



**SICAK KURU İKLİMDE YER ALAN KONUT BİNALARINDA MALİYET
ETKİN İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ**

Görkem AYTEKİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KASIM 2019

Görkem AYTEKİN tarafından hazırlanan “SICAK KURU İKLİMDE YER ALAN KONUT BİNALARINDA MALİYET ETKİN İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. İdil AYÇAM

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Başkan: Doç. Dr. Özlem SAĞIROĞLU

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

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

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Hatice KALFAOĞLU HATİPOĞLU

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

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

.....

Tez Savunma Tarihi: 29/11/2019

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

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

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.

Görkem AYTEKİN

29/11/2019

SICAK KURU İKLİMDE YER ALAN KONUT BİNALARINDA MALİYET ETKİN İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Görkem AYTEKİN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kasım 2019

ÖZET

Dünya genelinde kaynaklar giderek azalmakta, binaların gereksinimi ise önemli oranda artış göstermektedir. Toplam enerji tüketiminin %30'unu bina sektörü kapsamaktadır. Bu enerji tüketiminin dörtte birine yakın kısmını konut binaları oluşturmaktadır. Son yıllarda dünya genelinde binaların enerji performanslarının arttırılmasına yönelik bilimsel çalışmalar ve uygulamalar hız kazanmıştır. Bu çalışmalar yeni yapılan binalar yanı sıra mevcut binaların da performanslarının iyileştirilmesini kapsamaktadır. Konut binaları üzerine yapılan “maliyet optimum enerji seviyeleri” çalışmalarının sayısı yeterli değildir. Maliyet etkin iyileştirme tekniklerinin genellikle soğuk bölgelerde bulunan binalarda uygulandığı görülmektedir. Tez çalışmasında, sıcak-kuru iklim bölgesinde mevcut bir konut binası üzerinde maliyet etkin iyileştirme teknikleri uygulanarak yapılan analizler ile bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmıştır. DesignBuilder bina enerji benzetim programı kullanılarak TS25'e ve bölgenin iklimsel özelliklerine uygun olarak iyileştirme alternatifleri geliştirilmiş, Diyarbakır'da bulunan konut binasının ısıtma-soğutma ve yıllık toplam enerji performansları analiz edilmiş, ısı yalıtımı ve cam tiplerinin kullanılması ile farklı performans ve maliyet açısından olarak en uygun örnekler belirlenmiştir.

Bilim Kodu : 80103

Anahtar Kelimeler : Konut binaları, enerji verimliliği, yenileme, maliyet analizi, benzeşim

Sayfa Adedi : 87

Danışman : Doç. Dr. İdil AYÇAM

COST OPTIMISED REFURBISHMENT ALTERNATIVES FOR RESIDENTIAL
BUILDINGS IN HOT-DRY REGION

(M. Sc. Thesis)

Görkem AYTEKİN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

November 2019

ABSTRACT

Resources are decreasing all over the world and the need for buildings is increasing significantly. The building sector covers 30% of the total energy consumption. Approximately one-quarter of this energy consumption is done by residential buildings. In recent years, scientific studies and applications aimed at increasing the energy performance of buildings around the world have gained momentum. These studies include improving the performance of existing buildings as well as the new buildings. The number of studies on “cost optimum energy levels” on residential buildings is insufficient. It is seen that cost-effective refurbishment studies are generally applied in buildings located in cold regions. In this thesis, it is aimed to overcome this deficiency by analyzing the cost-effective improvement techniques on an existing residential building on the hot-dry climate zone. Refurbishment alternatives have been developed in accordance with TS25 and the climatic characteristics of the region by using DesignBuilder building energy simulation program, heating-cooling and total energy performances of the residential building in Diyarbakır have been analyzed, the best samples depending on the cost and different performances were determined with the use of heat insulation and glass types.

Science Code : 80103

Key Words : Residential buildings, energy efficiency, refurbishment, cost optimization, simulation

Page Number : 87

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. İdil AYÇAM

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim sürecimin her aşamasında bana yol gösteren ve yardımcı olan değerli danışmanım Doç. Dr. İdil AYÇAM'a saygılarımı sunar, en içten duygularıyla teşekkür ederim. Beni destekleyen sevgili eşim ve oğluma; her koşulda yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. MALİYET-ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI.....	9
2.1. Yenileme Çalışmaları	9
2.2. Konut Yapılarında Yenileme Çalışmaları	11
2.3. Binalarda Enerji Performansı-Türkiye (BEP-TR).....	14
2.4. Yapı Kabuğuna Yönelik Yenileme Çalışmaları.....	15
3. GENEL TANIMLAR VE KAVRAMLAR.....	19
3.1. Binalarda Enerji Etkin Yenileme Kavramı.....	19
3.2. Yapı Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesi	21
3.3. Opak Kabuk Bileşenlerin Isıl Performansının Arttırılması	23
3.4. Şeffaf Kabuk Bileşenlerin Isıl Performansı Performansının Arttırılması.....	27
4. ALAN ÇALIŞMASINA YÖNELİK MATERYAL VE METOD	33
4.1. Çalışmanın Amacı	33

	Sayfa
4.2. Kapsam ve Sınırlamalar.....	34
4.3. Metot	35
4.4. Alan Çalışmasına Ait Veri Analizleri	37
4.4.1. Diyarbakır ilinin mevcut çevresel durumu	37
4.4.2. Çalışma alanı ve mevcut konut projesinin tanımlanması	43
4.4.3. Mevcut binada yapı bina kabuğu için iyileştirme alternatifleri	47
5. ALAN ÇALIŞMASI	51
5.1. Bina Dış Duvarındaki İyileştirme Tekniklerinde İzlenen Maliyet Analiz Yöntemi	52
5.2. Diyarbakır ili Konut Binası Duvar Isı Yalıtımı Alternatiflerinin Enerji Performanslarının Değerlendirilmesi ve Maliyet Analizleri	53
5.3. Diyarbakır ili Konut Binası Cam Alternatiflerinin Enerji Performanslarının Değerlendirilmesi ve Maliyet Analizleri.....	56
5.4. Isı Yalıtımı ve Cam Alternatifleri için Bileşik Analizler ve Alternatif Seçimler	57
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR	65
EKLER.....	73
EK-1. İllere göre derece gün bölgeleri.....	74
EK-2. İyileştirmede kullanılan camların termofiziksel ve optik özellikleri.....	75
EK-3. Birim doğalgaz ve elektrik fiyatları	76
EK-4. Mevcut konut binası için duvar ısı yalıtım uygulaması maliyetleri ve finansal analizleri	77
EK-5. Mevcut konut binasında dış kabuğunda cam alternatiflerinin maliyetleri ve finansal analizleri	84
ÖZGEÇMİŞ	87

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Dış duvar için yalıtım malzemelerinin kalınlık ve U değeri değişimleri...	25
Çizelge 3.2. Yalıtım malzemeleri ve çevresel etkileri	26
Çizelge 3.3. Opak bileşenlerin yenilenmesine yönelik enerji etkin yenileme stratejileri	26
Çizelge 3.4. Isıtma ve soğutma yükleri farklı bina tiplerinde pencerelerin performans kriterleri	30
Çizelge 3.5. Şeffaf bileşenlerin yenilenmesine yönelik enerji etkin yenileme stratejileri	31
Çizelge 4.1. 1929-2016 yılları arasında Diyarbakır ilinin iklimsel verileri.....	39
Çizelge 4.2. Diyarbakır iline ait 2013-2017 yıllarına ait aylara göre ısıtma ve soğutma derece ve gün değerleri.....	42
Çizelge 4.3. Mevcut konut binasının saydamlık oranları	46
Çizelge 4.4. Toplu konut yerleşmesinde yer alan mevcut konut binasının yapı kabuğuna ait termofiziksel özellikleri.....	47
Çizelge 5.1. Diyarbakır ili konut binası ısı yalıtımı - cam alternatiflerinin performans - yatırım bedeli - geri ödeme süresi değerlendirme çizelgesi.....	59

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. 1990-2017 yılları arası dünya toplam birincil enerji talebi.....	1
Şekil 1.2. Enerji ve emisyonlarda konut binalarının payı	2
Şekil 1.3. Küresel ölçekte konut bina değişimleri 2010-2017	2
Şekil 1.4. Sektörel enerji tüketimlerinin yıllar itibariyle değişimi.....	4
Şekil 1.5. Tez akış şeması	6
Şekil 3.1. Yenileme projesi düzeyi	20
Şekil 3.2. Isı kayıp oranları	22
Şekil 3.3. Artan opak bileşenlerin (yalıtım) kalınlığı ile ısı akışı düşüş ilişkisi	23
Şekil 3.4. İçten ve dıştan yalıtım detayları.....	24
Şekil 3.5. Bazı pencere sistemlerinin UP değerleri.....	30
Şekil 4.1. Diyarbakır iline ait 2000-2016 yıllarına ait hâkim rüzgâr yönü	38
Şekil 4.2. Diyarbakır ili için 1970-2015 yılları arası yıllık ortalama yağış miktarları....	40
Şekil 4.3. Diyarbakır iline ait 2004-2016 yıllarına ait yıllık ortalama güneş ışınımı grafiği.....	41
Şekil 4.4. 100 m ² 'lik konut zemin kat planı.....	44
Şekil 4.5. 100 m ² 'lik konut bodrum kat planı	44
Şekil 4.6. Mevcut binaya ait görüşler	45
Şekil 5.1. Diyarbakır ili konut binası duvar ısı yalıtımı alternatiflerinin toplam enerji tüketimi miktarı grafiği.....	53
Şekil 5.2. Diyarbakır ili konut binası duvar ısı yalıtımı alternatiflerinin ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi yüzdesel değişimi miktarı grafiği.....	54
Şekil 5.3. Diyarbakır ili konut binası duvar ısı yalıtımı alternatiflerinin toplam yatırım ve geri ödeme süresi	55
Şekil 5.4. Diyarbakır ili konut binası cam alternatiflerinin ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi miktarı grafiği.....	56

Şekil	Sayfa
Şekil 5.5. Diyarbakır ili konut binası cam alternatiflerinin ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi yüzdesel değişimi miktarı grafiği	56
Şekil 5.6. Diyarbakır ili konut binası cam alternatiflerinin toplam yatırım ve geri ödeme süresi grafiği	57
Şekil 5.7. Diyarbakır ili konut binası cam alternatiflerinin toplam yatırım ve geri ödeme süresi sonuç değerlendirme grafiği	60
Şekil 5.8. Diyarbakır ili konut binası ısı yalıtımı-cam alternatiflerinin yatırım maliyeti ve bileşik yük değişim grafiği.....	60

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Şilbe 1. etap toplu konut örnek bina cepheleri	46

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 4.1. Diyarbakır ilinin Türkiye üzerindeki coğrafi konumu.....	37
Harita 4.2. Diyarbakır ili güneş enerji potansiyel haritası.....	40
Harita 4.3. Şilbe toplu konutlarının konumlandırıldığı yer ve kent merkezi bağlantısı	43
Harita 4.4. Diyarbakır Şilbe toplu konut yerleşmesinde yer alan 1, 2. ve 3. etapları.....	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler

Açıklamalar

ACH	Saatlik hava değişim oranı
d	Kalınlık
D_x	Doğal aydınlatma düzeyi yeterliliği
f-faktör	Zemin döşemesinde çevreye bağlı ısı kaybı faktörü
Low-E	Düşük emissivite
Lux	Aydınlatma şiddeti birimi
R değeri	Isıl geçirgenlik direnci
SC	Gölgeleme katsayısı
SHGC, g pencere	Solar ısı kazanç katsayısı
T_{vis}, V_t	Gün ışığı geçirgenliği
U-değeri	Isıl geçirgenlik katsayısı

Kısaltmalar

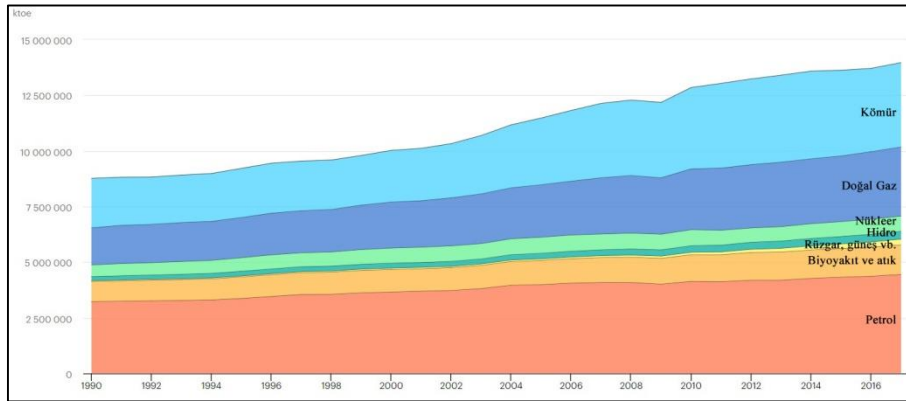
Açıklamalar

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
BEP-TR	Binalarda Enerji Performansı-Türkiye
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
CAV	Constant Air Volume
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
HVAC	Heating, Ventilating and Air Conditioning
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
TOKİ	Toplu Konut İdaresi
TS 825	TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı
USGBC	United States Green Building Council
VAV	Variable Air Volume

1. GİRİŞ

Doğal ortamın insan müdahaleleri ile tahrip edilmesi, çevre ve iklim değişikliklerini esas alan çalışma ve tartışmaların artışına neden olmuştur [1]. Araştırma sonuçları bina sektörünün küresel ölçekte çevre ve iklim problemleri üzerinde etkin rol oynadığını göstermektedir. İnşaat sektörünün hızlı bir ivme ile büyümesi doğal kaynak tüketiminin yaygınlaşmasına zemin hazırlamaktadır [2].

Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency-IEA) tarafından yapılan çalışmalara göre enerji politikaları ve enerji arzı seçimlerinin devamlılığı durumunda fosil kaynak rezerv oranı yarıya düşecektir [3]. Buna bağlı olarak etkin yenilenebilir kaynak ve enerji tüketimi çözümleri doğal çevre ve kaynak korunumu bakımından önem kazanmaktadır.

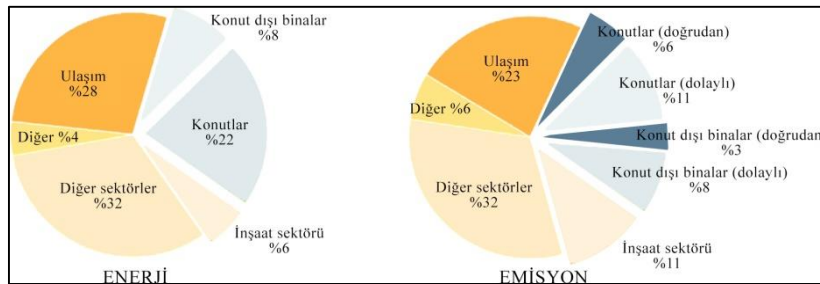


Şekil 1.1. 1990-2017 yılları arası dünya toplam birincil enerji talebi [3]

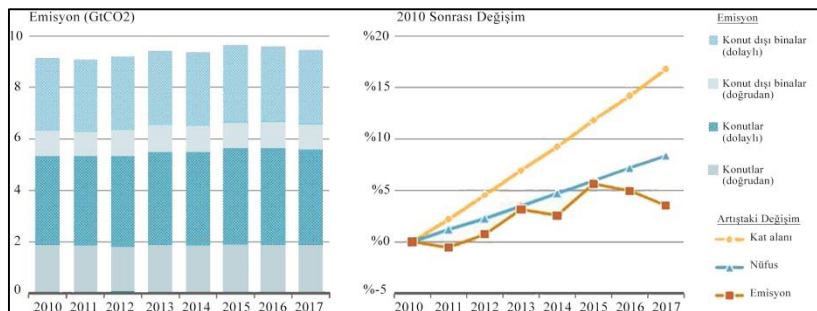
Yapılan araştırmalar, dünya genelindeki binaların 2000-2017 yılları arasındaki enerji talebinin %20 arttığını göstermiştir. Toplam enerji tüketiminin %30'unu bina sektörü kapsamaktadır. Bu enerji tüketiminin dörtte birine yakın kısmını konut binaları oluşturmaktadır [4]. Buna bağlı olarak Avrupa Birliği Komisyonu tarafından da vurgulanan mevcut binaların enerji performansının iyileştirilmesi önem kazanmaktadır. Avrupa Birliği yönergeleri mevcut binaların enerji performanslarının artırılabilmesi için kapsamlı iyileştirme önlemlerinin alınmasını önermektedir. Özellikle toplam bina stokunda yüksek paya sahip olan konut yapılarının iyileştirilmesi, sera gazı salınım oranlarının düşmesini sağlayacaktır [5].

Örneğin Avrupa’da konutların dörtte üçü Almanya (%18.0), İtalya (%12.3), İngiltere (%11.9), Fransa (%13.7), İspanya (%9.7) ve Polonya (%5.5) olmak üzere altı farklı ülkede yoğunlaşmıştır [6]. 2050 yılı itibariyle Avrupa şehirlerinde bina stokunun $\frac{3}{4}$ ’ünün mevcut binalar olacağı tahmin edilmektedir [7]. İncelenen veriler, mevcut konut bina stokunun iyileştirilerek enerji verimliliğinin artırılması gerektiğini göstermektedir [8].

Türkiye’deki enerji etkinliğinin sağlanması için araştırmalar ve yönetmelikler mevcuttur. Buna karşın Türkiye’de tüketilen enerjinin çoğunluğu yabancı kaynaklardan sağlanmaktadır. Türkiye’de enerji ithalatının beraberinde getirdiği olumsuzluklar, yapı alanında çevre bilincinin gelişmesine ve mevcut bina stokunun iyileştirme çalışmalarına ortam hazırlamıştır. Türkiye’deki kişi başı enerji tüketimi gelişmiş ülkelere göre daha düşük olmasına karşın enerji yoğunluğunun yüksek olması enerji tasarrufu potansiyelinin yüksek olduğuna işaret etmektedir [9].



Şekil 1.2. Enerji ve emisyonlarda konut binalarının payı [10]

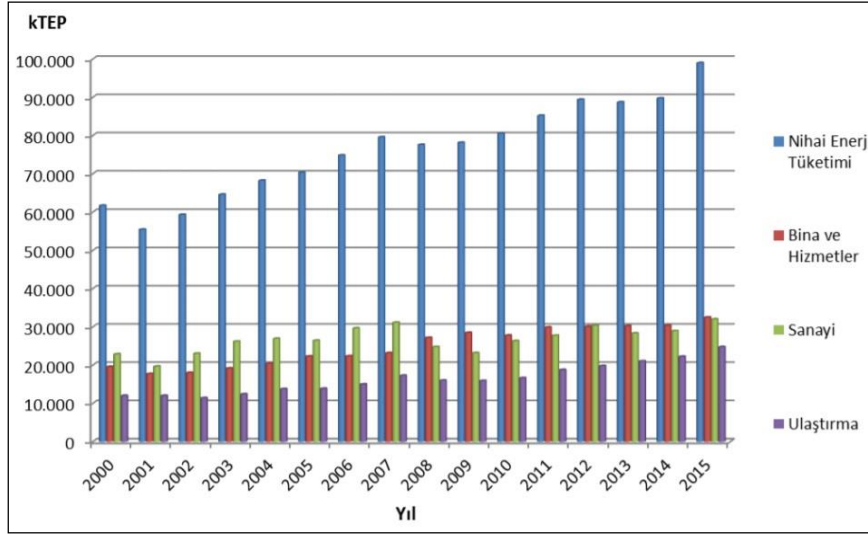


Şekil 1.3. Küresel ölçekte konut bina değişimleri 2010-2017 [10]

Türkiye’de binaların enerji verimliliğinin iyileştirilmesi kapsamında “Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği” yürürlüğe girmiştir. Yeni ve mevcut binaların enerji kimlik belgesinin düzenlemesini zorunlu kılan Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği ile enerjinin etkin ve verimli bir şekilde kullanılması hedeflenmektedir. Ayrıca, Türkiye için 2011-2023 tarihli “İklim Değişikliği Eylem Planı” oluşturularak enerji verimliliğinin sağlanmasına dair hedefler tanımlı hale getirilmiştir. “2010 yılındaki yapı stokunun en az dörtte biri (1/4) 2023 yılına kadar, sürdürülebilir yapı haline getirilecektir.” başlıklı stratejik amaç altında “binaların ruhsatlandırılmasında sürdürülebilir nitelik aranması” ile “toplu konutlarda yerinden üretim uygulamalarının yaygınlaştırılması” eylemleri vardır. “Binalarda Enerji Verimliliğinin İyileştirilmesi” bileşeni “Onuncu Kalkınma Planı Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı” ile tanımlanmıştır. Bu doğrultuda, ilgili mevzuatın geliştirilmesine dair eylem maddeleri belirlenmiştir ve bina enerji verimliliğinin maksimum hale getirilebilmesi için finansal mekanizmaların iyileştirilmesine yönelik kararlar alınmıştır. Mevzuatta belirtilen hedeflerin sağlanmasına yönelik bina enerji verimliliği çalışmaları kamu ve özel sektörde devam ettirilmektedir. “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” göre mevcut binaların enerji kimlik belgesi bulundurmaları zorunludur. Ayrıca, 2020 yılında satış-kiralama işlemlerinde enerji kimlik belgesi zorunlu hale getirilecektir [9].

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğinde yapılan değişiklik ile BEP-TR yazılımı, adrese dayalı ve koordinatsal olarak veri tabanı oluşturacak bina bazlı enerji tüketimlerini ve tipolojilerini de içerecek şekilde güncellenerek 1 Kasım 2017 tarihi itibarıyla yürürlüğe alınmıştır [11].

Türkiye’de bina sektörünün nihai enerji tüketimi Şekil 1.2’ye göre “2000 yılında 19,5 MTEP iken %66 artarak 2015 yılında 32,4 MTEP değerine ulaşmıştır. Yıllık ortalama %4,4 enerji talep artışı gerçekleşen bina sektörünün nihai enerji tüketimindeki payı ise %32,8 değerine ulaşarak sanayi sektörünün de önüne geçmiştir”. Konut sektörü özelinde incelendiğinde Türkiye ekonomisine “birincil-nihai enerji tüketiminde sağlanan enerji tasarrufu” ve “enerji verimliliğinin iyileştirilmesi” verilerinin saptanması bakımından önemlidir. İncelemeler, 2000-2015 yılları arasında konut sektörünün %1,9 oranında iyileşme kaydettiğini göstermiştir [9].



Şekil 1.4. Sektörel enerji tüketimlerinin yıllar itibarıyla değişimi [9]

Enerji kapsamında alınan kararlar ve yapılan çalışmalar “Ekonomik yaşam dönemi boyunca en düşük maliyet ile sonuçlanan enerji performansı seviyesi” olarak tanımlanan maliyet optimum enerji verimliliği seviyesinin gelişimine zemin hazırlamıştır. Konut binaları üzerine yapılan “maliyet optimum enerji seviyeleri” çalışmalarının sayısının yeterli olmadığı görülmektedir [12].

Maliyet etkin iyileştirme tekniklerinin genellikle soğuk bölgelerde bulunan binalarda uygulandığı görülmektedir. Buna bağlı olarak tez çalışmasında, sıcak-kuru iklim bölgesi üzerinde mevcut bir konut binası üzerinde maliyet etkin iyileştirme teknikleri uygulanarak yapılan analizler ile bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmaktadır.

Problem durumu / konunun tanımı

Çalışmada binalarda enerji etkinliğinin sağlanmasının çevresel ve ekonomik koşullar için taşıdığı hayati önemden yola çıkılarak binaların önemli bir kısmını oluşturan konut binalarının üzerine yoğunlaşmıştır.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) istatistikleri Türkiye’de 2017 yılı ile beraber 9,1 milyon tane binanın mevcut olduğunu göstermektedir. %87’ye yakın bir oranı ise konut nitelikli binalar oluşturmaktadır. Yapı kullanma iznine dair veriler, Türkiye’de her yıl 100.000’den fazla yeni konutun yapıldığını göstermektedir [8]. İstatistiklere bağlı olarak Türkiye’de

hızla büyüyen ve dönüşen yapı stoku olduğu anlaşılmaktadır. Bu kapsamda, mevcut binalarda alınacak olan enerji etkin önlem ve iyileştirmeler ile önemli oranda enerji tasarrufu sağlanacaktır.

Türkiye İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023 “B6-Merkezi ve Bölgesel Isıtma/Soğutma Sistemlerinin Kullanımının Özendirilmesi Eylemi” enerji tasarrufu sağlanması için büyük yerleşim birimlerinde ve toplu konutlarda merkezi-bölgesel ısıtma sistemlerinin kullanılmasını hedeflemektedir. Bu doğrultuda sıcak bölgelerde mevcut konut yapı stokunun enerji etkin yöntemlerle iyileştirilmesi irdelenmiştir.

Araştırmanın amacı

Türkiye’de farklı iklim bölgelerinde yer alan konutlar bulunmaktadır. Bu bölgeler arasında özellikle iklim koşullarının sert olduğu soğuk ve sıcak bölgelerde doğru iyileştirme tekniklerinin kullanılması bina enerji performansının artırılması için Türkiye ve diğer ülkelerde önem arz etmektedir. Konuya yönelik literatürdeki çalışmalar incelendiğinde özellikle soğuk iklim bölgelerindeki konutlarda enerji etkin iyileştirmelerin yer aldığı görülmektedir. Konut binalarında enerji performansının artırılmasında soğuk bölgeler kadar sıcak iklim bölgelerinde de verimli iyileştirme tekniklerinin kullanılması önemlidir. İyileştirme tekniklerinde enerji performans artışının yanı sıra maliyet açısından da doğru kararların alınması gerekmektedir. Sıcak-kuru bölgelerde yer alan konut binalarının enerji performansları incelendiğinde soğutma yüklerinin daha öncelikli olduğu görülmektedir. Isıtma gereksiniminin karşılanmasında genelde doğal gaz kullanılırken soğutma gereksiniminin karşılanmasında çoğunlukla elektrik enerjisi kullanılmakta olup maliyet açısından daha fazladır. Bu nedenle sıcak-kuru iklimde yer alan konut binalarında maliyet etkin iyileştirme tekniklerine yönelik tez çalışması gerçekleştirilmiştir.

Araştırmanın önemi

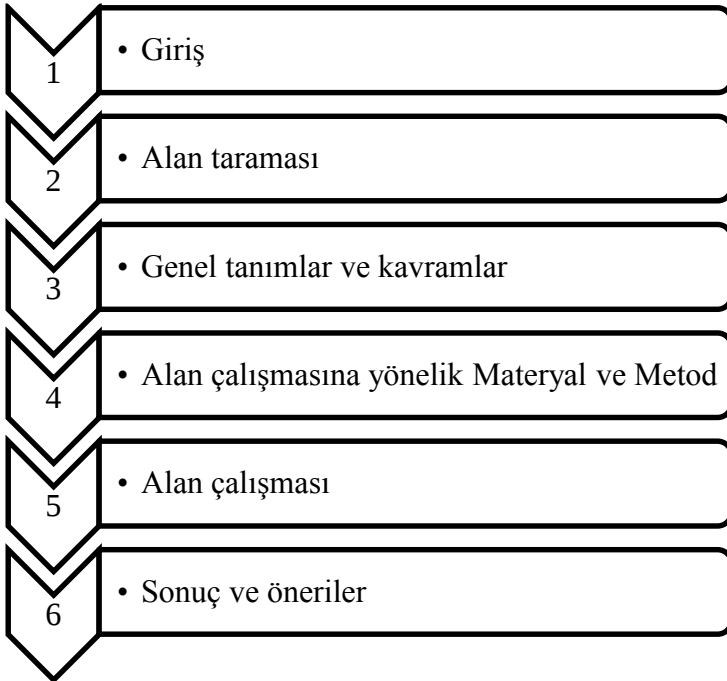
Alan çalışmasına taban oluşturan literatür taraması sonucunda sıcak-kuru iklim bölgelerinde Türkiye’deki konut binalarındaki iyileştirmelerin enerji performansı ve maliyet açısından verimli yöntemlerin analiz edilmediği görülmüştür. Bu nedenle tez çalışmasında, sıcak-kuru bölgede bulunan mevcut bir konut üzerinde yapılacak yenilemelerdeki enerji performansı ve maliyeti verimli çözümleri analiz edilmiştir.

Sınırlılıklar

İklim bölgeleri içerisinde sıcak-kuru iklim bölgesi ve binalar içerisinde en yüksek enerji tüketim oranlarına sahip konut binaları seçilmiştir. Çalışma mevcut konut binalarını ele almaktadır.

Mevcut bina stoku, çevresel hedefler ve sürdürülebilir gelişim için en az yeni binaların tasarım-yapım süreçleri kadar önemlidir. Mevcut bina yenileme stratejilerinde bina yapı kabukları ve malzemeleri önem teşkil etmektedir. Buna bağlı olarak, Diyarbakır ilinde seçilen konut binasının ısı performansının artırılarak yıllık enerji tüketiminin minimum düzeye indirilmesi hedeflenmektedir. TS 825 (2008) standardı kapsamında iyileştirme önerileri geliştirilerek analizler DesignBuilder enerji benzeşim programı ile analiz edilmiştir. Mevcut durum ve iyileştirme sonuçlarının enerji tasarruf oranları karşılaştırılarak önerilerin uygun olup olmadığı irdelenmiştir. İyileşme oranının en iyi olduğu çözüm önerileri saptanmıştır.

Tez çalışması beş ana bölümden oluşmaktadır.



Şekil 1.5. Tez akış şeması

Giriş bölümünde çalışmanın amacı, önemi, kapsamı ve yöntemi açıklanmıştır.

İkinci bölümde alan taramasına yer verilmiştir. Alan taraması kapsamında, maliyet etkin iyileştirme tekniklerine dair kitaplar, makaleler, sempozyumlar ve doktora-yüksek lisans tezleri incelenerek elde edilen sonuçlar derlenmiştir.

Üçüncü bölümde, materyal ve metot analizi yapılmıştır. Çalışma kapsamında, enerji verimli yenileme tekniklerine yönelik temel tanım ve kavramlar açıklanmıştır. Ayrıca üçüncü bölümde mevcut konut binalarındaki enerji verimliliğini etkileyen parametrelere yer verilmiştir. Enerji verimli yenileme, yapı kabuğu, opak ve şeffaf bileşen kavramları detaylı incelenerek; konut ve enerji tüketimi ilişkisi açıklanmıştır. Alan çalışmasına zemin hazırlaması için yapı kabuğundaki opak ve şeffaf bileşenlerin optik-termofiziksel özellikleri yapının enerji performansının artırılması bakımından incelenmiştir.

Dördüncü bölümde, alan çalışmasına yönelik amaç ve kapsamlar doğrultusunda problemin tanımlanması, çalışmanın amacı, hedefleri, kapsamı ve sınırlamaları açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, incelenen veriler içerisinde en uygun iyileştirme teknikleri seçilerek birlikte kullanıldıkları koşullardaki performans artışı analiz edilmiştir. Alan çalışması kapsamında, sıcak-kuru iklim bölgesinde bulunan Diyarbakır ilinde yer alan mevcut bir toplu konut binasının enerji verimliliğinin artırılmasında maliyet etkin çözümler ele alınmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilen alan çalışmasında dinamik iklim koşullarında bina enerji performansını analiz eden bir enerji yazılım programı olan DesignBuilder kullanılarak mevcut ve alternatif iyileştirme senaryolarının enerji performans analizi sağlanmıştır. Devamında TS 825 (2008) standardı kapsamında yenileme önerileri geliştirilmiş ve mevcut durum revizyonları yapılmıştır. Tez çalışmasının bu bölümünde, seçilen konut binasının bulunduğu bölgenin iklim özelliklerine ve iç-dış ortam koşullarının tanıtılmasına yer verilmiştir.

Diyarbakır iklim verileri ve seçilen mevcut konut binasının çizimleri DesignBuilder programına tanıtılmıştır. Sonrasında mevcut konut bina kabuğunun termofiziksel ve optik özellikleri programda tanımlanmıştır. Ayrıca iç ortam ve iklimsel konfor koşullarının kullanıcı özellikleri ile ısıtma-soğutma sistemlerinin bilgileri DesignBuilder programında tanımlı hâle getirilmiştir. Analizin birinci aşamasında Diyarbakır’da bulunan konut binasının mevcut hâlinin ısıtma-soğutma enerji performanslarının analizi gerçekleştirilmiştir. Analizin ikinci aşamasında ise Türkiye inşaat sektöründe yaygın kullanıma sahip çeşitli ısı yalıtım malzemeleri farklı kalınlıklarında kullanılarak performans olarak en uygun örnekler belirlenmiştir.

Sonuç bölümünde ise yapılan tez çalışmasından elde edilen sonuçlar tartışılmıştır. Sıcak-kuru iklim bölgesinde bulunan konut binasının performans analizleri gerçekleştirilen iyileştirme alternatifleri arasından maliyet açısından en avantajlı çözümler belirlenmiştir. Daha sonra yapılacak olan bilimsel çalışmalar için öneriler geliştirilmiştir.

2. MALİYET-ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

2.1. Yenileme Çalışmaları

Binaların yenilenmesi, yapılı çevreyi işlevsel tutmanın sürdürülebilir bir yoludur. Bu nedenle, bir yenileme faaliyetinin verimliliğini değerlendirmek için bir yol bulmak önemlidir. Herhangi bir bina için temel gereksinim olan işlevselliğin yanı sıra, sürdürülebilirlik de bugün karşılaştığımız çevresel zorluklardan dolayı önemli bir faktör haline gelmiştir. Son yıllarda mevcut binaları enerji etkin binalar ile değiştirmek yerine yenileme çalışmaları yapılmaktadır. Böylelikle zaman ve karbon salınımı azaltılmış mevcut yapıların ısı performansları arttırılmaktadır. Tez çalışmasının bu kısmında, bilimsel çalışmalar veya benzeşim programları ile yürütülen çeşitli mevcut yapılardaki yenileme çalışmaları incelenmektedir.

Sürdürülebilir yenilemeye yönelik oluşturulan bir kitapta emisyon oranı düşük yenileme ve pasif çevre stratejileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar binaları yenilemenin yeniden inşa edilmeye göre maliyet etkin ve çevre dostu olduğunu göstermiştir [13]. Basılan başka bir kitapta ise karbon salınımının azaltılması ve yenileme için alternatifler incelenerek yenileme projelerine yönelik kontrol listeleri hazırlanmıştır [14].

İncelenen bir yenileme çalışmasında, mevcut binaların enerji etkin olarak değerlendirilebilmesi için ne tür iyileştirmeler yapılacağı üzerinde durulmaktadır. Yurtdışındaki iyileştirme örnekleri üzerinden bir karşılaştırma gerçekleştirilip, mevcut yapılar için uygulanabilecek metotları bir araya getirerek İzmir ili için bir iyileştirme modeli önerisi oluşturulmuştur [15].

Gerçekleştirilen başka bir çalışmada, inşaat sektöründe maliyet ve süre aşımına neden olan parametrelere odaklanılarak bir bina yapım aşamasında süreci inceleyen saha çalışması gerçekleştirilmiştir. Daha önce yapılmış çalışmalardan toplamda 8 ana başlık altında gruplanmış 37 adet faktör belirlenmiştir. Çalışma, işveren, proje yönetimi ve yüklenicinin bakış açısına göre bu faktörlerin tespit edilebilmesini amaçlamaktadır ve elde edilen bulgulara göre öneriler yapmaktadır [16]. Araştırma mevcut binalar üzerindeki yenileme çalışmalarına zemin oluşturmaktadır.

Yapılan başka bir araştırmada, benzeşim programı aracılığıyla enerji koruma önlemleri incelenmiştir. Sıcak-nemli bölgede bulunan dört katlı üniversite binasının konumu, yönlenişi, kat taban alanı, kat yüksekliği, yapısal özellikleri-sistemleri ve kullanıcı sayısı DesignBuilder enerji benzeşim programına tanıtılmıştır. İncelenen binanın HVAC ve aydınlatma sistemlerine yönelik enerji tüketim analizleri yapılarak iyileştirme için alternatifler geliştirilmiştir. Örneğin, binadaki sabit hava debili sistem (constant air volume-CAV), değişken hava debili sistem (variable air volume-VAV) ile değiştirilerek iklimlendirme iyileştirmesi sorgulanmıştır. Bir diğer önlem olarak enerji verimli aydınlatma armatürleri kullanılmıştır. Ayrıca, enerji kullanımının en alt düzeyde, iç ortam konfor seviyesinin ise en yüksek düzeyde olmasını sağlamak için Low-E (yüksek R değeri) cam seçeneği denenmiştir. Alınan önlemlerin enerji tüketimine olan toplam etkisi %26,5'lik bir azalmadır [17].

Yapılan bir iyileştirme çalışmasında ise sürdürülebilirlik ilkelerinden yararlanılarak mevcut bir yapı ekolojik ofise çevrilmesi üzerinde durulmuştur. Diğer yapı türlerine de uygulanabilir olan araştırmada, mevcut tek katlı 100 m²'lik ofis binası ısıl performans bakımından RETscreen benzeşim programında incelenmiştir. Çalışma sonucu, maliyet etkin önlemlerin alındığı takdirde önemli iyileştirmelerin sağlanacağını göstermiştir [18]. Büyük Ankara Otelı üzerine yapılan yenileme çalışmasında ise dış cephe yenilenmiştir ve trijenerasyon enerji sistemi kurulmuştur. Yapılan maliyet ve enerji etkin yenileme çalışmaları sayesinde %50 tasarruf sağlanmıştır [19].

Yıllık enerji tüketiminin azaltılması kapsamında kamu yapıları üzerinde yapılan çalışmada, yapı kabuğu tasarım örneklerinin ısıl performansları tespit edilerek iyileştirme alternatifleri geliştirilmiştir. Tasarım örneklerinin ısıl performansları bağlamında, ilk yatırım maliyet ve yıllık enerji tüketim maliyetleri arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Sıcak iklim bölgesinden seçilen bir kamu yapısında DesignBuilder programı ile benzeşim modellemesi yapılarak yapı kabuğu alternatifleri geliştirilip, ilk yatırım maliyetleri, yıllık tüketim maliyetleri ve enerji kimlik sınıfları belirlenerek karşılaştırılmıştır [20].

İncelenen yenileme üzerine bir makalede çok katlı yapılardaki ısı kayıplarının gerçekleştiği mimari elemanlar üzerinde durulmaktadır. Örnek olarak seçilen bir binada, çatı, döşeme ve dış duvarlarındaki ısı kayıplarını azaltmak amacıyla, yapının ısı merkezine yerleştirilen bir düzenekle 1 yıl boyunca ölçümler ve hesaplamalar yapılmıştır. Sonuç olarak ise, incelenen yapı elemanları için, teorik olarak elde edilen verilerin gerçekte elde edilen değerlerden çok daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak binada hiçbir yalıtım uygulamasının bulunmaması gösterilmektedir. Isıtma ve soğutma sistemlerindeki pek çok parametre tüm yönleriyle dikkate alınarak gözden geçirilmelidir [21].

2.2. Konut Yapılarında Yenileme Çalışmaları

Konut sakinlerinin iç mekânı iyileştirme talebinin artmasıyla, insanlar evlerinin enerji tüketimi ve ekonomik uygulanabilirliği konusunda daha yüksek taleplerde bulunmaya başlamışlardır. Bu durum mevcut konut yapılarındaki maliyet-enerji etkin yenileme çalışmalarının hızlanmasına zemin hazırlamıştır. Enerji tüketimi bakımından yüksek orana sahip olan mevcut konut yapılarında yenileme stratejileri ve teknikleri geliştirmek enerji performansını artırmaktadır. Mevcut yapılar üzerindeki yenileme çalışmaları ile beraber çevreye verilen kirlilik ve enerji tüketimi en alt düzeye indirilirken yaşam kalitesi ve bina değeri yükselmektedir. Tez çalışmasının bu bölümünde konut yapılarında yenileme çalışmalarına yer verilmektedir.

Hebei Yapı Araştırmaları Akademisinin konut binasının enerji tasarruflu yenileme tasarımını ele alan yenileme çalışmasında, enerji tasarrufu da dâhil olmak üzere mevcut konut binalarının enerji tasarruflu yenilemesinde pasif ultra düşük enerjili binanın uygulanması tanıtılmıştır. Dış duvarların, çatının, dış kapının, pencerelerin ve ısıtma sisteminin enerji tasarruflu yenilenmesi gibi parametreleri inceleyen araştırma Çin'deki mevcut konut binalarının enerji tasarruflu yenilenmesi için teknik destek sağlamayı hedeflemektedir [22].

İncelenen başka bir çalışma, aynı anda işlevselliği ve sürdürülebilirliği yansıtan mevcut konut binaları için bir değerlendirme çerçevesi önermede çevresel verimlilik ilkelerini benimsemektedir. Önerilen çerçeve kritik yenileme konularına öncelik vermek için işlevsellik ve sürdürülebilirlik hakkında yararlı bilgiler sağlamaktadır [23].

Konut yenilemeleri üzerine yapılan bir çalışma, İsveç'teki konut binalarının enerji talebi güçlendirme senaryolarının tasarlanması ve değerlendirilmesi için bir yaklaşım sunmaktadır. Araştırma, uzun vadeli maliyet etkinliklerinin değerlendirilmesine katkıda bulunmaktadır. Enerji-talep modellemesi ve güçlendirme seçeneği sıralamalarını yaşam döngüsü maliyet analizi ile birleştiren bir model kullanılarak dört tip tipik İsveç konut binası analiz edilmiştir. Uzun vadeli enerji tasarrufları ve ekonomik karlar hesaplandığında enerji tasarruf potansiyelinin %36-54 olduğu sonucuna ulaşılmıştır [24].

İsveç özelinde yapılan başka bir araştırmada ise konut binalarının enerji dengesi modellemesi için kullanılan temel parametre değerleri, yöntemleri ve varsayımları incelenmiştir. 1970 yılında yapılmış çok katlı tipik bir konut binasının hesaplanan enerji dengesi ve enerji verimliliği güçlendirme önlemlerinin enerji tasarrufu üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Çalışılan parametreler mikro iklimlendirme, yapı kabuğu, kullanıcı davranışı ve ısı kazançları ile ilgilidir. Sonuçlar iç mekân hava sıcaklığı, iç ısı kazançları ve havalandırma ısı geri kazanım ünitelerinin verimliliğinin, incelenen binanın benzeşim ile performansı analiz edilmiş oluğ, enerji performansı-enerji verimliliği önlemleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir [25].

İncelenen bir makale, 1960'lı yıllarda inşa edilen tipik Fin iklimi (soğuk iklim) için tuğla kaplı apartmanlarının düşük maliyetli enerji performansı için iyileştirme önlemleri sunmaktadır. Çalışma, farklı yenileme önlemlerinin seçilen bir konut binasındaki enerji performansı ve ekonomik uygulanabilirlik üzerindeki etkilerini tartışmaktadır. Farklı enerji performans kriterlerini karşılamak için maliyet-optimal yenileme konseptleri, Pareto-Archive NSGA-II genetik algoritması kullanılarak benzeşim analizleri ile 2 milyardan fazla potansiyel yenileme önlem kombinasyonu arasından belirlenmiştir. Sonuçlar, tuğla apartman stokunun maliyet-optimum yenileme çözümlerinin, yeni apartmanların mevcut ulusal minimum enerji performans gereklilikleriyle aynı enerji performans kriterlerini sağladığını göstermektedir [26].

Süt'ün yüksek lisans tez çalışması; enerji korunumu açısından yetersiz görülen yapıların enerji tüketiminin azaltılması gerektiğine dayanarak, farklı derece gün bölgelerinde uygulanan TOKİ plan şemasına sahip mevcut bir toplu konut projesinin TS 825 standardına göre yenilenmesini ve enerji performansına göre değerlendirilmesini sağlamaktadır. DesignBuilder programı ile 4 farklı bölgeye göre ısıtma-soğutma yükleri, elektrik, doğalgaz ve toplam enerji tüketimi ve CO₂ salınımı karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, yenileme uygulamalarının sıcak iklimlerdeki etkisinin soğuk olanlara göre daha az olduğuna varılmış, iyileştirmelerde opak bileşenlerin ısı kaybına bağlı olarak yalıtım kalınlığının uygun oranda çoğaltılması, şeffaf elemanların ısı performansının artırılması ve güneş kontrolünün sağlanması Türkiye iklim bölgelerinde enerji etkinliği açısından önemli olduğu düşünülmektedir [27].

Akalp'in yüksek lisans tez çalışması; toplu konutların enerji tüketimlerinin fazlalığından dolayı, enerji etkin tasarım yöntemlerinin bu tür yerleşimlere uygulanması gerektiği üzerinde durmakta, sıcak ve kurak bir iklime sahip olan Diyarbakır'da seçilen bir yerleşke üzerinde benzeşim uygulamaları gerçekleştirmiştir. Çalışma, iklime ve çevreye dayalı enerjiyi etkin bir biçimde değerlendirebilecek yapıların inşası için bir örnek kaynak olarak kullanılmayı hedeflemektedir. Yerleşkenin yönlenme ve gölge etkisinin ısıtma soğutma yük değerleri üzerindeki etkisi DesignBuilder programı ile hesaplanmış ve elde edilen veriler ile tasarım sürecinde enerji yükleri üzerindeki etkilerine vurgu yapılmaktadır [28].

Çetiner ve Metin'in çalışmalarında, İstanbul'daki mevcut konut yapılarını enerji etkin iyileştirmek üzere öngörülen uygulamalar sonucunda enerji tüketimini ve yaşam dönemi maliyetlerini değerlendirmişlerdir. Referans yapılarda kullandıkları parametreler, saydamlık oranı, yönlenme, bina yaşı, pencere sistemi, bina elemanı ve yalıtım malzemesi tipidir. EnergyPlus programı kullanılarak yenileme uygulamalarının ekonomik etkileri karşılaştırmalar yapılarak değerlendirilmiştir [29].

Çetintaş ve Yılmaz'ın makalelerinde, bir TOKİ bloğunu referans alarak, yapının yaşam döngüsünde tükettiği enerjiyi hesaplayarak alternatifler arasında karşılaştırmalar yapmıştır. Çalışma, tasarım sürecinde alınan kararların enerji tüketimi ve karbon salınımı üzerindeki etkisini incelemektedir. Ayrıca yaşam dönemindeki maliyetler üzerinden enerji tüketimi açısından alternatifler üretilmeye çalışılmaktadır. Elde edilen bulgulara göre ise, duyarlılık analizlerinin yapılması; enerji tüketim alanları arasında optimizasyon yapılması ve Türkiye açısından yapılarda yalıtım kuralları yönetmeliği gibi soğutma enerjisinin de vurgulandığı çalışmaların gerçekleştirilmesi maliyet enerjisi açısından faydalı olacağı öngörülmektedir [30].

Yapılan başka bir çalışma, Türkiye'de bir konut binasının erken tasarım sürecinde tasarım kararı desteği eylemini örneklendirmektedir. Isıtma-soğutma-yıllık CO₂ emisyonları bağlamında, tasarım parametreleri ve yıllık enerji tüketimi arasındaki ilişki, bugün ve gelecekteki hava koşulları için küresel duyarlılık analizleri ile incelenmektedir. Tasarım süreci hem tasarım parametreleri hem de iklim değişikliğinin neden olduğu bina performansındaki belirsizliklerin değerlendirilmesini gerektirmektedir. Sonuçlar, bina kabuğundaki şeffaf yüzeylerin güneş ısı kazanç katsayıları ve ısı transfer katsayıları ile ilgili kararların konut yapılarında, sıcak-nemli iklim koşullarında, enerji ve çevresel performansı üzerinde en yüksek olduğunu göstermektedir [31].

İncelenen bir makalede, soğuk iklim bölgesinden seçilen çok katlı bir konut yapısı referans alınarak maliyet-optimum enerji verimliliği hesaplamalarına ait sonuçlar elde edilmiş, ekonomik göstergelerdeki değişimin bu sonuçlar üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, soğuk iklim bölgelerinde maliyet-optimum enerji verimliliği hesaplarının ekonomik göstergelere duyarlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca çalışma sonuçları, duyarlılık analizleri ile ısı yalıtımı ve güneş enerjisi kullanımının önemi vurgulanmaktadır [12].

2.3. Binalarda Enerji Performansı-Türkiye (BEP-TR)

Çalışmanın bu kısmında Türkiye'de 2008 yılında çıkarılan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği” (BEP) kapsamında oluşturulan BEP-TR programı kullanılarak oluşturulan araştırmalara yer verilmiştir.

BEP yönetmeliğinin yürürlüğe girmesi ile birlikte yapılarda standartlara uyum sağlama zorunluluğunun arttığına vurgu yapan Aydın ve Canım, makalelerinde binalarda dıştan yalıtım uygulamalarının arttığına ilişkin gözlemlerine yer vermişlerdir. Yaptıkları çalışmada, yapı dış kabuğunda gerçekleştirilen yalıtım uygulamasında kullanılan EKB'nin önemi üzerinde durmaktadırlar. Bu çerçevede, Trabzon ilinden seçilen bir konut yapısı ile yalıtım uygulamalarının ısıtma ihtiyacına etkisini ve BEP-TR programı ile yalıtımlı-yalıtımsız durumu arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. İncelemede, ısıtma verimini artırmak için gerçekleştirilen mantolama işlemlerinin mevcut durumun iyileştirilmesi ve bina envanteri oluşturulabilmesi için büyük fayda sağladığı sonucuna ulaşılmıştır [32].

Yapılan bir araştırma, BEP-TR'nin eksikliklerini-sorunlarını tespit etmeyi ve genel olarak Enerji Kimlik Belgesi uygulamasını irdelemeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, BEP-TR ile bir konut yapısının farklı yalıtım kalınlıklarına göre beş iklim bölgesindeki enerji performansı tespit edilmiş, elde edilen verilere dayanarak BEP-TR ve EKB uygulaması üzerinde öneriler geliştirilmiştir [33]. Erikci'nin yüksek lisans tezinde, farklı iklim bölgelerinden seçilen otel binaları Binalarda Enerji Performansı-Türkiye (BEP-TR) ve DesignBuilder programları ile analiz edilerek, enerji performansları ve emisyon sınıfları tespit edilmiştir. Bu performansları etkileyen faktörler iklimsel ve yapısal açıdan ele alınmış, formlarına ve iklim türüne göre analiz edilen binalar arasında enerji hesaplamaları kapsamında karşılaştırmalar yapılmıştır [34].

2.4. Yapı Kabuğuna Yönelik Yenileme Çalışmaları

Çalışmanın bu bölümünde yapı kabuğuna yönelik yenileme çalışmalarına yer verilmiştir. Yenileme çalışmaları içerisinde yapı kabuğu yenilemelerinin analiz edilmesi önem arz etmektedir [35].

Delft Teknik Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada, yapı kabuğuna yönelik alınan iyileştirme önlemleri ile enerji performansını arttırmıştır; ısıtma ve soğutma yükleri azaltmıştır [36].

Yapı kabuğunun yalıtım kalınlığının arttırılması, bir binanın dış duvarlarının termal performansını olumlu yönde etkilemektedir. Böylelikle, ısıtma ve iklimlendirme için kullanılan enerji tüketimi azaltılabilmektedir. Binanın enerji tüketimini hesaplayarak optimum yalıtım kalınlığını araştıran çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar, derece-gün yöntemi, derece-saat yöntemi veya dinamik ısı transferi modeli kullanarak bina enerji tüketimini hesaplamışlar ve optimum yalıtım kalınlığını araştırmışlardır [37-39].

Yapı kabuğunun iyileştirilmesine yönelik yapılan başka bir çalışmanın sonuçları, bir binanın kabuğunu güçlendirirken yalıtım, kaplama ve pencere malzemeleri seçiminin birincil enerji ve karbon dengesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir [40]. Bazı çalışmalar mevcut binaların cephelerinin yenilenmesi için prefabrik bina sistemlerini önermektedir. Bina kabuğunun fiziksel olarak iyileştirmesini sağlayan prefabrik bina sistemleri aynı zamanda daha düşük enerji tüketimine ve deprem yüküne karşı dirençte iyileşmeye yardımcı olmaktadır [41].

Yapılan başka bir çalışma, ısı yalıtımı ve dış cephe kaplamasını tekstil takviyeli harçla birleştiren yenilikçi prefabrik kompozit panellerin Milano ilinde bir konut binasının enerji yenilenmesinde uygulanmasını irdelemektedir. Çalışma sonucu, yapı kabuğunun güçlendirilmesi için yenilikçi bir modüler prefabrik sistemin etkinliğini göstermeyi amaçlayan sonuçları göstermektedir [42].

Giydirme cephe sistemlerinin maliyet-enerji yenileme çalışması olarak tropikal-bol yağışlı iklime sahip bir bölgede bulunan dokuz farklı bina irdelenmiştir. Araştırma ile bina kabuğu maliyet-enerji iyileştirme ile yenileme öncesi-sonrası karşılaştırılmaların yapılması amaçlanmaktadır [43].

İncelenen başka bir çalışmada ise bina kabuğu yenileme stratejileri ve optimizasyonu değerlendirilmiştir. Bu kapsamda incelenen binaya dair iklimsel özellikler, iç ortam hava sıcaklığı-nemi, enerji tüketimi, CO₂ emisyonu vb. veriler bir yıl süre ile izlenerek enerji benzeşim programında analiz edilmiştir. Yapı kabuğu elemanlarının yalıtımlarının iyileştirilmesi için öneride bulunan çalışmada, binanın yenileme geçirmeden önceki enerji performansını opak elemanlardaki iyileştirme tedbirleri azaltırken şeffaf elemanlardaki iyileştirme tedbirleri arttırmıştır [44].

Mevcut konutların yenilenmesi için dış duvarların, pencerelerin ve çatının termal performansları dikkate alınarak maliyet etkin iyileştirme yapılması gerekmektedir. Bu nedenle, yapı kabuğunun maliyet etkin yalıtım kalınlığı belirlenirken binanın genel performans da göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin yapılan bir çalışmada, Çin'in soğuk bölgelerinde bulunan mevcut konutların enerji tasarruflu iyileştirmesinde yapı kabuğu termal performans optimizasyon sınırı oluşturulmuştur [45].

Konut maliyet-enerji yenileme üzerine yapılan başka bir çalışmada ise İngiltere'de 1971 yılında yapılmış 5 katlı ticari konut binası incelenmiştir. Yapı kabuğunda yalıtım malzemesi olarak mineral elyaftan oluşan bir malzeme kullanılmıştır. Araştırma sonucu, binanın maliyet-enerji etkinliğinin optimum düzeye getirildiğini göstermektedir [46].

Mevcut binalar üzerindeki enerji ve maliyet etkin yenileme çalışmaları incelendiğinde önemli ölçüde enerji ve maliyet etkinliğinin sağlandığı görülmektedir. Bununla beraber, enerji ve maliyet etkin yenileme çalışmalarının dünyada ve Türkiye'de sayılarının artırılması gerekmektedir. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak var olmayan bir referans yapı yerine mevcut bir binanın seçilmesi elde edilen verilerin doğruluğunun arttırdığı anlaşılmaktadır. Mevcut binalarda yapı kabuğuna yönelik yapılan enerji ve maliyet etkin iyileştirmelerin enerji kullanımını azaltıcı ve bina performansı arttırıcı yönde etkilediği görülmektedir. İncelemeler sonucunda Diyarbakır'da bulunan sıcak-kuru iklim bölgesindeki bir konut binasının yapı kabuğunun, enerji-maliyet etkin yenileme teknikleri doğrultusunda, DesignBuilder benzeşim programında analiz edilerek optimum iyileştirme çözümlerine ulaşmaya karar verilmiştir. Bu doğrultuda binanın konumuna bağlı olarak iklimsel özelliklerine ve yönlenişine göre Binalarda Isı Yalıtım Kuralları-TS 825 (2000) esas alınarak yıllık enerji tüketim miktarını azaltıcı enerji enerji-maliyet etkin iyileştirme önerileri geliştirilmiştir.

3. GENEL TANIMLAR VE KAVRAMLAR

Tez çalışmasının bu bölümünde maliyet-enerji etkin iyileştirmeye yönelik genel tanımlar ve kavramlar açıklanarak alan çalışmasına zemin hazırlanmıştır.

3.1. Binalarda Enerji Etkin Yenileme Kavramı

Mevcut ve eski binaları sürdürülebilir ilkeler doğrultusunda iyileştirme çalışmaları enerji etkin yenileme kavramını ortaya çıkarmıştır. Enerji etkin yenileme, mevcut binaların sorumlu olduğu karbon salınımının azaltılması, binaların yeni ihtiyaçlara cevap vermesi ve binaların neden olduğu diğer olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasını kapsamaktadır. Aynı zamanda enerji etkin yenileme, mevcut binaların enerji etkin olarak hayatını sürdürebilmesi için ekonomik, sosyal ve çevresel bina işleri olarak tanımlanmaktadır [47].

Ekonomik faktörler göz önünde bulundurulduğunda binanın yenilenmesi maliyeti çoğunlukla yıkmak veya yeni bir bina inşa etmek seçeneklerinin maliyetlerinden daha düşüktür [48]. Sosyal faktörler bakımından yenileme incelendiğinde kültürel ve tarihi sürdürülebilirliğin devamı için enerji etkin yenilemenin önem arz ettiği görülmektedir. Yenileme enerji tüketiminin sonucu olarak çevresel faktörleri sera gazı emisyonları kapsamında ilgilendirmektedir [49].

Enerji etkin yenilemenin bir diğer tanımı olarak “Yenileme, yapıyı yeni bir amaca uyarlamak için gerekli olabilecek bir binanın ikincil unsurlarının kapsamlı bir şekilde yenilenmesi veya değiştirilmesidir” gösterilebilir [50]. Enerji etkin yenileme teriminin korumanın eş anlamlısı olarak kullanılması yanlıştır. Yenileme çalışmalarında, eski işlevin korunduğu uygulamalar olduğu gibi, binaya yeni bir işlev kazandırıldığı da sıklıkla görülmektedir. Bu sebepten yenileme çalışmalarının kapsamı korumadan çok daha geniştir [51].

Yenileme, bakım ile karşılaştırıldığında hasarsızdır ancak eski unsurları veya yüzeyleri de içerir. Ayrıca yenileme, taşıyıcı yapı veya iç düzende büyük değişiklikler içermemektedir [52].

Yenilemenin ana endişeleri olarak mirasın korunması, fiziksel ve fonksiyonel yapı elemanlarının kontrol altında tutulması, güncel bina hizmetlerinin tanıtılması, enerji kullanımı, yangın koruma, gürültü kontrolü, termal performans, hava kalitesi, atık azaltma ve mekânsal konfor ile başa çıkması gösterilmektedir [53]. Yenilemenin ana endişelerinin aralığı geniş olduğundan, binalarda enerji etkin yenileme üç alt başlık altında sınırlandırılabilir [52]:

- 1) Binanın sadece bir bileşenini veya bir kısmını (bir kanat, bir kat, cephe vb.) ilgilendiren kısmi tadilat,
- 2) Tüm binayı veya binanın ayrı ve bağımsız olarak kabul edilebilecek bir bölümünü ilgilendiren 'Normal' yenileme,
- 3) Yıkım eylemlerini, altyapının değiştirilmesini ve tüm bina bileşenlerinin iyileştirilmesini içeren toplam yenileme.

Binanın durumu ve performansı; binaya uygulanacak yenileme projesi düzeyini şekillendirmektedir.

Düzey 1: Hafif Dokunuş/Tazeleme
- Dekorasyon, tamir ve küçük yapı elemanlarının değiştirilmesi
- Aydınlatma verimliliğini artırmak için iç mekânda açık renkli yüzeyler ve mobilyalar kullanılması.
Düzey 2: Küçük Ölçekli Yenileme
- Doğal aydınlatma, havalandırma ve bölgesel kontrolleri artırmak için mekân düzenlenmesi
- Otomatik kontroller ve enerji Verimli lambalar dâhil olmak üzere aydınlatmanın iyileştirilmesi
- Panjur, jaluzi vb. elemanların eklenmesiyle pencere performansının artırılması
Düzey 3: Büyük Ölçekli Yenileme
- Yalıtım eklenmesi
- Doğal havalandırma ve aydınlatmayı artırmak için atriyum eklenmesi
- İklimlendirilen binalarda hibrit veya pasif önlemlerin artırılması
- Doğal soğutma kullanımının en üst seviyeye çıkarılması
- Nispeten sık planlı yapılarda çatı, aydınlatma ve kontrollerdeki değişikliklerle iklimlendirmeyi kaldırmak
- Bölgesel kontroller dâhil olmak üzere verimli ve esnek kontroller seçmek
- Verimli sıcak su sistemi seçilmesi
Düzey 4: Kapsamlı Yenileme
- Güneş ışığını maksimize ederken ısı kazançlarını azaltmak için pasif önlemler alınması
- Mekanik havalandırma kullanımını en aza indirmek için havalandırma stratejilerinin değiştirilmesi
- Kabağun termal performansının iyileştirilmesi
- Enerji Verimli aydınlatma kontrol sistemleri ve tesis kurulması
- Bina yönetim sisteminin iyileştirilmesi
Düzey 5: Yıkım
- Tüm bina yıkılarak, oluşan boş alanda yeni bir tesis yapılmasını kapsar.

Şekil 3.1. Yenileme projesi düzeyi [36]

Tezde çevresel faktörler dikkate alınarak, konutların çevreye verdikleri olumsuz etkiler en aza indirmeye yönelik kapsamlı düzeydeki enerji etkin yenileme kavramı üzerinde durulacaktır.

3.2. Yapı Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesi

Yapı kabuğu, yapıyı dış etkenlerden koruyan ve iç mekân konforunun sürekliliğini sağlayan, yapının önemli bir bölümü olarak tanımlanmaktadır. Bina kabuğunun yapım maliyeti toplam inşaat maliyetinin %15-40'ına denk gelirken yaşam dönemi maliyetlerine katkısı, özellikle enerji maliyetine, %60 civarındadır [54]. Yapı kabuğu, inşaat sırasında ve binanın kullanım aşamasında çevreyi önemli ölçüde etkilemektedir [55].

Dış duvar, binanın enerji tüketimini ve çevresel etkisini en aza indirmede yapı kabuğu tasarımına, inşaat malzemelerine, atık üretimine, doğal kaynaklara vb. bağlı olduğu için etkin bir rol oynamaktadır [56]. Yapı kabuğunun termal performansı, termal konforu korumak için Heating Ventilating and Air Conditioning (HVAC) sistemlerinde enerji tüketimini önemli ölçüde etkiler [57]. Bununla beraber, bazı çalışmalar binada tüketilen soğutma / ısıtma enerjisinin %20-50'sinin yapı kabuğundan kaynaklandığını göstermektedir [58, 59]. Yapı kabuklarının termal performansı, bina enerji tüketiminin belirleyici faktörüdür ve özellikle yapı kabuğu yenileme, mevcut binadaki enerji tüketimini azaltmanın etkili bir yolu olarak vurgulanmaktadır [60].

Yapı kabuğu, farklı optik ve termofiziksel özelliklere sahip opak ve saydam iki bileşenlerden oluşmaktadır. Yapı kabuğunun ısı performans bakımından değerlendirilmesi ile ilgili yapılan bir çalışmaya göre:

Yapı kabuğunda ısı performansını düşük ve kötü termofiziksel özelliklere sahip malzeme kullanımı; yönler, güneş ve çevre koşulları gözlemlenmeden yapılan cephe tasarımı neticesinde, yapı optimum iç ortam şartlarını sağlayabilmek için gereğinden fazla enerji tüketmektedir. Yapı kabuğundan gerçekleşen ısı transferi ve hava sızıntıları iklimlendirme yükünün büyük bir kısmını oluşturduğundan dolayı ısı performansı yüksek kabuk yalıtım sistemi binanın ısı yükünü ciddi oranda etkileyecektir. [61].

Bu nedenle yenileme önerilerinin yapı kabuğuna yönelik olması enerji optimizasyonun sağlanmasını kolaylaştıracaktır.

Yapı kabuğuna yönelik yapılan bir iyileştirme çalışmasında bir binanın en dış katmanı olarak yapı kabuğunun, güneşten gelen termal radyasyonun korunmasında önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Yapı kabuğunda alınacak maliyet-enerji etkin malzeme kararları ile klima kullanımının azaltılması ve mekanik soğutma için elektrik tüketiminin en aza indirilmesi hedeflenmektedir [62].



Şekil 3.2. Isı kayıp oranları [63]

Binalarda ısıyı sabit tutmak için enerji tüketilmektedir. Bina kabuğunun çeşitli elemanları ısıyı iletmektedir. Enerjinin bir kısmı pencereler, çatı, duvar, bina kabuğundan hava sızıntıları, vs. yoluyla iletilir [63].

Çalışma kapsamında ise bina kabuğundaki opak ve şeffaf bileşenlerin ısı performanslarının artırılması ile yapılan yenileme olarak özelleştirilmiştir.

Yapılan bir çalışmaya göre: “Mevcut konutlarda dış kabuğun enerji etkinliğinin iyileştirilmesi, bina kabuğunun optik ve termofiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi ve bina kabuğuna entegre edilebilecek fotovoltaik panel gibi aktif sistem elemanlarının eklenmesiyle gerçekleştirilebilmektedir. Mevcut konutların dış kabuğunun enerji etkin yenilenmesinde kullanılabilecek seçenekler” [64]:

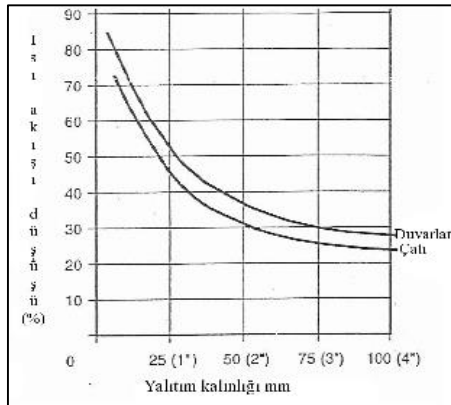
- Opak kabuk bileşenlerinin uygun hale getirilmesi,

- Saydam kabuk bileşenlerinin uygun hale getirilmesi,
- Güneş kontrolünün yapılması,
- Bina kabuğuna güneş enerjisinden faydalanmak amacıyla yenilenebilir enerji kullanan paneller eklenmesi olarak gösterilebilir.

3.3. Opak Kabuk Bileşenlerin Isıl Performansının Artırılması

Yenilemenin adımlarından bir tanesi opak bileşenlere ısı yalıtım malzemelerinin eklenmesiyle sağlanmaktadır. Opak kabuk bileşenleri çalışma kapsamında yapı kabuğu olarak ele alınmıştır.

Enerji tüketiminin azaltılması, çevrenin korunması, ısıl konforun sağlanması, sağlıklı yaşam, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılması amacıyla yapılan yalıtım uygulamaları uygulanacağı bölge, yapı tipine göre farklılık göstermektedir. Uzun ömürlü, yeterli dayanıklılığa, çevreyi kirlenme ve kaynak tüketimi açısından minimum zarar riskine sahip, ısıl performans açısından gerekli değeri sağlayan malzemelerin seçilmesi önerilmektedir [65].

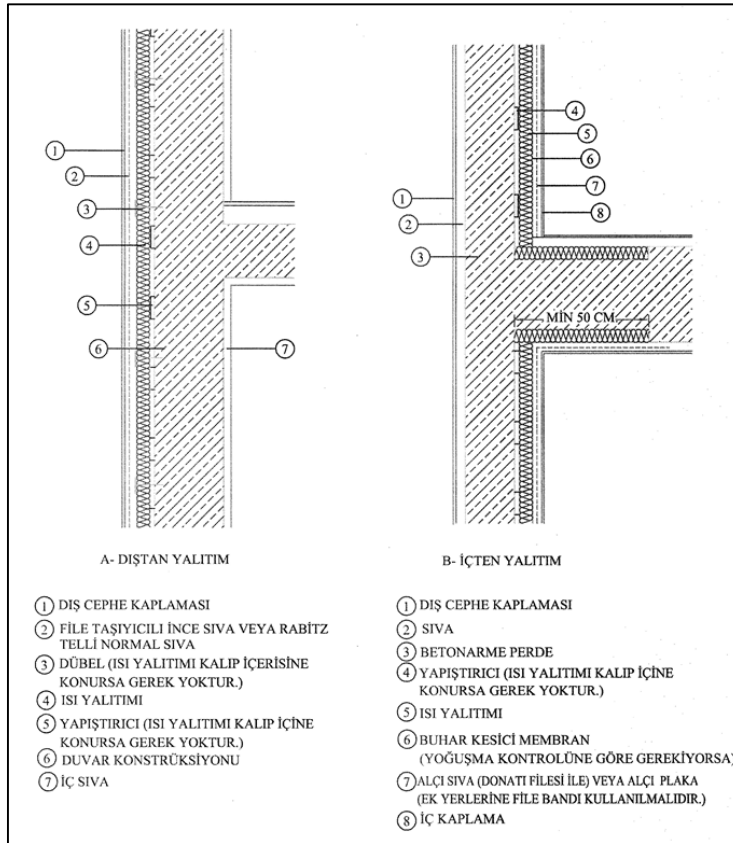


Şekil 3.3. Artan opak bileşenlerin (yalıtım) kalınlığı ile ısı akışı düşüş ilişkisi [66]

Gerçekleştirilen bir çalışmada, Yalıtımın binaların iyileştirilmesi üzerindeki etkisini göstermek için İtalya'dan 6 farklı iklim bölgesi seçilmiştir. Seçilen tek katlı bir örnek bina üzerinden çatı, duvar ve döşeme yalıtım düzeyleri saptanarak yalıtımın faydalarının irdelendiği bir çalışma yapılmıştır. Her bir iklim bölgesi için uygun ısıl geçirgenlik değeri hesaplanarak yüksek performanslı bina kabuklarının önemli ekonomik avantaj sağladığı ispatlanmıştır [67]. Hindistan'ın beş farklı iklim bölgesinden konut yapıları seçilerek yapılan başka bir çalışmada ise bina kabuğu ve iklim seçenekleri gözetilerek optimum

enerji ihtiyacı saptanmıştır. Duvar malzemesinin iyileştirilmesi optimum enerji ihtiyacını %1-3 arasında azaltmıştır. Dış duvar-çatı bileşenlerinin yalıtımlarına maliyet-enerji etkin çözümlerin uygulanmasıyla %10-30 arasında enerji tasarrufu sağlanmıştır [68].

Duvarların yalıtılması gerektiğine dair yapılan araştırmalar ile beraber yalıtım malzemesinin kalınlığının artırılmasının her durum için faydalı olmadığını savunan çalışmalar da yapılmaktadır. Yalıtım malzemesi seçilirken çevresel faktörler ve maliyet de göz önünde bulundurulmalıdır [69]. Duvar-çatı yalıtımı ve sızdırmazlık iyileştirilmelerinin yapıldığı bir araştırma sonucu ise yakıt tüketiminde %10-17 oranları arasında azalma sağlandığını göstermektedir [70].



Şekil 3.4. İçten ve dıştan yalıtım detayları [71]

Çizelge 3.1.Dış duvar için yalıtım malzemelerinin kalınlık ve U değeri değişimleri [71]

Isı yalıtım malzemesi	Isıl iletkenlik değeri λ_a (W/mK)	Yalıtım kalınlığı (mm)											
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	300	
		U değeri (W/m ² K)											
Poliüretan	0,025**	0,63	0,42	0,31	0,25	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,08	
XPS	0,03	0,67	0,46	0,35	0,29	0,24	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13	0,09	
Taş yünü	0,035	0,71	0,51	0,39	0,32	0,27	0,23	0,21	0,18	0,17	0,15	0,11	
EPS	0,04	0,75	0,63	0,43	0,35	0,3	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,12	
Mantar levhalar	0,05	0,81	0,61	0,49	0,41	0,35	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,15	
I. bölge II. Bölge III. bölge IV. Bölge Pasif ev standardı													
**Sadece iki tabaka arasına püskürtme metoduyla yapılan uygulamalar için kullanılır.													
	TS 825 Standardı												Pasif ev standardı
	I. bölge	II. bölge			III. bölge			IV. bölge					
U ₀ (W/m ² K)	0,7	0,6			0,5			0,4			0,15		

Isı kaybı oranını azaltmak için binanın duvarlarına boşluklu duvar yalıtımı uygulanmaktadır. İngiltere’de yapılan bir çalışma, 10 yaşından büyük binaların çoğunun boşluklu duvar yalıtımından yoksun olduğunu, ancak yine de maliyet-etkin yenileme için uygun olduklarını belirtmektedir. Kurulum maliyeti genellikle binanın büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir [72]. Yalıtım malzemesi maliyeti, yalıtım malzemesinin kalınlığının artmasına bağlı olarak artmaktadır; ancak soğutma ve ısıtma maliyetleri artışa bağlı olarak genellikle azalmaktadır [73]. Yalıtım malzemesinin kalınlığı, bölgenin ortalama ortam sıcaklığı, yalıtım malzemesinin ısıl iletkenliği ve fiyatı dikkate alınarak seçilmelidir [74]. Optimum yalıtım kalınlığının hesaplandığı çalışmalar incelendiğinde en yaygın kullanılan yalıtım malzemelerinin taş yünü (rock wool-RW), genleşmiş polistiren (expanded polystyrene-EPS), ekstrüde polistiren (extruded polystyrene-XPS) ve poliüretan (polyurethane-PUR) olduğu görülmektedir [37, 68, 75, 76].

Çizelge 3.2.Yalıtım malzemeleri ve çevresel etkileri [27, 65, 77, 78]

Sürdürülebilirlik ölçütleri		Taş yünü	Cam yünü	Poliüretan	XPS (Extruded Polystyrene)	EPS (Expanded polystyrene)	Mantar
Ağırlığı (kg/m)		30-120	15-30	28-55	20-65	Eki.50	130
Oluşum enerjisi (MJ/kg)		20	35	135	133	125	30
Isıl iletkenlik faktörü(λ W/mK)		0.035-0.050	0.035-0.050	0.030-0.035	0.028-0.032	0,04	0.045-0.055
Hammadde		Bazalt, diyabaz, dolomit, %75 endüstriyel geri dönüşümlü içeriğe sahiptir.	Silis kumu, cam kırıntıları %20 cam kırıntılarından oluşmaktadır.	Poliolizosiyanat	Hidrokarbon kullanılmaktadır.	Hidrokarbon kullanılmaktadır	Mantar
Rezerv miktarı(yıl)		41	35	-	-	-	Yenilebilir kaynak
Üretimde su kullanımı (litres/kg)		1360	1360	Yok	Yok	yok	25
Yararlı yaşam ömrü		30-50	30-50	30-50	50	50	50-80
Geri dönüşüm içeriği	Yeniden kullanılabilirliği	Pratik olarak geri dönüştürülemez	Pratik olarak geri dönüştürülemez	Yeniden kullanılmaz, geri dönüştürülemez	Yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir. (farklı malzemelere katkı olarak)	Yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir (farklı malzemelere katkı olarak)	Yenilebilir ve tekrar kullanılabilir
Atık kategorisi		D	D	B/D	B/D	B/D	A/D
CFCS ve HCFC kullanımı		Yok	Yok		Bazı üreticiler HCFC değerleri hala CO ₂ kullanıyor	Bazı üreticiler HCFCs değerleri hala CO ₂ kullanıyor	Yok
Çevresel ve sağlığa yönelik etkileri		Çevresel olarak oldukça güvenilirdir, fakat lifler kanserojen olabilir, lifler sağlık riskleri oluşturabilir.	Çevresel olarak oldukça güvenilirdir, fakat lifler kanserojen olabilir	Çoğu üreten ozona zarar veren HCFC gazı kullanılarak üretilmektedir.	Ozona bir ölçüde zarar veren HCFC 14b ile üretilmektedir	Köpük pentan gazıyla üretilir, kirliliğe ve ozon seviyesine katkıda bulunabilir.	-
Küresel ısınma potansiyeli		1740	1700	14500		3500	600

Çizelge 3.3.Opak bileşenlerin yenilenmesine yönelik enerji etkin yenileme stratejileri

Bina kabuğuna yönelik enerji etkin yenileme stratejileri					
		I. bölge	II. Bölge	III. Bölge	IV. Bölge
Opak bileşenlerin yenilenmesi	Duvarların yalıtılması	Duvar bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,70$ değerini sağlamalıdır.	Duvar bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,60$ değerini sağlamalıdır.	Duvar bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,50$ değerini sağlamalıdır.	Duvar bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,40$ değerini sağlamalıdır.
	Toprak temaslı döşemenin yalıtılması	Döşeme bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,70$ değerini sağlamalıdır.	Döşeme bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,60$ değerini sağlamalıdır.	Döşeme bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,45$ değerini sağlamalıdır.	Döşeme bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,37$ değerini sağlamalıdır.
	Tavan döşemesinin yalıtılması	Döşeme bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,45$ değerini sağlamalıdır.	Döşeme bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,40$ değerini sağlamalıdır.	Döşeme bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,30$ değerini sağlamalıdır.	Döşeme bileşeni TS 825 $U_D \leq 0,25$ değerini sağlamalıdır.

3.4. Şeffaf Kabuk Bileşenlerin Isıl Performansının Arttırılması

Bina kabuğunda en fazla enerji geçirgenliğine sahip bileşen olan pencereler bina enerji performansında önemli bir etkiye sahiptir. Gelişen teknolojiyle beraber pencerelerin ısı performanslarının arttırılması enerji etkinliği açısından oldukça önemlidir. Enerji etkin yapı tasarımı ya da enerji etkin yenileme çalışmalarında pencerelerin iklim özelliklerine uygun olarak güneş ya da ısı kontrollü olması ısıtma ve soğutma yükünü azaltmaktadır.

Pencerelerin ısı performanslarının değerlendirilmesinde, en sık başvuru performans göstergeleri sıralanmıştır:

Pencerenin Ortalama Isı Geçirgenlik Katsayısı (U_o , W/m²K): Pencere bileşenlerinin ortalama ısı geçirgenlik katsayısı olan U_o değeri, pencereyi oluşturan opak ve şeffaf bileşenlerin alana bağlı olarak hesaplanan, birim alan için kondüksiyon, konveksiyon ve ışıma yolları ile ısı transferi miktarını belirtir. Bu değer pencerenin ısı geçirgenlik direncinin tersidir, yani $U_o = 1/R$ 'dir. U_o değeri düştükçe ısı transferi miktarı azalır. Pencerenin ısı korunum düzeyi artar [79].

Güneş Isısı Kazanç Katsayısı (Solar Heat Gain Coefficient, SHGC, g_{pencere}): Pencerenin güneş ışınlamına karşı güneş kontrolü veya ısı kazancı açısından performansına yönelik hassas değerlendirmelerde kullanılır. SHGC pencere değeri cam tarafından iç ortama geçirilen ısı enerjisi ile çerçeve ve cam tarafından soğurulduktan sonra iç ortama verilen ısı enerjisi miktarlarının toplamıdır. Tüm pencerenin güneş ışınlamına karşı performansını belirler. Camların güneşten ısı kazançları açısından performanslarının değerlendirilmesinde son yıllarda önem kazanan bu değer, camın soğurma ve geçirgenlik değerlerine, güneş ışınlamının geliş açısına göre değişim göstermektedir [80]. Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC); 0 ile 1 değerleri arasında değişmektedir. Yüksek SHGC değeri yüksek ısı kazancı, düşük SHGC değeri düşük ısı kazancı anlamına gelmektedir [81].

Serlilik İndeksi (Coolness Index- D_x): Değer doğal aydınlatma düzeyinin yeterliliğini kontrol için kullanılır. Görülebilir alan ışınlam geçirgenliğinin (T_{vis}), gölgeleme katsayısına (SC) oranıdır ($D_x = T_{vis}/SC$). Düz camın D_x değeri 1,0'dir [82].

Pencerenin Sızdırmazlık Düzeyi (L): Pencerenin iç dış ortam arasında 50 Pa basınç farkı olduğu koşullarda gerçekleşen infiltrasyon oranını belirtmektedir. Amerika ve Kanada standartlarında basınç farkı 75 Pa olarak alınmaktadır [79].

Pencere bileşenlerinin ısı performanslarının değerlendirilebilmesi için, şeffaf (camlar) ve opak (çerçeve) bileşenlerin optik ve termofiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Konut yapılarında enerji etkin yenileme çalışmalarında iklim özelliklerin uygun pencere türleri seçilmelidir. Çerçeve ve cam bileşenlerin termofiziksel ve optik özellikleri pencerenin U_o ve SHGCpencere değerlerini dolayısıyla, ısı kayıp ve kazanç miktarını etkilemektedir.

Alüminyum çerçeveler: Isıl geçirgenlik katsayısı diğer çerçeve türlerine göre oldukça yüksektir. Bu nedenle ısı kayıplarına ve istenmeyen ısı kazançlarına neden olabilirler. Isı tutucu kullanılarak (thermal break) kullanılarak U değeri $10.22 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'den $5.91 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'ye düşürülmektedir [83].

Ahşap çerçeve: Ahşap çerçevelerin ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) alüminyum çerçevelere göre daha düşüktür ve ısıl etkilere karşı dayanıklıdır. U değeri, ahşabın kalınlık ve cinsine, çift cam arası mesafeye (6.0-20 mm), cam/çerçeve oranına bağlı olarak, $1.5\text{-}2.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ arasında değişmektedir [83].

PVC (Polivinil klorür) çerçeve: Kullanılan PVC profilin masif olmaması, arasında hava kilitlenmesi içermesi nedeniyle ısı geçirme katsayısı alüminyum çerçeveye oranla daha düşüktür ($U_{PVC} = 1,70 \text{ W/m}^2\text{K}$) Ahşap ve PVC çerçevelerin U değerleri birbirine yakın değerdedir [80].

Düz (clear) camlar

Düz camlar herhangi bir kaplamaya ya da renge sahip olmayan, renksiz camlardır. SHGC ve V_T değerleri diğer camlara oranla oldukça yüksektir. Düz camlar güneş ışınımının %75'ini; gün ışığının ise %85'ini iç ortama geçirirler [83]. Isıl iletkenlik değeri oldukça düşük olan düz camlara çeşitli kaplamalar uygulanarak enerji performansının iyileştirilmesi sağlanabilir.

Seçici geçirgen (specterally selective) camlar:

Güneş spektrumunun görülebilir, kızılötesi veya morötesi alan ışınımından biri ya da birkaçını filtre ederek, kontrol etme özelliği taşırlar. Optik özellikleri paralelinde tüm iklim koşulları ve bina tipleri için amaca uygun seçici geçirgen cam tipi bulunmaktadır. Düz cam veya renkli cam üzerine uygulanan türleri vardır. Güneşin kısa dalga kızılötesi ışınımına, iç ve dış ortamdaki uzun dalga kızılötesi ışınımına karşı farklı yüzdelere yansıtıcı özellikte yapılabilmeleri nedeniyle binalarda güneş kontrolü amaçlı veya ısı kayıplarını azaltmaya yönelik olarak kullanılmaktadır. Çift tabakalı düz cama göre ısı korunumunda % 33, güneş kontrolünde % 38 performans artışı sağlamaktadır. Bu tip camlar insan gözünün duyarlı olduğu 0,43-0,69 μm .’lık kısmını geçirme, kalan kısmını yansıtma yetenekleri paralelinde doğal aydınlatma açısından da yüksek performansa sahiptir ($D_x \geq 1,0$). Çok katmanlı kombinasyonlarda gerek güneş kontrolü, gerekse ısı korunumu açısından camın performansını, camın doğru konumlandırılması belirlemektedir. Seçici geçirgen kaplamanın yıpranmasını engellemek amacıyla, genellikle çift camlı kombinasyonlarda dış cam katmanının iç yüzeyinde kullanılırlar [80].

Düşük emissiviteli (Low-E) camlar

Çeşitli film tabakalarının (altın, gümüş, bakır, alüminyum) düz veya renkli camların üzerine uygulanmasıyla elde edilen cam tipidir. Yüksek ve düşük güneş ışınımı kazanımlı (high and low solar gain) olmak üzere iki çeşit Low-E kaplama yöntemi bulunmaktadır. Yüksek güneş ışınımı kazanımlı Low-E tipi; camdaki ısı geçişini azaltır ve soğuk iklimlerde kullanılır. Düşük güneş ışınımı kazanımlı Low-E tipi ise; sıcak iklimler için idealdir ve güneşten gelen ısı kazancını, güneş spektrumunun kızıl ötesi kısmını bloke ederek azaltır. [83]. Bu camların ısının korunumu açısından performansları; güneş kontrolü performanslarından yüksektir. Çift tabakalı cam kullanımı ısı korunumunda % 23-26, güneş kontrolünde % 13’lük performans artışı sağlamakta, ancak ikinci tip Low-E cam seçenekleri ısıtma ve soğutma gerektiren iklimler için uygun seçeneklerdir [80].

Türkiye'deki ısı bölgelerine uygun cam seçiminde kullanılmak üzere hazırlanmış pencere ısıl geçirgenlik (U_p) katsayıları W/m ² K		TEK CAMLI PENCERE	ÇİFT CAMLI PENCERE (kaplamasız cam)				ÇİFT CAMLI LOW-E KAPLAMALI PENCERE			
			ARA BOŞLUK (mm)				ARA BOŞLUK (mm)			
			6	9	12	16	6	9	12	16
	DOĞRAMASIZ	5,7	3,3	3,0	2,9	2,7	2,6	2,1	1,8	1,6
D O Ğ R A M A T i p i	AHŞAP DOĞRAMA (meşe, dişbudak/sert ağaçlar)	5,1	3,3	3,1	3,0	2,8	2,8	2,3	2,2	2,0
	AHŞAP DOĞRAMA (iğne yapraklı yumuşak ağaçlar)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2,0	1,8
	PLASTİK DOĞRAMA (2 odacıklı)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1
	PLASTİK DOĞRAMA (3 odacıklı)	5,0	3,2	3,0	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA	5,9	4,0	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	3,0	2,8
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA (yalıtım köprülü)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1

Şekil 3.5. Bazı pencere sistemlerinin U_p değerleri [71]

Çizelge 3.4. Isıtma ve soğutma yükleri farklı bina tiplerinde pencerelerin performans kriterleri [80]

Bina tipi (yıllık ısıtma ve soğutma yüküne göre)	U_o	SHGC	SC	Kısadalga kızılötesi ışınlam geçirgenlik değeri	T_{vis}	$D_x \geq 1,0$
Soğutma yükü yüksek	Orta veya düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	SHGC düşük olması istendiği için çok gerekli
Isıtma ve soğutma yükü eşit ve düşük	Orta	Orta	Orta	Orta	Yüksek	Gerekli
Isıtma ve soğutma yükü eşit ve yüksek	Düşük	Kışın yüksek	Kışın yüksek	Kışın yüksek	Yüksek	SHGC düşük olması istendiği için çok gerekli
		Yazın düşük	Yazın düşük	Yazın düşük		
Isıtma yükü yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	SHGC yüksek olması nedeniyle çok gerekli değil

II. derece gün bölgesinde soğutma yükünün azaltılması amacıyla güneş kontrolü yüksek pencereler tercih edilmelidir. Düşük U değeri ve SHGC değerine sahip pencere türleri bu bölge için uygundur. D_x değeri 1'e eşit veya 1'den büyük olmalıdır. TS 825'de U_p değeri 2,20 W/mK olarak verilmiştir. Bu bölge için iyileştirmelerde önerilen pencerelerin U_p değeri bu değeri aşmamalıdır.

Çizelge 3.5.Şeffaf bileşenlerin yenilenmesine yönelik enerji etkin yenileme stratejileri
[27]

Bina kabuğuna yönelik enerji etkin yenileme stratejileri					
		I. bölge	II. Bölge	III. Bölge	IV. Bölge
Şeffaf bileşenlerin yenilenmesi	Pencerelerin yenilenmesi	Camların güneş kontrollü camlarla değiştirilmesi	Camların güneş kontrollü camlarla değiştirilmesi	Camların ısı kontrollü camlarla değiştirilmesi	Camların ısı kontrollü camlarla değiştirilmesi
		$U_p \leq 2,40$	$U_p \leq 2,20$	$U_p \leq 2,20$	$U_p \leq 1,80$
	Güneş kırıcıların eklenmesi	Yazın ısı kazançlarını önleyecek şekilde güneş kırıcısı eklenmesi	Yazın ısı kazançlarını önleyecek şekilde güneş kırıcısı eklenmesi	Kışın ısı kayıplarını azaltmak için gece yalıtımı eklenmesi	Kışın ısı kayıplarını azaltmak için gece yalıtımı eklenmesi

4. ALAN ÇALIŞMASINA YÖNELİK MATERYAL-METOD

Alan çalışması, sıcak kuru iklimde mevcutta var olan yalıtımsız, kabuğun ısıl performansı düşük olan 5 katlı konut binasında enerji performansının analizini, iklim özelliklerine ve ilgili standarda uygun olarak bina kabuğuna yönelik ekonomik iyileştirme tekniklerinin belirlenmesini ve maliyet analizleri sonucunda iyileştirme tekniklerinin belirlenmesini kapsamaktadır. Öncelikle çalışmanın amacı, kapsamı, kabul-sınırlılıkları ve alan çalışmasında kullanılan veriler ele alınmıştır.

4.1. Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amacı; sıcak kuru iklimde yer alan mevcut bir konut binasında, yapı kabuğuna uygulanan temel iyileştirme alternatifleri ile, kabuğun ısıl performansının artırılarak, enerji tüketiminin azaltılabileceğini göstermek, maliyet analizleri yaparak optimum önerileri belirlemektir.

Tez çalışmasında; seçilen konut binasının ısıl performansının TS 825(2008) standartlarına göre yenilenmesine ve yenilemelerin yalnızca yapı kabuğu ile sınırlandırılmasına karar verilmiştir. İyileştirme önerilerinde maliyet ve zaman açısından radikal çözümlere gidilmemiş, öneriler dış duvarlara ısı yalıtımı uygulaması ve cam tiplerinin değiştirilmesi ile sınırlı tutulmuştur.

Analiz edilen iyileştirme önerilerinde opak-şeffaf bileşenlerin boyutları değiştirilmemiş, şeffaflık oranı korunmuş, pencereler için aşırı ısınmanın önlenmesi için güneş kontrolü kullanılmamış, sadece cam tipleri değiştirilmiştir. Yapıda Doğu Batı cephelerinde pencere bulunmamaktadır. Yenilemede mimaride radikal değişiklikler yapmadan, mevcut pencere boyutları korunmuştur. Sıcak kuru iklim için doğu-batı cephelerinin kontrolünün zor olması nedeniyle bu cephelere açıklık yerleştirilmemiştir. Kuzey cephesinde ise güneş kontrolü yapılmamıştır. Güney yönü için de güneş kırıcı önerilmemiştir. Analizlerde konut binasındaki hava sızdırmazlık oranı 0,8 Ach orta değerde ve sabit olarak alınmıştır [71].

HVAC, sıcak su, güç, aydınlatma, ekipman gibi bina işletim sistemine dahil olan ve enerji tüketimini etkileyen diğer parametreler dikkate alınmamış, yapının saydamlık oranını

değiştirmek, güneş bacası, PV-fotovoltaik pil gibi ek pasif- aktif sistemler kullanmak gibi radikal iyileştirme tekniklerine gidilmemiş, Türkiye inşaat sektöründe yer alan, bakanlık birim fiyat listelerine girmiş olan ısı yalıtımı ve cam tiplerinin performans ve maliyet analizleri üzerinde durulmuş, bu bölgedeki konutlarda yapılacak basit iyileştirmelere yönelik en uygun çözümler belirlenmiştir.

Tez çalışmasında bina enerji performansına yönelik analizler yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi kapsamında değerlendirilmiştir. Çalışmada, havalandırma, sıhhi sıcak su ve aydınlatma enerji ihtiyaçları, toplam olarak tüm binanın enerji performansının analizi ve CO₂ salım miktarları alan çalışması çerçevesinde kapsam dışı tutulmuştur.

Binanın mevcut durumunun modellendiği DesignBuilder benzeşim programında, öneriler test edilerek hangi iyileştirmenin bina enerji performansına ne oranda katkıda bulunacağı tespit edilmeye çalışılmıştır. Alan çalışmasında opak bileşenler için ısı yalıtımı malzemelerinin cinsi ve kalınlığı değiştirilmiş, şeffaf bileşenler için ise sıcak kuru iklim için uygun olan cam tiplerinin kullanılması önerilmiştir. Performans analizlerinden sonra belirtilen iyileştirmelerin maliyetleri karşılaştırılmış, sıcak kuru bölgedeki konut yapılarında maliyet ve performans açasından en uygun sonuçlar belirlenmiştir.

4.2. Kapsam ve Sınırlamalar

Tez çalışmasında; seçilen yapının TS 825(2008) standardına göre yenilenmesine ve yenilemelerin yalnızca yapı kabuğu ile sınırlandırılmasına karar verilmiştir. Öneriler; dış duvarlar, çatı, zemin döşemesi ve şeffaf yüzeylere yöneliktir. HVAC, sıcak su, güç, aydınlatma, ekipman gibi bina işletim sistemine dahil olan ve enerji tüketimini etkileyen diğer parametreler dikkate alınmamış, yapının saydamlık oranını değiştirmek, güneş bacası, fotovoltaik güneş pili gibi ek pasif- aktif sistemler kullanmak gibi radikal tekniklere gidilmemiş, Türkiye inşaat sektöründe yer alan, bakanlık birim fiyat listelerine girmiş olan yapı bileşenlerinin performans ve maliyet analizleri üzerinde durulmuş, bu bölge için en uygun çözümler belirlenmiştir.

4.3. Metot

Alan çalışması, sıcak kuru iklimde inşa edilmiş mevcutta kullanımda olan, ısı performans açısından TS 825'deki asgari koşulları sağlamayan (duvarları ısı yalıtımsız, pencereler tek camlı-ağşap çerçeveli), kullanıcı konforu ve enerji performansı açısından zayıf durumda olan bir konut yapısı seçilmiştir.

Çalışma alanı olarak Diyarbakır'ın ilk toplu konut yerleşim birimi olan Diyarbakır Suriçi Bölgesine yakın bir konumda olan Şilbe 1.Etap Toplu Konutları arasından seçilmiştir. Bu yerleşim ünitesinde yer alan 100m²'lik beş katlı konut binası örnek bina olarak analiz edilmiştir.

Bu binanın dinamik iklim koşullarında enerji performansının analizi gerçekleştirilmiş, bulunduğu iklimin özelliklerine ve TS 825 (2008) standardına uygun olarak opak ve şeffaf duvar bileşenlerinde iyileştirme alternatifleri seçilmiştir. Bu amaçla önce mevcut yapının ve seçilen yapı bileşenlerinde optik-termofiziksel açıdan iyileştirme teknikleri belirlenmiş, ısı performans analizleri hesaplanmıştır. İkinci aşamada ısı yalıtımı ve cam önerilerinin yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimine etkilerinin karşılıklı değerlendirmesi gerçekleştirilmiş, maliyet analizleri ve son olarak incelenen öneriler arasında performans ve maliyet açısından en uygun çözümler belirlenmiştir.

Hesaplamalarda BEP-TR programı yerine gerçek iklim koşullarını kabul eden, daha esnek ve detaylı bir enerji performans analizi olanağı veren DesignBuilder programı kullanılmıştır.

DesignBuilder; enerji, karbon, aydınlatma, konfor ölçümü ve kontrolü için kullanılan Energy Plus tabanlı bir yazılımdır. Energy Plus dinamik iklim koşullarında saatlik performans analizi yapabilen, binada aydınlatma, soğutma, havalandırma, ısıtma ile diğer enerji akışlarını modellemek amacıyla Amerikan Enerji Bakanlığı (DOE) tarafından geliştirilen, oluşturulmuş olan buna ilaveten bu değişim günümüzde dahi dinamik şekilde devam eden en detaylı ve sistemli bina enerji benzeşim programıdır. Dinamik koşullarda performans analizi yapabilen önemli güvenilir yazılımlar olan BLAST ve DOE-2

programlarının sahip olduğu en nitelikli sistematik ve ileri seviyedeki özellikler bu programa aktararak kullanılmakta, program belirli aralıklarla yenilenmektedir. DesignBuilder programı ise, EnergyPlus algoritmasını kullanarak, bir binanın tüm enerji, karbon, aydınlatma ve konfor performans analizlerini hesaplayan, dinamik rejimde hesap yapan bir benzeşim programıdır (Dirim 2014). DesignBuilder, EnergyPlus için kullanımı kolay ve daha basite indirgenmiş bir ara yüz oluşturmuştur. DesignBuilder programı dünya üzerindeki herhangi bir bölgenin analizini sahip olduğu iklimsel, meteorolojik ve coğrafik verilere uygun bir şekilde gerçekleştirmekte, IWEK (International Weather for Energy Calculations) verilerini kullanmaktadır. IWEK verileri Amerika Birleşik Devletleri İklim Veri Merkezi'nde arşivlenen çoğunlukla 18 yıllık DATSAV3 datalarından elde edilmiştir. Bu veriler ise güneş ve dünyanın geometrik şeklinden saatlik güneş ışıması tahminleri ve bulutluluk oranı gibi saatlik iklim veri bilgileri aracılığıyla ortaya çıkmaktadır [84].

İlk etapta AUTOCAD ortamında 2 boyutlu olarak oluşturulan vaziyet ve kat planları DesignBuilder programına aktarılmıştır. DesignBuilder Enerji Benzeşim Programı aracılığıyla ısıtma ve soğutma yüklerini hesaplamak için öncelikle binaya ait kabuller ve sabitler aracılığıyla konfor koşulları ve kullanıcı özellikleri belirlenmiştir: Bina ısıtma sisteminde doğal gaz, soğutma sisteminde ise elektrik enerjisi kullanılmıştır. İç iklimsel konforu sağlamak amacıyla da kış mevsiminde iç hava sıcaklığı konfor değeri 21°C ve ısıtma indirme sıcaklık ayarı (heating-setback) ise 16°C olarak belirlenmiştir. Yaz mevsimi için ise iç hava sıcaklığı konfor değeri 25°C ve soğutma indirme sıcaklığı ise 25°C olarak kabul edilmiştir. Binada her bir daire için kullanıcı sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Kullanıcı aktivite düzeyi olarak 0.9 MET (metabolik eş değer dakika), kışlık giysi yalıtım değeri 1 Clo ve yazlık giysi yalıtım değeri olarak da 0.5 Clo olarak kabul edilmiştir (ASHRAE 90.2.2018). İnfiltrasyon Oranı: 0,8 ACH (TS 825 2008'deki ortalama değeri) olarak alınmıştır

Daha sonra Diyarbakır iline ait IWEK iklim verileri programa tanıtılmıştır. Oluşturulan model, bir konut yapı türüne ait olduğu için bina özelliği bakımından konut seçeneği seçilmiştir ve model 3 boyutlu hale dönüştürülmüştür. Bir sonraki adımda ise mekânlar, sahip oldukları özelliklere göre zonlara ayrılmış ve mekânlara göre farklı aktiviteler tanımlanmıştır. Son adımda ise bina kabuğu ve saydamlık özellikleri belirlenmiş ve bina aslına en yakın olacak şekilde modellenmeye çalışılmıştır. Analiz işlemini başlatmadan önce analiz sonuçları yıllık-aylık (isteğe göre saat ve dakika da mümkün ancak benzeşim

süresini çok fazla uzattığı için tavsiye edilmemektedir) değerlere göre seçilmiş ve daha sonra analize başlanmıştır. Analiz sonucunda tablolar ve grafiklerden elde edilen veriler aracılığıyla ısıtma-soğutma ve toplam enerji yükleri hesaplanmış ve birbirleriyle karşılaştırılarak enerji verimliliği değerlendirilmesi yapılmıştır.

Aynı hesaplamalar opak ve şeffaf bileşenler için önerilen alternatifler için ayrı ayrı yinelenmiştir. Enerji Performansına yönelik iyileştirme alternatifleri tamamlandıktan sonra her üç iyileştirme önerisi seti için maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir.

4.4. Alan Çalışmasına Ait Veri Analizleri

4.4.1. Diyarbakır ilinin mevcut çevresel durumu

Çalışma kapsamında sıcak-kuru iklim bölgesinde yer alan Diyarbakır ilinde bulunan Şilbe Iletap toplu konut yerleşim birimleri ele alınmıştır. Diyarbakır ili, kuzey yarım küre üzerinde yer alan ve 7 coğrafi bölgeye ayrılmış olan Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde konumlanan bir şehirdir.



Harita 4.1. Diyarbakır ilinin Türkiye üzerindeki coğrafi konumu

Diyarbakır iklimsel tipinin belirlenmesi

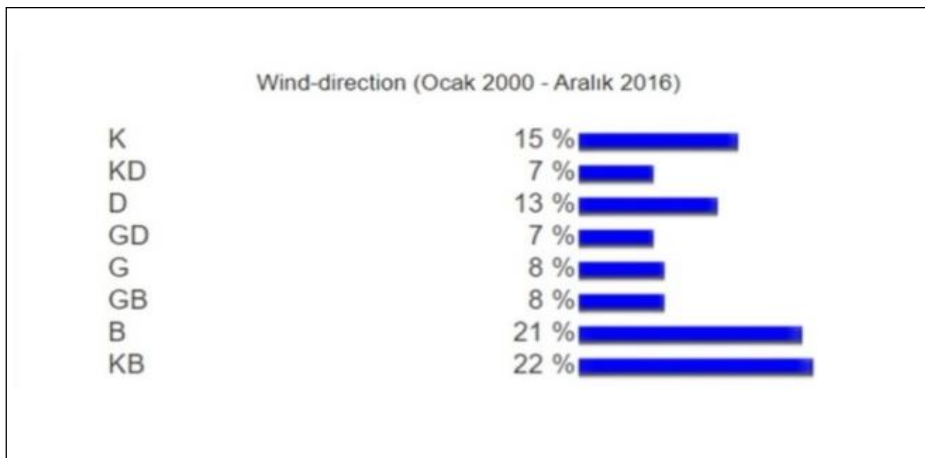
Çalışma alanının içinde bulunduğu Diyarbakır ilini, farklı bilim insanlarının geliştirmiş olduğu iklim sınıflandırmalarına göre kategorize etmek mümkündür. Örneğin Köppen İklim Sınıflandırmasına göre Diyarbakır ili: Kışları ılık, yazları sıcak ve kurak iklim CSA (Akdeniz İklimi) olarak kabul edilirken; Aydeniz iklim sınıflandırmasında kurak; De

Martonne'a göre ise iç kesimler yarı kurak bölge geneli ise step yarı-nemli olarak kabul edilmektedir. TS 825 'de Diyarbakır ili ikinci derece gün bölgesinde yer almaktadır. Ancak gerek kış, gerekse yaz koşullarındaki iklimsel farklılaşmalar bu il için hassas analizlerin yapılmasını gerekli kılmıştır.

Türkiye'de konuya yönelik en önemli çalışma ısıtma ve soğutma gerektiren dönem uzunluğuna göre, En sıcak Dönem (ESD)- En Az Sıcak Dönem (EASD) tanımlamasını geliştiren Lütfi Zeren tarafından yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre de Diyarbakır ili sıcak- kuru kuru iklim bölgesinde yer almaktadır. Tüm iklim sınıflandırmaları dikkate alındığı takdirde Diyarbakır ili için sıcaklık ortalamasının fazla, yağışın ise az olduğu karasal-kurak iklime sahip bir yerleşim yeri olarak tanımlanabilir.

Rüzgâr ve nem

Sıcak-kuru iklim bölgelerinde özellikle rüzgâr, kontrol edilmesi gereken bir iklim elemanıdır. Çünkü bu iklim çeşidinde ortalama sıcaklık farkı oldukça fazladır ve havanın kurutucu etkisinden kaçınmak gerekmektedir. Diyarbakır, topografik özelliğinden ötürü güneyden gelen çöl rüzgârlarına maruz kalır. Kuzeyinde bulunan ve adeta bir rüzgâr koruyucu olarak işlev gören sıradağlar da soğuk rüzgârların içe ulaşmasını engeller. Hâkim rüzgâr yönü kuzeybatıdır [85]. Yaz aylarında ise güneybatıdan esen çöl rüzgârları hava sıcaklığının artışına sebep olurken çok şiddetli esen rüzgârlar çöl tozlarını beraberinde getirmektedir [86].



Şekil 4.1. Diyarbakır iline ait 2000-2016 yıllarına ait hâkim rüzgâr yönü [87]

Havadaki nem artışı, ortam sıcaklığının olduğundan daha az ya da daha fazla hissedilmesine yol açmaktadır [88]. Bu yüzden nemli bölgelerde iklimsel konforu sağlamak amacıyla fazla nemin dışarı atılması gerekmektedir. Buna ilaveten sıcak-kuru iklimin hâkim olduğu bölgelerde ortamın nem oranının düşük olması hissedilen sıcaklık değerini artıracığı için bu bölgelerde tasarım yapılırken nem oranını artıran tasarımlar gerçekleştirilmelidir.

Dış hava sıcaklığı

Diyarbakır ve çevresi, kış mevsiminde Orta Akdeniz'den gelen cephe yağışlarının etkisine maruz kaldığı için, daha fazla yağış almaktadır. Toros Dağlarının topografik yerleşimi sayesinde soğuk hava ve rüzgâr etkisi içeri girmemekte, kentte aşırı soğuk ve don olayları görülmemektedir. Yaz mevsiminde ise genellikle Basra alçak basınç merkezine konumlandırılmış sıcak ile kuru tropikal hava kütlesi etkisi baskın özellik taşımaktadır.

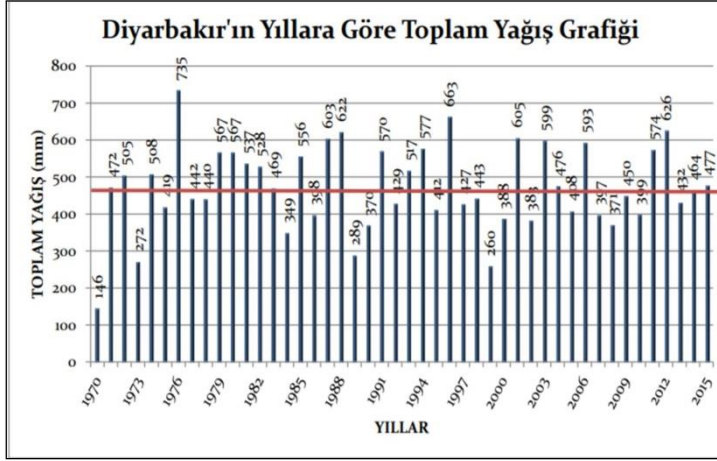
Meteorolojik verilerden elde edilen bulgular sonucunda 1929-2018 yılları arasında 31,1 °C sıcaklık ortalaması ile Temmuz yılın en sıcak ayıdır. Ocak ayı ise 1,7 °C sıcaklık ortalaması ile en soğuk ay olmuştur. En fazla yağış kış ve ilkbahar mevsimlerinde gözlenirken yıl içerisindeki en kurak ağustos ayı olarak kayda geçmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. 1929-2016 yılları arasında Diyarbakır ilinin iklimsel verileri [89]

DIYARBAKIR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1929 - 2018)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	1,7	3,6	8,4	13,8	19,2	26,2	31,1	30,4	24,9	17,3	9,5	3,9	15,8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6,6	9,0	14,4	20,3	26,6	33,5	38,3	38,2	33,2	25,3	16,2	9,1	22,6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2,3	-1,1	2,3	6,9	11,2	16,5	21,6	21,0	15,9	9,9	4,0	-0,3	8,8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3,8	4,8	5,6	7,1	9,6	12,2	12,4	11,7	10,0	7,5	5,6	3,9	94,2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12,4	11,5	11,9	11,4	8,8	2,7	0,4	0,2	1,0	5,7	8,2	11,5	85,7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	70,3	68,0	65,1	68,3	44,1	8,1	0,7	0,4	3,9	32,2	54,2	71,4	486,7
Ölçüm Periyodu (1929 - 2018)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16,9	21,8	28,3	35,3	39,8	42,0	46,2	45,9	42,0	35,7	28,4	22,5	46,2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24,2	-21,0	-14,0	-6,1	0,8	3,5	9,9	11,4	4,0	-1,8	-12,9	-23,4	-24,2

Türkiye meteorolojik veri arşivinden derlenen 1970-2015 yılları arasına ait yağış grafiği incelendiğinde ise en fazla yağışın 735 mm ile 1976 yılında gerçekleştiği görülmektedir. Yağışların aylara göre dağılımına bakıldığında ise genelde kış ve ilkbahar mevsiminde gerçekleştiği görülmektedir. Yağış miktarının dağılımı açısından en kurak ay, 0,4 mm

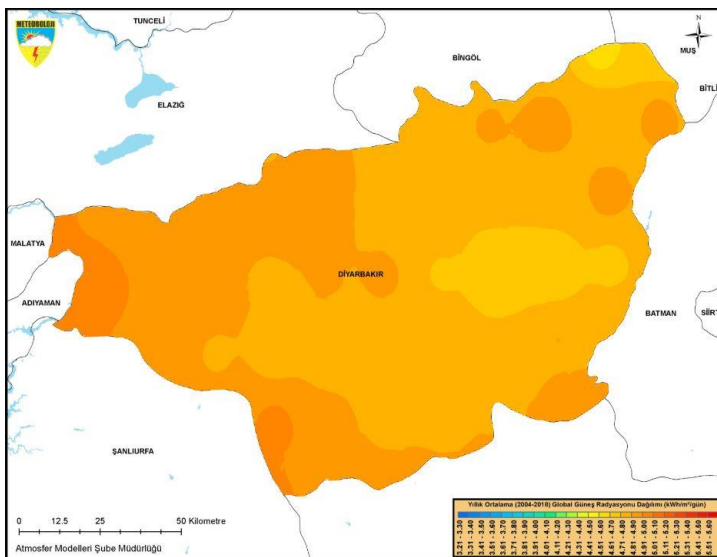
yağışla ağustos ayıdır. En yağışlı ayın ise 70,7 mm ile ocak ayı olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1.).

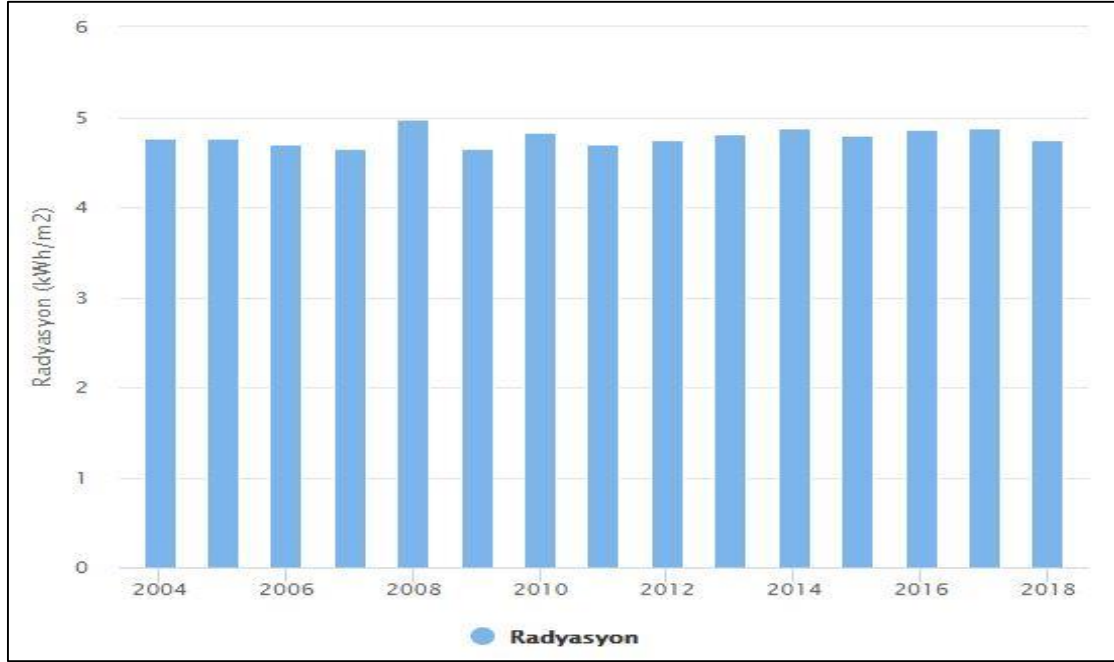


Şekil 4.2. Diyarbakır ili için 1970-2015 yılları arası yıllık ortalama yağış miktarları [89]

Güneşlenme süresi

Diyarbakır ili hem güneşlenme süresi hem de güneşli gün bakımından Türkiye ortalamasının üzerinde bir şehirdir. 2004-2016 yılları arasında en fazla güneş ışımasını 2008 yılında aldığı belirlenmiştir. Diyarbakır iline ait güneş enerjisi potansiyel grafiğine göre bölgenin batı kısmının doğu kısmına oranla daha fazla güneş ışımasına maruz kaldığı sonucuna varılmıştır. Doğuda bulunan yüksek dağların güneş etkisini kırdığı ve güneş etkisini azalttığı düşünülmektedir.





Şekil 4.3. Diyarbakır iline ait 2004-2016 yıllarına ait yıllık ortalama güneş ışıını grafiğı [89]

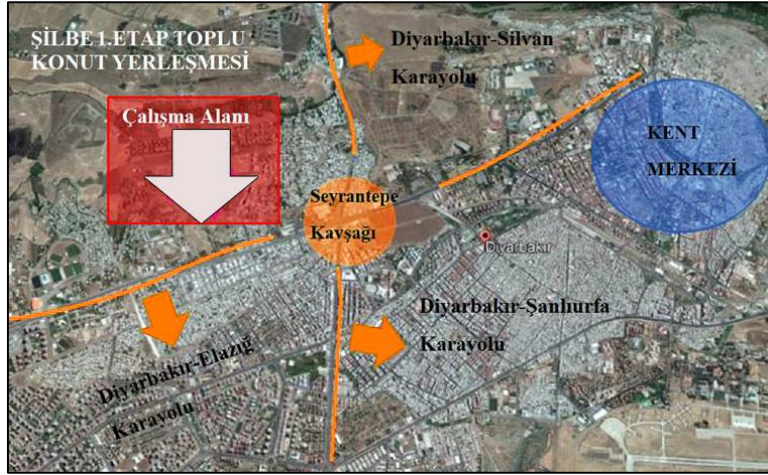
Diyarbakır iline ait ısıtma ve soğutma derece gün değeri

Gün derece, 24 saatlik zaman dilimi içerisinde bulunan ortamın yüzdesel olarak kaçta kaçının soğuk ya da kaçta kaçının sıcak geçtiğini belirlemek amacıyla kullanılan bir birim çeşididir. Isıtma ve soğutma gün dereceleri olarak ikiye ayrılmaktadır ve bunların toplam değeri önceden bilinmesi yıllık enerji giderlerinin hesaplanmasına yardımcı olur.

Isıtma Derece Gün Değeri (Heating Degree Days, HDD): 24 saatlik zaman dilimi içerisinde soğuk geçen zaman periyodunu kaydeder. Bu değeri hesaplanırken ise sıcaklık eğığı 15 °C olarak kabul edilmektedir. Günlük ortalama sıcaklık 15 °C üzerinde ise ısıtmaya gerek duyulmamakta ve HDD hesaplanmamaktadır

Soğutma Derece Gün Değeri (Cooling Degree Days) ise herhangi bir vakitte (ay, yıl, gün) sıcaklık değeri dış ortam sıcaklığını dikkate alarak ölçmeye yaramaktadır. Uluslararası çevrede ortak kabul gören bir sınır sıcaklık değeri bulunmamasına rağmen inşaat değeri bu sıcaklığın sınır değeri 22 °C olarak kabul edilmektedir. Başka bir ifadeyle 22 °C'den yüksek olmayan sıcaklıklarda soğutma sistemlerine ihtiyaç duyulmaz.

4.4.2. Çalışma alanı ve mevcut konut projesinin tanımlanması



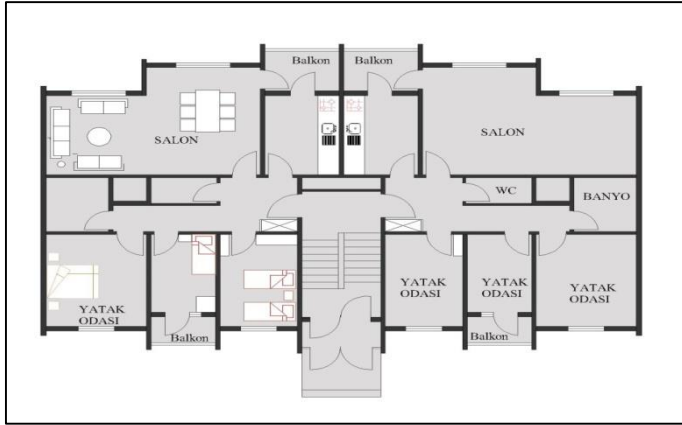
Harita 4.3. Şilbe toplu konutlarının konumlandırıldığı yer ve kent merkezi bağlantısı

Diyarbakır Şilbe Toplu Konut yerleşmesi kentin kuzeybatısında bulunan ve kent merkezine 4-5 km uzaklıktaki Şilbe bölgesinde yer almaktadır. TOKİ idaresi tarafından inşaa edilmiş olan Şilbe Toplu Konut yerleşmesi 3 etaptan oluşmaktadır. Bu yerleşmeler arasında ilki: 1994 -1997 yıllarında yapımı tamamlanmış olan Şilbe 1.Etap Toplu konut yerleşmesidir. 1.Etap Toplu Konut yerleşmesi toplamda 2050 konut yer almaktadır. 2. Etap toplu konut yerleşmesi 2004 yılında tamamlanmış olup, bu etapta 576 konut bulunmaktadır. 3.etap konutların inşası ise 2007 yılında tamamlanmıştır. Son etapta ise 960 konut bulunmaktadır. Toplamda Şilbe Toplu konut yerleşmesi 3586 konuttan oluşmaktadır. 1. Etaptaki konut bloklarında 100m² lik plan tipi olanlar sayıca daha fazladır. 2050 konutun 1270 adedi 100m² dir.

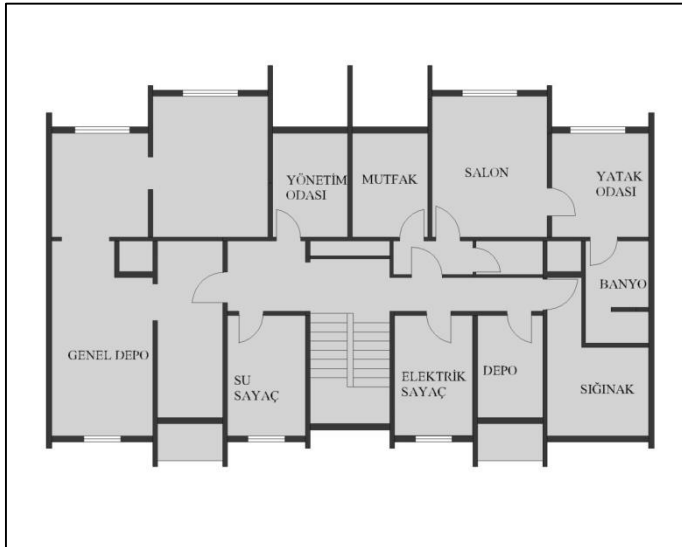
Çalışma kapsamında 205 blok ve 2050 konuttan oluşan Şilbe 1.Etap Toplu konut yerleşmesinde kuzey güney aksında yer alan, beş katlı, 100m² lik plan tipine sahip bir konut binası için enerji-maliyet performans analizleri yapılmıştır. Zemin+4 kattan oluşan bu blokların her katında 2 daire bulunmaktadır. İlgili binanın mimari projesine ait bilgiler aşağıda yer almaktadır.



Harita 4.4. Diyarbakır Şilbe toplu konut yerleşmesinde yer alan 1, 2 ve 3. etapları

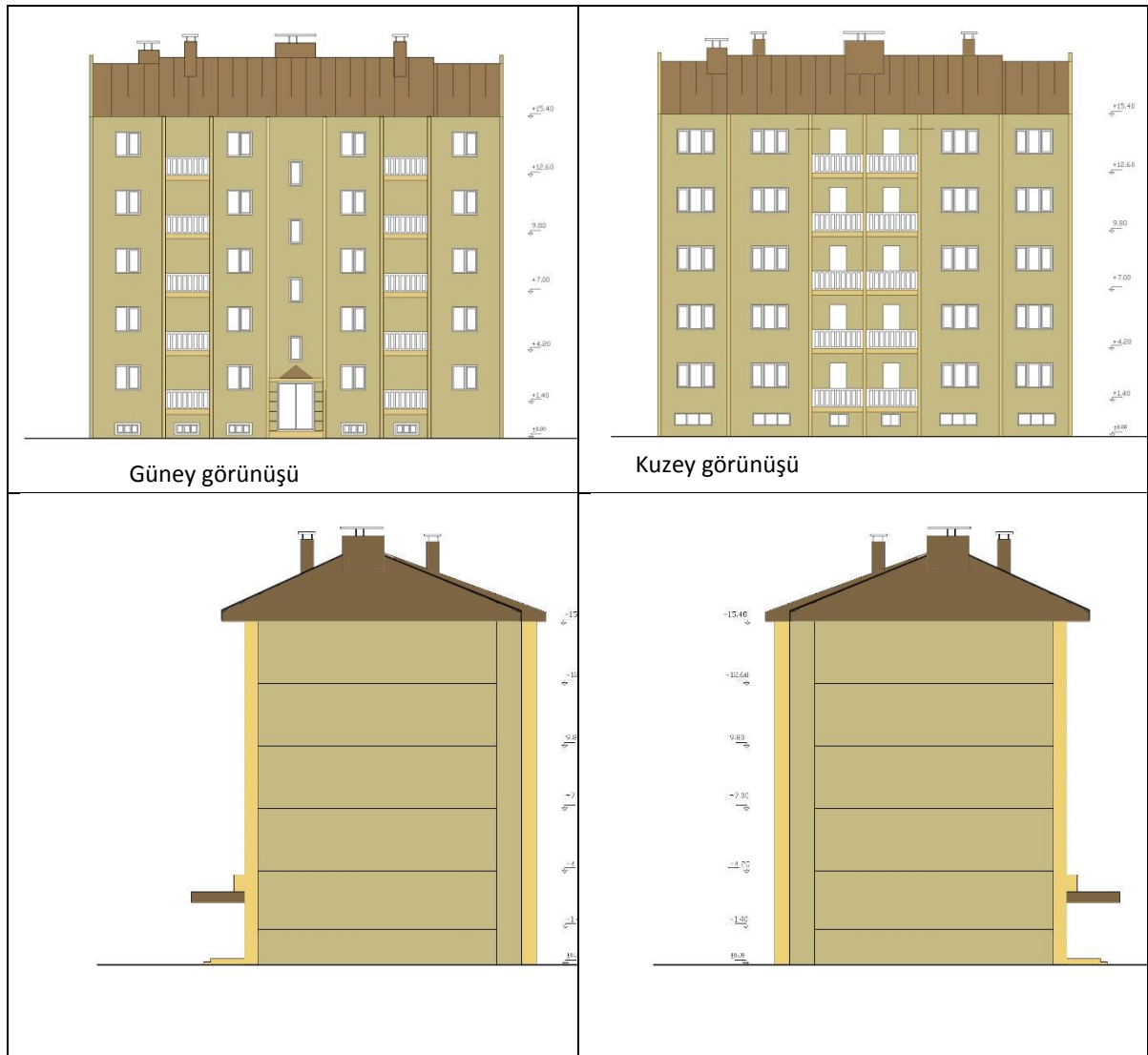


Şekil 4.4. 100 m²'lik konut zemin kat planı



Şekil 4.5. 100 m²'lik konut bodrum kat planı

Bu konut tipinde planlamada her dairede 3 adet yatak odası, mutfak, salon, WC ve 2 adet balkon bulunmaktadır. Ayrıca her blokun bodrum katında bina sakinlerinin ortak kullanımını amaçlayan depo ve kapıcı dairesi bulunmaktadır. Ayrıca her adada bir kazan dairesini içinde bulunduran ısı merkezi bulunmaktadır. Ancak günümüzde doğal gazlı ısıtma sistemine geçilmesi ve binalarda kombi kullanılması nedeniyle, bu mekânlar depo olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.6. Mevcut binaya ait görünüşler

Mevcut toplu konut yerleşmesinde yer alan bloklar taşıyıcı sistem olarak betonarme tünel kalıp ile üretilmiştir. Bina dış duvarlarında ısı yalıtımı bulunmamaktadır.



Resim 4.1. Şilbe 1. etap toplu konut örnek bina cepheleri

Yapının saydamlık oranı incelendiğinde ise doğu-batı cephesinde opak yüzeyler, kuzey güney cephe yüzeylerinde pencereler bulunmaktadır. Cephede açıklıklar yönlere göre homojen özellikte dağılmamıştır. Binada açıklıklar kuzey ve güney yönünde olup, doğu ve batı yönleri sıcaklığın etkisinden korunmak amacıyla sağır tutulmuştur. Binada kullanılan pencere boyutları 120x120 ve 180x120 olarak tespit edilmiştir. Buna ilaveten cam yüzeylere sahip balkon kapı boyutları ise 80x210 ve 120x120 cm ölçeğinde tasarlanmıştır (Çizelge 4.3.).

Çizelge 4.3. Mevcut konut binasının saydamlık oranları

Konut Tipi	Kuzey cephesi %'si	Güney cephesi %'si	Doğu cephesi	Batı cephesi
100 m ²	21,63	19,47	-	-

Mevcut bina kabuğu ve termofiziksel özellikler Çizelge 4.4’de gösterilmiştir:

Çizelge 4.4. Toplu konut yerleşmesinde yer alan mevcut konut binasının yapı kabuğuna ait termofiziksel özellikleri

Isı kaybedilen yüzey	Bina yapı elemanları	Yapı elemanı kalınlığı d(m)	Isıl iletkenlik katsayısı U (W/m ² K) Toplam
Dış Duvar	Betonarme perde Duvar	0.15	1,648
	Alçı Pano	0.0125	
Zemine oturan Döşeme	R _i		0,545
	Karo mozaik	0.03	
	Tesviye Betonu	0,04	
	Grobeton	0,10	
	Cüruf Dolgu	0,20	
	Betonarme temel	0,60	
	Su yalıtımı	0,003	
	Grobeton	0,10	
	R _e		
Çatı arasını Ayıran Döşeme	Bitümlü karton	0,002	0,466
	Cam yünü ısı yalıtım	0.02	
	Bitümlü karton	0,002	
	Betonarme döşeme	0,15	
Pencere Türü	Tek Camlı Ahşap Çerçevesi	0,006-0,08	5,718

4.4.3. Mevcut binada yapı bina kabuğu için iyileştirme alternatifleri

Çizelge 4.7’de Bina kabuğunda kullanılan malzemelere ait ısı geçirgenlik katsayıları verilmiştir. DesignBuilder Enerji Benzeşim Programı aracılığıyla bina modellemesi yapıldıktan sonra programa aktarılmış ve modellenmiştir.

Bu bağlamda gerek kabuk kesiti gerekse TS 825 'in belirttiği değerler incelendiğinde Diyarbakır ilinde yer alan konut binasının dış duvarları ve pencere bileşenlerinin ısı performanslarının yeterli olmadığı görülmektedir.

Mevcut bina için dış duvarda önerilen iyileştirme alternatifleri aşağıdaki gibidir:

Yapı kabuğuna yönelik enerji etkin yenileme uygulamalarından biri opak bileşenlerin ısı direncinin artırılmasıdır. Yapı kabuğunun ısı direncinin artırılması opak bileşenlere ısı yalıtım malzemelerinin eklenmesiyle sağlanabilir. Isı yalıtım malzemeleri; bina kabuğundaki ısı kayıp ve kazançlarının azaltılması amacıyla kullanılan yüksek ısı dirence sahip özel malzemelerdir. Avrupa standartlarında ısı iletkenlik katsayıları 0,06-0,10 W/mK'nin altında olan malzemeler, ısı yalıtım malzemeleri olarak tanımlanmaktadır. Enerji tüketiminin azaltılması, çevrenin korunması, Isıl konforun sağlanması, sağlıklı yaşam, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılması gibi nedenlerle yapılan yalıtım uygulamaları uygulanacağı bölgeye, yapı tipine ve malzeme çeşidine göre farklılık göstermektedir. Bu çeşitlilikten dolayı, yalıtım malzemelerinin çevresel etkilerinin azaltılması amacıyla malzeme seçimine dikkat edilmelidir. Uzun ömürlü, yeterli dayanıklılığa sahip, çevreyi kirletme ve kaynak tüketimi açısından minimum zarar riski taşıyan, ısıl performans açısından gerekli değeri sağlayan malzemelerin seçilmesi önemlidir. Dünyada ve Türkiye'de en çok pazar payına sahip petrokimyasal ve inorganik mineral kaynaklı yalıtım malzemelerine (XPS, EPS, cam yünü, vb.) alternatif olarak ısı direnci yüksek, hafif ve sağlam akıllı malzemelerin (VIP, vb.) yanı sıra çevreye daha az zarar veren bitkisel ve hayvansal kaynaklı yalıtım malzemeleri (saman balyaları, mantar, koyunyünü, vb) üretilmeye başlanmıştır. Ayrıca geri dönüştürülmüş maddelerden elde edilen yalıtım malzemeleri (selüloz, tekstil atıklarından elde edilmiş yalıtım malzemeleri, vb) enerjinin korunumu ve atıkların değerlendirilmesi yönünden önemlidir. Enerji etkin yenileme uygulamalarında bina kabuğunun ısıl performansını artıracak şekilde eklenecek yalıtım malzemesi türü ve kalınlığı önemlidir.

Çalışma kapsamında önceden belirtildiği üzere yalıtımsız dış duvar yerine önerilen farklı ısı yalıtımı alternatiflerinin yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi miktarları analiz edilecektir.

Tez çalışmasında şeffaf bileşenlerin yenilenmesi kapsamında mevcut tek camlı ahşap doğramalı pencere tipi, sıcak kuru bölge için uygun camlarla değiştirilecektir. Hesaplamalarda pencere doğraması değiştirilmemiş, ahşap çerçeve olarak korunmuştur TS 825’de Diyarbakır ili için istenen pencere U_P değeri $2,20 \text{ W/m}^2$ dir. Bu değer sızdırmazlığı yüksek PVC veya ahşap doğramalı pencereler için kaplamasız çift veya üç cam ile veya iklim kontrolüne yönelik kaplama içeren çift cam ile sağlanabilmektedir. Ancak standartta pencerelerden olan ısı kayıplarının en aza indirilmesi açısından ısı-güneş kontrolüne yönelik kaplamalı camlar kullanılarak U_P değerinin düşürülecek şekilde tasarlanması önerilmektedir. Günümüzde TS 825’de yer alan bu değerlerin Avrupa Birliği (AB) ülkeleri standartları seviyesine uyarlanması kapsamında daha da düşürülmesi söz konusudur.

Çalışmada U değerinin orta düzeyde tercih edilebilir olması koşulu dikkate alınmış, konut binaları için iklimle uyumlu, saydam bileşen önerileri olarak kaplamasız çift cam, Low-E kaplamalı, Solar Low-E kaplamalı (yani seçici geçirgen cam), güneş kontrolüne yönelik kontrol oranı yüksek ama gün ışığı performansı için görülebilir alan ışık geçirgenliği geçirgenlik (V_t) değeri yüksek olan mavi ve yeşil camlar çift cam alternatifleri ve üçlü cam olmak üzere 6 cam tipi önerisi getirilmiştir. Bu bölgenin iklim koşullarının çok soğuk olmaması nedeniyle cam tabakaları arası argon-kripton gazı kullanılmamıştır. Ayrıca konut binasında U değeri orta düzeyde güneş kontrol özelliği ve görülebilir alan ışık geçirgenliği V_t değeri yüksek cam alternatifleri tercih edilmiştir. Bu cam tiplerinin Türkiye piyasasında bulunabilir olması, maliyet açısından etkin alternatifler olabilmesi bu seçimlerde rol oynamıştır.

DesignBuilder programındaki seçilen pencere türlerinin optik ve termofiziksel özellikleri EK-2’de verilmiştir.

5. ALAN ÇALIŞMASI

4.Bölüm’de alan çalışmasının amacı, kapsamı, kabulleri-sınırlılıkları ile birlikte, alan çalışmasına yönelik çevresel doneler, mevcut binaya ve yazılıma yönelik veriler tanımlanmıştır.

Alan çalışmasında tanımlanmış olan konut binası için önce DesignBuilder yazılımı kullanılarak mevcut durum için ısıtma-soğutma ve yıllık enerji tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Analiz sonucunda tablolar ve grafiklerden elde edilen veriler aracılığıyla ısıtma-soğutma ve toplam enerji yükleri hesaplanmış ve birbirleriyle karşılaştırılarak enerji verimliliği değerlendirilmesi yapılmıştır.

Aynı hesaplamalar opak ve şeffaf bileşenler için 4. Bölümde önerilen iyileştirme alternatifleri için ayrı ayrı yinelenmiştir. Opak bileşenlerde iyileştirme alternatifleri olarak Türkiye inşaat sektöründe sıklıkla kullanılan XPS- ekstrude polystren sert köpük, EPS-genleştirilmiş polystren sert köpük ve taş yünü ısı yalıtım malzemeleri, farklı kalınlıklarda kullanılarak binanın ısıtma, soğutma ve yıllık enerji tüketim değerleri hesaplanmıştır.

Şeffaf bileşenlerde iyileştirme alternatifleri olarak ahşap çerçeve korunmuş, bu iklim bölgesi için uygun cam alternatifleri özelinde binanın ısıtma, soğutma ve yıllık enerji tüketim değerleri hesaplanmıştır.

Üçüncü aşama olarak opak ve şeffaf bileşenin ısıl performans etkisini birlikte analiz etmek amacıyla ısı yalıtımı ve cam tipi alternatiflerinden oluşan kombinasyonlarla binanın ısıtma, soğutma ve yıllık enerji tüketim değerleri hesaplanmıştır.

Enerji Performansına yönelik iyileştirme alternatifleri tamamlandıktan sonra her üç iyileştirme önerisi seti için maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir.

Maliyet analizlerinde önce mevcut binanın binanın metrajı çıkarılmış, malzeme fiyatları T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019 yılı birim fiyat tablosundan alınmış, hesaplamalarda bakanlığın pursantaj değerleri dikkate alınmış, yapılacak iyileştirme önerisine ait maliyet verileri tablolaştırılmıştır. Sonrasında ısıtma ve soğutma enerjisinin

yıllık maliyet değerleri enerji tüketim değerleri ve doğalgaz ve elektrik enerjisi fiyatları dikkate alınarak hesaplanmıştır. Sonra sırası ile farklı ısı yalıtımı uygulamaları için, cam tipleri için ve yalıtım-cam kombinasyonlarının birlikte kullanıldığı alternatifler için maliyet analiz tabloları oluşturulmuştur. Bu tablolar EK-4 te yer almaktadır.

Önerilen 3 ayrı iyileştirme alternatifi seti için gelecek değer yöntemi kullanılarak ayrı ayrı maliyetler ve amortisman süreleri hesaplanmış, tablo ve grafikler halinde sonuç değerler verilmiştir. En sonunda ise tüm değerler karşılaştırma tablosu ve grafikler ile yorumlanmış, bu bölgede yer alan mevcut bir konut binası için optimum çözüm önerilerinin neler olabileceği tartışılmıştır.

Böylece incelenen bu iyileştirme tekniklerinin maliyet analizleri yapılmış sıcak kuru bölgedeki bir konut yapısında, maliyet ve performans açısından en uygun çözüm önerileri saptanmıştır.

5.1. Bina Dış Duvarındaki İyileştirme Tekniklerinde İzlenen Maliyet Analiz Yöntemi

Tez kapsamında gerçekleştirilen alan çalışmasında ısı yalıtımı ve cam tipi alternatiflerinin ayrı ayrı ve kombine olarak kullanımında maliyet analizi hesaplamalarında gelecek değer yöntemi kullanılmıştır.. Bu yöntemle, bugün hesaplanan bir maliyetin gelecekteki değeri bulunur. Bu hesaplamada kullanılan faiz oranı TCMB (Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası)'nin 2029 yılına kadar olan enflasyon hedeflemelerinin ortalamasıdır.

Hesaplama yapılan formül şu şekildedir [90]:

$$GD = BD \cdot (1+i)^t$$

BD= Bugünkü Değer

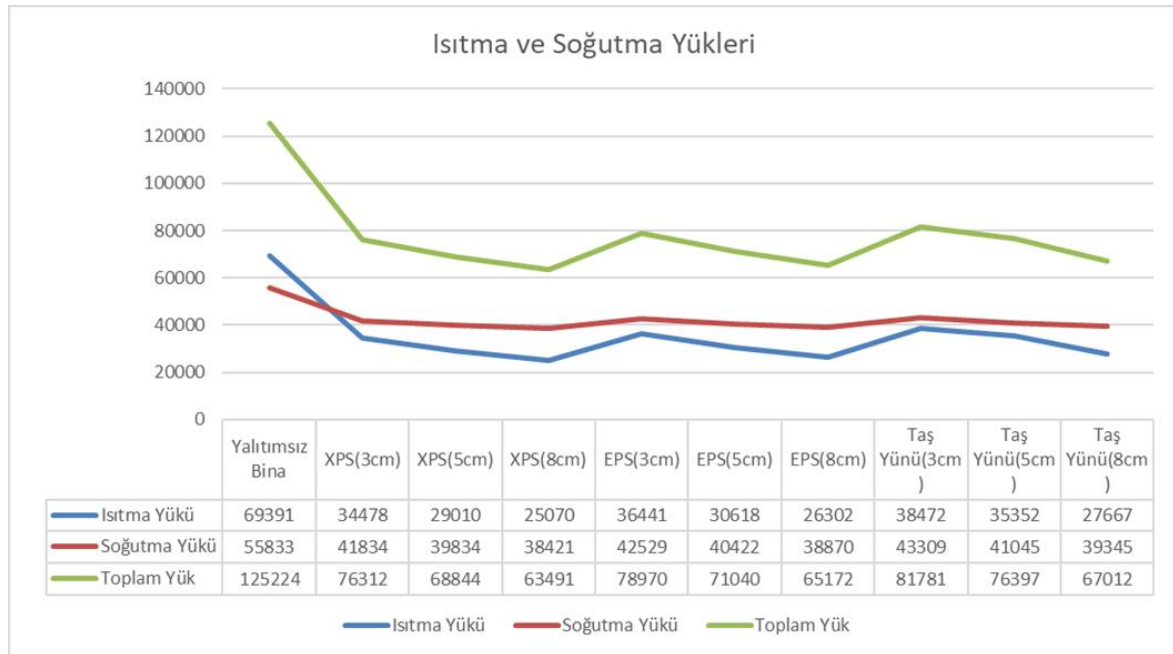
GD= Gelecek Değer

İ= İndirgeme Oranı

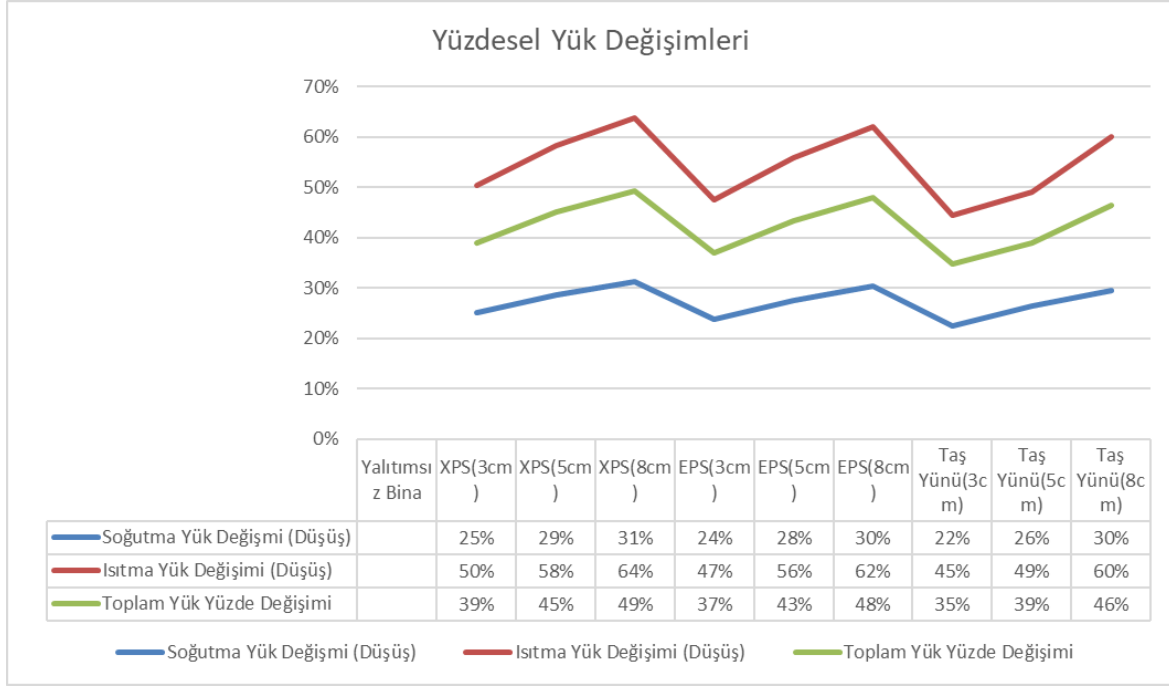
T= Dönem Sayısı

Faydalı ömür kullanılan malzemenin ekonomik yarar sağlama süresini ifade etmektedir. Gelir İdaresi Başkanlığı her ürün için bir ekonomik ömür belirlemiştir. VUK 262 maddesinde "Maliyet bedeli, iktisadi bir kıymetin iktisap edilmesi veya değerinin arttırılması münasebetiyle yapılan ödemelerle bunlara müteferri bilumum giderlerin toplamını ifade eder." denmektedir. Kullanılan malzeme binanın değerini yükselteceği ve ek değer katacağı için binanın maliyetine aktarılmış ve amortisman oranı binanın faydalı ömrüyle aynı esas alınmıştır. Betonarme binalar için ekonomik tükenme ömrü 50 yıldır.

5.2. Diyarbakır İli Konut Binası Duvar Isı Yalıtımı Alternatiflerinin Enerji Performanslarının Değerlendirilmesi ve Maliyet Analizleri

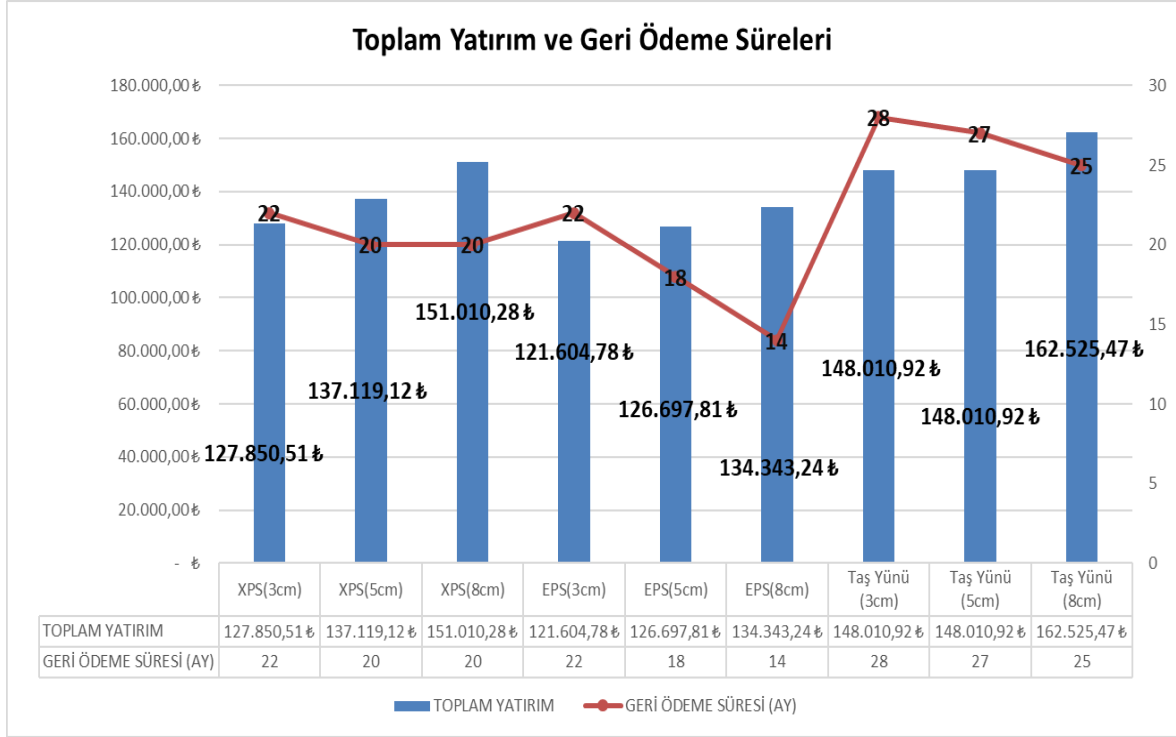


Şekil 5.1. Diyarbakır ili konut binası duvar ısı yalıtımı alternatiflerinin toplam enerji tüketimi miktarı grafiği



Şekil 5.2. Diyarbakır ili konut binası duvar ısı yalıtımı alternatiflerinin ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi yüzdesel değişimi miktarı grafiği

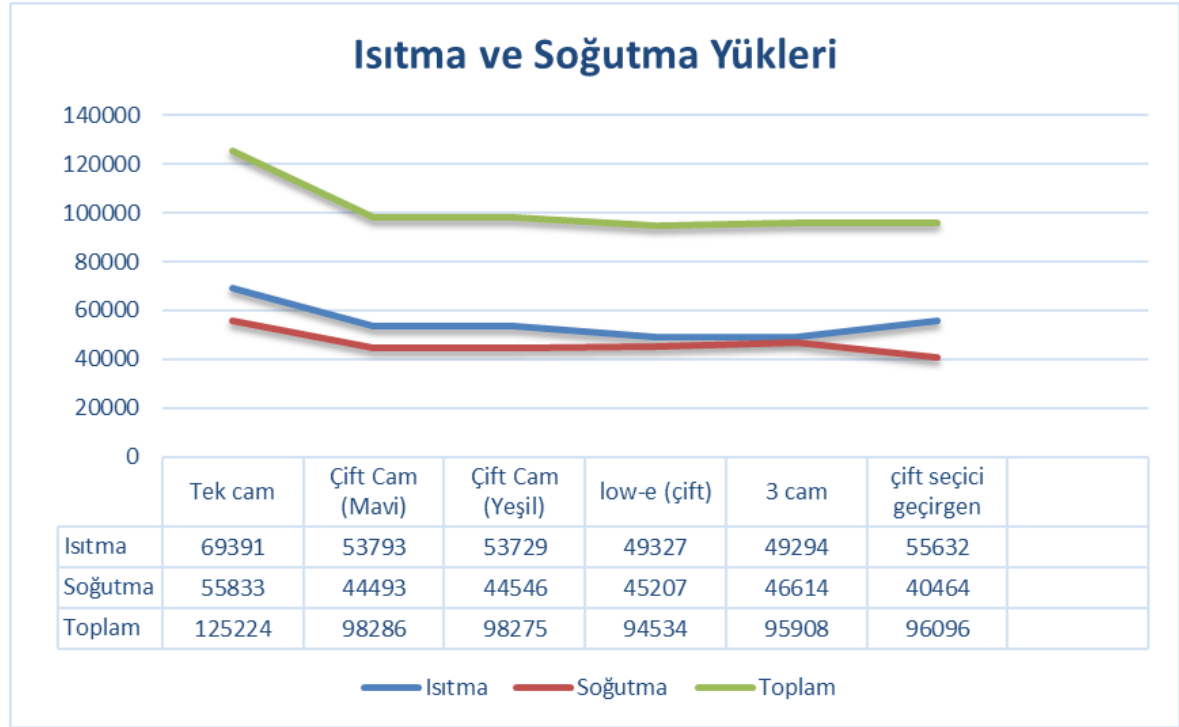
Diyarbakır ili için ısı yalıtımı uygulamalarında özellikle ısıtma yüklerinde etkin olduğu görülmektedir. Yalıtım kalınlığı arttıkça performans artışı daha belirgin düzeydedir. İncelenen ısı yalıtım malzemelerinin ısıl iletkenlik değerlerinin birbirine yakın olması nedeniyle elde edilen sonuçlar birbirine yakındır. Maliyet ve geri ödeme süreleri açısından değerlendirildiğinde yalıtım kalınlığının artışı, performansı önemli oranda artırmaktadır. Isı yalıtımı kalınlığının 8cm. olması halinde bu artış belirgin düzeydedir. Isı yalıtımı malzemeleri performans ve maliyet optimizasyonu açısından 8cm EPS uygulaması en iyi uygulamadır. XPS yalıtım alternatifleri arasında 5cm. kalınlıktaki örnek analiz maliyet ve enerji performansı açısından diğerlerine göre daha avantajlıdır. Ancak bu malzemenin kullanımının yangına karşı duman oluşturma riski ve kapalı gözenekli olması nedeniyle cephede dış kesime yerleştirilmesi halinde kabuğun nefes almasını engelleme gibi sorunlar oluşturabileceği olasılıkları dikkate alınmalıdır. Taş yünü gerek yangın dayanımının yüksekliği, gerekse açık gözenekli bir malzeme olması, yapı kabuğuna solunum yapabilme olanağı sunması gibi önemli avantajları bulunmasına karşın maliyet ve enerji performansı açısından diğer alternatiflerin gerisinde kalmaktadır. Isı yalıtımı uygulamalarının yatırımın bugünkü değeri üzerinden ilgili yatırım bedeli ve amortisman süreleri Şekil 5.3.'deki grafikte yer almaktadır.



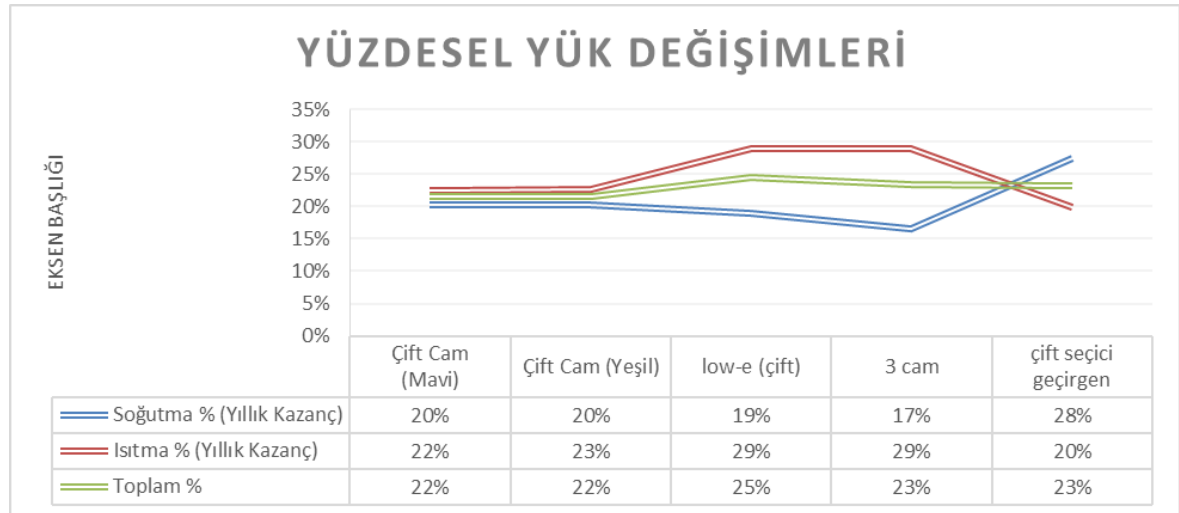
Şekil 5.3. Diyarbakır ili konut binası duvar ısı yalıtımı alternatiflerinin toplam yatırım ve geri ödeme süresi

Yalıtım malzemesinin seçiminde enerji tasarrufu açısından gösterdiği performans ve ilk yatırım maliyetinin optimizasyonu önemli olmakla birlikte malzeme seçimine etki eden başka faktörler de dikkate alınmalıdır. Bunlar arasında malzemenin dayanıklılığı, dış etkilerden minimum oranda etkilenmesi, malzemenin kabuğun nefes almasına engel olmaması, yangın dayanımı gibi öncelikli faktörlerin yanı sıra günümüzde bu malzemenin insan ve çevre sağlığı üzerindeki etkileri, hammadde tüketim miktarları, oluşum enerjisi, geri dönüştürülebilirlik özelliği gibi başka etmenlerin de malzeme seçimini belirlemesi beklenmelidir.

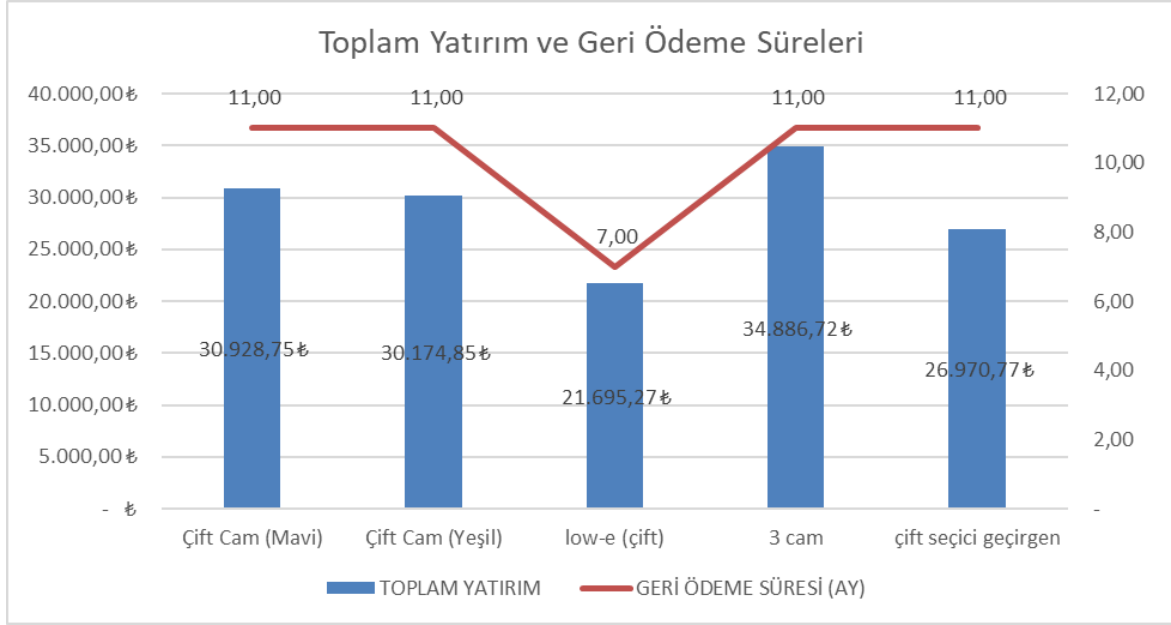
5.3. Diyarbakır ili Konut Binası Cam Alternatiflerinin Enerji Performanslarının Değerlendirilmesi ve Maliyet Analizleri



Şekil 5.4. Diyarbakır ili konut binası cam alternatiflerinin ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi miktarı grafiği



Şekil 5.5. Diyarbakır ili konut binası cam alternatiflerinin ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi yüzdesel değişimi miktarı grafiği



Şekil 5.6. Diyarbakır ili konut binası cam alternatiflerinin toplam yatırım ve geri ödeme süresi grafiği

İncelenen konut binasında farklı cam tiplerinin kullanıldığı iyileştirme alternatiflerinde bölgenin iklim özellikleri ile uyumlu olan önerilerin kullanılması sonuç değerlerin birbirlerine yakın çıkmasını sağlamıştır. Seçim yaparken önceliklerin iyi belirlenmesi gerekmektedir. Soğutma performansı açısından yeşil çift cam, çift-seçici geçirgen cam, sadece ısıtma performansı açısından Low-E ve 3lü camlar, yıllık performans açısından ise Low-E ve seçici geçirgen camlar daha iyi sonuç vermektedir.

Maliyet ve geri ödeme süresi dikkate alındığında Low-E ve çift seçici geçirgen cam önerileri daha avantajlıdır. Tüm bu parametreler bir arada değerlendirilse Low-E ve seçici geçirgen camlar önerilebilir.

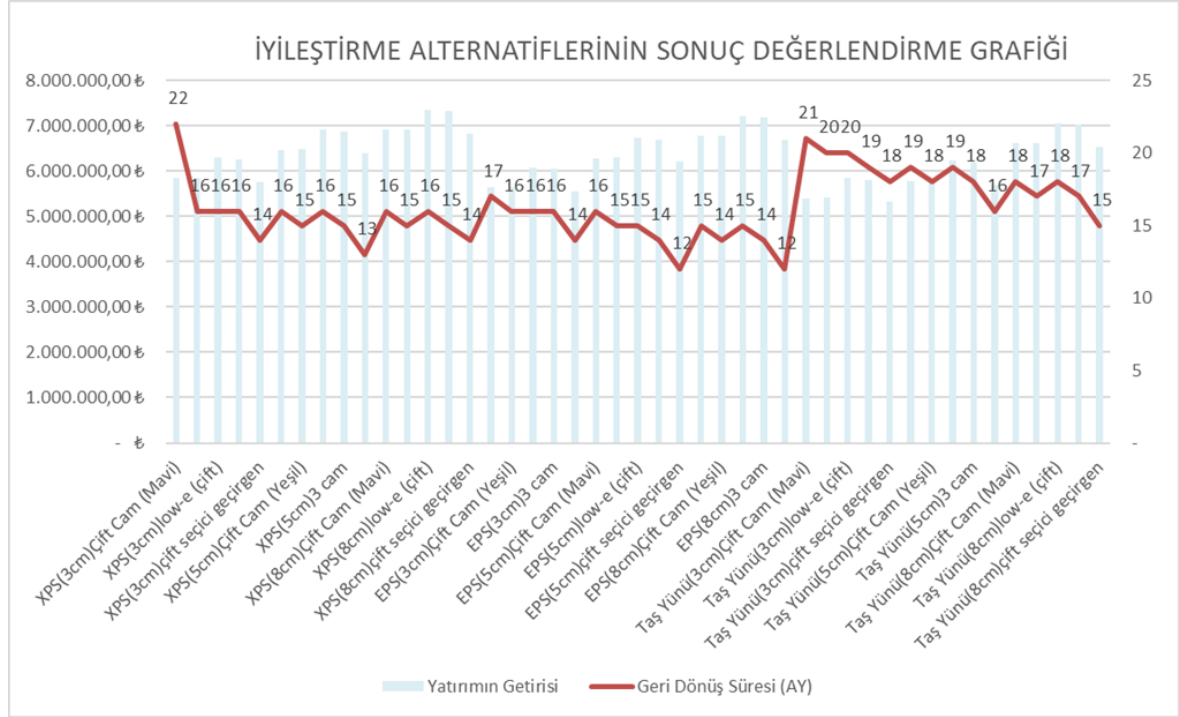
5.4. Isı Yalıtımı ve Cam Alternatifleri için Bileşik Analizler ve Alternatif Seçimler

Alan çalışmasının 3. Aşamasında ısı yalıtımı ve cam alternatiflerinin bir arada kullanılması ile birleşik iyileştirme analizleri hesaplanmıştır. Bu analizler sonucunda uygulamaların ısıtma, soğutma ve toplam enerji yükleri, ilk yatırım maliyetleri ve geri ödeme süreleri Çizelge 5.1.'de yer almaktadır.

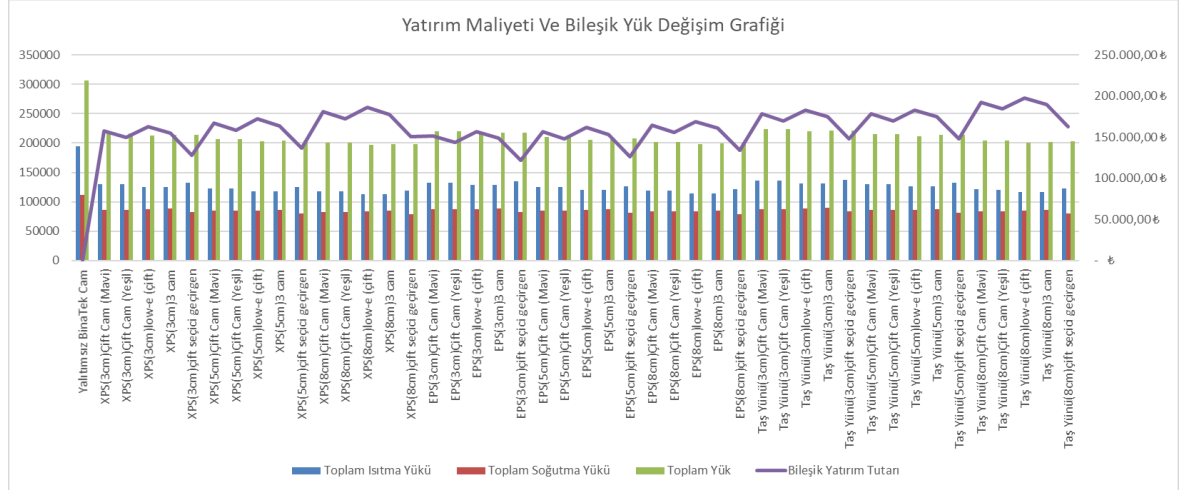
Çizelge 5.1.'de bütün kombinasyon birlikte değerlendirilerek analiz yapılmıştır. Her duvar ısı yalıtım malzemesi alternatifleri, önerilen cam tipleriyle eşleştirilmiştir. Yatırımın getirisi sütununda, en iyi getiriye getiren 10 alternatif kırmızı renkle işaretlenmiştir. Geri dönüş süresi sütununda ise en kısa sürede yatırımı geri ödeyen 10 alternatif kırmızı renkle işaretlenmiştir.

Çizelge 5.1. . Diyarbakır ili konut binası ısı yalıtımı - cam alternatiflerinin performans - yatırım bedeli-geri ödeme süresi değerlendirme çizelgesi

Duvar Malzemesi	Cam Tipi	Toplam Isıtma Yüğü	Toplam Soğutma Yüğü	Bileşik Isıtma Maliyeti	Bileşik Soğutma Maliyeti	Toplam Maliyet	1 Yıllık Tasarruf Miktarı	Bileşik Yatırım Tutarı	28 Yıllık Tasarruf Miktarı	Yatırımın Getirisi	Getiri Oranı	Geri Dönüş Süresi (AY)
Yalıtımsız Bina	Tek Cam	194615	111666	326.953,20 ₺	47.040,64 ₺	373.993,84 ₺						
XPS(3cm)	Çift Cam (Mavi)	130105	86327	218.576,40 ₺	36.366,28 ₺	254.942,68 ₺	119.051,16 ₺	158.025,35 ₺	5.853.556,05 ₺	5.598.613,36 ₺	2096%	22
XPS(3cm)	Çift Cam (Yeşil)	130041	86380	218.468,88 ₺	36.388,61 ₺	254.857,49 ₺	119.136,35 ₺	149.545,77 ₺	5.858.776,06 ₺	5.603.918,57 ₺	2099%	16
XPS(3cm)	low-e (çift)	125639	87041	211.073,52 ₺	36.667,07 ₺	247.740,59 ₺	126.253,26 ₺	162.737,23 ₺	6.294.848,18 ₺	6.047.107,60 ₺	2341%	16
XPS(3cm)	3 cam	125606	88448	211.018,08 ₺	37.259,78 ₺	248.277,86 ₺	125.715,98 ₺	154.821,28 ₺	6.261.927,85 ₺	6.013.649,99 ₺	2322%	16
XPS(3cm)	çift seçici geçirgen	131944	82298	221.665,92 ₺	34.669,02 ₺	256.334,94 ₺	117.658,90 ₺	127.850,51 ₺	5.768.248,79 ₺	5.511.913,85 ₺	2050%	14
										- ₺		
XPS(5cm)	Çift Cam (Mavi)	122637	84327	206.030,16 ₺	35.523,76 ₺	241.553,92 ₺	132.439,92 ₺	167.293,97 ₺	6.468.045,62 ₺	6.226.491,70 ₺	2478%	16
XPS(5cm)	Çift Cam (Yeşil)	122573	84380	205.922,64 ₺	35.546,09 ₺	241.468,73 ₺	132.525,11 ₺	158.814,39 ₺	6.473.265,63 ₺	6.231.796,90 ₺	2481%	15
XPS(5cm)	low-e (çift)	118171	85041	198.527,28 ₺	35.824,54 ₺	234.351,82 ₺	139.642,02 ₺	172.005,84 ₺	6.909.337,75 ₺	6.674.985,93 ₺	2748%	16
XPS(5cm)	3 cam	118138	86448	198.471,84 ₺	36.417,26 ₺	234.889,10 ₺	139.104,75 ₺	164.089,89 ₺	6.876.417,41 ₺	6.641.528,32 ₺	2728%	15
XPS(5cm)	çift seçici geçirgen	124476	80298	209.119,68 ₺	33.826,50 ₺	242.946,18 ₺	131.047,67 ₺	137.119,12 ₺	6.382.738,35 ₺	6.139.792,18 ₺	2427%	13
										- ₺		
XPS(8cm)	Çift Cam (Mavi)	117284	82914	197.037,12 ₺	34.928,52 ₺	231.965,64 ₺	142.028,21 ₺	181.185,13 ₺	6.910.094,12 ₺	6.678.128,48 ₺	2779%	16
XPS(8cm)	Çift Cam (Yeşil)	117220	82967	196.929,60 ₺	34.950,84 ₺	231.880,44 ₺	142.113,40 ₺	172.705,55 ₺	6.915.314,13 ₺	6.683.433,69 ₺	2782%	15
XPS(8cm)	low-e (çift)	112818	83628	189.534,24 ₺	35.229,30 ₺	224.763,54 ₺	149.230,30 ₺	185.897,00 ₺	7.351.386,25 ₺	7.126.622,71 ₺	3071%	16
XPS(8cm)	3 cam	112785	85035	189.478,80 ₺	35.822,01 ₺	225.300,81 ₺	148.693,03 ₺	177.981,05 ₺	7.318.465,91 ₺	7.093.165,10 ₺	3048%	15
XPS(8cm)	çift seçici geçirgen	119123	78885	200.126,64 ₺	33.231,25 ₺	233.357,89 ₺	140.635,95 ₺	151.010,28 ₺	6.824.786,85 ₺	6.591.428,96 ₺	2725%	14
										- ₺		
EPS(3cm)	Çift Cam (Mavi)	132763	87022	223.041,84 ₺	36.659,06 ₺	259.700,90 ₺	114.292,94 ₺	151.779,63 ₺	5.633.549,20 ₺	5.373.848,30 ₺	1969%	17
EPS(3cm)	Çift Cam (Yeşil)	132699	87075	222.934,32 ₺	36.681,39 ₺	259.615,71 ₺	114.378,13 ₺	143.300,05 ₺	5.638.769,22 ₺	5.379.153,51 ₺	1972%	16
EPS(3cm)	low-e (çift)	128297	87736	215.538,96 ₺	36.959,84 ₺	252.498,80 ₺	121.495,04 ₺	156.491,50 ₺	6.074.841,34 ₺	5.822.342,53 ₺	2206%	16
EPS(3cm)	3 cam	128264	89143	215.483,52 ₺	37.552,56 ₺	253.036,08 ₺	120.957,76 ₺	148.575,55 ₺	6.041.921,00 ₺	5.788.884,92 ₺	2188%	16
EPS(3cm)	çift seçici geçirgen	134602	82993	226.131,36 ₺	34.961,80 ₺	261.093,16 ₺	112.900,69 ₺	121.604,78 ₺	5.548.241,94 ₺	5.287.148,78 ₺	1925%	14
										- ₺		
EPS(5cm)	Çift Cam (Mavi)	124833	84915	209.719,44 ₺	35.771,46 ₺	245.490,90 ₺	128.502,94 ₺	156.872,66 ₺	6.287.343,69 ₺	6.041.852,78 ₺	2361%	16
EPS(5cm)	Çift Cam (Yeşil)	124769	84968	209.611,92 ₺	35.793,79 ₺	245.405,71 ₺	128.588,13 ₺	148.393,08 ₺	6.292.563,70 ₺	6.047.157,99 ₺	2364%	15
EPS(5cm)	low-e (çift)	120367	85629	202.216,56 ₺	36.072,24 ₺	238.288,80 ₺	135.705,04 ₺	161.584,53 ₺	6.728.635,82 ₺	6.490.347,01 ₺	2624%	15
EPS(5cm)	3 cam	120334	87036	202.161,12 ₺	36.664,96 ₺	238.826,08 ₺	135.167,76 ₺	153.668,58 ₺	6.695.715,48 ₺	6.456.889,40 ₺	2604%	14
EPS(5cm)	çift seçici geçirgen	126672	80886	212.808,96 ₺	34.074,20 ₺	246.883,16 ₺	127.110,68 ₺	126.697,81 ₺	6.202.036,42 ₺	5.955.153,26 ₺	2312%	12
										- ₺		
EPS(8cm)	Çift Cam (Mavi)	118965	83363	199.861,20 ₺	35.117,66 ₺	234.978,86 ₺	139.014,98 ₺	164.518,09 ₺	6.771.684,78 ₺	6.536.705,92 ₺	2682%	15
EPS(8cm)	Çift Cam (Yeşil)	118901	83416	199.753,68 ₺	35.139,99 ₺	234.893,67 ₺	139.100,17 ₺	156.038,51 ₺	6.776.904,79 ₺	6.542.011,12 ₺	2685%	14
EPS(8cm)	low-e (çift)	114499	84077	192.358,32 ₺	35.418,45 ₺	227.776,77 ₺	146.217,08 ₺	169.229,96 ₺	7.212.976,91 ₺	6.985.200,15 ₺	2967%	15
EPS(8cm)	3 cam	114466	85484	192.302,88 ₺	36.011,16 ₺	228.314,04 ₺	145.679,80 ₺	161.314,01 ₺	7.180.056,58 ₺	6.951.742,54 ₺	2945%	14
EPS(8cm)	çift seçici geçirgen	120804	79334	202.950,72 ₺	33.420,40 ₺	236.371,12 ₺	137.622,72 ₺	134.343,24 ₺	6.686.377,52 ₺	6.450.006,40 ₺	2629%	12
										- ₺		
Taş Yünü(3cm)	Çift Cam (Mavi)	135574	87802	227.764,32 ₺	36.987,65 ₺	264.751,97 ₺	109.241,88 ₺	178.185,76 ₺	5.404.348,55 ₺	5.139.596,59 ₺	1841%	21
Taş Yünü(3cm)	Çift Cam (Yeşil)	135510	87855	227.656,80 ₺	37.009,97 ₺	264.666,77 ₺	109.327,07 ₺	169.706,18 ₺	5.409.568,57 ₺	5.144.901,79 ₺	1844%	20
Taş Yünü(3cm)	low-e (çift)	131108	88516	220.261,44 ₺	37.288,43 ₺	257.549,87 ₺	116.443,98 ₺	182.897,64 ₺	5.845.640,69 ₺	5.588.090,82 ₺	2070%	20
Taş Yünü(3cm)	3 cam	131075	89923	220.206,00 ₺	37.881,14 ₺	258.087,14 ₺	115.906,70 ₺	174.981,69 ₺	5.812.720,35 ₺	5.554.633,21 ₺	2052%	19
Taş Yünü(3cm)	çift seçici geçirgen	137413	83773	230.853,84 ₺	35.290,38 ₺	266.144,22 ₺	107.849,62 ₺	148.010,92 ₺	5.319.041,29 ₺	5.052.897,07 ₺	1799%	18
										- ₺		
Taş Yünü(5cm)	Çift Cam (Mavi)	130190	85538	218.719,20 ₺	36.033,91 ₺	254.753,11 ₺	119.240,73 ₺	178.185,76 ₺	5.783.953,66 ₺	5.529.200,55 ₺	2070%	19
Taş Yünü(5cm)	Çift Cam (Yeşil)	130126	85591	218.611,68 ₺	36.056,24 ₺	254.667,92 ₺	119.325,93 ₺	169.706,18 ₺	5.789.173,68 ₺	5.534.505,76 ₺	2073%	18
Taş Yünü(5cm)	low-e (çift)	125724	86252	211.216,32 ₺	36.334,69 ₺	247.551,01 ₺	126.442,83 ₺	182.897,64 ₺	6.225.245,80 ₺	5.977.694,79 ₺	2315%	19
Taş Yünü(5cm)	3 cam	125691	87659	211.160,88 ₺	36.927,41 ₺	248.088,29 ₺	125.905,56 ₺	174.981,69 ₺	6.192.325,46 ₺	5.944.237,17 ₺	2296%	18
Taş Yünü(5cm)	çift seçici geçirgen	132029	81509	221.808,72 ₺	34.336,64 ₺	256.145,36 ₺	117.848,48 ₺	148.010,92 ₺	5.698.646,40 ₺	5.442.501,03 ₺	2025%	16
										- ₺		
Taş Yünü(8cm)	Çift Cam (Mavi)	120805	83838	202.952,40 ₺	35.317,76 ₺	238.270,16 ₺	135.723,68 ₺	192.700,32 ₺	6.618.913,56 ₺	6.380.643,40 ₺	2578%	18
Taş Yünü(8cm)	Çift Cam (Yeşil)	120741	83891	202.844,88 ₺	35.340,09 ₺	238.184,97 ₺	135.808,87 ₺	184.220,74 ₺	6.624.133,58 ₺	6.385.948,60 ₺	2581%	17
Taş Yünü(8cm)	low-e (çift)	116339	84552	195.449,52 ₺	35.618,54 ₺	231.068,06 ₺	142.925,78 ₺	197.412,19 ₺	7.060.205,70 ₺	6.829.137,63 ₺	2855%	18
Taş Yünü(8cm)	3 cam	116306	85959	195.394,08 ₺	36.211,26 ₺	231.605,34 ₺	142.388,50 ₺	189.496,24 ₺	7.027.285,36 ₺	6.795.680,02 ₺	2834%	17
Taş Yünü(8cm)	çift seçici geçirgen	122644	79809	206.041,92 ₺	33.620,50 ₺	239.662,42 ₺	134.331,42 ₺	162.525,47 ₺	6.533.606,30 ₺	6.293.943,88 ₺	2526%	15



Şekil 5.7. Diyarbakır ili konut binası ısı yalıtımı -cam alternatiflerinin toplam yatırım ve geri ödeme süresi sonuç değerlendirme grafiği



Şekil 5.8. Diyarbakır ili konut binası ısı yalıtımı-cam alternatiflerinin yatırım maliyeti ve bileşik yük değişim grafiği

Diyarbakır ili için incelenen konut binasında iyileştirme kararları alınırken farklı performans parametrelerinin bir arada değerlendirilmesi, öncelikle binanın özelliklerinin-koşullarının analiz edilmesi, önceliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Sonuç değerlendirme sadece ısıtma-soğutma-yıllık enerji performanslarına göre farklı, ilk yatırım

değeri ve geri dönüş (amortisman) süresine göre farklı, sağladığı maddi kazanç miktarı olan yatırımın getirisine göre değişmektedir.

Performans analizinde yapının mimarisi sonuç değerler üzerinde belirleyici olmuştur. Binanın yüzey alanının fazla olmaması, kompakt bir formda oluşu, doğu-batı cehelerinin sağır olması enerji tüketimini etkilemiştir. Yalıtım uygulamasında özellikle yan cephelerin sağır oluşu aşırı ısınmanın kontrolüne etki etmiştir, bu nedenle yalıtım uygulamasının ısıtma performansına etkisi daha fazladır. Ayrıca binada saydamlık oranının görece olarak benzeri diğer binalara oranla düşük olması soğutma yüklerini olumlu oranda etkilemiştir.

Sadece amortisman süresi açısından 5-8 cm EPS-çift seçici geçirgen cam uygulaması iyi bir seçenektir, ancak bina ömrü boyunca sağladığı tasarruf ve kazanç miktarı olarak değerlendirildiğinde 5-8 cm XPS Low E veya 3'lü cam daha avantajlıdır.

İyileştirme tekniklerinde sadece camların değiştirilmesi, sadece ısı yalıtımı yapılmasına göre ısıtma-soğutma-yıllık enerji performansı açısından daha iyi sonuç vermektedir. İncelenen örnek için yenileme alternatifleri incelendiğinde, camlı yüzeylerin iyileştirmesi maliyet-performans açısından da daha avantajlıdır. Dolayısı ile bu konut binası için öncelik cam tipinin değişmesi olmalıdır. Cam ve ısı yalıtımı uygulamasına yönelik bileşik çözüm önerilerinde performans, maliyet ve geri ödeme uygulaması açısından 5cm EPS-seçici geçirgen cam veya 8cm EPS-3lü cam , 5cm XPS-3lü cam , 8cm XPS-seçici geçirgen cam önerileri avantajlı görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde konvansiyonel enerji kaynaklarının aşırı tüketimi bir yandan mevcut kaynakların hızlıca yok olmasına neden olurken öte yandan büyük çevre felaketlerini tetiklemiştir. Dünya üzerinde yer alan enerji kaynaklarının tüketiminden önemli oranda sorumlu olan yapı sektörünün yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir şekilde kullanabilmesi, enerjinin verimli kullanılması tüm dünya ülkelerinin öncelikli ele alması gereken bir konu olmuştur.

Günümüzde enerji kaynaklarının büyük bir oranı binalarda iklimsel konforu sağlamak amacıyla ısıtma-soğutma enerjilerini optimize etmek için harcanmaktadır. Bu yüzden enerji tüketiminde inşaat sektörünün payı yadsınamaz derecede fazladır. Türkiye’de her yıl çok sayıda konut üreten Toplu Konut idaresi (TOKİ) konut sektöründe büyük öneme sahiptir. Bu yüzden çalışma kapsamında, Diyarbakır ilinde bulunan ve inşaatı 1997 yılında tamamlanmış olan Şilbe I.Etap Toplu Konut yerleşmesi seçilmiştir. Özellikle Güneydoğu Anadolu bölgesi içerisinde en fazla nüfusa sahip olan bu ilde konutlarda tüketilen enerjinin minimize edilmesinin, ülke ekonomisi üzerindeki yükü hafifleteceği düşünülmüştür.

Konut binalarında enerji etkin yenileme alternatiflerinin maliyet açısından optimizasyonuna yönelik uygulamaların; gerek enerji tasarrufuna, gerekse çevre üzerinde karbon salımının azalmasına bağlı olarak olumlu etkiler taşıdığı açıktır. Bina tasarım sürecinde bu parametreler iklimsel koşullarla birlikte değerlendirildiği takdirde ısıtma-soğutma yüklerinde önemli oranda azalma, bir başka deyişle enerji performansında artma görülmektedir. Bu artışın maliyet açısından verimli önerilerle sağlanmasının ülke ekonomisine büyük katkıda bulunacağı açıktır.

Sonuç olarak bu çalışmada sıcak-kuru iklim bölgesinde enerji etkin tasarım tedbirlerinin küçük metrekareye sahip ve inşaatı külfetli olmayan binalarda uygulanabilirliği ispat edilmiş; bu durumun benzer nitelikteki diğer binalara örnek teşkil etmesi amaçlanmış ve enerji etkin tasarım yöntemleriyle bina inşaatının düşünüldüğü kadar zor olmadığı kanıtlanmak istenmiştir. Aynı zamanda bina tasarım sürecinde küçük orandaki enerji kazançlarının bir araya geldiği takdirde yıllık enerji yüklerinde anlamlı oranda kazanç sağlanabileceği bir başka sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

AB yasaları uyum süreci paralelinde Türkiye’de de, 2008 yılında yayınlanan “Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği BEP-TR” ile tüm binalara enerji kimlik belgesi verilmesi zorunlu olup, 2020 yılından itibaren mevcut konut binalarında bu bağlamda enerji verimliliğinin sağlanması gerekmektedir. Bu nedenle Türkiye’de yapının uygulanmasına başlamadan önce enerji verimliliği denetimleri yasal zorunluluk haline getirilmelidir. Enerji tüketiminin büyük bir bölümünden sorumlu olan mevcut yapı stokunun ise enerji etkin iyileştirilmesini sağlamak amacıyla geliştirilen yönetmeliklerin uygulamaya aktarılması sağlanmalı ve mevcut yapı stokunun yenilenmesini teşvik edici çalışmalar yapılmalıdır.

Türkiye’deki sürece yönelik çalışmalar devam ederken, AB ülkelerinde bina enerji performansına yönelik hedefler revize edilmekte, zaten üye ülkelerde düşük enerjili bina konumunda olan uygulamaların yanı sıra, bina uygulamalarında net sıfır enerjili örneklerin giderek yaygınlaştığı görülmektedir. Bu bağlamda yeni gelişmeler yaşanmış enerji performansının artması yanı sıra ve EPBD’nin revize edilmesiyle 2010 yılında yürürlüğe giren yeni direktif (EPBD-Recast) kapsamında “maliyet optimum enerji verimliliği” kavramı da ortaya konulmuştur. Bu revize direktif ile tüm Avrupa ülkelerine binalarda maliyet optimum enerji verimliliği seviyelerini hesaplama zorunluluğu getirilmiştir. Bu hesaplamaların, Ocak 2012’de Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan yönetmelikteki çerçeve yönteme uygun olarak geliştirilen ulusal yöntem kullanılarak yapılması gerekmektedir. Ayrıca, mevcut bina stoku dikkate alındığında, binalarda maliyet optimum enerji verimliliği seviyesi hesabının her bir bina için ayrı ayrı yapılamayacağı açıktır. Bu nedenle, hem mevcut hem de yeni yapılacak binaları en iyi düzeyde temsil edebilecek referans binaların belirlenmesi EPBD Recast 2010’un da öngördüğü gibi zorunlu olmuştur. Türkiye de de bu alanda farklı iklim bölgeleri ve bina tipleri için, maliyet ve performans analizlerini kapsayan bilimsel çalışmaların yapılması ve uygulamaya aktarılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Mauree, D., Naboni, E., Coccolo, S., Perera, A. T. D., Nik, V. M., and Scartezzini, J. L. (2019). A review of assessment methods for the urban environment and its energy sustainability to guarantee climate adaptation of future cities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 733-746.
2. Varma, C. S. and Palaniappan, S. (2019). Comparision of green building rating schemes used in North America, Europe and Asia. *Habitat International*, 1-13.
3. İnternet: World Energy Balances. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics>, Son Erişim Tarihi: 12.09.2019.
4. Murdock, H. E., Gibb, D., André, T., Appavou, F., Brown, A., Epp, B., Gibb, D., Kondev, B., McCrone, A., Murdock, H. E., Musolino, E., Ranalder, L., and Sawin, J. L. (2019). *Renewables 2019 Global Status Report*. Paris, 174.
5. Ashrafian, T., Yılmaz, A. Z., ve Moazzen, N. (2019, Nisan). *Konut binalarının enerji etkin iyileştirmesi için yeni bir uzun dönem yaklaşımı*. 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresinde sunuldu, İzmir.
6. Koukkari, H. and Brangança, L. (2011). Review on the European strategies for energy-efficient buildings. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 2(1), 87-99.
7. Lewis, J. O., Ní Hógáin, S., and Borghi, A. (2013). *Cities of Tomorrow – Action Today*. URBACT II Capitalisation. *Building energy efficiency in European cities. Project Report*. URBACT.
8. Berardi, U. (2017). A cross-country comparison of the building energy consumptions and their trends. *Resources, Conservation and Recycling*, 123, 230-241.
9. İnternet: Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023. URL: <http://www.eyoder.org.tr/UlusalEVEP.pdf>, Son Erişim Tarihi: 13.09.2019.
10. İnternet: International Energy Agency 2017. URL: <https://www.energypoverty.eu/indicators-data>, Son Erişim Tarihi: 13.09.2019.
11. İnternet: Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2018 Gelişimi Özet Raporu. URL: [https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FUlusal+Enerji+Verimlili%C4%9Fi+Eylem+Plan%C4%B1\(2017-2018\)+Geli%C5%9Fimi+%C3%96zet+Raporu.pdf](https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FUlusal+Enerji+Verimlili%C4%9Fi+Eylem+Plan%C4%B1(2017-2018)+Geli%C5%9Fimi+%C3%96zet+Raporu.pdf), Son Erişim Tarihi: 13.09.2019.
12. Sağlam, N. G., Yılmaz, A. Z. ve Corgnatı, S. P. (2017, Nisan). *Soğuk iklim bölgesindeki konut binalarının maliyet optimum enerji verimliliği seviyeleri için duyarlılık analizleri*. 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresinde sunuldu, İzmir.

13. Baker, N. V. (2009). *The Handbook of Sustainable Refurbishment: Non-Domestic Buildings*. London: Riba Publishing, 3-22.
14. Shah, S. (2012). *Sustainable Refurbishment*. (First Edition), London: Wiley-Blackwell Publication, 30-45.
15. Gönülol, O. (2014). *1980-2008 yılları arasında Türkiye’de inşa edilen çok katlı konut binalarının enerji etkin hale getirilmesi için kullanılabilecek iyileştirme yaklaşımlarının incelenmesi: İzmir için bir uygulama önerisi*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İzmir, 40-60.
16. Cebe, G. B. (2015). *Türkiye’de yapılan inşaat projelerinde yapım aşamasında maliyet ve süre aşımına neden olan faktörlerin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 15-37.
17. Rahman, M. M., Rasul, M. G., and Khan, M. M. K. (2008, February). *Energy conservation measures in an institutional building by dynamic simulation using DesignBuilder*. In Proceedings of the 3rd IASME/WSEAS International Conference on Energy and environment, United Kingdom, 192-197.
18. Gültekin, S. (2009). *Retrofit design of a sustainable eco-office from an existing building*. Msc Thesis, University of Strathclyde, Institute of Energy Systems and Environment, Glasgow, 79-102.
19. Turgut, G. H. (2010). *Enerji etkin bina tasarımı kapsamında büyük Ankara oteli yenileme süreci ve trijenerasyon uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 80-100.
20. Deniz, A. (2018). *Yapı kabuğunun düşük maliyetli enerji etkin iyileştirmesine yönelik bir yaklaşım-kamu yapısı örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 70-80.
21. Kon, O. ve Yüksel, B. (2016). Farklı amaçlarla kullanılan binaların çatı, döşeme ve dış duvarları için ölçülerek hesaplanan optimum yalıtım kalınlıkları, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 36, 17-27.
22. Hao, Y., Cui, S., and Shi, Y. (2018). *The Application of Energy Saving Technology of Passive Ultra-low Energy Building in Energy Saving Renovation of Existing Residential Buildings*. In International Conference on New Energy and Renewable Resources, Yokohama, Japan.
23. Zhang, H. and Lei, S. L. (2018). Assessing the renovation of existing residential buildings regarding environmental efficiency. *Asian Journal of Behavioural Studies*, 3, 51-62.

24. Wang, Q. and Holmberg, S. (2015). A methodology to assess energy-demand savings and cost effectiveness of retrofitting in existing Swedish residential buildings. *Sustainable Cities and Society*, 14, 254-266.
25. Dodoo, A., Tettey, U. Y. A., and Gustavsson, L. (2017). On input parameters, methods and assumptions for energy balance and retrofit analyses for residential buildings. *Energy and Buildings*, 137, 76-89.
26. Niemelä, T., Kosonen, R., and Jokisalo, J. (2017). Cost-effectiveness of energy performance renovation measures in Finnish brick apartment buildings. *Energy and Buildings*, 137, 60-75.
27. Süt, G. (2013). *Türkiye derece gün bölgelerinde mevcut çok katlı konut binalarının dış kabuğunda yapılacak enerji etkin yenileme stratejileri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Ankara, 57-78.
28. Akalp, S. (2018). *Toplu konutlarda farklı yerleşim düzenlerinin enerji etkinliğinin karşılaştırılması: Diyarbakır Şilbe örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Diyarbakır, 67-96.
29. Çetiner, İ., Metin, B. (2011, Nisan). *Enerji Etkin Konut yenilemelerinde enerji tüketimi ve yaşam dönemi maliyetlerinin Değerlendirilmesi: İstanbul örneği*, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresinde sunuldu, 2011, İzmir, 865-877.
30. Çetintaş, K. F. ve Yılmaz Z. (2015, Nisan). *Konut binalarının yaşam dönemindeki enerji tüketimi ve yaşam dönemi maliyetinin hesaplanması*, Binalarda Enerji Performansı Sempozyumunda sunuldu, İzmir, 1411-1425.
31. Gercek, M. and Arsan, Z. D. (2019). Energy and environmental performance based decision support process for early design stages of residential buildings under climate change, *Sustainable Cities and Society*, 48, 1-10.
32. Aydın, Ö., Canım, D. S. (2017, Nisan). *Trabzon ilinde mevcut yapıların enerji etkin olarak iyileştirilmesinde bep-tr programının kullanılması*, Binalarda Enerji Performansı Sempozyumunda sunuldu, İzmir, 459-466.
33. Canım, D. S. (2015). *Binalarda enerji performansı hesaplama yöntemi (bep-tr)' nin enerji performans değerlendirmesi ve kullanılabilirliğine yönelik bir uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Trabzon, 58-74.
34. Erikci, S. N. (2013). *Türkiye’de binaların enerji performansı hesaplama yönteminin farklı iklim bölgelerinde değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 66-98.
35. Gil-Baez, M., Padura, Á. B., and Huelva, M. M. (2019). Passive actions in the building envelope to enhance sustainability of schools in a Mediterranean climate. *Energy*, 167, 144-158.

36. Ebbert, T. and Knaack, U. (2007, November). *An adaptable facade concept for sustainable office refurbishment*. First International Building Stock Activation Conference, Tokyo.
37. Kurekci, N. A. (2016). Determination of optimum insulation thickness for building walls by using heating and cooling degree-day values of all Turkey's provincial centers. *Energy and Buildings*, 118, 197–213.
38. Nematchoua, M. K., Raminosoa, C. R., Mamiharijaona, R., René, T., Orosa, J. A., Elvis, W., and Meukam, P. (2015). Study of the economical and optimum thermal insulation thickness for buildings in a wet and hot tropical climate: Case of Cameroon. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1192-1202.
39. Cuce, E., Cuce, P. M., Wood, C. J., and Riffat, S. B. (2014). Optimizing insulation thickness and analysing environmental impacts of aerogel-based thermal superinsulation in buildings. *Energy and Buildings*, 77, 28-39.
40. Piccardo, C., Dodoo, A., Gustavsson, L., and Tettey, U. Y. A. (2019, January). *Energy and carbon balance of materials used in a building envelope renovation*. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Brussels.
41. Ott, S., and Krechel, M. (2018). Construction principles of seismic and energy renovation systems for existing buildings. *Tema: Technology, Engineering, Materials and Architecture*, 4, 66-80.
42. Salvalai, G., Sesana, M. M., and Iannaccone, G. (2017). Deep renovation of multi-storey multi-owner existing residential buildings: A pilot case study in Italy. *Energy and Buildings*, 148, 23-36.
43. Chen, C. Y. (2011, September). *A Study on the Renewal Construction of Office Building Exterior on Building Cooling Effect*. In 2011 International Conference on Green Buildings and Sustainable Cities, Bologna, Italy.
44. Güçyeter., B., Günaydın, M. (2012). Optimization of an Envelope Retrofit Strategy for an Existing Office Building, *Energy and Buildings*, 55, 647-659.
45. Feng, W., Huang, J., Lv, H., Guo, D., and Huang, Z. (2019). Determination of the economical insulation thickness of building envelopes simultaneously in energy-saving renovation of existing residential buildings. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 41, 665-676.
46. Garmston, H., Fox, M., Pan, M., Wilde, P., (2013, September). *Multi-Storey Building Retrofit with a Focus on the Facade Selection Process: A UK Commercial Office Case Study*. In 29th Annual ARCOM Conference, United Kingdom.
47. Mao, L. (2010). Investment Decisions on the Sustainable Refurbishment of. *Building Research and Information*, 27, 309-320.

48. Manioğlu, G. (2011). Enerji etkin tasarım ve yenileme çalışmalarının örneklerle değerlendirilmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 126, 35-47.
49. Douglas, J. (2006). *Principles of Refurbishment: Building Adaptation.*, Boston: Butterworth-Heinemann, 351-407.
50. Warren, J. 1998. *Conservation of earth structures*, Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 10-20.
51. Prodromou, M.K. (2010). *The sustainable refurbishment of BK city*, Yüksek Lisans Tezi, Delf University of Technology Department of Civil Engineering, Delf, 20-30.
52. Manual, R. (2009). *Refurbishment manual: maintenance, conversions, extensions*. Basel: Birkhäuser, 279.
53. Genre, J. L., Flourentzos, F., and Stockli, T. (2000). Building refurbishment: habitat upgrading. *Energy and buildings*, 31, 155-157.
54. Elder, K. E. (2006). *Building envelope*. In W. C. Turner and S. Doty (Eds.), *Energy Management Handbook*. (Sixth Edition). Bothell, Washington: The Fairmont Press, 221.
55. Husain, D. and Prakash, R. (2019). Ecological footprint reduction of building envelope in a tropical climate. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series A*, 100, 41-48.
56. İnternet: Guidelines For Sustainable Habitat. URL: https://www.cpwd.gov.in/Publication/Guideleines_Sustainable_Habitat.pdf, Son Erişim Tarihi: 12.05.2019.
57. Fang, Z., Li, N., Li, B., Luo, G., and Huang, Y. (2014). The effect of building envelope insulation on cooling energy consumption in summer. *Energy and Buildings*, 77, 197-205.
58. Bano, F. and Kamal, M. A. (2016). Examining the role of building envelope for energy efficiency in office buildings in India. *Architecture Research*, 6, 107-115.
59. Yu, J., Tian, L., Xu, X., and Wang, J. (2015). Evaluation on energy and thermal performance for office building envelope in different climate zones of China. *Energy and Buildings*, 86, 626-639.
60. Huang, Y., Niu, J. L., and Chung, T. M. (2013). Study on performance of energy-efficient retrofitting measures on commercial building external walls in cooling-dominant cities. *Applied energy*, 103, 97-108.

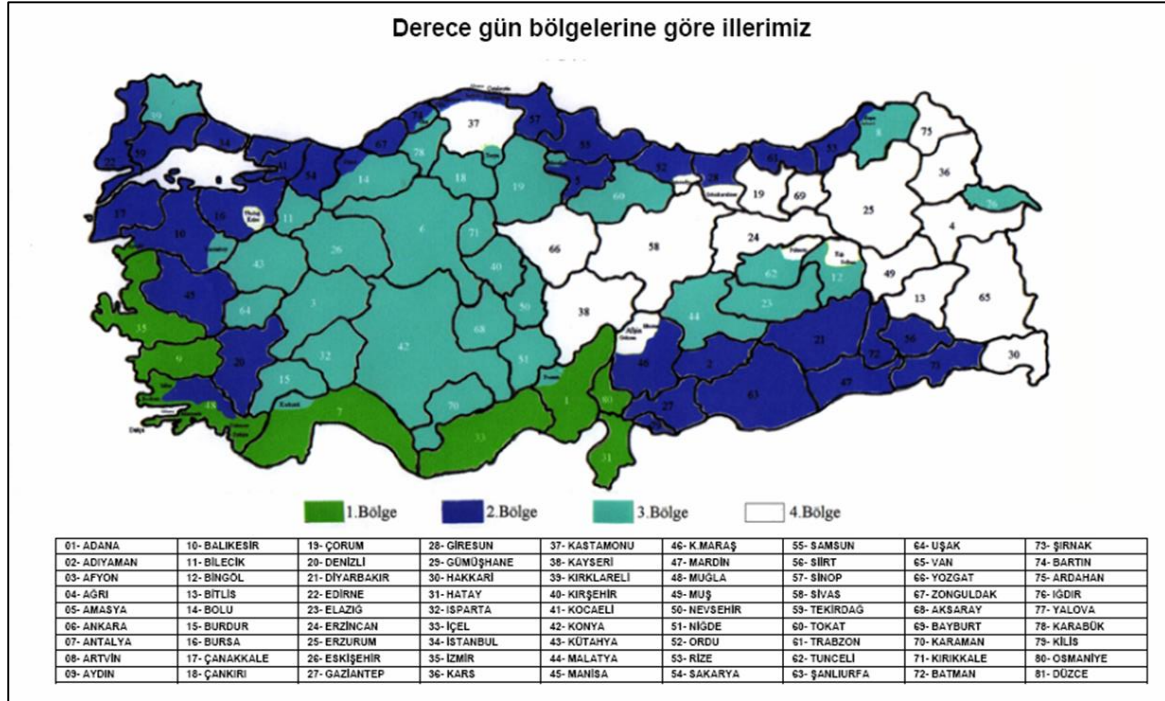
61. Hasmaden, F. (2006). *Mevcut ofis yapılarında kabuğun ısı performansına yönelik iyileştirme önerilerinin yapının enerji tüketimine etkilerinin analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 10-20.
62. Koesalamwardi, A. B., and Rostiyanti, S. F. (2019). Cost optimum design of zero-energy residential building. *KnE Social Sciences*, 96-112.
63. İnternet: Isı pompası. URL: <https://docplayer.biz.tr/4535512-Isi-pompasi-abdunnur-gunay-fentek-muh-ltd-sti.html>, Son Erişim Tarihi: 12.05.2019.
64. Tıkrır, A. (2009). *İstanbul'da mevcut bir konutun dış kabuğunun enerji etkin yenilenmesi ve ekonomik etkinliğinin değerlendirilmesine yönelik bir çalışma*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 34-50.
65. Papadopoulos, A. M., Theodosiou, T. G., and Karatzas, K. D. (2002). Feasibility of energy saving renovation measures in urban buildings: The impact of energy prices and the acceptable pay back time criterion. *Energy and buildings*, 34, 455-466.
66. Smith, P.F. (2001). *Architecture in a climate of change: a guide to sustainable design*, Oxford: Arhitectural Press, 56.
67. Lollini, R., Barozzi, B., Fasano, G., Meroni, I., and Zinzi, M. (2006). Optimisation of opaque components of the building envelope. Energy, economic and environmental issues. *Building Environment*, 41, 1001-1013.
68. Ramesh, T., Prakash, R., and Shukla, K. K. (2012). Life cycle energy analysis of a residential building with different envelopes and climates in Indian context. *Applied Energy*, 89, 193-202.
69. Idris, Y. M. and Mae, M. (2017). Anti-insulation mitigation by altering the envelope layers' configuration. *Energy and Buildings*, 141, 186-204.
70. Hong, S. H., Oreszczyn, T., Ridley, I., and Warm Front Study Group. (2006). The impact of energy efficient refurbishment on the space heating fuel consumption in English dwellings. *Energy and Buildings*, 38, 1171-1181.
71. TS 825 (2008). Binalarda ısı yalıtımı kuralları, Türk standartları Enstitüsü, Ankara, 1-9.
72. İnternet: Energy Saving Trust-Cavity Wall. URL: <http://www.energysavingtrust.org.uk/domestic/cavity-wall>, Son Erişim Tarihi: 12.05.2019.
73. Zhu, P., Huckemann, V., and Fisch, M. N. (2011). The optimum thickness and energy saving potential of external wall insulation in different climate zones of China. *Procedia Engineering*, 21, 608-616.

74. Bolattürk, A. (2006). Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey. *Applied Thermal Engineering*, 26, 1301-1309.
75. Braulio-Gonzalo, M. and Bovea, M. D. (2017). Environmental and cost performance of building's envelope insulation materials to reduce energy demand: Thickness optimisation. *Energy and Buildings*, 150, 527-545.
76. Evin, D. and Ucar, A. (2019). Energy impact and eco-efficiency of the envelope insulation in residential buildings in Turkey. *Applied Thermal Engineering*, 154, 573-584.
77. Berge, B. (2009). *The ecology of building materials*. Routledge. 260-262.
78. Kwok, A. G. and Grondzik, W. (2018). *The green studio handbook: Environmental strategies for schematic design*. Routledge, 20-30.
79. Ayçam, İ. (2006). *Türkiye derece gün bölgelerinde ısıtma gerektiren dönem için alçak katlı konut binalarında uygun cam tiplerinin saptanmasına yönelik bir yöntem*. Ankara: Gazi Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.
80. Ayçam, İ., and Utkuğ, G. S. (1999). *Farklı malzemelerle üretilen pencere tiplerinin ısı performanslarının incelenmesi ve enerji etkin pencere seçimi*. IV. Ulusal Tesisat Müh. Kongresinde sunuldu, İzmir, 1, 61-73.
81. NFRC (2008). *THERM6.3/WINDOW6.3 NFRC Simulation Manual*, Windows and Daylighting Group Building Technologies Division Lawrence Berkeley National Laboratory, California, 4-8.
82. ASHRAE (1997). *1997 Handbook: Fundamentals*, Chapter 29, Fenestration, American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta Ga, USA, 1-23.
83. ASHRAE (2009). *2009 Handbook: Fundamentals*, Chapter 15, Fenestration", American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta Ga, USA, 15.1-15.4.
84. Crawley, D. B., Lawrie, L. K., Winkelmann, F. C., Buhl, W. F., Huang, Y. J., Pedersen, C. O., and Glazer, J. (2001). EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. *Energy and buildings*, 33(4), 319-331.
85. Bulut, B., Gültekin, B. (2015). *Yeşil bina sertifika sistemleri: türkiye için bir sistem önerisi*. 2. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumunda sunuldu, Ankara, 817-823.
86. Erdemir, İ. (2014). *Sıcak kuru iklim bölgelerinde enerji korunumu-yerleşme dokusu-form etkileşimi: geleneksel Diyarbakır evleri örneği*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 9-11.

87. İnternet: İklim verisi. URL: <https://www.weatheronline.co.uk/weather/maps/city>, Son Erişim Tarihi: 12.05.2019.
88. Yasan, A.Y. (2011). *Bina tasarım parametrelerinin enerji harcamalarına etkilerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.18, 38-39, 65.
89. İnternet: İklim verisi. URL: www.mgm.gov.tr, Son Erişim Tarihi: 12.05.2019.
90. Demirbugan M.Alper. Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde net bugünkü değer(nbd) ve iç karlılık oranı(iko) yöntemlerinin karşılaştırılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi, İ.İ.B.F. Dergisi (C.X ,S II, 2008)

EKLER

EK-1. İllere göre derece gün bölgeleri



Şekil 1.1. Türkiye derece gün bölgeleri illeri

EK-2. İyileştirmede kullanılan camların termofiziksel ve optik özellikleri

Edit glazing - Copy of Dbl Blue 6mm/13mm Air Glazing Data Layers Calculated Cost Calculated Values <table> <tr> <td>Total solar transmission (SHGC)</td> <td>0.497</td> </tr> <tr> <td>Direct solar transmission</td> <td>0.373</td> </tr> <tr> <td>Light transmission</td> <td>0.505</td> </tr> <tr> <td>U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m²-K)</td> <td>2.785</td> </tr> <tr> <td>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)</td> <td>2.665</td> </tr> </table>	Total solar transmission (SHGC)	0.497	Direct solar transmission	0.373	Light transmission	0.505	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	2.785	U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	2.665	Edit glazing - Copy of TrpClr 3mm/13mm Arg Glazing Data Layers Calculated Cost Calculated Values <table> <tr> <td>Total solar transmission (SHGC)</td> <td>0.685</td> </tr> <tr> <td>Direct solar transmission</td> <td>0.595</td> </tr> <tr> <td>Light transmission</td> <td>0.738</td> </tr> <tr> <td>U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m²-K)</td> <td>1.734</td> </tr> <tr> <td>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)</td> <td>1.620</td> </tr> </table>	Total solar transmission (SHGC)	0.685	Direct solar transmission	0.595	Light transmission	0.738	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	1.734	U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	1.620
Total solar transmission (SHGC)	0.497																				
Direct solar transmission	0.373																				
Light transmission	0.505																				
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	2.785																				
U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	2.665																				
Total solar transmission (SHGC)	0.685																				
Direct solar transmission	0.595																				
Light transmission	0.738																				
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	1.734																				
U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	1.620																				
Edit glazing - Copy of Dbl Green 3mm/13mm Air Glazing Data Layers Calculated Cost Calculated Values <table> <tr> <td>Total solar transmission (SHGC)</td> <td>0.617</td> </tr> <tr> <td>Direct solar transmission</td> <td>0.534</td> </tr> <tr> <td>Light transmission</td> <td>0.743</td> </tr> <tr> <td>U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m²-K)</td> <td>2.837</td> </tr> <tr> <td>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)</td> <td>2.716</td> </tr> </table>	Total solar transmission (SHGC)	0.617	Direct solar transmission	0.534	Light transmission	0.743	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	2.837	U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	2.716	Edit glazing - Copy of Dbl Green 3mm/13mm Air Glazing Data Layers Calculated Cost Calculated Values <table> <tr> <td>Total solar transmission (SHGC)</td> <td>0.617</td> </tr> <tr> <td>Direct solar transmission</td> <td>0.534</td> </tr> <tr> <td>Light transmission</td> <td>0.743</td> </tr> <tr> <td>U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m²-K)</td> <td>2.837</td> </tr> <tr> <td>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)</td> <td>2.716</td> </tr> </table>	Total solar transmission (SHGC)	0.617	Direct solar transmission	0.534	Light transmission	0.743	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	2.837	U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	2.716
Total solar transmission (SHGC)	0.617																				
Direct solar transmission	0.534																				
Light transmission	0.743																				
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	2.837																				
U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	2.716																				
Total solar transmission (SHGC)	0.617																				
Direct solar transmission	0.534																				
Light transmission	0.743																				
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	2.837																				
U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	2.716																				
Edit glazing - Copy of TrpClr 3mm/13mm Arg Glazing Data Layers Calculated Cost Calculated Values <table> <tr> <td>Total solar transmission (SHGC)</td> <td>0.685</td> </tr> <tr> <td>Direct solar transmission</td> <td>0.595</td> </tr> <tr> <td>Light transmission</td> <td>0.738</td> </tr> <tr> <td>U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m²-K)</td> <td>1.734</td> </tr> <tr> <td>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)</td> <td>1.620</td> </tr> </table>	Total solar transmission (SHGC)	0.685	Direct solar transmission	0.595	Light transmission	0.738	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	1.734	U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	1.620	Edit glazing - Copy of TrpClr 3mm/13mm Arg Glazing Data Layers Calculated Cost Calculated Values <table> <tr> <td>Total solar transmission (SHGC)</td> <td>0.685</td> </tr> <tr> <td>Direct solar transmission</td> <td>0.595</td> </tr> <tr> <td>Light transmission</td> <td>0.738</td> </tr> <tr> <td>U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m²-K)</td> <td>1.734</td> </tr> <tr> <td>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)</td> <td>1.620</td> </tr> </table>	Total solar transmission (SHGC)	0.685	Direct solar transmission	0.595	Light transmission	0.738	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	1.734	U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	1.620
Total solar transmission (SHGC)	0.685																				
Direct solar transmission	0.595																				
Light transmission	0.738																				
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	1.734																				
U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	1.620																				
Total solar transmission (SHGC)	0.685																				
Direct solar transmission	0.595																				
Light transmission	0.738																				
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	1.734																				
U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	1.620																				
Edit glazing - Dbl LoE Spec SelClr 3mm/13mm/6mm Arg Glazing Data Layers Calculated Cost Calculated Values <table> <tr> <td>Total solar transmission (SHGC)</td> <td>0.432</td> </tr> <tr> <td>Direct solar transmission</td> <td>0.359</td> </tr> <tr> <td>Light transmission</td> <td>0.691</td> </tr> <tr> <td>U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m²-K)</td> <td>1.152</td> </tr> <tr> <td>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)</td> <td>1.346</td> </tr> </table>	Total solar transmission (SHGC)	0.432	Direct solar transmission	0.359	Light transmission	0.691	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	1.152	U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	1.346	Edit glazing - Dbl LoE Elec Abs Bleached 6mm/13mm Air Glazing Data Layers Calculated Cost Calculated Values <table> <tr> <td>Total solar transmission (SHGC)</td> <td>0.476</td> </tr> <tr> <td>Direct solar transmission</td> <td>0.364</td> </tr> <tr> <td>Light transmission</td> <td>0.657</td> </tr> <tr> <td>U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m²-K)</td> <td>1.484</td> </tr> <tr> <td>U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)</td> <td>1.616</td> </tr> </table>	Total solar transmission (SHGC)	0.476	Direct solar transmission	0.364	Light transmission	0.657	U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	1.484	U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	1.616
Total solar transmission (SHGC)	0.432																				
Direct solar transmission	0.359																				
Light transmission	0.691																				
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	1.152																				
U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	1.346																				
Total solar transmission (SHGC)	0.476																				
Direct solar transmission	0.364																				
Light transmission	0.657																				
U-value (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K)	1.484																				
U-Value (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K)	1.616																				

Şekil 2.1. İyileştirmede kullanılan camların termofiziksel ve optik özellikleri

EK-4. Mevcut konut binası için duvar ısı yalıtım uygulaması maliyetleri ve finansal analizleri

Çizelge 4.1. Tablo-malzeme fiyat tablosu

Malzeme Türü	MANTOLAMA BİRİM FİYAT POZU AÇILIMI	MANTOLAMA BİRİMİ	MANTOLAMA METRAJ	MANTOLAMA BİRİM FİYATI	MANTOLAMA TOPLAM FİYATI
Yalıtımsız Bina	-	-	-	-	- ₺
XPS(3cm)	3 cm kalınlıkta yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü kanallı ekstrüde polistren levhalar (xps - 200 kpa basınç dayanımlı) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	M2	1176,22	62,36 ₺	73.349,08 ₺
XPS(5cm)	5 cm kalınlıkta yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü kanallı ekstrüde polistren levhalar (xps - 200 kpa basınç dayanımlı) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	M2	1176,22	70,24 ₺	82.617,69 ₺
XPS(8cm)	8 cm kalınlıkta yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü kanallı ekstrüde polistren levhalar (xps - 200 kpa basınç dayanımlı) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	M2	1176,22	82,05 ₺	96.508,85 ₺
EPS(3cm)	3 cm kalınlıkta expande polistren levhalar (eps - 16 kg/m3 yoğunlukta) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	M2	1176,22	57,05 ₺	67.103,35 ₺
EPS(5cm)	5 cm kalınlıkta expande polistren levhalar (eps - 16 kg/m3 yoğunlukta) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	M2	1176,22	61,38 ₺	72.196,38 ₺
EPS(8cm)	8 cm kalınlıkta expande polistren levhalar (eps - 16 kg/m3 yoğunlukta) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	M2	1176,22	67,88 ₺	79.841,81 ₺
Taş Yünü(3cm)	3 cm kalınlıkta taşıyıcı levhalar (min. 120 kg/m3 yoğunlukta) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	M2	1176,22	71,36 ₺	83.935,06 ₺
Taş Yünü(5cm)	5 cm kalınlıkta taşıyıcı levhalar (min. 120 kg/m3 yoğunlukta) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	M2	1176,22	79,50 ₺	93.509,49 ₺
Taş Yünü(8cm)	8 cm kalınlıkta taşıyıcı levhalar (min. 120 kg/m3 yoğunlukta) ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (mantolama)	M2	1176,22	91,84 ₺	108.024,04 ₺

*Malzeme fiyatları T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2019 birim fiyat tablosundan alınmıştır.

EK-4. (devam) Mevcut konut binası için duvar ısı yalıtım uygulaması maliyetleri ve finansal analizleri

Çizelge 4.2. Dış cephe boya birim fiyat tablosu

Malzeme Türü	DIŞ CEPHE BOYASI BİRİM FİYAT POZU AÇILIMI	DIŞ CEPHE BOYASI BİRİMİ	DIŞ CEPHE BOYASI METRAJ	DIŞ CEPHE BOYASI BİRİM FİYATI	DIŞ CEPHE BOYASI TOPLAM FİYATI
Yalıtımsız Bina	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	M2	1176,22	32,01 ₺	37.650,80 ₺
XPS(3cm)	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	M2	1176,22	32,01 ₺	37.650,80 ₺
XPS(5cm)	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	M2	1176,22	32,01 ₺	37.650,80 ₺
XPS(8cm)	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	M2	1176,22	32,01 ₺	37.650,80 ₺
EPS(3cm)	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	M2	1176,22	32,01 ₺	37.650,80 ₺
EPS(5cm)	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	M2	1176,22	32,01 ₺	37.650,80 ₺
EPS(8cm)	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	M2	1176,22	32,01 ₺	37.650,80 ₺
Taş Yünü(3cm)	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	M2	1176,22	32,01 ₺	37.650,80 ₺
Taş Yünü(5cm)	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	M2	1176,22	32,01 ₺	37.650,80 ₺
Taş Yünü(8cm)	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	M2	1176,22	32,01 ₺	37.650,80 ₺

Çizelge 4.3. Mevcut konut binası için duvar ısı yalıtım uygulaması toplam yapım maliyetleri

Malzeme Türü	BİNA MANTOLAMA YAPMA MALİYETİ
Yalıtımsız Bina	
XPS(3cm)	127.850,51 ₺
XPS(5cm)	137.119,12 ₺
XPS(8cm)	151.010,28 ₺
EPS(3cm)	121.604,78 ₺
EPS(5cm)	126.697,81 ₺
EPS(8cm)	134.343,24 ₺
Taş Yünü(3cm)	138.436,49 ₺
Taş Yünü(5cm)	148.010,92 ₺
Taş Yünü(8cm)	162.525,47 ₺

EK-4. (devam) Mevcut konut binası için duvar ısı yalıtım uygulaması maliyetleri ve finansal analizleri

Çizelge 4.4. Güvenlikli iskele birim fiyat tablosu malzeme fiyatları

Malzeme Türü	İŞ İSKELESİ BİRİM FİYAT POZU	İŞ İSKELESİ BİRİMİ	İŞ İSKELESİ METRA	İŞ İSKELESİ BİRİM FİYATI	İŞ İSKELESİ TOPLAM FİYATI
▼	▲	▼	▼	▼	▼
Yalıtımsız Bina	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenlikli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	M2	1306,25	12,90 ₺	16.850,63 ₺
XPS(3cm)	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenlikli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	M2	1306,25	12,90 ₺	16.850,63 ₺
XPS(5cm)	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenlikli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	M2	1306,25	12,90 ₺	16.850,63 ₺
XPS(8cm)	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenlikli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	M2	1306,25	12,90 ₺	16.850,63 ₺
EPS(3cm)	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenlikli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	M2	1306,25	12,90 ₺	16.850,63 ₺
EPS(5cm)	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenlikli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	M2	1306,25	12,90 ₺	16.850,63 ₺
EPS(8cm)	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenlikli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	M2	1306,25	12,90 ₺	16.850,63 ₺
Taş Yünü(3cm)	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenlikli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	M2	1306,25	12,90 ₺	16.850,63 ₺
Taş Yünü(5cm)	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenlikli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	M2	1306,25	12,90 ₺	16.850,63 ₺
Taş Yünü(8cm)	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenlikli, dış cephe iş iskelesi yapılması. (0,00-51,50 m arası)	M2	1306,25	12,90 ₺	16.850,63 ₺

EK-4. (devam) Mevcut konut binası için duvar ısı yalıtım uygulaması maliyetleri ve finansal analizleri

Çizelge 4.8. Mevcut konut binası için duvar ısı yalıtım uygulaması yıllık tasarruf miktarları

DUVAR YALITIMI									
YILLAR	XPS(3cm)	XPS(5cm)	XPS(8cm)	EPS(3cm)	EPS(5cm)	EPS(8cm)	Taş Yünü (3cm)	Taş Yünü (5cm)	Taş Yünü (8cm)
1	64.551,09 ₺	74.579,85 ₺	81.794,29 ₺	60.960,47 ₺	71.630,71 ₺	79.535,39 ₺	57.219,81 ₺	63.415,14 ₺	77.042,09 ₺
2	71.167,57 ₺	82.224,29 ₺	90.178,21 ₺	67.208,92 ₺	78.972,86 ₺	87.687,76 ₺	63.084,84 ₺	69.915,19 ₺	84.938,90 ₺
3	74.725,95 ₺	86.335,50 ₺	94.687,12 ₺	70.569,36 ₺	82.921,50 ₺	92.072,15 ₺	66.239,08 ₺	73.410,95 ₺	89.185,85 ₺
4	78.462,25 ₺	90.652,27 ₺	99.421,48 ₺	74.097,83 ₺	87.067,57 ₺	96.675,76 ₺	69.551,03 ₺	77.081,50 ₺	93.645,14 ₺
5	82.385,36 ₺	95.184,89 ₺	104.392,55 ₺	77.802,72 ₺	91.420,95 ₺	101.509,55 ₺	73.028,58 ₺	80.935,58 ₺	98.327,40 ₺
6	86.504,63 ₺	99.944,13 ₺	109.612,18 ₺	81.692,86 ₺	95.992,00 ₺	106.585,03 ₺	76.680,01 ₺	84.982,36 ₺	103.243,77 ₺
7	90.829,86 ₺	104.941,34 ₺	115.092,79 ₺	85.777,50 ₺	100.791,60 ₺	111.914,28 ₺	80.514,01 ₺	89.231,47 ₺	108.405,95 ₺
8	95.371,35 ₺	110.188,41 ₺	120.847,42 ₺	90.066,38 ₺	105.831,18 ₺	117.509,99 ₺	84.539,71 ₺	93.693,05 ₺	113.826,25 ₺
9	100.139,92 ₺	115.697,83 ₺	126.889,80 ₺	94.569,70 ₺	111.122,74 ₺	123.385,49 ₺	88.766,70 ₺	98.377,70 ₺	119.517,56 ₺
10	105.146,92 ₺	121.482,72 ₺	133.234,29 ₺	99.298,18 ₺	116.678,88 ₺	129.554,77 ₺	93.205,03 ₺	103.296,58 ₺	125.493,44 ₺
11	110.404,26 ₺	127.556,85 ₺	139.896,00 ₺	104.263,09 ₺	122.512,82 ₺	136.032,50 ₺	97.865,29 ₺	108.461,41 ₺	131.768,12 ₺
12	115.924,48 ₺	133.934,70 ₺	146.890,80 ₺	109.476,25 ₺	128.638,46 ₺	142.834,13 ₺	102.758,55 ₺	113.884,48 ₺	138.356,52 ₺
13	121.720,70 ₺	140.631,43 ₺	154.235,34 ₺	114.950,06 ₺	135.070,38 ₺	149.975,83 ₺	107.896,48 ₺	119.578,71 ₺	145.274,35 ₺
14	127.806,74 ₺	147.663,00 ₺	161.947,11 ₺	120.697,56 ₺	141.823,90 ₺	157.474,63 ₺	113.291,30 ₺	125.557,64 ₺	152.538,06 ₺
15	134.197,07 ₺	155.046,15 ₺	170.044,46 ₺	126.732,44 ₺	148.915,10 ₺	165.348,36 ₺	118.955,87 ₺	131.835,53 ₺	160.164,97 ₺
16	140.906,93 ₺	162.798,46 ₺	178.546,69 ₺	133.069,06 ₺	156.360,85 ₺	173.615,78 ₺	124.903,66 ₺	138.427,30 ₺	168.173,22 ₺
17	147.952,27 ₺	170.938,38 ₺	187.474,02 ₺	139.722,51 ₺	164.178,90 ₺	182.296,56 ₺	131.148,84 ₺	145.348,67 ₺	176.581,88 ₺
18	155.349,89 ₺	179.485,30 ₺	196.847,72 ₺	146.708,64 ₺	172.387,84 ₺	191.411,39 ₺	137.706,28 ₺	152.616,10 ₺	185.410,97 ₺
19	163.117,38 ₺	188.459,57 ₺	206.690,11 ₺	154.044,07 ₺	181.007,23 ₺	200.981,96 ₺	144.591,60 ₺	160.246,91 ₺	194.681,52 ₺
20	171.273,25 ₺	197.882,55 ₺	217.024,61 ₺	161.746,27 ₺	190.057,59 ₺	211.031,06 ₺	151.821,18 ₺	168.259,25 ₺	204.415,59 ₺
21	179.836,91 ₺	207.776,67 ₺	227.875,84 ₺	169.833,59 ₺	199.560,47 ₺	221.582,61 ₺	159.412,24 ₺	176.672,21 ₺	214.636,37 ₺
22	188.828,76 ₺	218.165,51 ₺	239.269,64 ₺	178.325,27 ₺	209.538,50 ₺	232.661,74 ₺	167.382,85 ₺	185.505,83 ₺	225.368,19 ₺
23	198.270,20 ₺	229.073,78 ₺	251.233,12 ₺	187.241,53 ₺	220.015,42 ₺	244.294,83 ₺	175.751,99 ₺	194.781,12 ₺	236.636,60 ₺
24	208.183,71 ₺	240.527,47 ₺	263.794,77 ₺	196.603,61 ₺	231.016,19 ₺	256.509,57 ₺	184.539,59 ₺	204.520,17 ₺	248.468,43 ₺
25	218.592,89 ₺	252.553,85 ₺	276.984,51 ₺	206.433,79 ₺	242.567,00 ₺	269.335,05 ₺	193.766,57 ₺	214.746,18 ₺	260.891,85 ₺
26	229.522,54 ₺	265.181,54 ₺	290.833,74 ₺	216.755,48 ₺	254.695,35 ₺	282.801,80 ₺	203.454,90 ₺	225.483,49 ₺	273.936,45 ₺
27	240.998,66 ₺	278.440,62 ₺	305.375,42 ₺	227.593,25 ₺	267.430,12 ₺	296.941,89 ₺	213.627,64 ₺	236.757,66 ₺	287.633,27 ₺
28	253.048,60 ₺	292.362,65 ₺	320.644,20 ₺	238.972,91 ₺	280.801,63 ₺	311.788,99 ₺	224.309,03 ₺	248.595,55 ₺	302.014,93 ₺
TOPLAM	3.955.220,14 ₺	4.569.709,71 ₺	5.011.758,21 ₺	3.735.213,29 ₺	4.389.007,78 ₺	4.873.348,87 ₺	3.506.012,64 ₺	3.885.617,75 ₺	4.720.577,65 ₺

Çizelge 4.9. Finansal analizler duvar yalıtımı

FİNANSAL ANALİZLER DUVAR YALITIMI									
	XPS(3cm)	XPS(5cm)	XPS(8cm)	EPS(3cm)	EPS(5cm)	EPS(8cm)	Taş Yünü (3cm)	Taş Yünü (5cm)	Taş Yünü (8cm)
TOPLAM TASARRUF	3.955.220,14 ₺	4.569.709,71 ₺	5.011.758,21 ₺	3.735.213,29 ₺	4.389.007,78 ₺	4.873.348,87 ₺	3.506.012,64 ₺	3.885.617,75 ₺	4.720.577,65 ₺
TOPLAM YATIRIM	127.850,51 ₺	137.119,12 ₺	151.010,28 ₺	121.604,78 ₺	126.697,81 ₺	134.343,24 ₺	148.010,92 ₺	148.010,92 ₺	162.525,47 ₺
YATIRIMIN GETİRİŞİ	3.827.369,63 ₺	4.432.590,59 ₺	4.860.747,93 ₺	3.613.608,52 ₺	4.262.309,97 ₺	4.739.005,63 ₺	3.358.001,73 ₺	3.737.606,84 ₺	4.558.052,18 ₺
GETİRİ ORANI	2894%	3133%	3119%	2872%	3264%	3428%	2169%	2425%	2705%
GERİ ÖDEME SÜRESİ (AY)	22	20	20	22	18	14	28	27	25

EK-4. (devam) Mevcut konut binası için duvar ısı yalıtım uygulaması maliyetleri ve finansal analizleri

Çizelge 4.10. Gelecek değer yöntemi

Gelecek yıllara ait hesaplama yapılırken kullanılan yöntem gelecek değer yöntemidir. Bu yöntemle, bugün hesaplanan bir maliyetin gelecekteki değeri bulunur. Bu hesaplamada kullanılan faiz oranı TCMB (Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası)'nın 2029 yılına kadar olan enflasyon hedeflemelerinin ortalamasıdır. Hesaplama yapılan formül şu şekildedir:
$GD = BD \cdot (1+i)^t$ BD= Bugünkü Değer GD= Gelecek Değer İ= İndirgeme Oranı T= Dönem Sayısı
Faydalı ömür kullanılan malzemenin ekonomik yarar sağlama süresini ifade etmektedir. Gelir İdaresi Başkanlığı her ürün için bir ekonomik ömür belirlemiştir. VUK 262 maddesinde "Maliyet bedeli, iktisadi bir kıymetin iktisap edilmesi veyahut değerinin artırılması münasebetiyle yapılan ödemelerle bunlara müteferri bilumum giderlerin toplamını ifade eder." denmektedir.
Kullanılan malzeme binanın değerini yükselteceği ve ek değer katacağı için binanın maliyetine aktarılmış ve amortisman oranı binanın faydalı ömrüyle aynı esas alınmıştır. Betonarme binalar için ekonomik tükenme ömrü 50 yıldır.

Çizelge 4.11. Elli yıllık toplam tasarruf tutarı

50 YILLIK TOPLAM TASARRUF TUTARI								
XPS(3cm)	XPS(5cm)	XPS(8cm)	EPS(3cm)	EPS(5cm)	EPS(8cm)	Taş Yünü (3cm)	Taş Yünü (5cm)	Taş Yünü (8cm)
14.186.095,11 ₺	16.390.070,39 ₺	17.975.555,36 ₺	13.397.001,72 ₺	15.741.951,02 ₺	17.479.125,85 ₺	12.574.933,14 ₺	13.936.453,86 ₺	16.931.184,91 ₺

EK-4. (devam) Mevcut konut binası için duvar ısı yalıtım uygulaması maliyetleri ve finansal analizleri

Çizelge 4.12. Finansal analizler duvar yalıtımı

	FİNANSAL ANALİZLER DUVAR YALITIMI								
	XPS(3cm)	XPS(5cm)	XPS(8cm)	EPS(3cm)	EPS(5cm)	EPS(8cm)	Taş Yünü (3cm)	Taş Yünü (5cm)	Taş Yünü (8cm)
TOPLAM TASARRUF	14.186.095,11 ₺	16.390.070,39 ₺	17.975.555,36 ₺	13.397.001,72 ₺	15.741.951,02 ₺	17.479.125,85 ₺	12.574.933,14 ₺	13.936.453,86 ₺	16.931.184,91 ₺
TOPLAM YATIRIM	127.850,51 ₺	137.119,12 ₺	151.010,28 ₺	121.604,78 ₺	126.697,81 ₺	134.343,24 ₺	148.010,92 ₺	148.010,92 ₺	162.525,47 ₺
YATIRIMIN GETİRİSİ	14.058.244,60 ₺	16.252.951,27 ₺	17.824.545,08 ₺	13.275.396,94 ₺	15.615.253,21 ₺	17.344.782,61 ₺	12.426.922,22 ₺	13.788.442,95 ₺	16.768.659,44 ₺
GETİRİ ORANI	10896%	11753%	11704%	10817%	12225%	12811%	8296%	9216%	10218%
GERİ ÖDEME SÜRESİ (AY)	22	20	20	22	18	14	28	27	25

EK-5. Mevcut konut binasında dış kabuğunda cam alternatiflerinin maliyetleri ve finansal analizleri

Çizelge 5.1. Cam maliyetleri

Cam Türü	POZ AÇILIMI	BİRİMİ	METRAJ	BİRİM FİYAT	TOPLAM FİYAT
Tek cam	Pvc ve alüminyum doğramaya profil ile 4 mm kalınlıkta pencere ünitesi takılması	M2	143,6	43,46 ₺	6.240,41 ₺
Çift Cam (Mavi)	6 (mavi) mm + 6 mm kalınlıkta 12 mm ara boşluk çıtalı,dış camı temperli, renkli güneş kontrol camı, iç camı	M2	143,6	215,38 ₺	30.928,75 ₺
Çift Cam (Yeşil)	6 (yeşil) mm + 6 mm kalınlıkta 12 mm ara boşluk çıtalı,dış camı temperli, renkli güneş kontrol camı, iç camı ısı	M2	143,6	210,13 ₺	30.174,85 ₺
low-e	Pvc ve alüminyum doğramaya profil ile 4+4 mm kalınlıkta 16 mm ara boşluklu ilk camı güneş ve ısı kontrol	M2	143,6	151,08 ₺	21.695,27 ₺
3 cam	4 + 4 + 4 mm kalınlıkta 16 + 16 mm ara boşluk çıtalı, ilk camı ısı ve güneş kontrol kaplamalı, ikinci camı	M2	143,6	242,94 ₺	34.886,72 ₺
çift seçici geçirgen	6+4 mm kalınlıkta,12 mm ara boşluk çıtalı dış camı temp.reflektif.güneş kontrol camı,iç camı düzcam yalıtım	M2	143,6	187,82 ₺	26.970,77 ₺

Çizelge 5.2. Yıllık ısıtma maliyetleri

Cam Türü	Isıtma Yüğü	Birim Doğalgaz Fiyatı	Yıllık Isıtma Maliyeti
Tek cam	69391	1,68 ₺	116.576,88 ₺
Çift Cam (Mavi)	53793	1,68 ₺	90.372,24 ₺
Çift Cam (Yeşil)	53729	1,68 ₺	90.264,72 ₺
low-e (çift)	49327	1,68 ₺	82.869,36 ₺
3 cam	49294	1,68 ₺	82.813,92 ₺
çift seçici geçirgen	55632	1,68 ₺	93.461,76 ₺

EK-5. (devam) Mevcut konut binasında dış kabuğunda cam alternatiflerinin maliyetleri ve finansal analizleri

Çizelge 5.3. Yıllık soğutma maliyetleri

Cam Türü	Soğutma Yüğü	Birim Elektrik Maliyet	Yıllık Soğutma Maliyet
Tek cam	55833	0,42126	23.520,21 ₺
Çift Cam (Mavi)	44493	0,42126	18.743,12 ₺
Çift Cam (Yeşil)	44546	0,42126	18.765,45 ₺
low-e (çift)	45207	0,42126	19.043,90 ₺
3 cam	46614	0,42126	19.636,61 ₺
çift seçici geçirgen	40464	0,42126	17.045,86 ₺

Çizelge 5.4. Toplam maliyetler ve analizler

Cam Türü	Yıllık Isıtma Maliyeti	Yıllık Soğutma Maliyeti	Toplam Maliyet	Toplam 1. Yıl Tasarruf	2. Yıl Tasarruf	3. Yıl Tasarruf	4. Yıl Tasarruf Miktarı
Tek cam	116.576,88 ₺	23.520,21 ₺	140.097,09 ₺				
Çift Cam (Mavi)	90.372,24 ₺	18.743,12 ₺	109.115,36 ₺	30.981,73 ₺	34.157,36 ₺	35.865,22 ₺	37.658,48 ₺
Çift Cam (Yeşil)	90.264,72 ₺	18.765,45 ₺	109.030,17 ₺	31.066,92 ₺	34.251,28 ₺	35.963,85 ₺	37.762,04 ₺
low-e (çift)	82.869,36 ₺	19.043,90 ₺	101.913,26 ₺	38.183,83 ₺	42.097,67 ₺	44.202,55 ₺	46.412,68 ₺
3 cam	82.813,92 ₺	19.636,61 ₺	102.450,53 ₺	37.646,56 ₺	41.505,33 ₺	43.580,59 ₺	45.759,62 ₺
çift seçici geçirgen	93.461,76 ₺	17.045,86 ₺	110.507,62 ₺	29.589,46 ₺	32.622,39 ₺	34.253,50 ₺	35.966,18 ₺
İndirgeme Oranı*	5%						
* indirgeme oranı merkez bankasının 10 yıllık enflasyon hedefinin ortalamasıdır.							

Çizelge 5.5. Cam alternatiflerinin maliyet analizleri

MALİYET ANALİZLERİ CAM					
	Çift Cam (Mavi)	Çift Cam (Yeşil)	low-e (çift)	3 cam	çift seçici geçirgen
TOPLAM TASARRUF	1.898.334,52 ₺	1.903.554,54 ₺	2.339.626,74 ₺	2.306.706,58 ₺	1.813.026,76 ₺
TOPLAM YATIRIM	30.928,75 ₺	30.174,85 ₺	21.695,27 ₺	34.886,72 ₺	26.970,77 ₺
YATIRIMIN GETİRİSİ	1.867.405,77 ₺	1.873.379,69 ₺	2.317.931,47 ₺	2.271.819,85 ₺	1.786.055,99 ₺
GETİRİ ORANI	5938%	6108%	10584%	6412%	6522%
GERİ ÖDEME SÜRESİ (AY)	11,00	11,00	7,00	11,00	11,00

EK-5. (devam) Mevcut konut binasında dış kabuğunda cam alternatiflerinin maliyetleri ve finansal analizleri

Çizelge 5.6. Maliyet analizleri cam

MALİYET ANALİZLERİ CAM					
	Çift Cam (Mavi)	Çift Cam (Yeşil)	low-e (çift)	3 cam	çift seçici geçirgen
TOPLAM TASARRUF	6.808.711,80 ₺	6.827.434,32 ₺	8.391.484,23 ₺	8.273.410,26 ₺	6.502.740,47 ₺
TOPLAM YATIRIM	30.928,75 ₺	30.174,85 ₺	21.695,27 ₺	34.886,72 ₺	26.970,77 ₺
YATIRIMIN GETİRİSİ	6.777.783,05 ₺	6.797.259,47 ₺	8.369.788,96 ₺	8.238.523,53 ₺	6.475.769,69 ₺
GETİRİ ORANI	21814%	22426%	38479%	23515%	23910%
GERİ ÖDEME SÜRESİ (AY)	11,00	11,00	7,00	11,00	11,00

Çizelge 5.7. Mevcut konut binası için duvar ısı yalıtım uygulaması yıllık tasarruf miktarları

CAM YALITIMI					
YILLAR	Çift Cam (Mavi)	Çift Cam (Yeşil)	low-e (çift)	3 cam	çift seçici geçirgen
1	30.981,73 ₺	31.066,92 ₺	38.183,83 ₺	37.646,56 ₺	29.589,46 ₺
2	34.157,36 ₺	34.251,28 ₺	42.097,67 ₺	41.505,33 ₺	32.622,39 ₺
3	35.865,22 ₺	35.963,85 ₺	44.202,55 ₺	43.580,59 ₺	34.253,50 ₺
4	37.658,48 ₺	37.762,04 ₺	46.412,68 ₺	45.759,62 ₺	35.966,18 ₺
5	39.541,41 ₺	39.650,14 ₺	48.733,32 ₺	48.047,61 ₺	37.764,49 ₺
6	41.518,48 ₺	41.632,65 ₺	51.169,98 ₺	50.449,99 ₺	39.652,71 ₺
7	43.594,40 ₺	43.714,28 ₺	53.728,48 ₺	52.972,48 ₺	41.635,35 ₺
8	45.774,12 ₺	45.899,99 ₺	56.414,91 ₺	55.621,11 ₺	43.717,12 ₺
9	48.062,83 ₺	48.194,99 ₺	59.235,65 ₺	58.402,16 ₺	45.902,97 ₺
10	50.465,97 ₺	50.604,74 ₺	62.197,43 ₺	61.322,27 ₺	48.198,12 ₺
11	52.989,27 ₺	53.134,98 ₺	65.307,31 ₺	64.388,39 ₺	50.608,03 ₺
12	55.638,73 ₺	55.791,73 ₺	68.572,67 ₺	67.607,81 ₺	53.138,43 ₺
13	58.420,67 ₺	58.581,31 ₺	72.001,30 ₺	70.988,20 ₺	55.795,35 ₺
14	61.341,70 ₺	61.510,38 ₺	75.601,37 ₺	74.537,61 ₺	58.585,12 ₺
15	64.408,79 ₺	64.585,90 ₺	79.381,44 ₺	78.264,49 ₺	61.514,37 ₺
16	67.629,23 ₺	67.815,19 ₺	83.350,51 ₺	82.177,71 ₺	64.590,09 ₺
17	71.010,69 ₺	71.205,95 ₺	87.518,03 ₺	86.286,60 ₺	67.819,60 ₺
18	74.561,22 ₺	74.766,25 ₺	91.893,94 ₺	90.600,93 ₺	71.210,58 ₺
19	78.289,28 ₺	78.504,56 ₺	96.488,63 ₺	95.130,97 ₺	74.771,10 ₺
20	82.203,75 ₺	82.429,79 ₺	101.313,07 ₺	99.887,52 ₺	78.509,66 ₺
21	86.313,94 ₺	86.551,28 ₺	106.378,72 ₺	104.881,90 ₺	82.435,14 ₺
22	90.629,63 ₺	90.878,85 ₺	111.697,65 ₺	110.125,99 ₺	86.556,90 ₺
23	95.161,11 ₺	95.422,79 ₺	117.282,54 ₺	115.632,29 ₺	90.884,74 ₺
24	99.919,17 ₺	100.193,93 ₺	123.146,66 ₺	121.413,91 ₺	95.428,98 ₺
25	104.915,13 ₺	105.203,62 ₺	129.304,00 ₺	127.484,60 ₺	100.200,43 ₺
26	110.160,89 ₺	110.463,80 ₺	135.769,20 ₺	133.858,83 ₺	105.210,45 ₺
27	115.668,93 ₺	115.986,99 ₺	142.557,66 ₺	140.551,77 ₺	110.470,97 ₺
28	121.452,38 ₺	121.786,34 ₺	149.685,54 ₺	147.579,36 ₺	115.994,52 ₺
TOPLAM	1.898.334,52 ₺	1.903.554,54 ₺	2.339.626,74 ₺	2.306.706,58 ₺	1.813.026,76 ₺

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AYTEKİN, Gökem
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 19.05.1989, Kırıkkale
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (533) 542 65 85
e-mail : gorkemaytekin@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor.
Lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	2011
Lise	Kırıkkale Fen Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-Halen	Nokta Grup Mimarlık Ltd. Şti.	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce - İleri Seviye

Hobiler

Yüzmek, Mimari ve Kültürel Geziler, Futbol oynamak.



GAZİ GELECEKTİR..