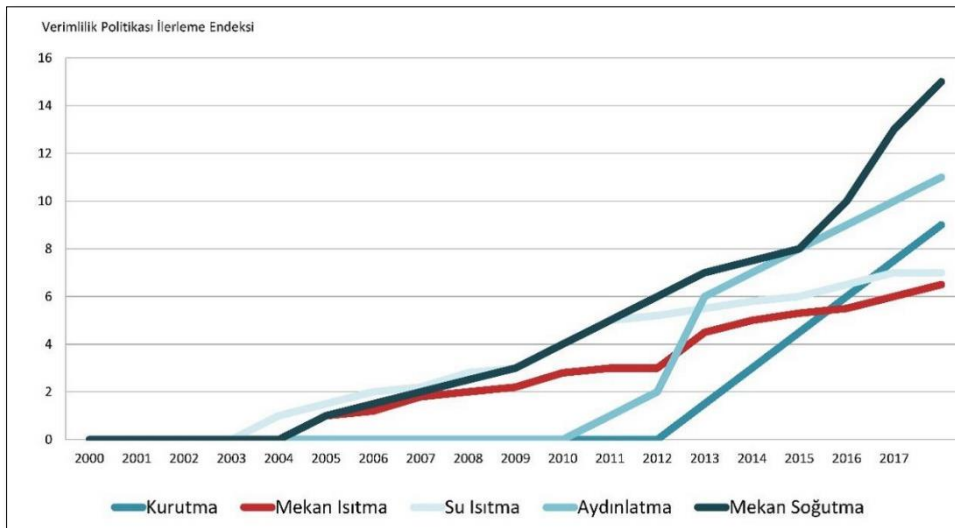
2011’den bu yana, zorunlu politikaların gücü yıllık ortalama %0,6 oranında artmış, önceki on yılda gözlemlenen artış oranını iki katına çıkarmıştır (Şekil 2.11). Bu, ülkelerin yalnızca geniş kapsamlı değil aynı zamanda etkili politikalara olan ihtiyacı da giderek daha fazla

kabul ettiğini göstermektedir. Zorunlu politikaların gücü, 2017 yılında %0,5 oranında artmış, 2011'den bu yana gözlemlenen %0,6 civarında yıllık ortalama eğilimin altında kalmıştır, ancak 2015'te zorunlu politika gücündeki büyük bir artışın ardından, 2016'da bir düşüş yaşanmıştır (IEA, 2018).



Şekil 2.12. Binaların enerji kullanımı ve enerji yoğunluğu, 2000-2040 (IEA, 2018)

IEA'nın Verimli Dünya Senaryosu (EWS), 2040'taki ortalama enerji kullanımında mevcut seviyelere göre %1,3 oranında bir düşüşe yol açacağını göstermektedir (IEA, 2018). 2040 yılında nüfus ve enerji talebinde artış beklenmesine rağmen enerji verimliliği potansiyelinin fazla olmasından kaynaklı tüketimin yatay seyretmesi beklenmektedir.



Şekil 2.13. Konutlarda nihai enerji kullanımı küresel konut politikası kapsamı ve güç gelişimi, 2000-2017 (IEA, 2018)

IEA'nın politika kapsamındaki ve gücündeki değişiklikleri ortaya koyan bütünleşik sistemi olan Verimlilik Politikası İlerleme Endeksi (EPPI), 2000 yılından bu yana konutlarda nihai

enerji kullanımlarında verimlilik artışlarını göstermektedir (Şekil 2.13) Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri, politikaların gücünü sürekli olarak artıran uygulamaları düzenli olarak yenilemektedir. 2010'dan bu yana görülen hızlı artışların çoğu gelişmekte olan ülkelerin verimlilik uygulamaları sonucu ortaya çıkmaktadır (IEA, 2018). Avrupa'da enerji verimliliği kapsamında uygulanan politikalardan bazıları aşağıdaki gibidir.

AB'nin 2012 yılında yürürlüğe giren (EU, 2012) *Enerji Verimliliği Direktifinde* binaların yenilenmesi kapsamında üye Devletler, konut ve ticari bina stoğunun yenilenmesi adına uzun vadeli bir strateji oluşturmuşlardır. Bu stratejiler aşağıdaki maddeleri kapsamaktadır:

- Mevcut enerji verimliliği girdileri, finansal ve yasal çerçeveler hakkındaki verilerin şeffaf olmasını ve mimarlar, mühendisler, çevre denetçileri gibi pek çok grubun ve tanımlandığı gibi ilgili tüm piyasa aktörlerine yaygın şekilde dağıtılmasını sağlamak
- Piyasa operatörleri için enerji tüketicilerine enerji verimliliği konusunda yeterli ve hedeflenmiş bilgi ve tavsiye sağlamak için uygun koşulları oluşturmak
- Yerel ve bölgesel yetkililer de olmak üzere paydaşların katılımıyla, vatandaşları enerji verimliliği iyileştirme önlemleri almanın yararları ve pratikleri konusunda bilgilendirmek için uygun bilgi, bilinçlendirme ve eğitim girişimlerini teşvik etmek (Bosseboeuf ve diğerleri, 2015)

Eko-Tasarım direktifi; konut aletleri, lambalar, ekipmanlar vb. gibi enerji ile ilgili ürünler için enerji verimliliği gerekliliklerinin uygulanmasını zorunlu kılan bir AB mevzuatıdır ve 2009 yılında yürürlüğe girmiştir. Eko-tasarım Direktifi; ev aletleri (buzdolabı, dondurucu, çamaşır makinesi, bulaşık makinesi vb.), Lambalar, televizyonlar, klimalar, ısıtıcılar ve su ısıtıcıları, elektrik motorları, güç transformatörleri ve havalandırma üniteleri için verimlilik gerekliliklerini önemseyen düzenlemeler getirmiştir (Tsemekidi-Tzeinraki ve diğerleri, 2019). Verimlilik gereksinimleri, Enerji Etiketleme Yönetmeliğinde zorunlu enerji etiketlemesi ile tamamlanmıştır. Bu yönetmelik AB tarafından 2010'da yürürlüğe girip 2017'de güncellenmiş olsa da konut aletlerinin enerji etiketlemesi ilk olarak 1992'da, ilk enerji etiketi 1994'te buzdolapları için tanıtılmıştır (Labanca, Bertoldi, ve Hirl, 2013). Enerji etiketleri şu ürün gruplarında kullanılabilir; Lambalar, Armatürler, Televizyonlar, Çamaşır kurutucuları, Çamaşır makineleri, Kurutmalı çamaşır makineleri, Bulaşık makineleri, Soğutucu cihazlar, Elektrikli süpürgeler, Ev tipi klimalar, Alan ısıtıcıları, Su ısıtıcıları vb. aletler (Bosseboeuf ve diğerleri, 2015). Eko-tasarım direktifi ve

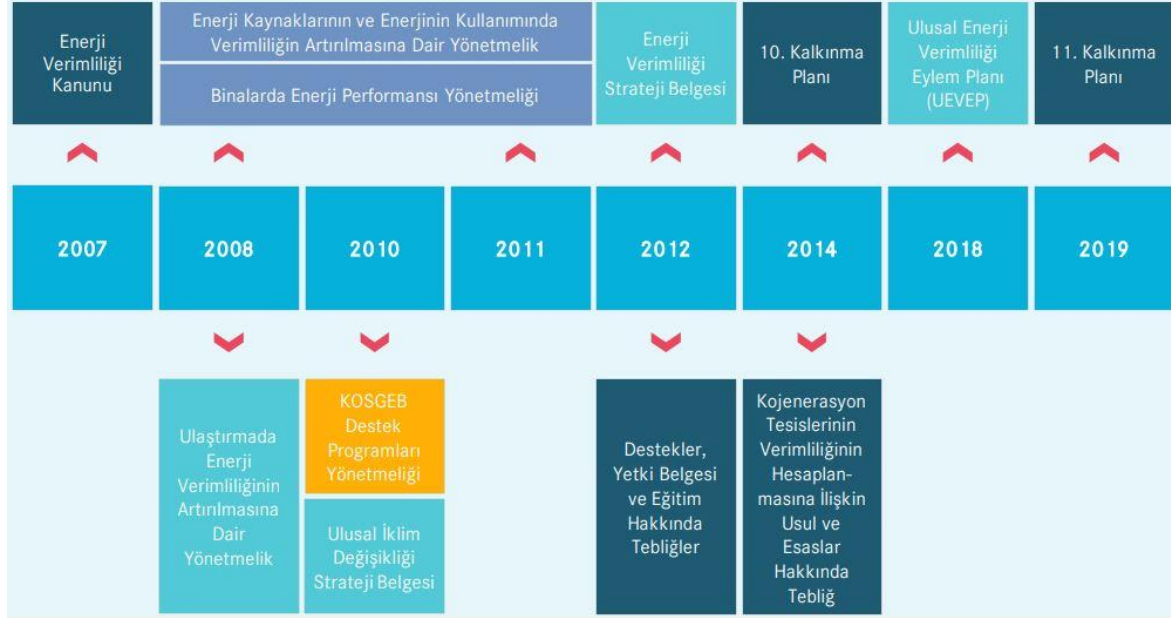
enerji etiketleme yönetmeliğinin birleşimi ile konut ekipmanlarının enerji verimliliğini iyileştirmede önemli ölçüde başarı sağlanmıştır.

Hem konut hem de konut dışı binalar için temel AB politikası, ilk olarak 2002'de başlatılan ve daha sonra 2010 ve 2018'de yeniden düzenlenmiş olan Binalarda Enerji Performansı Direktifi'dir (EPBD). Bu Direktif uyarınca, Üye Devletler ulusal düzeyde bir dizi uygulanacak önlemler belirlemişlerdir. Bu önlemler; binaların satışı veya kiralanması için tüm ilanlara dahil edilecek enerji performans sertifikaları, ısıtma ve iklimlendirme sistemlerinin düzenli muayeneleri, tüm yeni binaların neredeyse sıfır enerjili binalar olması, maliyet optimizasyonuna dayalı olarak yeni binalar, binaların büyük ölçüde yenilenmesi ve bina elemanlarının (ısıtma ve soğutma sistemleri, çatılar, duvarlar, vb.) değiştirilmesi veya güçlendirilmesi için bir dizi minimum enerji performans gerekliliklerinin getirilmesi olarak sıralanabilmektedir (EC, 2020).

Üye Devletler ayrıca binaların enerji verimliliğini artırmak için önlemler ve diğer ulusal finansal teşvik araçlarını uygulamak zorundadır. 2018'de değiştirilen Binaların Enerji Performansı Yönetmeliği ile 2050 yılına kadar karbondan arındırılmış bir yapı stoğu ve yatırımların harekete geçirilmesi vizyonu ile mevcut binaların maliyet etkin bir şekilde yenilenmesinin hızlandırılmasını öngörmektedir. Ayrıca, revizyon, otomasyon da dahil olmak üzere akıllı teknolojileri ve teknik bina sistemlerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Daha kısa vadede ise 2030 için AB enerji hedefleri; 1990 seviyelerine kıyasla sera gazı emisyonlarında %40 azalma, yenilenebilir enerji tüketiminin en az %32'si, olağan iş senaryosuna kıyasla en az %32,5 enerji tasarrufu sağlamak olarak ön görülmektedir. (Bertoldi ve diğerleri, 2018) EPBD tarafından başlatılan uygulamalardan biri olan Enerji Performans Belgeleri (EPC) binaların sınıflandırılması olarak da tanımlanabilmektedir. Yeni ve mevcut binaların zorunlu olarak kamu binalarının periyodik olarak belgelendirilmesi gerekmektedir. Binalar inşa edildiğinde, satıldığında veya kiralandığında, EPC'ler sahibine veya sahibi tarafından muhtemel alıcıya veya kiracıya verilmelidir. EPC, bir binanın veya bina biriminin enerji performansının uygun maliyetli iyileştirilmesi için öneriler içermelidir (Bosseboeuf ve diğerleri, 2015).

Türkiye'de enerji verimliliği alanındaki gelişmelere bakılacak olursa; Türkiye'de binalarda enerji verimliliği konusunda ilk adım 1985 yılında Isı Yalıtımı Yönetmeliği olarak

yürürlüğe giren ve sonrasında TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları olarak anılan Türk standardı ile başlamış olup çeşitli politika ve yönetmelikler bu gelişmeyi takip etmiştir.



Şekil 2.14. Türkiye'de enerji verimliliği alanındaki politika belgeleri ve mevzuat (Burcu Bektaş, Hakyemez, Yanık, ve Kavak, 2019)

Yukarıdaki şekilde Türkiye’de enerji verimliliği mevzuatı kapsamında yayınlanmış bazı önemli yönetmelikler ve kanunlar görülmektedir. Bu çalışmaların bir kaçı incelendiğinde;

5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu (2007): Enerji Verimliliği Kanunu’nun ana hedefi enerjinin verimli kullanılması ve israfın önlenmesi ile aynı zamanda enerjinin sebep olduğu mali değerlerin ekonomiye olan baskısının azaltılması olarak belirlenmiştir. Kanun, enerji verimliliği hizmetlerinin yürütülmesi konusunda yapılacak yetkilendirmeleri, enerji verimliliği çalışmalarının etkin olarak yürütülmesi, izlenmesi ve koordinasyonu konusunda idari yapının oluşumunu çeşitli kuruluşların görev ve sorumluluklarını, toplumun eğitilmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırmasına yönelik çeşitli destekleme mekanizmalarını, teşvik etmek, ilgili konuları ve yasal gerekleri yerine getirmeyenlere uygulanacak para cezalarını düzenlemek için çeşitli bölümlerden oluşmaktadır (26510 Resmi Gazete, 2 Mayıs 2007).

Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012): Bu politika ile Türkiye’nin 2023 yılındaki enerji yoğunluğunun 2011 yılı değerine göre en az %20 azaltılmasını hedeflenmektedir. Bu belgenin stratejik amaçları şu şekilde sıralanmaktadır (TMMOB, 2012):

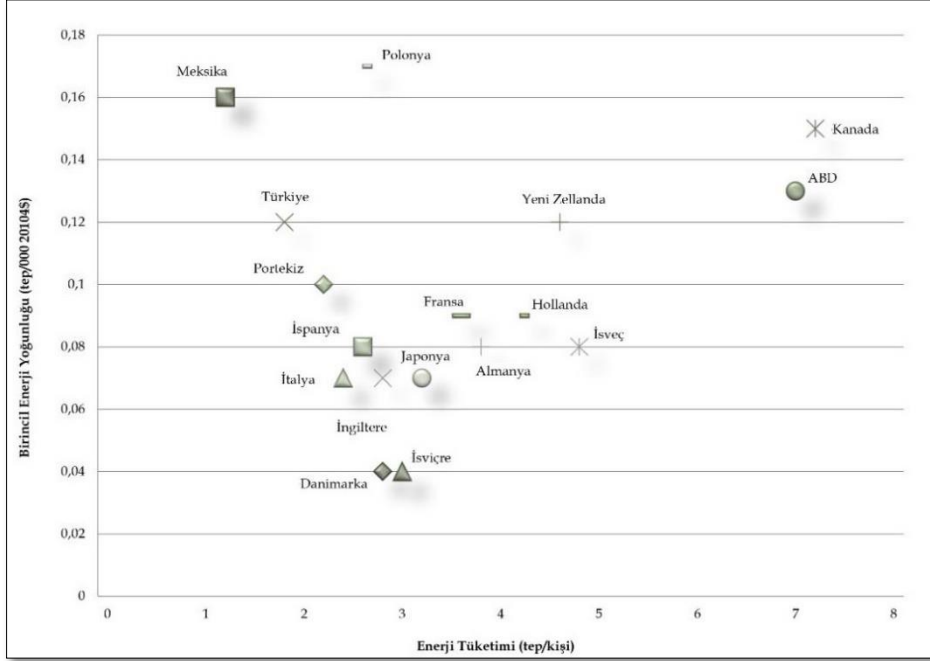
- Hizmetler ve sanayi sektöründe enerji yoğunluğunu azaltmak,
- Binaların enerji taleplerini azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan binaları yaygınlaştırmak,
- Elektrik üretim, iletim ve dağıtım konusunda ilgili alan için verimliliği artırmak, enerji tasarrufunu artırıp ve zararlı sera gazı emisyonlarını azaltmak,
- Kamu kurumları ve ilgili alanlarda enerjiyi etkin ve verimli kullanmak,
- Kurumsal yapıları, işbirliklerini ve kapasiteleri güçlendirmek, ileri teknoloji kullanımını ve bilinçlendirme etkinliklerini artırmak, kamu dışında finansman ortamları oluşturmak.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği (2008): Bu yönetmeliğin hedefi; iç mekan konfor gereksinimlerini, iklim şartlarını, maliyet etkinliğini de göz önünde bulundurarak, bir binanın toplam enerji kullanımlarının değerlendirilmesini sağlayacak hesaplama kurallarının belirlenmesini, birincil enerji ve sera gazı emisyonu (veya CO₂ salınımı) açısından kategorize edilmesini, yeni yapılacak veya önemli oranda tadilat yapılacak mevcut binalar için minimum enerji performans kriterlerinin belirlenmesini, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma potansiyellerinin değerlendirilmesini, ısıtma ve soğutma sistemlerinin kontrolünü, sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasını, binalarda enerji performans kriterlerinin ve uygulama esaslarının belirlenmesini ve çevrenin korunmasını düzenlemektir (27075 Resmi Gazete, 5 Aralık 2008).

AB'nin 2002/91/EC sayılı "Binaların Enerji Performansı Direktifi" gön önünde bulundurulmuş olan Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, 2009 yılında yürürlüğe girmiş ve 2010 yılında revizyon yapılmıştır. Bu revizyon ile binaların bir enerji kimlik belgesi ve performans sınıfının belirlenmesi gerektiği düşünülmüştür. Bu kapsamda enerji performans sınıfı olarak A, B, C, D, E, F ve G etiketlenmesi çalışmaları başlatılmış; aynı zamanda mevcut binaların enerji performanslarının artırılması 2017 yılına kadar enerji kimlik belgelerinin oluşturarak etiketlenmesi öngörülmüştür. Bu direktif gereğince yapılacak olan yeni binaların en az C sınıfı olması gerekmektedir (TMMOB, 2012).

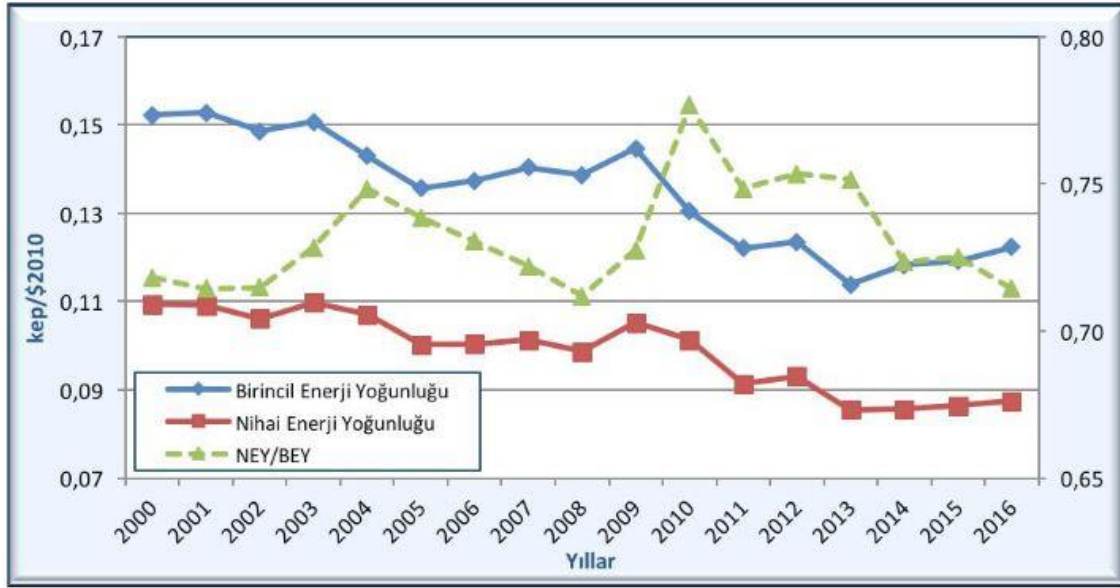
Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik (2011): Bu yönetmeliğin temel hedefi; enerji israfını önlemek, enerjiyi etkin kullanmak, enerjiden kaynaklı maliyet yükünün ekonomi üzerindeki etkisini düşürmek ve

çevrenin korunması için enerji ve enerji kaynaklarının verimliliğin artırılmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektir (28097 Resmi Gazete, 27 Ekim 2011).



Şekil 2.145. Ülkelere göre birincil enerji yoğunluğu karşılaştırması (uyarlanmıştır) (ETKB, 2017)

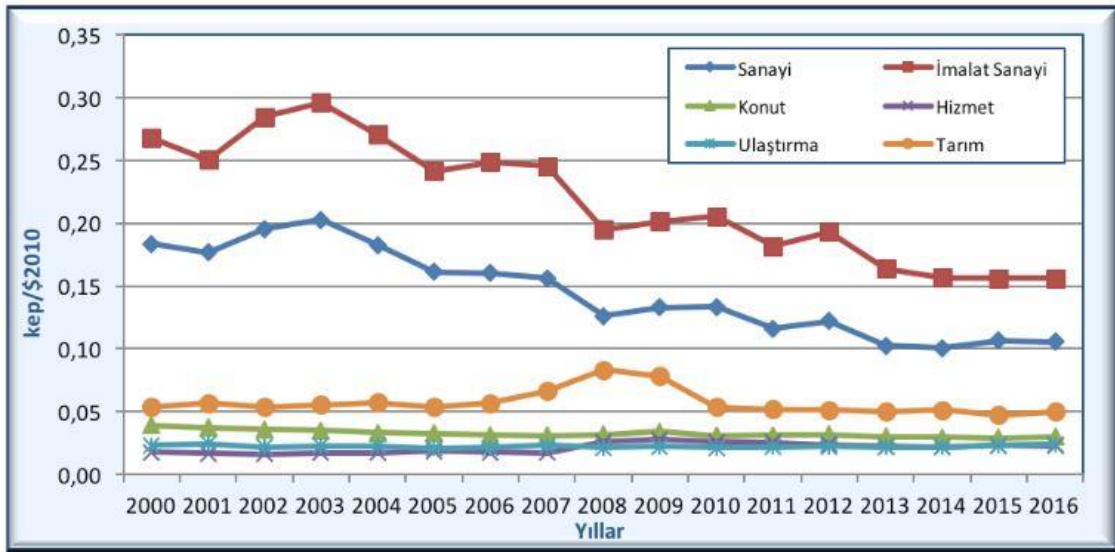
Türkiye’de kişi başına düşen enerji tüketimi gelişmiş ülkelere göre daha düşük olmasına rağmen, enerji yoğunluğunun hala yüksek seviyelerde olması Türkiye için önemli bir oranda enerji tasarrufu değerlendirilebilir (Şekil 2.15). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 12/12/2016 tarihinde yayımlanmış olduğu 2009 yılı bazlı yeni GSYİH rakamları da dikkate alınarak hesaplanan 2010 yılı dolar fiyatlarıyla, 2015 yılı Türkiye’nin birincil enerji yoğunluğu 1000 Dolar başına 0,12 TEP’dir. Dünya ortalaması 0,18 olmakla beraber OECD ortalaması olan 0,11’dir. Bu değer, dünya ortalamasına göre düşük olsa da OECD ortalamasına göre yüksektir. İtalya’nın 0,07, Almanya’nın 0,08 ve Avrupa Birliği’nin 28 üyesin ülke ortalaması ise 0,09’dur (Çalikoğlu, 2011).



Şekil 2.16. Türkiye’de yıllar itibariyle birincil ve nihai enerji yoğunluğu (CSB, 2018)

Şekil 2.16 ’da 2000-2016 dönemindeki birincil ve nihai enerji yoğunluklarının değişimi verilmekte olup nihai enerji yoğunluğunun birincil enerji yoğunluğuna oranının (NEY/BEY) eğiliminin artmakta olduğu kaydedilmektedir. Bu oranın artması, nihai tüketicilere çok daha fazla elektrik enerjisi ulaştırılmasına neden olacağı değerlendirilmektedir (CSB, 2018).

Çevre Şehircilik Bakanlığı’nın TÜİK verilerine göre yayınlamış olduğu sektörel bazda nihai enerji yoğunlukları (Şekil 2.17) irdelendiğinde, enerji yoğunluğunda ilk sırada imalat sektörü olup onu sırasıyla sanayi, tarım, konut (hane halkı harcamaları bazında), ulaştırma ve hizmet sektörleri takip etmektedir (CSB, 2018).



Şekil 2.17. Türkiye'de yıllar itibariyle sektörel nihai enerji yoğunlukları (CSB, 2018)

Küresel enerji talebindeki artış yıllara göre ivme kazanarak devam etmektedir. Bu durumun sonucu olarak tüketimdeki artışı azaltmanın yolları aranmakta ve enerjiyi verimli kullanma adına devletler belirli politikalar izlemektedir. Bu politikalar sonucu enerji verimliliğindeki gelişmeler ile enerji verimliliği konusu devletlerin öncelikli alanları içinde yer almaktadır. Çin, ABD gibi nüfus yoğunluğu fazla olan ülkeler enerji tüketiminde ilk sıralarda bulunmaktadır. Kanada gibi iklimden ötürü enerji tüketimi yüksek olan ülkeler de bu sıralamayı takip etmektedir. Bunun yanı sıra Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde de enerji talebi gün geçtikçe artmaktadır. Tüketimin olduğu yerde verimlilik söz konusu olacağından, enerji talebinin artması enerji verimliliği potansiyeli de artmaktadır. Enerji tüketiminde rolü büyük olan konutlar da verimlilik açısından önemli bir değeri oluşturmaktadır. Son yılların verileri göz önünde bulundurulduğunda konut sektöründe tüketilen enerjinin kayda değer bir şekilde azalmadığını söylemek mümkündür. Konutlarda en büyük tüketim yüzdesini mekân ısıtması oluştururken özellikle ısıtma konusunda verimliliğin sağlanması soğuk iklim bölgeleri için hayati bir öneme sahiptir.

2.2. Soğuk İklim Bölgelerindeki Yapılı Çevrenin Enerji Verimliliği Bağlamında Tasarım Kriterleri

Enerji tüketiminin azaltılması ve enerjinin verimli kullanılması küresel ölçekte pek çok ülkenin üzerinde önemle durduğu konular arasındadır. Enerji kaynaklarının sınırlı oluşu ve enerjinin elde edilmesinden başlayan problemlerle birlikte nihai enerji tüketimi değerlerinin her geçen gün artma eğilimi göstermesi, yeni yapıların enerji verimliliği yaklaşımıyla tasarlanmasını gündeme getirmiştir.

Soğuk iklim bölgeleri hiç şüphesiz enerji tüketimi bakımından diğer bölgelere kıyasla daha yüksek tüketim değerlerine sahiptir. Bu bölgelerde iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkının yüksek olması sebebiyle iç ortam konfor koşullarının sağlanmaya çalışılması enerji tüketiminin artmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Bu nedenle, enerjinin verimli kullanılması özellikle soğuk iklim bölgelerinde daha büyük önem kazanmaktadır.

Soğuk iklim bölgelerinde enerjinin verimli kullanılması adına tasarımın ilk aşamasından yapının yıkım sürecine varana kadar her bir aşamanın dikkatle planlanması gerekmektedir.

Soğuk iklim bölgelerinde konut tasarımına etki eden temel kriterler şöyle sıralanabilir (Çakıcı, 2013; Karagülle, 2009; Ovalı, 2009) :

1. İklim elemanları
2. Arazi kullanımı ve yapılaşma
3. Yapım sistemleri ve malzeme seçimi

2.2.1. İklim elemanları

İklim, bölgeye ve zamana bağlı olarak ortaya çıkan, güneş ışınımının fonksiyonu olan hava hareketleri, hava sıcaklığı ve hava nemi ve en önemlisi güneş olmak üzere diğer iklim elemanlarının birleşerek oluşturduğu atmosferik olaylar olarak nitelendirilmektedir. (Yılmaz ve diğerleri, 2006 aktaran (Dizdar, 2009). İklimi oluşturan sıcaklık, yağış, nem, güneşlenme süresi ve şiddeti, basınç, rüzgâr hızı ve yönü, buharlaşma gibi parametrelerden birinin veya bir kaçının farklılaşması, değişik iklim tiplerini oluşturmaktadır. Bahsedilen iklim elemanları binalardaki iç konfor koşullarını doğrudan etkileyen ve enerjinin verimli

kullanılmasında etkili olan fiziksel ve çevresel etmenler olarak değerlendirilebilir (Manioğlu ve Oral, 2010).

Soğuk iklim bölgelerinin genel özelliklerine bakılacak olursa; yılın hemen hemen yarısında sıcaklık 0°C'nin altında seyretmektedir. Yağışlar yaz aylarında yağmur, kış aylarında kar olarak görülmektedir. Kar yağışları Ekim'de başlayıp Mayıs ayının ortalarına kadar sürmektedir. Buna karşılık yazlar kısa ve serin olmakla birlikte yağış miktarı az ayrıca nem oranı düşüktür. Rüzgâr etkisiyle zorlu iklim şartları daha da sertleşmektedir (Göksu, 1999; aktaran (Ovalı, 2009). Soğuğa ve rüzgâra karşılık olarak ciddi bir şekilde sıcağa ve güneşe ihtiyaç duyulan bölgelerdir (Oyeni, 1997).

Tasarım, bir binanın formunu, organizasyonunu, tasarımcının üzerinde kontrol ettiği parçaları ve malzemeleri içerir (Dekay ve Brown, 2013). İklim ise tasarımı etkileyen en önemli faktördür (Dizdar, 2009). İklimsel tasarım; Bir binanın, ısıtma ve soğutma için bina enerji talebini azaltmaya yardımcı olan, yapının iklim koşullarını kontrol ederek yararlı etkilerden azami fayda sağlayıp zararlı etkileri minimize etmeyi hedefleyen bir yöntemdir. Ayrıca binalarda daha fazla konfor sağlamak için doğal enerji kaynaklarını kullanmayı amaçlamaktadır (Yousefi, Dehkordi, ve Jahangiri, 2017).

Yerel ölçekte konut tasarımında etkisi bulunan iklimsel parametreler genelde mikroklimatik özelliktedir. Bu mikroklimatik iklimsel özellikler için iklim elemanları şu şekilde sıralanabilir: (Ovalı, 2009)

- Güneş Işınımı
- Sıcaklık
- Rüzgar
- Nem

Güneş ışıınımı konutlar için iki şekilde değerlendirilebilir;

1. Mekânın ısı gereksinimine ihtiyaç duyduğu süreçlerde ısı kazanımını yüksek seviyede tutmak için yapılan düzenlemeler,

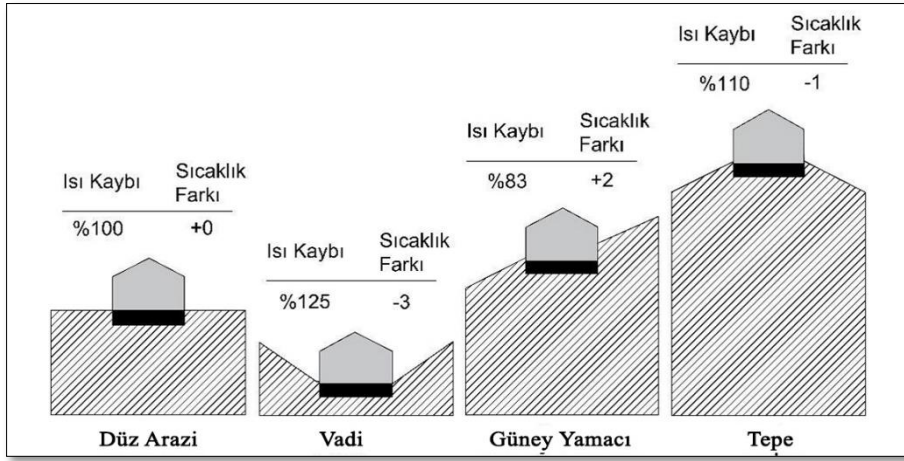
2. Mekânın ısı gereksinimine ihtiyaç duymadığı süreçlerde ısı kazanımını minimum seviyede tutmak ve gölgeleme elamanlarının kullanımı ve güneş kontrolü temelinde yapılan düzenlemeler (Berköz, 1983 aktaran (Karagülle, 2009) .

Sıcaklık, en önemli iklim bileşenidir. Çünkü yağış ve rüzgâr gibi hava olayları çoğu kez sıcaklığın etkisi altındadır. Isı enerjisinin çevreye yayılması ile ortaya çıkan kinetik enerjiye sıcaklık denir (Günel, 2004).

Hava sıcaklığını etkileyen birtakım faktörler vardır. Bu faktörler dört grupta sınıflandırılabilir (MGM, 2020) ;

1. Güneşe bağlı etkiler
2. Yerin şekli, güneşe karşı durumu ve hareketlerinden doğan etkiler
3. Atmosferden doğan etkiler
4. Yeryüzü özelliklerinden doğan etkiler

Rüzgâr, yüksek basınç ve alçak basınç bölgesi arasında yer değiştiren hava hareketidir. Her zaman yüksek basınçtan alçak basıncın bulunduğu bölgeye doğru hareket eder. İki bölge arasındaki basınç farkı ne kadar büyük olursa, hava akım hızı o kadar fazla olur(Karagülle, 2009). Yerel düzeyde rüzgâr, iklimin en düzensiz ve değişken bileşenidir. Topografyadan, bitki örtüsünden ve çevresindeki binalardan etkilenir; denize yakın bir mesafede kıyı rüzgârları oluşabilir. Rüzgâr hızı ve yönü ile tanımlanır ve bir anemometre ile ölçülür (Rosenlund, 2000). Doğal rüzgâr ısı iletimini ve taşınımını artırır ve havalandırmaya yarar. Ancak soğuk iklim bölgelerinde kışın binanın ısınma için ihtiyaç duyulan enerji miktarını artırır. Bina içine soğuk havanın sızıp, iç ortam konfor koşullarının düşmesine sebebiyet vereceğinden kış rüzgârlarını önleme soğuk iklim bölgesindeki binalar için önem arz eder (Jin ve Zhao, 2011).



Şekil 2.18. Rüzgâr ve bina konuma bağlı olarak yaşanan ısı kaybı arasındaki ilişki (Karagülle, 2009)

Binaların şeklinde, yönlenmesinde, birbirleri ve çevre arasındaki bağlantılarında önemli bir parametredir. Ayrıca binayı ısı kazancı bakımından etkileme biçimi Şekil 2.18’de şematik olarak gösterilmektedir.

Nem, hava hareketleri ve güneş ışıınının gösterdiği değişkenliğe göre şekillenmektedir. Ayrıca nemlilik;

- Bitki örtüsüne,
- Su yüzeylerine,
- Topografik duruma

Bağlı olarak da değişkenlik göstermektedir (Dizdar, 2009). Soğuk iklim bölgelerinde havalandırma, yapıda ısıtma problemlerine yol açıyor olsa da yapının iç ortam nemi düşünülerek konfor koşulları açısından asgari değerler sağlanmalıdır.

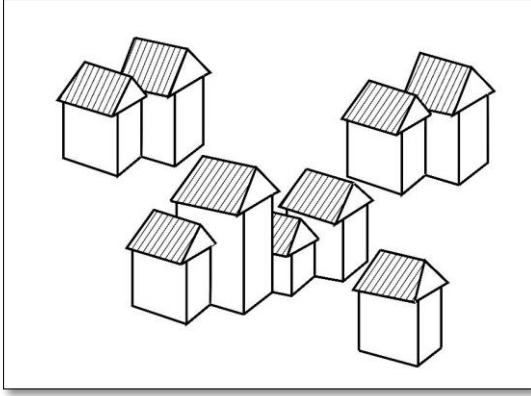
2.2.2. Arazi kullanımı ve yapılaşma kararları

Bina tasarım sürecinde, arazi kullanımı ve yapılaşma kararları projenin ilk karar verilen evresinde yer almaktadır. Tasarım sürecinin bu aşaması binanın enerji tüketiminde doğrudan etkili olacağından ve bu aşamada alınan kararların sonradan değiştirilmesi çok da mümkün olmadığından, alınan yanlış kararlar telafisi mümkün olmayan sonuçlar doğurabilir. Arazi kullanımı ve yapılaşma kararlarını iklim faktöründen bağımsız

düşünmek mümkün değildir. Bu bağlamda, soğuk iklim bölgesinde yapılacak binalar için arazi kullanımı ve yapılaşma kararları ele alınmalıdır.

Isıtma enerjisinin etkin ve verimli kullanımının ön planda olduğu soğuk iklim bölgelerinde tasarım stratejileri öncelikle hem kış güneşinden azami ölçüde yararlanmaya hem de iç mekân sıcaklığını yakalamaya ve korumaya odaklanır (Dekay ve Brown, 2013). Bu durumda, sıcaklığın en düşük olduğu kış döneminde güneşin ısıtıcı etkisinden maksimum derecede faydalanacak, hâkim rüzgârdan korunacak ve bina içinde ısı korunumu sağlayacak konseptlerin/yaklaşımların tasarıma aktarılması gerekmektedir (Ovalı, 2009). Maksimum ısı kazancı ve minimum ısı kaybı prensibi, yağışlı ve soğuk hava nedeniyle bu bölgelerdeki bina tasarımlarında önem kazanmaktadır. Isıyı içeride ve soğuk havayı dışarıda tutan çok katmanlı cephe tasarımları, soğuk iklim bölgelerinde ön plana çıkmaktadır (Biket, 2006).

Soğuk iklim bölgelerinde kentsel ölçekte parçalı ve ayrık yapılaşma düzeninden kaçınılmalıdır. Kentsel tasarım sürecinde, birbirine yakın ve rüzgârın içeri girmesine izin vermeyen kompakt ve yoğun dokular tercih edilmelidir. Yerleşim dokusu, rüzgârın olumsuz etkilerini önlemek amacıyla tasarlanmalı ve büyük bina ünitelerinin gruplandırılması sırasında güneşi maksimum seviyede kullanabilecek alanlar yaratılmalıdır (Biket, 2006). Sokaklar, şehrin havasını temizlemek için hakim rüzgar aksında konumlandırılmalıdır. Güneş erişimini sağlamak için doğu-batı aksındaki sokaklar tercih edilebilir (Dekay ve Brown, 2013). Doğru rüzgâr tasarımı ile farklı mevsimlerde hakim rüzgar hızına ve yönüne dayanan, kışın rüzgara ve yaz aylarında havalandırmaya yönelik bilimsel bir yerleşim planlama sürecinin benimsenmesi yapıların enerji performansına ciddi katkılarda bulunacaktır (Jin ve Zhao, 2011).

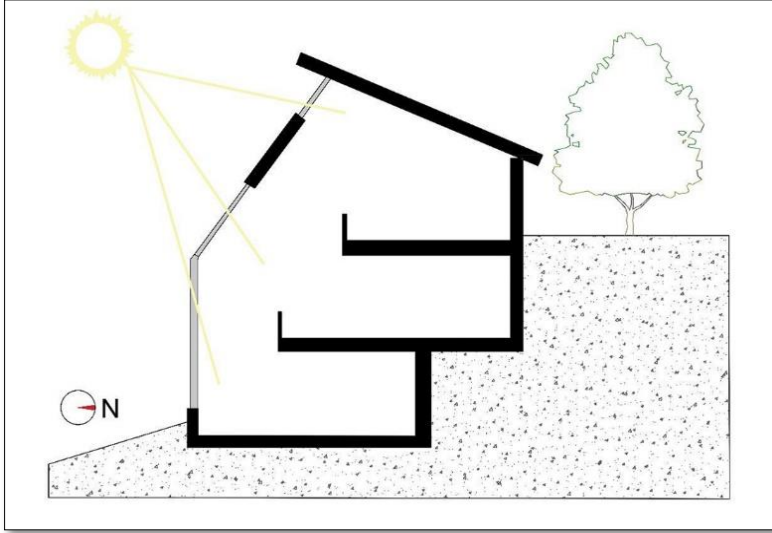


Şekil 2.19. Soğuk iklim bölgesinde bitişik nizam yapı tasarımları (Jahawar, 2012)

Soğuk bir iklim bölgesinde kışın şiddetli esen rüzgârlar, ciddi ısı kaybına sebep olduğu için sık yerleşim dokusu tercih edilmelidir. Isı kaybı kaygısı duyulan soğuk iklimlerde yüzey alanını en düşük seviyede tutan kompakt bina formları kullanılır.(Karagülle, 2009) Binaların bitişik nizamda yan yana yerleştirilmesiyle soğuk rüzgârlara maruz kalan yüzey alanı en aza indirilebilir (Şekil 2.19). Hakim rüzgârın güneyde olması durumunda, binaya etki edecek rüzgârı asgari düzeyde tutabilmek için yapının güney cephesinde perdahlama yapılabilir (Jahawar, 2012). Soğuk iklim bölgelerinde yapılacak binaların uzun eksen, istenmeyen soğuk yerel rüzgârlar olarak da adlandırılan hakim kış rüzgârıyla dik olmaktan kaçınılmalı, hakim kış rüzgârı ile binanın uzun kenarı arasındaki açılarını en aza indirmeye çalışılmalıdır. Çok soğuk iklimlerde, bina zarfından güneş radyasyonu alan yüzey artırılarak elde edilebilecek ısı miktarından daha fazla ısı kaçar. Bu nedenle, şekil faktöründeki artış (aynı hacim için daha fazla dış yapı yüzeyi, daha düşük kompaktlık indeksi) ısıtma için gereken enerjideki artışla orantılıdır (Depecker, Menezo, Virgone, ve Lepers, 2001) Florides ve diğerleri, (2002) ile Pacheco ve diğerleri, (2012) yapmış olduğu çalışmada, bir binanın ısıtılması ve soğutulması için şekil faktörünün enerji gereksinimleri üzerindeki etkisi ölçülmüştür. Sonuç olarak, dikdörtgen bir ev için en iyi konum, bina cephesinin güneşe bakacak en uzun duvarı olmasıdır (Florides, Tassou, Kalogirou, ve Wrobel, 2002; Pacheco, Ordóñez, ve Martínez, 2012). Aksay ve Inallı ise şekil ve yönelim optimizasyonunu birleştirerek, %36 ısı enerjisi tasarrufuna yol açabilecek faydalar elde etmenin mümkün olduğunu söylemektedir (Aksoy ve Inalli, 2006).

Bitki örtüsü, soğuk rüzgârı engelleyecek ve güneş ışınımını yansıtacak şekilde olmalıdır. İstenmeyen rüzgârı engellerken ısı kazanımına engel olunmaması için iğne yapraklı

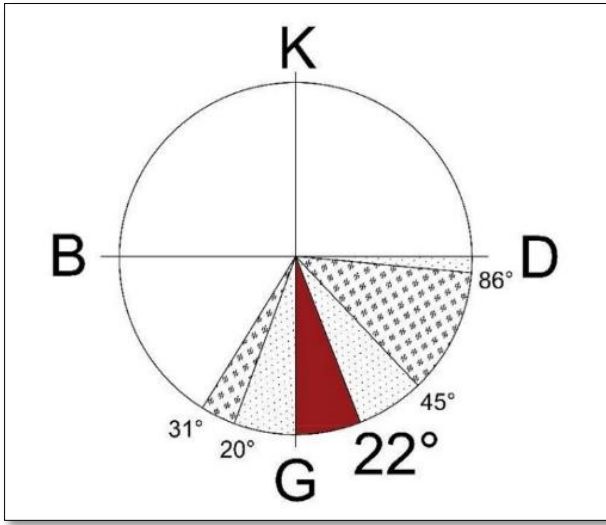
ağaçlar binaların uzağında konumlandırılırken, binaların yakınlarında ise daha çok alçak gövdeli ve yaprak döken ağaçların kullanılması uygundur (Olgyay, 2015).



Şekil 2.20. Soğuk iklimde yapıların güneşe bakan yamaçlara yerleştirilmesi (Jahawar, 2012)

Soğuk iklimlerde, ısı kazanımı arzu edilen bir tasarım yaklaşımıdır. Bu nedenle, güneş ışınlarına daha iyi erişim için binalar bir tepenin veya dağın güney yamacında olması tercih edilmelidir (Şekil 2.20) (Jahawar, 2012). Ayrıca, bu yamaçların orta bölümleri rüzgar etkisini azaltmak ve soğuk hava akımından korunmak için uygun olabilir (Biket, 2006).

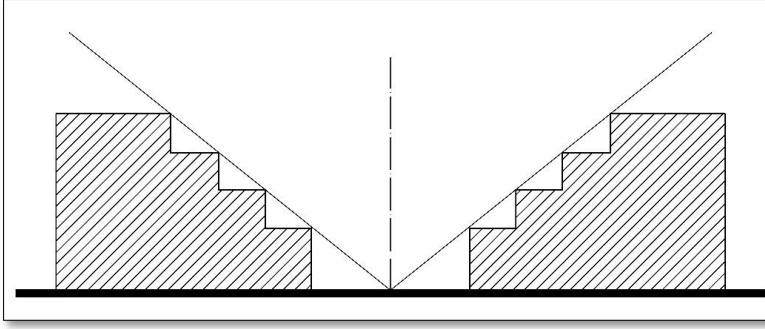
Yapıların bir bölümünün toprağa gömülü olması da soğuk iklim bölgelerinde sıklıkla tercih edilen bir durumdur. Bu konum için amaç, soğuk rüzgarlar ile karşı karşıya kalan ve ısıyı kaybedecek yüzey alanını minimize etmektedir. Soğuk iklim bölgelerinde sert iklim koşullarına karşı alınan en önemli önlemlerden biri yapıların güneşe yönlendirilmesidir. Soğuk iklim bölgesinin sahip olduğu olumsuz özelliklerden kaçınmak için yapıların doğu ve kuzey cephelerinde az sayıda ve daha küçük pencereler kullanılırken güney ve batı cephelerinde geniş alanlı ve sık pencerelerin kullanılması öngörülmektedir (Manioğlu ve Oral, 2010).



Şekil 2.21 Soğuk iklimde uygun güneş yönlenmesi (Orhon ve diğerleri., 1988 aktaran (Karagülle, 2009)

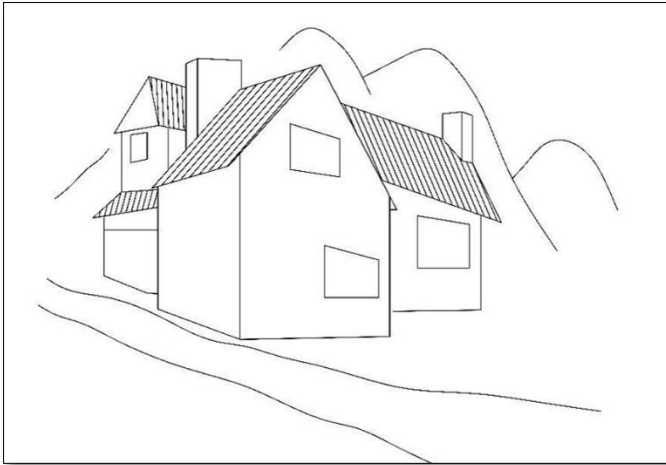
Soğuk iklim bölgelerindeki temel tasarım yaklaşımı, ısı toplamak için kış güneşi erişiminin en fazla olduğu güney yönünden maksimum fayda sağlanmasıdır. Soğuk iklim bölgesi tasarım stratejileri, iç ısı kazanımını artırmak amacıyla güneş ışınlarından faydalanan mekanların elde edilmesine, mekanların ya da ısı depolama duvarlarının doğru yönlendirilmesine yardımcı olur (Dekay ve Brown, 2013). Yalıtımsız ve farklı bina şekillerine sahip binalarda, binanın yönüne bağlı olarak %1-8 arasında bir ısıtma enerji tasarrufu oranı elde edildiği ortaya koyulmuştur (Aksoy ve Inalli, 2006).

Yapılan bilimsel çalışmalar, ülkemiz için optimum güneş yönlenmesinin güneyden 22° güneydoğuya bakan konumlar olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, Şekil 2.21’de de görüleceği üzere iyi yönlenmelerin 20° güneybatı ile 45° güneydoğu arasında olması önerilirken tercih edilmesi gereken yönlenmelerin 31° güneybatı ile 86° güneydoğu arasında olması tavsiye edilmektedir (Orhon ve diğerleri, 1988; aktaran (Karagülle, 2009).



Şekil 2.22. Soğuk iklimde, yapılar arasındaki boşluk ve yapıların güneş ışınlarına erişimi (Jahawar, 2012)

Soğuk iklimlerde, güneş ışınlarının maksimum seviyede binaya girebilmesi için sokakların doğu-batı aksında olması ve yan taraftaki binaların genişliğinin diğer taraftaki binaları gölgelemeyecek şekilde olması gerekir. (Jahawar, 2012) (Şekil 2.22)

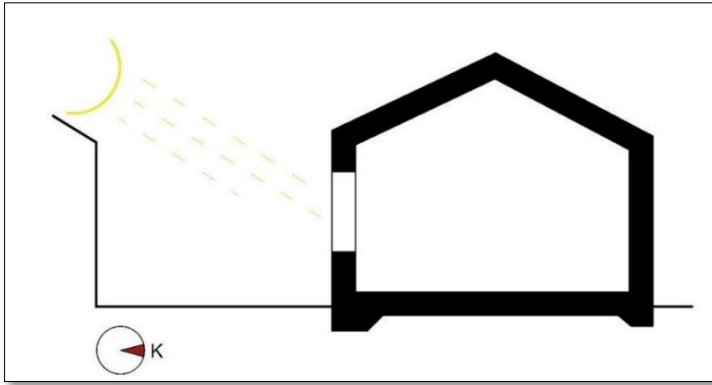


Şekil 2.23. Kompakt yapı formları ile minimum ısı kaybı (Jahawar, 2012)

Soğuk iklim bölgelerinde dikkat edilmesi gereken bir diğer tasarım kriteri mümkün olan en düşük hacim/yüzey oranının yakalanmasıdır. En az iki veya çok katlı binalar; Şekil 2.23'te olduğu gibi kompakt şekilde, güneşten maksimum düzeyde yararlanacak biçimde tasarlanmalıdır (Olgyay, 2015).

Binalarda minimum taban alanı kullanılarak ısı kaybı azaltılmalıdır (Biket, 2006). Merdiven, banyo, depo gibi daha düşük sıcaklık gereksinimli mekânlar daha az güneş alan yönlerde konumlandırılabilir. İnsanların daha fazla vakit geçirdikleri ve daha yüksek sıcaklık gereksinimli yaşam alanları ise güneş ışınlarından doğrudan yararlanacak şekilde konumlandırılmalıdır. Bu tür bir tasarım yaklaşımı, yapının enerji tüketimini optimize

etmeye önemi ölçüde katkıda bulunacaktır. Kuzeye bakan mekânlar, kış aylarında soğuk bölgelerde çok az güneş ışığı almaktadır; bu da enerjinin korunumu açısından olumsuz bir durum olarak değerlendirilirken; güneye bakan mekânlar gün boyunca çok fazla güneş radyasyonu yakalayabilmektedir. Dolayısıyla yönlenmeden kaynaklanan bu fark aynı ısıtma koşulunda iki farklı sıcaklık bölgesi ile sonuçlanmaktadır. Sonuç olarak, yapı tasarlanırken, ana mekânların güney bölgesinde ve yardımcı mekânların da kuzey bölgesinde düzenlenmesi gerektiği açıktır. Yardımcı mekânların kuzey bölgesinde toplanması ve bu mekânların güneş ışığı erişiminin az olması yapının enerji performansını olumsuz yönde etkilemeyecektir (Jin ve Zhao, 2011). Mutfak gibi ısı üreten boşlukların ise bina düzleminin merkezine yerleştirmek enerji tüketiminin azaltılmasında etkili olacaktır (Nikpour, Kazemian, ve Bahmani, 2012).



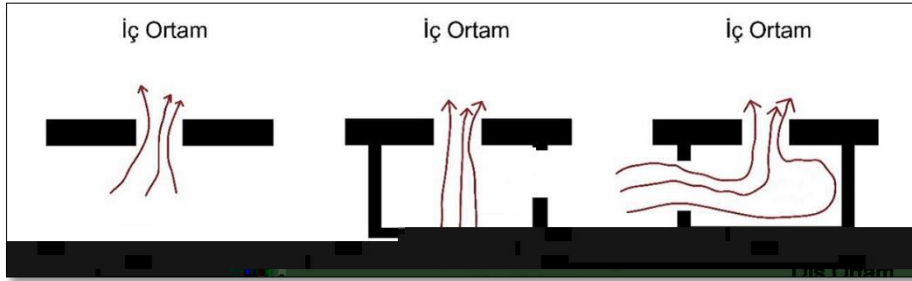
Şekil 2.24. Soğuk iklim bölgelerinde güneye dönük pencereler (Iyengar, 2015)

Pencereler, Şekil 2.24’da olduğu gibi doğrudan kazanımı kolaylaştırmak için güneye dönük olmalıdır (Jahawar, 2012). Optimum doğrudan kazanç için, güneye bakan pencere alanı, kullanılan pencerenin türüne ve yapıdaki termal kütle miktarına bağlı olarak iklim için doğru boyutlandırılmalıdır (Iyengar, 2015).

Isı kayıplarını azaltmak için havalandırma oranı minimumda tutulmalı, ancak sağlık veya nem sorunlarına neden olmayacak seviyede tutulmalıdır (Rosenlund, 2000). Mekânda etkin ısınma ve yeterli havalandırmayı sağlamak amacıyla, güneş ışığı almak için bırakılan açıklıkların havalandırma açıklıklarından daha büyük olması gerekmektedir.

Binanın girişi, en sık kullanılan bina açıklıklarından biridir. Giriş tasarımında ana hedef konvektif ısı kaybını azaltmak olmalıdır. Giriş, dışarıdaki soğuk havanın binaya girmesini önlemek ve aynı anda binadan dışarıya çıkabilecek olası ısı kaybını en aza indirecek

şekilde tasarlanmalıdır (Jin ve Zhao, 2011). Binanın giriş ve çıkış noktalarında Şekil 2.25'deki gibi rüzgarlıkların bulunması ısı kaybını azaltmada etkin rol oynamaktadır (Jahawar, 2012).



Şekil 2.25. Giriş kapısında rüzgârın etkileri (Jahawar, 2012)

Binadaki girişin konumu fonksiyon düzenine bağlıdır. Binaın merkezi olan giriş, genellikle binanın fonksiyon merkezinde bulunur. İç ve dış mekan arasındaki köprü ve geçiştir. Giriş, yalnızca içeriye ve dışarıya bağlanan “kilit nokta” değil, aynı zamanda "hava girişi" dir. Özel konumu ve işlevi, enerji tasarrufu konusundaki durumunu belirler. Soğuk hava girişindeki bina girişlerinde soğuk hava sızmasını ve bina enerji tüketimini azaltmak için hakim kış rüzgârıyla karşılaşmamak gerekir (Jin ve Zhao, 2011). Bina giriş ve çıkışlarında etkili koruma olarak kanopilerin, kanat duvarlarının, ön camların, vb. yerleştirilmesi ve detaylandırılması gerekir (Carter ve Stangl, 2012). Mimari tasarımda, dış mekanlarda yayaları korumak için arkatlı, kolonatlı geçitler, galeriler, yer altı geçitleri, ortak alanlara gidişlerde kolaylık sağlayıcı girişler ve mevsimlik kullanıma sahip ortak alanlar da düşünülebilir (Günel, 2004).

Bir binanın çatı yüzeyi, sadece tavan pencereleri ve mekanik ekipmanların yerleştirildiği bir bölge olmanın ötesinde geometrik formuyla yağmur ve kar gibi yağışların binadan uzaklaştırılmasını sağlamak ve çatılarda oluşacak buzlanma ve buz sarkıtlarının önlenmesine yardımcı olacak şekilde tasarlanmalıdır. Çatının rüzgar ve kar yüküne karşı dayanıklı olmasının yanı sıra çatıda oluşacak buzlanma ve buz sarkıtlarının önüne geçebilmek için çatı formunun tasarımı oldukça önemlidir (Çakıcı, 2018). Soğuk iklim bölgesinde yaygın olarak tercih edilen çatı tipi kırma çatıdır. Kar yağışının yoğun olmasından dolayı eğimi fazla olan dik çatılar tercih edilmektedir. Binaların saçak genişlikleri, bina cephesine gelen güneşin engellenmemesine olanak sağlayacak niteliktedir (Manioğlu ve Oral, 2010).

2.2.3. Yapım sistemleri ve malzeme seçimi

İklim faktörü yapı tasarımında etkili olduğu kadar tasarlanan yapının hayata geçirilmesi üzerinde de etkilidir. Yapıların inşaa edilme sistemleri, kullanılacak her bir malzeme ve malzemelerin ısı performansları iklim koşullarından doğrudan etkilenmektedir. Dolayısıyla yapım sistemleri ve malzeme seçimi; iç ortam sıcaklığı ile dış ortam sıcaklık farkının çok olduğu, etkili kar yağışların yoğun olduğu, donma ve buzlanma risklerinin fazla olduğu soğuk iklim bölgelerinde üzerinde durulması gereken önemli bir konudur.

Soğuk iklim verileri, binalarda kullanılan yapım sistemlerinin seçiminde etkili olmaktadır. Yapım sistemleri; binanın strüktürel sistemleri, cephe sistemleri ve çatı sistemleri başlıklarında incelenebilir. Seçilen yapım sistemine ve iklim koşullarına uygun malzeme seçimi ve detay tasarımları ise yapının enerji performansı açısından oldukça önemlidir (Carter ve Stangl, 2012).

Soğuk iklim bölgelerinde iç ve dış ortam sıcaklık farkı diğer iklimlere nispeten daha fazla olduğu için kullanılacak malzemelerde ekstra komplikasyonlara neden olur bu yüzden soğuk iklim bölgeleri için malzeme seçimi için zorluklar oluşmaktadır. Bu bölgelerde iklimin en çok etkilediği durum iç ortam ısı dengesidir. Bu bağlamda, binalarda ısı yalıtımı; daha iyi konfor koşullarını sağlamak için, iç yüzeylerin sıcaklığını yükseltmek ve ısıtma için kullanılan enerji miktarını azaltmak için önemlidir (Rosenlund, 2000). Doğal olarak dışarıdaki soğuğu iç ortamdan uzak tutmak için yalıtım uygulamalarının kalitesi ve niteliği soğuk iklim bölgelerinin vazgeçilmezi haline gelmektedir. Isı kaybına karşı koymak için; binanın soğuk havaya maruz kaldığı yüzey alanını azaltmak, hızlı ısınan ancak yavaşça ısı açığa çıkaran malzemeleri kullanmak, yaşam alanı ile dışarı arasında tampon boşluklar tasarlamak gerekmektedir (Jahawar, 2012). Malzemelerin bina performansını korumak için gereken bakım ve enerji bu malzemelerin maruz kaldığı sıcaklık değişimi ve süresi ile ilgilidir (Alseth ve Andersen, 2018).

Yalıtım, şiddetli soğuk iklimde yüksek performanslı binanın sahip olması beklenen önemli bir özelliktir. Binanın enerji tüketiminin yarısından fazlası cephenin ısı iletkenliğinden kaynaklanmaktadır. Kaybedilen ısı, ısıtma sistemi tarafından sürekli olarak yenilenir. Bu nedenle, cephenin kalitesi genel tüketimi doğrudan etkiler. Cepheye koruma özellikleri eklemek, ısıtmada günlük maliyetleri önemli ölçüde azaltabilir ve iç mekan ısıl konforunu

iyileştirebilir (Jin ve Zhao, 2011). Kalınlık ve hafiflik olarak daha az yer kaplayıp daha az az yük olacak yüksek yalıtımlı ince malzemeler soğuk iklimler için daha değerli olmaktadır (DOE, 2015). Yapının yalıtım seviyesini arttırmak için yapılması gereken uygulamalar aşağıdaki gibidir.

Uygun yapı malzemeleri ve yapım yöntemlerini kullanmak: Yapısal güvenlik gerekliliklerini yerine getirme önceliğinde, soğuk iklim bölgesindeki binalar için ısı iletim katsayısı (U değeri) daha düşük, yoğunluklu ve daha iyi mukavemetli izolasyon malzemesi kullanmak gerekmektedir. Dış yalıtım, iç yalıtımdan daha çok tercih edilmelidir. Yalıtım katmanı ve yapısal katman arasındaki arayüz nemlenme eğiliminde olduğundan, iç yalıtım yapılırken iç nem oranının önlenmesi için buhar geçirmez katmanın kullanılması önerilmektedir (Jin ve Zhao, 2011).

Su ve neme dayanıklı mekanlar sağlamak: Tüm iklimlerde bina kullanıcıları için nem gereklidir. Ancak soğuk iklimlerde, yüksek nem oranları olumsuz etkilere neden olmaktadır (ASHRAE, 2015). Yapı içerisindeki nem, gözenekli malzemenin suyu emmesine ve ısı iletim katsayısının artmasına neden olur. Soğuk iklimde, gözenekli malzemeler tarafından emilen bu nemin donma seviyesinde ısı iletim katsayısı daha da düşecektir. Dahası, bu don bina yapımının emniyet ve dayanıklılığını tehdit edecektir. Nem ve sudan kaçınmak için uygun drenaj stratejileri geliştirilmeli ve uygun yalıtım malzemeleri kullanılmalıdır (Jin ve Zhao, 2011). Yalıtım malzemeleri üzerinde oluşacak yoğuşmayı önlemek için, ısınma tarafında yeterli buhar bariyeri bulunmalıdır (Jahawar, 2012).

Isı Köprülerinden Kaçınmak: Binanın (kolon, giriş vb.) betonarme yapısal elemanları duvarlardan daha yüksek U değerine sahip elemanlardır. Isıl iletim katsayısı farklı elemanların bir araya gelmesi ile ısı köprüleri oluşmakta ve bu noktalardan ısı kaybı daha kolay olmaktadır. Isı köprülerinin etkisini önlemek ve hafifletmek için, yüksek U değerine sahip inşaat malzemelerinden kaçınmak gerekir. Bununla beraber ısı akışını engellemek için U değeri düşük bir malzemedan bu noktalara kısmi yalıtım katmanı uygulanabilir (Jin ve Zhao, 2011).

Soğuk havanın yapı içine sızmasını önlemek: Hava sızması, sıcaklık farkı veya rüzgar basıncından kaynaklanmaktadır. Soğuk hava sızmasını önlemek için, yapı kabuğundaki sızıntıların giderilmesi gerekir. Çerçeve ve duvar, çerçeve ve çerçeve, çerçeve ve cam

arasındaki yalıtımı geliştirmek için hava geçirmez malzemeler kullanmak gerekmektedir (Jin ve Zhao, 2011).

Pencerelerin ve kapıların boyutunu sınırlı tutmak: Pencereler, duvarlardan çok daha büyük U değeri sağıdır. Büyük alanlı pencerelerin kullanımı binanın daha yüksek ısıtma talebine neden olacaktır. Pencere boyutlarının yaşam standartlarını düşürmeyecek şekilde tasarlanmasının yanı sıra enerji tüketimini en aza indirmek için makul bir değeri sınırlandırılması çok önemlidir. Benzer olarak, pencereler gibi yüksek ısı akışına sebep olan kapıların büyüklükleri ve sayısı da işlevlerinden ödün vermeden asgari seviyelerde tutulmalıdır (Jin ve Zhao, 2011). Pencereler contalı ve tercihen çift camlı olmalıdır.(Rosenlund, 2000) Soğuk iklim bölgelerinin büyük çoğunluğunda ve birçok ılıman iklimlerde, binaların enerji tüketimi, camların gece yalıtılmasıyla büyük ölçüde azaltılır ve bu duruma hareketli yalıtım adı verilmektedir (Dekay ve Brown, 2013).

Yapının zemin katını doğru bir şekilde tasarlamak: Yapı kabuğunun unsurları arasında, zemin katının termal özelliğı insan sağığı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Günümüzde çimento, şiddetli soğuk iklim koşullarına dayanıklılığı, düşük maliyeti ve kullanımı kolay olduğu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, sıcaklığı çabuk iletmesi nedeniyle çimentonun ısı özelliğı tatmin edici değildir. Harbin Teknoloji Enstitüsü'nün ölçümlerine göre, 23°C olan çimento zemindeki ısı kaybı, 18°C olan ahşap bir zemine eşittir. Soğuk iklimde binanın zemin katı uygun yalıtım detayları ile tasarlanmalıdır. Soğuk bölgede, zemin katta dış duvarlar ile duvarlardan 50-100 cm uzaklığındaki bölge, yapının enerji tüketimine doğrudan etki edeceğinden bu bölgeye uygun yalıtım yapılması gerekmektedir (Jin ve Zhao, 2011). Donmuş zemin, kullanım hasarlarına sebep olurken, inşaat mevsimi ile inşaat malzemeleri, yöntemleri ve temel tipi seçiminde belirleyici bir role sahiptir (Ashrae, 2015). Soğuk bölgelerde donma ve buzlanmanın getireceğı olumsuz etkiler sebebi ile temelin zeminden yükseltilmesi tercih edilir (Oyeni, 1997).

Soğuk iklim bölgelerinde yüksek ısı emme ve depolama kapasitesine sahip malzemelerin kullanılması önemlidir. Dış yüzeylerin kar ve buz tutunmasını engellemek için pürüzsüz olması, güneş ışınlarını absorbe etmek için ise koyu renkli olması tercih edilmelidir (Biket, 2006).

Soğuk iklim bölgesindeki binalarda, kullanıcıların ısı konforuna uygun koşullar oluşturmak için yapı kabuğu tasarımı, planlama stratejileri ve ısıtma sistemleri düzenlemesinin iyi bir kombinasyonu gereklidir (ASHRAE, 2015). Soğuk iklimler için büyük ölçüde pasif bir unsur olan cephelerin tasarımı ve ısı performansı, ısıtma sistemlerinin tasarımı ve montajı ile bütünleştirilmelidir (ASHRAE, 2015).

Binaların genel enerji performansını iyileştirmek amacıyla cephe profilinde birçok farklı yaklaşımlar söz konusu olmaktadır. Güneş kırıcı elemanların ve/veya çift katmanlı cephelerin kullanımının artması, cephede donma ve buzlanma potansiyellerini artırıcı etkisinden dolayı buzlanma ve buz sarkıtlarının oluşumunu artırmaktadır. Benzer şekilde, yüksek performanslı camların kullanıldığı, hava geçiriminin minimize edildiği ve iyi yalıtılmış cephelerin enerji performansındaki genel artış da iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkını artırıcı etkileri ile binadan düşebilecek daha büyük buz ve buz sarkıtlarının oluşumlarına katkıda bulunacağından bu tür sistemlerin tasarımı ve kullanımında çok dikkatli olunmalıdır (Carter ve Stangl, 2012).

2.3. Soğuk İklim Bölgesinde Mevcut Konut Stoğunun Enerji Tüketimleri

Enerji ve çevre kirliliği, tüm dünyanın sürdürülebilir kalkınması için temel problem haline gelmiştir. İnşaat sektörü, küresel enerji tüketiminin %40'ını oluştururken küresel sera gazı emisyonlarının %30'una sebep olmaktadır (UNEP, 2020). İnşaat sektöründeki bu tüketimin üçte ikisini konut yapılarının tükettiği bilinmektedir. (Sharma, Saxena, Sethi, ve Shree, 2011) Bununla birlikte bir binanın yaşam döngüsü boyunca toplam enerji tüketiminin %80 ile % 85'i kullanım aşamasında gerçekleşir (Sharma ve diğerleri, 2011). Bu aşama; binanın ısıtılması, soğutulması, havalandırılması, aydınlatılması, ekipman işletimi, su temini, su ısıtma ve atık su arıtımının enerji maliyetlerini içerir (Scheuer, Keoleian, ve Reppe, 2003). Konut binalarındaki ısıtma yükünün yaklaşık %50'si duvarlardan, temellerden ve çatıdaki hava akışlardan kaynaklanmaktadır (DOE, 2015).

Bir binanın tükettiği enerji miktarı; binanın bulunduğu iklim bölgesi, kullanımı, kullanıcılar tarafından öngörülen termal konfor koşulları (iç sıcaklık, aydınlatma, vb.), bina kabuğu miktarı (ısıtılmış iç mekân ısıtılmamış dış mekândan ayıran yapısal elemanlar; temel, çatı, duvarlar, kapılar ve pencereler) (Manioğlu ve Yılmaz, 2006), bina zarfının kalitesi (enerji açısından, zarfın kalitesi ağırlıklı olarak yalıtımın kalınlığı ve pencerelerin

yönü, boyutu ve tipi (güneşten korunma, cam tipi) ile belirlenir) gibi yapıya ait çevresel ve fiziksel pek çok etmene bağlıdır (Richarz ve Schulz, 2013).

Bir yapının optimum oryantasyonu ile elde edilecek faydalar ise aşağıdaki gibidir.

- Proje tasarımının ilk aşamalarında alınabilecek kararlar ile düşük maliyetli bir proje sağlanır
- Yapının enerji ihtiyacını azaltır.
- Daha karmaşık pasif sistemlerin kullanımını azaltır.
- Gün ışığı miktarını artırır, suni ışık için enerji ihtiyacını azaltır ve binanın iç ısıtma yükünü azaltmaya katkı sağlar.
- Güneş kolektörlerinin performansını artırır (Pacheco ve diğerleri, 2012).

2.3.1. Opak ve saydam bileşenler açısından ısı performansın incelenmesi

Soğuk iklim bölgelerinde enerji tüketimi açısından yapı kabuğu elemanları ve yapılaşma kararları başrolü oynamaktadır. Bir önceki bölümde yapılaşma kararları incelemiş olup bu bölümde yapı kabuğu elemanları ve bu elemanlardan kaynaklanabilecek olası durumlar incelenmiştir. Yapıya ait enerji tasarrufu ve iç ortam konfor koşullarını etkileyen tasarım kriterleri, yön veya şekil faktörlerinden farklı olarak zarfının optik ve termofiziksel özellikleridir. Yapının bu özelliklerinde bakılacak en önemli nokta Isı Transfer Katsayısıdır (U). U değeri, yapı kabuğunun bileşenlerinin birim alan başına ısı kaybını belirlemektedir (Pacheco ve diğerleri, 2012).

Bir yapının dışarı ile temas eden ve yapının iç iklimi ile dış iklimini ayıran en büyük alana sahip elemanı duvarlardır. Bu yüzden soğuk iklim için ekstra önem arz etmektedir. Yüksek performanslı ve iyi yalıtılmış olmalıdır (Dehlin, Heincke, ve Koskinen, 2018). Dış duvar ve çatı yalıtımı için ekonomik optimum, tipik olarak 0.036W/(mK) termal iletkenlik varsayımıyla yaklaşık 24 cm'dir. 32 cm'lik yalıtım kalınlıklarının kullanılması eşit derecede düşük maliyetlidir, bu da daha fazla enerji tasarrufu sağlar (IPHA, 2014).

Yapı kabuğunun saydam bileşeni olan pencerelerin, yapıya gün ışığı, havalandırma ve ısı akışı sağlamak gibi pek çok işlevleri vardır. Isı akışı; mevsime, bina tipine ve binanın performansına bağlıdır (El-Darwish ve Gomaa, 2017). Pencereler yapı kabuğun en zayıf

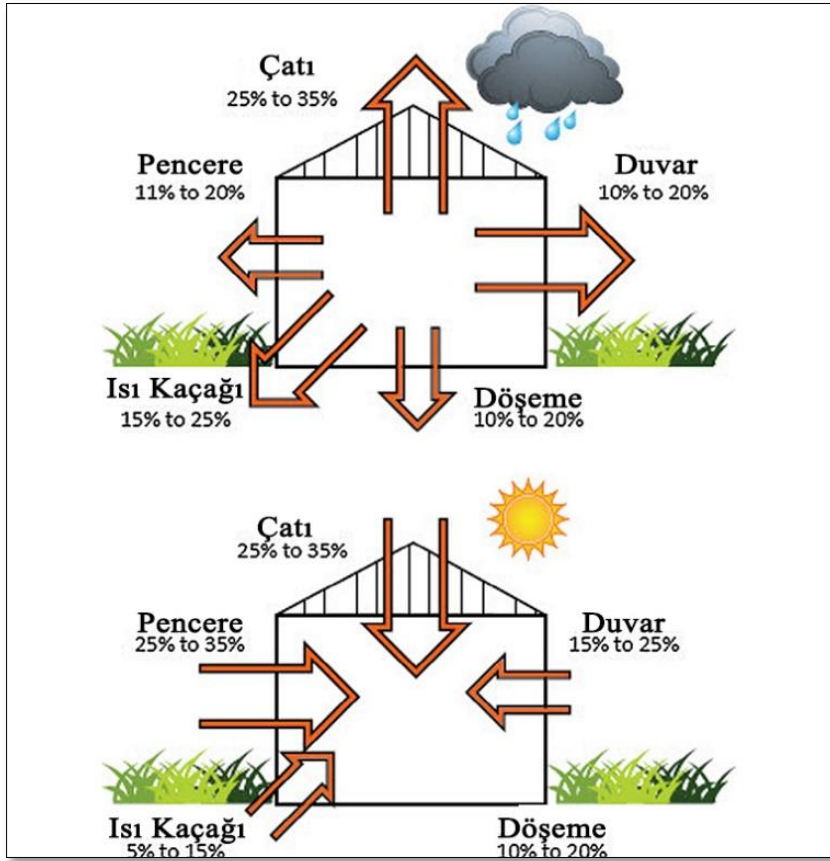
kısmı olarak değerlendirilmektedir ve standart bir konutta tüm ısı kaybının %10-20'si pencerelerden gerçekleşmektedir (Roos ve Karlsson, 1994). Yapılarda pencere tasarımını; performansı, ısı transferi, termal konforu, ışık iletimi ve görünüm açısından dikkate almak gerekir (Chaiyapinunt, Phueakphongsuriya, Mongkornsaksit, ve Khomporn, 2005). Pencereleri, çerçeve ve cam oranı açısından değerlendirmek gerekirse çerçeveler genel olarak pencerelerin %30-40 gibi bir bölümünü oluşturmaktadır. Ancak çoğu zaman camın termal performansı çerçeveden daha iyi olduğu için daha az çerçeve alanları tercih edilmektedir. Böylece daha yüksek cam çerçeve oranı daha yüksek güneş kazanımlarına izin verir. İç pencere yüzeylerinin ortalama sıcaklığı ise pencerelerin altına yerleştirilen radyatörlerin yardımı olmadan soğuk bir günde 17°C'nin altına düşmemelidir. Soğuk iklimlerde, yüksek izolasyonlu çerçeveler ve üçlü camlama gereklidir, bu da kurulu bir pencere için 0,85 W/(m²K) 'dan daha düşük U değerlerine sahip olmak demektir (IPHA, 2014). Pencerelerde yüksek izolasyon ve üçlü camlara ek olarak low-e kaplamalar kullanmak ısı kaybını önlemede oldukça verimlilik sağlamaktadır (Lechner, 2015). Low-e kaplamalar ısı kaçışının %70'lik büyük bölümünü denetleyebilmektedir. Yapılan çalışmalara göre 12 mm ara boşluklu ısıcamla kıyasla yalıtım değerini %36 oranında iyileştirebilmektedir (Akyürek aktaran (Bektaş ve Aksoy, 2005). U değerleri dışında, görünür geçirgenliklerini ve güneş ısı kazanımlarını dikkate almak gerekir (Rodriguez-Ubinas ve diğerleri, 2014). Ancak hala dünyanın birçok bölgesinde zayıf yalıtımlı çift cam hatta tek camlı pencereler vardır ve özellikle soğuk iklim bölgeleri için enerji tüketimi bakımından bu durum önemli bir sorun teşkil etmektedir.

Pencerelerin teknik özelliklerine ek olarak yapıda pencerelerin konumlandırılmaları da enerji tüketimi açısından önem arz etmektedir. Güneye dönük pencerelerin uygun ölçeklendirilmesi ile enerjideki tüketimden büyük oranda tasarrufu sağlanabilir (Chen, Fazio, Athienitis, ve Rao, 2012). Güney cephenin cam yüzdesi %50 oranlarında olabilecekken diğer cephelerin cam yüzdesi % 30 ile % 40 arasında olmalıdır (Hausladen, Liedl, ve de Saldanha, 2012). Daha büyük pencere alanlarına sahip evlerin, daha küçük pencere alanlarına sahip evlerden daha fazla enerji kullandığına dair genel bir algı vardır. Bu, geleneksel şeffaf camlı pencereler için geçerli olabilir, ancak yüksek performanslı pencerelerle, büyük bir pencere alanına sahip bir ev, küçük bir pencere alanına sahip bir alanla aynı miktarda enerji veya daha az enerji kullanabilir (EWC, 2013). Aynı zamanda normal performanstaki pencereleri azaltmanın da farklı etkileri olabilmektedir. Doğal gün ışığında bir azalmaya ve yapay ışıktaki karşılık gelen bir artışa neden olur. Bu, daha yüksek

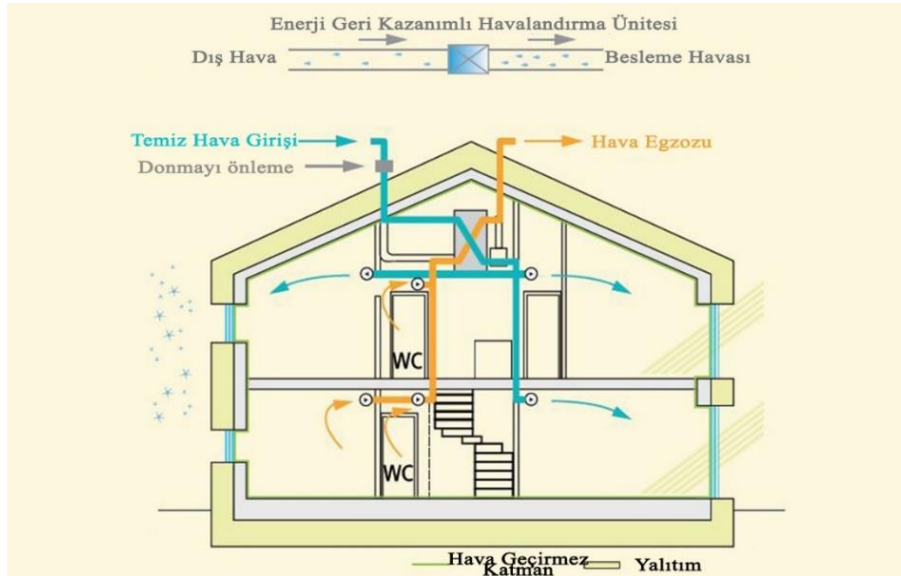
enerji maliyetlerinin yanı sıra iç ortam sıcaklığındaki bir artışı ifade eder (Reppel ve Edmonds, 1998). Dolayısıyla pencerelerin cephe ile oranını, her yapı için kendi özelinde değerlendirilerek efektif ve verimli bir tasarım gerçekleştirmek gerekir

Pencerelerde camların U değeri kadar kullanılan doğramaların termal performansı da çok önemlidir. Doğraması ahşap olan pencereler, alüminyum ve plastik doğramalı pencerelere kıyasla daha düşük U-değerine sahip olduklarından, pencerelerden kaynaklanan ısıtma enerjisi ihtiyacı için cam katman sayısına bağlı olarak % 1 ile % 18 oranları arasında tasarruf sağlamaktadır. Dolayısıyla soğuk iklim bölgeleri için ahşap doğramalı üç camlı pencereler sızdırmazlığın sağlanması şartıyla en verimli çözümler olmaktadır (Bektaş ve Aksoy, 2005).

Soğuk iklimin dezavantajlarından biri olarak donma sıcaklığında olan zaman süresinin uzun olmasıdır. Bu durum donmuş toprak ve don derinliği seviyesinin binaya etki etmesi ile sonuçlanır. Don nüfuz etme derinliği neme ve donma süresinin uzunluğuna bağlıdır. Binanın temeline etki eden don seviyesinden kaynaklı problemleri önlemek adına bina temelinin donma derinliği ile mesafeli ve bu kısımların yalıtımlı olmasını gerektirmektedir (Alseth ve Andersen, 2018).



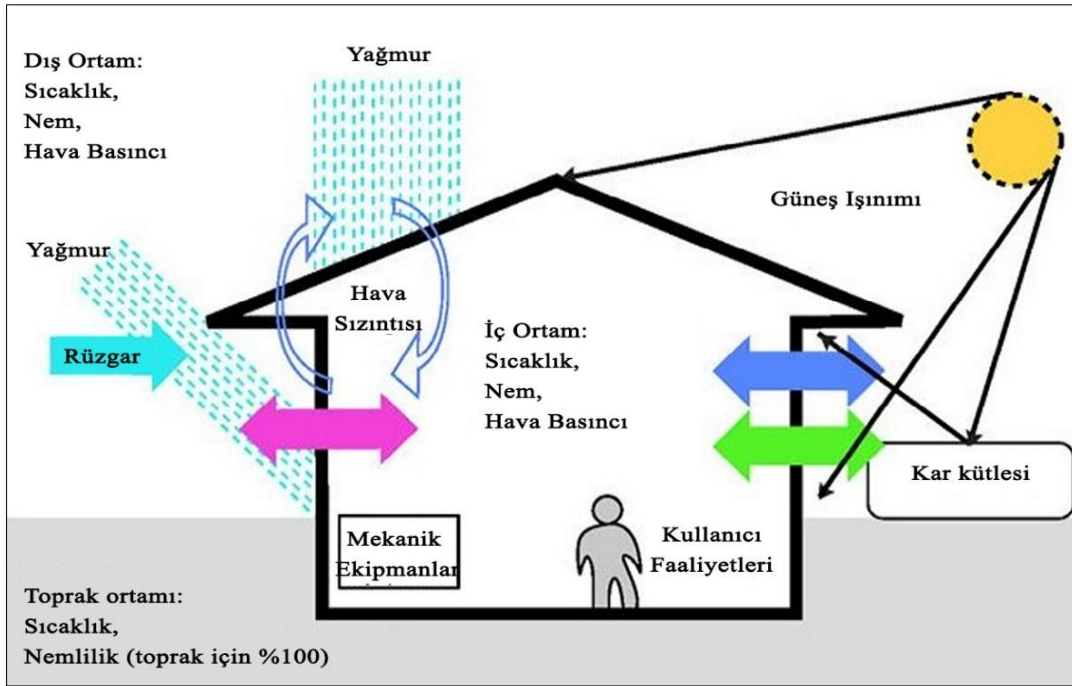
Resim 2.1. Soğuk iklimde yalıtımsız binalarda ısı akışı (El-Darwish ve Gomaa, 2017)



Resim 2.2. Soğuk iklimde pasif ev örneği (IPHA, 2014)

Soğuk iklimlerde çatı tasarımı, ana özellik olarak düşük sıcaklıklarla ilgilenmelidir. İşlevleri, binanın içindeki ısıyı korumak amacıyla yüksek ısı yalıtımını garanti etmesi gereken malzemelere düşer. Çatı seviyesinde az bulunan güneş, iletim, gökyüzüne

radyasyon ve konveksiyon ile kolayca kaybedilir. Agresif rüzgarlar konveksiyon termal kayıplarını arttırırken, açık gökyüzü çatıdan gökyüzüne radyasyonu destekler. Düşük iletkenlik, yüksek ısı yalıtımı veya yüksek termal kütle ısıyı içeride tutmak için en uygun malzemelerdir. Dış yüzeyle küçük bir yüzey değişimine sahip çatılar soğuk iklimlerde daha iyi performans gösterse de, çatının şekli ikincildir. Bununla birlikte, şekil esas olarak yağışın varlığı ve türü ile belirlenir. Eğer öyleyse, su veya karı duvarların dışına yansıtan eğimli çatılar binanın korunmasına katkıda bulunur. Suyun çıkarılması esas olarak çatının eğimi tarafından tanımlanan şekle düşer, çünkü birçok yapı malzemesinin düşük geçirgenliği veya yerel mimarideki küçük parçaların üst üste binme ihtiyacı, malzemeleri bu işlev için uygun bir şekle göre daha az güvenilir hale getirir (Lopez-Besora, Coch, ve Pardal, 2019).



Şekil 2.26. Binanın konfor koşullarını etkileyebilecek faktörler (Bodwell, 2012)

2.3.2. Isı köprülerinin incelenmesi

Soğuk iklim bölgelerinde insanlar zamanlarının çoğunu kapalı alanlarda; evlerinde iş yerlerinde veya okullarda geçirmektedir. Bu sebeple bulundukları mekanın ısı konforunun sağlanması kişilerin hem fiziksel hem psikolojik sağlığı açısından son derece önemlidir. Eğer insanların bulunduğu ortamlarda ısı konfor koşulları sağlanmazsa yani yalıtım eksiklikleri varsa kişilerde soğuk algınlığı romatizma gibi hastalıklar görülebilir. Sağlık

problemleri dışında enerji tüketimi ve maliyet açısından da burum zararlı olmaktadır (Saryal, 1983). Yapılarda ısıl dengenin sabit olmadığı bu detaylar ısı köprüsü olarak değerlendirilmektedir (Türkan, Canbolat, ve Etemoğlu, 2017).

Yapılarda ısıl köprülerin oluşmasının iki ana sebebi bulunmaktadır. Bu sebeplerin birincisi, yapı kabuğunun farklı ısıl özellikleri olan elemanlardan üretilmiş olmasıdır. İkincisiyse yapıda tasarlanan bir takım girinti-çıkıntıların çokluğu ile yapının yüzey alanının büyütülmesinden kaynaklanmaktadır (Yetgin, 2008). Yapı kabuğu bileşenler arasındaki hava ve nem hareketi için çok önemlidir. Bu nedenle yalıtımın düzgün bir şekilde monte edilmesini ve doğrudan iletken termal köprü bulunmamasını gerektirir (Alseth ve Andersen, 2018). Yapı kabuğu elemanlarının her birinin ısıl geçirgenlik değerinin farklı olması sebebiyle ısıl performans ve ısıl denge açısından bir süreklilik sağlanmadığı için ısıl köprüler oluşmaktadır. Dolayısıyla duvar, döşeme, taban, çatı balkon, konsol, ve pencere/duvar birleşimlerinin ısı köprüsü oluşmayacak şekilde yalıtılması gerekmektedir (Yaman ve diğerleri, 2015).

Yalıtım malzemeleri olarak genellikle cam yünü, taş yünü gibi lifli malzemeler ile polistren esaslı XPS ve EPS gibi sert köpükler kullanılmaktadır. Bir malzemenin Isı Yalıtım Malzemesi olabilmesi için ISO ve CEN standartlarına göre Isı İletkenlik katsayısı (λ) 0,065 W/mK'den daha küçük olması gerekir (Yaman ve diğerleri, 2015). Bu demektir ki bir yalıtım malzemesine ait ısıl iletkenlik değeri (u) ne kadar düşükse, ısı geçirmesine karşı dayanımı da o kadar yüksektir.

Bir pencere duvara yanlış monte edilirse önemli ısı köprüleri oluşabilir. Pencere, termal köprü etkilerini en aza indirmek için duvarın yalıtım katmanına ustaca yerleştirilmelidir. Bu genellikle yalıtımın pencere çerçevesindeki bağlantılarla çakışacak şekilde uzatılmasını gerektirir. Bir binanın hava sızdırmazlığını artırmak, en uygun maliyetli enerji verimliliği önlemidir. Daha sonraki bir aşamada kötü hava sızdırmazlığını telafi etmek, her zaman en başından dikkatli inşaat yöntemlerini kullanmaktan daha karmaşık ve dolayısıyla daha pahalı hale gelir. Hava geçirmezlik iyi yapılırsa ek maliyet getirmez. (IPHA, 2014) Sıcaklık farklılıkları ve rüzgar gibi doğal hava koşulları hava kaçakını artırabilir. Hava kaçağı, sızdırmazlık malzemeleri, contalar ve ek pencere panelleri kullanılarak azaltılabilir (El-Darwish ve Gomaa, 2017). Çok sayıda bina tipindeki simülasyon, hava kaçakının

azaltılması ile ısıtma ve soğutma enerjisinin %5-40'ından tasarruf edebileceğini göstermiştir (IEA aktaran (El-Darwish ve Gomaa, 2017).

2.3.3. Isıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerinin (HVAC) incelenmesi

Çevresel kirliliğin artması ve beraberinde getirdiği sağlık sorunları nedeniyle artık iç ortam konfor koşulları mimari tasarım sürecine doğrudan etki etmektedir. Özellikle insan yoğunluğunun fazla olduğu mega kentlerde yaşayan bireyler günlerinin neredeyse tamamını kapalı mekanlarda geçirmektedirler. Çalışma alanları, yaşama alanları, eğlenme alanları gibi pek çok işlevsel farklılıklara rağmen kapalı mekanlardan uzak durmak neredeyse imkansız hale gelmiştir. Dolayısıyla günümüzün tamamını geçirdiğimiz bu mekanların ısısı, temiz havası, aydınlatması bizler için hayati önem taşımaktadır. Kapalı mekanların iç hava kalitesini konfor koşullarında dengeleyen HVAC (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*) sistemler çeşitli çözüm yolları sunmaktadır.

HVAC sistemler yapıya ait ısıtma, soğutma, havalandırma ve iklimlendirme ihtiyaçlarından birine veya birkaçına teknolojik ekipmanlar ile ve bunlara tabii olan sistemler ile yapıya hizmet eden ağların birleşim noktasıdır. Yapı söz konusu HVAC sistemin bir veya birkaç farklı kombinasyonunu barındırabileceği gibi bu sistemler birbirlerine de destek ve servis sağlıyor olabilir (Öztürk, Atalay, ve Yılcı, 2005).

HVAC sistem seçimi için en önemli nokta yeterli verilerin toplanması ve seçilecek olan sistemin kullanım süresinin ön görülmesi olarak kabul edilebilir. Yapının kullanıcı profili, kullanım süresi, ısıtma ya da soğutma temelli bir seçim yapılması gibi pek çok kriter devreye girmektedir. Dolayısıyla bir HVAC sistemi seçilirken yapının işletmesine ve tüm sistem bileşenlerine en uygun sistem seçilmesi doğru olacaktır (Küçükçalı, 2007). Soğuk iklim bölgeleri için HVAC seçimi yapılırken ısıtma ihtiyacının süresinin soğutma ihtiyacının süresinden daha fazla olması sebebiyle ısıtma öncelikli bir sistem seçimi yapmak gerekecektir. Isıtma öncelikli sistemlerde, ısınan havanın yükselmesi sebebiyle ısıtma mekanın alt kotlarından sağlanmalı ve sessiz çalışan cihazlar tercih edilmelidir. Aynı zamanda mekanda soğuk hava girişi olabilecek bölge olan pencere açıklıkları altına yerleştirilecek ısıtma ekipmanları doğru bir seçim olarak değerlendirilebilir (Özcan, 2019). Eski kazanların verimli ısıtma cihazları ile değiştirilmesi, gaz yoğunlaşmalı kazanlar ve ısı

pompaları gibi daha verimli ısıtma sistemlerinin kullanılması ile enerji tüketimini neredeyse % 30 oranında azaltabilir. Isıtma amaçlı ısı pompaları dahil edilerek ilave iyileştirmeler elde edilebilir. Bununla birlikte, eski yalıtımsız binalarda olduğu gibi, binanın kendisinin yenilenmediği durumlarda, gerekli yüksek ileri akış sıcaklıklarını karşılamanın tek yolu bu olduğundan, ısı pompasını geleneksel bir kazanla birleştiren iki değerli sistemler kullanılmalıdır (Bosseboeuf ve diğerleri, 2015; Richarz ve Schulz, 2013).

Havalandırma sistemi yaşamının çoğu kapalı alanlarda geçen insanlar için iç ortam konfor koşullarını sağlamada çok önemli bir rol oynar: temiz, polen içermeyen, tozsuz hava sağlarken, aşırı nem ve kokuları meydana geldiklerinde ortadan kaldırır. Bunu sağlayabilmek için pencereleri açmak, tipik olarak bir binanın toplam enerji talebinden daha fazla ısı kaybına neden olur. İç mekan hava kirliliğinin azalması, iyi bir havalandırma sistemine yatırım yapmak için yeterli nedendir. Bu tür sistemlerin maliyetleri aslında ekstra inşaat masrafları ile sonuçlanır. Ancak çoğu iklimde, sistemin yüksek verimli ısı geri kazanımı ile birlikte sağlanması, bu yatırım maliyetlerinin bir kısmının, bina yaşam döngüsü boyunca enerji tasarrufu şeklinde geri kazanılabileceği anlamına gelir. Isı geri kazanımlı havalandırma sistemleri bu nedenle daha soğuk iklimlerde vazgeçilmezdir. Isı eşanjörünün içinde ılık, eski havadan (egzoz havası) gelen ısı soğuk, gelen, dış havaya iletilir, böylece ısı kayıpları önemli ölçüde azalır. Aşırı yaz sıcaklığında, bu sistem binaya verilen temiz havanın ön soğutmasını yaparak bir dereceye kadar ters yönde çalışabilir. Isı eşanjörünün verimliliğine bağlı olarak, ısı hacminin %90'ından fazlası transfer edilebilir, böylece besleme havası neredeyse oda sıcaklığında gelebilir. Isı geri kazanımlı bir havalandırma sisteminin çalıştırılması ve bakımı kolaydır. Hijyenik nedenlerden dolayı, bu sistemlerin dış hava girişleri yüksek kaliteli filtrelerle, egzoz hava valfleri ise kaba filtrelerle donatılmıştır. Bu filtreler, bina konumuna bağlı olarak yılda bir ila dört kez düzenli olarak değiştirilmelidir (şehirler kırsal alanlardan daha kirli havaya sahiptir). (IPHA, 2014) Genel bir kural olarak, havalandırma sistemi kişi başına saatte 30 m³ temiz hava sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Kişi başına 30 m²'lik bir yaşam alanı için bu, 1 m³/(m²h) besleme havası hacmine eşittir.

Elektrik genellikle toplam enerji kullanımının çok büyük bir payını oluşturmaktadır. Gün ışığının optimize edilmiş kullanımını geleneksel “düşük enerjili” ampullerden çok daha az enerji kullanan LED'lerle tamamlayarak, enerji tasarrufu özellikle düşük maliyetli bir şekilde elde edilebilir. Geliştirilmiş ışık kalitesi, anlık ışık ve daha uzun ampul ömrü LED

teknolojisinin ek avantajlarıdır. Enerji tasarruflu BT ve iletişim cihazları da elektrik kullanımının önemli ölçüde azalmasına yardımcı olabilir: çağdaş dizüstü bilgisayarlar standart masaüstü bilgisayarlara göre %75 daha az enerji gerektirir. Bu tasarruflar tablet bilgisayarlar kullanılarak iki katına çıkarılabilir. Buzdolapları, dondurucular, bulaşık makineleri ve çamaşır makineleri söz konusu olduğunda, en verimli cihazları satın almak işe yarar: Ek maliyetler genellikle kullanımları sırasında tasarruf edilen enerji ile telafi edilir. Örneğin, enerji tasarruflu ampuller veya LED teknolojisinden faydalanmak, enerji tasarrufuna ve ısı yüklerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bu tür sistemlerin günün saatine ve kullanım türüne göre düzenlenmesini sağlamak gerekir (IPHA, 2014).

2.4. Soğuk İklim Bölgelerindeki Yenilenmiş Toplu Konut Yapılarının Enerji Performansına Dair Analiz: Avrupa Kıtasından Örnekler

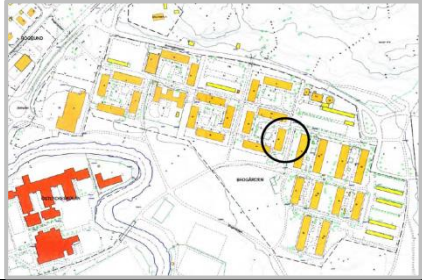
Çalışmanın bu bölümünde soğuk iklim türüne sahip olan 3 Avrupa ülkesinden örnekler incelenmiş olup; bu örneklerle ait yapı kabuğu elemanları, U değerleri, yapılan değişiklikler, yapı kimlik bilgileri, enerji tüketim değerleri gibi yapı özellikleri değerlendirilmiştir. Bu tablolar oluşturulurken Seyit Ahmet Yarkin'ın Gazi Üniversitesi Mimarlık Programında tamamladığı yüksek lisans tezinde hazırlamış olduğu tablolar örnek olarak alınmıştır.

2.4.1. İsveç Brogarden toplu konut örneği

1971-73 yıllarında inşası tamamlanmış bu yapı, 3 katlı, 2 ya da 3 odalı, asansörsüz ve toplamda 300 adet konutu bünyesinde bulunduran bit toplu konut yapısıdır. Yenilemenin ilk kısmında 18 adet konut yenilenmiş diğer konutlar için de buradan analizler çıkarılmıştır (Danielsson. A., 2015; Höfler ve diğerleri, 2017). Enerji tüketimine bakıldığında yenileme ihtiyacı kesin olan yapı özellikle cephe, yapı kabuğu açısından oldukça verimsiz olduğu belirtilmektedir. Ayrıca yapıda havalandırma-radyatör sistemlerini değiştirmek, iç ortam konfor koşullarını iyileştirmek, erişilebilirliği artırmak ve enerji verimliliğini artırmak hedefleri ile yenileme yapılmıştır (Höfler ve diğerleri, 2017; Janson ve Wall, 2007). Yenileme pasif ev teknolojisi kullanılarak yapılmış olup bu yenileme ile bina ömrünün 50 yıl daha uzatıldığı düşünülmektedir (Danielsson, 2015).

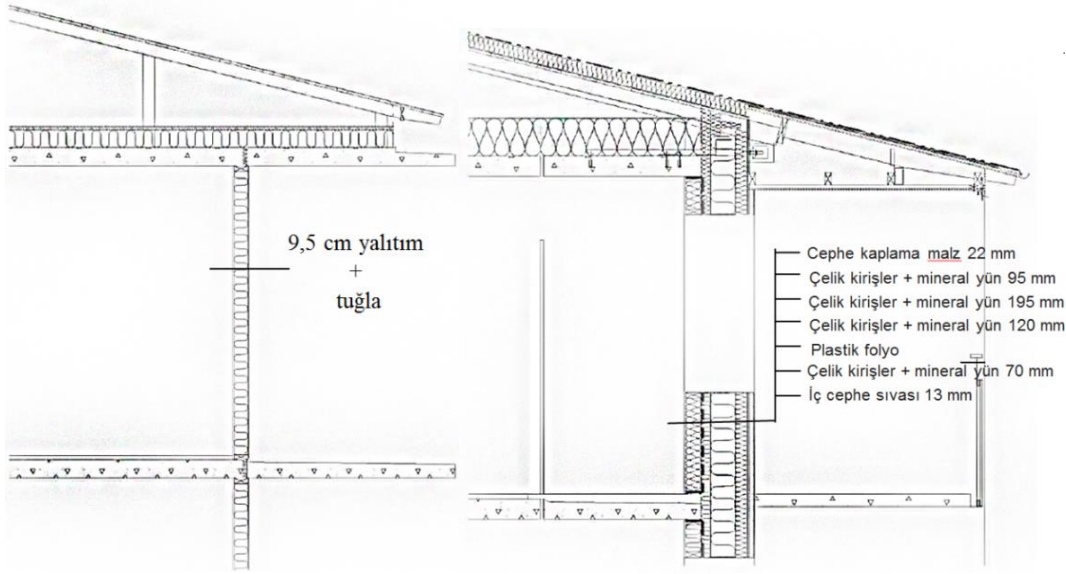
Çizelge 2.1.'de de görüleceği üzere yapıya ait kimlik bilgileri ve yapının arazi durumunun düz olduğu yönlenmesinin ise kuzey-güney doğrultusundadır. Dikdörtgen bir yapı formu tercih edilmiştir.

Çizelge 2.1. Brogarden örneğine ait yapı kimlik bilgileri (Adolfsson ve Andersson, 2016; Danielsson. A., 2015; IEA, 2013; Janson ve Wall, 2007; Johansson, 2012; Mørck ve diğerleri, 2016; Morrin, 2014)

İsveç- Brogarden Toplu Konut Örneği		
Yapı Kimlik Bilgileri		
Yapım Yılı/Yeri	1971-1973 / Brogarden, Alingsas	
Arazi Durumu	Eğimi az, düz arazi	
Bina Yönlenmesi	Kuzey-Güney	
Kat Sayısı/Konut Sayısı	3 Kat/ 18 Konut	
Bina Sayısı/Yerleşim	1 Blok/ Ayrık Nizam	
Yenileme Yılı/ Mimarı	2008/ Efem architects	
Yıllık Enerji İhtiyacı	175 Mwh	

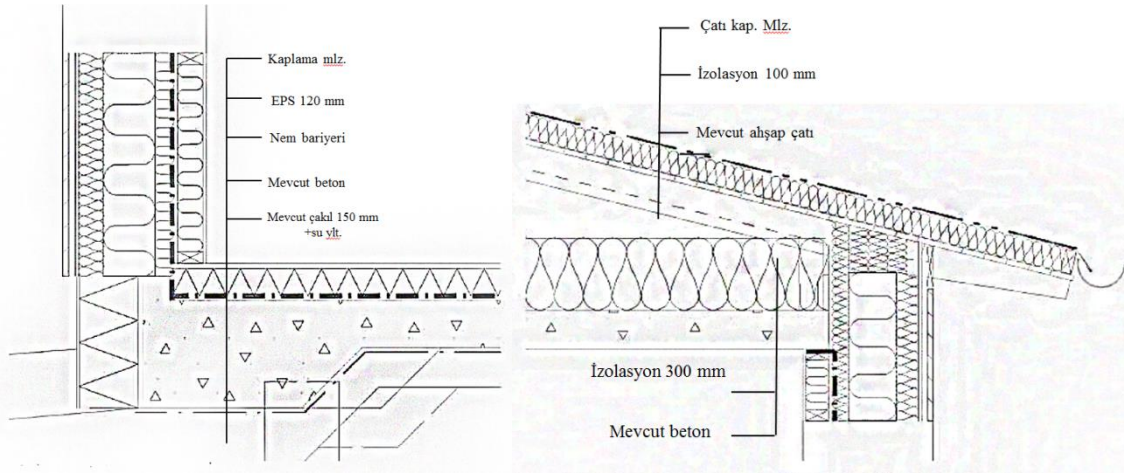
Yenilenme yapılmadan önce duvarlar 95 mm yalıtım ve tuğlalardan oluşmaktadır. Ayrıca U değerinin $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{-K})$ olduğu kaydedilmiştir. Yenileme yapıldıktan sonra ise dış duvarların U değerinin yaklaşık olarak $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{-K})$ olduğu bilinmektedir. Ayrıca yapıdaki ısı köprüleri minimize edilmiştir (Adolfsson ve Andersson, 2016; Höfler ve diğerleri, 2017).

Yeni bir dış duvar tipi geliştirilmiş olup dış duvara ait imalat sırası Şekil 2.28'deki gibidir (Danielsson. A., 2015).



Şekil 2.27. Brogarden örneğine ait yenilemeden önce ve yenilemeden sonra yapı kabuğu (Danielsson, 2015; IEA, 2013)

Zeminin yalıtımsız betondan oluştuğu bilinmektedir (Höfler ve diğerleri, 2017). Yenilenme yapılmadan önce $0,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{-K})$ U değerine sahip olan yapı yenilendikten sonra ise $0,26 \text{ W}/(\text{m}^2\text{-K})$ U değerine sahip olmuştur (Adolfsson ve Andersson, 2016). Yenilendikten sonraki imalat farklılıkları Şekil 2.27’de görülmektedir.



Şekil 2.28. Brogarden örneğine ait yenilendikten sonra döşeme ve çatı detayı (Danielsson, 2015)

Yenilemeden önce çatı döşemesinde 300 mm’lik bir yalıtım plağı olduğu bilinmektedir (Höfler ve diğerleri, 2017). Cephe elemanlarının genişlemesinden kaynaklı olarak bu elemanları örtecek şekilde çatı genişletilmiş (Şekil 2.28) ve yalıtım katmanı eklenmiştir. (Adolfsson ve Andersson, 2016).

Yenilenmeden önceki binaya ait pencereler alüminyum çerçeveye sahip olup U değeri $2,0W/(m^2-K)$ olan çift camlı pencerelerdir. Yenileme yapıldıktan sonra 3 katmanlı pencereler kullanılmış ve pencerelerin U değeri 0,8' düşmüştür (Adolfsson ve Andersson, 2016) Kapılar ise daha düşük U değerine sahip olan kapılar ile değiştirilmiştir (Höfler ve diğerleri, 2017). Brogarden toplu konut örneğine ait yenileme çalışmaları öncesi ve sonrası ile kıyaslamalı bir şekilde aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Ayrıca önceki ve sonraki U değerleri Türkiye'de yenileme yapılacak olan soğuk iklim bölgesindeki yapılarda istenen U ile değerleri kıyaslanmıştır.

Yapıya ait yenilemeler enerji verimli ve enerjiden bağımsız olarak düşünülmüş olup aşağıdaki listede sıralanmıştır.

- Enerji verimliliği açısından yapılan yenilemeler;
- Yeni cephe malzemesi
- Zemin katta, duvarlarda ve çatıda yalıtım
- Balkonların yenilenmesi
- Düşük U değerine sahip kapı/pencereler
- Yapı kabuğunun hava sızdırmazlığı
- Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma
- Bina girişinin yenilenmesi
- Enerji tasarruflu ev aletleri
- Sıcak su kullanımı için çatıda güneş panelleri yapılmıştır (IEA, 2013; Johansson, 2012).

Enerjiden bağımsız yapılan yenilemeler sonucunda;

- Daha iyi iç mekan iklimi
- Yeni balkonlar ve daha geniş oturma odaları
- Daha fazla erişilebilirlik (zemin kat)
- Yeni su / kanalizasyon sistemi, banyolar, elektrik tesisatları, mutfaklar yenilemeleri yapılmıştır (Höfler ve diğerleri, 2017).

Çizelge 2.2. Brogarden örneğine ait yenileme bilgileri (Adolfsson ve Andersson, 2016; Danielsson. A., 2015; Höfler ve diğerleri, 2017; IEA, 2013; Janson ve Wall, 2007; Johansson, 2012; Morrin, 2014; Schimschar, Boermans, Heperkan, Şen, ve Yanardağ, 2017)

İsveç- Brogarden Toplu Konut Örneği								
Yenileme Çalışmaları		U Değeri W/(m ² -K)		TR-U değeri W/(m ² -K)	Toplam Kalınlık		Değişiklikler	
		Önce	Sonra	Soğuk İklim	Önce	Sonra	Önce	Sonra
Yapı Kabuğu Elemanları	Duvarlar	0,40 W/(m ² -K)	0,12 W/(m ² -K)	0,19 W/(m ² -K)	9,5 cm yalıtım +tuğla	48,3 cm	9,5 cm yalıtım	Çelik kirişlerden ve mineral yünden yeni cephe tipi
	Pencerele r/Kapılar	2,0 W/(m ² -K)	0,8 W/(m ² -K)	1,10 W/(m ² -K)	-	-	Çift camlı	Üç camlı
	Temel/ Zemin Döşeme	0,50 W/(m ² -K)	0,26 W/(m ² -K)	0,28 W/(m ² -K)	32 cm	46,7 cm	Yalıtımsız	Isı yalıtımı, su yalıtımı ve zemin kaplama malzemesi
	Çatı	0,30 W/(m ² -K)	0,10 W/(m ² -K)	0,13 W/(m ² -K)	30 cm	54 cm	15 cm yalıtım	+23 cm yalıtım
								
Yenilenmeden Önce		Yenilendikten Sonra						

Brogarden toplu konutları pasif ev teknolojisine göre yenilenmiş olup, iç ortam konfor koşulları sağlanmış ve konut içi sıcaklığın yıl boyunca yaklaşık 20°C olduğu kaydedilmiştir. (Morrin, 2014) Yenileme yapılmadan önce konutlara asansör ile erişim yokken yenileme yapıldıktan sonra kullanıcı konforu adına asansör eklenmiştir (Danielsson, 2015; Höfler ve diğerleri, 2017). Yapıdan çıkan eski balkonlar ısı köprülerini azaltmak adına oturma odasına dahil edilmiş olup yeni balkonlar cephenin dışına inşa edilmiştir (Adolfsson ve Andersson, 2016; IEA, 2013).

Çizelge 2.3. Brogarden örneğine ait yenileme öncesi ve sonrası enerji tüketimi

İsveç- Brogarden Toplu Konut Örneği		
Enerji Tüketimi	Hesaplanan	Ölçülen
Yenileme öncesi	175 MWh / yıl	175 MWh / yıl
Yenileme sonrası	74 MWh / yıl	77 MWh / yıl
Tasarruf	101 MWh / yıl	98 MWh / yıl

Çizelge 2.3.'te de görüleceği üzere yapıda yenileme yapıldıktan sonra enerji tüketimi önemli oranda azalmış olup enerji verimliliği sağlanmıştır. Toplam apartman enerji tüketimini %75, ısıtmada kullanılan enerjiyi neredeyse %80 azaltmıştır (Janson ve Wall, 2007; Morrin, 2014).

2.4.2. Danimarka Traneparken toplu konut örneği

Traneparken toplu konutları, Kopenhag'ın 55 km batısında bulunan Hvalsø köyünde yer almaktadır. Yapı Danimarka'nın tipik 1960 yıllarına ait beton yapı özelliklerini taşımaktadır. Yıpranmış olan binaların hem enerji tüketimini azaltmak hem de efektif kullanım alanlarını oluşturmak amacıyla yenileme yapılmıştır (Höfler ve diğerleri, 2017). Yapının iç ortam konfor koşullarını artırmak ve her bir daireye balkon ekleyerek yapının çevresel etkileşimini artırmak, mevcut yapının yenileme amaçlarına dahildir (Knudsen, Thomsen, Rose, ve Bergsøe, 2015). Yenileme yapılmadan önce, binaların kullanıcılar için son derece konforsuz olduğu ve kiralama yapılmadığı bilinmektedir. Ayrıca yapının enerji tüketim değerlerinin de yüksek olması bu toplu konutun yenilenmesini gerekli hale getirmiştir. Yapının pencereleri, cephesi ve çatısı ile ilgili sorunlar olduğu belirtilmektedir. Bu sebeple yapılacak olan yenileme senaryoları değerlendirilmiş ve enerji tüketim değerlerini azaltacak en etkin senaryo kabul edilmiştir (Almeida ve diğerleri, 2017).

Çizelge 2.4. Traneparken örneğine ait yapı kimlik bilgileri (Almeida ve diğerleri, 2017; Höfler ve diğerleri, 2017; Knudsen ve diğerleri, 2015; Thomsen, Rose, Morck, Jensen, ve Østergaard, 2015)

Danimarka- Traneparken Toplu Konut Örneği		
Yapı Kimlik Bilgileri		
Yapım Yılı/Yeri	1969 / Traneparken, Hvalsø	
Arazi Durumu	Eğimi az, düz arazi	
Bina Yönlenmesi	Kuzey-Güney, Doğu-Batı	
Kat Sayısı/Konut Sayısı	3 Kat/ 66 Konut	
Bina Sayısı/Yerleşim	3 Blok/ Ayrık Nizam	
Yenileme Yılı/ Mimarı	2011-2012/ ARKIPLUS	
Yıllık Enerji İhtiyacı	736 Mwh	

Yenilenme yapılmadan önce orijinal dış duvarlarının iki prefabrik beton blok arasında 50 mm yalıtım malzemesinden oluştuğu kaydedilmiştir (Knudsen ve diğerleri, 2015). Ayrıca yenilemeden önce dış duvarların U değerinin $0,66 \text{ W/K m}^2$ olduğu bilinmektedir (Almeida ve diğerleri, 2017).



Resim 2.3. Traneparken örneğine ait duvarlarda ve zeminde yalıtım detayı (Höfler ve diğerleri, 2017)

Yenileme yapılırken dış duvarlara ek 190 mm'lik ısı yalıtımı eklenmiş ve toplam ısı yalıtımı 240 mm olmuştur. Yenilemeden sonra dış duvarlar $0,15 \text{ W/Km}^2$ U değerine sahip olmuştur (Höfler ve diğerleri, 2017). Yapının dışına eklenen bu yalıtım katmanı yapının

bodrum katlarında da (Resim 2.3) devam etmiş olup kaybedilecek ısı kayıpları önlenmiştir (Knudsen ve diğerleri, 2015).

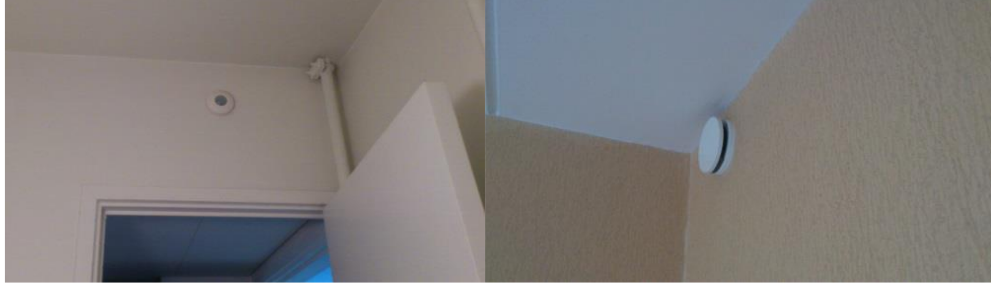
Yenilemeden önce pencerelerin U değeri $2,4 \text{ W/Km}^2$ olduğu ve çift camlı olduğu bilinmektedir. Camlar arasında 6 mm'lik yalıtım boşluğu olduğu belirtilmektedir. (Almeida ve diğerleri, 2017; Höfler ve diğerleri, 2017) Mevcut yapının kuzey tarafında oturma odalarında bulunan Fransız pencerelerin olduğu (Resim 2.4) ve yenilemeden sonra bu cepheye ait pencere açıklıklarının daraltıldığı görülmektedir (Knudsen ve diğerleri, 2015). Pencereler ve kapılar düşük u değerine sahip pencereler/kapılar ile değiştirilmiştir. Alüminyum-ahşap çerçeveli ve U değeri $0,8 \text{ W/Km}^2$ olan 3 camlı pencereler kullanılmıştır (Höfler ve diğerleri, 2017).



Resim 2.4. Traneparken örneğine ait yenilemeden önce ve sonra pencereler (Höfler ve diğerleri, 2017)

Temel yalıtım kalınlığının 45 mm olduğu, yenilemeden önce $0,66 \text{ W/Km}^2$ olan U değerinin yenilemeden sonra da $0,66 \text{ W/Km}^2$ olarak kaldığı ve bir iyileştirme çalışması yapılmadığı anlaşılmaktadır (Höfler ve diğerleri, 2017) (IEA,2014). Yenileme yapılmadan önce yapıya ait çatı katmanının 250 mm, U değerinin ise $0,2 \text{ W/Km}^2$ olduğu, yenileme yapıldıktan sonra ise kalınlığın 435 mm U değerinin ise $0,09 \text{ W/Km}^2$ olduğu belirtilmiştir (Höfler ve diğerleri, 2017; Knudsen ve diğerleri, 2015). Isıtma için A bloğun altında bulunun 200 kW'luk merkezi ısıtma sistemi ile bölgesel ısıtma sağlanmaktadır. Isıtma sisteminde bir değişiklik yapılmamıştır. Her blokta önceden izole edilmiş sıcak suyu boyleri bulunmaktadır. Toplamda 8 adet 300 litrelik tank vardır (Almeida ve diğerleri, 2017; Höfler ve diğerleri, 2017). Yenileme yapılmadan önce yapıyı havalandırmak için; mutfak, tuvalet, banyo gibi mekânlardan mekanik bir egzoz havalandırma sistemi kullanılıyorken yenileme yapıldıktan sonra, ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemi kullanılmış yatak odaları ve oturma odaları için de havalandırma sağlanmıştır. Isı

geri kazanımlı ve nem kontrollü mekanik havalandırma sisteminin (Resim 2.5) kurulumu için mevcut egzoz havası kanalları tekrar kullanılmıştır (Knudsen ve diğerleri, 2015).



Resim 2.5. Traneparken örneğine ait havalandırma sistemi (Knudsen ve diğerleri, 2015)

Traneparken toplu konut örneğine dair yenileme çalışmaları Çizelge 2.5’te verilmiştir ve yapılan yenileme öncesi ile sonrası arasında kıyaslamalar yapılmıştır.

Çizelge 2.5. Traneparken örneğin dair yenileme çalışmaları (Almeida ve diğerleri, 2017; Höfler ve diğerleri, 2017; Knudsen ve diğerleri, 2015; Schimschar ve diğerleri, 2017; Thomsen ve diğerleri, 2015)

Danimarka- Traneparken Toplu Konut Örneği								
Yenileme Çalışmaları		U Değeri W/(m ² -K)		TR-U değeri W/(m ² -K)	Toplam Kalınlık		Değişiklikler	
		Önce	Sonra	Soğuk İklim	Önce	Sonra	Önce	Sonra
Yapı Kabuğu Elemanları	Duvarlar	0,66 W/(m ² -K)	0,15 W/(m ² -K)	0,19	5 cm yalıtım	24 cm yalıtım	İki prefabrik beton arasında 5 cm yalıtım	Dış duvarlara ek 19 cm yalıtım ve cephe kaplama malzemesi
	Pencereler/Kapılar	2,4 W/(m ² -K)	0,8 W/(m ² -K)	1,10	-	-	Çift camlı	Üç camlı, low-e
	Temel/Zemin Döşeme	0,66 W/(m ² -K)	0,66 W/(m ² -K)	0,28	4,5 cm yalıtım	4,5 cm yalıtım	4,5 cm yalıtım	Değişiklik yapılmamıştır
	Çatı	0,20 W/(m ² -K)	0,09 W/(m ² -K)	0,13	25 cm	43,5 cm	Tek kat yalıtım	Mineral yün ile üç kat yalıtım(30 cm)
								
Yenilenmeden Önce				Yenilendikten Sonra				

Kat holleri ve merdiven aydınlatmaları için enerji tasarruflu ampuller kullanılmış ve bu aydınlatma sistemleri gün ışığına duyarlı, sensörlü aydınlatma sistemleridir (Höfler ve diğerleri, 2017). Ayrıca bu tür ortak alanlarda kullanılmak üzere bir bloğun çatısında güneş panelleri kullanılmıştır. Kullanılan bu paneller etkin bir şekilde üretimi sağlamak için güneşe tarafa monte edilmiştir (Höfler ve diğerleri, 2017; Knudsen ve diğerleri, 2015).



Resim 2.6. Traneparken örneği A blok güney cephesi çatısında güneş panelleri kullanımı (Thomsen ve diğerleri, 2015)

Yapılan yenilemeler enerji verimliliği açısından ve enerji dışı yenilemeler olarak iki şekilde ve aşağıdaki gibi listelenmiştir.

Enerji verimliliği açısından yapılan yenilemeler;

- Çatıya ek olarak yalıtım,
- Dış duvarlara ek olarak yalıtım
- Isı geri kazanımlı mekanik havalandırma
- Düşük U değerine sahip kapı/pencereler,
- Çatıda güneş panelleri kurulumu ile gerçekleştirilmiştir (Höfler ve diğerleri, 2017).

Enerji verimliliğinden farklı olarak yapılmış yenilemeler neticesinde;

- Balkon eklenmesi kullanıcıların konfor koşullarına fayda sağlamıştır.
- Yeni yeşil çevre ve havalandırma iç ortam konfor koşullarını artırmıştır (Höfler ve diğerleri, 2017).

Çizelge 2.6. Traneparken örneğinin enerji tüketim verileri

Danimarka- Traneparken Toplu Konut Örneği		
Enerji Tüketimi	Hesaplanan	Ölçülen
Yenileme öncesi	728 MWh / yıl	736 MWh / yıl
Yenileme sonrası	502 MWh / yıl	506 MWh / yıl
Tasarruf	226 MWh / yıl	230 MWh / yıl

Sadece bina kabuğunun yenilenmesi ile 120 MWh, havalandırma sisteminin ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma sistemi kullanılarak yenilenmesi ile 106 MWh olmak

üzere yıllık toplamda 226 MWh/yıl (çizelge 2.6) enerji tasarrufu sağlanmıştır (Höfler ve diğerleri, 2017). Totalde yapının enerji talebi %31 oranında azaltılmıştır (Thomsen ve diğerleri, 2015).

2.4.3. Çek Cumhuriyeti- Koniklecova toplu konut örneği

1983 yılında yapılmış, 12 katlı, iki farklı tipolojiye sahip ve toplam 60 adet konut bulunan bir toplu konut sitesidir. 325 metrelik bir yüksekliğe sahiptir. Düz bloklar, betonarme paneller kullanılarak inşa edilmiş tipik bir 80'ler yapısıdır. Yapıda bir adet bodrum katı bulunmaktadır (Sedlák, Jelínek, Stránská, ve Struhala, 2015). Düşük enerjili yapı konsepti ile yenilenmiştir. Yenilenme sebepleri olarak; iç ortam konfor koşullarının artırılması, binanın enerji tüketimini azaltmak ve yapının genel modernizasyonunu sağlamaktır. Çizelge 2.8'de yapıya ait kimlik bilgileri ve bu yapının yönlenmesinin kuzey-güney olduğu görülmektedir. Dikdörtgen plana sahip kompakt bir form tercih edilmiştir. Arazi yapısı hafif eğimli olup, yapı arazinin güney yamacına konumlandırılmıştır. Yenilenmeden önce duvarlar, 60 mm EPS ve 200-270 mm betonarme panellerden oluştuğu, U değerinin 0,78-0,80 W/(m²-K) bandında olduğu bilinmektedir. Çatı düz çatı olup döşemeden oluşmaktadır ve yenilemeden önce 120 mm mineral yün ile yalıtılmıştır. Yapıdaki kapı/pencereler tek veya çift camlı olup özellikle hava sızdırmazlık konusunda oldukça yetersiz olduğu bilinmektedir. Bu yüzde yapı en çok bina ısıtması için enerji tüketmektedir. Yenilemeden önce ısıtma, havalandırma, soğutma ve aydınlatma sistemlerine bakacak olursak; ısıtma enerjisi, yakında bulunan bir bölgesel ısıtma tesisinden merkezi ısı eşanjörüne bağlanarak sağlanır. Yapıda soğutma kurulu değildir. Yapı çoğunlukla doğal havalandırma ile havalandırılmaktadır. Mutfak, tuvalet ve banyolarda çıkışı çatıya verilmiş olan havalandırma şaftları bulunmaktadır. Binada manuel kontrol edilebilen ampuller ve floresanlar kullanılmıştır (IEA, 2012; Sedlák ve diğerleri, 2015).

Çizelge 2.7. Koniklecová 4 örneğine ait yapı kimlik bilgileri (IEA, 2012)

Çek Cumhuriyeti- Koniklecová 4 Toplu Konut Örneği		
Yapı Kimlik Bilgileri		
Yapım Yılı/Yeri	1983 / Brno-Nový Lískovec	
Arazi Durumu	Hafif eğimli arazi	
Bina Yönlenmesi	Kuzey-Güney	
Kat Sayısı/Konut Sayısı	12 Kat/ 60 Konut	
Bina Sayısı/Yerleşim	1 Blok/ Ayrık Nizam	
Yenileme Yılı/ Mimarı	2009-2010/ MENHIR projekt	
Yıllık Enerji İhtiyacı	466.50 MJ/m ² a (129,58 kWh)	

Koniklecová 4 toplu konut örneğinde yapılan iyileştirmeler incelenecek olursa; Dış duvarlara, zemin kata ve çatısına genişletilmiş (EPS) veya ekstrüde (XPS) polistiren veya mineral yünden yapılmış ek ısı yalıtımı monte edilmiştir. Çatı, soğuk bir çatıdan (hava boşluğu ile havalandırmalı) sıcak bir çatıya (hava boşluğu havalandırılmamış) dönüştürülmüştür. Ayrıca çatıya yeni bitümlü membran ile su yalıtımı yapılmıştır. Binanın zarfındaki tüm ahşap ve metal kapı/pencereler değiştirilmiş ve yeni kapı/ pencereler, üçlü camlı alüminyum veya plastik çerçevelere sahiptir. Isıtma için binanın zemin katında bulunan ters akışlı ısıtma sistemi kullanılmış ve yapının bütününe radyatörler monte edilmiştir. Yenileme sırasında ölçüm ve düzenleme ekipmanları değiştirilmiştir. Havalandırma sisteminde mevcut şaftlar korunmuş çatıdaki gürültü susturucuları ve çıkışları değiştirilmiştir. Mutfak tuvalet ve banyoda bulunan vantilatörler ve bunları merkezi kanallara bağlayan yollar değiştirilmiştir. Değiştirilen sistem ile kullanıcılar tarafında manuel olarak çalıştırılabilmektedir. Modern HVAC sistemlerinin kurulumu için girişimler devam etmekte olup bu sistemlerin kurulumundan sonra pasif ev standartlarına geçileceği bildirilmektedir (Höfler ve diğerleri, 2017; IEA, 2012; Sedlák ve diğerleri, 2015).

Çizelge 2.8. Koniklecová 4 örneğinin enerji tüketim verileri (Höfler ve diğerleri, 2017; IEA, 2012; Sedlák ve diğerleri, 2015)

Koniklecová 4 Toplu Konut Örneği								
Yenileme Çalışmaları		U Değeri W/(m ² -K)		TR-U değeri W/(m ² -K)	Toplam Kalınlık		Yapılan Değişiklikler	
		Önce	Sonra	Soğuk İklim	Önce	Sonra	Önce	Sonra
Yapı Kabuğu Elemanları	Duvar	0,78-0,80 W/(m ² -K)	0,17-0,24 W/(m ² -K)	0,19 W/(m ² -K)	26-33	46-53	-	-
	Pencere Kapı	1,20-5,65 W/(m ² -K)	1,05-1,70 W/(m ² -K)	1,10 W/(m ² -K)	-	Tek veya çift cam	-	Üçlü cam
	Temel Zemin Döşeme	1,13 W/(m ² -K)	0,33 W/(m ² -K)	0,28 W/(m ² -K)	-	-	-	+14 yalıtım
	Çatı	0,50 W/(m ² -K)	0,15 W/(m ² -K)	0,13 W/(m ² -K)	Beton+12	Beton+24	-	+24 cm EPS
Önce  Sonra 								

Çizelge 2.9. Koniklecová 4 örneğinin enerji tüketim verileri (IEA, 2012)

Koniklecová 4 Toplu Konut Örneği		
Enerji Tüketimi	Hesaplanan	Ölçülen
Yenileme öncesi	129,58 kWh / yıl	-- kWh / yıl
Yenileme sonrası	50,71 kWh / yıl	-- kWh / yıl
Tasarruf	78,87 kWh / yıl	-- kWh / yıl

Termal ısıtma ve sıcak su sisteminin (DHW) değiştirilmesi ile % 20' den fazla enerji tasarrufu sağlanmıştır. Yenilenmeden önce ısıtma enerjisi içi 350,03 MJ/m²a olmak üzere toplam enerji tüketimi 466,50 MJ/m²a'dır. Yenilenmeden sonra ise ısıtma enerjisi için 89,62 MJ/m²a tüketilirken toplam tüketim 182,56 MJ/m²a'dır. Yapılan yenilemeler ve DHW sisteminin değiştirilmesi ile enerji tüketimi %60,9 oranında azalmıştır. Yapıya ait yenilemeler enerji verimliliği bağlamında ve enerji verimliliği dışında yapılan yenilemeler olarak ayrılmaktadır ve liste aşağıdaki gibidir (Sedlák ve diğerleri, 2015).

Enerji verimliliği açısından yapılan yenilemeler;

- Dış duvarlara ek yalıtım yapılması
- Düşük U değerine sahip kapı/pencereler,
- Çatılara ek yalıtım(ısı ve su),
- Isıtma ve sıcak su kullanımı sistemlerinin yenilenmesi
- Binanın ortak alanlarında aydınlatmanın enerji tasarruflu bileşenler kullanılarak değiştirilmesi
- Açık balkonların sürgülü pencereler ile kapatılması ile balkondan kaynaklanan ısı kayıplarının düşürülmesi ile gerçekleştirilmiştir (IEA, 2012).

Enerji verimliliği dışında yapılan yenilemeler sonucunda;

- Yenilenen pencere kapı ve ekipmanların kullanıcı kolaylığı
- Yapının çevresi yenileme sırasında estetik kaygı ile tasarlanması

Detaylı incelemesi yapılan örneklere ek olarak Seyit Ahmet Yarkın'ın tezinde incelemiş olduğu örneklerden beş tanesi tablo olarak derlenmiştir.

Çizelge 2.10 Avrupa örneklerine ait yenileme çalışmaları (Yarkın, 2017)

Avrupa Ülkelerinden Örnekler							
Yenileme Çalışmaları			U Değeri W/(m²-K)		TR-U değeri W/(m²-K)	Toplam Kalınlık (cm)	
			Önce	Sonra	Soğuk İklim	Önce	Sonra
Avusturya- Kapfenberg Toplu Konutu	Yapı Kabuğu Elemanları	Duvarlar	0,87	0,17	0,19	24,5	64,5
		Pencereler/ Kapılar	2,50	0,90	1,10	Çift cam	Üçlü cam
		Temel/Zemi n Döşeme	0,39	0,30	0,28	14	27
		Çatı	0,74	0,10	0,13	20	55
Almanya- BIG Heimbau Toplu Konutu		Duvarlar	3,14	0,29	0,19	24	40,50
		Pencereler/ Kapılar	2,70	1,40-2,70	1,10	Çift cam	Üçlü cam
		Temel/Zemi n Döşeme	1,60	1,60	0,28	-	-
		Çatı	4,40	0,21	0,13	23	44
İsviçre- Staufen Toplu Konutu		Duvarlar	1,32	0,17	0,19	26,3	47,3
		Pencereler/K apılar	1,62	1,62	1,10	-	-
		Temel/Zemi n Döşeme	2,27	0,20	0,28	16	26
		Çatı	0,32	0,15	0,13	27	42,6
Belçika- Wezembeek Toplu Konutu		Duvarlar	1,78	0,41	0,19	19	29
		Pencereler/K apılar	5,10	1,19	1,10	-	Çift Cam
		Temel/Zemi n Döşeme	6,66	0,26	0,28	19	38
		Çatı	0,77	0,28	0,13	17	33
İsveç-Backa röd Toplu Konutu	Duvarlar	0,31	0,12	0,19	-	+20 yalıtım	
	Pencereler/ Kapılar	2,40	0,90	1,10	Çift cam	Üçlü cam	
	Temel/Zemi n Döşeme	0,40	0,10	0,28	18	68	
	Çatı	0,14	0,10	0,13	50	70	

Çizelge 2.11 Avrupa örneklerine ait enerji tüketim verileri (Yarkin, 2017)

Avrupa Ülkelerinden Örnekler			
Örnek	Enerji Tüketimi		
	Yenileme öncesi	Yenileme sonrası	Tasarruf
Avusturya- Kapfenberg Toplu Konutu	146,5 MWh / yıl	46,5 MWh / yıl	100 MWh / yıl
Almanya- BIG Heimbau Toplu Konutu	123 MWh / yıl Isıtma+sıcak su	46 MWh / yıl Isıtma+sıcak su	77 MWh / yıl Isıtma+sıcak su
İsviçre- Staufen Toplu Konutu	154 MWh / yıl Isıtma+sıcak su	54 MWh / yıl Isıtma+sıcak su	100 MWh / yıl Isıtma+sıcak su
Belçika-Wezembeek Toplu Konutu	150 MWh / yıl	75 MWh / yıl	75 MWh / yıl
İsveç-Backa röd Toplu Konutu	178 MWh / yıl	52 MWh / yıl	126 MWh / yıl

Kuzey Avrupa ve Orta Avrupa örneklerinde yapılan iyileştirmeler incelendiğinde; yapıların genel olarak yapı kabuğu elemanları üzerinde yenilemeler yapıldığı (düşük U değerine sahip malzemelerin kullanıldığı), HVAC sistemlerinin yenilendiği ve bu yenilemeler sonucunda ciddi tasarruflar sağlandığı görülmüştür. İsveç-Brogarden toplu konut örneğinin yenilenmesi sonucunda yıllık %58, Çek Cumhuriyeti Koniklecová 4 toplu konut örneğinin yenilenmesi ile yıllık %61, Danimarka- Traneparken toplu konut örneğinin yenilenmesi ile tüketilen enerji üzerinden yıllık %31, Avusturya- Kapfenberg toplu konut örneğinin yenilenmesi ile %68, Almanya- BIG Heimbau toplu konut örneğinin yenilenmesi ile %62, İsviçre- Staufen toplu konut örneğinin yenilenmesi ile %65, Belçika-Wezembeek toplu konut örneğinin yenilenmesi ile %50, İsveç-Backa röd toplu konut örneğinin yenilenmesi ile %70 oranında tasarruf edilmiştir. Ortaya çıkan tasarruf yüzdeleri göstermektedir ki enerji etkin yenileme/ iyileştirme ile tüketilen enerjinin yarısı-yarısından fazlası tasarruf edilebilir bir kısımdır.

3. ERZURUM KENTİNDE BİR TOPLU KONUT YAPISININ ENERJİ PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Soğuk iklime sahip bölgelerde mimari tasarımları şekillendirmek için iklimden kaynaklı belirli veriler bulunmaktadır. Bu veriler; düşük sıcaklık ortalamaları, don ve buz olayları, yüksek kar yağıışı ve şiddetli rüzgarlar gibi insan hayatını doğrudan etkileyen spesifik olaylardır. Soğuk iklimin getirdiğı bu zorluklar yapı tasarlama ve yapı kullanma süreci için karşımıza belirli parametreler çıkarmaktadır. Çalışmanın literatür bölümünde incelenmiş olan bu parametreler açısından bu bölümde Türkiye’de soğuk iklim bölgesinde yer alan Erzurum ilinden bir toplu konut örneğı ele alınmıştır. Özellikle 2003 yılından bu yana konut talebini hızlı bir şekilde karşılamaktan sorumlu olan TOKİ’nin (Türkiye Toplu Konut İdaresi) ülke çapında seri üretim konut binaları yatırımları, inşaat sektörünün enerji verimliliğı düzeyinde önemli rol oynamaktadır (Mangan ve Oral, 2014). Dolayısıyla TOKİ konutlarının enerji verimli iyileştirilmesi/üretilmesi son derece önemli olmaktadır. Erzurum ili coğrafi konumu açısından 40° 14’ 15’’ ve 42° 33’ 35’’ doğu boylamları ile 40° 54’ 57’’ ve 39° 06’ 10’’ kuzey enlemleri arasında kalan ve yaklaşık 25.000 km² yüz ölçümüne sahiptir (Dengiz, Turan, ve Özkan, 2019). İklim bölgesi Harital’de görüldüğü gibidir.



Harita 3.1. Koppen iklim sınıflandırmasına göre Türkiye iklimi (MGM(a), 2020)

Erzurum, Türkiye'nin doğusunda bulunan ve Koppen iklim sınıflandırmasına göre karasal iklime sahip olan bir ildir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlı geçmektedir.

Çizelge 3.1. Erzurum iline ait 1929-2019 yıllarına ait ortalama iklim değerleri(MGM(b), 2020)

ERZURUM	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1929 - 2019)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-9.1	-7.7	-2.5	5.3	10.6	14.8	19.1	19.4	14.7	8.2	1.1	-5.8	5.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	-4.0	-2.3	2.5	10.9	16.8	21.7	26.5	27.2	22.6	15.1	6.8	-1.0	11.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-13.9	-12.6	-7.1	0.0	4.3	7.3	11.1	11.1	6.4	1.7	-3.7	-10.2	-0.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	4.3	5.1	6.3	7.9	10.2	11.2	10.7	9.0	6.8	4.8	3.1	82.6
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.2	11.1	12.4	13.8	16.2	11.0	6.6	5.3	5.2	9.6	9.3	10.7	122.4
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	22.1	26.0	35.1	54.1	72.4	48.9	27.1	18.1	24.2	47.8	33.3	22.3	431.4

2019 TÜİK verilerine göre Erzurum nüfusu 762 062 olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2019). Türkiye'nin en soğuk illerinden birisi olan Erzurum'da yıllık sıcaklık ortalaması 5.7°C olarak kaydedilmiştir. Yılın yarısından fazlasında kış etkisi altında olan şehirde yaşam koşulları açısından da pek çok zorluk kaydedilmektedir. Aynı zamanda yapılara ait iç ortam konfor koşullarını sağlamak da bir hayli zor olabilmektedir.

3.1. Erzurum- Narman TOKİ Konutlarının Enerji Performansı Kriterlerinin Belirlenmesi

Analizi yapılacak yapı seçilirken; Erzurum bölgesinde ve artık Türkiye'nin konut yapıları bağlamında büyük bir kısmını oluşturan konut inşaatlarında aktif rol oynayan Toplu Konut İdaresi Başkanlığı (TOKİ) tarafından tasarlanmış ve inşaatı tamamlanmış olan bir toplu konut yapısı tercih edilmiştir. Seçilmiş olan yapı, Erzurum ili Narman ilçesindedir ve tünel kalıp sistemi ile yapılmıştır.



Harita 3.2. Erzurum Narman ilçesi uydu görüntüsü (www.google.com/maps)

Söz konusu toplu konut yapısı, 2016 yılında inşaatı tamamlanmış olup 5 bloktan ve 1 adet camiden oluşmaktadır. Yapılar konumlandırılırken binaların arasındaki mesafelere (min 15 m) dikkat edilmiş olup birbirlerinin gün ışığını engellemeyecek şekilde yerleştirilmiştir.

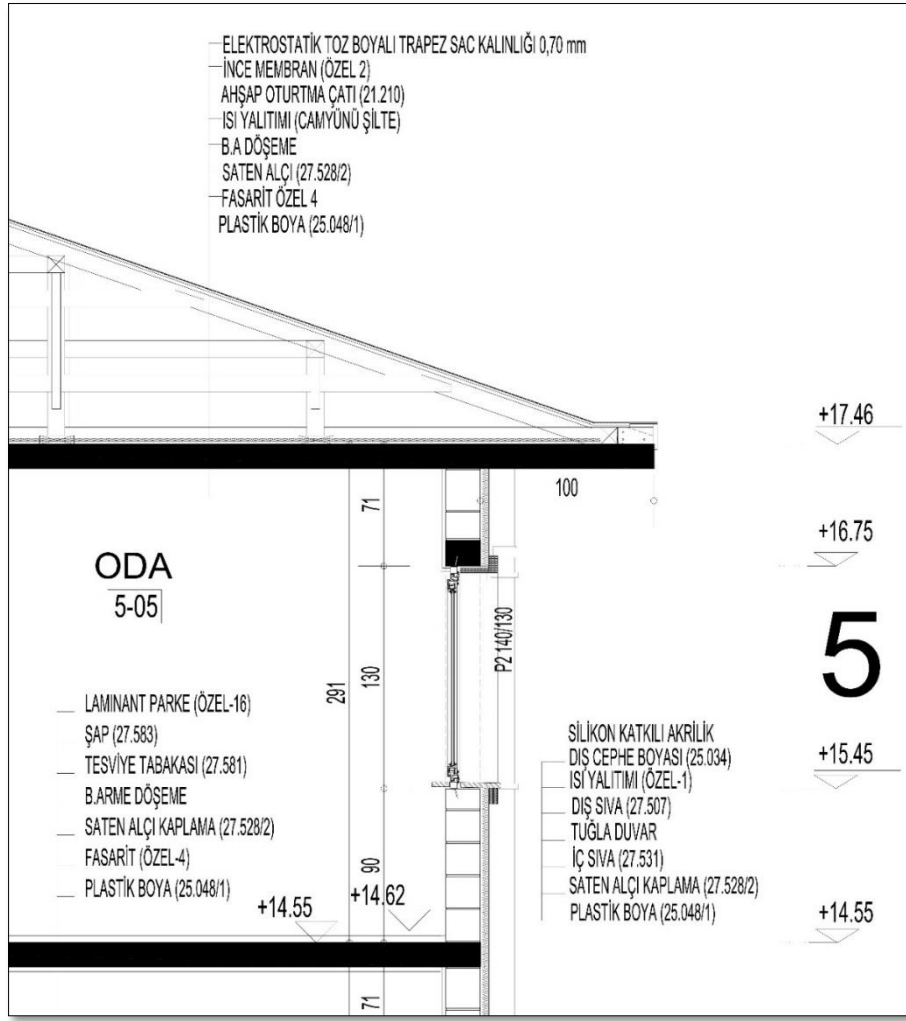
Bu toplu konut yapısında toplam 120 adet konut bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında incelenen blokta ise her katta 4 adet olmak üzere 24 adet 2+1 konut bulunmaktadır. Aşağıdaki çizelgede işaretlenmiş olan blok seçilmiş ve analizi yapılmıştır.

Çizelge 3.2. Erzurum toplu konut örneğine ait yapı kimlik bilgileri (TOKİ)

Erzurum TOKİ Toplu Konut Örneği		
Yapı Kimlik Bilgileri		 
Yapım Yılı/Yeri	2016 / Narman	
Arazi Durumu	Düz arazi	
Bina Yönlenmesi	Kuzey-Güney-Doğu-Batı	
Kat Sayısı/Konut Sayısı	5 Kat/ 120 Konut(24)	
Bina Sayısı/Yerleşim	5 Blok/ Ayrık Nizam	
Yenileme Yılı/ Mimarı	- / TOKİ	
Yıllık Enerji İhtiyacı	26.000 kWh (ortalama değer)	

TOKİ tip projelerinden biri olan bu toplu konut yapısında B1 tipi ve C tipi olmak üzere iki tip konut bulunmaktadır. 4 blok B1 tipi, 1 blok C tipi olduğundan analiz için seçilen blok tipi B1'dir. Yapı formu olarak kompakt bir tipoloji olan kare formu kullanılmıştır. Yapının eni ve boyu yaklaşık olarak 20m, yüksekliği ise 22 metredir. Her bir konut 75 m² brüt alana sahiptir.

TOKİ tarafından uygulanan projede kullanılan her bir malzemenin pozu tanımlanmış olup, pozu olmayan imalatlar için detay projesi ve teknik şartnameden faydalanılmıştır.

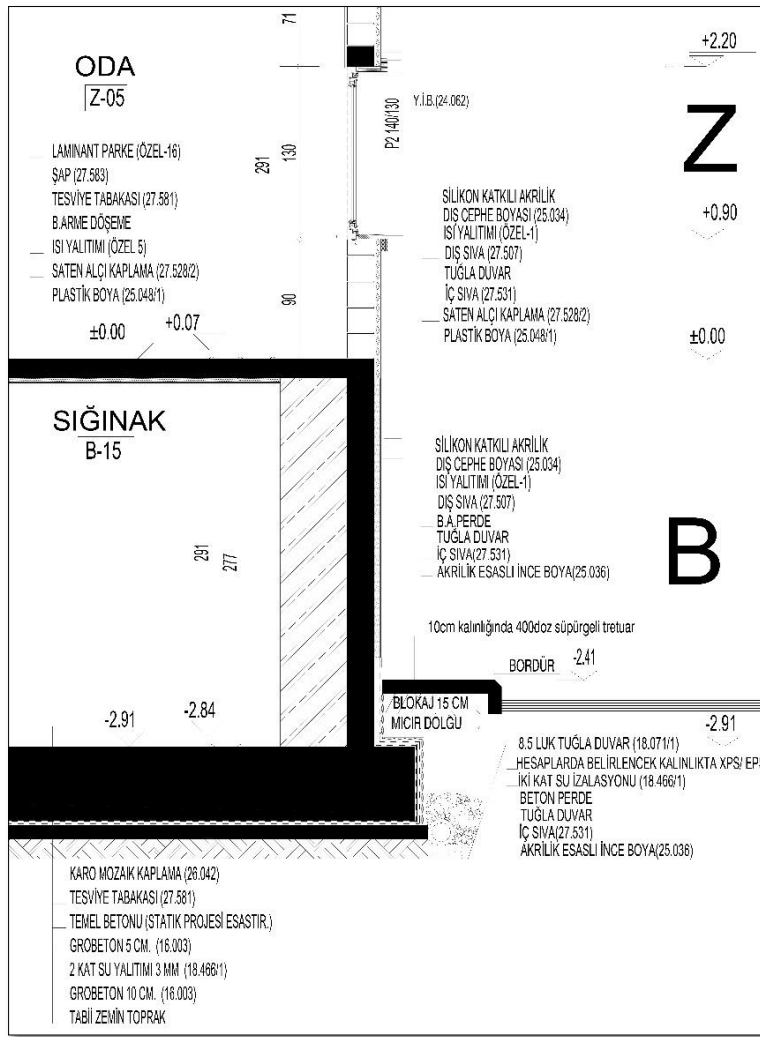


Şekil 3.1. Erzurum örneğine ait kısmi sistem kesiti (TOKİ)

Duvarlar (içten dışa): Plastik boya+ saten alçı kaplama+ iç sıva+ tuğla duvar+ dış sıva+ ısı yalıtımı(eps)+ silikon katkılı akrilik dış cephe boyasından oluşmaktadır. Toplam kalınlığı 31 cm'dir. İç duvarlar 20 cm ve betonarme olup yapı tünel kalıp sistemi ile yapılmış bir yapıdır.

Çatı: Yapı soğuk iklim bölgesinde kar yağışı ve kar yükünden kaynaklı kırma çatıya sahiptir. Çatı (üstten alta): 0,70 mm trapez sac+ ince membran+ ahşap oturtma çatı+ cam yünü ısı yalıtımı+ betonarme döşeme+ saten alçı+ son kat dekoratif boyadan oluşmaktadır.

Pencereler/Kapılar: çift camlı pencere kullanılmış olup pencereler 140/130 boyutlarındadır. Kat holü pencereleri 90/130 boyutlarındadır. Sistematik olarak yapıda aynı tip pencereler kullanılmıştır. Bina girişinde rüzgarlık mahalli bulunmaktadır ve 260/277 boyutlarında iki adet alüminyum kapı ile binaya girilmektedir.



Şekil 3.2. Erzurum örneğine ait kısmi sistem kesiti 2 (TOKİ)

Temel döşemesi (üstten alta): Karo mozaik+ tesviye tabakası+ temel betonu+ grobeton 5 cm+ 2 kat su yalıtımı+ grobeton 10 cm+ sıkıştırılmış toprak olmak üzere toplam 75 cm'dir. Kat döşemeleri (üstten alta): laminant parke+ şap+ tesviye tabakası+ betonarme döşeme+ saten alçı kaplama+ son kat dekoratif boya olmak üzere toplam kalınlık 25 cm'dir.

Araştırmada yöntem olarak, soğuk iklim bölgesinde bir toplu konut yapısına ait enerji performans analizi kullanılmıştır. Analiz amacıyla seçilen toplu konut yapısı Erzurum ili Narman ilçesinde bulunan ve 2016 yılında inşası TOKİ tarafından tamamlanmış olan bir yapıdır. Yapının, yapı kabuğu elemanları ve bu elemanlara ait U değerleri ile yapıya ait HVAC sistemi elemanları kullanılmış olup Design Builder programı ile enerji simülasyonu yapılmıştır.

Design Builder programında yapı modellemesi yapıp, yapı kabuğu elemanlarından; duvarlar, kapı/pencereler, çatı, temel/döşeme gibi kabuk elemanlarının yalıtım kalınlığı, U değerleri, ısı iletkenlik değeri, HVAC sistemi gibi program analizi içerisinde var olan etkenler kullanılmış ve enerji performansı açısından simülasyonu yapılmıştır. Daha sonra yapılan bu model üzerinde, yapı kabuğu elemanları ve HVAC sistemi elemanları üzerinde değişiklikler yaparak tekrar simülasyonu yapılmış olup, enerji değerleri üzerinden analiz yapılmıştır. Yapılan analiz aşağıdaki bölümde detaylı olarak anlatılmıştır.

3.2. Erzurum- Narman TOKİ Konutunun Design Builder Simülasyon Programı ile Enerji Performansı Analizi

Çalışmanın bu bölümünde alan çalışması olarak seçilen ve Bölüm 3.1.'de özellikleri anlatılan toplu konut yapısının Design Builder simülasyon programı ile enerji performansı analizi yapılmış ve çeşitli iyileştirme senaryoları ile enerji tüketimi verileri üzerinde ne tür değişiklikler olduğu irdelenmiştir.

Çizelge 3.3. TS 825 4. Bölge gün illeri (27019 Resmi Gazete, 2008)

4. BÖLGE DERECE GÜN İLLERİ		
AĞRI	ERZURUM	KAYSERİ
ARDAHAN	GÜMÜŞHANE	MUŞ
BAYBURT	HAKKARİ	SİVAS
BİTLİS	KARS	VAN
ERZİNCAN	KASTAMONU	YOZGAT
İli 2. Bölgede olup da kendisi 4. Bölgede olan belediyeler		
KELES (Bursa)	ŞEBİNKARAHİSAR (Giresun)	ELBİSTAN, GÖKSUN (K.Maraş)
ULUDAĞ (Bursa)	AFŞİN (K.Maraş)	MESUDİYE (Ordu)
İli 3. Bölgede olup da kendisi 4. Bölgede olan belediyeler		
KIĞI (Bingöl)	PÜLÜMÜR (Tunceli)	SOLHAN (Bingöl)

Simülasyonu yapılan binanın verileri TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliğine uyarınca değerlendirilmiştir. Bu yönetmeliğe göre ülkemiz belirli derece gün bölgelerine ayrılmış olup, Çizelge 3.3'te de görüleceği üzere Erzurum ili 4. Bölge olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.4. TS 825 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilen U değerleri (27019 Resmi Gazete, 2008)

	U_{Duvar} (W/m ² K)	U_{Tavan} (W/m ² K)	U_{Temel} (W/m ² K)	$U_{Pencere}$ (W/m ² K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

Erzurum örneğine ait yapı kabuğu elemanları TS 825'e göre 4.bölge için en fazla değer olarak kabul edilen U değerleri (Çizelge 3.4) ile karşılaştırılmıştır.

Simülasyon yapılırken izlenen adımlar ise şu şekilde gerçekleşmiştir; yapının As Built (uygulaması tamamlanmış proje) projesinin temin edilmesi, yapının verilerinin programa aktarılması, programdaki varsayımların tanımlanması ve simülasyonun başlatılarak enerji tüketiminin belirlenmesi. Design Builder programında yapının simülasyonunun yapılması ve varsayımların tanımlanması aşağıdaki gibi gelişmiştir.

- Design Builder programı ASHRAE standartlarına uygun olarak iklim verilerini simülasyonda kullanmaktadır. Erzurum bölgesine ait iklim verileri program içinde mevcut olmadığından Koppen iklim sınıflandırmasına göre Dsb olarak sınıflandırılan Erzurum için, Dfb sınıflandırmasına dâhil olan ve aynı iklim kategorisinde bulunan Stockholm bölgesinin iklim verilerinden faydalanılmıştır.
- Mevcut yapıya ait yapı kabuğu elemanları her bir mekan için ayrı ayrı programa tanımlanmıştır. Programda bulunmayan yapı kabuğu elemanları ise; malzeme katmanları oluşturulup, kalınlıkları ve teknik bilgileri programa girilerek tanımlanmıştır.
- Çalışma kapsamında enerji tüketimi modellemesi yapılırken Erzurum kentinde bulunan toplu konut yapısında bir konutta 4 kişinin yaşadığı varsayılmıştır.
- Program kapsamında kırma çatı formu programın atadığı form üzerinden değerlendirilmiş olup, çatı boşluğu parametreleri bulunmadığından çatı döşemesi değerlendirilerek simülasyon yapılmıştır.
- Yapı soğuk iklim bölgesinde bulunan bir yapı olduğundan yapıya ait soğutma sistemi bulunmamaktadır. Literatür kısmında yapılan incelemeler neticesinde alan ısıtma için harcanan enerji miktarı soğuk iklim bölgeleri için en büyük payı oluşturduğundan bu simülasyon kapsamında yapı kabuğu elemanları açısından alan ısıtma için tüketilen

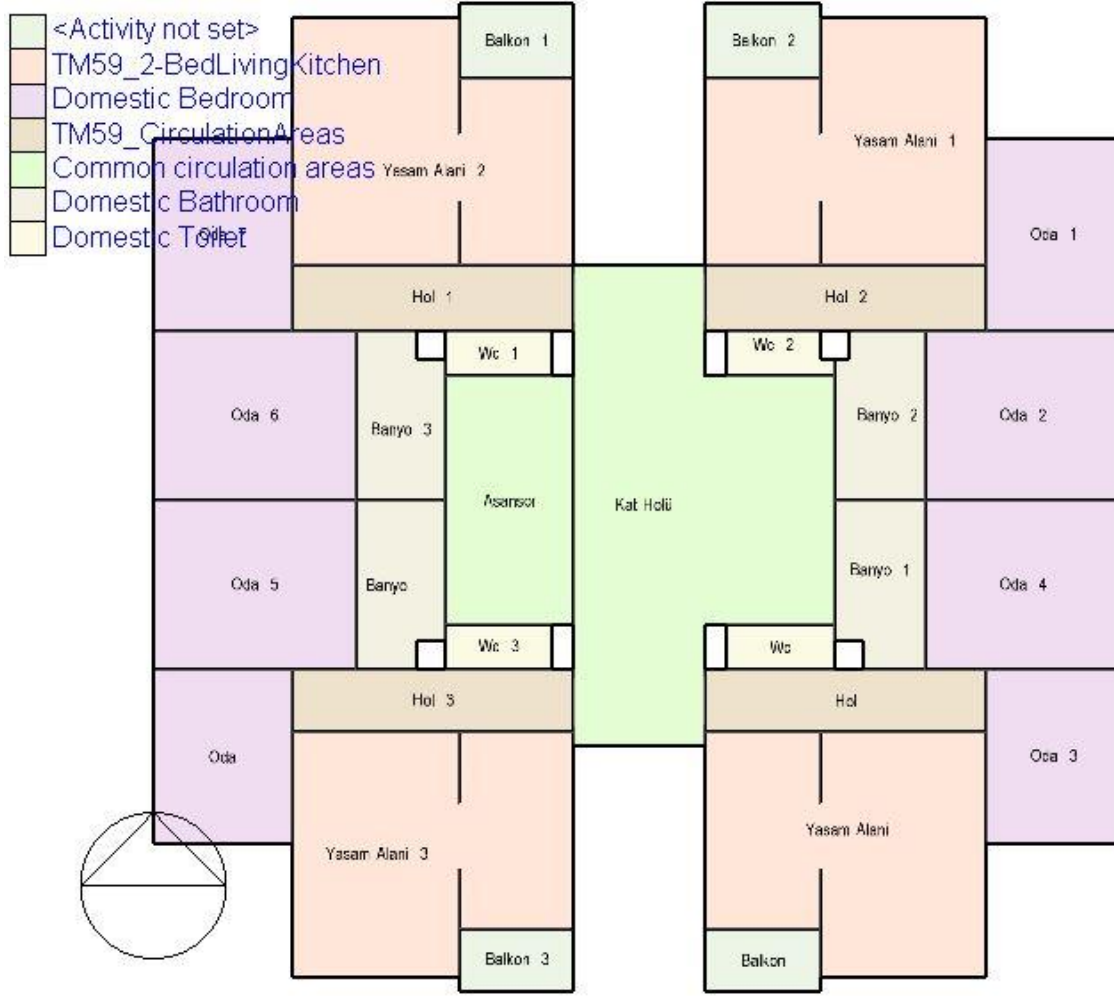
enerji değerlendirilmiş olup; soğutma, aydınlatma ve elektrikli ev aletlerinin kullanımı göz ardı edilmiştir.

- Yapıda bulunan bütün mekânların (bodrum kat ve holler hariç) ısıtması için merkezi sistem sıcak sulu radyatör sistem ile sağlanmakta ve yakıt olarak doğalgaz kullanılmaktadır. Yapıda mekanik havalandırma bulunmamaktadır. Her bir mekân için doğal havalandırma olduğu kabul edilmiştir (hol hariç) ve yapı sıcaklığı 24°C+ üstüne çıktığı zaman merkezi olarak havalandırma yapıldığı kabul edilmiştir.
- Design Builder şablonuna göre; yaşam alanı için iç ortam sıcaklık değeri 21°C, odalar, holler, banyo gibi diğer alanlar için 18°C olarak kullanılmıştır. Her bir mekân için metabolik faktör ise 0,90 olarak kabul edilmiş ve tanımlanmıştır.



şekil 3.3. Erzurum örneğine ait Design Builder yapı modeli

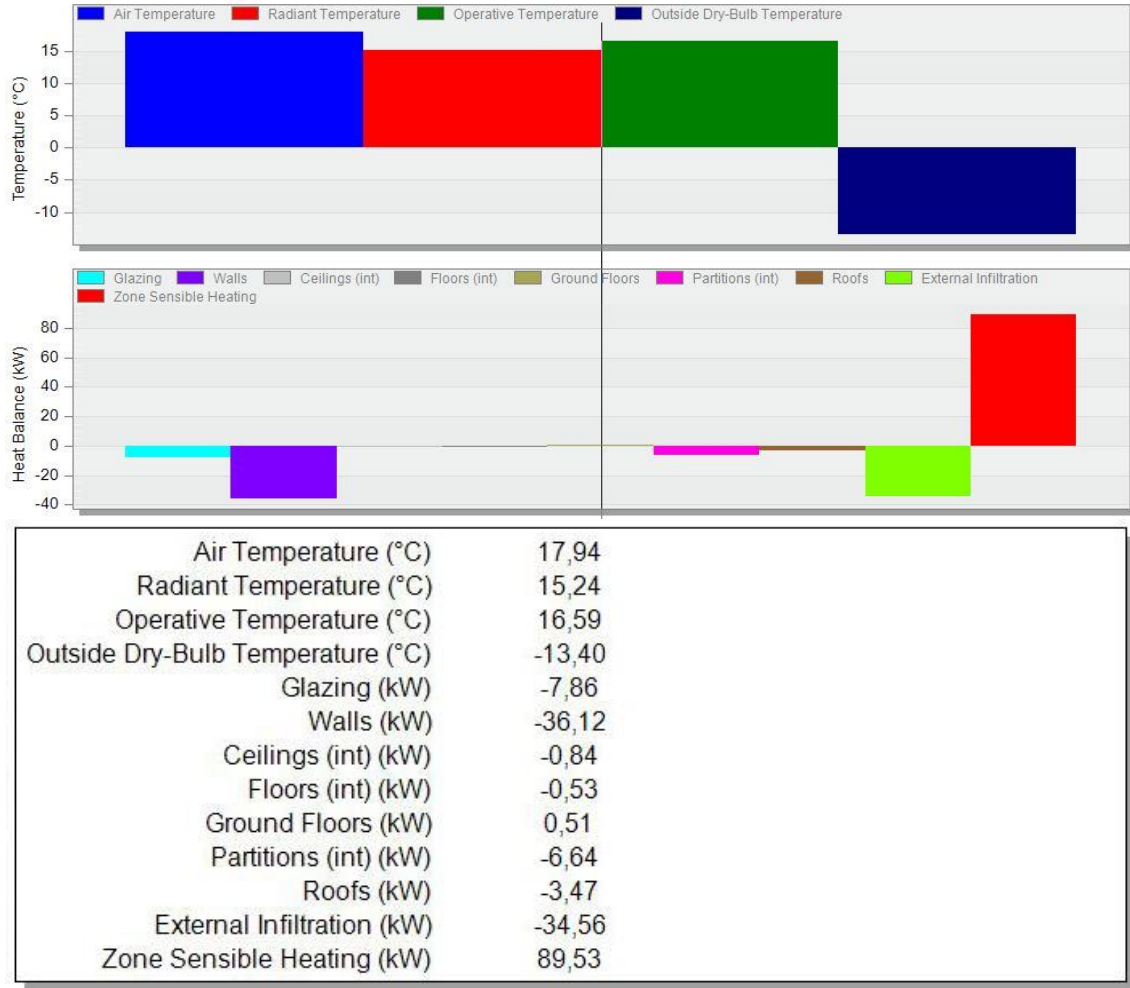
İklim verileri, uygulama projesine ait veriler, kullanıcı profili gibi veriler programa aktarıldıktan sonra şekil 3.3.'te görülen yapı modeli oluşturulmuş ve ısıtma yükü açısından simülasyonu yapılmıştır.



Şekil 3.4. Erzurum örneğine ait Design Builder simülasyon planı

Yukarıda normal kat planında (Şekil 3.4) görüleceği üzere her kat için mekânlar belirlenmiş ve gerekli veriler programa işlenmiştir. Programa girilen veriler ve yapılan simülasyon sonucunda ısıtma yükü hesabı Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Erzurum örneğine ait mevcut durum ısıtma tasarımı



Mevcut duruma ait ısı kayıpları incelendiğinde duvarlardan kaybedilen ısı 36,12 kW, pencerelerden 7,86 kW, çatıdan ise 3,47 kW olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapının alan ısıtması için tükettiği enerjiye bakıldığında ise Çizelge 3.6’teki gibi bir tablo oluşmuştur.

Çizelge 3.6. Erzurum örneğine ait mevcut durum toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 111,920 (kW)
+ BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+ Zemin kat Total Design Heating Capacity = 21,370 (kW)
+ 2. Kat Total Design Heating Capacity = 16,900 (kW)
+ 5.Kat Total Design Heating Capacity = 22,630 (kW)
+ 3. Kat Total Design Heating Capacity = 16,960 (kW)
+ 4. Kat Total Design Heating Capacity = 17,210 (kW)
+ 1. Kat Total Design Heating Capacity = 16,850 (kW)

En fazla enerji tüketiminin gerçekleştiği katlar zemin kat (alt katı ısıtılmayan mekân) ve son kat olan 5. kat olduğu görülmüştür. Yapının yıllık toplam ısıtma enerji tüketiminin ise 111,9200 kW olduğu kaydedilmiştir.

3.3. Erzurum- Narman TOKİ Konutunun Yapı Kabuğu Elemanları Açısından İyileştirme Senaryoları

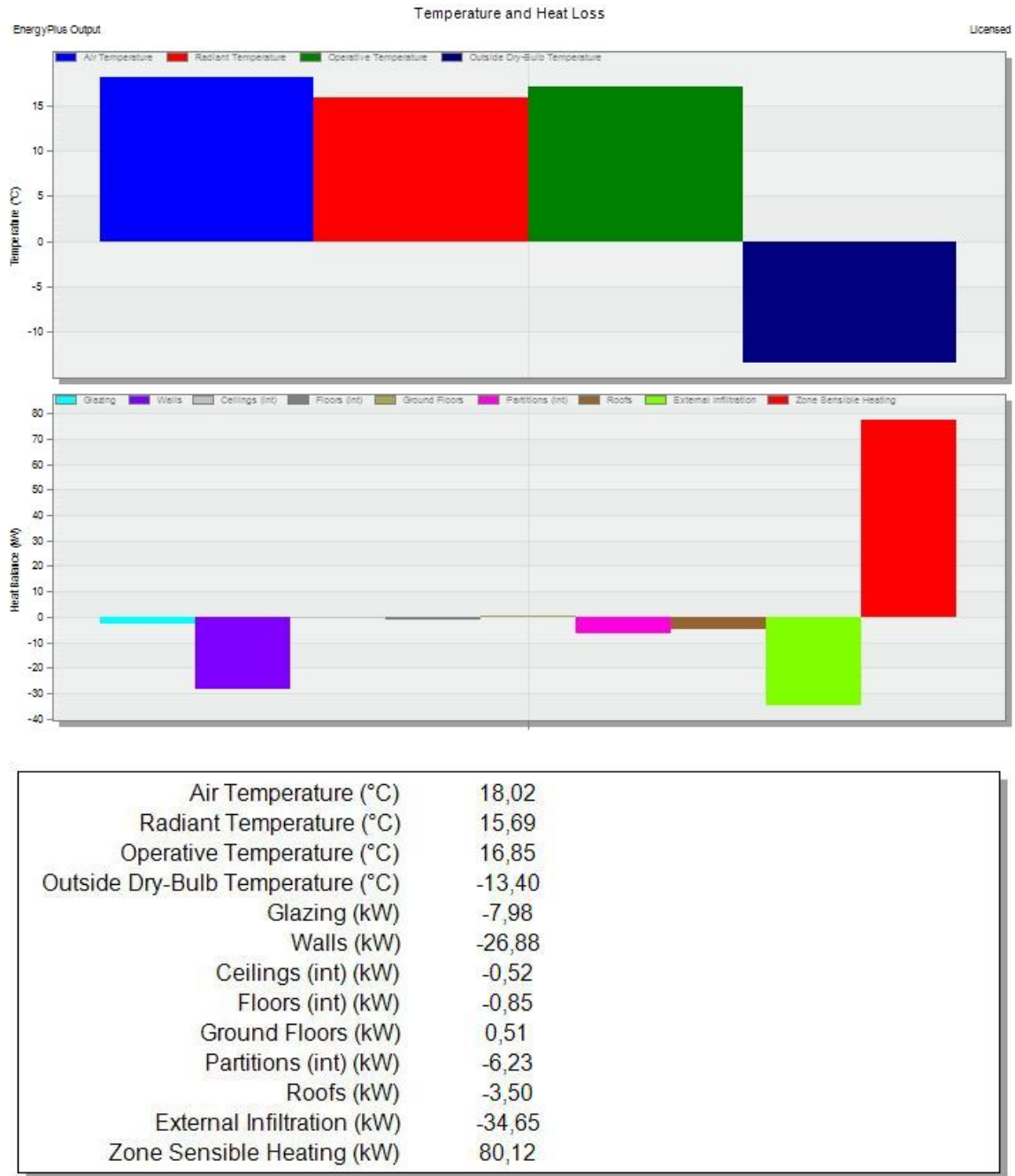
Çalışma kapsamında B1 tipi TOKİ konutunun iyileştirme senaryoları alan ısıtma için tüketilen enerjiyi azaltmak üzerine olmuştur. Belirlenen bu senaryolar ise yapı kabuğu elemanları üzerinden ele alınmış ve aşağıda belirtilmiş olan beş kategoride değerlendirilmiştir.

1. Dış duvarların iyileştirilmesi (S1, S1A, S1B, S1C),
2. Pencereilerin iyileştirilmesi (S2),
3. Çatı döşemesinin iyileştirilmesi(S3, S3A, S3B, S3C),
4. Temel/Zemin iyileştirilmesi (S4, S4A, S4B, S4C),
5. S1C-S2-S3C-S4C senaryolarının birlikte ele alındığı bir bütün olarak iyileştirilmesi (S5)

Yukarıda belirtilmiş olan senaryolar için kabuller bir önceki bölümde verildiği gibi gerçekleştirilmiştir.

Dış duvarların iyileştirilmesi için gerçekleştirilen senaryoyu inceleyecek olursak, mevcut durumda dış duvar yalıtımı olarak 5 cm EPS kullanıldığı gözlemlenmiştir. S1 senaryosu için 5 cm EPS yerine 10 cm taş yünü kullanılmıştır. Bunun neticesinde elde edilen analiz sonuçları Çizelge 3.6’da verildiği gibidir.

Çizelge 3.7. S1 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Mevcut durumda dış duvarlardan 36,12 kW olarak kaybedilen ısı miktarının S1 senaryosunun uygulanması sonucunda 26,88 kW'a düşeceği gözlemlenmiştir.

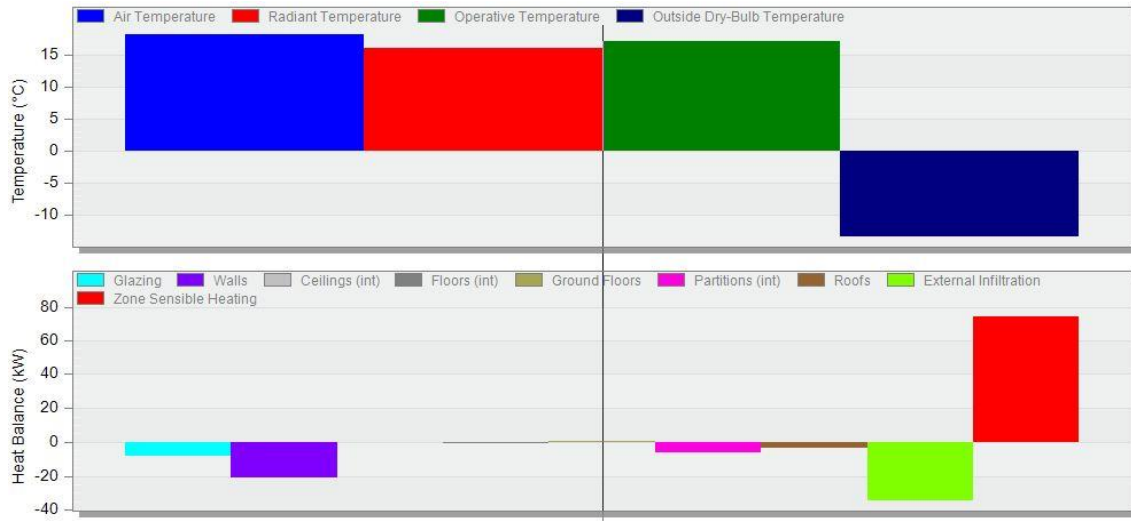
Çizelge 3.8. S1 senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 100,140 (kW)	
+	BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+	Zemin kat Total Design Heating Capacity = 21,110 (kW)
+	2. Kat Total Design Heating Capacity = 14,610 (kW)
+	5.Kat Total Design Heating Capacity = 20,160 (kW)
+	3. Kat Total Design Heating Capacity = 14,630 (kW)
+	4. Kat Total Design Heating Capacity = 14,940 (kW)
+	1. Kat Total Design Heating Capacity = 14,690 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan toplam ısıtma yükü, S1 senaryosu sonucunda yaklaşık olarak %10,52'lik bir iyileşme sağlayarak 100,140 kW olmuştur. (Çizelge 3.8)

S1A senaryosu için 5 cm EPS yerine 20 cm taş yünü kullanılmıştır. Bunun neticesinde elde edilen analiz sonuçları Çizelge 3.9.'da verildiği gibidir.

Çizelge 3.9. S1A senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Çizelge 3.9.(devam) S1A senaryosu sonucu ısıtma tasarımı

Air Temperature (°C)	18,07
Radiant Temperature (°C)	15,99
Operative Temperature (°C)	17,03
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	-13,40
Glazing (kW)	-8,06
Walls (kW)	-21,09
Ceilings (int) (kW)	-0,30
Floors (int) (kW)	-1,07
Ground Floors (kW)	0,50
Partitions (int) (kW)	-5,95
Roofs (kW)	-3,52
External Infiltration (kW)	-34,70
Zone Sensible Heating (kW)	74,20

Mevcut durumda dış duvarlardan 36,12 kW olarak kaybedilen ısı miktarının S1 senaryosunun uygulanması sonucunda 21,09 kW'a düşeceği gözlemlenmiştir.

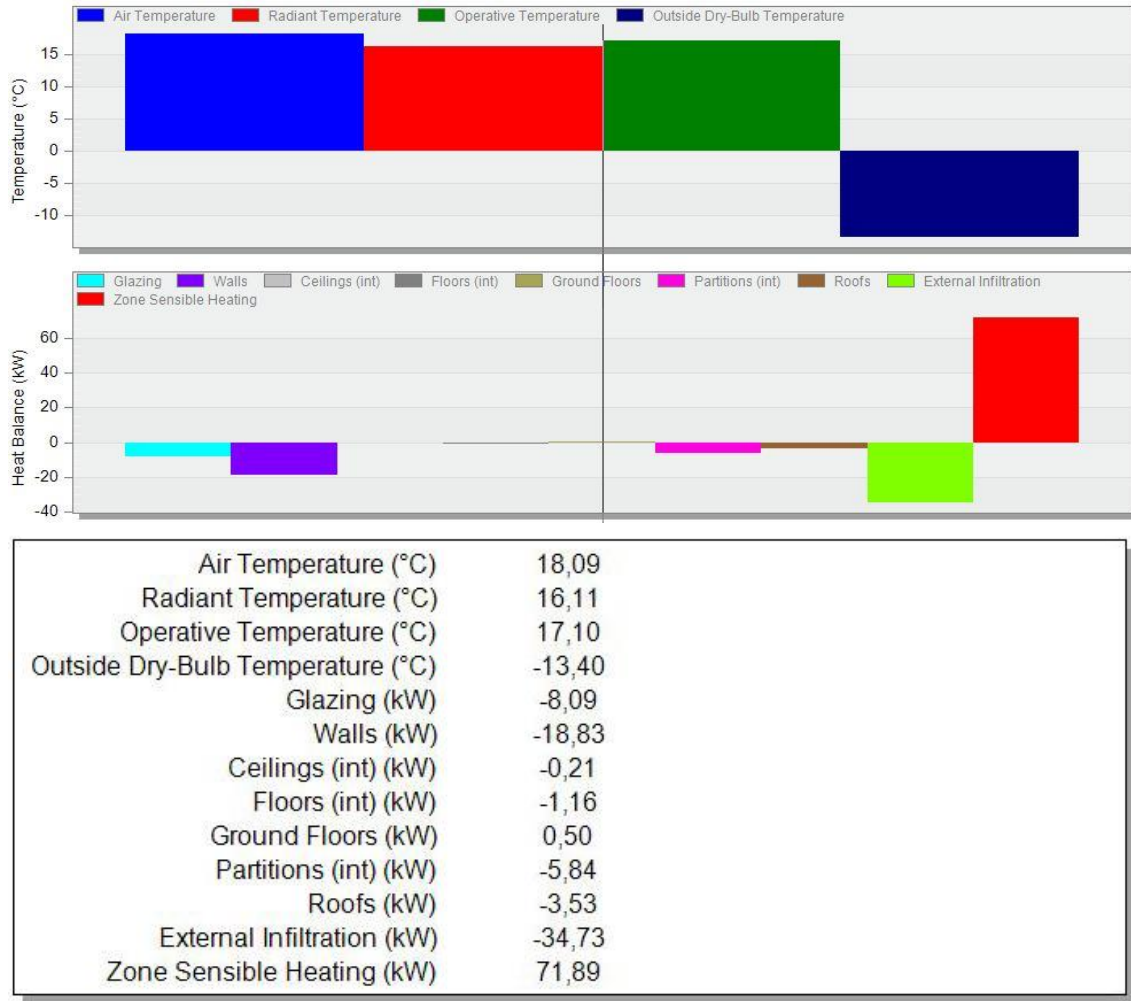
Çizelge 3.10. S1A senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 92,710 (kW)	
+ BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)	
+ Zemin kat Total Design Heating Capacity = 20,950 (kW)	
+ 2. Kat Total Design Heating Capacity = 13,170 (kW)	
+ 5.Kat Total Design Heating Capacity = 18,580 (kW)	
+ 3. Kat Total Design Heating Capacity = 13,180 (kW)	
+ 4. Kat Total Design Heating Capacity = 13,480 (kW)	
+ 1. Kat Total Design Heating Capacity = 13,350 (kW)	

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan toplam ısıtma yükü, S1A senaryosu sonucunda yaklaşık olarak %17,16'lık bir iyileşme sağlayarak 92,710 kW olmuştur. (Çizelge 3.10)

S1B senaryosu için 5 cm EPS yerine 30 cm taş yünü kullanılmıştır. Bunun neticesinde elde edilen analiz sonuçları Çizelge 3.11'de verildiği gibidir.

Çizelge 3.11. S1B senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Mevcut durumda dış duvarlardan 36,12 kW olarak kaybedilen ısı miktarının S1B senaryosunun uygulanması sonucunda 18,83 kW'a düşeceği gözlemlenmiştir.

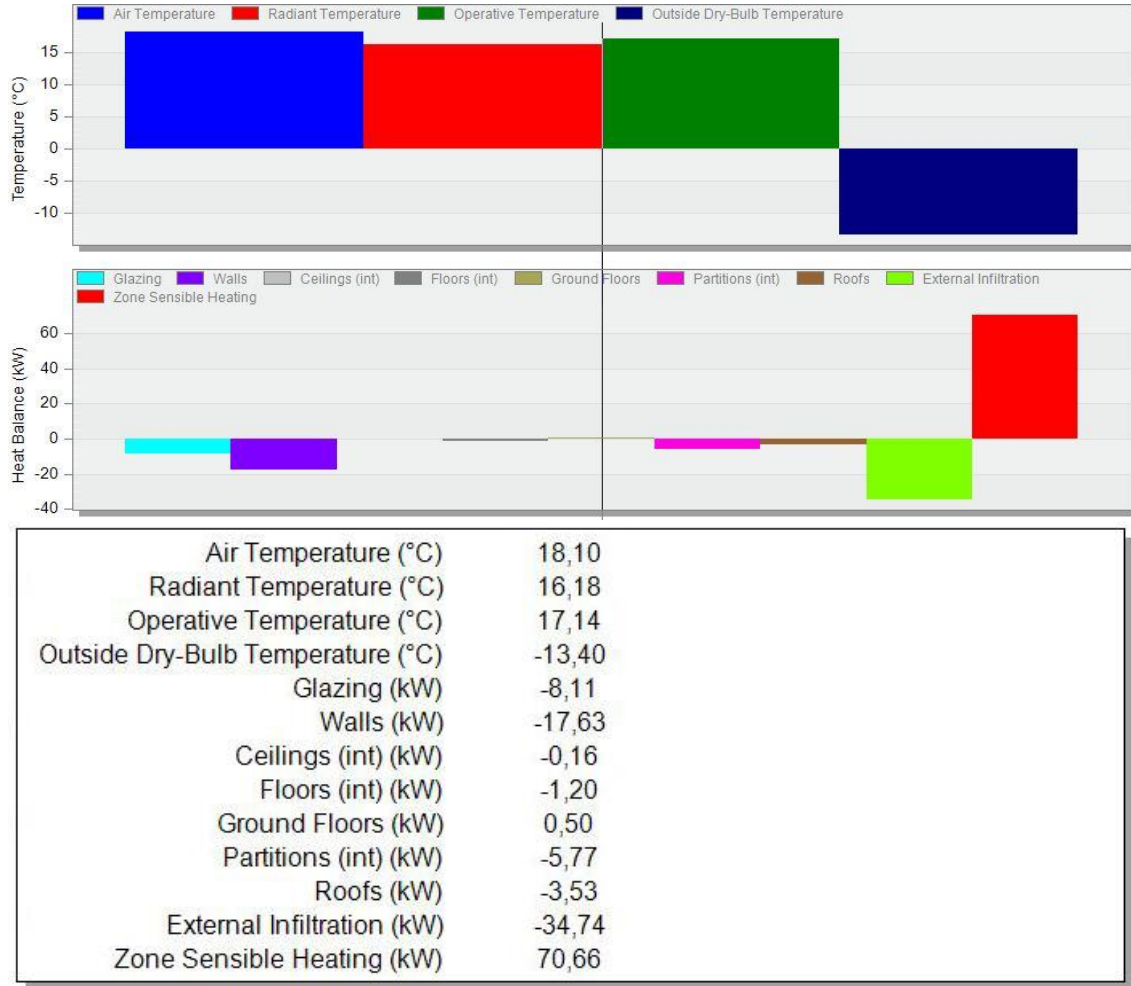
Çizelge 3.12. S1B senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 89,900 (kW)	
+	BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+	Zemin kat Total Design Heating Capacity = 20,880 (kW)
+	2. Kat Total Design Heating Capacity = 12,630 (kW)
+	5.Kat Total Design Heating Capacity = 17,980 (kW)
+	3. Kat Total Design Heating Capacity = 12,640 (kW)
+	4. Kat Total Design Heating Capacity = 12,900 (kW)
+	1. Kat Total Design Heating Capacity = 12,870 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan toplam ısıtma yükü, S1B senaryosu sonucunda yaklaşık olarak %19,67'lik bir iyileşme sağlayarak 89,900 kW olmuştur. (Çizelge 3.12)

S1C senaryosu için 5 cm EPS yerine 40 cm taş yünü kullanılmıştır. Bunun neticesinde elde edilen analiz sonuçları Çizelge 3.12’de verildiği gibidir.

Çizelge 3.13. S1C senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Mevcut durumda dış duvarlardan 36,12 kW olarak kaybedilen ısı miktarının S1C senaryosunun uygulanması sonucunda 17,63 kW’a düşeceği gözlemlenmiştir.

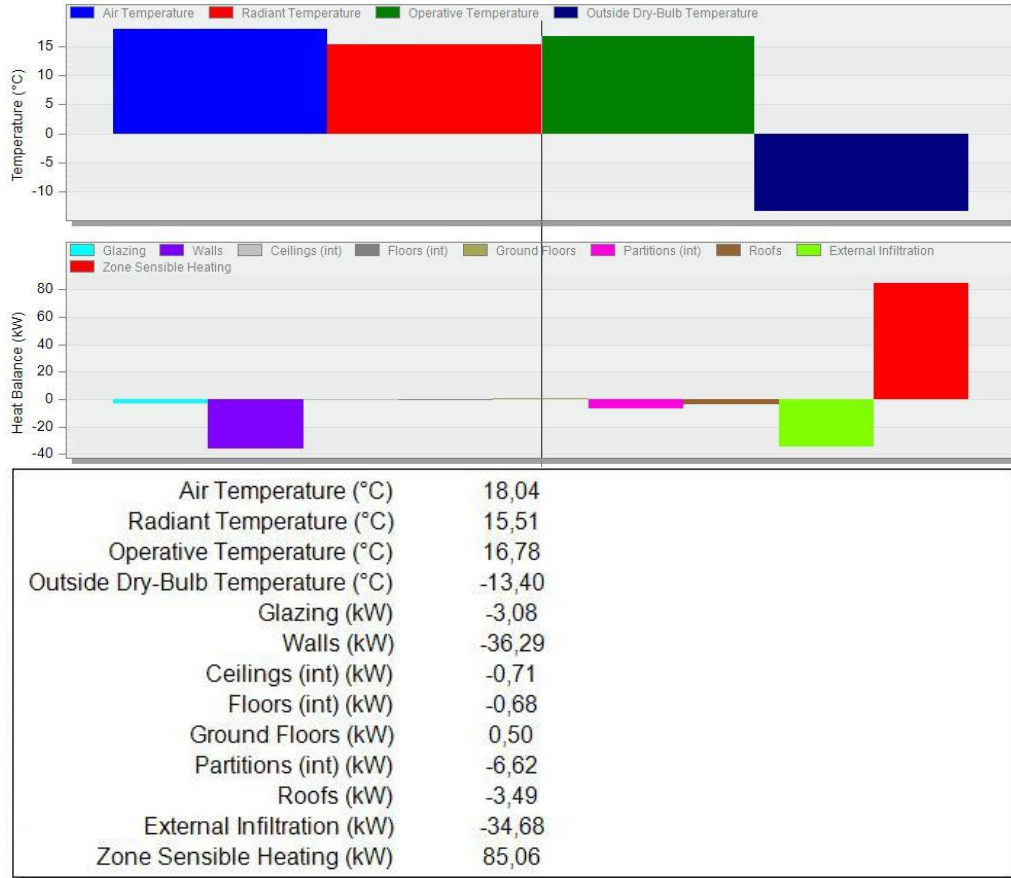
Çizelge 3.14. S1C senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 88,320 (kW)
+ BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+ Zemin kat Total Design Heating Capacity = 20,840 (kW)
+ 2. Kat Total Design Heating Capacity = 12,310 (kW)
+ 5.Kat Total Design Heating Capacity = 17,660 (kW)
+ 3. Kat Total Design Heating Capacity = 12,320 (kW)
+ 4. Kat Total Design Heating Capacity = 12,610 (kW)
+ 1. Kat Total Design Heating Capacity = 12,580 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan toplam ısıtma yükü, S1C senaryosu sonucunda yaklaşık olarak %21,08'lik bir iyileşme sağlayarak 88,320 kW olmuştur. (Çizelge 3.14)

Pencerelerin iyileştirilmesi için gerçekleştirilen senaryoda mevcut durumda 4+12+4 çift cam olan PVC pencereler yerine S2 senaryosu ile ısı kontrol kaplamalı (Low-E) üçlü cam kullanılmıştır. Bu uygulama sonucunda,

Çizelge 3.15. S2 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Mevcut durumda pencerelerden kaynaklanan ısı kaybı 7,86 kW iken S2 senaryosu sonucunda 3,08 kW olmuştur.

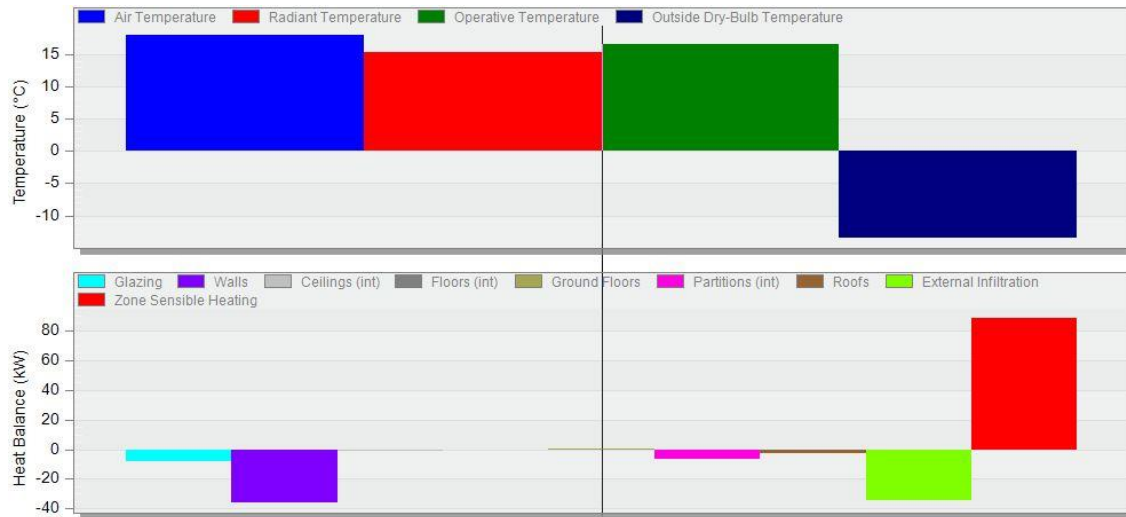
Çizelge 3.16. S2 senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 106,310 (kW)	
+	BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+	Zemin kat Total Design Heating Capacity = 20,740 (kW)
+	2. Kat Total Design Heating Capacity = 15,940 (kW)
+	5.Kat Total Design Heating Capacity = 21,470 (kW)
+	3. Kat Total Design Heating Capacity = 15,990 (kW)
+	4. Kat Total Design Heating Capacity = 16,250 (kW)
+	1. Kat Total Design Heating Capacity = 15,920 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan toplam ısıtma yükünün, S2 senaryosunun uygulanması sonucunda yaklaşık %5,01'lik bir iyileşme kaydederek 106,310 kW olmuştur.

Çatı döşemesinin iyileştirilmesi için gerçekleştirilen senaryoyu inceleyecek olursak, mevcut durumda 5 cm cam yünü ile yapılan yalıtım yerine 10 cm taş yünü kullanarak S3 senaryosu gerçekleştirilmiştir. Bunun neticesinde,

Çizelge 3.17. S3 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Çizelge 3.17.(devam) S3 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı

Air Temperature (°C)	17,95
Radiant Temperature (°C)	15,27
Operative Temperature (°C)	16,61
Outside Dry-Bulb Temperature (°C)	-13,40
Glazing (kW)	-7,87
Walls (kW)	-36,14
Ceilings (int) (kW)	-0,76
Floors (int) (kW)	-0,61
Ground Floors (kW)	0,51
Partitions (int) (kW)	-6,63
Roofs (kW)	-2,63
External Infiltration (kW)	-34,57
Zone Sensible Heating (kW)	88,72

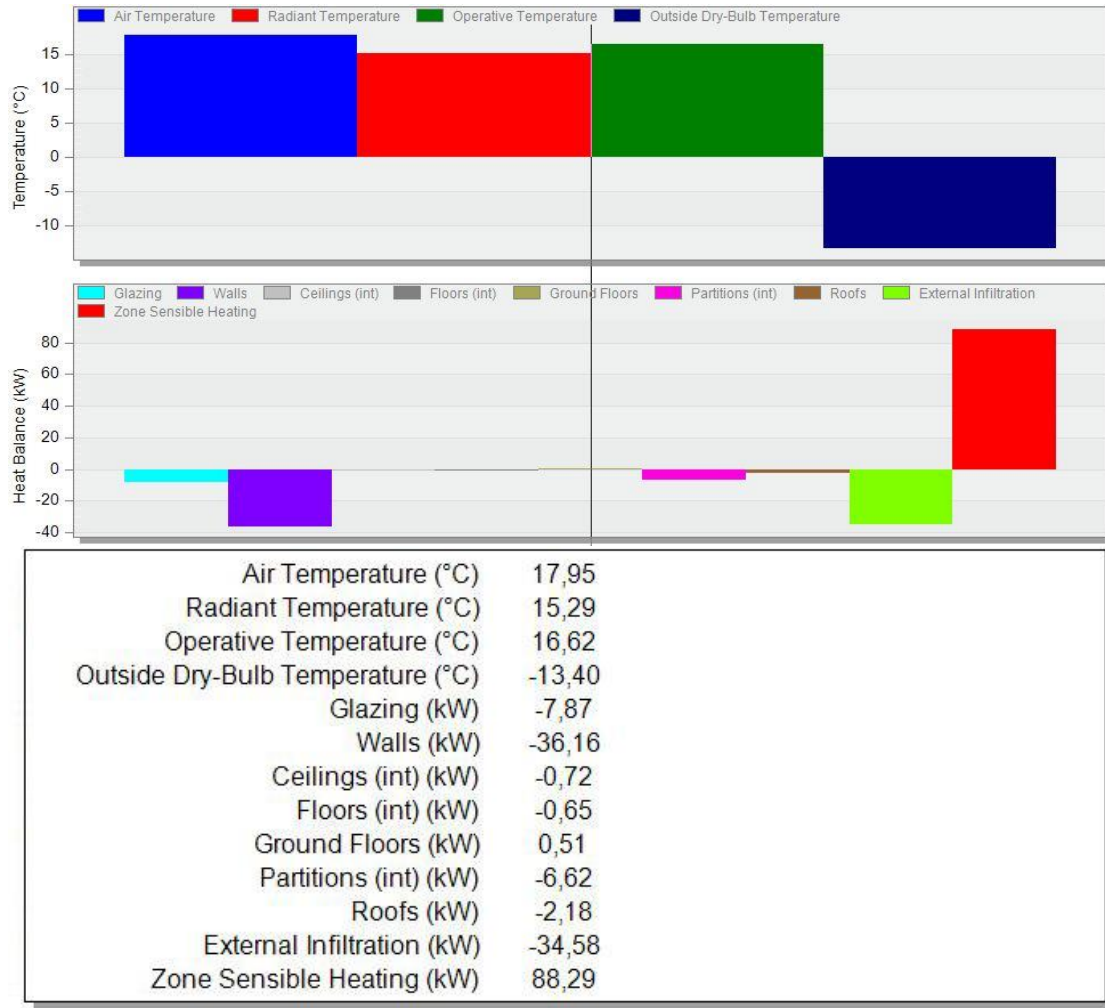
Mevcut durumda çatı döşemesinden kaynaklanan ısı kaybı kaynaklanan ısı kaybı -3,47 kW iken S3 senaryosu sonucunda -2,63 kW olmuştur.

Çizelge 3.18. S3 senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 110,910 (kW)
+ BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+ Zemin kat Total Design Heating Capacity = 21,370 (kW)
+ 2. Kat Total Design Heating Capacity = 16,900 (kW)
+ 5.Kat Total Design Heating Capacity = 21,700 (kW)
+ 3. Kat Total Design Heating Capacity = 16,930 (kW)
+ 4. Kat Total Design Heating Capacity = 17,160 (kW)
+ 1. Kat Total Design Heating Capacity = 16,850 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan total ısıtma yükü, S3 senaryosu sonucunda 110,910 kW olmuştur. Yaklaşık olarak %1,07'lik bir iyileşme kaydetmiştir. S3A senaryosunda ise 5 cm cam yünü yerine 20 cm taş yünü kullanarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.19. S3A senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Mevcut durumda çatı döşemesinden kaynaklanan ısı kaybı kaynaklanan ısı kaybı -3,47 kW iken S3A senaryosu sonucunda -2,18 kW olmuştur.

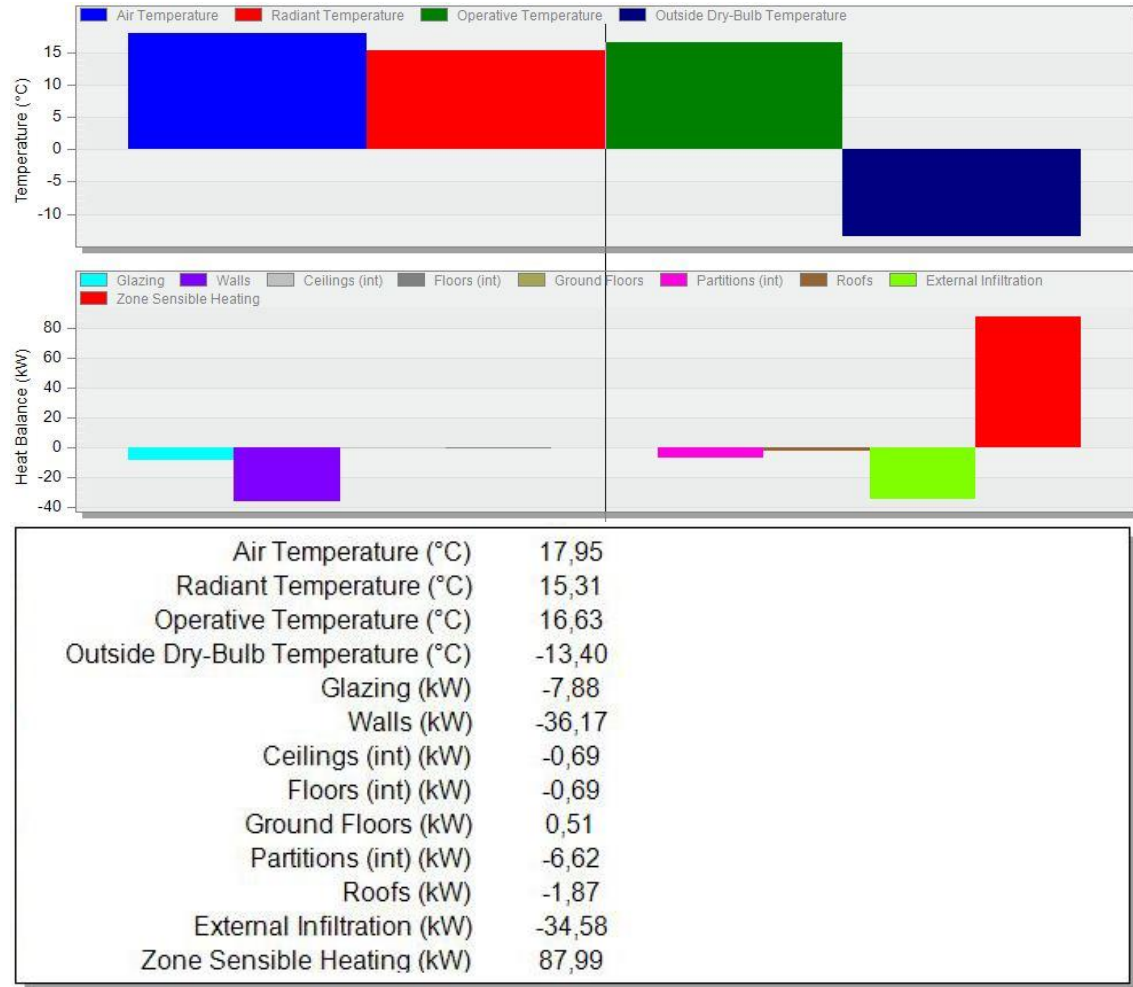
Çizelge 3.20. S3A senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 110,330 (kW)	
+	BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+	Zemin kat Total Design Heating Capacity = 21,370 (kW)
+	2. Kat Total Design Heating Capacity = 16,900 (kW)
+	5.Kat Total Design Heating Capacity = 21,180 (kW)
+	3. Kat Total Design Heating Capacity = 16,930 (kW)
+	4. Kat Total Design Heating Capacity = 17,100 (kW)
+	1. Kat Total Design Heating Capacity = 16,850 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan total ısıtma yükü, S3A senaryosu sonucunda 110,330 kW olmuştur. Yaklaşık olarak %1,42'lik bir iyileşme kaydetmiştir.

S3B senaryosu 5 cm cam yünü yerine 30 cm taş yünü kullanarak gerçekleştirilmiştir. Bunun neticesinde,

Çizelge 3.21. S3B senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



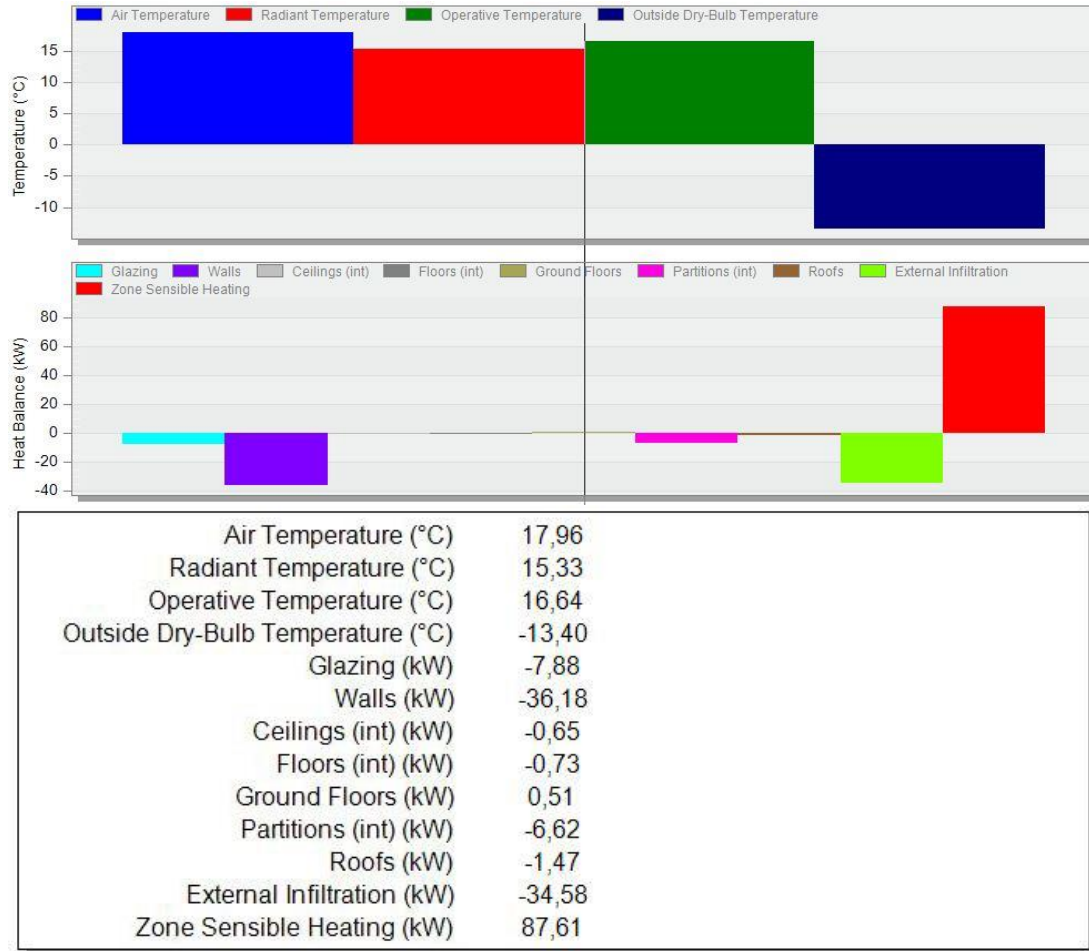
Mevcut durumda çatı döşemesinden kaynaklanan ısı kaybı kaynaklanan ısı kaybı -3,47 kW iken S3B senaryosu sonucunda -1,87 kW olmuştur.

Çizelge 3.22. S3B senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 110,000 (kW)
+ BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+ Zemin kat Total Design Heating Capacity = 21,370 (kW)
+ 2. Kat Total Design Heating Capacity = 16,900 (kW)
+ 5.Kat Total Design Heating Capacity = 20,860 (kW)
+ 3. Kat Total Design Heating Capacity = 16,930 (kW)
+ 4. Kat Total Design Heating Capacity = 17,090 (kW)
+ 1. Kat Total Design Heating Capacity = 16,850 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan total ısıtma yükü, S3B senaryosu sonucunda 110,00 kW olmuştur. Yaklaşık olarak %1,71'lik bir iyileşme kaydetmiştir. S3C senaryosunda ise 5 cm cam yünü yerine 40 cm taş yünü kullanarak gerçekleştirilmiştir. Bunun neticesinde,

Çizelge 3.23. S3C senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Mevcut durumda çatı döşemesinden kaynaklanan ısı kaybı -3,47 kW iken S3C senaryosu sonucunda -1,47 kW olmuştur.

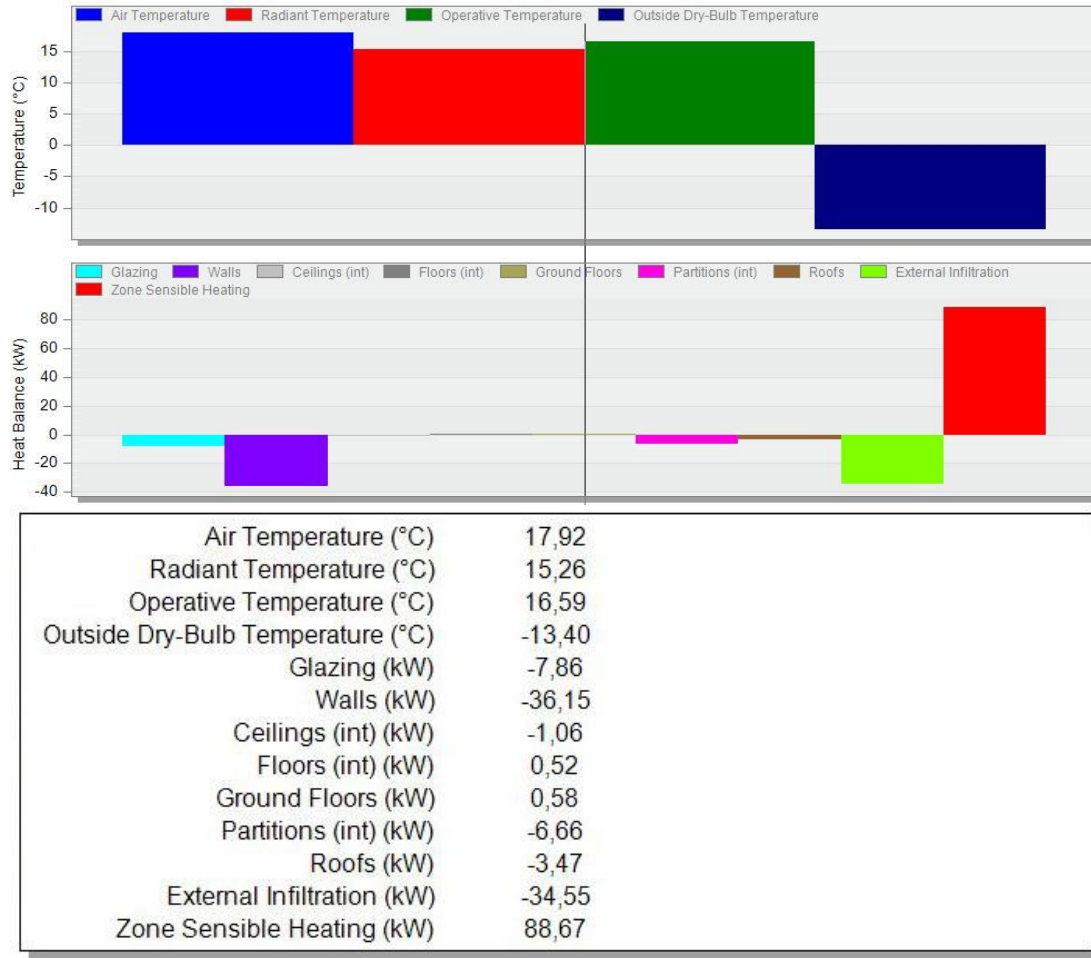
Çizelge 3.24. S3C senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 109,540 (kW)
+ BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+ Zemin kat Total Design Heating Capacity = 21,370 (kW)
+ 2. Kat Total Design Heating Capacity = 16,900 (kW)
+ 5.Kat Total Design Heating Capacity = 20,420 (kW)
+ 3. Kat Total Design Heating Capacity = 16,930 (kW)
+ 4. Kat Total Design Heating Capacity = 17,070 (kW)
+ 1. Kat Total Design Heating Capacity = 16,850 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan total ısıtma yükü, S3C senaryosu sonucunda 109,540 kW olmuştur. Yaklaşık olarak %2,12'lik bir iyileşme kaydetmiştir.

S4 senaryosunda zemin kat döşemesi(bodrum tavanı) için bir iyileştirme düşünülmüş olup, zemin kat döşemesine 3cm XPS uygulaması yapıldığı varsayılmıştır. Bunun neticesinde,

Çizelge 3.25. S4 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Mevcut durumda döşemeden kaynaklanan ısı kaybı -0,53 kW değerinden +0,52 değerine çıkmış ve kazanç durumuna geçmiştir.

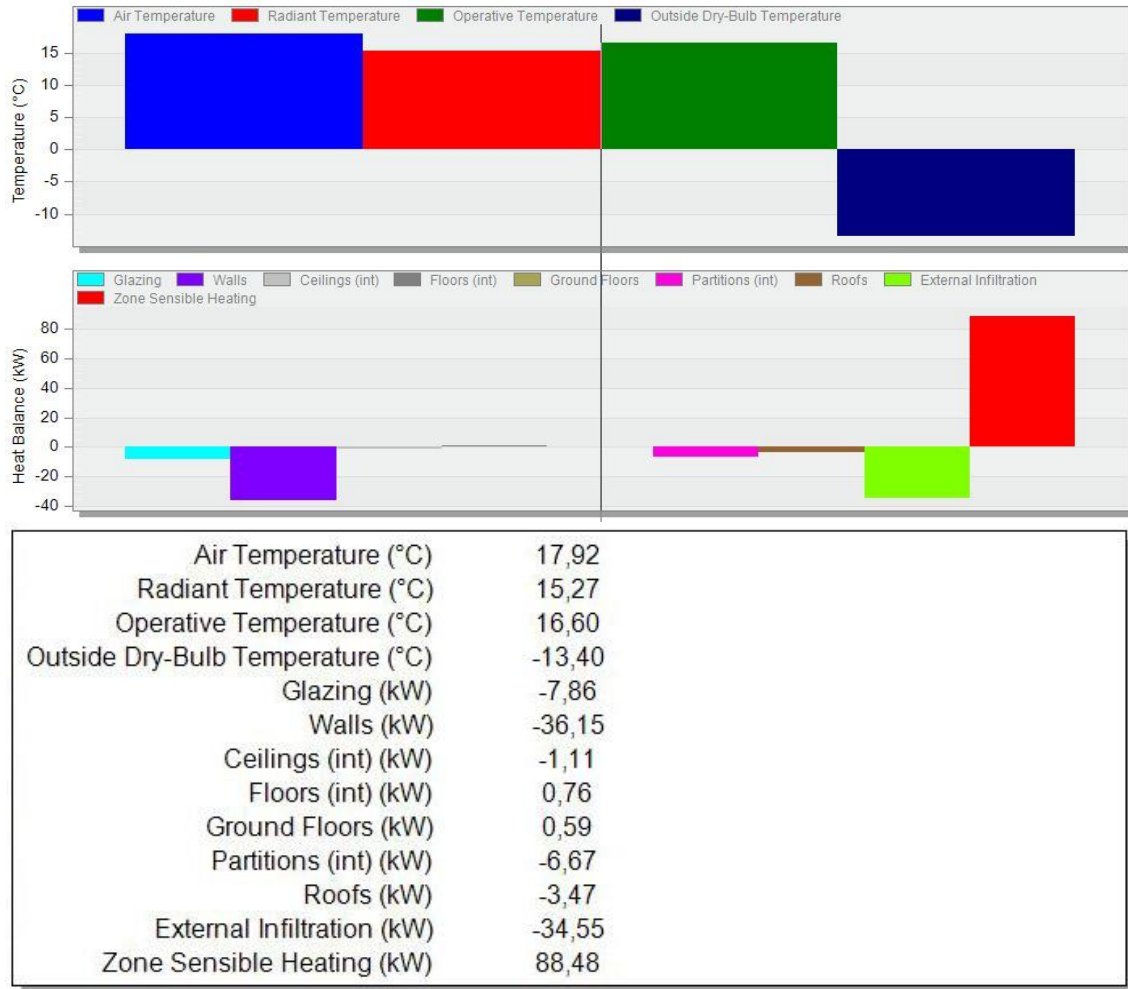
Çizelge 3.26. S4 senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 110,820 (kW)	
+	BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+	Zemin kat Total Design Heating Capacity = 20,330 (kW)
+	2. Kat Total Design Heating Capacity = 16,890 (kW)
+	5.Kat Total Design Heating Capacity = 22,630 (kW)
+	3. Kat Total Design Heating Capacity = 16,960 (kW)
+	4. Kat Total Design Heating Capacity = 17,210 (kW)
+	1. Kat Total Design Heating Capacity = 16,800 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan toplam ısıtma yükü, S4 senaryosunun uygulanması ile %0,89'luk bir iyileşme yüzdesi sonucu yıllık ısıtma yükü 110,820 kW olmuştur.

S4A senaryosunda zemin kat döşemesine 5 cm XPS uygulaması yapıldığı varsayılmıştır. Bunun neticesinde,

Çizelge 3.27. S4A senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Mevcut durumda döşemeden kaynaklanan ısı kaybı -0,53 kW değerinden +0,76 değerine çıkmış ve kazanç durumuna geçmiştir.

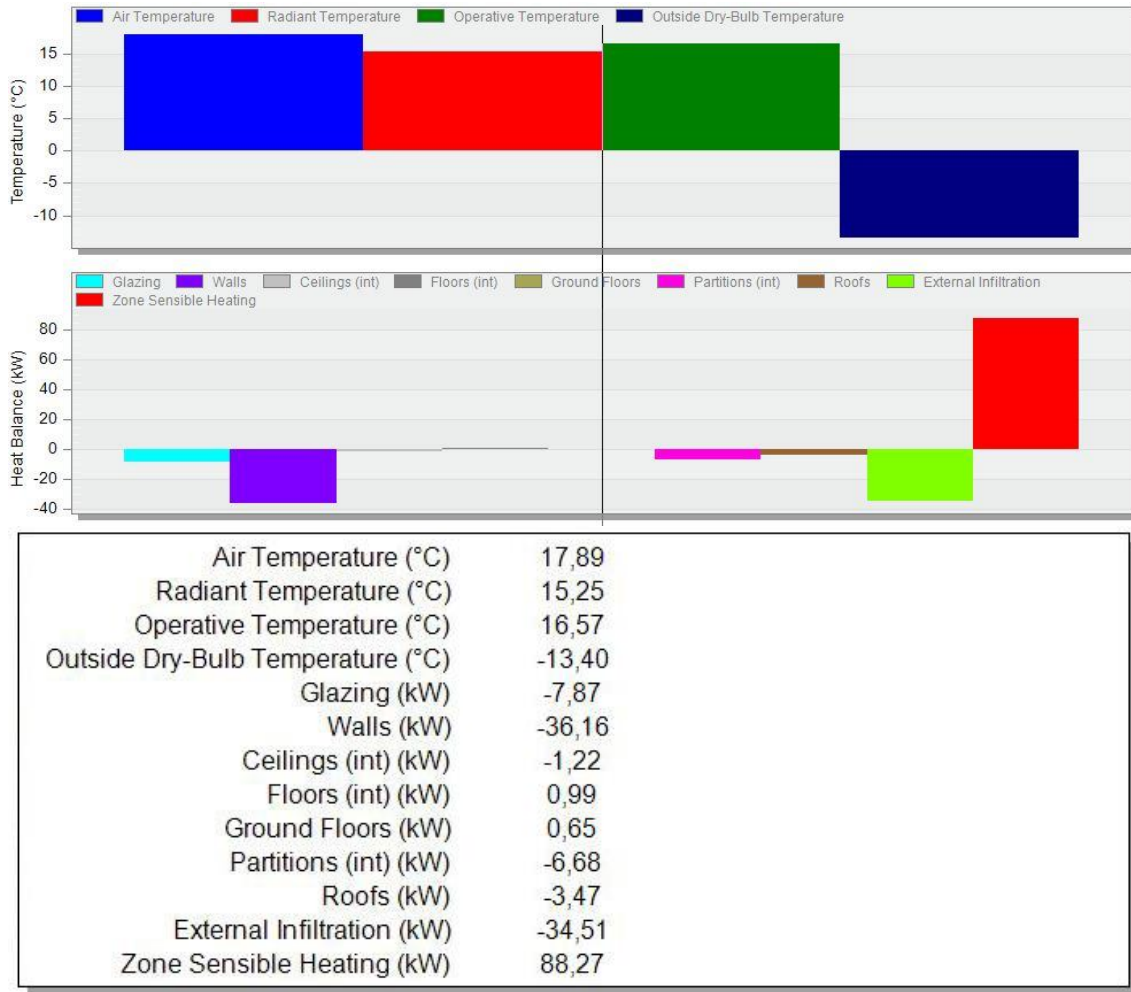
Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan toplam ısıtma yükü, S4A senaryosunun uygulanması ile %1,17'lik bir iyileşme yüzdesi sonucu yıllık ısıtma yükü 110,600 kW olmuştur.

Çizelge 3.28. S4A senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 110,600 (kW)
+ BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+ Zemin kat Total Design Heating Capacity = 20,120 (kW)
+ 2. Kat Total Design Heating Capacity = 16,890 (kW)
+ 5.Kat Total Design Heating Capacity = 22,630 (kW)
+ 3. Kat Total Design Heating Capacity = 16,960 (kW)
+ 4. Kat Total Design Heating Capacity = 17,210 (kW)
+ 1. Kat Total Design Heating Capacity = 16,790 (kW)

S4B senaryosunda zemin kat döşemesine 10 cm XPS uygulaması yapıldığı varsayılmıştır. Bunun neticesinde,

Çizelge 3.29. S4B senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Mevcut durumda döşemeden kaynaklanan ısı kaybı -0,53 kW değerinden +0,99 değerine çıkmış ve kazanç durumuna geçmiştir.

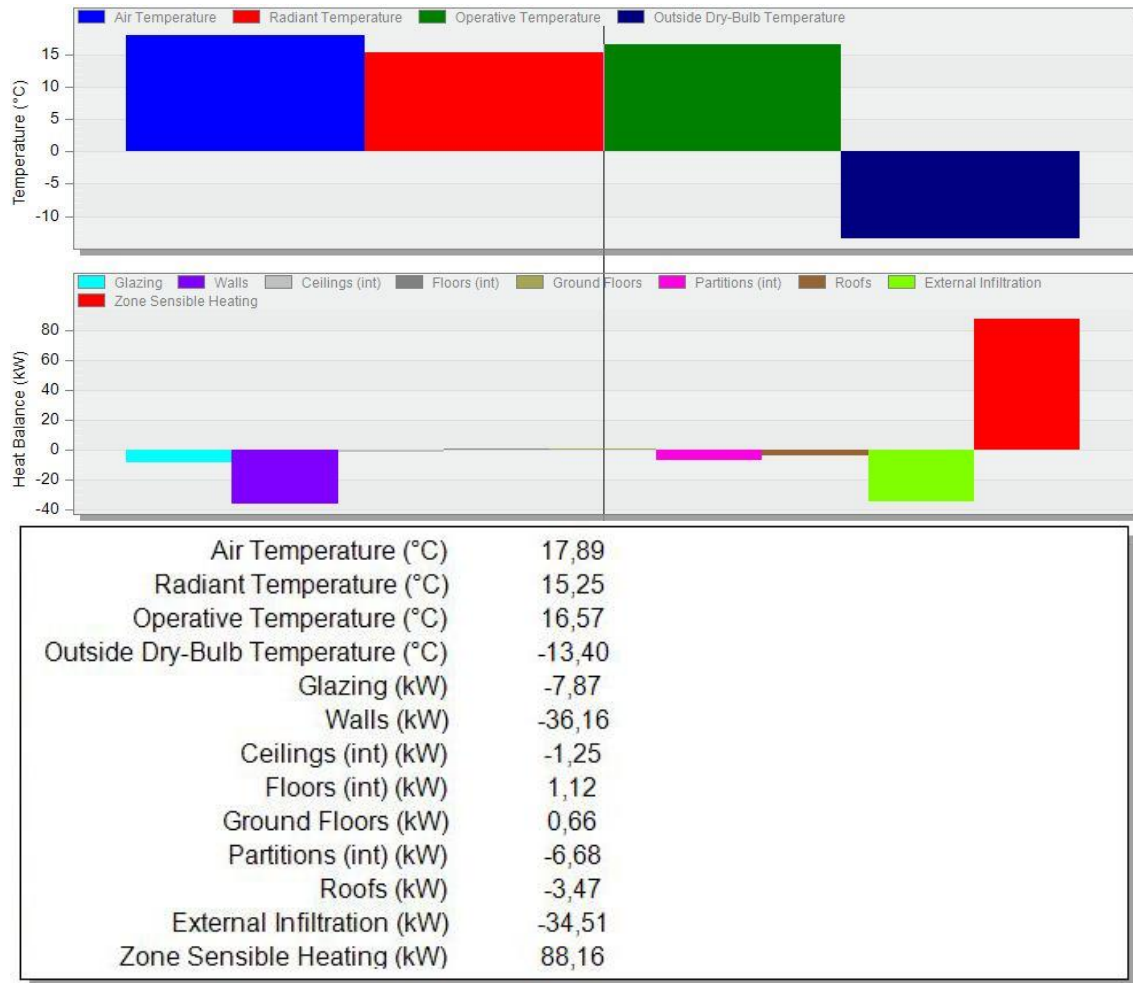
Çizelge 3.30. S4B senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 110,320 (kW)
+ BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+ Zemin kat Total Design Heating Capacity = 19,900 (kW)
+ 2. Kat Total Design Heating Capacity = 16,880 (kW)
+ 5.Kat Total Design Heating Capacity = 22,630 (kW)
+ 3. Kat Total Design Heating Capacity = 16,960 (kW)
+ 4. Kat Total Design Heating Capacity = 17,200 (kW)
+ 1. Kat Total Design Heating Capacity = 16,750 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan toplam ısıtma yükü, S4B senaryosunun uygulanması ile %1,4'lük bir iyileşme yüzdesi sonucu yıllık ısıtma yükü 110,320 kW olmuştur.

S4C senaryosunda zemin kat döşemesine 15 cm XPS uygulaması yapıldığı varsayılmıştır. Bunun neticesinde,

Çizelge 3.31. S4C senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



Mevcut durumda döşemeden kaynaklanan ısı kaybı -0,53 kW değerinden +1,12 değerine çıkmış ve kazanç durumuna geçmiştir.

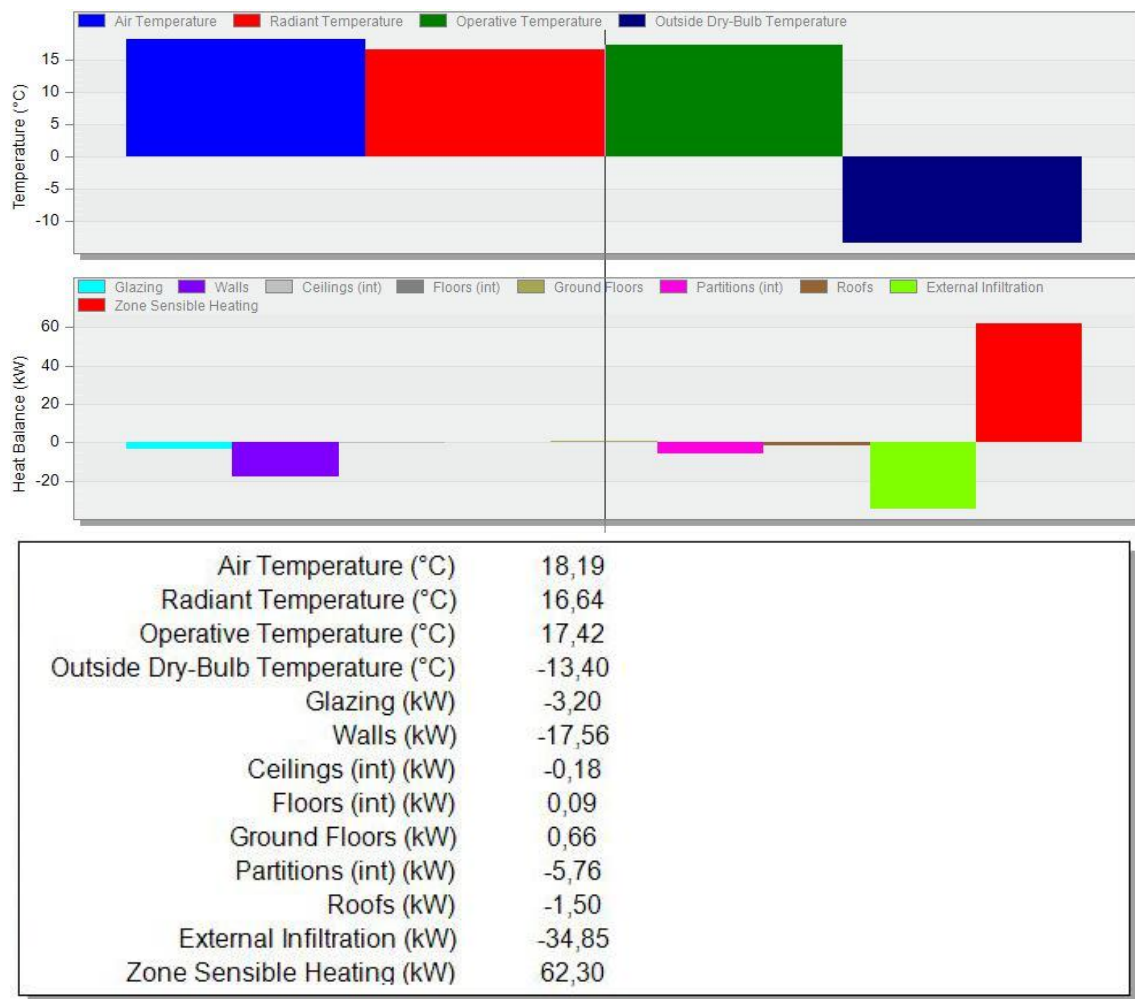
Çizelge 3.32. S4C senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 110,160 (kW)	
+	BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+	Zemin kat Total Design Heating Capacity = 19,760 (kW)
+	2. Kat Total Design Heating Capacity = 16,880 (kW)
+	5.Kat Total Design Heating Capacity = 22,630 (kW)
+	3. Kat Total Design Heating Capacity = 16,960 (kW)
+	4. Kat Total Design Heating Capacity = 17,200 (kW)
+	1. Kat Total Design Heating Capacity = 16,730 (kW)

Mevcut durumda yıllık 111,920 kW olan toplam ısıtma yükü, S4C senaryosunun uygulanması ile %1,57'lik bir iyileşme yüzdesi sonucu yıllık ısıtma yükü 110,160 kW olmuştur.

S5 senaryosunda ilk 4 senaryoda(S1C,S2,S3C,S4C) ayrı ayrı ele alınan dış duvar, pencere, zemin ve çatı döşemesi iyileştirmelerinin birlikte yapılacağı varsayılmış olup, elde edilen ısıtma yükü sonuçlarının aşağıdaki gibi olacağı kaydedilmiştir.

Çizelge 3.33. S5 senaryosu sonucu ısıtma tasarımı



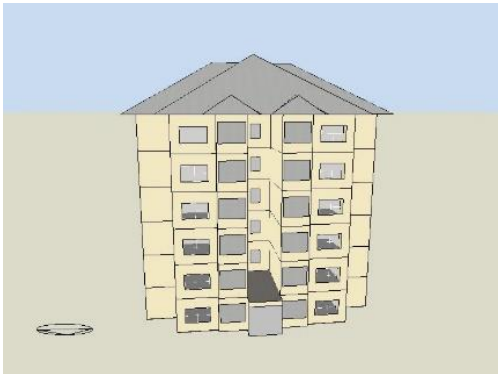
Mevcut durumda ısıtma yükü 89,53 kW iken iyileştirme yapıldıktan sonra 62,30 kW olmuştur.

Çizelge 3.34. S5 senaryosu sonucu toplam ısıtma yükü

Building 1 Total Design Heating Capacity = 77,790 (kW)	
+	BodrumKt Total Design Heating Capacity = 0,000 (kW)
+	Zemin kat Total Design Heating Capacity = 18,520 (kW)
+	2. Kat Total Design Heating Capacity = 11,190 (kW)
+	5.Kat Total Design Heating Capacity = 14,130 (kW)
+	3. Kat Total Design Heating Capacity = 11,180 (kW)
+	4. Kat Total Design Heating Capacity = 11,330 (kW)
+	1. Kat Total Design Heating Capacity = 11,440 (kW)

Mevcut durumda 111,920 kW olan metrekare başına yıllık toplam ısıtma yükünün, S1C, S2, S3C, S4C iyileştirmelerin aynı anda uygulandığı S5 senaryosu sonucunda yaklaşık olarak %30,49 iyileşme kaydederek 77,790 kW olacağı belirlenmiştir.

Çizelge 3.35. Erzurum toplu konut örneğine ait yapı elemanı bilgileri (programda hesaplanmıştır.)

Erzurum TOKİ Toplu Konut Örneği							
Yenileme Çalışmaları		U Değeri W/(m²-K)		TR-U değeri W/(m²-K)	Toplam Kalınlık		Yapılan Değişiklikler
		Önce	Sonra	Soğuk İklim	Önce	Sonra	Total
Yapı Kabuğu Elemanları	Duvar	0,559	0,091	0,19	31 cm	66 cm	40 cm taş yünü ısı yalıtımı
	Pencere Kapı	1,440	0,966	1,10	4+16+4 çift cam	Üçlü loW-e cam	Üçlü loW-e cam ile değiştirilmesi
	Zemin Döşeme	2,17	0,183	0,28	25 cm	40 cm	15 cm XPS
	Çatı	0,606	0,096	0,13	28 cm+ kırma çatı	65 cm+ kırma çatı	40 cm taş yünü
Önce				Sonra			
							

Çizelge 3.35.' te S5 senaryosuna göre yapının yenilenmeden önce ve yenilendikten sonraki yapı kabuğu elemanlarına ait bilgiler ve yapılan değişiklikler verilmiştir.

4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Tezin bu bölümünde, yapının opak ve saydam bileşenleri açısından önerilen alternatif yenileme senaryolarının sonuçları ele alınmış ve tartışılmıştır.

Çizelge 4.1.'de mevcut durumlar ve senaryoların uygulandıktan sonra alınan simülasyon sonuçları verilmektedir. S1 senaryoları sonucu sırasıyla %10,52-17,16-19,67-21,08 iyileşme, S2 senaryosu sonucu %5,01 iyileşme, S3 senaryoları sonucu sırasıyla %1,07-1,42-1,71-2,12 iyileşme, S4 senaryoları sonucu sırasıyla %0,89-1,17-1,40-1,57 iyileşme, S5 senaryosu sonucu ise %30,49 oranında iyileşme kaydedilmiştir. Bu sonuçlara göre en çok tasarruf miktarı bütün senaryoların birlikte uygulandığı S5 senaryosundan (%30,49) sağlanmıştır. Bunu takiben sırası ile; duvarların iyileştirilmesi, pencerelerin iyileştirilmesi, çatı döşemesinin iyileştirilmesi ve zemin kat döşemesinin iyileştirmesi gelmektedir.

Çizelge 4.1. Erzurum toplu konut örneğine ait yapı enerji performansı bilgileri

Erzurum TOKİ Toplu Konut Örneği			
Enerji Tüketimi(kW)	Yenileme öncesi	Yenileme sonrası	İyileşme %
S1	111,920	100,140	10,52
S1A	111,920	92,710	17,16
S1B	111,920	89,900	19,67
S1C	111,920	88,320	21,08
S2	111,920	106,310	5,01
S3	111,920	110,910	1,07
S3A	111,920	110,330	1,42
S3B	111,920	110,00	1,71
S3C	111,920	109,54	2,12
S4	111,920	110,820	0,89
S4A	111,920	110,600	1,17
S4B	111,920	110,320	1,40
S4C	111,920	110,160	1,57
S5	111,920	77,790	30,49

İyileştirme oranları değerlendirilirken m² bazında değerlendirme yapmak da elbette yararlı olacaktır. Dolayısıyla en çok m²'ye sahip yenileme S1 senaryoları ile duvarlarda mevcuttur buna istinaden de S1-S2-S3-S4 senaryoları içinde en yüksek değer duvarlara aittir.

Uygulanan kalınlık ya da katman sayısı arttıkça sonuçların daha yüksek oranlarda olduğu görülmüştür.

Pencerelerin alanları ile ilgili bir değişiklik büyük çapta bir değişiklik olacağından sadece çift cam pencereler üçlü cam pencerelere çevrilmiştir. Enerji performansı açısından üçlü cam pencereler kadar olmasa da 4+12+4 (4 mm cam +12 mm boşluk + 4 mm cam) özelliklerine sahip pencerelerin de enerji performansı açısından iyi durumda olduğu kabul edilmektedir. Dolayısıyla tek camlı ya da daha az boşluklu özelliklere sahip pencereler yenilendiğinde çok daha fazla enerji tasarrufu sağlanabileceği ön görülmektedir.

Çatı parametreleri simülasyon programında tanımlı olmadığından S3 iyileştirme senaryosu çatı döşemesi ile sınırlı kalmıştır. Ancak programda çatı döşemesi tanımlanırken; döşeme + 10 cm taş yünü + 2 metre boşluk + 10 cm taş yünü + membran + sac olarak tanımlanmış olup ısıtılmayan bir çatı boşluğu olduğu değerlendirilmiştir. Bu senaryonun etkileyeceği ısıtma alanı üzerindeki yük son kat ile sınırlı olduğundan m² olarak değerlendirildiğinde iyileşme yüzdesinin düşük olması normal karşılanmaktadır.

Zemin kat döşemesi için uygulanan iyileştirme senaryosunda; bodrum kat tavanına 3-5-10-15 cm XPS uygulanmış ve tıpkı S3 senaryosunda olduğu gibi en fazla etkileyeceği alan bir katla sınırlı kalıp, zemin kat olarak görülmüştür. M² olarak düşünüldüğünde bu senaryonun sonuçları azımsanamayacak kadar etkilidir. %1'lik enerji tasarrufu farkından dolayı S3 ve S4 senaryoları aynı seviyede değerlendirilebilir.

Çizelge 4.2. İncelenen konutların enerji performansı değişiminin karşılaştırılması

Örnek	Yenileme Öncesi Enerji Tüketimi	Yenileme Sonrası Enerji Tüketimi	Tasarruf	İyileşme Yüzdesi (Alan Isıtma)
İsveç Örneği	175 MWh / yıl	74 MWh / yıl	101 MWh / yıl	%73.9
Danimarka Örneği	728 MWh / yıl	502 MWh / yıl	226 MWh / yıl	%31 (+sıcak su)
Çek Cumhuriyeti Örneği	129,58 kWh / yıl	50,71 kWh / yıl	78,87 kWh / yıl	%74.4
Avusturya Örneği	146,5 kWh / yıl	46 kWh / yıl	100 kWh / yıl	%68
Almanya Örneği	123 kWh / yıl	46,5 kWh / yıl	77 kWh / yıl	%62
İsviçre Örneği	154 kWh / yıl	54 kWh / yıl	100 kWh / yıl	%65
Belçika Örneği	150 kWh / yıl	75 kWh / yıl	75 kWh / yıl	%50
İsveç-Backa röd Örneği	178 kWh / yıl	52 kWh / yıl	126 kWh / yıl	%70
Erzurum TOKİ Örneği (S5)	111,920 kW / yıl	77,790 kW / yıl	34,13 kW / yıl	%30,49

Erzurum TOKİ konutu iyileştirme sonuçlarını Avrupa örnekleri ile karşılaştırınca tasarruf edilen enerji miktarında en düşük orana sahiptir. Ancak yenilemeden önce toplam enerji tüketiminde de en düşük orana sahiptir. Örnek olarak seçilen yapı, Avrupa örneklerinde olduğu gibi enerji performansı açısından çok da düşük niteliklerde inşa edilmemiştir. Dolayısıyla incelenen örneklerle nazaran soğuk iklim koşullarında inşa edilen bir yapının mekan ısıtması için tüketilen enerji miktarında daha iyi bir seviyede olduğu söylenebilir. Bu değerlendirme yapılırken incelenen yapıların yapım yılları ve tabi oldukları yasal mevzuatlar da göz önünde bulundurulmalıdır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaşamın tamamında yer edinmiş olan enerji konusu son yıllarda tüm ülkelerin önceelikli gündemindedir. Kaynakların sınırlı olması enerji konusunda yapılacak her çalışmayı, girişimi ve çabayı daha da önemli hale getirmektedir. Küresel ölçekte enerji tüketiminin %40 gibi bir oranından yapı sektörünün sorumlu olması mimarların konuya daha hassas yaklaşması gerektiğinin bir göstergesidir. Mimarlık disiplininde enerjinin korunumu ve enerji tüketiminin azaltılmasına dair çalışmalar her geçen gün yaygınlaşarak artmaktadır. Mimarların konuyla ilişkileri tasarım prensiplerinin belirlenmesi kapsamında tasarımın erken evrelerinde olmaktadır. Tasarım prensipleri; konutların ısıtma, soğutma, aydınlatma ve havalandırma gibi temel ihtiyaçlarını etkilemekte ve enerji tüketiminde büyük rol oynamaktadır.

Türkiye’de yapılmakta olan yeni binaların söz konusu tasarım prensiplerine; binalarda ısı yalıtım yönetmeliği, binalarda enerji performansı yönetmeliği gibi yönetmelik ve mevzuatlar sayesinde uyduğu söylenebilir. Ancak mevcut yapı stoğundaki pek çok bina söz konusu yönetmelikler yürürlüğe girmeden önce inşa edilmiş ve aktif olarak kullanılmaktadır. Bu yapıların harcadığı enerji göz ardı edilemeyecek miktardadır. Dolayısıyla mevcut yapı stoğunun enerji etkin yenilemelerle iyileştirilmesi üzerine yapılacak çalışmalar son derece önemlidir.

Bu tezde “Soğuk iklim bölgesinde bulunan mevcut toplu konut yapılarının enerji tüketimi nasıl ve ne kadar azaltılabilir?” sorusu çalışmanı motivasyonunu oluşturmuştur. “Soğuk iklim bölgelerinde alan ısıtma için tüketilen enerji, yapı kabuğunda yapılacak iyileştirmeler ile azaltılabilir.” hipotezi ile bir araştırma planı hazırlanmıştır.

Bu plan çerçevesinde yapılan literatür çalışması ile öncelikli olarak yapı çevrelerde enerji tüketimi ile ilgili sayısal verilere ulaşılmış ve konunun önemi ortaya konulmuştur. Daha sonra soğuk iklim bölgelerindeki mevcut konut yapılarının enerji tüketim değerleri incelenmiş ve soğuk iklim bölgelerinde yapı tasarım prensipleri ortaya konularak kuramsal çerçeve şekillendirilmiştir. Mevcut konut yapılarının enerji etkin yenilenmesini değerlendirebilmek amacıyla Avrupa ülkelerinden; İsveç, Danimarka, Çek Cumhuriyeti, Avusturya, Almanya, İsviçre ve Belçika’dan daha önceden yenilenmiş toplu konut örnekleri incelenmiş ve yapı kabuğu elemanları için ne tür yenilemeler yapıldığı

araştırılmıştır. İncelenen örneklerde “yapı kabuğunun” enerji tüketiminde birincil rolü üstlendiği görülmüş ve gerçekleştirilen iyileştirmeler bu çerçevede değerlendirilmiştir. Bu bağlamda çalışma kapsamında yapı kabuğunu etkileyen unsurlar ele alınmış; tasarım kriterleri (arazi seçimi, yönlenme, iklim koşulları gibi yapı inşa edildikten sonra değiştirilemeyecek faktörler) ile enerji kazanımına yönelik sistemlerin ilave edilmesi gibi faktörler bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur. Mevcut pencere alanının değiştirilmesi de kapsamlı değişime girdiği için bu durum da inceleme dışı bırakılmıştır.

Tez çalışmasının, alan çalışması kısmında ülkemizde soğuk iklim bölgesinde yer alan Erzurum ili örnek çalışma için seçilmiş olup, son yıllarda konut ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılayan bir kurum olan TOKİ tarafından yaptırılmış bir konut değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme çerçevesinde Design Builder simülasyon programı ile mevcut durumda alan ısıtması için gereken enerji miktarı hesaplanmıştır. Daha sonra duvarlarda, pencerelerde, zemin döşemesinde, çatıda ve hepsinin birlikte uygulandığı senaryo tipi olmak üzere, 5 farklı senaryo ile toplamda 14 senaryo belirlenmiş; 4 senaryo tipi için farklı kalınlıklar kullanılarak ayrı ayrı yapı kabuğu elemanları üzerinde iyileştirmeler yapıp 1 tanesinde ise bütün iyileştirmelerin bir arada yapıldığı bir senaryo tasarlanmıştır. Kalınlıkların değerlendirildiği/karşılaştırıldığı senaryolar için malzeme (taş yünü, XPS) tipleri değiştirilmemiştir. Bu senaryolar kapsamında en fazla iyileştirme oranının hepsinin birlikte uygulandığı S5 senaryosunda olduğu ve toplamda sadece mekan ısıtmasında %30,49 iyileşme elde edilebileceği kaydedilmiştir. Design Builder simülasyonu sonucu çıkan bu değer soğuk iklim bölgelerinde salt yapı kabuğu üzerinde yenileme yapılarak alan ısıtma enerjisinden %30,49 oranında bir iyileşme sağlanabileceğini göstermektedir. Bu sonuç ile araştırma sorusu yanıtlanmış ve çalışmanın hipotezi doğrulanmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen yenileme örneklerinde sadece alan ısıtma enerjisi için elde edilen tasarruf oranı mevcut olsaydı değerlendirme ve karşılaştırmalar daha verimli olabilirdi. Ayrıca çalışma sürecinde yapıya ait doğal gaz faturalarında 2020 yılına ait 3 farklı aya ait faturalara ulaşılmıştır. Simülasyon programından elde edilen verilerin en az 3 yıllık faturalar ile karşılaştırılamaması ise bu çalışmanın sınırlılıkları arasında bulunmaktadır.

Ülkemiz yapılarında alan ısıtması için tüketilen enerjiyi azaltmak adına özellikle soğuk iklim bölgeleri için bir boşluk olduğu açıktır. Yapılan çalışma göz önüne alındığında; soğuk iklim bölgelerinde bulunan mevcut yapı stoğunun yapı kabuğu bağlamda değerlendirilmesi ve gerekli yenileme adımlarının atılması önem arz etmektedir. Yapımı çok daha önce tamamlanmış olan ve yapı kabuğu elemanları açısından daha fazla dezavantajı bulunan konutlarda yapılacak iyileştirme ile çok daha fazla tasarruf edileceği de ön görülmektedir.

Uygulaması tamamlanmış bir proje üzerinden gerçekleştirilen bu çalışma sonuçları, soğuk iklim bölgelerinde bulunan yapıların ısıtma yüklerinin önemli bir kısmının yapı kabuğu iyileştirilmesi ile azaltılmasının mümkün olduğunu göstermektedir. Önerilen iyileştirme senaryolarında yapının m² bazında yapı kabuğu elemanlarının etkinliği göz önünde bulundurularak, opak ve saydam bileşenler yenilenebilir. Yapı kabuğu elemanlarının m² başına yenileme verimliliği, yapının HVAC sistemlerinin yenilenmesi, maliyete göre bina zarfı yenilemesinin araştırılmasının yanı sıra enerji üreten sistemlerin eklenmesi ve hangi senaryonun maliyet ve performans açısından daha verimli olacağının değerlendirilmesinin araştırılması gibi konular araştırmacılar için yeni bir araştırma sorusu olabilir.

Sonuç olarak, yapı sektörünün enerji tüketimi değerlendirildiğinde büyük bir paya sahip olan konut yapılarının enerji etkin tasarlanması hem ülkemiz hem dünya açısından çok önemli bir yere sahiptir. Kullanılan enerjinin büyük bir kısmını ithal eden bir ülke konumunda olduğumuzdan, enerji tüketiminin azaltılması ülke ekonomisine katkı sağlamakla birlikte, enerji kaynaklarının korunması açısından da oldukça önemlidir. Ayrıca, yeni yapılaşma sayısının mevcut yapılara göre daha az sayıda olduğu düşünüldüğünde mevcut konut stoğunun enerjiyi daha etkin kullanmak üzere yenilenmesi günümüz koşullarında çok büyük bir değere sahiptir ve bu konuda gerekli adımların atılması büyük öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- Adolfsson, L., Andersson, C. (2016). *Multi-active Façades for Renovation of Million Program Houses An analysis from Energy and Life Cycle Cost Perspectives*, Master Thesis, Lund University, Lund, 42-49.
- Aksoy, U. T., Inalli, M. (2006). Impacts of some building passive design parameters on heating demand for a cold region. *Building and Environment*, 41(12), 1742-1754.
- Almeida, M. G. d., Ferreira, M. A. P. S., Rodrigues, A., Höfler, K., Maydl, J., Venus, D., Østergaard, I. (2017). *Co-benefits of energy related building renovation: demonstration of their impact on the assessment of energy related building renovation (Annex 56)*. Guimarães, Portugal Universidade do Minho, 25-35.
- Alseth, N. B., Andersen, L. (2018). *Green Buildings in Cold Climate*. Master Thesis, The Arctic University of Norway, Tromsø, 20-25.
- Ashrae. (2015). *Cold Climate Buildings Design Guide*, Atlanta, 107-148.
- Bektaş, B., Aksoy, U. T. (2005). Soğuk İklimlerdeki Binalarda Pencere Sistemlerinin Enerji Performansı. *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 3, 499-508.
- Bektaş, B., Hakyemez, C., Yanık, E., Kavak, D. K. (2019). Sektörel Görünüm Kasım 2019 Enerji. TSKB, *İstanbul*, 28-31.
- Bertoldi, P., Diluiso, F., Castellezzi, L., Labanca, N., Serrenho, T. (2018). Energy consumption and energy efficiency trends in the EU-28 for the period 2000-2016. European Commission, *Luxembourg*, 10-68.
- Biket, A. P. (2006). *Architectural Design Based on Climatic Data*. Paper presented at the 1st International CIB Endorsed METU Postgraduate Conference Built Environment & Information Technologies, Ankara, 261-267.
- Bosseboeuf, D., Gynther, L., Lapillonne, B., Pollier, K. (2015). Energy efficiency trends and policies in the household and tertiary sectors; an analysis based on the ODYSSEE and MURE databases. European Commission, *Finland*, 23-43.
- Chaiyapinunt, S., Phueakphongsuriya, B., Mongkornsaksit, K., Khomporn, N. (2005). Performance rating of glass windows and glass windows with films in aspect of thermal comfort and heat transmission. *Energy and buildings*, 37(7), 725-738.
- Chen, Y., Fazio, P., Athienitis, A., Rao, J. (2012). *Sustainable Building Design in Cold Regions: High Performance Envelope and Façade-Integrated Photovoltaic/Solar Thermal Systems at High Latitudes*. Conference: Cold Regions Engineering, Canada, 199-209.
- Çakıcı, F. Z. (2013). *The development of a building energy performance evaluation program (EnAd) for architectural design process*. Doctor of Philosophy, Middle East Technical University, Ankara.
- Çakıcı, F. Z. (2018). Çatılarda Buzlanma Ve Buz Sarkıtlarının Oluşum Sebepleri Ve Çözüm Önerileri. *ATA Planlama ve Tasarım Dergisi*, 2(1), 13-19.

- Danielsson, A., G. A., Thuvander, L. (2015). *Tio år tio exempel "Byggande för hållbar utveckling i Göteborg mellan åren 2003-2013*. Göteborg, 22-24
- Dehlin, S., Heincke, C., Koskinen, P. (2018). *Passive House Construction Above the Arctic Circle*. Cold Climate HVAC Conference, Sweden, 3-15.
- Dekay, M., Brown, G. (2013). *Sun, Wind, And Light: Architectural Design Strategies*: John Wiley & Sons. Canada, 216-250.
- Dengiz, O., Turan, İ. D., Özkan, B. (2019). Erzurum İli Temel Coğrafi Özellikleri ve Potansiyel İşlemeli Tarım Alanı Varlığı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(2), 136-152.
- Depecker, P., Menezo, C., Virgone, J., Lepers, S. (2001). Design of buildings shape and energetic consumption. *Building and Environment*, 36(5), 627-635.
- Dizdar, H. (2009). *İklimsel tasarım parametreleri açısından geleneksel ve yeni konutların değerlendirilmesi: Diyarbakır örneği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 22-30.
- Department Of Energy, (2015). Quadrennial Technology Review: An Assessment of Energy Technologies and Research Opportunities; DOE, America, 145-152.
- El-Darwish, I., Gomaa, M. (2017). Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency. *Alexandria Engineering Journal*, 56(4), 579-589.
- Florides, G. A., Tassou, S. A., Kalogirou, S. A., Wrobel, L. (2002). Measures used to lower building energy consumption and their cost effectiveness. *Applied Energy*, 73(3-4), 299-328.
- Günel, Ö. (2004). *Sürdürülebilir Bina Tasarımında İklim Verilerinin Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 29-35.
- Hausladen, G., Liedl, e., de Saldanha, M. (2012). *Building to suit the climate: a handbook*. Birkhauser Architecture: 30-38.
- Höfler, K., Maydl, J., Venus, D., Sedlák, J., Struhala, K., Almeida, M. G. d., Fragoso, R. (2017). *Shining examples of cost-effective energy and carbon emissions optimization in building renovation (annex 56)*. Universidade do Minho: Portugal, 49-63, 85-99.
- International Energy Agency IEA, (2012). Koniklecová 4, Brno-Nový Lískovec. *Brno*.
- International Energy Agency IEA, (2018). Apartment Building in Brogård, Alingsås SE, IEA SHC Task 37 Advanced Housing Renovation with Solar & Conservation. *Sweden*.
- International Energy Agency IEA, (2018). Energy Efficiency 2018. *Fransa*, 17-40.
- International Energy Agency IEA, (2020). Energy Efficiency Indicators 2020. *Fransa*, 8-12.

- International Energy Agency IEA(a), (2019). World Energy Outlook 2019. *Fransa*, 35-70.
- International Energy Agency IEA(b), (2019). Energy Efficiency Division, Energy Efficiency 2019. *Fransa*, 9-21.
- International Energy Agency IEA(c), (2019). Energy Efficiency Indicators 2019. *Paris*, 5-25.
- International Energy Agency IEA(d), (2019). World Energy Balances: An Overview Statistics 2019. *Fransa* , 4-33.
- International Energy Agency IEA(e), (2019). Energy Efficiency 2019. *Fransa*, 9-21.
- International Passive House Association (IPHA), (2014). *Active for more comfort: Passive House, Information for property developers, contractors and clients*. PHI: Rheinstraße, 12-15.
- Iyengar, K. (2015). *Sustainable architectural Design: an overview*. Routledge: Norfolk, 21-40.
- İnternet: Bodwell, L. (2012). Corrugated Metal Roofing vs. Standing Seam Systems, URL: <https://portsmoutharearoofing.com/uncategorized/signed-sealed-delivered-a-building-envelope-just-right-for-new-hampshire-maine/>, Son Erişim Tarihi: 10.08.2020
- İnternet: Carter, M., Stangl, R. (2012). Building Design Considerations In Cold Climates, URL: <https://www.wbdg.org/resources/building-design-considerations-cold-climates>, Son Erişim Tarihi: 06.06.2020
- İnternet: CSB, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018). Birincil ve Nihai Enerji Yoğunluğu. URL: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/birincil-ve-nihai-enerji-yogunlugu-i-85811>, Son Erişim Tarihi: 05.04.2020
- İnternet:Çalikoğlu, E. (2011). Enerji Verimliliği (Enver) Kanunu. URL: https://www.emo.org.tr/ekler/b86e315ae7833fe_ek.pdf, Son Erişim Tarihi: 17.03.2020
- İnternet: European Comission(EC), (2020). Energy performance of buildings directive. URL: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en, Son Erişim Tarihi: 01.04.2020
- İnternet: Environmental and Energy Study Institute (EESI), (2020). Energy efficiency. URL: <https://www.eesi.org/topics/energy-efficiency/description>, Son Erişim Tarihi: 02.03.2020
- İnternet: Energy Information Administration (EIA), (2013). Today Energy, Energy sources have changed throughout the history of the United States. URL: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=11951#:~:text=While%20the%20overall%20energy%20history,for%20well%20over%20100%20years>, Son Erişim Tarihi: 22.05.2020

- İnternet: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), (2017). *Birincil Ve Nihai Enerji Yoğunluğu 2000 -2017*. URL: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/birincil-ve-nihai-enerji-yogunlugu-i-85811> , Son Erişim Tarihi: 19.07.2020
- İnternet: Eurostat(a). (2018). Final Energy Consumption. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/t2020_34, Son Erişim Tarihi: 09.08.2020
- İnternet: Eurostat(b). (2018). Primary energy consumption. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/t2020_33, Son Erişim Tarihi: 08.08.2020
- İnternet: Efficient Windows Collaborative (EWC), (2018). Design Guidance for New Windows in a Cold Climate. URL: <https://www.efficientwindows.org/downloads/ColdDesignGuide.pdf>, Son Erişim Tarihi: 02.03.2020
- İnternet:Jahawar, K. (2012). High Performance Building For Cold Climate. URL: <https://www.slideshare.net/KrishnaJhawar/high-performance-building-for-cold-climate>, Son Erişim Tarihi: 05.06.2020
- İnternet:Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), (2020). iklim. URL: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim.aspx?key=B>, Son Erişim Tarihi: 12.01.2020
- İnternet:Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), (2020). İklim Sınıflandırması Erzurum. URL: <https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-siniflandirmalari.aspx?m=ERZURUM>, Son Erişim Tarihi: 12.01.2020
- İnternet:Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), (2020). Resmi İstatistikler. URL: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ERZURUM>, Son Erişim Tarihi: 12.01.2020
- İnternet:Odyssee-Mure. (2020). Sectoral profile - overview, energy efficiency trends of final consumers. URL: <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/overview/trends-of-final-consumers.html>, Son Erişim Tarihi: 17.02.2020
- İnternet: UNEP, (2020). Sustainable buildings. URL: <https://www.unenvironment.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/sustainable-buildings>, Son Erişim Tarihi: 13.03.2020
- İnternet:TÜİK. (2019). *Konulara Göre İstatistikler,Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi*. URL: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059, Son Erişim Tarihi: 13.03.2020
- İnternet: Yetgin, Ş. (2008). Binalarda Isıl Köprü Sorunları. URL: http://www.yalitim.net/yayin/430/binalarda-isil-kopru-sorunlari_11951.html#.XtZp4zozbIV , Son Erişim Tarihi: 16.07.2020
- Janson, U., Wall, M. (2007). *Experiences from apartment buildings as passive houses in Sweden*. Paper presented at the 11th International Conference on Passive Houses, Austria.

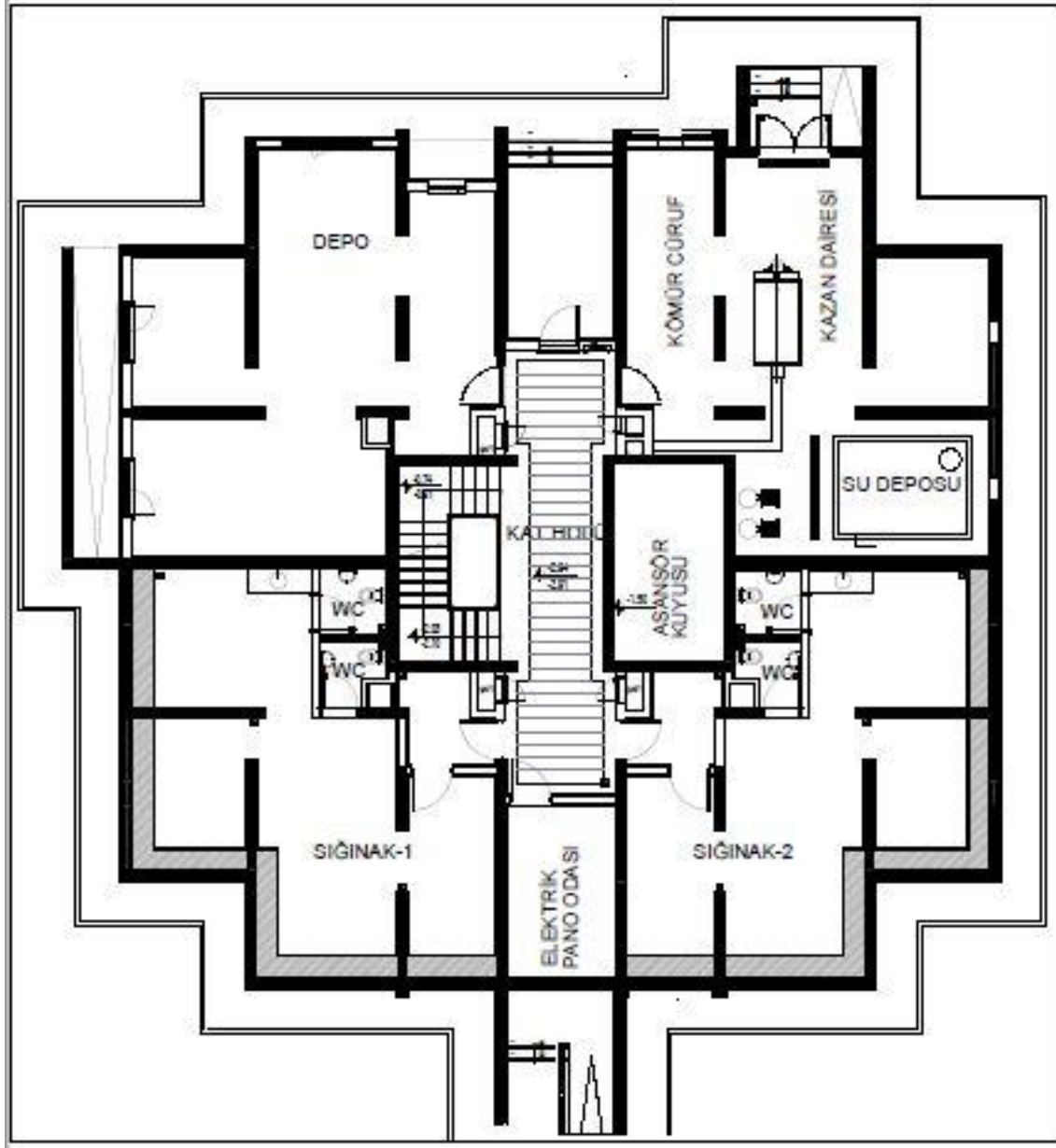
- Jin, H., Zhao, B. (2011). Design Strategy Of Energy-Efficient Public Buildings In Cold Region Of China. *Semantic Scholar*, China.
- Johansson, B. (2012). *Miljonprogrammet-utveckla eller avveckla? : Forskningsrådet Formas*. Forskningsrådet Formas: Sweden, 29-45.
- Karagülle, C. (2009). *Yerel Verilerin Konut Tasarım Sürecinde Değerlendirilmesi. Mardin Örneği*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 11-31.
- Knudsen, H. N., Thomsen, K. E., Rose, J., Bergsøe, N. C. (2015). Tenants' experiences and satisfaction in social housing subject to comprehensive retrofitting: A Danish case study. *København*, 8-22.
- Küçükçali, R. (2007). Çok Katlı Yüksek Konutlarda Hvac Sistemleri Seçimi. *Türk Tesisat Mühendisleri Dergisi*(50). 212-217.
- Labanca, N., Bertoldi, P., Hirl, B. (2013). *The electricity consumption of household appliances in the European Union and the effects of existing EU energy efficiency policies on its evolution*. Paper presented at the Proceedings of the 7th International Conference EEDAL, Portugal, 94-109.
- Lechner, N. (2015). *Heating, Cooling, Lighting Sustainable Design Methods For Architects*. John Wiley Sons: Canada, 12-16.
- Lopez-Besora, J., Coch, H., Pardal, C. (2019). Contemporary roof design concepts: learning from vernacular architecture. In *Sustainable Vernacular Architecture*, Springer, 357-376.
- Mangan, S. D., Oral, G. K. (2014). A study on the evaluation of heating and cooling energy efficiency in residential buildings for climatic zones of Turkey. *Journal of Energy and Power Engineering*, 8, 2045-2052.
- Manioğlu, G., Oral, G. K. (2010). *Ekolojik Yaklaşımda İklimle Dengeli Cephe Tasarımı*. 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İzmir.
- Manioğlu, G., Yılmaz, Z. (2006). Economic evaluation of the building envelope and operation period of heating system in terms of thermal comfort. *Energy and buildings*, 38(3), 266-272.
- Mørck, O., Almeida, M., Ferreira, M., Brito, N., Thomsen, K. E., Østergaard, I. (2016). Shining examples analysed within the EBC Annex 56 project. *Energy and buildings*, 127, 991-998.
- Morrin, N. (2014). Sustainability Case Study-Miljonhemmet Brogarden Alingsås Sweden. Skanska, Sweden.
- Nikpour, M., Kazemian, F., Bahmani, N. (2012). Architectural Strategies in Cold Regions to Create Sustainability in Residential Spaces. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 2(1), 160-164.
- Odysee-Mure. (2017). Sectoral Profile - Households, Energy consumption. *EU*.

- Olgyay, V. (2015). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism-new and expanded edition*. Princeton university press: New Jersey, 14-44.
- Ovalı, P. K. (2009). *Türkiye İklim Bölgeleri Bağlamında Ekolojik Tasarım Ölçütleri Sistematığının Oluşturulması“Kayaköy Yerleşmesinde Örneklenmesi*. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Oyeni, M. (1997). Architectural design and climate-an overview. *International journal of environmental studies*, 53(4), 311-324.
- Özcan, U. (2019). Yapıda HVAC Sistem Seçimi. *Journal of Natural & Applied Sciences*, 23(1), 201-206.
- Öztürk, H. K., Atalay, Ö., Yılcı, A. (2005). Yapılarda Kullanılan HVAC Sistemlerinde Kontrol ve Enerji Verimliliği. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 90, 69-76.
- Pacheco, R., Ordóñez, J., & Martínez, G. (2012). Energy efficient design of building: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573.
- Reppel, J., Edmonds, I. (1998). Angle-selective glazing for radiant heat control in buildings: theory. *Solar Energy*, 62(3), 245-253.
- Resmi Gazete. (2 Mayıs 2007). Enerji Verimliliği Kanunu. Madde 2, 1-2.
- Resmi Gazete. (5 Aralık 2008). Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği. Madde 2, 1-2.
- Resmi Gazete. (27 Ekim 2011). Enerji Kaynaklarının Ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik. Madde 2, 1-2.
- Resmi Gazete. (2008). Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği. Madde 2, 1-2.
- Richarz, C., Schulz, C. (2013). *Energy efficiency refurbishments Principles Details Examples*. Altusried-Krugzell: Kösel GmbH & Co. KG, Munich, 126-130.
- Rodriguez-Ubinas, E., Montero, C., Porteros, M., Vega, S., Navarro, I., Castillo-Cagigal, M., Gutiérrez, A. (2014). Passive design strategies and performance of Net Energy Plus Houses. *Energy and buildings*, 83, 10-22.
- Roos, A., Karlsson, B. (1994). Optical and thermal characterization of multiple glazed windows with low U-values. *Solar Energy*, 52(4), 315-325.
- Rosenlund, H. (2000). *Climatic design of buildings using passive techniques*. Housing Development and Management: Lund University, 4-17.
- Saryal, N. (1983). Duvar Isı Yalıtımının İnsan Sağlığı Yönünden Önemi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 6(1), 37-39.
- Scheuer, C., Keoleian, G. A., Reppe, P. (2003). Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications. *Energy and buildings*, 35(10), 1049-1064.

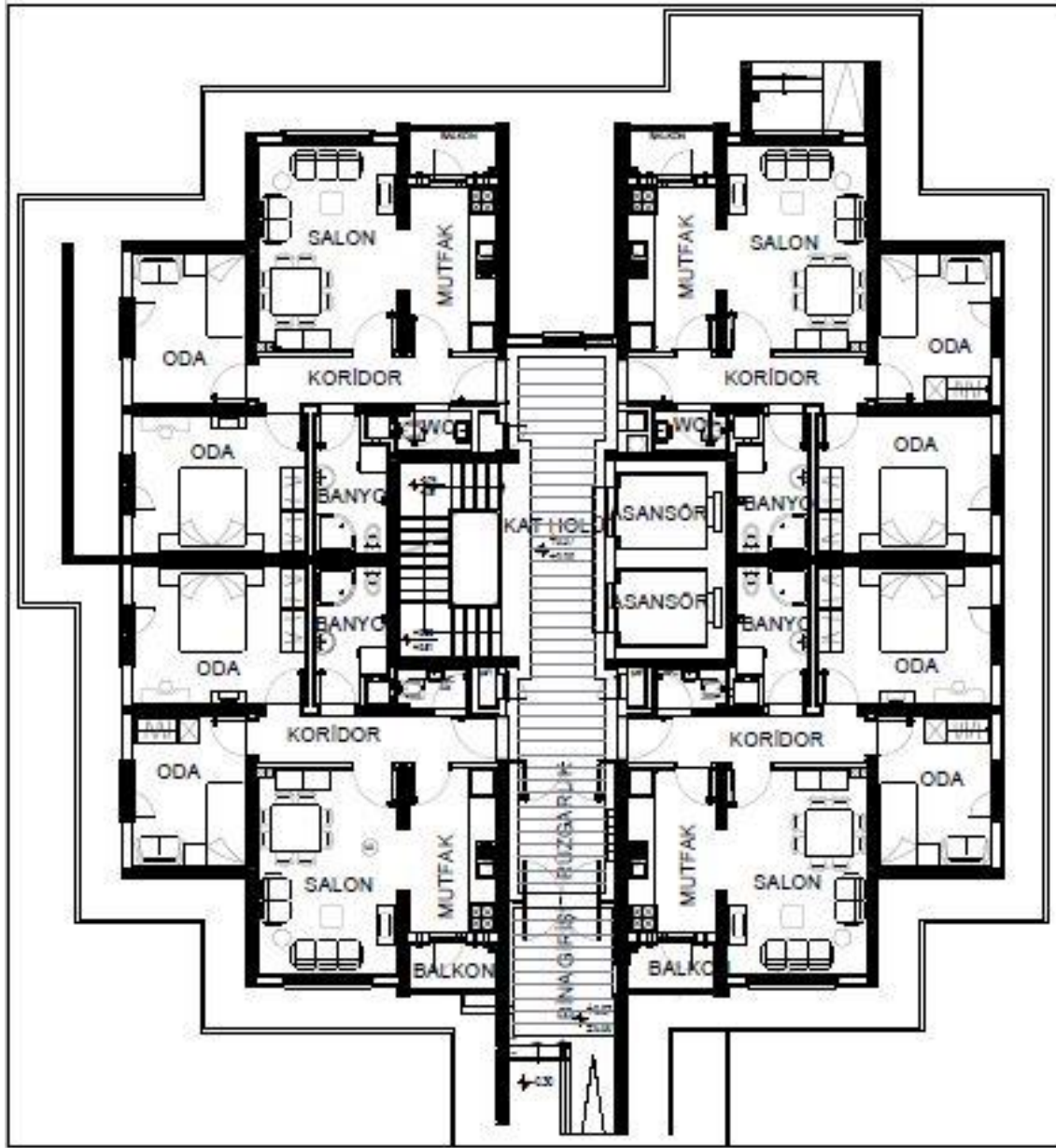
- Schimschar, S., Boermans, T., Heperkan, H., Şen, E., Yanardağ, C. (2017). *Türkiye’deki Binalar İçin Yeni (U) Değerlerİ: Maliyet Etkin Yöntem*. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 633-642
- Sedlák, J., Jelínek, P., Stránská, Z., Struhala, K. (2015). Environmental aspects of renovations–case studies. *Energy Procedia*, 78, 2391-2396.
- Sharma, A., Saxena, A., Sethi, M., Shree, V. (2011). Life cycle assessment of buildings: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 871-875.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2017). Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023. ETKB; Ankara, 5-7
- Thomsen, K. E., Rose, J., Morck, O., Jensen, S. Ø., Østergaard, I. (2015). Energy consumption in an old residential building before and after deep energy renovation. *Energy Procedia*, 78, 2358-2365.
- TMMOB. (2012). Makina Mühendisleri Odası, Oda Raporu: Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği. Ankara. 19-29.
- Tsemekidi-Tzeinraki, S., Bertoldi, P., Diluiso, F., Castellazzi, L., Economidou, M., Labanca, N., Zzangheeri, P. (2019). Analysis of the EU Residential Energy Consumption: Trends and Determinants. *European Comission*.
- Türkan, B., Canbolat, A. S., Etemoğlu, A. B. (2017). *Isı Yalıtım Uygulamalarında Isı Köprüsü Etkisinin Nümerik Olarak İncelenmesi*. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 469-478.
- Yaman, Ö., Şengül, Ö., Selçuk, H., Çalikuş, O., Kara, İ., Erdem, Ş., Özgür, D. (2015). Binalarda Isı Yalıtımı ve Isı Yalıtım Malzemeleri. *Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH)*, 487(4), 62-75.
- Yousefi, Y., Dehkordi, A. R., Jahangiri, M. (2017). *Assessing the principles of climatic design for buildings in a moderate and humid climate, Savadkooh in Iran*. Paper presented at the Proceedings of the 5th International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

EKLER

EK-1. Erzurum örneğine ait bodrum kat planı



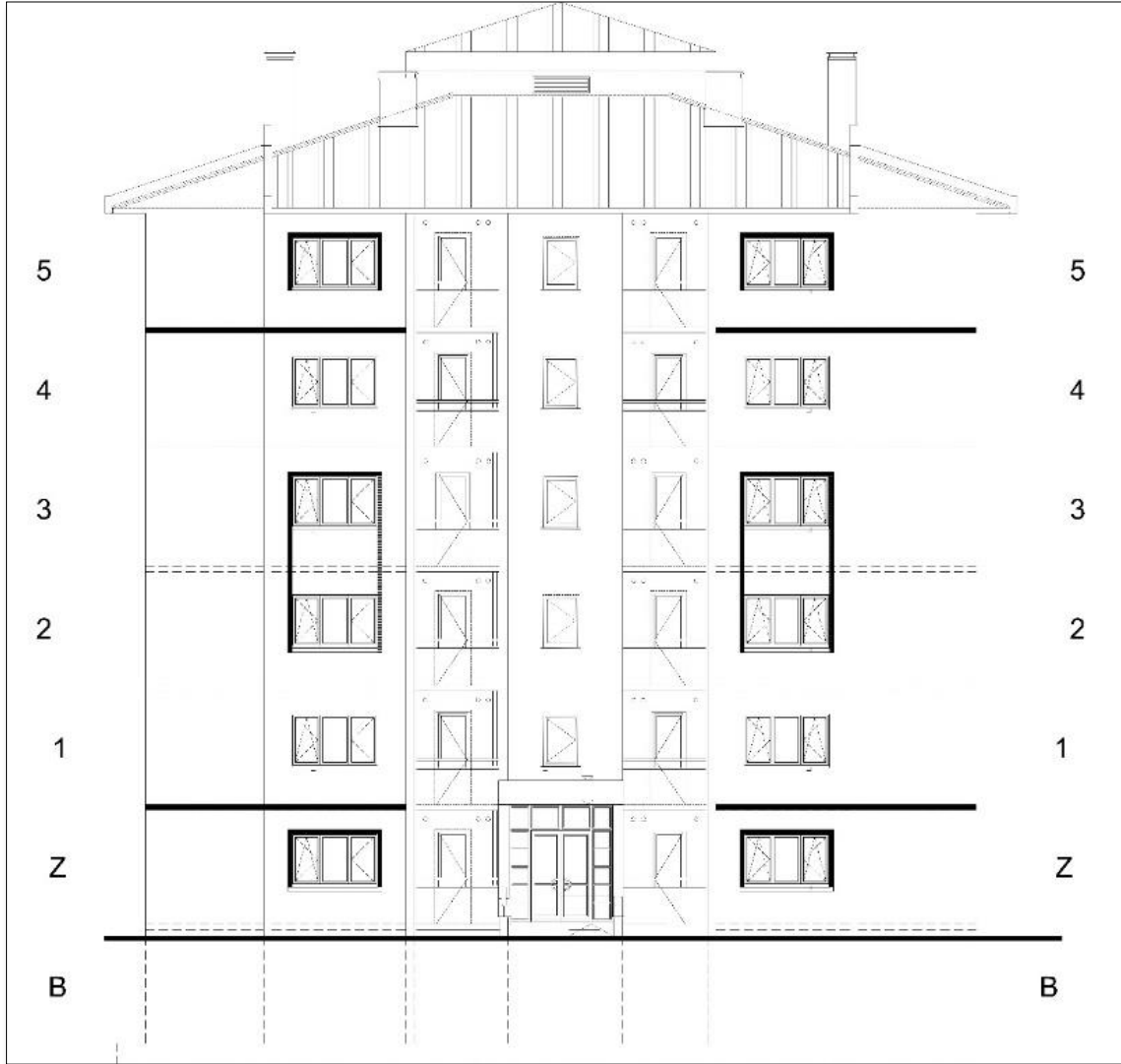
EK-2. Erzurum örneğine ait zemin kat planı



EK-3. Erzurum örneğine ait normal kat planı



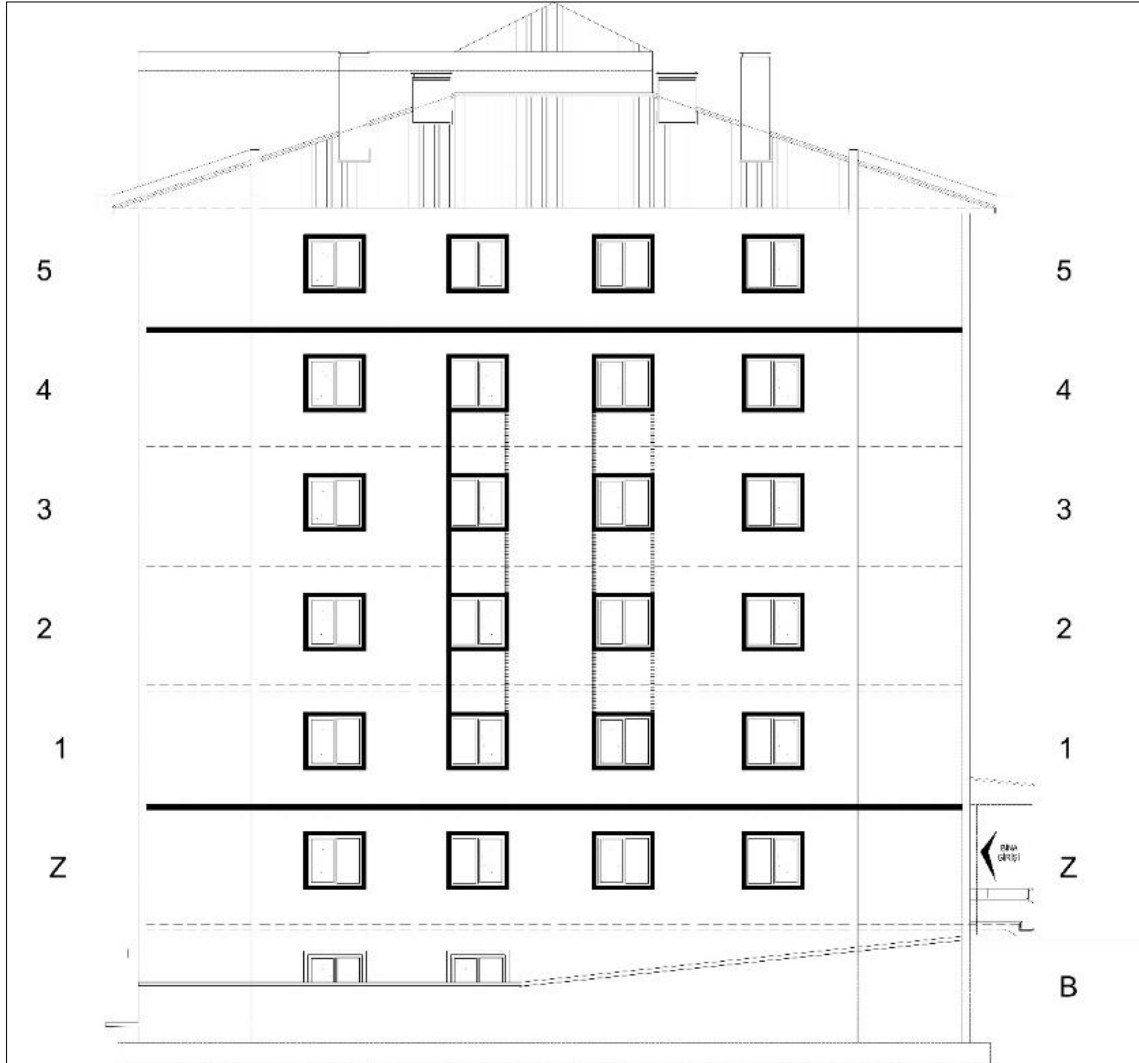
EK-4. Erzurum örneğine ait ön görünüş



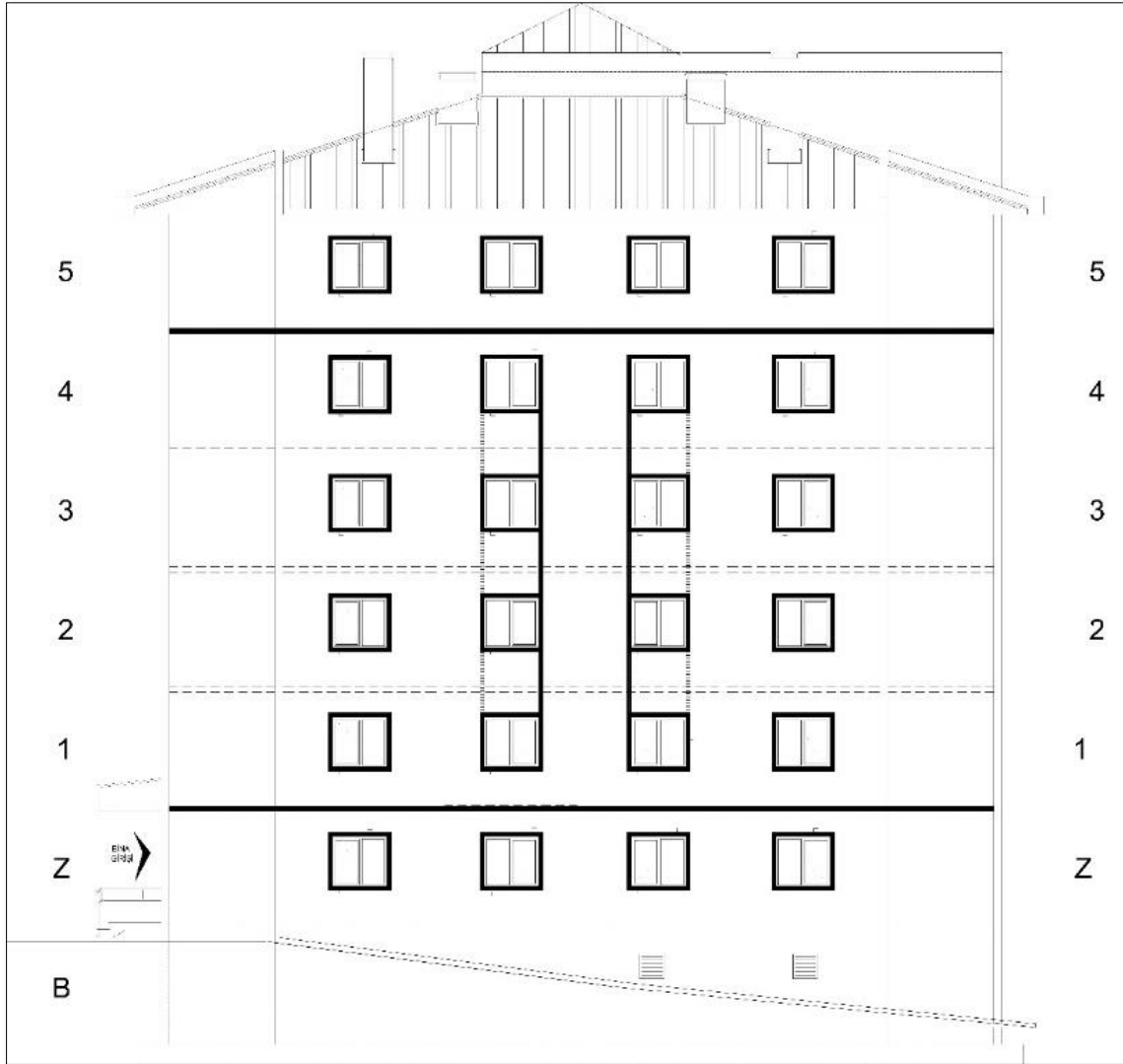
EK-5. Erzurum örneğine ait arka görünüş



EK-6. Erzurum örneğine ait sol yan görünüş



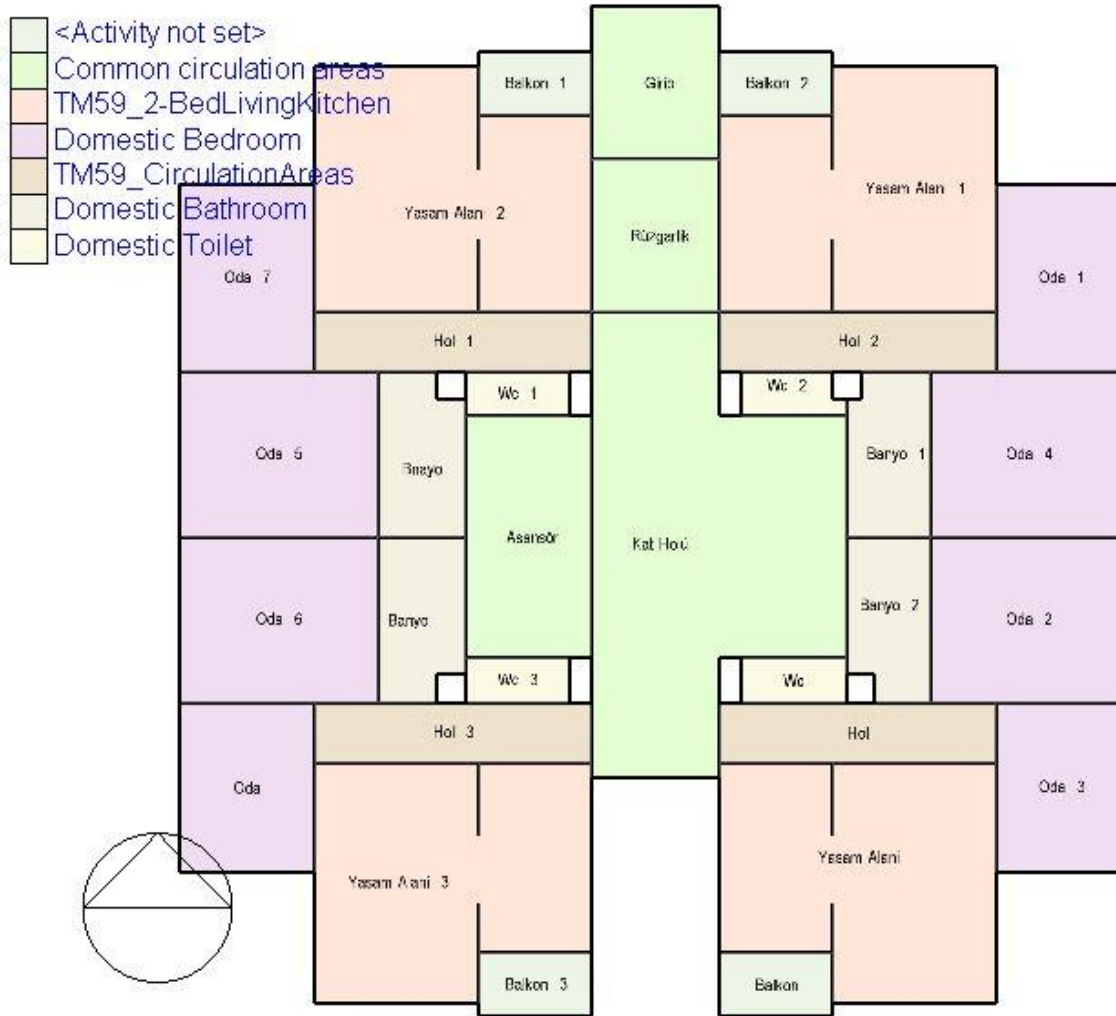
EK-7. Erzurum örneğine ait sağ yan görünüş



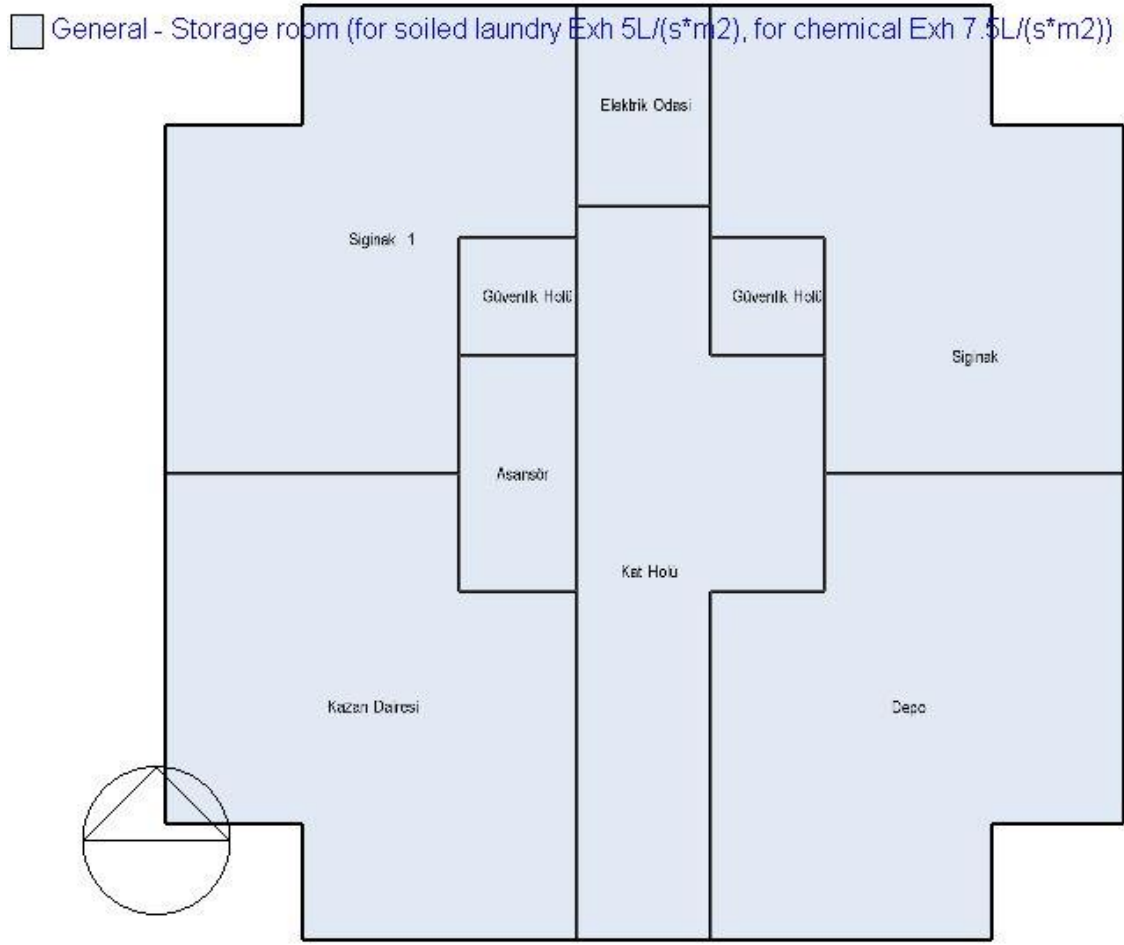
EK-8. Erzurum örneğine ait fotoğraf



EK-9. Design Builder simülasyonuna ait zemin kat planı



Ek-10. Design Builder simülasyonuna ait bodrum kat planı



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ER, Ayşegül
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 15.02.1995, Erzurum
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0538 029 0052
 e-mail : aysegul.er0809@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor
Lisans	Atatürk Üniversitesi / Mimarlık	2017
Lise	Erzurum Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2019-Halen	Koltek Müşavirlik A.Ş.	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Er, A., Arslan Selçuk, S. ve Çakıcı, F.Z. (2019). *Soğuk İklim Bölgelerindeki Toplu Konut Yapılarının Enerji Verimliliği Bağlamında İncelenmesi: Kuzey Avrupa Ülkeleri Üzerinden Bir Değerlendirme*. 7. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, (UBAK), Fen ve Mühendislik Bilimleri, 67-83.

Hobiler

Yazılım, Fotoğrafçılık, Seyahat, Spor



GAZİ GELECEKTİR...