



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**TÜRKİYE'DE GELENEKSEL KONUTLARIN**  
**BİM TABANLI ISI PERFORMANS**  
**ANALİZLERİNİN YAPILMASI VE**  
**RESTORASYON ÖNERİLERİ**

**Ömer ÖZEREN**

**DOKTORA TEZİ**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Ekim 2022**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ömer ÖZEREN tarafından hazırlanan “TÜRKİYE’DE GELENEKSEL KONUTLARIN BIM TABANLI ISI PERFORMANS ANALİZLERİNİN YAPILMASI VE RESTORASYON ÖNERİLERİ” adlı tez çalışması 17/10/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Prof. Dr. Mine ULUSOY

.....

#### Danışman

Doç. Dr. Mustafa KORUMAZ

.....

#### Üye

Doç. Dr. Fatih CANAN

.....

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emre DİNÇER

.....

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Bahar Sultan QURRAIE

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ömer ÖZEREN

Tarih: 17.10.2022

## ÖZET

### DOKTORA TEZİ

# TÜRKİYE'DE GELENEKSEL KONUTLARIN BIM TABANLI ISI PERFORMANS ANALİZLERİNİN YAPILMASI VE RESTORASYON ÖNERİLERİ

Ömer ÖZEREN

Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mustafa KORUMAZ

2022, 183 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Mustafa KORUMAZ  
Prof. Dr. Mine ULUSOY  
Doç. Dr. Fatih CANAN  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emre DİNÇER  
Dr. Öğr. Üyesi Bahar Sultan QURRAIE

Dünya genelinde enerji talebindeki artışla beraber tehlikeli boyutlara ulaşan küresel ısınmayı önlemek için sera gazlarının emisyonlarını azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde dünyada tüketilen enerjinin yaklaşık dörtte biri konutlarda harcandığı bilinmektedir. Bu nedenle konutlarda ısı performansın artırılması gereksinim duyulan enerji miktarını azaltması bakımından önemlidir. Binalardaki ısı performansın artırılmasına yönelik birincil uygulamalar ısı yalıtımına yönelik güçlendirme yapılması ve malzeme üretimindeki enerji kullanımını düşürme çabalarıdır. Yeni binalarda gözlemlenen bu uygulamalar, günümüzde koruma uygulamalarının büyük çoğunluğunda güncel bina uygulamalarındaki gibi sürdürülebilir kriterler doğrultusunda yapılması gerektiği söylenebilir. Tarihi binalarda ısı performansına yönelik hesaplamalar günümüzün yükselen değeri olan ve yapı imalatından kullanım sürecine kadar farklı aşamalarda hesaplamalara ve analizlere dayanan BIM teknolojilerinin tarihi bina referanslı versiyonu olan HBIM (Heritage Building Information Modelling) yöntemidir. Miras Bina Bilgi Modellemesi (HBIM) platformu tarihi binaların restorasyonunda ve yeniden kullanımlarında enerji etkinliklerinin analiz edildiği, farklı parametrelere göre sonuçların gözlemlendiği, uygulamaya yönelik alternatiflerin oluşturulduğu bir değerlendirme imkanı sunmaktadır. HBIM ortamında Kültürel miras ile ilgili çalışmalarda nokta bulutlarından elde edilen BIM tabanlı modeller kullanılmaktadır. Tez kapsamında HBIM çalışmalarına yönelik genel değerlendirme ilk etapta gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasında ikincil olarak HBIM platformunun tarihi binanın enerji etkinliğine yönelik değerlendirmeler yapılarak, ahşap ve taş malzemenin beraber kullanıldığı iki farklı iklim bölgesinde bulunan Geleneksel Türk evlerinin iki örneği vaka çalışması olarak gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda BIM ve TS 825 tabanlı semantik bir bakış açısıyla Dynamo arayüzünde yarı-parametrik enerji hesaplama ve optimizasyon sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem ile tarihi binalara yönelik koruma ve kullanım uygulamalarında enerji verimliliğinin nasıl artırılacağına yönelik değerlendirme ve sonuçlara ulaşılmıştır. Sonuçlara göre HBIM platformunun kullanımının dünya genelinde koruma uygulamalarına getirdiği yenilikçi yaklaşımlara yönelik veriler ortaya koyulmuştur. Koruma uygulamalarında tarihi binanın özgün kimliğine zarar vermeden enerji tüketimini azaltacak şekilde ısı yalıtım özelliklerinin geliştirilmesi teknolojiyle birlikte daha etkin sağlanabilmektedir. Ayrıca çalışma içerisinde tarihi yapıların enerji performansını artırmaya yönelik önlemlere yönelik işlem sırası sunan yasal düzenlemenin ülkemizde yapılan uygulamalara da atıfta bulunularak değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** HBIM, Kültürel Miras, Lazer Tarama, Tarihi Yapılar, Isıl Performans, Parametrik Hesaplama

## **ABSTRACT**

### **PhD THESIS**

# **BIM-BASED THERMAL PERFORMANCE ANALYSIS OF TRADITIONAL HOUSINGS IN TURKEY AND RESTORATION RECOMMENDATIONS**

**Ömer ÖZEREN**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Architecture**

**Advisor: Assoc.Prof.Dr. Mustafa KORUMAZ**

**2022, 183 Pages**

#### **Jury**

**Assoc.Prof.Dr. Mustafa KORUMAZ**

**Prof. Dr. Mine ULUSOY**

**Assoc.Prof.Dr. Fatih CANAN**

**Asst.Prof. Ahmet Emre DİNÇER**

**Asst.Prof. Bahar Sultan QURRAIE**

In order to prevent global warming, which has reached dangerous levels with the increase in energy demand worldwide, studies are carried out to reduce emissions of greenhouse gases. It is known that approximately one fourth of the energy consumed in the world today is spent in residences. For this reason, increasing the thermal performance in houses is important in terms of reducing the amount of energy needed. Primary applications for increasing the thermal performance in buildings are strengthening for thermal insulation and efforts to reduce energy use in material production. It can be said that these practices observed in new buildings should be carried out in accordance with sustainable criteria, as in current building practices, in the majority of conservation practices today. Calculations for thermal performance in historical buildings is the HBIM (Heritage Building Information Modeling) method, which is the historical building referenced version of BIM technologies, which is today's rising value and based on calculations and analyzes at different stages from building production to usage process. The Heritage Building Information Modeling (HBIM) platform offers an evaluation opportunity in the restoration and reuse of historical buildings, where energy efficiency is analyzed, results are observed according to different parameters, and alternatives for implementation are created. BIM-based models obtained from point clouds are used in cultural heritage studies in the HBIM environment. Within the scope of the thesis, a general evaluation of HBIM studies was carried out in the first place. Secondly, in the thesis study, evaluations of the energy efficiency of the historical building of the HBIM platform were made, and two examples of Traditional Turkish houses located in two different climatic regions where wood and stone materials were used together were carried out as a case study. In this direction, a semi-parametric energy calculation and optimization system has been developed in the Dynamo interface with a semantic perspective based on BIM and TS 825. With the developed system, evaluations and results on how to increase energy efficiency in the protection and use applications of historical buildings have been achieved. According to the results, data on the innovative approaches brought by the use of the HBIM platform to conservation practices around the world have been revealed. In conservation applications, the improvement of thermal insulation properties in a way that reduces energy consumption without damaging the original identity of the historical building can be achieved more effectively with technology. In addition, in the study, evaluations are made by referring to the applications made in our country of the legal regulation that provides the order of action for measures to increase the energy performance of historical buildings.

**Keywords:** Cultural Heritage, HBIM, Historic Buildings, Laser Scanning, Thermal Performance, Parametric Calculation

## ÖNSÖZ

Doktora tez çalışmamda yönlendirmeleri ve destekleriyle her zaman yanımda olan değerli hocam Doç. Dr. Mustafa KORUMAZ'A ve ailesine, yönlendirmeleri ile çalışmamın gelişimine katkıda bulunan Doç.Dr. Fatih CANAN ve Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emre DİNÇER'e en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında benden desteklerini esirgemeyen, sağladıkları sevgi dolu ortam ve yaptıkları fedakârlıklarla çalışmamı sonuçlandırmamda yardımcı olan babam Hacı Mehmet ÖZEREN'e, annem Şerife ÖZEREN'e ve kardeşim Beyza Nur ÖZEREN'e ve bana her konuda sürekli destek ve moral vererek yanımda olan sevgili eşim, Edibe Begüm ÖZEREN'e ve ailesine ve son olarak bu süreçte ailemize katılarak mutluluk getiren oğlum Mehmet Kerem ÖZEREN'e sonsuz sevgimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Ömer ÖZEREN  
KONYA-2022

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Amaç-Kapsam .....	3
1.2. Yöntem.....	4
1.3. Çalışmanın Hipotezi .....	6
1.4. Kaynak Araştırması .....	7
<b>2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....</b>	<b>15</b>
2.1. Binalarda Enerji Performansı Hesaplama.....	20
2.1.1. TS 825 Kurallarına Göre Hesaplama.....	20
2.1.2. Performansa Dayalı Simülasyon Araçları ile Hesaplama.....	23
2.2. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM).....	24
2.2.1. BIM'in Tanım ve Süreci .....	25
2.2.2. BIM'in Potansiyelleri ve Riskleri .....	29
2.2.3. Kullanım Araçları .....	30
2.2.4. BIM Detay Seviyeleri .....	31
2.2.5. Yurtdışında BIM Kullanımı.....	34
2.2.6. Türkiye BIM Kullanımı .....	35
2.3. Parametrik Tasarım ve Dynamo Görsel Programlama Eklentisi.....	35
2.4. Miras Yapı Bilgi Modellemesi (HBIM) .....	37
2.5. Bölüm Sonucu.....	39
<b>3. GELENEKSEL YAPILARDA ISIL PERFORMANS.....</b>	<b>41</b>
3.1. Tarihi Yapıların Genel Özellikleri .....	41
3.2. Tarihi Yapılar ile İlgili Düzenlemeler .....	43
3.3. Tarihi Yapılarda Isıl performanslarının İyileştirilmesi.....	46
3.3.1. Tarihi Yapılarda Isıl Performansın İyileştirilmesi için Analiz Yöntemleri ..	47
3.3.2. Tarihi Yapılarda Isıl Performansları İyileştirme Yöntemleri .....	49
3.4. Bölüm Sonucu.....	51
<b>4. ALAN ÇALIŞMASI .....</b>	<b>52</b>

4.1. Karaman İli Ermenek İlçesi .....	53
4.1.1. Yer .....	53
4.1.2. İklim.....	54
4.1.3.Tarihsel Arka Plan .....	56
4.1.4.Ermenek Evlerinin Karakteristik Özellikleri .....	58
4.2. Ayfer Sönmez Evi.....	61
4.2.1. Ayfer Sönmez Evi Ölçüm Tekniği .....	73
4.3. İzmir İli Tire İlçesi .....	74
4.3.1. Yer .....	74
4.3.2. İklim.....	75
4.3.3.Tarihsel Arka Plan .....	77
4.3.4.Tire Evlerinin Karakteristik Özellikleri .....	79
4.4. Ahmet Şener Evi.....	83
4.4.1. Ahmet Şener Evi Ölçüm Tekniği.....	93
4.5. Örnek Yapıların HBIM tabanlı ısı performanslarının Hesaplanması .....	95
4.5.1. HBIM modelleme süreci.....	96
4.5.2. Parametrik Enerji Hesaplama .....	105
4.5.3. Isı yalıtım malzemelerinin HBIM modelde kullanım olanakları.....	119
4.5.4. Sıva türlerinin HBIM modelde kullanım olanakları .....	125
4.5.5. Cam türlerinin HBIM modelde kullanım olanakları.....	126
<b>5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>128</b>
5.1. Ayfer Sönmez Evi Isıl Performans Hesap Sonuçları.....	128
5.2. Ahmet Şener Evi Isıl Performans Hesap Sonuçları .....	135
5.3. Yalıtım Malzemelerinin Yapılara Göre Enerji Verimleri.....	141
5.4. Bölüm Sonucu.....	145
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>147</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>150</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>170</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

1/U:	Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik direnci
c:	Havanın özgül ısısı
$g_{i,ay}$ :	i yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü
$I_{i,ay}$ :	i yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti
J :	joule
H:	Binanın Özgül Isı Kaybı
H <sub>V</sub> :	Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı
H <sub>T</sub> :	İletim ve Taşınım Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı
KK <sub>Oay</sub> :	Kazanç Kayıp Oranı
R:	Isıl geçirgenlik direnci
$\eta_{ay}$ :	Kazançlar için Aylık Kullanım Faktörü
Q <sub>ay</sub> :	Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı
Q <sub>yıl</sub> :	Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı
U:	Isıl geçirgenlik katsayısı
$\lambda_h$ :	Isıl iletkenlik hesap değeri
$\phi_{s,ay}$ :	Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı
$\phi_{i,ay}$ :	Aylık Ortalama İç Kazanç
V <sub>h</sub> :	Havalandırılan Hacim
V <sub>brüt</sub> :	Brüt Hacim

### Kısaltmalar

API:	Application Programming Interface
BIM :	Building Information Modeling
BPIE :	Buildings Performance Institute Europe
BPS :	Building Performance Simulation
EFFESUS :	Energy Efficiency For Eu Historic Districts Sustainability
FEM:	Finite Element Method
GDL:	Geometric Descriptive Language
GIS:	Geographic Information Systems
GlobalABC:	Global Alliance for Buildings and Construction
HBIM:	Heritage Building Information Modelling
IEA :	International Energy Agency
IISD :	International Institute for Sustainable Development
LOD:	Level of Detail
NBS:	National Building Specification
OECD:	Organisation for Economic Co-operation and Development
TSE :	Türk Standartları Enstitüsü
TLS:	Terrestrial LaserScanner
UNEP :	United Nations Environment Programme

## 1. GİRİŞ

Dünya genelinde sürekli artan enerji talebiyle birlikte doğal kaynakların hızlı tüketilmesi sonucunda iklim değişikliği ve küresel ısınma tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. İklim değişikliği ve küresel ısınmayı önlemek amacıyla dünya genelinde sera gazlarının emisyonlarını azaltılması üzerine birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Kyoto Protokolü (Aralık 1997), Paris İklim Anlaşması (Aralık 2015) gibi uluslararası alanda kabul edilen anlaşmalar sayesinde iklim değişikliği konusunda farkındalığının artmasıyla birlikte, devletler enerji verimliliği konusunda politikalar geliştirilmektedir. Uygulamaya geçilen politikadaki hedeflerde öncelik enerji verimliliği sağlanması, mevcut enerji talebini karşılanması ve CO<sub>2</sub> atmosfere salınımının azaltılması yönündedir. Özellikle bu kapsamda 2050'ye kadar karbon salınımlarını sıfıra indirmek, anlaşmaya imza atan devletlerce planlanmaktadır. Bu doğrultuda inşaat sektörü enerji tüketiminin büyük bir bölümünden sorumlu olduğundan (2019 toplam enerji tüketiminin %35'inden, CO<sub>2</sub> emisyonlarında ise tüm karbon emisyonlarının %38'inden) bu alanda yapılan çalışmalar planlanan hedeflerin gerçekleştirilmesi için önemlidir (United Nations Environment Programme 2020). Özellikle inşaat sektörü içerisinde yer alan konutlar, 2019'da toplam enerji tüketiminin %22'sinden sorumlu olduğundan dolayı bu alanda özel bir çabaya ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye içinde durum dünya ile paralellik göstermektedir. Ülkemizde binalar ve hizmetleri %24,8 oranı ile enerji tüketiminde 2017 yılı için en büyük paya sahiptir (URL 1). Bu nedenle yapıların gerek inşaat süreçleri gerek yaşam süreleri boyunca fazla enerji tüketmeleri nedeniyle, enerji verimliliklerinin artırılması küresel ısınmanın azaltılması yönünde pozitif katkı sağlayacaktır. Enerji verimliliği yapılarda genellikle, bina kabuğunun güçlendirmesiyle veya yapı malzemeleri üzerinden enerji tüketiminin azaltılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Genellikle yeni inşa edilen yapılarda enerji verimliliğinin artırılması hedeflenir. Ancak mevcut yapı stoğu içerisinde yer alan tarihi yapılarda enerji verimliliğinin artırılması hedeflere ulaşılması için oldukça önemlidir. Avrupa birliğinin desteklediği EFFESUS programına göre Avrupa başta olmak üzere birçok ülkede mevcut konutlar toplam yapı stoğunun büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Eski yapılarda ise Avrupa'da 1945'ten önce yapılan binaların yüzdesi ülkelere göre farklılık göstermektedir. Avrupa'da 1945 öncesi konutların ortalaması %23,1'dir. Türkiye'de bu oran % 6,1'dir (EFFESUS, 2013). Tescilli olsun veya olmasın tüm bu inşa edilmiş miras yapıları kültürel geleneklerimizin tanıtıcısıdır. Bu yapılar mevcut yapılardan farklı

olarak yapım teknikleri, malzeme özellikleri ve süsleme özellikleriyle özel ilgi gerektirir ve bu yapıların enerji tüketiminin azaltılması için yapılacak çalışmalar diğer yapılardan farklılık gösterir. Tarihi yapılar için öncelik; enerji tasarrufunun artırılması değil, miras değerlerine saygı duyularak müdahale kararlarının üretilmesidir (Brito, 2016). Bu nedenle enerji tasarrufu ile gerçekleştirilecek iyileştirmeler ile koruma ilkeleri arasında uygun bir denge sağlamak için disiplinler arası bir yaklaşımda gerekir (Ulu vd. 2020).

Bahsedilen düşünceler ve yaklaşımlar son zamanlarda hem akademik camiada hem devletler düzeyinde kabul görmeye başlanmıştır. Avrupa Komisyonu bu kapsamda AB ülkelerinde eski ve yeni binalarda enerji verimliliğinin sağlanması ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılması yönünde bir dizi bildirimler yayınlamıştır (URL 2,3,4). Ülkemizde ise Avrupa Birliği politikaları kapsamında 1998-2017 yılları arasında binalarda enerji verimliliği üzerine çeşitli kanun ve yönetmelikler çıkarılmış veya çıkarılan yönetmelikler güncellenmiştir. 2017 yılında tarihi yapılar için ilk defa, Avrupa Komitesi tarafından tarihi binalarda enerji verimliliği artırılırken koruma standartları EN-16883: 2017 çıkarılmıştır. Standartlar; tarihsel, mimari veya resmi olarak kayıtlı olup olmadıklarına bakılmaksızın kültürel açıdan eski tüm binaları kapsamaktadır (EN-16883: 2017).

Türkiye’de tarihi yapılarla ilgili herhangi özel bir yasal düzenleme yoktur. Bina enerji performansları mühendislik bilgileriyle farklı yöntemler aracılığı ile hesaplanabilmektedir. AB direktifleri doğrultusunda ülkelerde farklı hesaplama modelleri ve araçları kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye’de TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” standardı binaların ısı performansları için kullanılmaktadır. Matematiksel formüllerle manuel hesap yapılabilen bu uygulamada binaların enerji performansı bina kabuğu üzerinden yapıların formları ve yapı malzemelerinin özelliklerine göre hesaplanır. Yapıların formu iki boyutlu planlarından elde edilir. Yapı kabuğunu oluşturan dış yapı elemanlarının katmanlarındaki ısı malzeme özellikleri manuel olarak girilerek hesaplamada kullanılır. Bu hesaplama metodunda bütün yapı malzemelerinin teker teker ısı değerlerini girmek ve geometrileri her seferinde yeniden hesaplamak zaman ve iş gücünden kayba neden olmaktadır. Model tabanlı enerji analizi hesaplama araçlarında ise enerji analizini gerçekleştirilmede çeşitli veriler ve bu verilerin birbirleri ile ilişkisi eş zamanlı olarak hesaplanabilir (Altun vd., 2019).

Tarihi yapılar diğer yapılardan çok daha fazla veri barındırdığından ve dikkat edilmesi gereken çok sayıda parametre olduğundan, model tabanlı enerji analizlerinde kullanılması olası iyileştirmeler için yapılara en az müdahale ile en yüksek enerji

verimliliği sağlanmasında önemli olduğu tez çalışması sırasında gözlemlenmiştir. Tarihi binalarla ilgili yapılan çalışmalarda temel hedef tarihi yapının ısı performansını artırmaktan daha çok, ilgili yapının sahip olduğu değerleri koruyarak ısı performansını artırmaktır. Çalışma sırasında tarihi binanın ısı performansını artırmak ile mimari koruma yaklaşımlarının fikir birliği sağladığı yapılar üzerinden çalışılmıştır. Bu iç içe girmiş ve karmaşık kavramların farkına vararak çalışma konusu belirlenmiştir. Bu nedenle bu çalışma Geleneksel Türk Evi'nin model tabanlı enerji performansının parametrik değişkenlere bağlı olarak nasıl artırılacağı ele alınmıştır.

### 1.1. Amaç-Kapsam

*Tez çalışmasının temel amacı:* Tarihi binaların ısı performanslarının yapının sahip olduğu değerlere zarar vermeden nasıl yapılabileceğine yönelik değerlendirmeler yapmaktır. Tarihi binalar, dünyanın pek çok yerinde önemli yapı stoklarıdır. Bu yapıların taşıdıkları değerlere uygun şekilde enerji verimliliğinin artırılması, günümüzün konfor standartlarına yükseltmeleri ile hem iklim değişikliğinin azaltılmasında hem de miras değerleriyle birlikte yaşatılması konusunda önemlidir. Binaları korumak için kullanıcı gereksinimleri ile enerji verimliliği optimize edilerek, ilk kararlardan itibaren teknoloji ve malzemelerin ve farklı seviyelerde birlikteliğini dengeli bir biçimde kurgulamak gerekmektedir. Tarihi binaların enerji talebini azaltmak ve sürdürülebilir hale getirmek için uygulanabilecek birçok strateji ve teknoloji vardır. Bu nedenle bu tez çalışmasında teknoloji ve miras değerlerini birleştiren bir çalışma olması amaçlanmıştır. Bu bağlamda tez çalışmasının amaçları arasında Geleneksel Türk Evlerinin Tarihi Bina Bilgi Modellemesi (HBIM) ile enerji verimliliğinin artırılmasını ve korunmasını teşvik eden bir bilgi yöntemi geliştirmektir. Örnek alan çalışmaları ile Geleneksel Türk Evinin enerji performansları HBIM model üzerinden farklı değişkenler kullanılarak hesaplanmıştır. Bu sayede mevcutta kullanılan tekniklerin tarihi yapılar üzerinde uygulanması yerine bu yapıların minimum müdahale ile enerji performanslarını artırılabilir. Ayrıca tarihi binalar için olası bir iyileştirmede karar vericilerin, daha fazla alternatif seçenek üretmeleri ve bu alternatifler dâhilinde tarihi binaları güçlendirmede zamandan ve iş gücünden kazanç sağlanmaktadır. Bu tezin bir diğer amacı, model bilgi tabanlı HBIM modeli önererek tarihi yapılarda kullanımını artırmaktır. HBIM model sayesinde farklı dönemlerde gerçekleştirilecek müdahaleler ve olası felaketler (yangın, deprem vb.) için yapıların tüm detayları ile saklanabilmesi ve gerekli görülen müdahalelerin gerçekleştirilebilmesine imkân tanınacaktır. Ayrıca tarihi binaların enerji verimliliğinin artırılarak atmosfere CO<sub>2</sub> salınımının azaltılabileceği ve

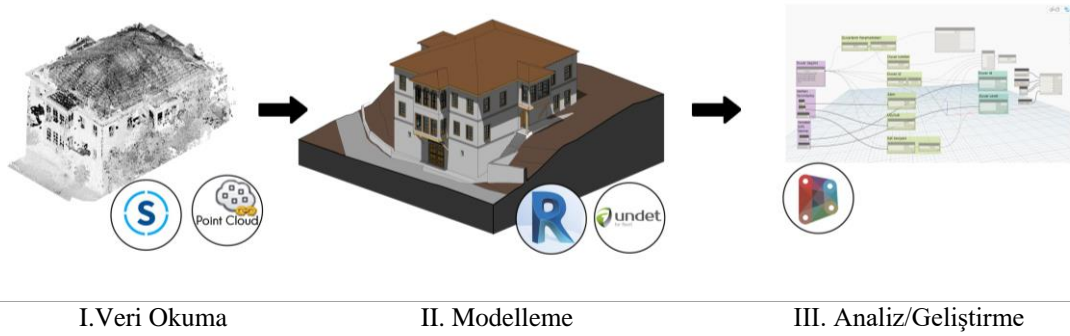
iklim değişikliği için küresel ortamda literatüre katkı sağlanması düşünölmektedir. Önerilen model sayesinde sadece tarihi binalar değil, mevcut konut stoğunun da enerji performansları parametrik olarak hesaplanabilecektir.

## 1.2. Yöntem

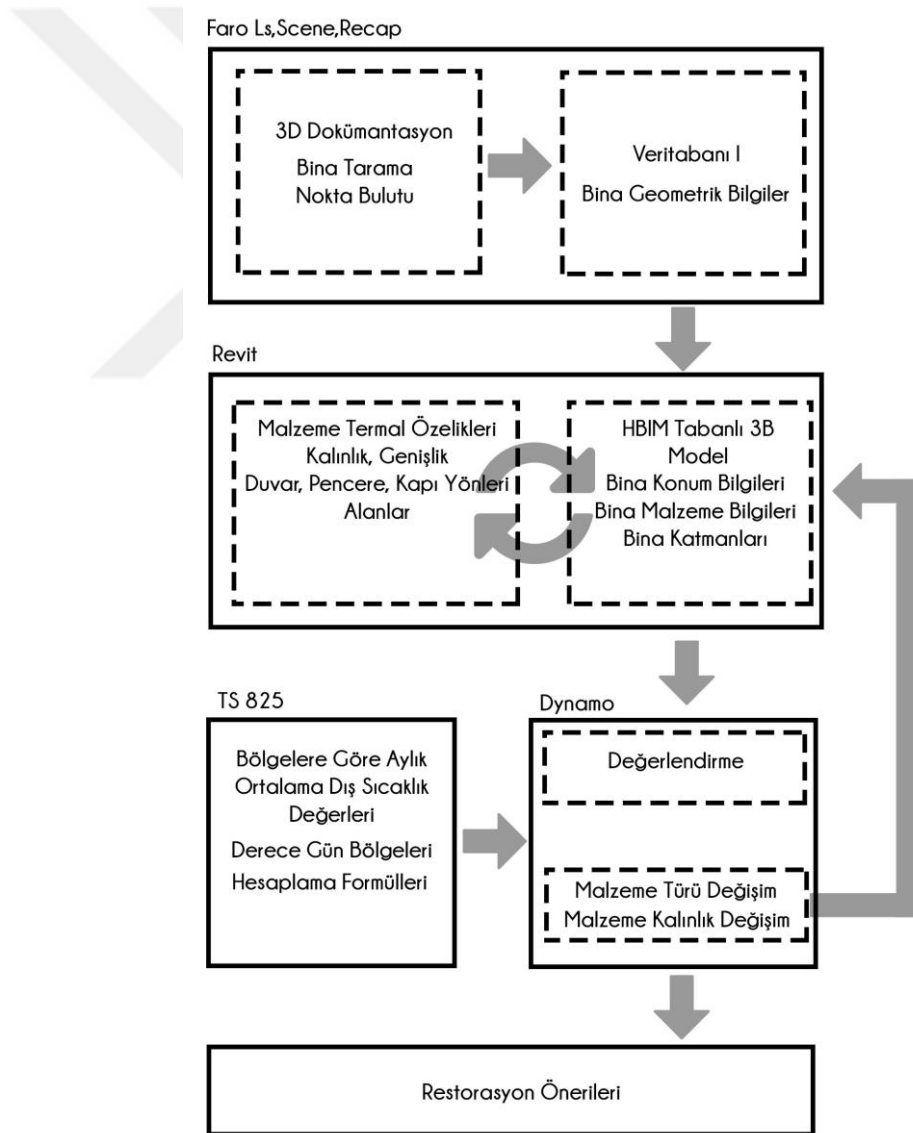
*Bu tezin yöntemi:* parametrik tasarım araçlarını kullanarak tarihi yapılarda ısı performans hesaplarının yapılmasıdır. Bu çalışmada HBIM platformunda gereksinim duyulan enerji analiz yöntemlerinin parametrik bütüncül kullanımı ile yenilikçi bir yaklaşım ortaya konulmuştur. Çalışma metodunda birinci olarak modern belgeleme teknikleri kullanılarak yüksek doğrulukta bina dokümantasyonu gerçekleştirilmiştir. Terrestrial Laser Scanner (TLS) (Faro S120 Laser Scanner) ile elde edilen veriler post-processing (düzenleme) (Scene Software) aşaması sonrasında point-cloud (nokta kümesi), post-processing(düzenleme) yazılımlarından Recap Pro yazılımında, birleştirme, düzenleme ve temizleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Birleştirilmiş nokta bulutu “.rcp” uzantılı dosya türü olarak Revit 2020 platformuna transfer edilmiştir (Revit bu dosya türünde nokta verilerini tanıyor). Nokta bulutunun üzerinden daha verimli model üretmek amacıyla Revit 2020 platformunda “Undet Plugin” kullanılarak 3B nokta bulutunda 2D resimleri oluşturulması sağlanmış farklı paftalar üzerindeki birleştirilmiş görseller (raster imajeler) üzerinden girdilerin birleştirilmesiyle HBIM modeli oluşturulmuştur. Ayrıca bu eklenti (plugin) sayesinde nokta bulut (point-cloud) verisinden elde edilen parametrik modelin doğruluğu analiz edilebilmekte, model ile nokta bulutu kıyaslanarak farklılıklar gözlemlenebilmektedir. Revit içerisinde farklı analizlerde kullanılmak amacıyla 3B model farklı detaylarda (Level of Detail-LOD) nokta bulutu tabanlı katı model olarak hazırlanmıştır. İkinci olarak elde edilen bu 3B modellerden gereksinim duyulduğunda farklı paftalar (planlar, kesit, görünüş ve 3B perspektifler) elde edilebilmektedir. Böylelikle yüksek doğrulukta model elde edilmiştir. Üçüncü olarak elde edilen HBIM model Revit'te Dynamo görsel programlama eklentisi kullanılarak parametrik olarak enerji analizi yapılmıştır. Enerji analizinde TS 825 standartları kullanılmıştır.

HBIM modeldeki yapı malzemelerinin kullanım yerleri, çeşitleri, kalınlıkları, ısı geçirgenlik değerleri ve TS 825 standartlarında hesaplama yöntemleri Dynamo içerisinde hazır kodlar ve Dynamo yazılım dili olan Python programlama dilinde kodlar yazılarak elde edilmiştir. Dynamo çalışmada; HBIM modelden gerekli verileri alma, bu verilerin parametrelerinin değiştirilmesiyle farklı malzeme özelliklerinin

tanımlanmasına ve ardından tekrar HBIM modelle optimizasyonun sağlanmasına imkân tanır.



Şekil.1.1. Araştırmada kullanılan yazılımlar.



Şekil.1.2. Metodoloji

### 1.3. Çalışmanın Hipotezi

Aşağıdaki araştırma problemlerine cevap bulmak bu tezin temelini oluşturmaktadır:

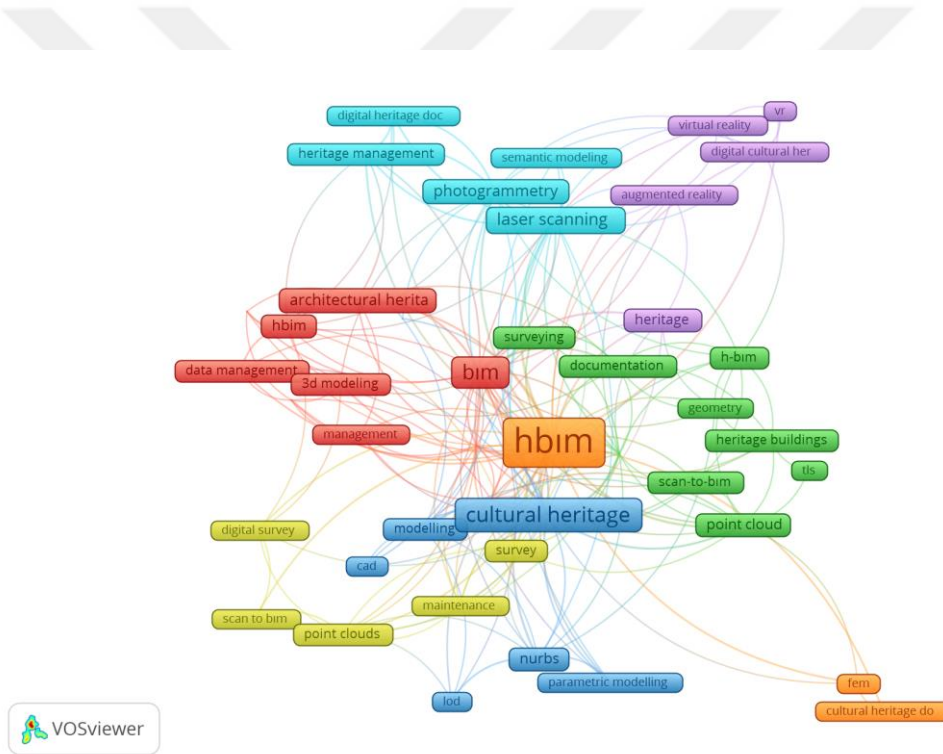
Bu tezin hipotezi: parametrik tasarım araçları tarihi binaların ısı performanslarının değerlendirilmesinde klasik hesaplamalara göre kolaylık sağlamak ve bu kolaylıklar koruma uygulamalarının verimliliğini artırmaktadır.

Bu tezin alt hipotezleri;

- Tarihi yapılardan gerçekleştirilen model tabanlı güçlendirmeler olası zorlukların önceden keşfedilmesine ve çözüm üretilmesinde avantaj sağlamaktadır.
- BIM tabanlı araçların kullanımı tarihi yapıların restorasyon süreçlerinde geleneksel yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır.
- İklimsel veri parametreleri iklim bölgelerine göre tarihi yapılarda enerji performansını etkilemektedir.
- Malzeme özellikleri iklimsel veri değerlerine göre farklı performanslar sergilemektedir.
- Miras yapılarında farklı iyileştirme alternatiflerinin belirlenmesinde BIM tabanlı parametrik sistemler en iyi enerji performansının seçiminde belirleyici rol oynayabilir.
- Miras yapıları ve BIM'in entegrasyonunda çeşitli zorluklar bulunmaktadır.

#### 1.4. Kaynak Araştırması

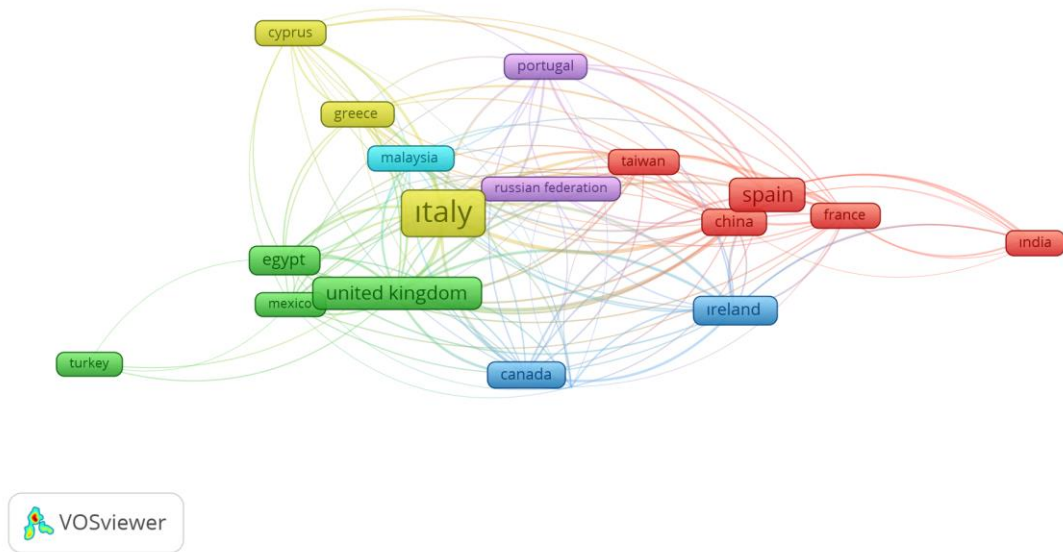
Kaynak araştırmasında ilk olarak genel çerçeveyi belirlemek adına “Heritage Building Information Modelling (HBIM)” başlığı adı altında mimarlık alanını ile ilgili Scopus veri tabanında yayınlanan çalışmalar 2020 (Kasım) 2021 (Ocak) yılları arasında incelenip analiz edilmiştir. Çalışmada elde edilen veriler bibliyometrik analiz tekniği kullanılarak çözümlenmiştir. Veriler VosViewer (Version 1.6.16) paket programı kullanılarak elde edilmiştir. Veri seti 2008-2021 yılları arasındaki 196 yayının; yazarlar, yayın yapılan ülke, yayın yapılan dergiler, çok atıf alan makaleler, anahtar kelime analizi, en çok atıf alan yazarlar gibi çeşitli bibliyometrik göstergeler açısından incelenmiştir.



Şekil.1.3.En çok kullanılan anahtar kelimeler

Yapılan araştırmaya göre bu alanda en çok HBIM, BIM, kültürel miras, nokta bulutu, lazer tarama, belgeleme, tarihi yapılar, 3B modelleme, veri yönetimi, parametrik modelleme, sanal gerçeklik, detay seviyeleri gibi anahtar kelimeler altında çalışmalar yoğunlaşmıştır. Kelimeler gruplanacak olursa ana başlıklar HBIM, lazer tarama, miras yapıları şeklinde gerçekleşecektir. Tez çalışması tüm bu kelime gruplarını kapsamaktadır.



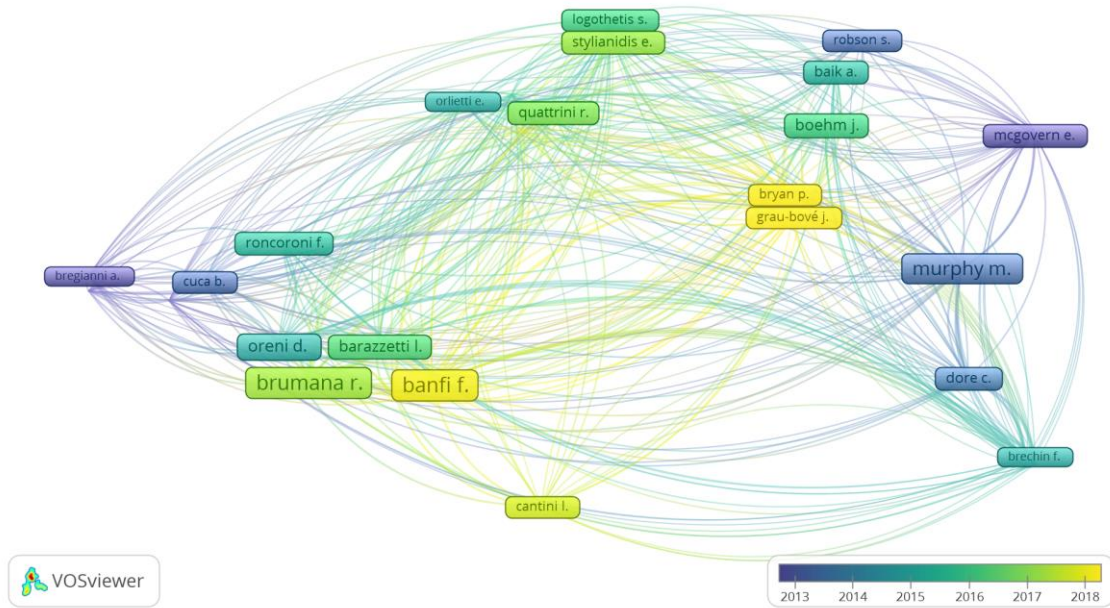


Şekil.1.4.Ülkelere göre bu alanda çalışma sayısı

Miras binaları ve BIM 'in birlikte kullanımı incelendiği Avrupa ülkeleri oldukça önce olduğu görülmektedir. Özellikle İtalya'nın bu konuda oldukça deneyim kazandığı görülmektedir. Ülkelerin birbirleri ile bu alanda ilişkileri incelendiğinde genel olarak bilginin dağılımının dünya genelini kapsayıcı şekilde dağıldığı anlaşılmaktadır. Ancak gelişmiş ülkelerin bu konudaki vesayetleri de oldukça açıktır. Türkiye ve Hindistan'ın bu anlamda merkezi kümeden uzak olduğu göze çarpmaktadır. Tez çalışması bu yönüyle de küresel anlamda koruma ve restorasyon çalışmalarındaki son yıllardaki yeniliklerinde ülkemizdeki birliğin artırılması yönüyle oldukça önemli olacağı gözlemlenebilir.

Çizelge.1.1.Ülkelere göre bu alanda yayın ve atıf sayısı

	Yayın Sayısı	Atıf Sayısı
İtalya	93	632
İspanya	28	192
İngiltere	19	230
İrlanda	10	644



Şekil.1.5.Yıllara göre bu alanda en çok atıf alan yazarlar

Şekil 1.5 ve Çizelge 1.2'deki veriler incelendiğinde son on yılda önemli sayıda çalışmanın bu alanda gerçekleştiği görülmektedir. Özellikle son zamanlarda çalışma sayısının hızlı bir şekilde artış gösterdiği anlaşılmaktadır. Bu verilerde gösteriyor ki tez çalışmasının oldukça güncel konuları kapsamaktadır.

Çizelge.1.2. Bu alanda en çok yayın ve atıf yapılan yazarlar

	Yayın Sayısı	Atıf Sayısı
<b>Banfi F.</b>	12	261
<b>Brumana R.</b>	12	188
<b>Previtali M.</b>	10	162
<b>Murpy M.</b>	10	622
<b>Oreni D.</b>	6	236
<b>Barazetti L.</b>	5	140

Genel taramanın sonrasında literatürde incelenen çalışmalar kaynak gösterimi ve çalışmanın sınırlarını belirlemesi açısından araştırılmıştır. Çalışmanın kapsadığı alanlarda ilerleyen bölümlerde farklı kaynak taramaları da gerçekleştirilmiş ve eklerde sunulmuştur. Bu bölümde gerçekleştirilen araştırmalar çalışmanın sınırları ve değişkenlerinin belirlenmesine yardımcı olmuştur. Çalışma sırasında temel kaynaklardan birisi olan Rocha vd. (2020) örnek bir alan çalışması gerçekleştirmiş, Lizbon'daki Paços Reais evini 3D lazer tarayıcı ile taramışlardır. Elde ettikleri nokta

bulutunu önce Recap programında temizleyip sadeleştirmişlerdir. .Rcp dosya türü ile Revit programında HBIM modelini oluşturmuşlardır. HBIM oluştururken modelleme aşamalarını farklı detay seviyelerinde göstermişlerdir. Tüm mimari unsurları içermenin yanı sıra, son modelde yapısal yapı elemanları, çatı, merdiven, kapı ve pencereler için parametrik aileler oluşturulmuştur. Bu nesnelere benzer projelerde kullanılmasına izin verdiği, aynı anda doğrulanmış bir kütüphane oluşturduğu sonuç kısmında belirtilmiştir.

Gigliarelli vd. (2017) Tarihi binalarda enerji verimliliği için bütünsel çok girdili bir yaklaşım sunmuşlardır. İtalya'nın Frigento kentinde hem kentsel hem de bina ölçeğinde, geleneksel konutlarda HBIM gerçekleştirilmiştir. Tarihi bir binada güçlendirme seçeneklerini belirlemek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanmıştır. AHP seçenekleri; restorasyon ilkeleri, ekonomik uygunluk, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik ile uyumluluk olarak belirlenmiştir. BIM yazılımı olarak Graphisoft Archicad ve enerji modelleme yazılımı olarak Energy + kullanan BIM ve BEP arasındaki birlikte çalışabilirlik üzerine tarihi yapıların sürdürülebilir korunması ve dönüşümü için karar destek sistemlerinin öne sürüldüğü ilk çalışmalardan biridir. Benzer şekilde Kovaçeviç vd. (2019) Tarihi müze yapılarında örnek olay incelemesiyle Galleria dell'Accademia di Firenze da yığma yapı olan müze binasını lazer tarayıcı ile taranmış binanın HBIM modeli Revit programından oluşturulmuştur. Çalışmanın ikinci kısmında model Rhino programı üzerinden Salome Meca programına aktarılmıştır. Bu program aracılığı ile müzenin sonlu yapı analizleri (FEM) yapılmıştır. Çalışma HBIM modelinin yapısal analiz için yarı otonom bir model önerisi getirmiştir.

Piselli vd. (2020) Orta çağdan kalma kale yapısını örnek olay incelemesi ile HBIM modeli üzerinden tarihi yapının ısı performansının güçlendirilmesi Revit, Design Builder ve Energy + yazılımlarının birlikte kullanımlarıyla gerçekleştirmiştir. Yapının HVAC sistem ile jeotermal sistemler aracılığı ile farklı simülasyonlar elde edilmiş, yapının CO<sub>2</sub> emisyonu azaltılmıştır. Bu çalışma, HBIM 'in farklı disiplinler ile birlikteliği ve enerji performans artırılmasına örnek bir vaka çalışmasıdır. Khodeir vd. (2016) Mısır' da tarihi konutların sürdürülebilirliği üzerine HBIM model ile entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Mısır'da HBIM uygulamalarını artırılması, kültür yapılarının sağlamlaştırılması için bir model önerisi getirmiştir. Çalışmada güçlendirme için farklı faz seviyeleri belirlenmiştir. Bu faz seviyeleri; başlatma, planlama, uygulama, izleme ve değerlendirmedir.

Baik (2017) Cidde şehrindeki tarihi yapıların korunması ve izlenmesinin belgelenmesinin sağlanması amacıyla örnek bir olay çalışması gerçekleştirmiştir.

Geleneksel konut yapısında HBIM süreçlerini çalışmasında farklı detay LOD (Level of Detay) seviyelerine yer vermiştir. Başka projelerde kullanılabilir parametrik nesne kütüphanesi oluşturmuştur. Murphy (2012) Dublin'deki miras binalarının klasik mimarisini belgelemek 1700-1830 döneminde tarihi mimari verileri ve lazer tarama anketi verileri üzerine kütüphane nesnelere oluşturmak için bir haritalama sistemi kullanmıştır. Karasal lazer tarayıcı verileri kullanarak, nokta bulutu işleme ve bir ortogörüntü modeli oluşturmuştur. Murphy'nin yönteminin bir sonraki adımı, 18. yüzyıl mimari desen kitaplarından mimari şekil kurallarını kullanarak lazer tarama anket verilerine dayalı bir parametrik kütüphane oluşturmak olmuştur. Murphy'nin kütüphanesi, ArchiCAD programında gerçekleştirmiştir. Sonuçta, yapı elemanlarının akıllı nesnelere şeklinde ayrıntıları da dahil olmak üzere binanın 3 boyutlu modellerinden oluşan bir model oluşturmuştur. HBIM ile ilgili ilk çalışma olma niteliğindedir.

Dore vd.(2012) Kültürel miras alanlarının dijital olarak kaydedilmesi için iki aşamalı bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, bir 3B modelleme ve bu modelin bir 3B CBS'ye entegrasyonunu içermektedir. Teknoloji Enstitüsü binası örnek bir vaka çalışması olarak kullanılır. Tarihi Bina Bilgileri Dublin'de geliştirilen Modelleme (HBIM) yapılıdır. 3B model oluşturulduktan sonra sonraki aşama, 3B modelin bir 3B CBS'ye entegre edilmesini içerir. Analiz için şehrin 3B modeli, CityGML aktarılır. CityGML modelinin, verimli yönetim için CBS platformlarına entegre edilebilir olduğuna amaca göre HBIM modelin farklı şekillerde kullanılabilir olduğuna bu çalışmadan ulaşılabilmektedir. Oreni vd. (2014) depremde zarar görmüş bazilika binasının restorasyonu için HBIM modeli oluşturmuştur. Fotogrametrik ve lazer tarama ile yapı taranıp modeli Revit programında oluşturulmuştur. Çalışmanın ikinci kısmında yapısal analiz için model Rhino programına aktarılmış (NURBS modelleme için) ve bu programdan Midas programına aktarılarak Sonlu Yapısal Analizleri (FEM) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular yenileme çalışmasında kullanılacaktır.

Khaddaj vd. (2016) çalışmalarında BIM ve sürdürülebilirlik hakkındaki son literatürü özetlemektedir. Çalışmada BIM ile ilgili olarak, sürdürülebilirlik kapsam yönetimi içeren literatür tarama yapılmıştır. Mevcut binaların enerji güçlendirmeleri BIM kapsamında değerlendirilmiştir. Logothetis vd. (2015) BIM ve HBIM tanımlamalarıyla ilgili literatür taramaları gerçekleştirmişlerdir. BIM uygulamaları için kullanılan yazılımlar araştırılmış ve özelliklerine göre kıyaslanmışlardır. BIM için

gerekli yazılımların yanı sıra analizler için farklı yazılımlar da özelliklerine göre incelenmiştir.

Stober vd. (2018) Hırvatistan'ın Osijek kentinde Slav Genel Komutanlığı'nın barok sarayının tarihi binasının araştırılması, belgelenmesi ve yorumlanmasında HBIM uygulanmasını gerçekleştirmişlerdir. Lazer tarama ve termal tarama yapılmıştır. Sonrasında nokta bulutu üzerinden BIM modeli termal verilerle beraber modele işlenmiştir. Malinverni vd. (2019) İtalya'nın Marche bölgesi Chiesa della Pietà'da bir kilise örnek olay çalışması kapsamında çalışılmıştır. Bu araştırma kilisenin mevcut durumunu belgelemek ve analiz etmek için HBIM model yapılmıştır. Yapının yüzey bozulmasını ve malzemenin bozulması incelenmiştir. Ayrıca, ahşap yapıların bozulma aşamaları ve restorasyonu için bazı yapısal problemler de incelenmiştir.

Zainudin vd. (2016) Malezya'da geleneksel konutların sökülmesi, yeniden konumlandırılması ve uyarlanabilir yeniden kullanım uygulaması için BIM kullanılmıştır. BIM için Autodesk Revit Architecture yazılımı kullanılmıştır. BIM model daha sonra bina performansı için simüle edilmiştir. Simülasyon için Autodesk Green Building Studio yazılımı kullanılmıştır. Bina yönelimi ve gün ışığı performansı ile bina yeni yeri en uygun şekilde belirlenmiştir. Sierra vd. (2018)'nin çalışması İngiltere'de tarihi konutlarda enerji verimliliğini artırırken bilinçli karar vermek üzere yapılmış çalışmadır. Lazer tarama ile toplanan verilere dayanarak Revit Autodesk'te bir BIM modeli oluşturulmuştur. Daha sonra diğer bina tipolojilerini kapsayacak bir başlangıç noktası olarak tarihi binalar hakkındaki bilgileri paylaşmak için bir Miras Bina Bilgi Modelleme (HBIM) web portalı oluşturulmuştur.

Rahmani Asl (2015) doktora tez çalışmasında, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) tabanlı Performans Optimizasyonu için, en uygun tasarım alternatifleri için tasarım modellerinin çevresel performansını değerlendirirken Dynamo arayüzünü kullanarak tasarım alternatiflerini geliştirmiştir. Yapı performans optimizasyonunu sağlamak için BIM'deki verileri Green Building Studio eşleştirmiştir. Optimizasyon için, evrimsel çok amaçlı algoritmayı kullanarak, Python kodlarıyla Pareto Optimal adlı Dynamo eklentisi geliştirmiştir. Çalışmada Green Building Studio birlikte çalışan BIM-tabanlı Enerji Simülasyonu ve Optimo (Çok Amaçlı Optimizasyon) gibi bir arayüz oluşturmuştur. Bu çalışma, (BIM) Tabanlı Performans Optimizasyonu geliştirme sürecini ele alan ilk çalışmadır. Altun ve Akçamete Güngör (2016), görsel programlama aracı olan Dynamo'da hazır kodlar ve yeni kodlamalarla bir BIM de Green Building Studio enerji

analizi gerçekleştirmiştir. Enerji performansındaki farklı parametrik hesapları Diferansiyel Evrim algoritmasıyla otomatik olarak değerlendirerek elde etmiştir.

Chen vd. (2020), çalışmalarında, BIM tabanlı bina kabuğunda kullanılan yalıtım malzemelerinin optimizasyonu ve tasarımı için Dynamo ve Python kodları kullanılmıştır. Bina kabuğunun ısı performansını, ısı yalıtım malzemelerinin çeşitleri ve kalınlıkları dikkate alarak hesaplamışlardır. Çalışma, Sidney’de bulunan bir eğitim yapısının ön cephesinden termal performanstaki iyileştirilmesi için örnek bir vaka üzerinde uygulanmıştır.

Gigliarelli vd. (2019), Tarihi binaların korunması bağlamında BIM ve bina performans sistemleri arasındaki birlikte çalışabilirliği üzerinde çalışmışlardır. BIM'den performans araçlarının kullanımı, dosya paylaşımları ve aynı anda işlem gerçekleştirmedeki zorluklara değinmişler ve hesaplamalı bir tasarım yaklaşımı önermişlerdir. Çalışmada tarihi bir binanın, HBIM modeli Autodesk Revit programı ile yapılmıştır. HBIM modelinden hesaplamalı tasarım ortamına (Rhinoceros / Grasshopper) dışa aktarımı, web tabanlı “Aragog”, “gbXML” ile gerçekleştirilmiştir. Ardından verilerden enerji modellemesi (Ladybug ve Honeybee Grasshopper eklentisi aracılığıyla) gerçekleştirilmiştir. Çalışmada HBIM üzerinden gerçekleştirilecek enerji performansı çalışmalarının sınırları ve zorlukları ortaya konmuştur.

Lim vd. (2019) hesaplamalı BIM uygulamasını çalışmışlardır. Mevcut bir binanın güçlendirilmesinde karar verme sürecini, bina kabuğunun enerji performansı ve inşaat yatırım maliyetlerini optimize etmek istenmiştir. BIM aracı olarak Revit, görsel bir programlama aracı olarak Dynamo ve çok amaçlı optimizasyon algoritması hesaplanmasında Matlab yazılımları kullanılmıştır. Matlab çıktısından BIM'e optimize edilmesi için çeşitli kodlar yazılmıştır.

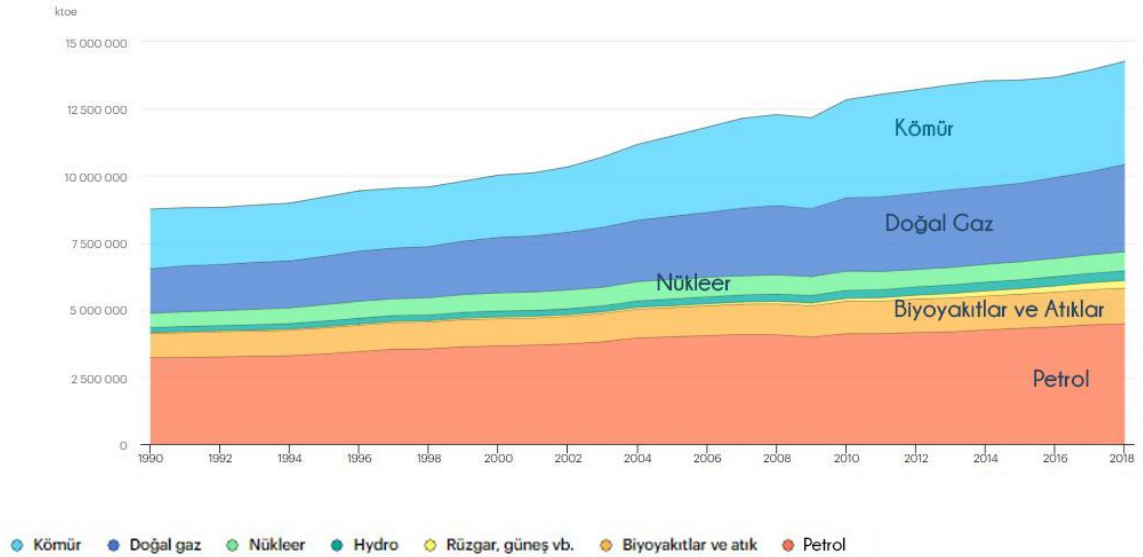
Literatür taramasındaki çalışmalar incelendiğinde akademide son yıllarda tarihi yapılar ve BIM birlikteliğinin kullanımında Avrupa başta olmak üzere dünya genelinde artış yaşandığı görülmüştür. Tarihi yapıların lazer tarayıcı ile taranmasıyla nokta bulutu oluşturulması ve HBIM modelleme süreci ardından çeşitli analizler gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda parametrik enerji hesaplama ve optimizasyon çalışmaları son dönemlerde yeni yapılar kapsamında yapılmaktadır. Tarihi yapılarda ise enerji alanında farklı araçların bir arada kullanımı ile güçlendirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Tarihi yapılarda gerçekleştirilen çalışmalar ve bina enerji performansı üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde ortak birliktelik farklı yazılımların bir arada kullanılması üzerinedir. Farklı yazılımların kullanılması süreci

oldukça zorlayıcı hale getirmektedir. Hesaplama araçlarında öngörülen senaryolar değiştirildiğinde veya farklı tasarım alternatifleri denendiğinde tüm sistem en başa dönmektedir. Ayrıca öngörülen değişiklikler model üzerinde ve gerekli teknik çizimlerde herhangi bir değişiklik göstermemekte ve varsayımlar sonucu gerçekleşmektedir. Bu nedenle tez çalışması bu önemli sorunu tek bir çerçevede ele alarak tüm çalışmaların bir yerde gerçekleştiği birleşik bir sistem önerisi getirmektedir. Bu çalışma ile çeşitli güçlendirme ve tasarım senaryoları model ile bütünleşik parametrik bir şekilde çalışmaktadır. Ayrıca kaynak taramaları incelendiğinde farklı iklim bölgesinde bulunan tarihi yapıların iklim verileri ve mimari miras özelliklerinin bir arada incelenip ısı performanslarının değerlendirdiği bir çalışma bulunamamıştır. Tez çalışması bu yönüyle de diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Üstelik ülkemizde gerçekleştirilen koruma ve restorasyon çalışmalarının özellikle miras varlıkları ve BIM birlikteliği üzerindeki araştırmalar kaynak taramalarına göre yok denecek kadar azdır. Bu nedenle bu çalışma bu anlamda oldukça önemlidir. Son olarak bu çalışma dünyada enerji tüketimleri ve karbon emisyonlarının azaltılması yönündeki hedeflerin gerçekleşmesi yönünde tarihi yapılar özelinde gerçekleştirilmiş olmasıyla sadece bugünün değil aynı zamanda yarının sorunlarında dolaylı olarak cevap vermektedir.

## 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Enerji tarih boyunca hayatın her alanında önemli bir ihtiyaç olmuştur. Temel yaşamsal faaliyetlerin yanı sıra bilimin gelişmesiyle birlikte dünya nüfusunun artmasıyla farklı alanlarda da ortaya çıkan gereksinimler enerjiye duyulan talebi her geçen gün artırmıştır. Enerji ihtiyacının artması doğal kaynakların tüketilmesine sebep olmuş ve sanayi devrimi ile hızlı ve kontrolsüz bir durum almıştır. Bu durum, geri dönüşümünü gerçekleştiremediğimiz enerji kaynak rezervlerinin keşiflerine ve keşfedilen rezervlerinin azalarak hızlı tüketilmesine neden olmuştur. Tüketilen yüksek miktarda fosil yakıtlarının sonucunda insanoğlunun yaşadığı çevreyle uyumu bozulmuş doğal denge değişmiştir. Doğal tahribat, insan yaşamını olumsuz etkileyecek sera gazlarının ve kimyasal maddelerin atmosfere salınımıyla fark edilir düzeyde yükselmiştir. Bunun sonucunda da küresel ısınmanın etkileri tüm dünyada etkisini göstermeye başlamıştır (Panwar vd., 2011, Dikmen, 2011). Aynı zamanda enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. 1973-1974'te yaşanan petrol krizinde kurulan Paris merkezli bağımsız Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2020 raporlarına göre 1990-2018 yılları arasında dünyada enerji tüketimiyle ilgili grafik Şekil 2.1'deki gibi verilmiştir.

Kaynağa göre toplam enerji arzı (TES), Dünya 1990-2018



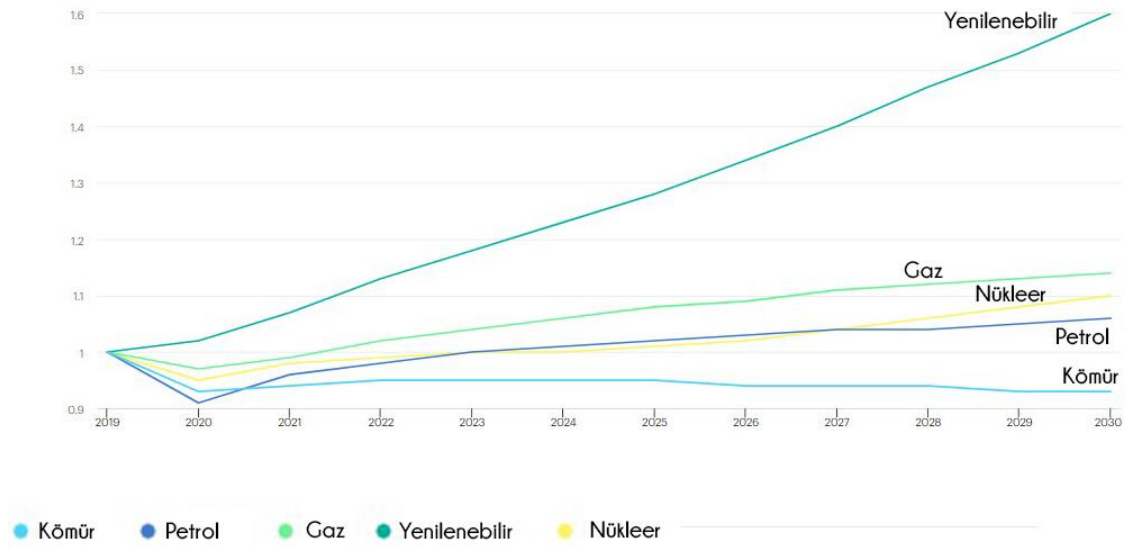
Şekil 2.1. Dünya Enerji Tüketimi (IEA, 2020)

ExxonMobil'in 2040 senesine kadar geçecek olan sürede enerji arz ve talebindeki beklentilerini değerlendirdiği 2019 yılındaki "Outlook for Energy: A Perspective to 2040" raporunda küresel enerji ihtiyacı, OECD dışı ülkelerin etkisiyle,



%20 artacağı öngörülmektedir. Enerji ihtiyacının artmasıyla küresel ısınma dolaylı bir şekilde yükselmektedir. Ve bu iki konu dünya çapında önemli konular haline gelmiştir. Küresel ısınmayı azaltabilmek adına fosil yakıtlar tarafından atmosfere yayılan karbon gazlarını yerine alternatif enerji kaynaklarına yönelim artmıştır. (Şekil 2.2) Özellikle ekonomisi gelişmiş ülkeler, çevre için daha faydalı olan yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde daha kapsamlı çalışmalar yürütmektedir. (Klaus vd. 2010). Bu çalışmalar her geçen gün artarak devam emektedir ve Dünya Enerji Raporu 2020'e göre yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerji 2019 yılında %41 oranında bir artış göstermiştir (Dünya Enerji Konseyi – Türk Milli Komitesi, 2020).

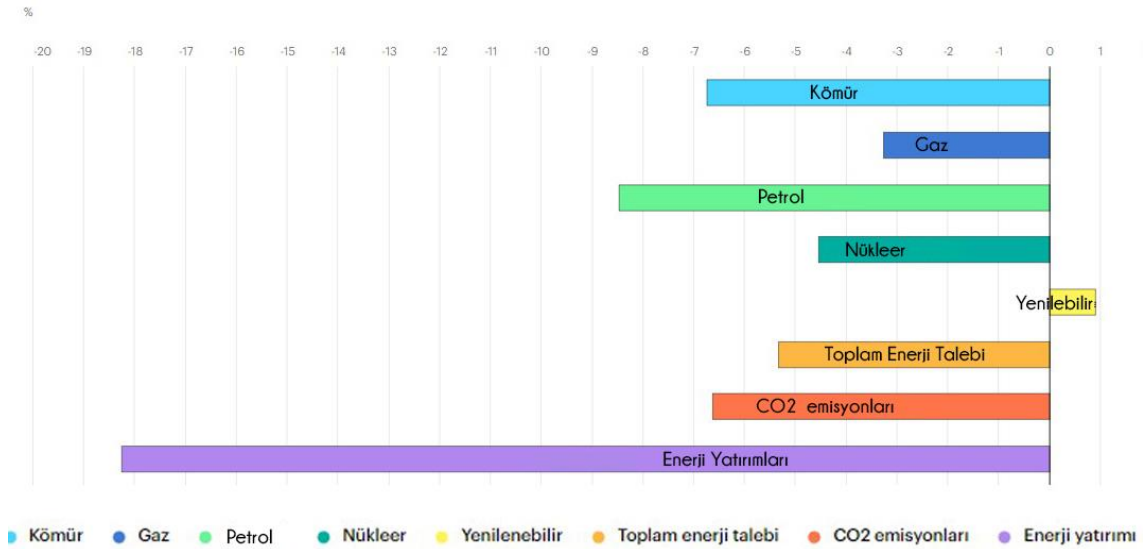
Yakıtta göre birincil enerji talebi, 2019 seviyelerine endekslenmiş



Şekil 2.2. Belirtilen Politikalar Senaryosunda küresel enerji talebi, 2019-2030(IEA, 2020)

2050 yılına kadar net sıfır karbon salınımına ulaşmak için bazı ülkeler hedefler koymuştur. Bu hedefler diğer ülkeler de karşılık bulmuş ve Birleşmiş Milletler 'de 2019 yılındaki İklim Zirvesinde, 77 ülke ve 100'den fazla şehir 2050'ye net kadar karbon salınımlarını sıfıra indirmeyi hedeflemiştir (IISD 2019). Şekil 2.3 de Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2020' raporlarına göre alınan kararların uygulamaya geçtiği 2020 yılında artan yenilenebilir enerji talebinde görülebilmektedir. Yenilebilir enerjideki talep artsa bile hala 2020 yılında karbondioksit emisyonlarında COVID-19 salgınının neden olduğu düşüşe rağmen dünyada hâlâ küresel ısınma artmaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) 2020 yayımlanan raporunda hükümetlerin, pandemi sonrasında iklim eylem planlarına yatırım yaparlarsa ve emisyon azaltım taahhütlerini güçlendirirlerse, belirlenen hedeflere indirilebileceği belirtilmiştir. Birleşmiş Milletler

Çevre Programında da vurgulandığı üzere hedeflenen politikaların uygulanması için zaman gerektiği ve devletlerin daha fazla çaba göstermesi gerektiği görülmektedir.

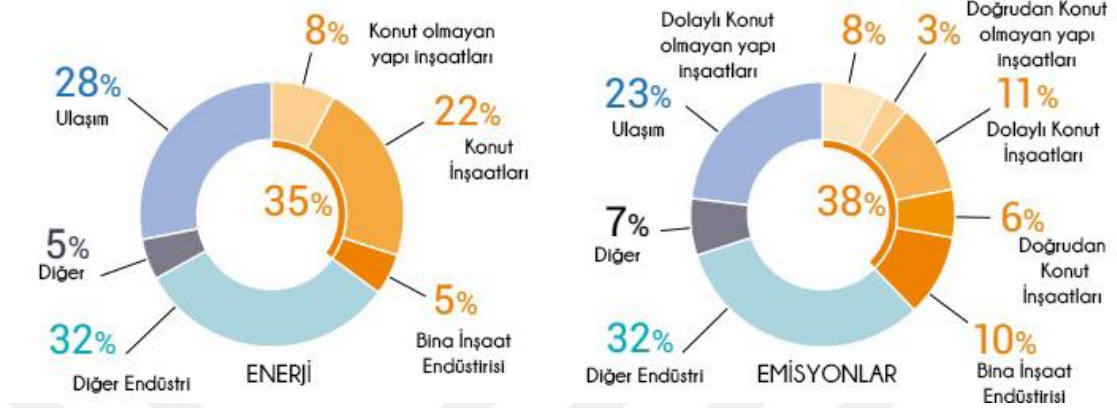


Şekil 2.3. 2019'a kıyasla 2020 öngörülen enerji talebi, (IEA, 2020)

Artan enerji talebini karşılamak için çevreci yeni alternatif kaynaklar keşfetmeye ve hâlihazırda ihtiyaç duyulan enerji miktarını azaltmaya yönelik kararlı adımlar atılması gerekmektedir. İhtiyaç duyulan enerjiyi azaltmaktaki en kolay yol mevcuttaki enerji tüketimlerini azaltarak enerji tüketiminin yüksek olduğu alanlarda enerji verimliliğini arttırmaktır (Altun vd., 2016). Birleşmiş Milletlere bağlı olarak faaliyet gösteren Binalar ve İnşaat için Küresel İttifak (GlobalABC) tarafından 2020 yılında yayımlanan rapora göre, 2019 yılındaki bina inşaatı ve operasyonlarında, küresel ölçekte toplam nihai enerji tüketiminin en büyük payının %35'inden sorumludur. Enerji ile ilgili CO2 emisyonlarında ise tüm karbon emisyonlarının %38 sorumludur (Şekil 2.4). Aynı zamanda raporda bu değerlerin 2018 yılı ile herhangi bir değişiklik göstermediği aynı oranları koruduğu belirtilmiştir (United Nations Environment Programme 2020). Ayrıca Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), 2050 yılına kadar net sıfır karbon emisyonuna ulaşmak için, 2030 yılına kadar doğrudan bina CO<sub>2</sub> emisyonlarının %50 ve dolaylı olarak bina sektörü emisyonlarının %60 oranında düşmesi gerekmektedir. Ayrıca salgın nedeniyle 2020 küresel enerji sektörü CO<sub>2</sub> emisyonlarındaki yaklaşık %7'lik düşüş, 2030 yılına kadar yılda yaklaşık %6 oranında düşen bina sektörü emisyonuna eşittir. Bu oranlarda gösteriyor ki binalar ve türevlerindeki enerji kullanımı toplam enerji kullanımındaki payları oldukça yüksektir.

Ve artan popülasyon, yapı faaliyetleri ve konfor alanlarının değişmesine bağlı olarak ilerleyen dönemlerde bu oranların artacağını söylenebilir.

#### Enerji ve emisyonlarda binaların ve inşaatların toplam küresel payı, 2019



Şekil.2.4. Enerji tüketim ve emisyon oranları (United Nations Environment Programme, 2020)

Enerji tüketiminin ve enerji talebinin sürekli artmasının bir sonucu olarak, yapı sektörü enerji verimli bina ve sistemlere daha fazla odaklanmaktadır. Yapı sektöründe enerji tüketimini azaltmak için, binaların yaşam süreleri boyunca enerjiyi etkin bir şekilde kullanması gerekmektedir (Kılıçaslan 2021). Yapılar, yüksek miktarda enerji tüketmeleri ve varlıklarını uzun sürelerce devam ettirmeleri nedeniyle enerji verimliliğinin artırılması hem enerji tüketimini azaltmak hem iklim değişikliğinde üstlendiği rol bakımından oldukça önemlidir. Yapılarda enerji verimliliğinin artırılması diğer enerji tüketen öncüllere göre enerji tüketiminin aşağı çekilmesinde daha fazla potansiyel ve kolaylıklar barındırmaktadır. Binaların enerji verimliliği artırıldığında, CO<sub>2</sub> emisyonu da azalacaktır (Akşin vd. 2019). Binalarda enerji verimliliğinin artırılması, sera gazlarının yayılımlarını, doğal kaynakların kullanımının ve çevre kirliliğinin azaltılmasında, düşük maliyetlerde, kullanıcı sağlığında, binalardaki yaşam standartlarını artırılmasında ve binaların işletme giderlerini azaltmasında önemli bir paya sahiptir. Bu farkındalıkla dünya üzerindeki yapıların enerji kullanımları azaltılmakta ve minimum enerji tüketimine sahip enerji etkin binalara olan talep artmaktadır (Azhar ve diğerleri, 2009). Bu nedenle ulusal ve uluslararası düzeylerde enerji verimli binalar üzerine, gün geçtikçe daha fazla çalışma yapılmaktadır. Başta sürdürülebilirlik olmak üzere yeşil binalar, pasif yapılar, yeşil mimari, yerel kaynak kullanımlarının daha verimli hale getirilmesi gibi pek çok terim de bu süreçlerde hem uygulama hem de yasal düzenlemelerde karşımıza çıkmaktadır (Savaşkan, 2015).

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı verilerine bakıldığında ülkemizde, 2017 yılında toplam enerji tüketiminin dağılımında, en yüksek tüketimin %24,8 ile mesken ve hizmetler alanında ikinci olarak %24,4 ile sanayi sektöründe gerçekleştiği görülmektedir (URL 1). Ülkemizin enerji ihtiyacında dışarı bağımlılığının yüksek olması ve enerjinin en büyük bir kısmının binalarda ve hizmetlerde kullanılması önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kapsamda, enerji etkin bina tasarımında, enerji verimliliğini sağlamak için ülkemizde çeşitli yasa, yönetmelik ve standartlar ile enerji etkinliğini teşvik edici çeşitli uygulamalar yapılmaktadır. Ülkemizde binalarda ısıtma enerjisi ihtiyacını hesaplama kurallarına dayanarak, binalarda ısıtma performansında üst sınır belirlemek amacıyla 1998 tarihinde ilk standart yürürlüğe girmiştir. Türk Standartları Enstitüsü tarafından TS825; 2008, +T1:2009 (revize), +T2:2009 (revize), ve son halini TSE'nin 2013 tarihli toplantısında Türk Standardı olarak almıştır. TS825 “Binalarda Isı Yalıtım Şartları”, Türkiye'deki binalar için zorunlu uygulanan ısı yalıtım standardıdır (Türk Standartları Enstitüsü 2008). Standart, bina elemanlarının ısıl geçirgenliği ve binaların yıllık ısıtma enerjisi tüketimi için üst sınırı belirlemektedir. Avrupa Birliği uyum süreci çerçevesinde 2007 yılında, mevcut stokların enerji verimliliğini artırmak için Enerji Verimliliği Kanunu (5627 sayılı Kanun) çıkarılmıştır (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2007). 2008 yılında ise Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği çıkarılmıştır. Bu yönetmelik içeriğinde, enerjinin yapılarda verimli kullanılabilmesi için, yalıtım özellikleri ile ilgili bilgileri de içeren Binalarda Enerji Kimlik Belgesi düzenlenmiştir. Yönetmelik kapsamında yeni yapılacak olan binaların, Binalarda Enerji Performansı Yazılım Programı (BEP-TR)'na göre tasarlanması gerekmektedir. 2014 yılında yazılım geliştirilerek ikinci versiyonu çıkmıştır. Yönetmelik son olarak 2017 senesinde güncellenmiştir.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde, tüketilen nihai toplam enerjinin çok önemli bir oranı binalarda iklimsel konfor sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Enerji tüketimi; farklı iklimsel bölgelere, cephe tipolojilerine ve arazi kot farklılıklarına göre de değişim gösterebilir. Ayrıca tüketimde bölgesel ısıtma ve soğutmanın önemli bir payı olduğundan, iklim koşulları kritik öneme sahiptir. Alan ısıtma, tüketilen enerjinin dörtte üçünü olan alan bazlı enerji ihtiyacının çoğunu karşılamaktadır (Altun vd. 2019). Binalarda enerji verimliliğinin artırılması için, mahal ısıtmada enerji tüketimini azaltma gereği binaların ısı yalıtım tasarımının önemini artırmaktadır. Bundan dolayı yapılarda ısı yalıtımı yapılması ile enerji korunumu arttırılmış olacaktır. Aynı zamanda binaların işletme maliyetlerini azaltmak için de ısı yalıtımı yapılabilmektedir. Isı yalıtım

sistemlerindeki değerler; yalıtım malzemesi ve kalınlıkları, duvar tipleri, cam ve çerçeve tipleri, binaların mimari formu ile doğrudan ilgilidir (Koyun vd. 2017).

## **2.1. Binalarda Enerji Performansı Hesaplama**

Bina enerji performansı ile yapılan hesaplamalar, binalarda enerji verimli çözümler üretmek ve uygulamak için önemli değerlerdir. Yapılan çalışmalarda farklı hesaplama yöntemleri kategorize edilmiştir. Bina enerji performansı genel olarak mühendislik hesaplamaları ile tahmin edilebilir veya özel cihazlar veya yöntemler kullanılarak ölçülür (Altun, 2015). Li vd. (2020) çalışmalarını yaptıkları yılda bina enerji performansı üzerinden literatür taramasında ilk çalışmaların 1976 yılında başladığı ve 1990'lara kadar kademeli olarak arttığını ortaya koymuşlardır. Çalışma da son on yılda bina enerji performansı ile ilgili çalışmaların büyük değişiklik gösterdiği ve farklı yazılım ve simülasyonlar ile bu alanda çalışmaların büyük ölçüde arttığını ortaya koymuştur. Yine aynı kaynakta bu anlamda bir bina performansı değerlendirme yöntemlerinde ülkelerce farklı yazılımlar kullanılmaya başladığı belirtilmiştir.

### **2.1.1. TS 825 Kurallarına Göre Hesaplama**

Ülkemizde daha önce belirtildiği gibi, TS 825 ısı yalıtım standardı zorunludur. TS 825 standartları, ısıtma enerjisi tüketim değerlerinde tasarruf sağlayabilmek için belirlenmiştir. Standart, enerji tüketim değerlerinin hesaplanmasında bazı değişkenler üzerinden ortalama hesaplama yöntemini içerir. Binaların enerji verimliliğinin sağlanması için iklim verileri (yapının bulunduğu iklim değerleri), bina verileri (yapının konumu, yönelimi, yüksekliği, formu diğer yapılarla olan ilişkisi, yapı kabuğunun özellikleri) ve kullanıcıyla ilgili parametreler enerji tüketim değerleri için önemli değerlerdir (Alt, 2019). Standartta, iklim verileri gibi değişkenler üzerinden yapı ısı kazancı etkilenir ve hesaplama bu değişkenleri belirli gruplara ayırır. TS 825 standartlarında ülkemiz ısı yalıtım hesaplamasında bölgelerin günlük ve aylık iklim verilerinin ortalamasına göre, benzer özellik gösteren bölgeleri 5 bölgeye ayırmıştır. Bölgeler ortalama verilere göre bölgelerdeki ısı kaybı derecesini, binanın dış hava sıcaklığı ile bina içerisindeki sıcaklığın arasındaki farkı, yapı malzemesi özellikleri ve kalınlık değerleri esas alınarak hesaplanmaktadır. Yapılarda, ısıtma sürecinde, iç mekânın sıcaklığını ( $q_i$ ) optimum şartlarda tutabilmek için gereken enerji güneş ve iç mekan ısıtıcı ekipmanlardan sağlanır. Güneşten alınan enerji miktarı yetersiz ise geriye kalan miktarın ısıtma sistemi tarafından karşılanması gerekir. TS 825'deki hesap

yöntemiyle, ısıtma sistemlerinin iç mekâna aktarması gerekli olan ısı enerjisi tutarı belirlenebilir. Yıllık ısıtma enerjisi gereksinimini veren enerji miktarı, toplamda yitirilen enerjiden, güneş enerjisi kazançları ve iç kazançlar çıkartılarak hesaplanır. Tanımlanan yöntemle, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ısıtma dönemini kapsayan aylık ısıtma enerjisi ihtiyaçlarının toplanması ile bulunur. Hesaplama sistemi ile detaylar aşağıda açıklanmıştır;

Isıl geçirgenlik direncinin ( $R(m^2K/W)$ ) hesaplanmasında yapı elemanın kalınlığı ( $d$ ), ısı iletkenlik hesap değerine ( $\lambda$ ) bölünmesiyle bulunur. Yapı bileşeninin toplam ısı geçirgenlik katsayısı ( $U(W/m^2K)$ ) yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik dirençlerine ( $R$ ), yüzeysel ısı iletim direnç değerler ( $R_i, R_e$ ) toplamının 1'e bölümüyle elde edilir.

$$U = \frac{1}{R_i + \sum \frac{d}{\lambda} + R_e}$$

Yapı elemanlarının iç ve dış yüzeylerindeki yüzeysel ısı iletim direnç değerler ( $R_i$  ve  $R_e$  değerleri) için, genel olarak  $R_i = 0,13 m^2K/W$  ve olmak üzere  $R_e = 0,04 m^2K/W$  değerleri hesaplamalarda kullanılabilir. Ama bir yaşama mekânının dış hava ile sınırını oluşturan çıkma tabanlarında  $R_i = 0,17 m^2K/W$ , toprak temaslı dış duvarda  $R_e = 0$  olarak kullanılması gerekir.

Aşağıdaki hesap yöntemiyle, ısıtma sisteminin iç mekâna vermesi gereken ısı enerjisi miktarı belirlenir. Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı diye tanımlanan bu miktar, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve iç ısı kazançları çıkartılarak hesaplanır. Hesaplama ısıtılan ortamın sınırları, bu ortamı dış ortamdaki ve eğer varsa ısıtılmayan ortamlardan ayıran duvar, döşeme, çatı, kapı ve pencereden oluşur. Hesaplamalarda dıştan dışa ölçüler kullanılır.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay}$$

$$\sum Q_{ay} = [H(Q_i - Q_e) - \eta_{ay}(O_{i,ay} - O_{s,ay})]t$$

Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı ( $Q_{yıl}$ ), aylık ısıtma enerjileri ( $Q_{ay}$ ) toplanarak bulunur.  $Q_{ay}$  hesaplanırken, aylık ortalama iç sıcaklığın ( $Q_i$ ) aylık ortalama dış sıcaklık ( $Q_e$ ) farkı alınarak binanın özgül ısı kaybıyla çarpılıp aylık iletim ve ısı kaybı bulunur. Aylık ortalama iç kazançlar ile Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı toplanır ve

kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü ile çarpıldıktan sonra aylık ısı kaybından çıkarılır.

$$H = H_T + H_V$$

$$H_T = \sum AU + IU_I$$

$$\sum AU = U_D A_D + U_P A_P + U_K A_K + 0.8 U_T A_T + 0.5 U_I A_I + U_d A_d + 0.5 U_{ds} A_{ds}$$

Binanın özgül ısı kaybı (H); iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı (H<sub>T</sub>) ve havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybının (H<sub>V</sub>) toplanması ile bulunur. İletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı aşağıdaki formüldeki gibi hesaplanır. Bu eşitlikte yapı elemanlarının bünyesinden iletilen ısı kaybına, varsa ısı köprülerinden iletilen ısı kaybı eklenir. Isı köprüsü, bitişik yüzeye göre bileşimi değişik, ısı kaybı binanın ortalama ısı kaybından daha yüksek ve kışın kararlı durum için iç yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu bölümdür. I, termal köprünün uzunluğunu ve termal geçirgenliğini temsil eder.

$$H_V = p \cdot c \cdot V^I$$

$$H_V = p \cdot c \cdot n_h \cdot V_h = 0.33 n_h \cdot V_h$$

$$V = V_f + V_x$$

$$V = V_0(1 - \beta) + (V_f + V_x) \quad V^I = V_f(1 - \eta_v) + V_x$$

$$V_x = \frac{V_h \cdot n_{50} \cdot e}{1 + \frac{f}{e} \left[ \frac{V_s - V_E}{V_h - n_{50}} \right]}$$

Havalandırma ile ısı kaybı, doğal ve mekanik havalandırma gibi havalandırma türlerine göre hesaplanır. Havalandırma türleri için farklı formüllerde hesaplanır. Doğal havalandırmada ısı kaybı hesaplaması, havalandırılan hacim (V<sub>h</sub>), binadaki hava yoğunluğu(p), hava değişim oranı(n<sub>h</sub>) ve havanın özgül ısısına (c) bağlı olarak değişir. Mekanik havalandırmada ise, mekanik sistemindeki ortalama havalandırma oranı (V<sub>f</sub>) ve hava sızıntısı ile oluşan ilâve hacimce hava değişim debisi (V<sub>x</sub>) bağlı olarak değişir. Ayrıca bu sistemlerde havalandırma sisteminin zaman çalışma zaman oranı (β) ve ısı geri kazanım verimi (η<sub>v</sub>) havalandırma ile ısı kaybını değiştirir.

### 2.1.2. Performansa Dayalı Simülasyon Araçları ile Hesaplama

Bilgisayar simülasyonları, binaların çevresel performansını incelemek için güçlü bir araçtır. Son on yılda, performansla ilgili tasarıma yönelik bir dizi araç ve yöntem giderek artmıştır. Bina enerji yazılım araçları ile binalar tasarlanır, analiz edilir ve inşa edilir. Bina Performans Simülasyonları (BPS) ile enerji, aydınlatma, akustik, iç mekan hava kalitesi simülasyonu, güneş ve fotovoltaik analiz vb. simülasyonları yapılabilir ve karşılaştırılabilir (Touloupaki vd., 2017). Performansa dayalı bir simülasyon aracı, hızlı geri bildirim üretir ve problem alanını işaret edebilir, sorumlu parametreleri belirleyebilir ve problem ölçeğini değerlendirebilir (Li, 2017). Bina enerji simülasyon araçlarının, bina enerji performansını hesaplamak için son yıllarda kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Son dönemde teknolojiyle birlikte simülasyon araçları bina enerji analizleri yapılabilmektedir. Fiziksel hesaplama modelleri ile, süreçler yeniden üretilerek genel enerji tüketimi ve farklı hesaplamalar mümkündür. Bu modellerde istatistiksel hesaplama ile deneysel sonuçlardan kabul edilen faktörleri uygulanır (Schlueter ve Thesseling 2009). Genel olarak simülasyon araçları fiziksel hesaplama ile çalışmaktadır. Analizin amacına ve istenilen ölçütlere göre kararlı durum ya da zamana bağlı ısı transferi analiz yöntemleri seçilebilir. Bu analizlerde birçok parametre ve bu parametrelerin birbirleriyle ilişkileri, aynı anda hesaplanabilir (Timur vd. 2017). Simülasyon genellikle bir insanın edinebileceğinden daha fazla veri üretir. Dolayısıyla enerji veya iklimle ilgili veriler soyutlanarak anlaşılır verilere dönüştürülür. Çizelgeler, grafikler, resimler ve videolar üreterek, veri görselleştirmeyi mümkün kılar (Peters 2018). Ayrıca bina performans araçlarıyla, zaman açısından kayda değer kazanç sağlanır.

Binaların enerjisini tükettiği çevre üzerindeki önemli etkilerinden dolayı nerelerde iyileştirmeler yapılabileceğini önemlidir. Binaların termal performans modeli, birçok girdi parametresi olan kompleks ve doğrusal olmayan bir modeldir (Li vd. 2018). Tüm parametreler kalibre edilirse, çok zaman alacaktır ve etkisi belirgin olmayacaktır. Bu durumda literatürde iki yöntem vardır. Duyarlılık analizi ve optimizasyon (Li, 2017). Duyarlılık analizi yoluyla, konut binalarının termal simülasyon sonuçları üzerinde çok az etkisi olan bazı parametreler göz ardı edilebilir (Mousiadis vd. 2016). Bununla birlikte, binaları optimize etmenin mevcut yöntemleri karmaşıktır ve birden çok tasarım değişkenini ve performans hedefini içerir (Lim vd. 2018). Optimizasyonu gerçekleştirmek için iki yöntem önerilmektedir; genetik algoritma ve parametrik hesaplama. Optimizasyon algoritmalarıyla birlikte farklı alanlarda çeşitli performans



verileri ölçülebilir ve yarı-optimize edilebilir hale gelmiştir (Aksin 2019). Bilgisayar tabanlı simülasyon gelecekteki enerjinin tahmininde daha önemli hale gelmesi ve binanın çevresel performansında daha çok kullanılacağı öngörülmektedir (Bakar 2012).

Günümüzde kullanılan birçok simülasyon aracı vardır; DOE-2, EnergyPlus, eQUEST, DesignBuilder, EnergyPlus, Insight 360, Green Building Studio, Sefaira , IES Virtual Environment (IESVE), TasGenOpt. Simülasyon ile beraber optimizasyon platformları; TRNSYS, GenOpt. Bu programların özellikleri, avantajları ve dezavantajları, kapasiteleri üzerinde literatürde birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların neden simülasyon yazılımlarını tercih ettiklerini incelediğimizde ilk nihai hedefin işten ve zamandan kazanç olduğunu söylenebilir. Uzun süreler sürececek bir simülasyonun çok kısa sürelerde yüksek doğrulukta kullanılabilir ve kapsamlı verilere ulaşımı mümkün kıldığı görülmektedir.

Simülasyon programlarında genel olarak bir oda, enerji hesaplamasının merkezi oluşturur ve diğer yapı elemanları, fiziksel özellikleriyle (ısı yalıtım değerleri) aracılığıyla bir odaya bağlanır. Enerji model oluşturma sürecinde, yüzeyler, yapı bileşenlerinin gerçek iç yüzeyleri ile odanın hacmi arasında bir arayüz olarak tanımlanır. İç mekandaki odalar için diğer taraftaki mekanların yüzeyleri dikkate alınır. Ayrıca duvarların fiziksel değerlerine enerji hesaplaması için ihtiyaç vardır. Duvar yapıları ve malzeme katmanları inşaat bileşenlerine atanır. Malzemelerin fiziksel özellikleri (yoğunluk, termal iletkenlik, vb.) bu katmanlara işlenir. Konum ve hava durumu, ısıtma sistemi ve kontrolü hakkında bilgilerde hesaplama için gereklidir ve modele işlenir. Model tamamlandıktan sonra modelin doğruluğu, veri aktarımı, hesaplama, simülasyon, değerlendirme aşaması gerçekleştirilebilir ve farklı simülasyon araçlarıyla da veri paylaşımı yapılabilir. Enerji hesabıyla ilgili araçlarda veri paylaşımı gbXML uzantı türü ile gerçekleştirilir (Van Treeck vd., 2018). Günümüzde yükselen bir değer olan Yapı bilgi modellemesi (BIM) gereksinim duyulan hesaplamaların yapılabilmesini ve simülasyonların elde edilebilmelerinde önemli kolaylıklar sağlamaktadır.

## **2.2. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)**

Yapı üretme süreci; mimarlık ve farklı disiplinlerin de içinde bulunduğu, araştırma, analiz, sentez, tasarım ve üretim aşamalarının yapıyı veya çevresini anlamak, açıklamak ve temsil etmek için farklı araçların birlikte kullanımı ile gerçekleştirilir. Yapının, tasarımından yapımına kadar olan süreçte, disiplinlerin uyumu ve uygulama

yürütücülerinin yapıyı anlaması için farklı detay seviyelerinde modellere ihtiyaç duyulur. Tarih boyunca yapı yapım sürecinde de model araçlarından yararlanılmıştır (Dunn 2010). Model sınırların ve şekillerin tanımlanmasıyla elde edilen temsil şeklidir. Model tasarımın özelliklerini içerir. Model de sadece geometrik özellikleri değil, aynı zamanda anlamsal kavramları içerir. Bu bağlamda, bir yapının yapım sürecinde, eskizler, metinler ve farklı detay seviyesindeki modellerin üretilmesi gerekir. Tasarım sürecinden yapım sürecinin sonuna kadar sahip olunan ve geliştirilen bu belgeler yapıya ait bilgilerin ve deneyimlerin edinimlerinin kolay erişebilir olması yapı üretim sistemlerinin gelişmelerini sağlar (Bruno, 2017). Teknolojik ilerlemelerle birlikte yapı üretim sürecindeki tüm bilgileri tek bir yerde toplanmasını ve yönetilmesini sağlayan yapı bilgi sistemleri mimarlık ve mühendislik alanlarında Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling) (BIM) olarak isimlendirilmektedir. BIM, mimarlık ve mühendislik alanındaki ekonomik ve teknolojik gelişmelerle birlikte üretim koordinasyonu yeniden tanımlayarak mevcut bina yapım sürecinin değişmesinde önemli rol oynamaktadır (Chelson, 2010). Dijital bir model olan BIM, bir yapının ilk tasarımından yapımına sonrasında kullanım süresi boyunca tüm verilerin (eskizler, çizimler, belgeler, modeller, analizler) birbiriyle düzenli bir iş birliği ile yönetilmesi ve organize bir iş akışına izin verirken bir yapının programlama, tasarım, inşaat, işletme ve yıkım süreçlerini de kapsamaktadır (Eastman vd. 2008). BIM, yapının coğrafi bilgilerini, geometrisini, mekânsal ilişkilerini; yapı elemanlarının miktarlarını ve özelliklerini, maliyet tahminlerini; malzeme stoklarını ve proje zamanlamasıyla ilgili verileri içerir. Bu kadar kapsamlı olan BIM'in anlaşılması ve uygulamada kullanılması son on yılda sürekli olarak teknolojinin de gelişmesiyle birlikte farklı yaklaşımlarla giderek artmaktadır (Ma vd. 2016). Yani BIM'i benimseme ve tasarım ile yaşam süreci yönetimine dâhil edilmesi, teknolojik ve inşaat alanlarında yapılan çalışmalara uygulanabilirliği, son zamanlarda bilimsel topluluğun katkılarıyla sağlanmaya başlanmıştır (Fai vd. 2011). Bununla birlikte, BIM'in bina yapım sürecini nasıl destekleyebileceğini biliniyor kılmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır (Pocobelli vd. 2018).

### **2.2.1. BIM'in Tanım ve Süreci**

BIM'in ilk teorik yaklaşımı başlangıçta bir bilgisayar aracı kullanarak, 3 boyutlu modellemedir; "Yapı Bilgi Modeli" terimi ilk Eastman tarafından 1970'li yıllardan itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Sonrasında tasarım aşamasının temsili ve dijital

ortamda bilgi alışverişini sağlamak amacıyla, ArchiCAD ilk BIM'in yazılım uygulanması gerçekleştirmiştir (Logothetis, 2015). 2008 yılında Arayıcı (2008)'nin çalışmalarıyla BIM sisteminin mevcuttaki ilk kullanımı gerçekleştirilmiştir. Arayıcı (2008)'e göre BIM, yapılacak yapının disiplinler arası bakış açısı ile ortaklaşa yürütülecek çalışmalar için binanın tüm özelliklerini içeren bir veri tabanı oluşturulması ve bu verilen ilişkilerini organize edilmesi için kullanılır. Kısaca, tasarım ve yapım aşamasında bir bina ile ilgili koordineli, geçerliliği hesaplanabilir bilgilerin oluşturulması ve kullanılmasıyla karakterize edilen bir bina tasarım ve belgeleme metodolojisidir. BIM metodolojik bir yaklaşım olarak gerçekliğin bir bilgi modeline dönüştürme süreci olarak düşünülmelidir.

Yazılım üreticilerin BIM kavramını üzerinde durması, kavramın ortaklığının artırılmasına ve farkındalığın artırılmasına yardımcı olsa da BIM'in inşaat uzmanları arasında gerçekte ne olduğu konusunda yanlış anlaşılmalara neden olmaktadır. BIM, bir yapının kullanım süreci boyunca tüm karar vericiler tarafından gerçekleştirilen eylemlerin bütünü temsil eder. Kısaca, yapının yaşam serüveni boyunca alınacak kararlar için veri depolama ve yöneltmekte kullanılan bir bilgi kaynağı ve kararlar bütünüdür (Federman 2017, Ferie vd. 2018). Günümüzde Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) bilgisayar destekli tasarım (CAD) sistemlerini bir sonraki adımı olarak düşünülebilir. BIM teknolojisi getirdiği yenilik sayesinde, geleneksel CAD sistemlerinden farklı ve daha avantajlıdır (Logothetis, 2015). Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), inşaat sektöründeki tekniklerde ve yöntemlerdeki yeniliğin şimdiki ifadesidir. Sadece grafiksel gösterimde değil yazınsal bilgilerin de yönetimini sağlar. BIM, CAD'e göre tamamen farklı bir sistem olma eğilimindedir. BIM, detaylı parametrik yapı elemanlarının sanal olarak birleşerek bir binayı oluşturması için bir araya getirilmesidir. Model görselleştirme, animasyon, dijital, tasarım, ekonomik, yapısal, çevresel ve enerji programlarına ait verilere otomatik bir şekilde erişim ve yönetim kabiliyeti sağlayabilir. BIM modeli geometrik özelliklerden malzeme özelliklerine kadar birçok detaylı bilgiyi içerisinde barındıran parametrik yapı elemanlarından (pencereler, kapılar, duvarlar, çatılar vb.) oluşmaktadır. Ayrıca bu parametrik yapı elemanları diğer yapı nesnelere ile etkileşim içerisinde. Başka bir deyişle, her nesne, diğer nesnelere göre özelliklerini ve davranışlarını tanımlayan ilişkili bilgilere sahiptir. Parametrik nesnelere kullanımı, tüm model görünümünde modelin genel tutarlılığını sağlar (Dore vd. 2015). Nesnelere, bazıları kullanıcı tanımlı, bazıları modellerin 3B bir ortamdaki halleri ile ilişkili parametrelere göre tanımlanmıştır. Model içerisindeki yapı elemanlarından elde

edilen veri tabanı sayesinde, nesnelerin kimlik bilgileri, parametrik özellikteki değişkenlere ve birbirleri ile olan ilişkileri dahil olmak üzere tüm bilgilerin yönetimi ve kontrolü sağlanır. Bir yapı elemanında değişiklik yapıldığında, güncellenmiş yapı elemanlarında diğer verilere uygun değişiklikleri gerçekleştirir ve tüm kullanıcılar tarafından eş zamanlı olarak gözlemlenebilir (Murphy 2012). Böylece binanın tamamının yaşam döngüsünü uyumlu ve koordine bir şekilde yönetmeyi mümkün kılarak, paydaşların çalışmalarını iş birliği içinde gerçekleştirilmesini sağlar. BIM gerçekleştirilmesinde farklı faz seviyeleri yapılan çalışmalar ile tanımlanmıştır. Succar (2009)' da BIM'i farklı bileşenlerine göre değerlendirip üç aşamalı uygulama bir süreç tanımlamıştır. Birinci fazda BIM'in "nesne tabanlı modelleme" olmasıdır. İkinci fazda "model tabanlı iş birliği", üçüncü fazda "ağ tabanlı uyumdur". Bu çalışma, BIM uygulama süreçlerinin tanımlanması için yeni bir altlık sağlamıştır. BIM'in standardizasyonu için uluslararası örgütler, "dijital model, gerçekliğin doğru ve güvenilir tanımı, bilgi paylaşımı, bütünleşik süreç, bina yaşam döngü yönetimi ve işbirlikçi çalışma" gibi kavramlar altında birleşmektedir.

Ulusal BIM Standardı-Birleşik Devlete Göre BIM:

*"Proje Komiteleri (NBIMS-ABD), BIM'in basitçe bir yapının 3B modeli olduğunu öne süren erken tanımlamalar gerçeklerden uzaktır ve dijital, nesne temelli, birlikte çalışabilir yapı bilgi modelleme süreçleri ve araçlarının ve modern iletişim yöntemlerinin potansiyelini yeterince yansıtmamaktadır. Orijinal NBIMS belgesinde tanımlandığı gibi "Bir BIM, bir yapının fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital bir temsilidir. Öyle ki, yaşam döngüsü boyunca kararlar için güvenilir bir temel oluşturan bir yapı hakkında bilgi için paylaşılan bilgi kaynağı olarak hizmet eder. " Uygulanırsa, sahibinin yaşamı boyunca bir tesis hakkında ihtiyaç duyduğu hemen her bilgi elektronik ortamda sağlanabilir." (URL 5)*

Yapı Bilgi Modellemesi, çok disiplinli ve çok katılımcılı paydaşlar tarafından kullanıldığı için farklı tanımları ortaya çıkmıştır. BIM'in bazı tanımları kısaca aşağıda verilmiştir;

-BIM, inşaat endüstrisinde ortaya çıkan disiplinler arası bir araştırma ve uygulama alanı olan çok yönlü bir değerler dizisi olarak düşünülmelidir (Succar, 2013).

-Bir yapının planlama, tasarım, yapım ve işletimini simüle etmek için bilgisayar tarafından üretilen bir modelin geliştirilmesi ve kullanılması sürecini temsil eder. Elde

edilen model, bir Yapı Bilgi Modeli, çeşitli kullanıcıların gereksinimlerine uygun fikir ve verilerin elde edilip analiz edilebildiği, obje ağırlıklı, akıllı ve parametrik bir dijital gösterimdir (Azhar ve Brown, 2008).

-BIM, maddesel ve fonksiyonel nitelikleri ele alınan bir yapının, önemli bilgilerinin yönetimi için sistematik bir yaklaşım sunan, birbiriyle bağlantılı politikalar, süreçler ve teknolojilerin dijital ortamda gösterimidir (Azhar vd, 2012).

-Yapı, nesne bileşenleri ve özellikleriyle sanal ortamda temsil edilerek semantik bileşenlerine ayrıştırılır ve tanımlanır (Osello 2012).

-BIM modeli, binanın basit bir 3B gösterimi değildir. BIM grafiksel gösterime bağlı bir veri tabanıdır. BIM ile hazırlanmış bir yapının ihtiyaç duyduğu tüm gerekli bilgiler elde edilebilir. BIM modeli, tüm paydaşların ortak ve bütünleşik çalışmasıyla, bir ya da birden fazla yapının dijital olarak inşa edilmesiyle birlikte, imalat, fabrikasyon ve tedarik süreçleri ile ilgili tüm enformasyonu içermektedir. Kısaca bir “ürün ve süreç modelleme entegrasyonu” denilebilir (Kimmance, 2002).

-Sanal ortamda yapının tasarlanması, paydaşların çalışmalarının bir araya getirilmesi, yönetilmesi, bilgi alışverişinin yapılması ve paylaşılması olarak açıklanabilir. Bu paylaşım ve üretim mantığı, bir projenin yaşam döngüsü içerisinde tüm süreçleri kapsamaktadır (Çetinkaya, 2017).

-Yaşam döngüsü yönetimi için kapsamlı veri girişini destekleyen ve çeşitli motivasyonlar için çoklu verilerin toplandığı, depolandığı ve alındığı merkezi bir veri tabanıdır (Apollonio vd. 2012).

- Yapısal analiz, maliyet tahmini ve şartname yönetimi dahil olmak üzere görselleştirme veya yeniden yapılandırma süreçleri boyunca birçok uygulamayı destekleyen bir bilgi kaynağıdır (Ma vd. 2016).

- Gerçek zamanlı görselleştirmelerin kavramları iletme ve paydaşlar arasında bilgi paylaşma aracıdır (Logothetis ve Stylianidis 2016).

-Üç boyutlu parametrik modelleri aynı zamanda yapımı, iş akışı ve projede önemli değişikliklerin yönetimini içeren dijital modelleme aracıdır (Hardin 2009).

BIM'in çeşitli tanımları ve projelerdeki uygulamaları bize yapısal, malzeme ve fonksiyonel bilgilerle ilgili veriler sağladığını göstermektedir. Bu nedenle bir yapının fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital ve sayısal bir ifadesinin yer aldığı bir platform olarak değerlendirilebilir.

### 2.2.2. BIM'in Potansiyelleri ve Riskleri

BIM teknolojisini kullanarak, tüm tasarım süreci içerisinde gerekli bilgiler tek bir dosyada üzerinde çalışılabilir (Pocobelli vd. 2018) Bu dosya içerisinde üç boyutlu proje gösterimiyle yapı modelindeki tüm bilgilerin erişimine, projenin her aşamasında ulaşılabilir (Worrell L., 2015). Plan, kesit görünüş vb. gibi mimari gösterim elemanlarının geometrik unsurlardan oluşan akıllı bir modelle, binanın tüm öğelerinin özelliklerini içeren ilgili veriler elde edilebilir (Yen vd. 2013). Model parametrik özelliğe sahip “akıllı nesnelere” ile oluşturulur (Baik vd., 2014), Bu objelerin parametreleri değiştirilebilir ve bu objelere gerçek nesne özellikleri tanımlanabilir (Brumana vd. 2013). BIM’de parametreler modelleme aşamasından önce atanır (Murphy vd. 2013). Bu sayede istenildikleri zaman değiştirilebilecekleri anlamına gelir (Fai vd. 2013). BIM’de yapı elemanları, bir projeye ilişkili geometriyi, mekânsal ilişkileri, coğrafi bilgileri, yapı elemanlarının miktarlarını ve özelliklerini, maliyet tahminlerini, malzeme stoklarını ve proje zamanlamasını karakterize ederken süreç doğru kurgulandığında yapı üretiminde kalite, maliyet ve süre konusunda daha iyi sonuçlar sağlar (Eastman ve diğ, 2011). BIM, toplanan, modellenen bilgilerin yönetimini de destekler. Tüm yapım yönetimindeki yer alan farklı disiplinler tarafından kullanılıp ve paylaşılabilir. Elde edilen verilerle değişiklikleri izlenir ve yapıyla ilgili her aktivite belgelenir (Maisarah vd. 2018). Yapı belgeleri, kaynakları ve çeşitli öğelerin özellikleri arasındaki ilişki, bir binanın performansı inşa edilmeden önce gözlemlenebilir (Smith ve Tardif, 2009). Kullanılan malzemelerin miktarları ve paylaşılan özellikleri kolayca model üzerinden erişilebilir. Ayrıca parametrik bir modele dayanan veri tabanı daha iyi görselleştirmeye, maliyetlerin düşürülmesi ile inşaat projelerinin koordinasyonu ve yönetimine ve hataların azaltılmasına izin verir (Barazzetti vd., 2015). Böylece BIM şeffaf bir proje ortamı yaratır.

BIM teknolojisi ile bir binanın doğru bir sanal modeli dijital olarak oluşturulur. Tüm bilgiler modele işlenir. Yapı bilgi modeli olarak bilinen bu model, tesisin planlanması, tasarımı, yapımı ve işletilmesi faz bilgi kaynağı olarak kullanılır. Mimarların, mühendislerin ve inşaatçıların, olası herhangi bir tasarım, inşaat veya işletme sorununu tanımlamak için benzetilmiş bir ortamda inşa edilecek yapının görselleştirmelerine yardımcı olur (Azhar 2011). Oluşturulan görsel; tasarımcılar, inşaatçılar, yüklenici ve taşeronlar arasında: otomatik montaj, daha iyi tasarım, kontrollü maliyetler, çevresel veriler, kaliteli üretim ve gelişmiş müşteri hizmeti gibi avantajları sağlar (Dossick ve Neff 2009; Alshawi ve Faraj, 2002). Bu sayede

paydaşların geleneksel süreçlerden daha doğru ve verimli bir şekilde iş birliği yapmalarını sağlar (Ferie vd. 2018). Teknolojinin yardımıyla sağlanan koordinasyon, hataları ve riskleri önemli ölçüde azaltarak yanlış iletişim veri fazlalığını ortadan kaldırır (Bynum 2010). BIM, ayrıca yapı inşa sürecindeki değişikliklerin hızlı ve doğru bir şekilde güncellenmesini sağlayarak gereken çabanın azaltılmasına yardımcı olur (Linderoth, 2010). Örneğin Tarihi bilgiler, fotoğraflar ve çizimler gibi çeşitli veri kümelerinin entegrasyonu kolaylıkla sağlanabilir. Bu gibi avantajlarından dolayı BIM'in benimsenmesi kolaydır (Eastman, vd. 2011).

BIM in yukarıda bahsedilen avantajları yanında dezavantajları incelendiğinde;

Yeterli uzman bulunmaması, uygulama için uygun donanımın az olması, eğitimcilerin sınırlı düzeyde bulunması ve finansal kaynakların yeterli düzeyde olmaması zorlukları olarak karşımıza çıkmaktadır (Del Giudice, Osello 2013). Ayrıca BIM inşaatlarda alışılmış iş akışlarının bozulmasına neden olabilir ve inşaatın yeniden değerlendirilmesini gerektiren iş uygulamaları çıkarabilir (Mihindu ve Arayıcı, 2008). Bunlarla birlikte BIM karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle kullanımı sırasında çeşitli kaotik durumlarla karşılaşılabilir. Hatta BIM teknolojileri ve inşaat sektöründe kurulan süreçleri etkileyen yıkıcı bir değerler dizisinin değişikliğini temsil ettiğinden sistem değişikliğine dolayısıyla geleneksel sistemle arasında kaosa neden olur (Shelden, 2009).

BIM, ülkeler arasında örgütsel ve kültürel farklılıklardan olumsuz yönde etkilenmiştir. Bu nedenle BIM süreçlerinin önünde birçok ticari ve yasal engel bulunmaktadır (Sebastian, 2010). BIM'e geçiş ilk yatırım maliyetleri artırmaktadır. BIM uygulamaları donanımsal olarak güçlü araçlar gerektirmektedir. Halbuki bu araçlara ticari bakımdan ulaşılması her ülke için farklı zorluklar barındırmaktadır. Donanımsal yetersizliğin yanında BIM'de yazılımların getirdiği kısıtlamalar vardır. Bu kısıtlamalar eğitimcilerin yeteri düzeyde yetişmemesine ve paydaşların projelere üzerinde yeteri kadar hakimiyet kuramamalarına sebep olur. Bu durumda ortak bir uyumsuzluğu doğurmaktadır ve henüz yasalarla test edilebilir değildir.

### **2.2.3. Kullanım Araçları**

BIM tüm bina evrelerini içeren bir yaklaşım olduğundan, BIM'i belirli bir ticari yazılımlar olarak tanımlamak yanılgıya sebep olur. BIM, yapı yapım sürecinde, farklı yazılımlarla ve farklı teknik alanlardaki paydaşlar tarafından yapılan analiz, veri işleme,

model üretme, teknik detay çözümü gibi konularla ilgilidir. Bu nedenle, BIM'in birçok özel aracı içerisinde barındıran ve bu araçların iş birliği içerisinde, birlikte çalışabilen, iletişim kurabilen ve bilgi alışverişinde bulunabilen bir sistem olarak değerlendirmek gerekir. Geleneksel CAD'te inşaat projelerinin görselleştirilmesi için farklı yazılımlar kullanılmaktadır. CAD tabanlı olan görselleştirmeden farkı olarak BIM teknolojisi tüm fiziksel ve fonksiyonel yapıya sahip uzaysal geometriler (genişlik, yükseklik ve derinlik), zaman ve maliyeti içinde barındırır. Geliştirilen BIM modeli, bu parametreler çerçevesinde genel olarak doğru veriler sağlar (Logothetis vd., 2015). Günümüzde BIM yazılımlarını tedarik eden birkaç yazılım firması vardır. Revit Architecture, ArchiCAD, Allplan Architecture, Bentley, Vectorworks vb. gibi yazılımlar kullanarak, kullanıcılar tarafından üretilen modeller, geleneksel 2D çizimlerden ve parametrik nesne tabanlı 3D modeller üretilir (Singh, Gu ve Wang, 2011). Revit ve ArchiCAD sektörde en yaygın kullanılan yazılımlardır (National BIM Report, 2018).

**Revit Architecture:** Autodesk firması tarafından sunulan Revit, kullanıcılar tarafından bir yapının 2 boyutlu ve 3 boyutlu tasarımına imkan veren Yapı Modelleme (BIM) ürünüdür. Model 2 boyutta ve 3 boyutta bina bilgilerine erişim sağlar. Gerekli teknik çizimleri (plan, kesit vb.) tek bir modelden kolaylıkla sağlar. Gerçekleştirecek değişiklikler modelin tüm görünümüne yansıtılır. Buna bağlı olarak değişikliğe bağlı tüm nesnelere otomatik olarak güncelleme gerçekleşir. Revit ile hem mimari hem strüktürel hem de mekanik çalışma tek model üstünden yapılabilir. Revit ile AutoCAD arasındaki temel fark, AutoCAD'in temel geometriler oluşturmaya yönelik bir çizim aracı olması, Revit'in ise gerçek bina bilgisi ile donatılmış geometriler oluşturmak için kullanılmasıdır.

**ArchiCAD:** Graphisoft firması tarafından geliştirilen bir mimari tasarım yazılımıdır. BIM ekosistemi çevresinde tasarım yapmaya imkan tanır. ArchiCAD'de objelerin modellenmesi elemanlarının parametrik olarak tanımlanarak sağlanabilir. Nesnelerin oluşumunda yazılım dili GDL'dir. Programda yapı elemanlarının GDL dosyası olarak herhangi birinin oluşturulabilir. Parametrik kütüphane oluşturup BIM nesnelere depolanması, yeniden kullanılması ve değiştirilmesine izin verir (Murphy vd. 2011).

#### 2.2.4. BIM Detay Seviyeleri

LOD (Level of Detay) kavramı hakkında hala farklı görüşler olsa da genel olarak model referansın aralığında "Gelişim Seviyesi" olarak kullanılabilir. Gelişim Düzeyi, esasen model ögesinde ne kadar ayrıntı bulunduğu. Detay düzeyi, modelin



geometrisi ve diğer içerdiği bilgilere modeli kullanırken ne kadar güvenebileceğinin ifadesidir ve kullanıcılar arası iletişimin kalitesini artırmayı amaçlar. LOD kısaltması ilk olarak 2000'lerin başında "Ayrıntı düzeyini" belirlemek ve bilginin yönetiminde gelişim sıralarını belirlemek için kullanılmaya başlanmıştır (Bruno 2017). 2008'de Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA), 2008 Bina Bilgi Modelleme için beş "Geliştirme Seviyesi" (LOD100-LOD500) sundu ve ardından 2013'te güncellenmiştir. Bu özelliklere dayanarak, 2013'ten başlayarak BIMForum yıllık olarak Geliştirme Seviyesini yayınlamaktadır. BIMForum'un 2019'daki raporuna göre LOD tanımları şu şekildedir: (URL 6)

**LOD 100:** Model, tasarımın başlangıç düzeyine sahip elemanları, objenin varlığını gösteren, fakat şeklini, boyutunu ve nihai konumunu gerçeğe uygun bir şekilde temsil etmeyen sembol veya farklı genel gösterimler aracılığıyla grafiksel olarak temsil edilebilir. LOD 100'deki tüm bilgiler yaklaşık değerlerdir.

**LOD 200:** Modelin içerdiği nesnelere, şekillerine, boyutlarına, konumlarına ve yönlerine göre genel sistemleri temsil eder. Grafiksel gösterim olmayan veriler, farklı bağlantılarla modelle ilişkilendirilebilir.

**LOD 300:** Bu geliştirme düzeyinde, modelin içerdiği nesnelere şekil, miktar, boyut, konum ve yönlerine erişim sağlanabilir. Modele grafiksel olmayan bilgiler eklenebilir. Eklenen verilerin boyutları, miktarları ve yönleri doğrudan model üzerinde ölçülebilir.

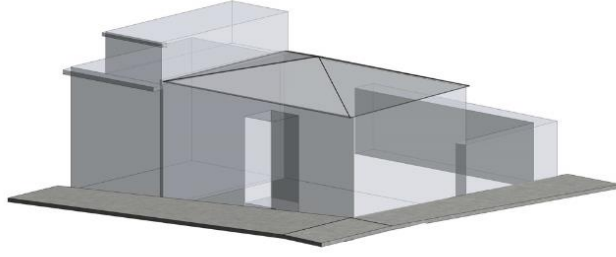
**LOD 350:** Modelde bulunan diğer unsurlarla ilişki parametrelerini entegre etmek mümkündür. Model içindeki elemanın yakındaki veya ekli elemanlarla koordinasyonu için gerekli parçalar modellenir. Bu parçalar destekler ve bağlantılar gibi öğeleri içerecektir. Öğenin tasarlandığı şekliyle miktarı, boyutu, şekli, konumu ve yönü notlar veya boyut bilgileri gibi modellenmemiş bilgilere başvurmadan doğrudan modelden ölçülebilir.

**LOD 400:** Önceki seviyelerde halihazırda ele alınan boyutsal verilere ek olarak, montaj verileri, kurulum talimatları ve üretim özellikleri de bu geliştirme seviyesine dahil edilmiştir.

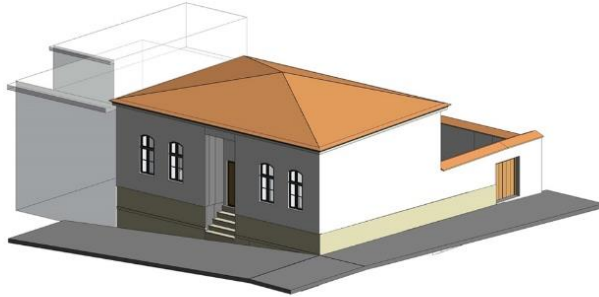
**LOD 500:** Model Öğesi, boyut, şekil, konum, miktar ve yön açısından sahada doğrulanmış bir temsildir.

Şekil 2.5'te verilen ve alan çalışması kapsamında detaylı açıklanan (Bölüm 4.5'te) HBIM modelin detay seviyeleri; LOD 200'de katı kütle formu- ön çalışmalarda, LOD 300'e yapısal bir model- taslak, LOD 350'de yapısal model ve mimari bilgiler-

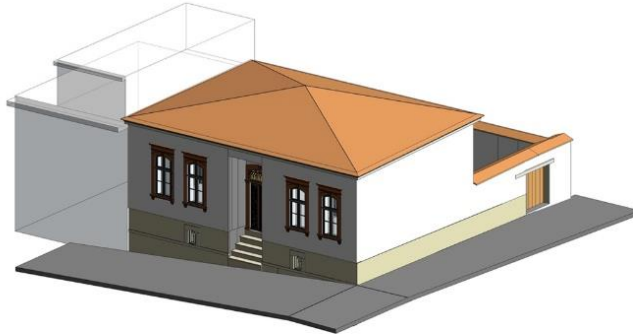
uygulama karar aşamalarında, LOD 400'ü tüm detayları ve bilgiler- teslimler için kullanılabilir.



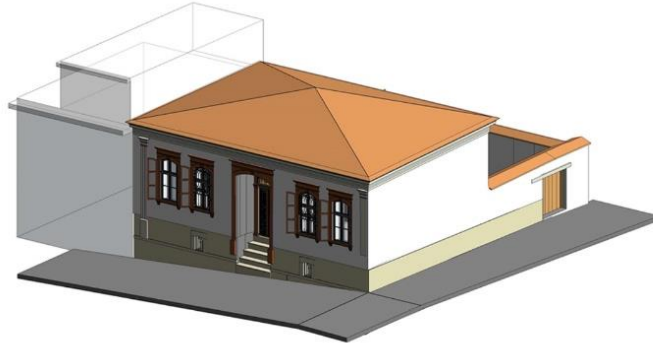
LOD 200



LOD 300



LOD 350

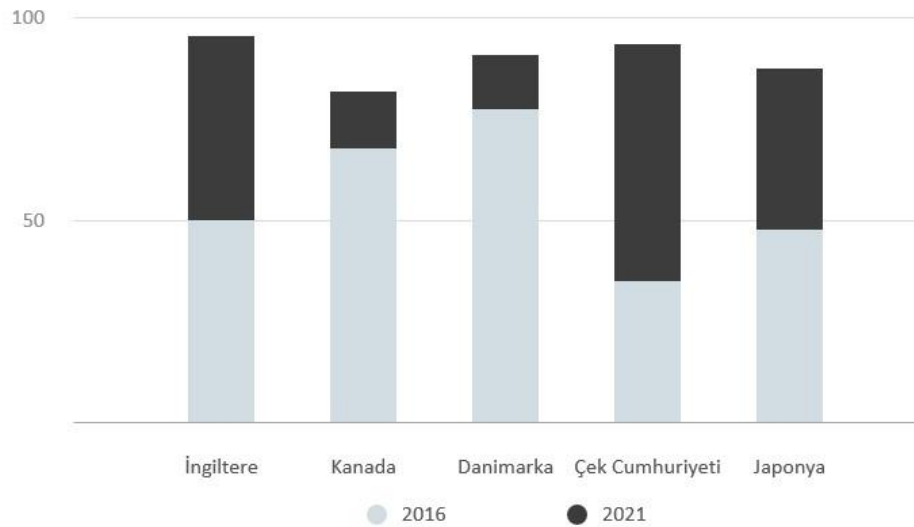


LOD 400

Şekil 2.5. Geliştirilen HBIM modelle oluşturulmuş örnek binanın LOD düzeyleri

### 2.2.5. Yurtdışında BIM Kullanımı

Ulusal Yapı Şartnamesinde (National Building Specification/ NBS) dünya genelinde mimarlık ve mühendislik firmaları ile yapmış olduğu istatistiksel araştırmalarda BIM kullanımında ve farkındalığında günden güne artış görülmektedir (National BIM Report, 2018). BIM'in benimsenmesinde ekonomisi gelişmiş ülkelerin daha etkin olduğu yapılan araştırmalarda görülebilmektedir. Örneğin, İngiltere, ABD, Kanada ve Batı Avrupa (İskandinav ülkeleri) ve Avustralya, Brezilya, Japonya, Yeni Zelanda ve Güney Kore gibi ülkelerde BIM'in yaygınlaşması için kamusal ve özel sektörde çalışmalar yapmaktadırlar (Bruno, 2017). McGraw Hill, 2014'te BIM'in benimsenmesinde ülkeler üzerine yaptığı çalışmada ABD'de bu oran %80, Fransa'da %84, Almanya'da %78, İngiltere'de ise %56'dır. Araştırma yapılan ülkelerin çoğunluğunda, BIM kullanımı %50'den fazla olduğu çıkmıştır. Swenson'ın 2019'daki araştırmalarına göre 2021 yılında tahmini olarak BIM kullanımı dünya genelinde en az yüzde 50 artacağı öngörülmektedir. (Şekil 2.6.)



**Şekil 2.6.** 2016 ve 2021 yıllarında ülkelere göre BIM kullanımı (Swenson, 2019)

Avrupa Birliği'nde, 2014 yılında aldığı karar doğrultusunda kamu projelerinin BIM'e uygun şekilde projelendirilip inşa edilmesi gerektiğine dair öneri kabul edilmiştir (Akkoyunlu, 2015). Bu nedenle son on yıl içerisinde İngiltere, Almanya, Fransa, gibi ülkeler BIM standartları için planlamalar yaparak BIM'in benimsenmesinde, BIM kullanımına yönelik mevzuatlar hazırlanmış ve yürürlüğe koymuştur. BIM'in yaygınlığı incelendiğinde gelişmiş ülkelerin kamusal kaynaklarını bu doğrultuda aktardığını ve

ilgili yönetmelikleri düzenleyip yürürlüğe koyduğunu görmekteyiz. Buradan çıkarımla zaman içerisinde farklı ekonomik düzeye sahip ülkelerin bu konuda kaynak aktarma ve düzenleme yapma ihtiyaçları olacağını söyleyebiliriz.

### **2.2.6. Türkiye BIM Kullanımı**

Türkiye’de BIM’in önemi ve yaygınlığı farklı gelişmişlikteki ülkelere göre kullanıcılar ve üniversiteler arasında yeterince anlaşılmamıştır (Çapkın, 2020). Kamusal olarak bazı büyük projelerde BIM kullanımı gerçekleştirilmiştir (Kabataş-Mahmutbey Metro’su, İGA Havalimanı). Ancak kamusal düzeyde ve sektörde henüz yaygınlaşması gerçekleşmemiştir. Akademik camiada son beş yılda BIM üzerine çalışmalar artmış olsa da sektörde karşılığını görmesi zaman alacaktır. BIM adaptasyon sürecinde teknik bilgi eksikliği, alışkanlıkların kolay terk edilememesi gibi nedenlerden dolayı BIM’e geçiş süresi ülke geneline yayılamamıştır (Erdik, T. Gökuç, 2020). BIM adaptasyonunda farklı ülkelerin hazırlamış olduğu kılavuz ve yönergeler bulunurken ülkemizde BIM in standartlaşması ve yaygınlaşması için henüz kamusal düzeyde bir girişim gerçekleştirilmemiştir. Bu nedenlerden ötürü ülkemizde BIM bilgisayar yazılımları olarak yanlış bilinirliğini sürdürmektedir. Ancak sektörde bazı firmalar tarafından BIM’in proje süreçlerine dahil edildiği Başyazıcı tarafından 2018’de BIM ile ilgili yaptığı araştırma sonuçlarından anlaşılmaktadır. Araştırma, nüfusu fazla olan şehirlerde büyük ve orta ölçekli mimarlık ve inşaat firmalarında BIM’in bilinirliğin daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca ülke genelinde BIM’in yaygınlığının artırılması için bazı öğrenci merkezli girişimler mevcuttur. Dünya genelinde potansiyel BIM kullanımı ve son dönemlerde gerçekleşen sektörel ve akademik yönelimler göz önüne alındığında yakın gelecekte Türkiye’de BIM kullanımının artacağı ve gerekli yasal düzenlemelerin yapılacağı düşünülmektedir.

### **2.3. Parametrik Tasarım ve Dynamo Görsel Programlama Eklentisi**

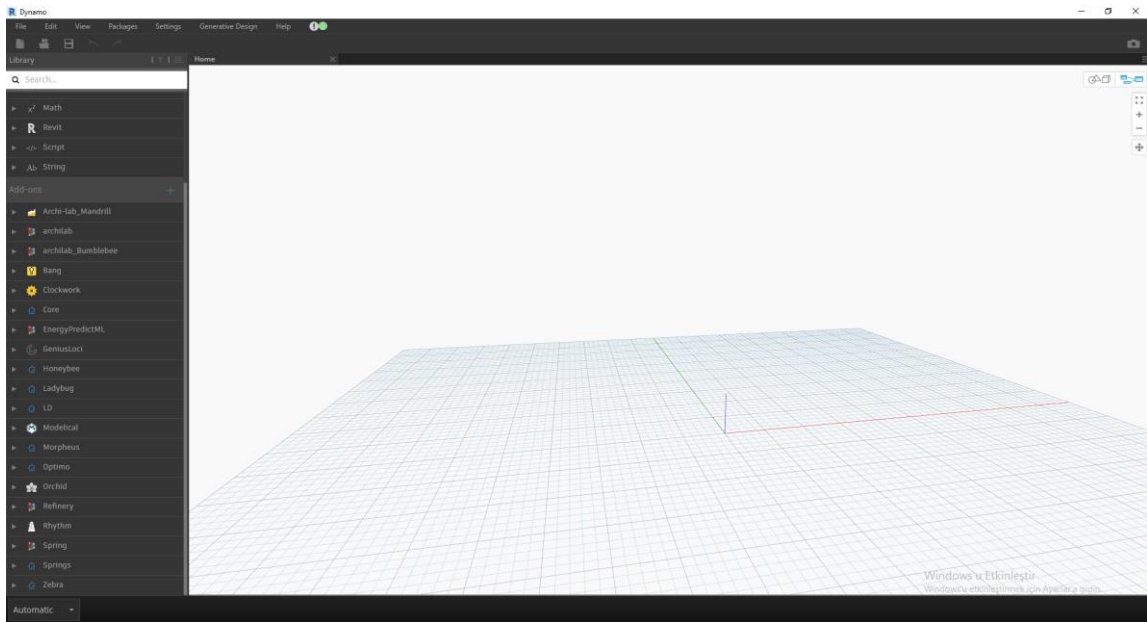
Parametrik tasarımda, geleneksel çizim yöntemleri ile geometriler oluşturmak yerine değişken parametreler tanımlanır. Bu nedenle parametrik tasarımla tasarlanan modellerin sabit geometrisi ve özelliklerini tanımlamak mümkün değildir. Parametrik tasarımda modelin içerdiği değişkenler modelin geometrilerini ve özelliklerini belirler. Parametreler farklı geometrik şekiller ve özelliklerle ifade edilebilir. Parametreler değiştiğinde modele ait birbirine bağlı farklı değişkenlerde belirli kurallar içerisinde değişkenlik gösterir. Bu nedenle parametrik tasarımda bir modelin farklı

varyasyonlarını üretmek mümkün olur. Parametrik tasarımın geleneksel tasarımından farkı, geometrilerin parametrelerinin birbiriyle ilişkili olması ve geometrik nesnelerin model oluşturmada matematiksel ilişkiler kurmasıdır. Parametrik tasarım sürecinde insan hatası olasılığı olmadan birçok görevi otomatikleştirebilir ve tekrarlayabilir (Nezamaldın, 2019). Bu sayede zaman ve işten kazanç sağlanır. Örneğin parametrik tasarım kabiliyetine sahip bir yazılımda içerisinde bir duvar veya pencere gibi bir yapı elemanının özelliklerinde değişiklik yapılırsa onunla ilgili diğer parametrelerde de değişiklik gerçekleşir. Bu aşamada BIM sistemlerinin parametrik tasarım için kullanımı ve tasarıma bütünleşmiş şekilde çalışması tasarım sürecine olumlu katkı sağlar. BIM'de kullanılan tek bir model merkezli, parametrik tasarım sürecinde modele maliyet, uygulama vb. gibi çok yönlü bakış açısı geliştirir. BIM yazılımlarında farklı eklenti yazılımları geliştirilerek parametrik tasarım kabiliyetleri artırılmaktadır. Görsel programla araçları bu eklentiler arasında yer almaktadır. Görsel programlama, standart metin tabanlı kodlamaya benzer şekilde çalışır. Görsel programlama araçları sayesinde kullanıcılara çalışmalarındaki hareketlerini çeşitli kodlama dilleri kullanarak görsel komut dosyaları oluşturmaya, değişiklik yapmasına ve modeli yönetmesine izin vermektedir.

BIM yazılımı olan Revit programı içerisinde yer alan açık kaynaklı görsel programlama aracı olan hesaplamalı tasarım için Autodesk tarafından geliştirilen Dynamo, Revit programı içerisindeki yapı nesnelere erişerek nesnelere analiz edilmesi, değiştirmesine ve yeni nesnelere üretmesine imkân tanır. Dynamo, Revit ile eşzamanlı olarak çalışır, API (Uygulama programlama arayüzü) aracılığıyla Revit veri tabanından verileri okuyabilir, değiştirebilir ve geri yazabilir. Bu sayede model elemanlarının daha kapsamlı kontrolüne izin verir. Dynamo'nun kullanıcı arayüzü, önceden yüklenen bir dizi veri kümesi içerir (Şekil 2.7.) Veriler bazı kategoriler içerir ve her kategori, Revit API'ye doğrudan erişimi olan ve her birine göre Revit veri tabanını işleyebilen bir dizi sabit kodlanmış düğüm içerir. Düğümlere kısaca Dynamo ile tasarlanan bir algoritmanın teknik adı diyebiliriz (URL 7). Düğümler iş akışını göstermek için birbirine bağlanır. Yeni algoritmalar geliştirmek için "kod blok" adı verilen özel düğümler; bireysel ya da baştan kod yazma ve programlamaya imkân tanır. Her düğümdeki nesnelere listeler depolar. Her liste değişkenlerden veya geometrik veriler oluşur. Tüm kodların yazıldığı dil Python'dur. Arayüz ekranında düğümlerle oluşturulan geometrilerin verileri değiştirilir ve arka planda 3B ön izleme sağlanır. Sağlanan ön izleme Revit ile doğrudan ilişkidir ve model üzerindeki komut tekrarları,

analizler, tasarımlar Dynamo birlikte yürütülür. Bu nedenle kullanıcının model üzerinde hakimiyeti Dynamo sayesinde artmaktadır. Diğer taraftan Dynamo açık kaynaklı bir yazılım olmasından dolayı içerdiği farklı paketler sayesinde iş ve zamandan tasarruf sağlayarak yeni geliştirmelere her zaman açıktır.

Dynamo bu çalışma özelinde kullanım aracı olduğu binaların enerji performansı hesaplamasında etkin olarak rol oynar. BIM modelindeki malzeme özellikleri, geometrileri, hava durumu gibi verileri işler. Tasarım alternatifleri üretip optimize ederek, enerjiden maliyetten, süreçten kazanç sağlar.



Şekil.2.7. Dynamo Arayüzü

#### 2.4. Miras Yapı Bilgi Modellemesi (HBIM)

Kültürel Miras, kentsel ve kırsal alanların refah seviyelerini artırmayı teşvik etmektedir ve bölgesel ve ulusal düzeyde ekonomik kalkınma, istihdam ve sosyal denge için önemlidir. Kültür varlıklarının korunması, farklı bilgilerin (mekansal, geometrik, tarihi, tematik, zamansal vb.) çok yönlü analizini gerektirir (Bruno, 2017). Kültürel Mirasın önemli bir kısmını oluşturan tarihi yapılar üzerinde çalışmalar incelendiğinde, diğer yapılara göre uygulamalar farklılık gösterir. Bunun nedeni tarihi binaların yeni binalara göre farklı özellik ve geometrilere sahip olmalarıdır. Tarihi yapıların temel yapı özellikleri birbirine benzese de genellikle farklı mimari tipolojileri ve çeşitli tarihi yapı evrelerini içerirler (Green et vd. 2016). Bu çok kapsamlı bilgiyi saklamak ve yönetmek için, bilgi sistemleri büyük bir rol üstlenir. Miras BIM'in (HBIM)

kullanımı tasarım ve ilk yapım aşamalarında olmamasına rağmen sonrasında, bina hakkındaki verilerin temini, sürecin organizasyonu, binanın belgelenmesi ve bina yönetimi için önemli bir rol üstlenmektedir. Yapının yenileme çalışmaları için veri tabanı oluşturma ve zaman içerisindeki yapı ile ilgili süreçler, HBIM aracılığı ile takip edilebilir. HBIM, yapının hasar durumlarını önlemek için koruma ve koruma izlemesi için etkili bir araç olarak kullanılır (Malinverni ve diğerleri, 2019). HBIM, binanın varlığı ile ilgili tüm bilgileri içeren bir arşiv ve bir bilgi olarak görülebilir (Tapponi vd 2015). HBIM, genellikle daha geniş müdahale projeleri ve dikkatli bir yaşam döngüsü yönetimi gerektiren yüksek oranda korunan binaları kapsamaktadır (Stefano vd. 2019).

Ülkemizde henüz yeterli çalışma yapılmamasıyla beraber, dünyada etkin şekilde bilgi temelli yapı modellemeleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Saygi vd. 2013, Previtali vd. 2020). İlk Miras Bina Bilgi Modellemesi (HBIM) Murphy vd. (2009, 2013) tarafından tarihsel verilerden oluşturulmuş mimari elemanları temsil eden, parametrik nesne kütüphaneleri ve bu nesnelerin haritalandırılması için yeni bir modelleme sistemi önerisidir. HBIM mevcut yapıdan başlayarak, araştırma, modelleme ve bilgi zenginleştirme yoluyla dijital modele gelen, yeni inşaat süreçleri ile ilgili ters bir süreci takip etmektedir (Şekil 2.8, Bruno 2017). Zaman içerisinde bu süreci takip eden aynı çerçevede pek çok akademik çalışma HBIM'in farklı yönleri değerlendirilerek gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar eklerde çalışma kapsamı ile sunulmuştur (EK-2).



**Şekil 2.8.** HBIM Süreci (Bruno 2017)

HBIM'de özellikle, araştırmaların doğruluğu ve güvenilirliği, modelin gerçeğe bağlılığı, zaman ve tarihsel veri yönetimi vb. gibi önemli parametrelerin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekir. Kültürel miras binalarını doğru şekilde belgelemek için, bina özelliklerinin değerlendirildiği ön çalışma aşaması çok önemlidir. Hem mimari araştırma hem de tarihsel ve arşiv araştırmaları yapılmalıdır. Toplanan geçmiş veriler binanın geçmişine ilişkin temel bilgilere sahip olmak için gereklidir. Fakat bu veriler genellikle eksiktir. Bu nedenle, bina her zaman en iyi şekilde derinlemesine

analiz ederek en iyi verilere yine binanın kendisinden elde edilmelidir (Donato vd 2017).

Miras Yapı Bilgi Modellemesi (HBIM), tarihi mimari verilere dayanan lazer tarama verilerinin dijital ortama aktarılması kütüphane için parametrik nesnelere oluşturulmasına olanak tanır. Bu nesnelere binanın geometrisini ve dokusunu temsil eden lazer taramadan üretilen nokta bulutu ile doğru şekilde eşlenir. Verilerden, çizimler ve 3B modeller Miras Bina Bilgi Modelinden üretilebilir. Tarihi bir yapı veya çevrenin, doğru korunması ve bakımı için doğru bilgilerin teminini sağlamak üzere farklı zaman dilimlerinde elde edilen veriler modele işlenebilir. HBIM miras yapıları için avantajları incelendiğinde;

- Farklı inşaat aşamalarının takibi ve yönetimi,
- Bina hakkında verilerin saklanmasıyla elde edilen veri tabanı temini,
- Yapısal bozulmalar için malzeme analizleri
- Yıkılan binaların tarihi veriler ışığında dijital olarak yeniden modellenmesi,
- Artırılmış gerçeklik uygulamaları için altlık model oluşumu,
- Koordineli ve disiplinler arası bilgi akış ve yönetimini,
- Yapısal davranışlar, enerji analizleri ve çevre etkilerinin izlenimi,
- Maliyet analizleri uygun kaynak kullanımı, gösterilebilir.

## 2.5. Bölüm Sonucu

Dünyada enerji talebindeki hızlı artışla birlikte olarak küresel ısınmanın tehlikeli boyutlara ulaşmasıyla devletler enerji tüketimlerinin azaltılması konusunda farklı politikalar geliştirmeye yönelmiştir. Paris iklim anlaşmasıyla sıfır enerji politikası kapsamında ülkeler çeşitli düzenlemeler gerçekleştirmektedir. Türkiye Paris İklim anlaşması 6 Ekim 2021 tarihinde kabul edilerek 5 yıl gecikmelide de olsa kabul eden devletler arasına girmiştir. İklim anlaşması kapsamında ülkemizde çeşitli düzenlemelerin ileriki dönemlerde gerçekleştirileceği beklenmektedir. Bu anlamda tez çalışması ile küresel ölçekte kabul edilen iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi sorunların çözümlerine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Teknolojinin gelişimiyle birlikte kullanılan BIM sistemleri mimarlık ve inşaat özelinde geleneksel kullanımlara göre sağladıkları avantajlar ile son on yılda oldukça popüler hale gelen problemlere cevap vermeye başlamıştır. Tarihi yapılar özelinde BIM sistemlerinin kullanımı ise ülkemizde henüz birkaç akademik çalışmanın ötesine



geçememiştir. Halbuki miras değeri taşıyan yapılar taşıdıkları kimlikleriyle oldukça özel yapılardır. Bu nedenle diğer yapılara göre daha fazla ilgi, uzmanlık ve çalışma gerektirir. Yapıların korunması ve sürdürülebilirliğine katkı sağlayacak her türlü imkan değerlendirilmesi gerekmektedir. Tez çalışmasıyla günümüzün teknolojik imkanları ve miras değeri taşıyan yapıların birlikteliği Yersel Lazer Tarayıcı ve BIM birlikteliği ile gerçekleştirilmiştir. Bu sayede BIM sistemlerin miras değeri taşıyan yapılar için kullanımının sağladığı avantajlar ve bilinirliği bakımından literatüre katkı sağlamaktadır.



### 3. GELENEKSEL YAPILARDA ISIL PERFORMANS

#### 3.1. Tarihi Yapıların Genel Özellikleri

Tarihi yapılar; tarih açısından değerleri yanında, halkın veya yerin tarihinde önemli olayları içeren kent hafızasının bileşenleridir. Dönemin insanların yaşam koşullarına ve görüşlerine tanıklık ederler. Yapı kullanıcıları için, daha fazla değer ve hatırayı içerir. Bu nedenle bu yapılar için "Kültürel miras" terimi de kullanılır. Kültürel miras olan bu yapıları Mazzarella (2015) 'ya göre "yaş, bütünlük ve önem" gibi farklı özelliklerine göre değerlendirebiliriz;

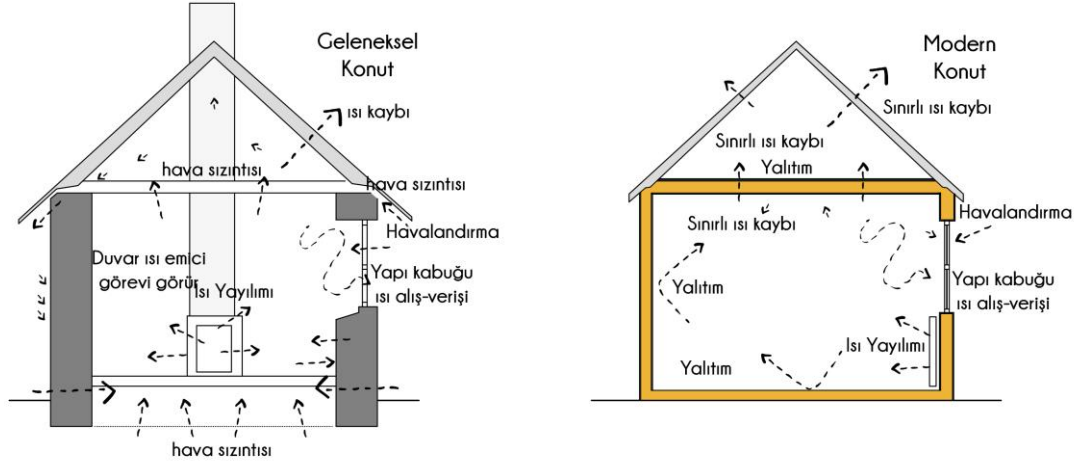
*Yaş; bir yapının ne kadar eski olması gerektiğine dair genel bir kabul olmasa bile, pratik olarak en az 50 yaşında olması gerekmektedir.*

*Bütünlük; bir yapının belirli bir fiziksel bütünlüğü, taşıyıcı olarak zamana özgü olma özelliğinin olması gerekmektedir.*

*Önem; bir yapının bazı tarihi olaylara doğrudan dahil olmak veya tarihi önemi olan insanlar tarafından sahiplenilmiş veya ikamet edilmiş olması, yapının belirli bir dönem için karakteristik olan, o zamanın sanatsal becerilerini ve / veya işçiliğini ortaya çıkaran bazı ayırt edici fiziksel özellikleri bünyesinde barındırması, insanların geçmişte nasıl yaşadıkları ve düşündükleri hakkında bir şeyler ortaya çıkarmak, bir kültürün köklerini, gelişimini ve tarihini daha iyi anlamayı mümkün kılmaktır. (Mazzarella, 2015).*

Tarihi binalar, biçim, yapı ve uygulama teknikleri açısından mevcut yapılardan farklılık gösterir. Geleneksel binaların çoğu yapıldıkları dönemlerin özelliklerini barındırırlar ve bugünkü teknoloji ile üretilen yapı malzemeleri geliştirilmeden önce inşa edilmişlerdir. Günümüzde yapılan modern binalarda, nem ve havayı binanın içerisindeki hareketini kontrol etmek için geçirimsiz yapı malzemeleri kullanılır (Şekil 3.1). Geleneksel binalarda ise inşaat teknikleri ve kullanılan malzemelere göre yapı çevresindeki hava ve nemi alır sonra çevre koşullarına göre serbest bırakır. Geleneksel binalar günümüz emsallerinden daha büyük termal ataletlere sahip olma eğilimindedir-daha geç ısınır ve soğurlar (HEAG014, 2017). Bu durumda geleneksel binaların, yapım teknikleri, kullanılan malzemeleri ile doğal çevreyle uyumlu ve büyük bir bölümünün pasif tasarım kurallarına uygun olarak yapıldığı anlaşılmaktadır (Tutkun vd. 2015, Kanan 2012). Ayrıca Historic England tarafından yayınlanan çalışmalar göstermiştir ki geleneksel yapıların duvarlardaki ısı geçirgenliğinin (U-değerleri) yerinde ölçümler sonucu varsayılan değerlerin altında çıkmaktadır (HEAG094, 2018). Bu da

göstermektedir ki geleneksel yapılarda kullanılan malzemeler çevre dostudur (Özgünler, 2017).



Şekil 3.1. Isı hareketinde tipik farklılıklar (HEAG094, 2018'e göre yeniden düzenlenmiştir).

Tarihi yapıların birçoğu ilk inşa edildiği gibi ne yazık ki hayatta kalmamıştır. Duvar, çatı, kapı ve pencere gibi yapı elemanları yapının fiziksel özelliklerini gösteren enerji performanslarıyla ilgili önemli değerler olduğundan ve bu değerlerde genellikle (duvarlar, kapılar, pencereler ve zeminler gibi tekil yapı elemanlarında) değişiklikler yapıldığından tarihi yapıların termal özellikleri ilk yapıldıkları dönemlere göre farklılık gösterir (Timur vd. 2017, Ergöz Karahan E., 2017). Ayrıca gelişigüzel gerçekleştirilen bu değişiklikler tarihi yapıların önemlerine zarar vermiş ya da taşıdıkları riskleri artırmıştır. Tarihi yapılar bu gibi durumların sonucunda bazı dezavantajlara sahiptir. Bunlar başlıca aşağıda sıralanmıştır;

**Dayanıklılık;** döneminin yapım teknikleri malzemeleri ile inşa edilmiş olmaları sebebiyle yıllar içerisinde farklı nitelik ve tekniklerle yenileme işlemlerine maruz kalmışlardır.

**Kültürel farkındalık;** Bugünkü kullanıcıların kültürel bilincinin eksikliği sonucunda kültürel değerlere sahip bu yapılara sahip çıkılmamakta, terk edilip veya yıkılıp yeni bina yapılmaktadır.

**Mekanik;** Mekanik sistemlerin bugünkü konfor standartlarını karşılamamaktadırlar. İç mekanlarda sıcaklıkların eşit olmayan dağılımı ile termal köprüler veya soğuk duvar yüzeylere sahip olabilmektedirler. Bu binaların havalandırılması doğal havalandırmayla gerçekleşir. Bu havalandırma, kontrollü

havalandırmaya göre daha zordur ve bina kabuğunun hava sızdırmazlığı ve sızıntıların boyutu ve karakteri vb. hakkında bilgi gerektirir. Ağır kagir duvarlara sahip binalarda, duvarlardan sızma az ya da çok ihmal edilebilir olabilir, ancak pencereler ve kapılar, zeminler ve tavanlarda bozulma ile sızdırma olabilir.

Maliyet; Birçok tarihi yapı, bakım ve onarım maliyetleri nedeniyle kullanılmamaktadır. Kaynak yetersizliği ve insan eksikliği nedeniyle atıl haldedirler.

İşlev; Bölgesel sirkülasyonların zamanla değişmesi, bölgesel değer kayıpları ile birçok tarihi yapı işlev kaybına uğramıştır. Yeni işlev verilemeyen yapılar zaman içerisinde değerlerini kaybetmişlerdir.

Bozulma; Tarihi yapılarda mekanik, kimyasal ve biyolojik bozulmalar meydana gelmektedir. Mekanik bozulma; ısı veya nem değişimlerinden kaynaklanan hacimsel değişiklikler, gerilmeye veya titreşime neden olan yükler gibi faktörlerin neden olduğu gerilme ve gerilmenin bir malzeme üzerindeki etkisidir (Bratasz vd., 2008). Kimyasal bozulma; kimyasal reaksiyonlara, genellikle sülfürik veya nitrik asit gibi asitlerle reaksiyona bağlı olarak malzeme özelliklerindeki değişikliklerden kaynaklanır ve yapı malzemelerinde genellikle boya katmanlarının soyulmasına neden olur (Thickett, 2007). Biyolojik Bozulma; Küfler, algler ve bakteriler, özellikle yüksek bağıl nemde organik materyalleri bozabilir. Mikrobiyolojik büyüme, yıkıcı hasarlara neden olabilir, organik bileşikler kimyasal olarak parçalayabilir ve ayrıca malzemenin yapısını mekanik olarak içine doğru genişleyerek ve büyüyerek genişleyebilir (Sedlbauer, 2002).

### **3.2. Tarihi Yapılar ile İlgili Düzenlemeler**

Miras değeri taşıyan korunması yasalarca gereken bu tarihi yapıların iyileştirilmesi; kimliklerine ve yapısal özelliklerine zarar vermeden bina kabuğuna müdahalede bulunulması oldukça zorlu bir süreçtir. Bu zorlu süreç çeşitli yönetmelikler ile sınırları belirlenmiştir. Miras değeri taşıyan bir yapıya müdahale edilmesi gerektiğinde müdahalenin restorasyon kapsamına girmesi ve önceliğin bu varlığın korunması olması gerekmektedir. Enerji verimliliğinin artırılması söz konusu olduğunda bile enerji verimliliğinin artırılmasından ziyade korumaya yönelik yaklaşımlar benimsenmelidir.

Miras değerlerinin ne olduğu ve nasıl yönetilmesi gerektiği konusunda (varsayılan) bir kültürel uzlaşmaya dayanan geleneksel normatif koruma, belirlenen ilkelerine dayanmaktadır. Tarihi ve tersine çevrilebilirlik gibi koruma ilkelerinin ve anahtar kavramların gelişimi, Viollet-le-Duc, Ruskin, Morris ve Boito gibi 19. yüzyıl

teorisyenleri tarafından başlatılmıştır (Ahunbay,2009). 1954 yılında Lahey Sözleşmesi: Silahlı Çatışma Halinde Kültürel Varlığın Korunması Sözleşmesi (UNESCO, 1954)'inde 1.bölümde 2.maddede;

*a) Dinî veya laik, mimari, tarihî anıtlarla sanat anıtları, arkeolojik değerlerdeki yerler, bütünü itibariyle tarihî veya artistik bir alâka arz eden yapı toplulukları, sanat eserleri, elyazmaları, kitap ve başkaca tarihî, artistik veya arkeolojik değer taşıyan eşya, keza yukarıda bildirilen servetlerden mürekkep bilim koleksiyonlarıyla, önemli kitap, arşiv röprodüksiyon koleksiyonları ve emsali gibi milletlerin kültür muamelelerinde büyük önemde yeri olan menkul ve gayrimenkul mallar,*

*b) Gerçek ve başlıca görevi (a) fıkrasında zikredilen menkûl kültürel varlığını koruma veya teşhirden ibaret olan müze, büyük kitaplık, arşiv deposu gibi binalarla (a) fıkrasında açıklanan menkul kültürel varlıkların silahlı bir çatışma hâlinde korunmasına mahsus sığınaklar,*

*c) (a) (b) fıkralarında tarif edilen kültürel varlıkların büyükçe sayıda içine alan ve “anıt merkezleri” denilen merkezler.*

Miras değerlerinin tanımı yapılırken 2. Maddede bu eserlerin korunması gerektiği yönündedir. Bu nedenle tarihi yapıların korunması gereken kültürel bir miras olduğu bu anlaşmayla devletler tarafından kabul edilmiştir. “Bütünü itibariyle tarihî veya artistik bir alâka arz eden yapı toplulukları” kapsamına dahil olan karakteristik özellikleri ile Anadolu coğrafyasında yer alan Geleneksel Türk Evlerinde bu sözleşme ile korunması gereken miras değerlerine dahil edilebilir. Merkezi koruma ilkelerinin birçoğunu ifade eden ve Avrupa'nın koruma anlamında temel taşı olan Venedik tüzüğü (ICOMOS 1964) gibi sözleşmelerle sürdürülmüştür. Venedik tüzüğünün 5. maddesine de tarihi bir yapının sosyal olarak faydalı bir amaca uygun değiştirilmek istense de “binanın düzenini veya dekorasyonunu değiştirmemelidir” şeklinde yer alan ifade, binalar için tanınan kullanımın sadece işleviyle sınırlı olamayacağı estetik ve miras değerleriyle kültürel hususları kapsayacağına işaret etmektedir (Petzet, 2004). Koruma süreci Venedik Tüzüğünde belirtilen uyumluluk, minimum müdahale, tersine çevrilebilirlik, ayırt edilebilirlik, etkileyici özgünlük, dayanıklılık ve orijinal dokuya saygı gibi kriterler doğrultusunda gerçekleştirilmelidir (ICOMOS 1964). Bu bağlamda “iyileştirme” kavramı mevcut standartlarda kabul gören “uyarlama” kavramının yerini almaktadır (Santoli, 2015). Ayrıca küresel anlamda korumanın sağlanmasında UNESCO Dünya Mirası Sözleşmesi önemli olmuştur (UNESCO 1972). Sözleşme uluslararası standartlar ve gelişen koruma yaklaşımlarının yanında operasyonel

yönergeler ile Venedik Tüzüğünü desteklemektedir. Kültürel Mirasın özgünlüğün tanımlama, değerlendirme, yönetimde ve korunmasında uluslararası kapsayıcılık getirmiştir (UNESCO 2013, ICOMOS 1994). 1975 yılında Avrupa Mimari Mirası Kongresinde koruma ile sınırları detaylı şekilde açıklanmıştır (COE, 1975). Miras değeri taşıyan bir binanın enerji uyumluluğunu iyileştirmeye yönelik kararlarda uygun bir mimari için yeni binalarda istenilen tam performans yerine kısmi iyileştirmeler yapılabilmektedir. Bu yapıların hem enerji verimliliği geliştirmesi hedeflenmekte hem de miras değerlerinde herhangi bir kayıp yaşanmaması istenmektedir. Yapılan müdahaleler koruma yasaların yanında çeşitli yönergeler ile sınırlandırılmıştır.

Kültürel miras, sürdürülebilirlik ve yapılı mirasın korunması ile ilgili birçok uluslararası ve ulusal politikada yer almaktadır. İlk olarak İklim değişikliği ve diğer siyasi, ekonomik ve ekolojik baskılarla ilgili endişeler nedeniyle Avrupa Komisyonu Enerji Performansı Direktifi (2010/31/EU) çıkarılmıştır. Bu direktif üye devletler için yapılarda enerji performanslarının artırılması için teşvik niteliğindedir. Daha sonra enerji performansı yükseltilmesi için Avrupa Normalleşme Komitesi (CEN) 16247-1(UNI,2012) standardı; enerji kullanımının ve enerji tüketiminin incelenmesi amacıyla saha, bina, sistem veya organizasyon enerji akışları ve enerji verimliliği iyileştirmeleri için potansiyellerin araştırılması üzerine çıkarılmıştır. Bina ile ilgili olarak, enerji kontrollünün sağlanması ve enerjinin geri kazanılması hedeflenmiştir. Tarihi binalara özel olarak bakıldığında, enerji performansı yapıda, tasarımda, malzemede çeşitli kayıplar içermektedir. Bu nedenle bu standart yapı, malzeme özelinde enerji performanslarını artırmaya yönelik bir standartlar olarak kabul görebilir. Aynı yıl Avrupa Birliği Komisyonu (Directive 2012/27/E) tarafından yayımlanan direktiflerde ise miras değeri taşıyan yapıların korunmasına ilişkin bir direktif bulunmamaktadır. Direktifler temel olarak yeni binalar için geçerlidir. Bu nedenle, enerji verimli bina stoku talebini karşılarken kültürel mirası korumak ve kültürel değerleri korumak için yasal önlemler alma konusunda önemli ölçüde takdir yetkisi üye devletlere bırakılmıştır (Christiernsson, 2021). 2017 yılına kadar tarihi yapı stoklarının enerji verimliliği ile ilgili devletlerin özeline bırakılan sınırlamalar Avrupa Standardizasyon Komitesi'nin iklim değişikliği ve ilgili politik hedefleri doğrultusunda, binalarda enerji kullanımıyla ilişkili sera gazı emisyonlarını azaltma ihtiyacı nedeniyle "Tarihi Binalarda Enerji Verimliliğine İlişkin Avrupa Standartları" çıkararak bu alandaki boşluğu gidermiştir. Standartlarda; Avrupa genelinde tarihi bir binanın enerji performansını iyileştirmek için uygun normlar tanımlamıştır. Miras olarak algılanan her tür ve yaştaki tescilli ve

tescilsiz binalar için geçerliği kabul edilmiştir. Tarihi miras özellikleriyle beraber bir binanın incelenmesi, analiz edilmesi ve sonucunda elde edilen verilen belgelenmesine dayalı olarak yapının enerji performansını iyileştirmeye yönelik önlemlerin seçilmesi için bir dizi işlem sırası sunmaktadır (TC346. EN-16883, 2017). Ayrıca bu direktiflerin yansırı çeşitli ulusal ajanslar ve diğer kuruluşlar, tarihi binaların enerji verimliliğine ilişkin teknik belgeler ve kılavuzlar yayınlamıştır; İtalyan HVAC mühendisleri derneği ve Kültür Bakanlığı, bina ve koruma uzmanlarına yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir (MiBACT, 2015). AB tarafından finanse edilen araştırma programlarında Tarihi Bölgelerinin Sürdürülebilirliği için Enerji Verimliliği EFFESUS, Kültür için İklim ve AB Kültürel Mirası için Verimli Enerji 3ENCULT gibi çalışmalar gerçekleştirilmiştir. EFFESUS projeleri özellikle tarihi kentsel bölgelerin enerji verimliliğini hedef alırken, 3ENCULT sırasıyla değişen iklim koşullarının bireysel miras binaları üzerindeki etkileri ve enerji verimli güçlendirme çözümlerini ele alınmıştır. AB ayrıca, Baltık Denizi Bölgesi'ndeki tarihi tuğla binaların enerji verimliliğini artırmanın yollarını özellikle düşünen Co2olBricks – İklim Değişikliği, Kültürel Miras ve Enerji Verimli Anıtlar gibi projeleri destekleyerek farklı çalışmalara imkan tanımıştır. Tüm bu çalışmalara göre Avrupa Binalar Performans Enstitüsü (BPIE) 2050'ye kadar CO2 azaltmak ve enerji elde etmek için, tarihi yapılarda da küçük ve orta ölçekli müdahaleler yapılabileceği yönünde tavır sergilediği görülmektedir (Economidou vd. 2011). Türkiye ise kültür varlıklarını korumak amacıyla kurulan organizasyonlarda ilk günden beri yer almıştır. Günümüzde kamunun yanında çeşitli sivil toplum örgütleri miras değerlerini korumak için çalışmalar gerçekleştirmektedir. Son dönemde Kültürel Mirası Koruma Derneği'ni kültür mirasları ve sürdürülebilirlik kapsamında çalışmaları gerçekleştirmiştir (Topaoğlu ve Kayasü, 2019).

### **3.3. Tarihi Yapılarda Isıl performanslarının İyileştirilmesi**

Tarihi binalar enerji yenilemelerinden hariç tutulmazlar çünkü her zaman uygulanabilecek bazı enerji verimliliği önlemleri bulunmalıdır, hatta tam bir yenileme değilse bile küçük önlemler miras niteliğindeki binalar söz konusu olduğunda uygulanabilir olmalıdır. Ayrıca yapılan iyileştirme çalışmalarının, yapının enerji performansı üzerindeki olumlu etkisinden dolayı, tarihi binaların güçlendirmenin teşvik edilmesini gerekmektedir (Hao vd. 2020). Bu kapsamda üzerinde çalışma yapılabilecek, ülkemizde tescilli tarihi miras yapıları, Kültür ve Turizm Bakanlığı 2019 yılı sonundaki verilerince, sivil mimarlık örneği; 71.414, dini yapılar; 10.489, kültürel yapılar;13.162,

idari yapılar 3.102, askeri yapılar; 1.339, endüstriyel ve ticari yapılar; 4.425 olmak üzere toplam 103,928 tanedir (URL 8). Ama buradaki asıl sorun tarihi yapılar üzerine çalışmaların yanında tarihi değere sahip olan ama henüz tescillenmeyen binalar için koruma ve enerji tasarrufu üzerine çalışmalar yapılması gerekliliğidir. Çünkü tarihsel değer taşıyan ama tescilli olmayan yapılar bugün gerek dünyada gerek ülkemizde mevcut yönetmeliklere tabidir. Ve bu eski yapıların önemli bir çoğunluğunu konuttur. Ülkemizde özellikle kırsallarda birçok geleneksel konut bulunduğundan bu konuda farklı düzenlemelere gidilmez ise bu yapılar zamana yenik düşeceklerdir. Bu konutlar, genellikle içinde buldukları topluluklar ve mahallelerdeki somut geçmişi ve benzersiz mirası yansıtır. Ek olarak, bu binaların bulunduğu mahalleler devlet ve ulusal deneyime önemli ölçüde katkıda bulunur (Mukhopadhyay, vd. 2019). Dolayısıyla bu tür binalar mevcut topluluklarımız ve gelecek için içsel bir değere sahip nesillerdir ve korunması gerekir.

### 3.3.1. Tarihi Yapılarda Isıl Performansın İyileştirilmesi için Analiz Yöntemleri

Tarihi binalar genellikle farklı değerlerdeki yapı unsurlarını içerir. Genellikle mimari detaylandırmanın çoğunun odaklandığı cepheleri vardır. Diğer cepheleri daha az süslü veya daha işlevsel olabilir. Bunların daha az önem arz ettiği durumlarda, enerji verimliliğini artırmak için farklı fırsatlar olabilir (Ma vd. 2012). Bunun içinde detaylı analizler ve testler yapılması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar yapı için birçok avantajın ortaya çıkmasına neden olabilir. Mevcut bir binaya yapılan güçlendirmenin performansını tahmin etmek veya ölçmek için çeşitli değerlendirme yöntemleri kullanılabilir. Bina performans simülasyon araçları ve alan ölçümleri ile çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.;

- Bina Simülasyon Araçları ile; Bina Enerji Simülasyonları, Bina Hıgrotermal simülasyonları (nem/su), Bozulma simülasyonları (malzeme) gibi çeşitli simülasyonlar gerçekleştirilmektedir.

- Alan ölçümleri ile;

*Çevresel İzleme ve Mikro iklim Analizi;* Tarihi yapılarda iç ortam koşullarının izlenmesi büyük öneme sahiptir. Sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin istenilen koşulları sağlayıp sağlanmadığının belirlenmesi, sürekli izleme gerektirir (Webb, 2017). Birçok çalışma da, tarihi binalarda sıcaklık ve bağıl nemi değerlendirmek için; tüm koşullara karşılık gelen bir zaman aralığında, bir alan içerisinde birden fazla ölçüm içeren mikro iklim analizinin kullanılmaktadır



(Camuffo, 2014, Bonacina vd., 2015). Tarihi yapılardan ölçümler sonucu elde edilen veriler termal konfor standartlarını belirten değerler erişimimizi sağlar (Gou vd., 2015). Ayrıca bu ölçümler, çevresel verilerinin bina enerji simülasyon modellerini kalibre etmek için kullanılabilir (Şahin vd.,2015).

*Yerinde U- değeri (Isıl Geçirgenlik Katsayısı) ölçümleri;* Modern yapı malzemelerin fiziksel özelliklerine, kataloglardan veya veri tabanlarından ulaşılabilir. Ancak bu standart değerler, tarihi yapılarda yerinde uygulandığı zaman farklı U değerlerine ulaşılabilir (Rhee-Duverne, 2013). Güçlendirme öncesi ve sonrası yerinde U-değeri ölçümleri, bina güçlendirmelerinin performansını doğrulamak için kullanılır (Webb, 2017). Yerinde U-değeri ölçümleri, önerilen güçlendirmelerden elde edilen tasarrufları tahmin etmek için bina enerji simülasyonuna da kullanılabilir.

*Laboratuvar testleri;* Belirli şartlar altında geleneksel binalarda, güçlendirme öncesi ve sonrası için bina kabuğunu değerlendirmek için kullanılabilir (pencere, kapı, tuğla, ahşap kiriş vb., Baker 2008).

Yerinde ölçümler yapılırken bazı testler Historic England'ın 2018 yılında "Enerji Verimliliği ve Tarihi binalar" adlı çalışmasında aşağıdaki belirtilmiştir (HEAG094, 2018);

- *Hava basınçlandırma testi;* Bu test, bir binanın hava geçirmezliğini belirlemek için kullanılır. Bina kabuğunun hava sızıntısı miktarının ölçülmesine izin veren bir basınç farkı oluşturmak için bir kapı girişine geçici olarak bir fan yerleştirilir. Kızılötesi termografi ile birlikte kullanıldığında, hava sızıntısına neden olan çatlaklar, açık bağlantılar ve diğer kusurlar kolayca tespit edilebilir. Hava basınçlandırma testi, hava akımına dayanıklılık önlemlerinin etkinliğini test etmek için de kullanılabilir.
- *Kızılötesi termografi;* Kızılötesi video ve sabit kameralar, yüzey sıcaklığındaki değişiklikleri gösteren bina kabuğunun görüntülerini üretmek için kullanılabilir. Bu şekilde soğuk köprüler gibi termal kusurlar tespit edilebilir. Hava basınçlandırma testleri ile birlikte dahili olarak kullanıldığında, hava kaçağı tespit edilebilir.
- *U-değeri ölçümü;* Bina elemanlarının termal performansı, içlerinden geçen ısının hızını ölçmek için sensörler kullanılarak yerinde değerlendirilebilir. Ölçümler genellikle, element boyunca sıcaklık gradyanının en az 20 ° C olduğu kış aylarında en az iki haftalık bir süre boyunca gerçekleştirilir.

- *Birlikte ısıtma testi; Bu test, bina kabuğundan kaybedilen ısı miktarını ölçer ve  $W / K$  cinsinden ısı kaybı katsayısını belirlemek için kullanılır. Normalde, kış aylarında 1–3 haftalık bir süre boyunca boş bir binada yapılır. Bu süre kabuğunda bina elektrikli ısıtıcılar ile sabit bir sıcaklığa (genellikle 25 ° C) kadar ısıtılır. Bina genelinde eşit bir sıcaklığın korunmasını sağlamak için fanlar kullanılır. Günlük enerji girdisinin bina içi ve dışı arasındaki günlük sıcaklık farkına göre, ısı kaybı katsayısı hesaplanır (HEAG094, 2018).*

Teknolojik gelişmelerle birlikte hem simülasyon yazılımları hem alan çalışmaları son zamanlarda daha spesifik alanlara odaklanabilmektedir. Bu sayede tarihi yapılar için en uygun iyileştirmeler gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle her bir tarihi yapının kendine özgü karakteri olmasından dolayı bu çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

### 3.3.2. Tarihi Yapılarda Isıl Performansları İyileştirme Yöntemleri

Tarihi yapıların enerji performansları değerlendirilirken genellikle bina kabuğunun U değerlerinin yükseltilmesi hedeflenir. Yaygın güçlendirmeler şunları içerebilir; ısıl performans değeri yüksek sıvaların kullanımı, duvar veya çatı yalıtımı eklenmesi, pencere cam ve doğramaların iyileştirilmesi, hava sızdırmazlığın artırılması, lambaların değiştirilmesi, ısıtmanın iyileştirilmesi, havalandırma ve klima (HVAC) ekipmanların eklenmesi veya değiştirilmesidir (Kolokotsa vd., 2009). Bununla birlikte, ilk adım, bina içerisi ile dışarısı arasındaki ısı transferini ve sızmayı sınırlamak ve ısı değişim sürecini anlamayı önemli hale getirmektir (Kapoor 2019). İyi yalıtılmış bir bina, iç yüzeyler ile dış ortam arasındaki ısı transferini azaltır. Yalıtım; yoğuşma, korozyon veya küf oluşumu riskini en aza indirir ve iyi bir iç mekan iklimi sağlayarak binanın ömrünü uzatır (Bozi, 2015). Bina performansını artıran bazı uygulamalar aşağıda gibidir;

- *Isı yalıtım; Isı yalıtım malzemesi, iletim, konveksiyon ve radyasyon yoluyla, ısı akış hızını geciktiren bir malzemedir (Al-Homoud 2005). Sıcaklık ve hava geçirgenliği azaltılarak U değerinin düşürülmesini sağlar. Nem bariyerine sahip olanları ile neme karşı etkili olanları da kullanılmaktadır. Tarihi yapılarda uygulanması büyük özen gerektirir. Eklenen yalıtım katmanı yoluyla bina kabuğunda sıcaklık ve nem farkından dolayı ısı ve nem köprüleri oluşabilir (Walker vd. 2015). Yaygın olarak kullanılan malzemeler arasında; Cam yünü,*

Taş yünü, Genişletilmiş perlit, Genişletilmiş Polistiren (XPS), Poliüretan sert köpük (PUR), Fenolik köpük, Ahşap yünü ve Selüloz lifleri Kenevir ve diğer organik izolasyonlar kullanılmaktadır. Bölüm 5.3 konu ile ilgili daha detaylı bilgi verilmiştir.

- *Sıva*; Tarihi yapılarda kullanılan kireç esaslı sıvalar, gözenekli yapıları ile iyi termal özelliklere sahiptirler (Stefanidou vd. 2010). Tarihi yapılarda yalıtım uygulanamadığı durumlarda dış veya iç cephelerde tercih edilir. Ayrıca kompozit sıvalar da tarihi yapılarda enerji verimliliğinin artırılması için kullanılabilir (Aglia vd., 2020).
- *Cam seçimi*; Isı geçirgenlik katsayısı (U-değeri-W/m<sup>2</sup>K), Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC), Gölgeleme faktörü (SC), Serinlik indeksi (DX) gibi parametreler camın ısı performansının değerlendirilmesi için kullanılan parametrelerdir (Yaşar vd. 2016). Pencere cam ve doğramalarının toplam ısı geçirgenlik katsayısı (U değeri) cam ve doğramaların ısı geçirgenlik katsayılarına ve alanlarına bağlı olarak hesaplanır. Pencerenin güneş enerji kazancı katsayısı ve gölgelenme faktörü camın geçirgenlik ve soğurma miktarlarına bağlı olarak değişir (ASHRAE, 1997). Günümüzde bu değerlere bağlı; tek cam, çift cam, float cam, rekleftif kaplamalı cam, low-e cam gibi farklı U değerlerine sahip camlar kullanılmaktadır (Çizelge 3.1.)

**Çizelge 3.1.**Pencereler ve U değerleri (TSE 825)

<b>Pencere Türü</b>	<b>U-değeri</b>
Doğramalı Tek Camlı Pencere	5.1 W/m <sup>2</sup> K
Ahşap Doğramalı Çift Camlı Pencere	2.3 W/m <sup>2</sup> K
Plastik Doğramalı Tek Camlı Pencere	5.2 W/m <sup>2</sup> K
Plastik Doğramalı Çift Camlı Pencere	2.4 W/m <sup>2</sup> K
Alüminyum Doğramalı Tek Camlı Pencere	5.9 W/m <sup>2</sup> K
Alüminyum Doğramalı Çift Camlı Pencere	3.1 W/m <sup>2</sup> K

### 3.4. Bölüm Sonucu

Tarihi yapı stoğu, bazı enerji verimliliği müdahalelerinin uygulanmasını engelleyebilecek veya alternatif enerji verimliliği yöntemlerine ilham olabilecek miras değerleriyle doludur (Fouseki vd., 2020). Tescilli veya tescilsiz binaların hem miras değerlerini hem de kullanıcılarının ihtiyaçlarını göz önünde bulunduran enerji verimliliği için özel yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Tarihi bir binanın enerji verimliliğine yönelik iyileştirme çalışmaları planlanırken, yalnızca yapının önemi üzerindeki olası etkileri değil, aynı zamanda yapı performansı ve uzun vadede yapı üzerindeki olası etkilerini detaylı araştırmak gerekmektedir. Bu nedenle kültürel miras ve enerji değerlerinin birlikteliği ve uyumluluğu, ilk önce tanımayı ve tanımlamayı gerektirir. Çevresel, sosyal, ekonomik, kentsel ve mimari yönler ile kullanıcının ihtiyaçları cevap veren disiplinler arası çalışma gerektirir (Piderit vd. 2019). Bu nedenle tarihi yapıların ısı performanslarının yükseltilmesi için minimum müdahale kapsamında semantik bir bakışı gerekmektedir.

Tarihi yapılarda çeşitli ölçüm yöntemlerinin sonrasında yapı kabuğunda gerçekleşecek olası iyileştirme kararlarında duvarlarda, döşemelerde ve çatıda ısı yalıtım kullanımı, sıva değişimi veya pencere camların modern camlar ile değişimi yapının kimliğine zarar vermeden gerçekleştirilebilir. Tarihi yapıların kimliğine zarar vermeden değişimi mümkün olan güncel yapı malzemelerin tarihi yapılarda kullanımı hem günümüzün konfor şartlarını sağlarken hem de ısı performansları yükselterek küresel boyutta enerji tüketiminin azaltılmasına katkı sağlar. Bu sayede mevcut yapı stoğunun önemli bir bölümünü oluşturan tarihi yapılardaki iyileştirmeler dolaylı olarak iklim değişikliğinin önlenmesine yardımcı olur.

#### 4. ALAN ÇALIŞMASI

Geleneksel Türk evi Osmanlı'nın sınırları içinde Rumeli ve Anadolu bölgelerinde oluşmuş ve 500 sene kadar devam etmiş, kendi özellikleriyle belirginleşmiş inşa edildiği çevre ve insanıyla bütünleşen kullanıcılar tarafından kendi ihtiyaçlarına göre ve iyi bir doğa ve çevre anlayışı ile inşa edilmiştir (Kuban, 1995). Bu süre içinde gelişmeler geçirmiş ve iklim, tabiat ve kültür bakımından birbirinden farklı yerlerde çeşitli tipler meydana getirmiştir (Eldem,1984). Evler; içinde yaşayan insanların fiziksel-fonksiyonel ihtiyaçlarını, kültürel-sosyal yapısını ve aile yapısını yansıtan unsur olmuştur (Kuban, 1995). Geleneksel Türk evi, sofası ve avlusuyla var olan bir evdir. İklimsel verilere göre bu avlular şekil değiştirebilir ve yapım teknikleri ile kullanılan malzeme özellikleri bakımından buldukları coğrafyaya özgüdür. Geleneksel Türk evlerinin araştırılması günümüzde bağlam, yerel malzeme kullanımı ve yapım teknikleri açısından bizlere faydalar sağlamaktadır (Eyüce, 2005). Kentlerimizde ve kırsallarımızda bulunan geleneksel konutlardan I.derecede iklim bölgesinde ve III.derecede iklim bölgesinde bulunan iki geleneksel konut, yapısal özelliklerindeki farklılıkları gözetilerek seçilmiş ve alan çalışması kapsamında değerlendirilmiştir. İç sofalı plan tipolojisinde seçilen yapılar farklı karakteristik özellikleri ile benzer özelliklere sahip geleneksel konut tipolojilerinin birer örnekleridir.



Şekil 4.1. Anadolu'da Geleneksel Konut Tipolojisi Örnekleri

#### 4.1. Karaman İli Ermenek İlçesi

Anadolu da kendine özgü sivil mimari örnekleriyle dikkati çeken Karaman'ın geçmişte farklı etnik grupları bünyesinde barındırması kültür birikiminin de farklılaşmasına ve zengin sivil mimari örneklerini ortaya çıkarmasını sağlamıştır. Bu anlamda gerek süsleme gerek mimari plan ve kullanılan malzeme açısından diğer bölgelerden farklı özellikler göstermektedir.

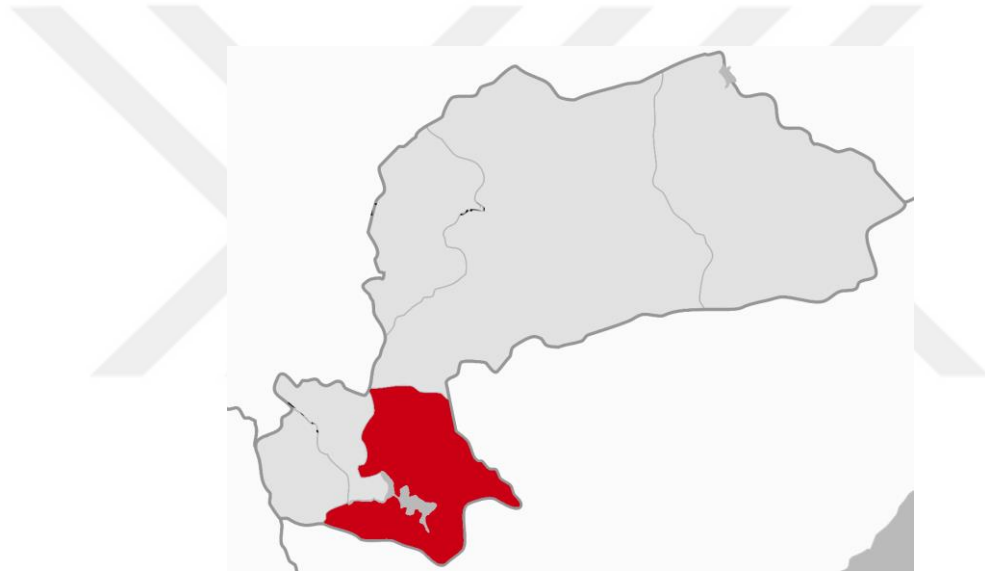
Karaman ve çevresinin tarihten gelen kültür birikimi sonucunda seyyah ve gezginlerin ilgisini çekmiş, seyahatnamelerinde bu bölgenin sivil mimari bilgilerine yer verilmiştir. Anadolu'da kendine özgü sivil mimari örnekleriyle dikkati çeken Konya ve Karaman çevresi İç Anadolu Bölgesinin bu konudaki önemli temsilcilerinden birisidir. Bu anlamda gerek süsleme gerek plan gerekse de kullanılan malzeme açısından diğer bölgelerden farklı özellikler göstermesi Karaman Evlerini ayrıca önemli kılmıştır. Karaman ilinin önemli bir ilçesi olan Ermenek'te bu minvalde sivil mimari açısından zengin bir bölge olmakla beraber ayrıca kendine özgü ev örnekleriyle de dikkat çektiği görülmektedir. Geleneksel evlerin iyi örneklerine sahip tarihi bir yerleşim olan Ermenek'teki tarihi bir konut, bu tezin örnek olay çalışmalarından birisi olarak seçilmiştir. Aynı zamanda şehrin tarihi kent merkezi, farklı iklim koşulları ve coğrafi yapısıyla çalışmanın bölgesel etkileri ile kırsal turizmin gelişmesi üzerine rol oynayacağı düşünülmüştür.

##### 4.1.1. Yer

Bugünkü idari yönetimde Karaman ilinin bir ilçesi olan Ermenek, Güney Anadolu Coğrafi yapısı içinde, batıda Antalya, kuzeyde Hadim-Bozkır, Karaman ve Konya, doğuda Mut, güneyde Gülnar-Anamur-Akdeniz ile çevrili alan bölgede yer almaktadır (Şekil 4.2., Şekil 4.3.). Ermenek, çevresindeki bu şehirlerin ortasındaki havzada, Göksu nehrinin bir kolu olan Ermenek Çayı üzerinde kurulmuş 1989 yılına kadar Konya'ya bağlı iken Karaman'a bağlanmış; eski bir yerleşim merkezidir (URL 9).



Şekil 4.2.Karaman İli



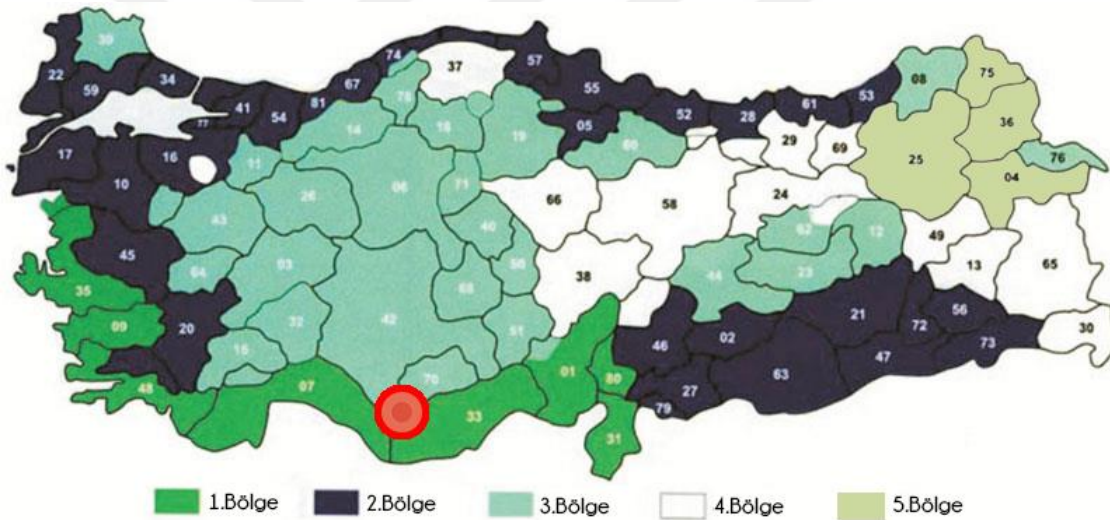
Şekil 4.3.Karaman İli Ermenek İlçesi Konumu

#### 4.1.2. İklim

Köppen-Geiger sınıflandırmasına göre Karaman ili Ermenek ilçesinin hava koşulları, ılık-yaz Akdeniz iklimi Csb tipi olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4.4.). Farklı iklim türlerinin genel karşılaştırmasını büyük ölçekli bir çözünürlükte gösteren bu sınıflandırmanın tamamlayıcısı olarak daha güncel ve yerel bir standart olan TS 825 / Binalar için Isı Yalıtım Gereksinimleri (Türk Standartları Enstitüsü, 2008) önermektedir (Timur, 2019). Detaylı haritalama ile Karaman'ı coğrafi çevresinden iklim farklılıklarını işaretleyerek III. Derece Gün Bölgesi'nde konumlandırır (Şekil 4.5.).



Şekil 4.4. Türkiye'nin Köppen-Geiger iklim tipleri haritası Kırmızı işaretli alan Karaman İli Ermenek ilçesinin yerini belirtmektedir. (Bölük,2016)



Şekil 4.5. TS825'e (2016 güncellenmiş) göre derece-gün bölgeleri haritası. Kırmızı işaretli alan Karaman İli Ermenek ilçesinin yerini belirtmektedir.

Geven vd. (2017) meteoroloji genel müdürlüğü ve yerinde ölçümlerden elde ettikleri verilerinden çalışmaya göre; Yıllık ortalama sıcaklık Ermenek'te  $11,9^{\circ}\text{C}$ 'dir. Aylık ortalamanın en yüksek olduğu aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır. En sıcak ay  $22,5^{\circ}\text{C}$  ile Ağustos ayıdır. Aylık sıcaklık ortalamalarının en düşük olduğu aylar Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır. En düşük sıcaklık değerlerine Ocak ayında rastlanmaktadır ve sıcaklık  $3,3^{\circ}\text{C}$ 'dir. Ortalama yüksek sıcaklığın en yüksek değeri  $29,5^{\circ}\text{C}$  ile Ağustos ayında ulaşılır. Yıllık toplam yağış miktarı,  $526,4\text{ mm}$ 'dir (Şekil 4.6.). Aylık ve En fazla yağışın olduğu mevsim %51,6 ile kış mevsimidir. En az yağışın olduğu mevsim her yaz mevsimine yazın %5,8'dir.





Şekil 4.6. TS Türkiye'nin yıllık yağış ortalamalarını gösteren harita / 1981-2010 verileri (URL 10)

#### 4.1.3.Tarihsel Arka Plan

Roma ve Bizans dönemlerinden kalan antik kalıntıların varlığına dayanarak, Ermenek'te yerleşim tarihinin çok eski olduğu tahmin edilebilir. Ermenek yerleşim bölgesi, stratejik konumundan dolayı önemli bir yerleşim yeri olmuş; Asur, Hitit, Pers, Makedon, Romalı ve Bizans dönemlerinde önemini korumuştur. Hititler, Frikler, Persler, Bergama Krallığı ve Roma İmparatorluğu sınırlarında kalmış olan Ermenek, daha sonra Abbasilerin eline geçmiştir. Ardından 1228 yılında Alâeddin Keykubat tarafından ele geçirilmiş olan Ermenek, 1256'dan 1475 yılına kadar 250 yıla yakın hüküm süren Karamanoğulları Beyliği sınırları içerisinde kalmıştır (Baki 1949). Bu tarihler arasında Ermenek tarihi, Karamanoğulları tarihi iç içedir. 15. yy. sonlarında Osmanlıların eline geçerek İçel sancağına bağlanmıştır (Serdaroğlu vd. ,2020, Tuğlacı, 1985). Zaman içerisinde Osmanlı'nın bölgedeki sınırlarının değişmesiyle, yeni idari düzenlemelere gidilmiş ve Ermenek de bu durumdan etkilenmiştir. Ermenek 1910'da Konya'ya bağlanmışken 1915 de Adana Vilayeti içerisinde Silifke Sancağına bağlı idare edilmiştir. Daha sonra 1919 yılında yeniden Konya'ya bağlanmıştır. Karaman'ın 15 Haziran 1989 tarihinde Türkiye'nin 70. Vilayeti olmasından sonra da Karaman iline bağlanmıştır.



**Şekil 4.7.** Ermenek Genel Yerleşim

Denizden yüksekliği şehir içinde 1250-1300 m olup çevresi oldukça yüksek dağ ve tepelerle çevrilidir. Bölgede, bölge insanların kullanımında olan ve yerleşimin kendine özgü kırsal mimarisi ile biçimlenmiş geleneksel konutların dışında, İkizini, Kilise Önü, kaya mezarları, Maraspoli Mağarası, Tol Medrese, Ulucami, Menan Kalesi, Karamanoğlu Türbesi gibi tarihi eserler bulunmaktadır. Ermenek ve çevre yerleşimlerde M.Ö ve MS.I. yüzyıla tarihlenen Sbide, Domitopolis, Lauzudos ve Decapolis, Philadephia gibi birçok antik kent bulunmaktadır (Serdaroğlu vd. ,2020). Kent tarihi evleri ve kaya mezarları ile son zamanda tanınırlığını artırmış kırsal turizmin bölgesel gelişmesinde rol oynamıştır.



**Şekil 4.8.** Ermenek Genel Görünüm

#### 4.1.4.Ermenek Evlerinin Karakteristik Özellikleri

Karaman il ve ilçe merkezlerindeki Türk Sivil Mimari örnekleri genel olarak 19. Yüzyıl ve 20. yüzyılın ilk çeyreğine tarihlendirilmektedir. Halkın ihtiyaçları doğrultusunda günümüzde de şekillenmeye devam eden sivil mimari örneklerini arazinin topoğrafik şeklinin de birinci dereceden etkili olduğu görülmektedir. Bu yüzden de İç Anadolu Bölgesinde arazinin şekli ve iklimi kırsal kesim yapılaşmasında etkili olmuştur. Karaman ilinin farklı topoğrafik yapı, sosyal-kültürel farklılıklar bulunmakta, bu durum farklı yapılaşma özelliklerini ortaya çıkarmaktadır. Genel olarak; dağlık alanlardaki konutlar iki katlı ve taş malzemedendir, ova ya da düz alanlardaki konutlar bir katlı kerpiç malzemedendir yapılmaktadır.



Şekil 4.9. Ermenek 1935 yılında Genel Görünüm (URL 11)

Dağlar arasındaki vadilere sıkışmış, yeşilliklerle bütünleşmiş Ermenek Evleri doğal dokusu ile bir bütünlük arz eder. Genellikle ahır ve servis mekanlarıyla beraber iki katlı olarak yapılmışlardır. Evler eğimden dolayı teraslayarak yamaca sıralanmışlardır. Yollar yamaçlara paralel yerleşmiş, genelde dardır. Sıkışık kent dokusundan dolayı yol üstlerinde örtmeler oluşturulmuş, kentsel açıdan hem mantıklı hem de estetik çözümler oluşturulmuştur.



**Şekil 4.10.** Ermenek Evleri Genel Görünüm

Ermenek Evleri halkın kendi imkânları içinde, gereksinimlerine doğrudan karşılık arayarak, kültür birikimi ve gelenekleri çizgisinde, katılımlı bir yolla gerçekleştirdiği yapılardır. Ev mimarisinin oluşumunun temelinde insanların arzu ve ihtiyaçları yattığı için akademik bir formasyon ve bilgi birikimi söz konusu değildir. İnşaat faaliyetleri yerel ustalar tarafından, bizzat işi ısmarlayanların da katıldığı bir süreçte gerçekleşmiştir. Bu yüzden evlerdeki ölçü oranları insanın her yere rahatça ulaşabilecek biçimde yapılmıştır. Eğimli bir araziye sahip Ermenek'te sivil mimari yapılar genellikle güney yamaca dayandırılmış olup baraj manzarasına hâkim olmakla birlikte bu cephede yapı boyunca uzanan ahşap balkon yer almaktadır.

Ermenek Evleri yaptırmanın durumuna göre gösterişli veya gösterişsiz olup, evlerin içlerinde yerine ve aile maddi durumuna göre ahşap süslemeler dış cephede ve iç mekânda olmak üzere farklı alanlarda kendini göstermektedir. Dış cephede ahşap süslemeler çıkmaların eliböğründelerinde ve dış kapı kanatlarında ilk bakışta hissedilmektedir. Ermenek tarihi evlerinin mekan şeması da geleneksel konut kültürümüzün özel örneklerini barındırır. Fonksiyonel olduğu kadar estetik çözümleri de beraber getirir. Genellikle günümüz konut kullanımından farklı olarak geniş ve rahat bir kullanıma sahiptirler. Ermenek konut kültüründe oda mekanının içerisinde dolap yapılması çok yaygın bir kültürdür. İç mekânlarda Konya evlerinde olduğu gibi tavan, yüklük ve aynalıklarda ahşap tezyinata yer verilmektedir. Bu malzemenin kullanılmasındaki en önemli neden: endüstriye dayalı, yapay malzemelerin değil, doğal malzemelerin kullanılmış olmasıdır. İnşaatlarda kullanılan malzemeler en yakın yerel kaynaklardan, ustalar veya ev sahipleri tarafından temin edilmekteydi. Malzemenin

seçkinliğinden ve sağlamlığından ziyade kolay temin edilmesi ve iklim özelliklerine uygunluğu daha büyük bir önem taşımaktadır. İç Anadolu Bölgesi ev mimarisinin benzeri olan Ermenek evlerinde de zeminde taş malzeme beden duvarlarında su basman seviyesinden sonra bağdadi ve üzeri kerpiç sıvalıdır.



**Şekil 4.11.** Ermenek Evleri Genel Görünüm

Geleneksel Karaman sivil mimari özelliklerinin kendine özgü bir üslup özelliği göstermesinin yanında kullanılan malzemenin de coğrafya ile uyumluluk göstermesi farklı alanlarda mimarinin zenginlik göstermesine neden olmuştur. Özellikle de bölgenin geçmiş yıllardaki sosyo-ekonomik, toplumsal yapısı; plan, mimari ve iklim özellikleri, kullanılan malzeme ile kendine özgü bir yapılaşmanın oluştuğu buna bağlı olarak da İç Anadolu Bölgesinin zengin bir kültür mirasının otaya koymaktadır.

Geleneksel Ermenek Evlerinin özgün örtü sistemi toprak damdır. Çatı yapılan birçok ev incelendiğinde çatılarının sonradan ilave edildiği anlaşılmaktadır. Yakın dönem yapılarının tamamı çatılıdır. Çok miktarda kar yağışı alan Ermenek'te çatı yapı güvenliği ve ömrü açısından çok önemlidir. Toprak dam örtü sistemi diğer bölgelerdeki yapım tekniği ile benzerlik gösterip, ahşap kirişli tavan strüktürünün üzerine tahta serilerek 25 cm'den az olmamak üzere toprak serilip sıkıştırılmaktadır. Günümüzde özgün durumuyla kullanılan tüm damların üzerleri çatı yapılmasa bile naylon örtü ile muhafaza edilmektedir.



Şekil 4.12. Ermenek Evleri Genel Görünüm

#### 4.2. Ayfer Sönmez Evi

Ayfer Sönmez Evi plan ve mimari özelliklerinden hareketli 20. Yüzyıl ortalarına tarihlendirilmektedir. Yapının yapım tarihini verecek herhangi bir kitabenin olmaması bu tarihlendirme bölgesel örneklerden hareketle yapılmıştır. Bina, 407 ada 35 parselde, geleneksel konutların fazla olduğu bölgede, fazla tahribata uğramamış şekilde korunmaktadır. Yapı herhangi bir işlev kaybı yaşamamış, mesken olarak kullanılmaktadır. Dıştan 19.80x13.53m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen bir alana oturan konut, iç sofalı plan şemasında inşa edilmiştir. Moloz taş örgülü duvarlar, ahşap hatılıdır. Kuzeyden iki katlı, güneyden üç katlı görünümündedir. Eğimli bir arazi üzerine inşa edilen yapının üst katın güney cephesi sokağa açılmaktadır (Şekil 4.13.). Batısındaki arazi sınırında olup, komşu parselin bahçesine bakmaktadır.

Yapı inşa edildiğinden günümüze kadar plan bazında fazla bir değişiklik olmamıştır. Yapının günün kullanım şartlarına bağlı olarak bazı basit müdahaleler yapıldığı görülmektedir. Bodrum kat plan şemasını büyük oranda muhafaza etmektedir. Özellikle hem zemin kata hem de birinci kata eklenen tuvalet ve banyo mekanları planda değişikliğe neden olmuştur.

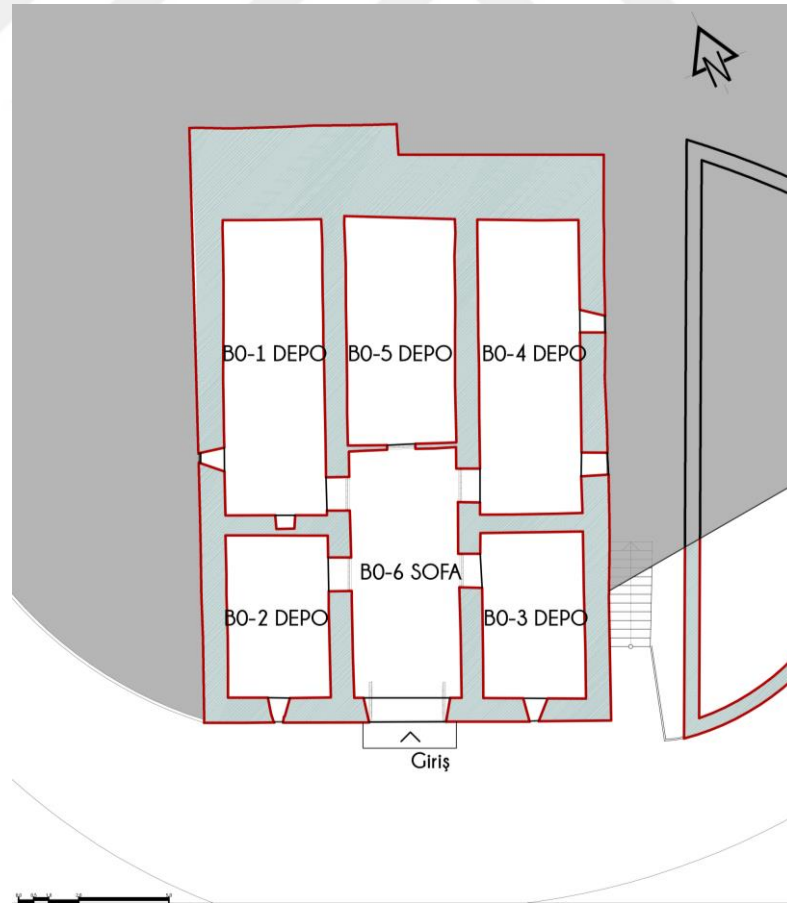


Şekil 4.13. Ayfer Sönmez Evi Genel Görünüm

Tüm bodrum kat duvarları yığma moloz taş örgülü ahşap hatıllı 19.80x13.50m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen bir alana oturmaktadır. Bodrum kat iç sofalı plan formunda inşa edilmiştir. Bodrum kata güney cephe ortasına yerleştirilen iki kanatlı ahşap doğramalı, dikdörtgen formlu bir kapı açıklığı ile girilmektedir. Kapı açıklığı 2.55m. genişliğinde 0.82m. derinliğindedir. Kapı açıklığı **B0-6 nolu** sofa bölümüne ulaşılır. 8.19x3.57m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Zemini şap kaplıdır. Duvarlar sıvalıdır. Üzeri ahşap kirişli tavan örtülüdür.

Doğu ve batısında iki, kuzeyinde tek oda ile kuşatılmıştır. Antrenin kuzeyinde bulunan 0.95m. genişliğinde 0.15m. derinliğinde tek kanatlı bir kapı ile **B0-5 nolu** depo mekanına ulaşılır. Cepheler sağır tutulmuş olan deponun zemini şap kaplıdır. 7.64x3.67m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Üzeri ahşap kirişli tavan örtülüdür. 0.15m. kalınlığında bir duvarla B0-6 nolu sofa mekânından ayrılmıştır. Sofanın doğusunda bulunan 1.29m. genişliğinde 0.80m. derinliğinde bir açıklıkla **B0-3 nolu** mekana ulaşılır. 5.50x3.40m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Güney cephe ortasında mazgal formu tek pencere

açıklığı bulunmaktadır. Diğer cepheleri sağırdır. Sofanın batısında bulunan **B0-2 nolu** odaya ise 1.26m. genişliğinde 0.80m. derinliğinde dikdörtgen formlu tek kanatlı ahşap bir kapı ile girilmektedir. 5.40x3.40m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda uzanan dikdörtgen planlıdır. Güney cephe ortasında içten 0.73m., dıştan 0.28m. genişliğinde mazgal bir pencere açıklığı bulunmaktadır. Sofanın kuzeybatısında bulunan 1.54m. genişliğinde 0.80m. derinliğinde tek kanatlı bir kapı ile **B0-1 nolu** mekâna ulaşılır. 9.86x3.37m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Kuzey ve doğu cephe sağır tutulmuştur. Batı cephede giriş kapısının karşısına gelecek şekilde yerleştirilmiş mazgal pencere içten 0.80m., dıştan ise 0.30m. genişliğindedir. Güney cephe ortasında ise 0.66m. genişliğinde 0.45m. derinliğinde ahşap bir dolap nişi bulunmaktadır. Antrenin kuzeydoğusunda bulunan 1.50m. genişliğinde 0.80m. derinliğinde dikdörtgen bir açıklıkla **B0-4 nolu** odaya ulaşılır. Kapı kanadı günümüzde mevcut değildir. 9.75x3.40m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Kuzey, güney ve batı duvarları sağır tutulmuştur. Doğu cephede ise iki pencere açıklığı bulunmaktadır. Kuzeyde yer alan pencere içten 0.75m., dıştan 0.55m. genişliğinde olup içeri doğru şevlidir. Diğer pencere ise içten 0.80m. genişliğindedir.



Şekil 4.14. Ayfer Sönmez Evi Bodrum Kat Planı





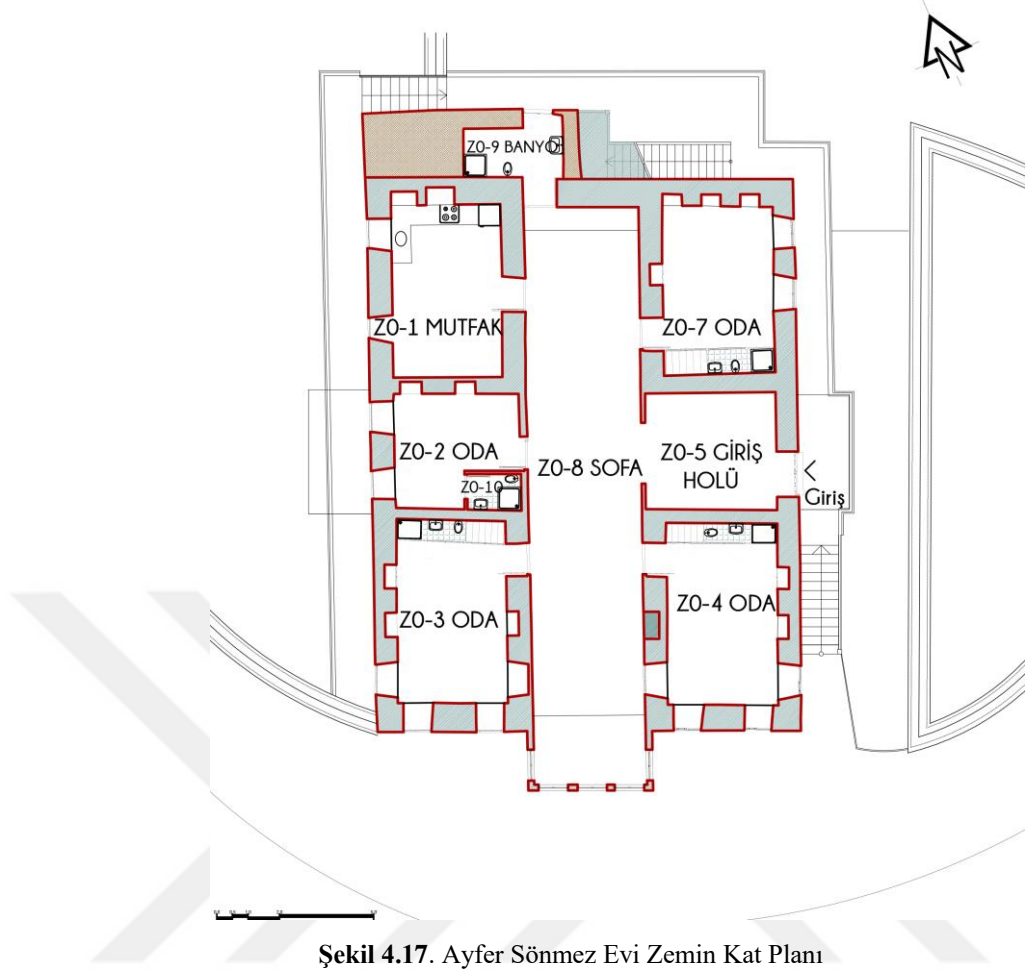
Şekil 4.15. Ayfer Sönmez Evi Güney Cephesi

Konutun zemin katı iç sofalı plan şeması özelliği göstermektedir. Zemini ahşap kaplı, üzeri ise kirişli düz tavan örtülüdür. Duvarları ise sıvalıdır. Konutun zemin katına doğu cephe ortasında bulunan basık kemerli bir kapı açıklığı ile zemin katın **Z05 nolu** giriş holüne ulaşılır. 4.65x1.96m. ölçülerinde doğu-batı doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Zemini beton kaplı olup, duvarlar sıvalı, üzeri ahşap düz tavan örtülüdür. Kuzey ve güney duvarı sağır tutulmuştur. Batısında bulunan tek kanatlı bir kapı açıklığı ile zemin katın sofasına ulaşılır. **Z08 nolu** sofa mekanı 17.47x3.64m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Güneyinde sofa çıkması yer alır. Sofa çıkması beden duvarlarından 1.90m. dışarı taşırılmıştır. 3.98m. genişliğindeki çıkma dikdörtgen şeklindedir. Çıkmanın güney cephesinde üç, yanlarında ise birer adet pencere açıklığı bulunmaktadır (Şekil 4.16.). Pencerele dikdörtgen formlu ve ahşap doğramalıdır. 0.90m. genişliğinde, 0.20m. derinliğindedir. Çıkma bağdadi tekniğinde yapılmış olup yüzeyi sıvalıdır. Sofanın zemini ahşap, üzeri kirişli düz tavan örtülü olup duvarları ise sıvalıdır.



Şekil 4.16. Ayfer Sönmez Evi Zemin Kat Sofa Mekanı

Sofanın güneydoğusunda yer alan **Z04 nolu** odaya tek kanatlı bir kapı ile girilmektedir. 5.62x3.52m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Odanın güneyinde iki, doğu ve batısında birer pencere açıklığı bulunmaktadır. Kuzey cephe sağır tutulmuştur. Bu cephe yüzeyinde boydan boya ahşap dolap ve yüklük bulunmaktadır. Doğu cephede iki adet ahşap dolap 0.70m. genişliğindedir. Zemini ahşap, üzeri kirişli düz tavan örtülü olup duvarları ise sıvalıdır. Sofanın güneybatısında yer alan **Z03 nolu** odaya tek kanatlı bir kapı ile girilmektedir. 5.99x3.52m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Odanın güneyinde iki, doğusunda birer pencere açıklığı bulunmaktadır. Kuzey cephe sağır tutulmuştur. Bu cephe yüzeyinde boydan boya ahşap dolap ve yüklük bulunmaktadır. Doğu ve batı cephede iki adet ahşap dolap 0.70m. genişliğindedir. Zemini ahşap, üzeri kirişli düz tavan örtülü olup duvarları ise sıvalıdır. Giriş kapısının karşısında cephe ortasında tek kanatlı ahşap bir kapı ile **Z02 nolu** odaya ulaşılır. 3.98x3.64m. ölçülerinde kareye yakın dikdörtgen planlıdır. Güney cephesi sağır tutulmuştur. Batısında iki ahşap pencere açıklığı, kuzeyinde ise iki adet ahşap dolap nişi bulunmaktadır. Zemini ahşap, üzeri kirişli düz tavan örtülü olup duvarları ise sıvalıdır. Odanın güneydoğusunda **Z010 nolu** tek kanatlı ahşap bir kapı ile banyo mekanına ulaşılmaktadır. Giriş holünün kuzeyinde yer alan doğu-batı doğrultusunda dikdörtgen planlı **Z06 nolu** depo mekanının cepheleri sağır tutulmuştur. Zemini ahşap, üzeri kirişli düz tavan örtülü olup duvarları ise sıvalıdır. Sofanın kuzeydoğusunda tek kanatlı bir kapı ile **Z07 nolu** odaya ulaşılır. 5.30x3.55m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Güneyinde boydan boya ahşap dolap ve yüklük yerleştirilmiştir. Doğusunda iki kanatlı ahşap doğramalı iki pencere açıklığı içeri doğru şevli olarak tasarlanmıştır. Batısında bir, kuzeyinde iki adet ahşap dolap nişi bulunmaktadır. Kuzey cephe ortasında dikdörtgen planlı bir ocak bulunmaktadır. Sofanın kuzeybatısında tek kanatlı bir kapı ile **Z01 nolu** mutfak mekanına ulaşılır. 5.50x3.55m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Güney cephesi sağır tutulmuştur. Batısında iki kanatlı ahşap doğramalı iki pencere açıklığı içeri doğru şevli olarak tasarlanmıştır. Kuzeyinde bir adet ahşap dolap nişi bulunmaktadır. Nişin yanında ise dikdörtgen planlı bir ocak bulunmaktadır. Zemini beton kaplıdır. Sofanın kuzeyinde **Z09 nolu** tek kanatlı bir kapı ile tuvalet mekanına ulaşılır.



Şekil 4.17. Ayfer Sönmez Evi Zemin Kat Planı

Konutun üst katı iç sofalı plan şeması özelliği göstermektedir. Zemini ahşap kaplı, üzeri ise kirişli düz tavan örtülüdür. Duvarları ise sıvalıdır. Konutun birinci katına kuzey cephede bulunan ahşap bir merdivenden çıkılarak giriş kapısına ulaşılır. 1.20m. genişliğindeki dikdörtgen formlu kapı açıklığından **Ü09 nolu** giriş holüne ulaşılır. 3.53x2.00m. ölçülerinde doğu-batı doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Zemini, beton olan holün güneyinde tek pencere açıklığı bulunmaktadır. Holün batısında bulunan tek kanatlı bir kapı açıklığı ile **Ü010 nolu** tuvalet mekanına ulaşılır. 2.01x1.30m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlı olup zemini beton kaplıdır. Kuzeyinde tek pencere açıklığı bulunmaktadır. Holün güneyinde bulunan bir açıklıkla üst katın sofasına ulaşılır. Sofanın güneyinde sofa çıkması beden duvarlarından dışarı taşırılmıştır. sofa çıkması beden duvarlarından 1.90m. dışarı taşırılmıştır. 3.98m. genişliğindeki çıkma dikdörtgen şeklindedir. Çıkmanın güney cephesinde üç, yanlarında ise birer adet pencere açıklığı bulunmaktadır. Pencereleer yarım daire formlu ve ahşap doğramalıdır. 0.90m. genişliğinde, 0.20m. derinliğindedir. Çıkmanın sağ yan yüzeyinde

yer alan pencere yakın zamanda değiştirilmiştir. Çıkma bağıdadi tekniğinde yapılmış olup yüzeyi sıvalıdır.



Şekil 4.18. Ayfer Sönmez Evi 1. Kat Sofa İç Mekan

Sofanın güneydoğusunda bulunan **Ü04 nolu** odaya tek kanatlı bir kapı ile girilmektedir. 6.21x4.08m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Güney ve doğusunda ikişer adet içeri doğru şevli pencere açıklığı bulunmaktadır. Dikdörtgen formulu, ahşap doğramalı pencereler içeri doğru şevli olarak yapılmıştır. Dıştan 0.90m. genişliğinde, içeriden ise 1.30m. genişliğinde olup 0.80m. derinliğindedir. Kuzeyinde cephe boyunca ahşap dolap ve yüklük yerleştirilmiştir. Batıda ise iki adet ahşap dolap 0.77m. genişliğinde 0.40m. derinliğindedir. Doğuda ise kuzeye yakın olan yerde iki niş bulunmaktadır. Sofanın batısında tek kanatlı bir kapı **Ü03 nolu** odaya ulaşılır. 6.21x4.08m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Güney ve batısında ikişer adet içeri doğru şevli pencere açıklığı bulunmaktadır. Dikdörtgen formulu, ahşap doğramalı pencereler içeri doğru şevli olarak yapılmıştır. Dıştan 0.90m. genişliğinde, içeriden ise 1.30m. genişliğinde olup 0.80m. derinliğindedir. Kuzeyinde cephe boyunca ahşap dolap ve yüklük yerleştirilmiştir. Batıda ise iki adet ahşap dolap 0.77m. genişliğinde 0.40m. derinliğindedir. Doğuda ise kuzeye yakın olan yerde iki niş bulunmaktadır. Sofanın ortasına denk gelen yerde karşılıklı simetrik olarak yerleştirilmiş iki adet oda bulunmaktadır. Doğu kanat üzerinde yer alan **Ü05 nolu** odaya iki kanatlı ahşap bir kapı ile girilmektedir. 6.22x3.50m. ölçülerinde doğu-batı doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Giriş kapısının iki yanında ahşap dolap yerleştirilmiştir. Kuzey ve güney cepheler sağır tutulmuştur. Doğuda ise

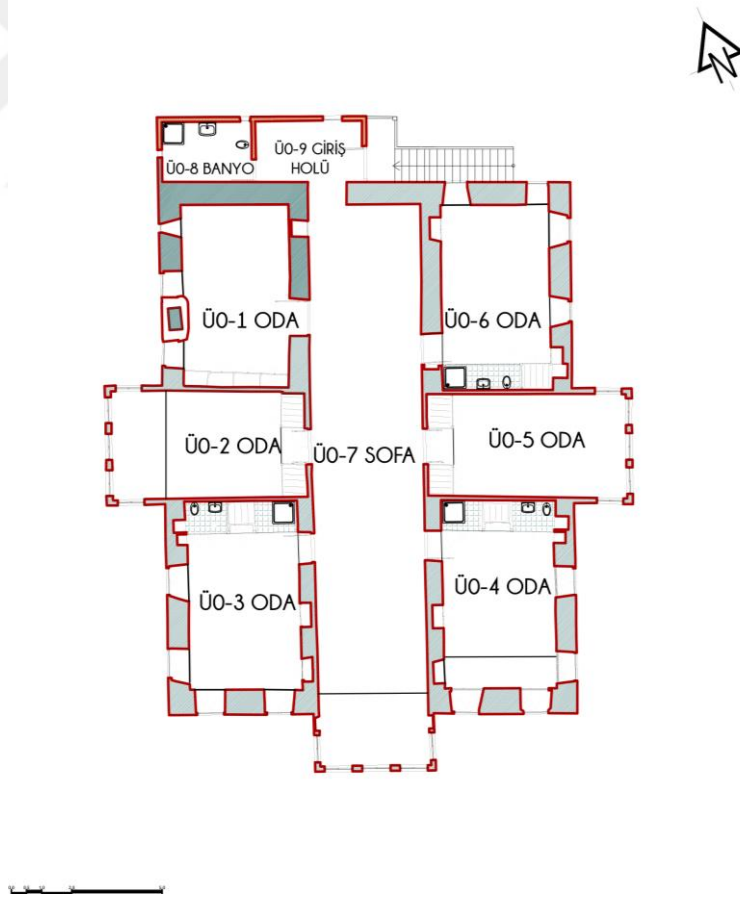
oda çıkması beden duvarlarından dışarı taşırılmıştır. Çıkma beden duvarlarından 2.00m. dışarı taşırılmış olup 3.84m. genişliğindedir. Bağdadi tekniğinde yapılmış olan çıkma beden duvarlarından iki yandan uzatılan ahşap destekler tarafından taşınmaktadır (Şekil 4.20.). Ahşapların üzerine enine atılmış ahşap dizileri çıkmanın aynı zamanda döşemesini oluşturmaktadır. Oda çıkması iki adet ahşap destek tarafından taşınmaktadır. Çıkmanın ön yüzeyinde üç, yanlarda ise birer adet dikdörtgen formlu pencere açıklığı bulunmaktadır. Pencereleer 0.90m. genişliğinde 0.15m. derinliğindedir.



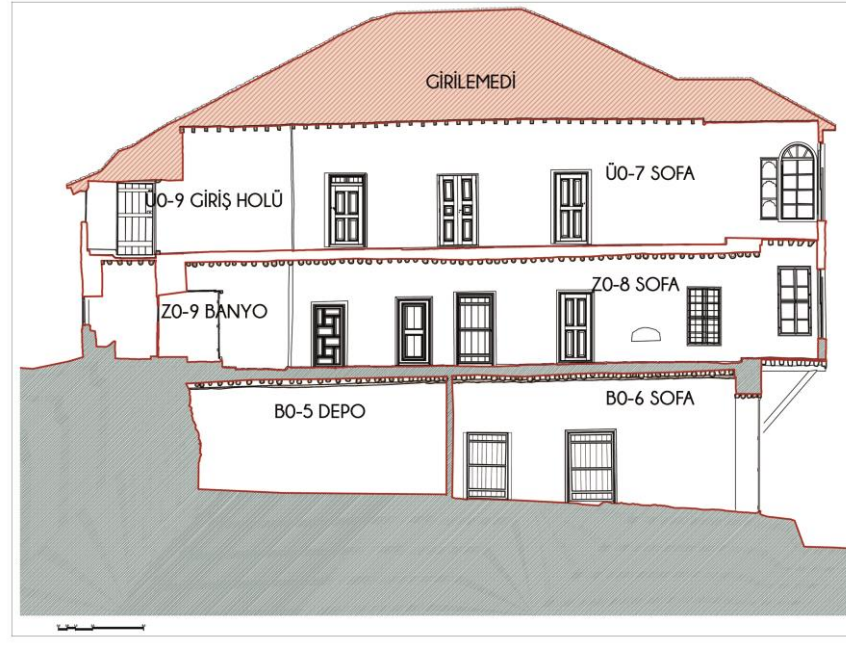
Şekil 4.19. Ayfer Sönmez Evi 1. Kat Ahşap Çıkma

Ü05 nolu odanın karşısında **Ü02 nolu** odaya iki kanatlı ahşap bir kapı ile girilmektedir. 6.22x3.50m. ölçülerinde doğu-batı doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Giriş kapısının iki yanında ahşap dolap yerleştirilmiştir. Kuzey ve güney cepheler sağır tutulmuştur. Batıda ise oda çıkması beden duvarlarından dışarı taşırılmıştır. Çıkma beden duvarlarından 2.00m. dışarı taşırılmış olup 3.84m. genişliğindedir. Bağdadi tekniğinde yapılmış olan çıkma beden duvarlarından iki yandan uzatılan ahşaplar tarafından taşınmaktadır. Ahşapların üzerine enine atılmış ahşap dizileri çıkmanın aynı zamanda döşemesini oluşturmaktadır. Oda çıkması iki adet ahşap destek tarafından taşınmaktadır. Çıkmanın ön yüzeyinde üç, yanlarda ise birer adet dikdörtgen formlu pencere açıklığı bulunmaktadır. Pencereleer 0.90m. genişliğinde 0.15m. derinliğindedir.

Sofanın kuzeydoğu köşesinde **Ü06 nolu** odaya tek kanatlı bir kapı ile ulaşılmaktadır. Oda, 6.15x3.60m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Güneyinde boydan boya ahşap dolap yerleştirilmiştir. Doğu ve kuzeyinde ikişer adet pencere açıklığı bulunmaktadır. Dikdörtgen formlu, ahşap doğramalı pencereler içeri doğru şevli olarak yapılmıştır. Dıştan 0.90m. genişliğinde, içeriden ise 1.30m. genişliğinde olup 0.80m. derinliğindedir. Kuzeybatı ve güneydoğu köşede birer adet niş bulunmaktadır. Sofanın güneybatı köşesinde **Ü01 nolu** odaya tek kanatlı bir kapı ile ulaşılmaktadır. 6.15x3.60m. ölçülerinde kuzey-güney doğrultusunda dikdörtgen planlıdır. Güneyinde boydan boya ahşap dolap yerleştirilmiştir. Batısında cephe ortasında ocak ve üç pencere açıklığı bulunmaktadır. Dikdörtgen formlu, ahşap doğramalı pencereler içeri doğru şevli olarak yapılmıştır. Dıştan 0.90m. genişliğinde, içeriden ise 1.30m. genişliğinde olup 0.80m. derinliğindedir. Kuzeybatı ve güneydoğu köşede birer adet niş bulunmaktadır. Doğuda ise ahşap bir merdiven ile çatıya çıkılmaktadır.



Şekil 4.20. Ayfer Sönmez Evi 1.Kat planı



Şekil 4.21. Ayfer Sönmez Evi Kesiti

**Malzeme:** Konutun farklı dönemlerde kullanılmasına bağlı olarak malzemenin de onarım ve plandaki aslına uygun olmayan müdahaleler neticesinde bazı bölümlerinin kısmi değiştiği görülmektedir. Ana yapım malzemesi moloz taş, ahşap ve bağdadi sıva olan yapının müstemilatlarında da benzer malzemelerin kullanıldığı görülmektedir. Yapının ana taşıyıcı duvarları zemin kat ve birinci kat dâhil yöreye özgü moloz taş örgülüdür. Taş malzeme yapının ana yapım malzemesi olup, cephelerde 3-4cm kalınlığındaki yer yer toprak sıvanın altında olmakla birlikte zemin ve birinci kat ana taşıyıcı duvarlarında karşımıza çıkmaktadır. Cepheden dökülen çamur sıva altında da görünen bu malzeme yapıda moloz taş örgü tekniği şeklindedir. Moloz taş örü arasında ise ahşap hatılların kullanıldığı özellikle iç mekanda sıvasız yüzeylerde belli olmaktadır. Moloz taş malzemeden ahşap hatıllı olarak inşa edilen konutun cephe yüzeyleri sıvalı ve badana boyalıdır. Binanın köşelerinde düzgün kesme taş malzeme kullanılmıştır. Yapıda ahşap hem strüktürel hem de estetik unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.



**Şekil 4.22.** Ayfer Sönmez Evinde Kullanılan Malzemelerin Görünümü/Doğu Cephesi

Yapının zemin kat tavanını ahşap kirişler üzerine yuvarlamalı hasır tavadır. Bunların dışında kapı ve pencerelerde, özellikle de odalardaki yüklük ve dolaplarda ahşap malzemenin kullanıldığı görülmektedir. Yapının üst katına çıkışı sağlayan merdivende, çıkmalarda, batı cephedeki balkonda, üst örtü ana taşıyıcılarında ahşap malzemeye yer verilmiştir. Duvarlarda hatıl olarak, kapı ve pencere doğramalarında, kat arası geçişi sağlayan merdivenlerde, üst örtünün taşıyıcı iskeletinde, dolap ve yüklüklerde, balkonlarda, zemin döşemesi ve tavan kaplamalarında bu malzemeye yer verilmiştir.





Şekil 4.23. Ayfer Sönmez Evinde Kullanılan Malzemelerin Görünümü/Kuzey Cephesi

**Süsleme:** Konut süsleme açısından sade bir görünüme sahiptir. Süsleme daha çok kapılarda ve dolaplarda karşımıza çıkmaktadır (Şekil 4.24.). Kapı ve dolaplar tablalı olarak yapılmıştır. Üzerinde herhangi bir süsleme ögesi bulunmamaktadır. Oda içlerinde yer alan ahşap raflar, dolap ve yüklükler süsleme açısından dikkat çekmektedir. Yarım daire ve at nalı kemer formunda yapılmış olan rafların kemer yüzeyleri dilimli olarak yapılmıştır. Konuta girişi sağlayan kapı açıklığı kesme taştan yarım daire kemerli olarak yapılmıştır.



Şekil 4.24. Ayfer Sönmez Evi Ahşap İşçilikleri Dolap ve Raf Görünümleri

#### 4.2.1. Ayfer Sönmez Evi Ölçüm Tekniği

İlk etapta gözleme dayalı yapılan incelemelerle; yapının mimari özelliklerine ilişkin tüm bilgiler elde edilmiştir. Gözleme dayalı çalışmaların yanı sıra, yapıya ait detaylar fotoğraflanarak kayıt altına alınmıştır. Yapının yatay ve düşey ölçüleri, reflektörsüz ölçüm yapabilen Faro marka Lazer Tarayıcı ile alınmıştır. Bu alımlar üç boyutlu olarak, yapının elverdiği ölçüde, gerçekleştirilmiştir. Ölçüm aletinin bilgisayara gönderdiği x,y,z koordinatları, bilgisayar ortamında nokta bulutu olarak üç boyutlu hale getirilmiştir. Kot ve gabariler alınırken projede de belirtilen bir sıfır noktası tespit edilmiş ve bu kot binanın tüm gabari alınan bölümlerine taşınmıştır. Sıfır kotunun altında kalan ölçümler eksi değer olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.25. Lazer scanner ile ölçüm

Ölçüm belirli aşamalardan oluşmakla birlikte öncelikli olarak ölçülecek yapının etrafında Lazer Tarayıcı konumlandırılacak yerlerin tespiti yani poligon noktaları belirlenmiştir. Bu poligon noktaları ölçümün yapılacağı birinci poligon noktası (P1) ile diğer poligon noktaları birbirine bağlanmıştır. Bağlanan poligon noktalarının x, y, z değerlerinin koordinat sistemindeki sayısal karşılıkları cihazın hafızasına kaydedilmiştir. Lazer yardımıyla ölçümü yapılan yapının plan ölçüleri alınırken önce dış cephe ölçüleri alınmış, daha sonra iç hacim ölçüleri köşegen yöntemi ile belirlenmiştir. Ölçümü yapılan yapıda köşegenlerin görülmediği noktada ucunda prizması olan reflektör yardımıyla bu köşegenlerin görülmesi yapılmıştır. Bu sayede binanın mevcut ölçü krokisinde belirlenen poligon noktaları ile irtibat kurularak binanın konumlandırılması sağlanmıştır.

### 4.3. İzmir İli Tire İlçesi

İzmir kenti tarih boyunca farklı din, dil, ırk ve kültür değerlerine sahip bir yerleşim yeridir. Kentin kozmopolit yapısı farklı miras değerlerinin ortaya çıkmasında önemli olmuştur. İzmir ve çevresinin farklı kültürel ve iklimsel özellikleri sivil mimari yapılarında da kendini göstermiş, Türk, Rum, Ermeni ve Levantenlerin bulunduğu yaşadığı kentte farklı özellikler taşıyan sivil mimarlık eserleri ortaya çıkmıştır (Uçar, 2013). Geçmiş Antik çağlara kadar uzanan bölgenin önemli yerleşimlerinden İzmir-Tire'de, Aydınoğulları ve Osmanlı dönemlerinde farklı etnik grupların yaşamasıyla zengin mimari miras eserleri kent dokusu şekillendirmiştir (Çakmak vd.2018). Tire'de bölge yerleşimlerinde olduğu gibi doğal çevre ile sosyal ve kültürel değerler açısından sivil mimarlık eserleri olan konutlar farklı özellikler taşımaktadırlar (Tunçoku vd. 2012).

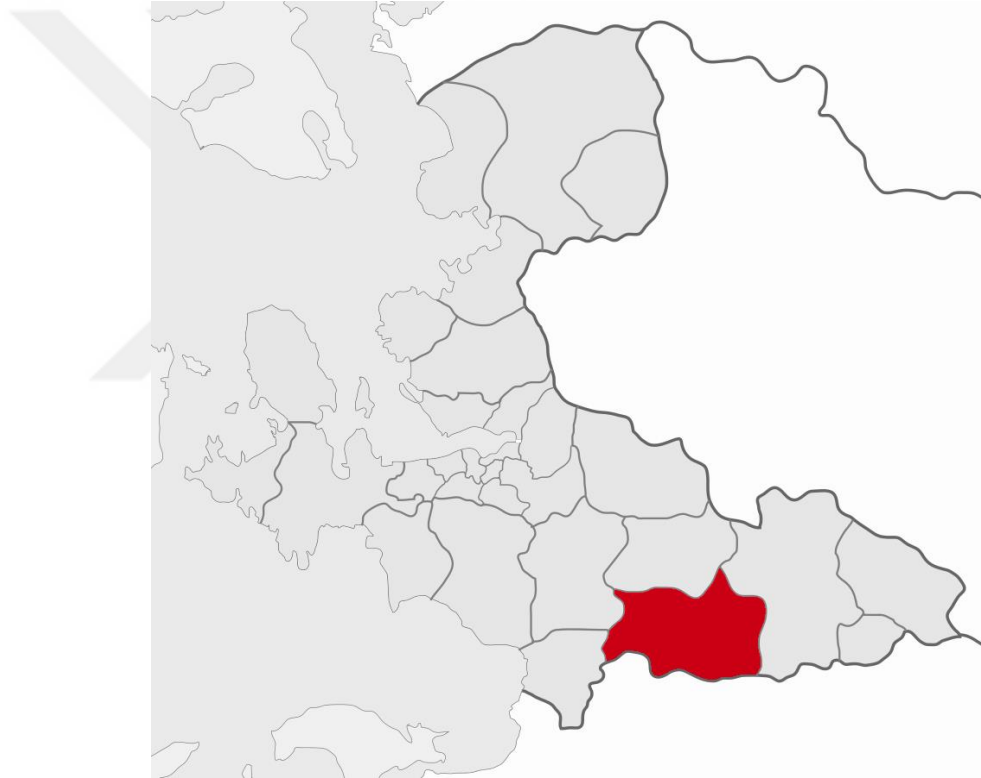
İzmir ve çevresinin antik çağlardan gelen kültür birikimi sonucunda, birçok seyyah, gezgin ve tarihçinin bu bölgeye ait mimari yapıya eserlerinde yer verilmiştir. Bölgede kendine özgü sivil mimari örnekleriyle dikkati çeken İzmir-Tire ve çevresi süsleme (özellikle evlerin dış kapıları), plan ve kullanılan malzeme açısından Anadolu'daki konut yapısından farklı özellikler göstermektedir. Geleneksel evlerin karakteristik örneklerini içinde bulunan tarihi yerleşim yeri Tire'de tarihi bir geleneksel konut, bu çalışmanın 2. örnek çalışması olarak gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda 1.örnek çalışmada amaçlanan bölgesel ve kırsal sürdürülebilirlik ile kırsal turizmin gelişmesi bu bölge içinde hedeflenmiştir.

#### 4.3.1. Yer

İzmir ili sınırları içerisinde bulunan ve kentin güneydoğusunda bulunan önemli yerleşim yerlerinden biri olan Tire, Küçük Menderes kıyısından, Güme Dağı eteklerine kurulmuştur. Kuzeyinde Bayındır ve Ödemiş ilçeleri, güneyinde Aydın ili ve ilçeleri, batıda Selçuk ve kuzeybatıda Torbalı ile komşudur (Şekil 4.26, Şekil 4.27.). Tire ilçesinin İzmir'e uzaklığı 80 km. olup deniz seviyesinden yüksekliği ise 92 metredir. Küçük Menderes Ovası tektonik hareketler sonucunda oluşmuş bir çöküntü ova olmakla beraber, ova boyunca akan Küçük Menderes Nehri, taşıdığı alüvyonları biriktirerek tarımsal anlamda oldukça verimli arazilerin oluşmasını neden olmuş, bu özelliği ile tarih boyunca insanların başlıca yerleşim alanını teşkil etmiştir (URL 12).



Şekil 4.26. İzmir İli Coğrafi Konumu

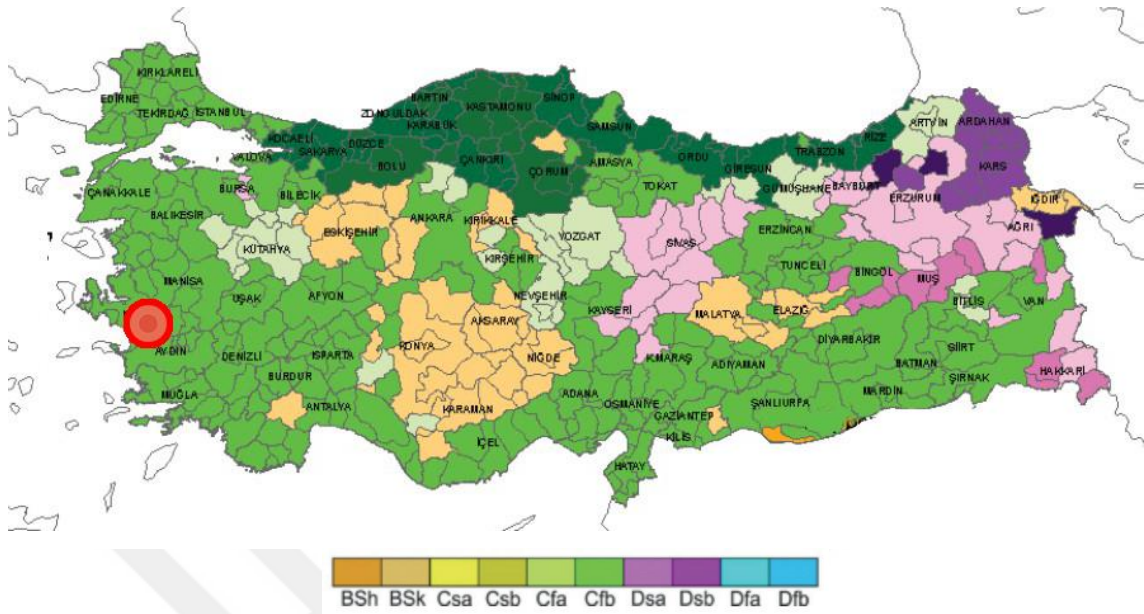


Şekil 4.27. İzmir İli Tire ilçesi Coğrafi Konum

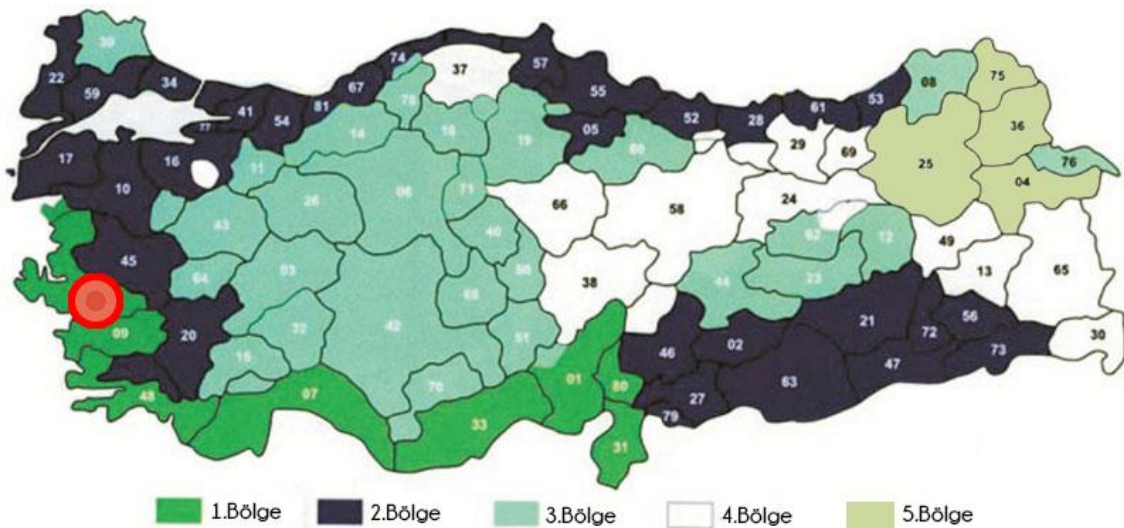
### 4.3.2. İklim

Köppen-Geiger sınıflandırmasına göre İzmir ilinin hava koşulları, kışı ılık yazı çok sıcak ve kurak Akdeniz iklimi Csa tipi olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4.28). Farklı iklim türlerinin, karşılaştırılarak elde edilen bu sınıflandırma yanında ülkemiz için belirlenen standart olan TS 825 / Binalar için Isı Yalıtım Gereksinimleri (Türk Standartları Enstitüsü, 2008) daha detaylı bilgi verilmektedir. (Timur, 2019). Bu

standartta; İzmir'in coğrafi bölgesi ve iklimsel farklılıklarına dayanarak 1. Derece Gün Bölgesi'nde konumlandırılmıştır (Şekil 4.29.).



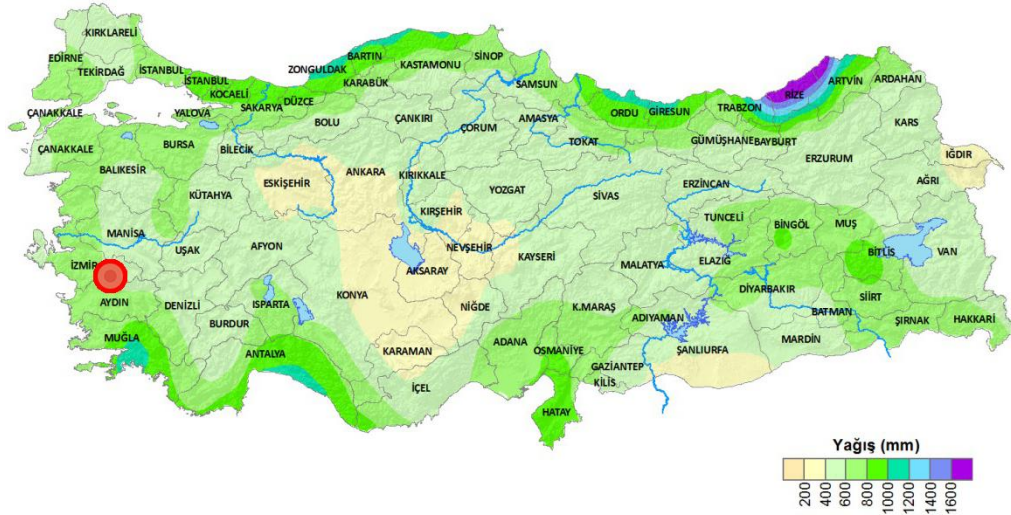
Şekil 4.28. Türkiye'nin Köppen-Geiger iklim tipleri haritası Kırmızı işaretli alan İzmir İli Tire ilçesinin yerini belirtmektedir. (Bölük,2016)



Şekil 4.29. TS825'e (2016 güncellenmiş) göre derece-gün bölgeleri haritası. Kırmızı işaretli alan İzmir İli Tire ilçesinin yerini belirtmektedir.

Ege Bölgesinde dağların denize dik uzanmasından dolayı iklimsel etkiler iç kısımlara kadar girebilmektedir. Bu yönüyle Tire de denizin ılıman etkisi altındadır. Bu nedenle ılıman ve sıcak iklim bölgede hakimdir. Yıllık ortalama sıcaklık Tire'de 16,2°C'dir. Aylık ortalamanın en yüksek olduğu aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos

aylarıdır. Aylık sıcaklık ortalamalarının en düşük olduğu aylar Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır. En düşük sıcaklık değerlerine Ocak ayında rastlanmaktadır ve sıcaklık 5.4°C'dir. Ortalama yüksek sıcaklığın en yüksek değeri 28,0°C ile Ağustos ayında ulaşılır. Yıllık toplam yağış miktarı, 620 mm'dir (Şekil 4.30.). Aylık ve En fazla yağışın olduğu 100 mm ile Aralık ayında görülür. En düşük yağış ile en kurak ay 2 mm ile Temmuz ayıdır (URL10, URL 12).



Şekil 4.30. TS Türkiye'nin yıllık yağış ortalamalarını gösteren harita / 1981-2010 verileri (URL 10)

#### 4.3.3.Tarihsel Arka Plan

İzmir'in bir ilçesi olan Tire, ilköğretimden itibaren çeşitli medeniyetlerin yaşadığı önemli bir yerleşim merkezi olmuştur (Tuğlacı 1985). Kentin tarihi tam bilinmemekle birlikte M. Ö 1340'larda var olduğu bilinmektedir (Mete,2012). Tire tarih boyunca Hitit, Frigya, Lidya, Pers, Bergama, Roma, Bizans, beylikler ve Osmanlı Devleti'ne ev sahipliği yapmış bir kenttir. Bergama Krallığı döneminde gelişip zenginleşen kent, zenginlerin yazlık olarak kullandığı bir şehir haline gelmiş, Roma hâkimiyeti sırasında dini merkez olarak gelişmesini sürdürmüştü, Malazgirt Savaşının ardından Selçuklu akınları buraya kadar uzanmasıyla ve 1072'de Büyük Selçukluların hâkimiyetine girmiştir. 1308 yılında Anadolu Selçuklu devletinin yıkılması üzerine Aydınöğulları Beyliği'nin kurulmasıyla Tire iki yıl içerisinde Aydınöğulları yönetimine girmiştir. Tire bir süre Aydinogullari Beyliği'nin merkezi de olmuştur. 1390'da Yıldırım Bayezid tarafından Osmanlı topraklarına katılmış olsa da, Osmanlı'nın kesin hakimiyeti 1426 yılında gerçekleşmiştir ve Aydın eyaletinin Sancak Merkezi de Tire olmuştur (Darkot, 1974, Uzunçarşılı, 1988, Merçil 1991, Mete,2012). Bu tarihten itibaren, yönetim

merkezi olarak hem siyasi geçmişinden hem de ekonomik gücünden yararlanmak suretiyle, Anadolu'nun önemli yerleşimlerinden olmuştur.



Şekil 4.31. Tire Genel Yerleşim

Ünlü tarihçi ve gezginlerin tarih boyunca ilgisini çeken yerleşim, tarihçi Pachmeres için “Keşişler Yöresi”, Şerafeddin Zafernamesi'nde “Rum'un Meşhur Kenti”, Katip Çelebi “Eski Taht Şehri” olarak farklı isimlendirilmeler yapılmıştır (URL 13). Evliya Çelebi ise 1671 yılında Tire için “Şehr-i Muazzam” diye nitelemektedir. Evliya Çelebi Seyahatnamesini incelediğimizde o tarihte; *“kentteki mahalle sayısını altmış sekiz, sokakların satranç taşı gibi düzenli olduğunu, şehirde 144 mihrap (otuz altısı cami), yetmiş tekke, otuz medrese, bazısı âtil durumda sekiz imaret, on üç hamam, yirmi yedi han, bir dârülkurrâ, altmış yedi sıbyan mektebi, 270 çeşme ve beş sebîl”* bulunduğunu kaydeder.



Şekil 4.32. Tire Genel Görünüm (URL 13)

Evliya Çelebi'nin sözünü ettiği yapıların büyük bir kısmı günümüze ulaşmamakla birlikte mevcut yapıların çokluğu dikkat çekicidir. Bunlardan Kâzîrzâde (Câziroğlu), Karakadı Mecdüddin, Rum Mehmed Paşa, Yavukluoğlu (Yoğurtluoğlu) ve

Molla Arap külliyesi; Hafsa Hatun, Doğan Bey, Mehmed Bey, Gucur (Kucur), Leyse, Ulucami, Kara Hasan, Hüsâmeddin, Kara Hayreddin, Süratli Mehmed Paşa, Gazazhâne, Tahtakale, Narin, Kazanoğlu, Molla Mehmed Çelebi, Fıdıloğlu, Lutfi Paşa, Şeyh, Yalınayak, Hamza Ağa, Hacı Mehmed Ali Ağa, Alaybey camileri; mevlevîhâne özelliği de olan Yeşilimaret'le mimari özelliğe sahip Çanakçı, Neslihan, Dâ-rülhadis mescitlerinin adları ve sivil mimarlık eserleri sayılabilir.

#### 4.3.4. Tire Evlerinin Karakteristik Özellikleri

Tire evlerinde Avrupa mimari etkileri ile düzenlenen konutlarda girişlerde karşılaşılan dikey simetri aksından ve merdivenle kapının kesiştiği noktada merdivenin kullanımı direk sokaktan verilen giriş ortak bir özellik olarak görülmektedir.



Şekil 4.33. Tire'nin Tarihi Görünüm (URL 40)

Karakteristik tire evlerinin geneli yüksek duvarlarla çevrili avlulu veya büyük bahçeli, alt katları dışa daha kapalı olan, çoğunluğu bahçe yönünde bir açık veya kapalı sofası bulunan evlerdir. Üst katlar ise pencereler ile sokağa veya caddeye açılan plan şemalarına sahiptir. Tire evlerinin inşasında genellikle kırma taş ve tuğla malzeme ağırlıklı olarak kullanılmıştır.





Şekil 4.34. Tire Evleri Genel Görünüm

20.yüzyıl başında özellikle gayri Müslimlerin ve varlıklı ailelerin daha ziyade büyük boyutlu evler ve simetrik cepheler ortaya koydukları görülmektedir. Cephe mimarisindeki bu farklı özelliklere sahip konutlarda iç sofa ana giriş aksının tam ortasından geçer. Sofanın iki yanında karşılıklı odalara yer verilir. Simetrik cepheler tasarlanır, oda boyutları büyür. Bu konutlarda ana girişler cephe düzenlemesine göre dikey simetri ekseninde yer alır. Yatay simetri ekseninde ise pencereler kendi içerisinde yine simetrik düzenlenmiştir. Daha küçük ölçekli evlerde ise girişler, sofalar ve cephe düzenleri arazi şartlarına ve mülk sahibinin imkanlarına göre şekillenmiştir. Bu tip konutların yapım sistemi yığmadır.



Şekil 4.35. Tire Evleri Genel Görünüm



Şekil 4.36. Tire Evleri Genel Görünüm

Taşıyıcı sistem moloz taş ve tuğla malzemeden oluşur. Zemin kat moloz taş, üst kat kerpiç veya bağdadi olabilir. Tire evlerinin plan tipine göre girişler farklılık göstermektedir. Bazı evlerde girişler direkt sokağa açılırken bazı evlerde önce avluya avludan da büyükçe bir kapı ile sokağa açılmaktadır.



Şekil 4.37. Tire Evleri Genel Görünüm

Arka bölümünde bahçesi bulunanlar da arka cepheden de giriş bulunmaktadır. Evlerde özellikle ana giriş kapıları oldukça süslü olmakla diğer geleneksel evlerden belirgin bir farkı taşımaktadırlar (Şekil 4.38.).



Şekil 4.38. Tire konutlarında bulunan Kapılardan örnekler

#### 4.4. Ahmet Şener Evi

Ahmet Şener evi İzmir ili Tire İlçesi, Dere Mahallesi Şimşir Sokakta 151 ada 81 parsel üzerinde yer almaktadır. Geleneksel konut bodrum ve zemin kat olmak üzere iki kattan oluşmaktadır. Yapım tarihi hakkında kesin bir bilgi olmamakla birlikte, Tire merkezinde incelenen benzer sivil mimarlık örnekleri tipoloji stil gibi parametrelere göre değerlendirildiğinde 19. Yüzyıl sonu ile 20.yüzyılın ilk yarısına tarihlendirilebilir. Konut olarak inşa edilen yapı işlevini kaybetmemiş olup konut olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4.39. Ahmet Şener Evi Batı Cephesi Genel Görünüm

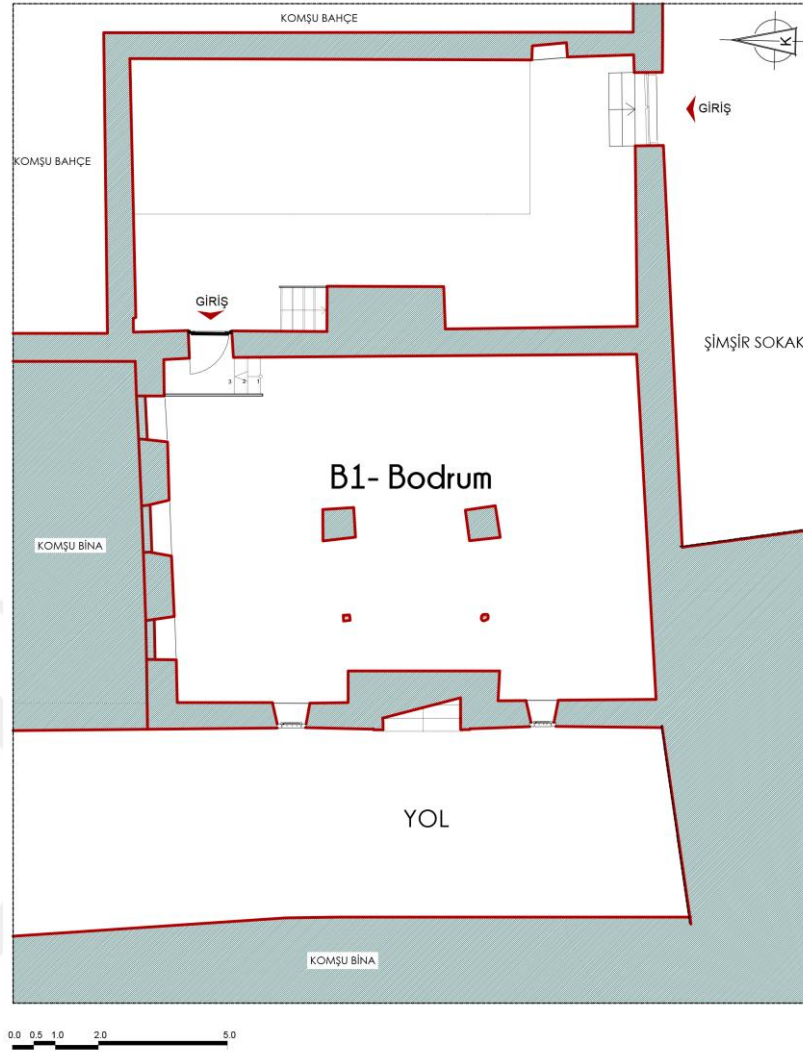
Yapı bodrum ve zemin kat olmak üzere 2 katlı olarak inşa edilmiştir. Doğu yönde bir avlu bulunmaktadır. Yapıya batı cephenin bulunan çift kanatlı metal kapı ile doğrudan giriş sağlanır. Doğrudan zemin kat sofasına giriş sağlanan bu açıklığın doğu aksında avlu kapısı olarak kullanılan ve yapıya ikinci bir giriş olan çift kanatlı ahşap bir kapı daha bulunur. Yapının güney ve batı cephesi yola bakmaktadır. Güney cephesinde pencere bulunmamaktadır. Kuzey cephesi yan parseldeki konut ile bitişik olan yapının

doğu cephesi avluya açılır. İ sofalı plan tipinde tasarlanmış yapı 4 oda ve bir sofadan oluşmaktadır. Sofanın batı cephesinden sokağa, doğu cephesinden avluya geçiş sağlanır.



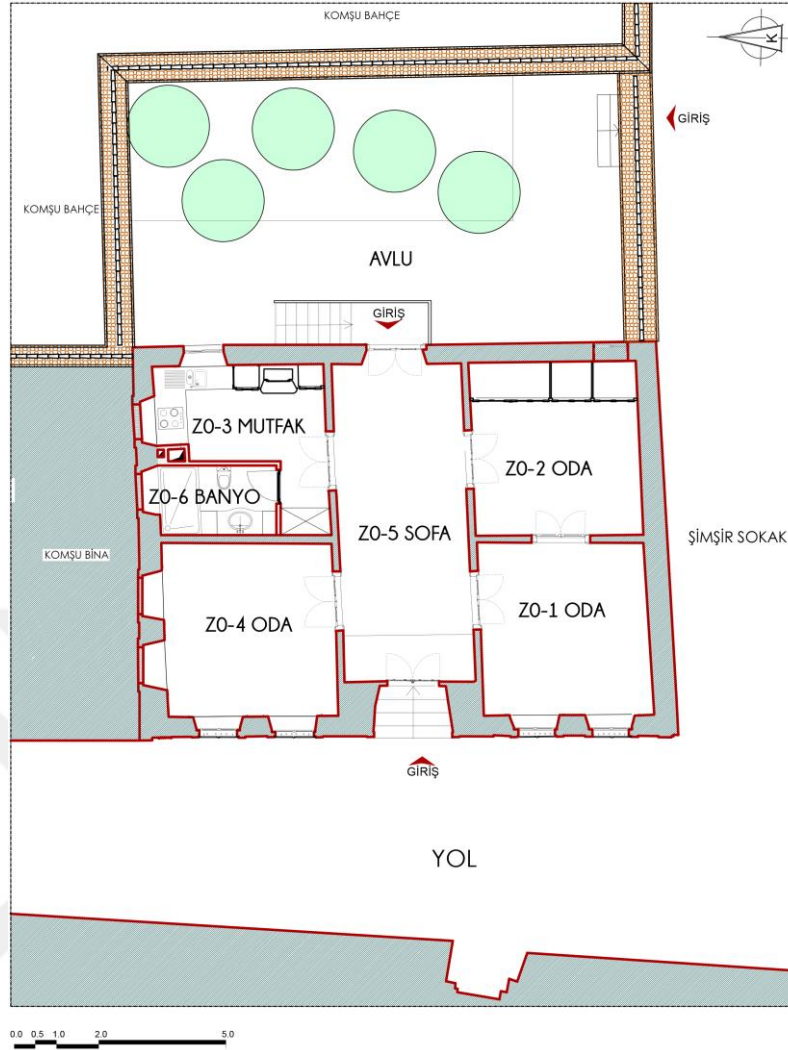
Şekil 4.40. Ahmet Şener Evi Güney Cephesi Genel Görünüm

Bodrum kat yapının doğusunda yer alan avludan doğrudan girilen 10.99x 8.01 m ölçülerinde **B0-1 Nolu** tek mekandan oluşur. Mekana avludan 1.01x1.85 m ölçüsünde harabe olan kapı boşluğundan geçilir. Mekan kare planlı olup ortasında 2 adet moloz taştan taşıyıcılar bulunmaktadır. Duvarlar taş duvar olup doğu ve güney duvarları sağır tutulmuştur. Batı yönünde 0.67x0.66 m ve 0.61x0.68 m ölçülerinde 2 adet pencere bulunmaktadır. Kuzey yönünde 3 adet kapatılmış pencereler bulunmaktadır. Tavan döşemesi ahşap kiriştir, yer yer bozulmalar bulunmaktadır. Zemini topraktır.



Şekil 4.41. Ahmet Şener Evi Bodrum Kat Planı

Zemin kat yapının doğu ve batı yönünden girişin sağlandığı iç sofalı plan tipine sahiptir. Sofanın kuzey ve güney yönlerinde 2 şer oda bulunmak üzere zemin kat toplam 5 mekandan oluşmaktadır. Z0-5 Nolu Sofanın kuzey ve güney duvarları sağır olup odalara geçilen çift kanatlı ahşap kapılar bulunmaktadır. Doğu ve batı yönünde ise de avluya ve sokağa açılan çift kanatlı metal ve ahşap kapı bulunmaktadır. Sokak cephesinden sağdan ve soldan sağır duvar ile sınırlandırılmış, 1.84m genişliğinde 4 basamaklı taş merdivenle giriş sağlanmıştır. Merdiven rıht yüksekliği 0.25-0.25m olarak değişmektedir. Sokaktan 1.22 x 2.33 m ölçülerinde metal kapı ile geçiş yapılmaktadır. Metal kapının sokak cephesinde motifli demir parmaklık, üst kısmında da pencere ve bunun motifli demir parmaklığı bulunmaktadır.



Şekil 4.42. Ahmet Şener Evi Zemin Kat Planı

Sofaya ikinci giriş olarak avludan sağlanmaktadır. Avludan 0.21-0.23 m arası değişen rıht yüksekliğine sahip, 8 basamaklı taş merdivenle sofaya çıkılmaktadır. 1.20x 2.24m ölçülerinde ahşap doğramalı şevli çift kanatlı bir kapı ile avludan sofaya girilmektedir. Sofanın batı yönünde metal giriş kapısından 1.09 m sonra 0.28 metrelik kot farkı bulunmaktadır. Bu kot farkı bodrum tavan döşemesinde de görülmektedir. Tavanı ve zemini ahşap kaplı olan sofanın yan duvarları sıva üzerine boyalı olarak yapılmıştır (Şekil 4.43.).



Şekil 4.43. Ahmet Şener Evi Sofa Görünümü

Sofanın güney yönündeki ilk odası olan 4.10 x 4.02 m ölçülerindeki kare planlı **Z0-1 Nolu** odaya, 1.13 x 2.56 m ölçülerinde çift kanatlı ahşap eşikli ve ahşap doğramalı kapı ile geçiş sağlanır. Güney cepheden sağır olan odanın batı yönünde iki adet şevli, çift kanatlı ahşap doğramalı pencere bulunmaktadır. Yapının batısında bulunan şevli, dikdörtgen planlı 1.17 x 1.94 m ölçüsünde iki ahşap doğramalı pencere, dıştan demir parmaklık ve metal kepenklerle kapatılmıştır. Odanın güney ve batı yönü taş duvardır. Odanın bütün duvarları sıva üzeri boyalıdır. Doğu cephesinden Z2 Nolu Odaya açılan ahşap doğramalı çift kanatlı kapı bulunmaktadır. Tavan ve zemin döşemeleri ahşap kaplamadır. Sofanın güney yönündeki ikinci odası olan 4.08 x 3.96 m boyutunda kare planlı **Z0-2 Nolu** odaya, 1.13 x 2.55 m ölçülerinde çift kanatlı ahşap eşikli ve ahşap doğramalı kapı ile geçiş sağlanır. Güney cepheden taş duvar ve sağırdır. Yapının doğusunda 0.80 x 0.60 m ölçülerinde yatay eksenli dikdörtgen plan şemasına sahip ahşap doğramalı pencere bulunmakta ve dıştan demir parmaklık kapatılmıştır. Odanın güney ve doğu duvarları taş duvardır. Odanın bütün duvarları sıva üzeri boyalıdır. Mekanın doğusunda 3.96 x 2.80m ölçüsünde harabe durumda olan ahşap dolap bulunmaktadır. Batı cephesinden 1.12 x 2.47m ölçülerinde Z3: Odaya açılan ahşap doğramalı çift kanatlı kapı bulunmaktadır. Tavan ve zemin döşemeleri ahşap



kaplamadır. Zemin döşemesinde molozlar görülmektedir. Sofanın kuzey yönündeki ikinci odası olan 4.05 x 4.03 ölçüsünde kare planlı **Z0-3 Nolu** odaya, 1.15x 2.64 m ölçülerinde çift kanatlı ahşap eşikli ve ahşap doğramalı kapı ile geçiş sağlanır. Batı cephedeki duvar sağırdır. Yapının doğusunda 0.94 x 1.80m ölçülerinde ahşap pencere bulunmakta ve dıştan demir parmaklıklar ile kapatılmıştır. Odanın güney ve doğu duvarları taş duvardır. Sofanın kuzey duvarı ise sağır tutulmuştur. Kuzey duvarda iki adet kapatılmış pencere bulunmaktadır. Tavanı ve zemini ahşap kaplı olan sofanın yan duvarları sıva üzerine boyalı olarak yapılmıştır. Odanın doğu cephesinde dikdörtgen planlı ahşap doğramalı pencere bulunmakta, dış cephesi demir parmaklıklar ile kapatılmıştır. Yine batı cephesinde batı duvara bitişik olarak yapılmış 2.16 x 2.95 ölçülerinde ahşap doğramalı bir dolap ve hazırlanan restorasyon projesinde sonradan eklenmiş 2.80 x 1.65 Z0-6 Nolu banyo bulunmaktadır. Sofanın kuzey yönündeki birinci odası olan 4.11 x 4.05 botunda kare planlı **Z0-4 Nolu** odaya, 1.15x 2.62 m ölçülerinde çift kanatlı ahşap eşikli ve ahşap doğramalı kapı ile geçiş sağlanır. Doğu cephedeki duvar sağırdır. Yapının batısında 1.02 x 1.94m ve 1.03 x 1.95m ölçülerinde şevli, dikdörtgen planlı ahşap pencereler bulunmakta ve dıştan demir parmaklık ve metal kapaklar ile kapatılmıştır. Pencere etrafında 1.27 x 2.49 m boyutlarında taş söveler bulunmaktadır. Odanın kuzey duvarı taş duvardır. Sofanın doğu duvarı ise sağır tutulmuştur. Ancak yapıdaki izlerden komşu parseldeki konut ile bir bağlantı olduğu anlaşılmaktadır. Mekanın kuzey cephesinde iki adet kapatılmış pencere bulunmaktadır. Tavanı ve zemini ahşap kaplı olan sofanın yan duvarları sıva üzerine boyalı olarak yapılmıştır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. Z0-4 Oda Kuzey Cephe

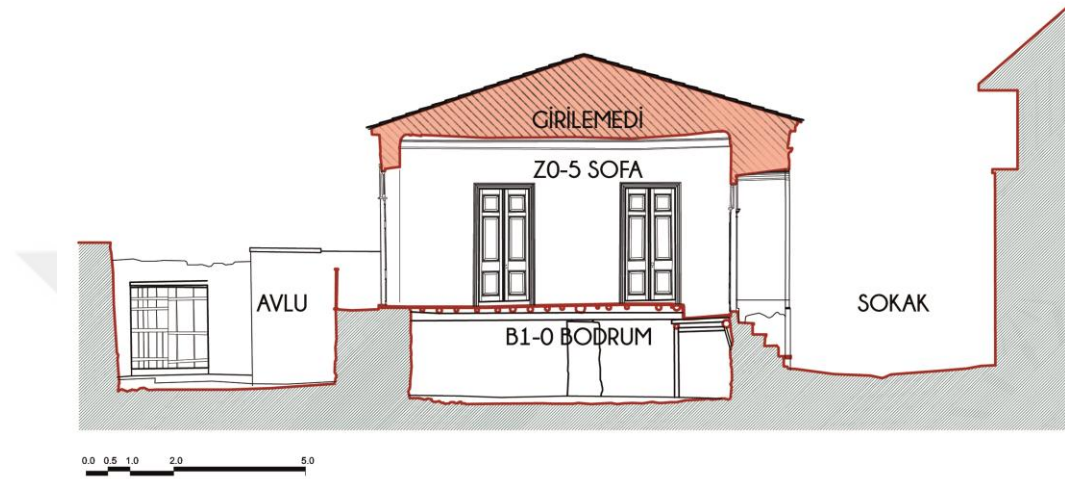
Konutun doğusunda bulunan **Avlu**, Şimşir Sokak'tan 1.70 x 1.87 m ölçüsünde ahşap doğramalı kapı ile giriş sağlanmaktadır. Avlunun 3 cephesinde taş duvar bulunmaktadır. Geniş olmayan, özel ve gündelik ihtiyaçların giderilebileceği bir şekilde düzenlenmiş olan bölüm, bir avludan ziyade arka bahçe şeklinde yapılmıştır. Avlunun batı cephesinden konuta girilebilmektedir (Şekil 4.45).



**Şekil 4.45.** Ahmet Şener Evi Güney Cephesi Avlu Girişi

Konutun ön cephesi olan batı cephe sokağa bakar ve 12.42 uzunluğundadır. Zeminden başlayarak silmeli çatı saçağı ile sonlandırılan cephenin yüzeyi sıvalıdır. Cephe sıvalarında yer yer dökülmeler görülür. Dökülen bu sıvaların altından yığma tekniğinde inşa edilmiş taş duvar görülür. Pencere boşluklarında dikey eksenli, motifli, ortadan boğumlu demir parmaklıklar bulunmaktadır. Yine pencere etrafında 0.86 x 0.82 m ölçülerinde çerçeveslendirilmiştir. Yapıya girişi sağlayan metal kapı bulunmaktadır. Metal kapıya sağ ve sol tarafı duvar ile sınırlandırılmış taş basamaklar ile ulaşılmaktadır. Metal kapı, motifli demir parmaklıklar ile kapatılmıştır ve 2.23 m söve ile çerçeveslendirilmiştir. Cephenin sol tarafında ise avlunun doğu duvarı yer alır. Taş

malzemeden yığma olarak yapılmış olan bu duvar da sıvalı olarak yapılmıştır. Şimşir sokağa bakan ve konutun ön cephesini oluşturan güney cephe ve avluya bakan doğu cephesi zeminden başlayarak taş silmeli saçak ile sonlandırılan cephe taş malzeme ile yığma tekniğinde yapılmıştır. Yapının üst örtüsü ahşap iskeletli olup dışarıdan alaturka kiremit kaplı kırma çatı örtülüdür. İç mekânlarda ise zemin katta odaların üst örtüsü ahşap kirişli ara kat ve üst kat mekânların üzeri düz ahşap kaplamalı olarak yapılmıştır.



Şekil 4.46. Ahmet Şener Evi Kesiti

**Malzeme:** Ana yapı malzemesi taş, evin beden duvarlarında ve avlu duvarlarında yoğun olarak kullanılan bir malzemedir. Yapının ana duvarlarında, bodrum katın yapımında, avlu duvarlarının büyük bir bölümünde taş malzeme kullanılmıştır (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Z0-4 Oda Kuzey Cephe

Konutun güney cephesinde duvar yüzeyindeki sıvanın döküldüğü bir alanda tuğlayla birlikte kullanıldığı görülmüştür (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. Z0-4 Oda Kuzey Cephe

Ahşap malzemenin de özellikle iç mekânda oldukça fazla kullanıldığı görülmektedir. Ahşap malzeme kapılarda, tavanlarda, zemin döşemesinde, pencerelerde, dolaplarda kullanıldığı görülmektedir. Yapının çift kanatlı giriş kapısı ahşap doğramalıdır. Aynı şekilde odalara açılan kapılar ahşap olup çift kanatlı olarak tasarlanmıştır. Pencereler tamamı ahşap doğramalıdır. İç mekânda kullanılan ahşap malzeme tamamen işlevselliğe yönelik yapıldığından estetik görünümünden uzaktır. Zemin kat ve çatı katında, zeminler ahşap kaplamalı, tavanlar ise çıtalı ahşap kaplamalı olarak düzenlenmiştir. Merdivenler, kapı-pencere doğramaları ile dolap ve yüklüklerde ahşap malzeme kullanılmıştır (Şekil 4.49). Yapıya sonradan ilave edilen onarımlı zeminlerinde, zemin kattaki şap zeminli alanlarda, betonarme malzeme kullanılmıştır.



Şekil 4.49. Ahmet Şener Evi Ahşap Malzeme Kullanımları

Saç ve metal malzeme Tire evlerinde sıkça karşılaşılan ve evlerin belirli yerlerinde yaygın kullanılan bir malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Avlu giriş kapılarında, pencere kepenklerinde muhdes kapı ve pencere doğramalarında sıkça kullanılmıştır. Ahmet Şenel evinde de pencere kepenklerinde, pencere parmaklıklarında ve sokak giriş kapısında metal malzemenin kullanıldığı görülmektedir (Şekil 4.50).



Şekil 4.50. Ahmet Şenel Evi Demir Parmaklık ve Metal Kepenkler

**Süsleme:** Yapının dış cephesinde yok denecek kadar az olan süsleme sadece silmeli taş saçaklarda ve pencere kapı taş sövelerinde görülür. Özel bir süsleme amacı ile yapılmamış olsa da konutun dış cephesine bir hareketlilik kazandıran silmeli taş saçak doğu batı güney cephelerde görülür. Batı cephesindeki taş saçak silme daha detaylıdır. Giriş kapısı metal kapı olup demir parmaklıklarla motif verilmiştir (Şekil 4.51,4.52). Bunlar dışında herhangi bir süsleme unsuruna rastlanmamıştır. Yapı süsleme açısından oldukça sade bir görünüme sahiptir.



Şekil 4.51. Ahmet Şener Evi Giriş Kapısı



Şekil 4.52. Giriş Kapısı Metal Parmaklık Görünümü

#### 4.4.1. Ahmet Şener Evi Ölçüm Tekniği

Yapının yatay ve düşey ölçüleri diğer evde olduğu gibi, reflektörsüz ölçüm yapabilen “Faro” marka Lazer Tarayıcı ile alınmıştır. Bu alımlar üç boyutlu olarak, yapının elverdiği ölçüde, gerçekleştirilmiştir. Ölçüm aletinin bilgisayara gönderdiği x,y,z koordinatları, bilgisayar ortamında nokta bulutu olarak üç boyutlu hale getirilmiştir. Kot ve gabariler alınırken projede de belirtilen bir sıfır noktası tespit edilmiş ve bu kot binanın tüm gabari alınan bölümlerine taşınmıştır.



Şekil 4.53. Lazer scanner ile ölçüm

Ölçüm diğer çalışmada olduğu gibi belirli aşamalardan oluşmakla birlikte öncelikli olarak ölçülecek yapının etrafında Lazer Tarayıcı konumlandırarak yerlerin tespiti, yani poligon noktaları belirlenmiştir. Bu poligon noktaları ölçümün yapılacağı birinci poligon noktası (P1) ile diğer poligon noktaları birbirine bağlanmıştır. Bağlanan poligon noktalarının x, y, z değerlerinin koordinat sistemindeki sayısal karşılıkları cihazın hafızasına kaydedilmiştir. Bu işlem Faro marka cihazın poligon noktalarının, bir noktadan diğerine taşınmasında ölçümün sağlıklı bir şekilde devamını sağlamıştır.

Ölçüm gerçekleştirildikten sonra bina modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Model farklı detay seviyelerine göre oluşturulmuştur. Şekil 4.54'te farklı detay seviyelerine göre HBIM model görselleri verilmiştir. Detay seviyesi artıkça model üzerindeki geometrik model detayı ve ihtiyaç duyulan bilgi seviyesi artmaktadır.



Şekil 4.54. HBIM model farklı detay seviyelerine göre model görselleri

#### 4.5. Örnek Yapıların HBIM tabanlı ısı performanslarının Hesaplanması

Bu bölümde ilk olarak, çalışmada kullanılan HBIM tabanlı modellerin oluşum süreçleri açıklanmıştır. Bunu takiben, modellerin parametrik performans hesaplama ve uygulama süreçlerine yer verilmiştir. Son olarak, örnek yapıların ısı güçlendirme seçenekleri farklı ısı yalıtım malzemelerinin, sıva türlerinin ve cam çeşitlerinin kullanımları anlatılmıştır.



#### 4.5.1. HBIM modelleme süreci

Dijital dokümantasyon, mevcut bir binanın 3B uzayındaki bir dizi noktanın yüzey özelliklerini yakalamayı ve bu noktalar topluluğu ile bir nokta bulutu oluşturmayı amaçlar. Yakalamanın çözünürlüğüne ve doğruluğuna bağlı olarak, nokta bulutu ayrıntı düzeyini kaydedebilir. Bu teknik, yapıyı çevrede, yıllar içinde meydana gelen değişiklikleri veya inşaat çizimleri ile herhangi bir tutarsızlığı veya sadece görselleştirmeleri belirlemeye yardımcı olur.

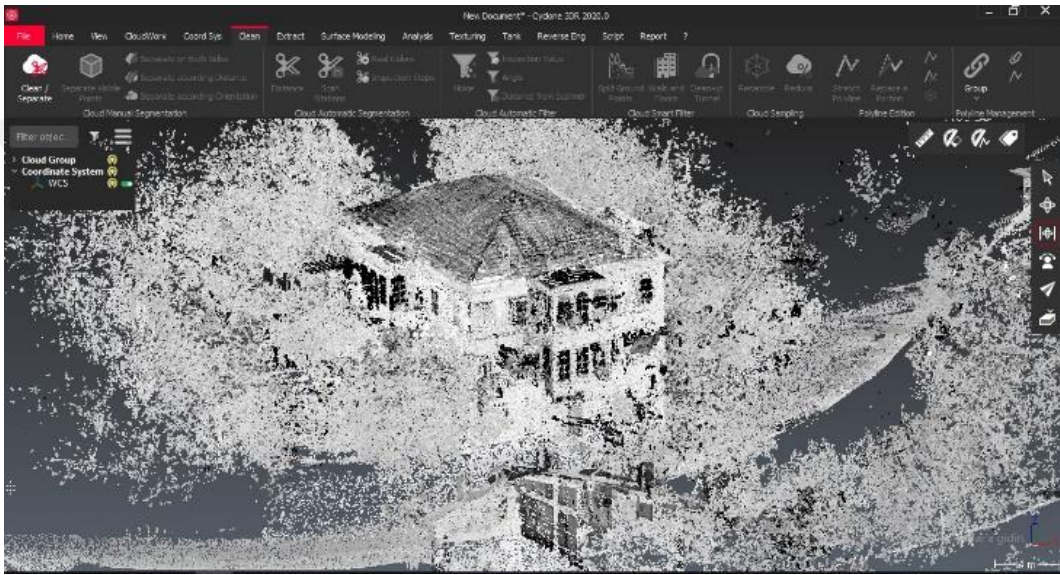
Terrestrial Laser Scanner (TLS) (Faro S120 Laser Scanner) ile elde edilen veriler post-processing aşaması için Scene yazılımına aktarılmıştır. Scene yazılımı; veri işleme ve tarama kaydının gerçekleştiği yerdir. Yazılım ile kullanıcılar, gerçek dünyadaki nesnelerin ve ortamların 3D görselleştirmelerini oluşturabilir ve bu verileri çeşitli formatlarda dışa aktarabilir. Yazılım ayrıca, VR ortamında yakalanan verileri deneyimlemeye ve değerlendirmelere olanak tanıyan bir sanal gerçeklik görünümüne sahiptir (URL 14). Yazılımda; Tarama verileri küreler, dama görünümlü işaretleyiciler (Şekil 4.55.) ve doğal referanslar (köşe noktaları) işlenmiştir. Taramaları yerleştirmek için çeşitli kayıt yöntemleri hedeflere göre birleştirilmiştir. Tarama verilerinin nokta kümesi olarak çok yönlü dışa aktarımı Autodesk RCP/RCS'ye tek tarama veya tarama bölümleri nokta bulutu formatlarında; projelerin veri yönetimi, proje veritabanı oluşumu, tüm tarama projelerini koordinasyonu grafik proje görünümü çok fazla sayıda taramanın tek bir projede birleştirilmesi işlemleri gerçekleştirilebilir.



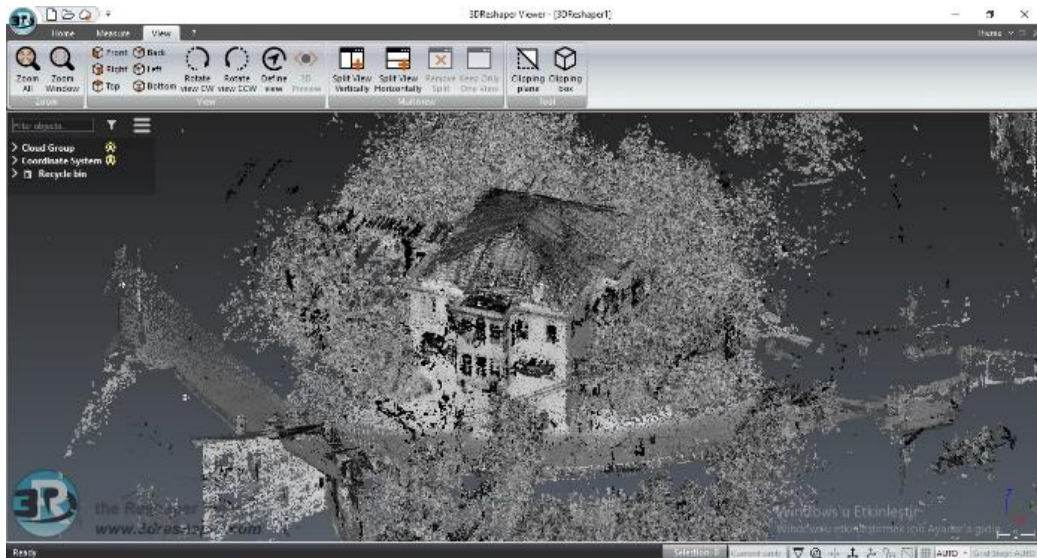
Şekil 4.55. Ahmet Şener Evi Bodrum Kat Dama Görünümlü İşaretleyiciler

HBIM platformunda tarihi yapıların nitelikli modelini elde etmek için gerekli olan nokta bulutundan istenilen düzeyde detay verilerine farklı yazılımlardan faydalanarak ulaşılabilmektedir. Bu nedenle bu süreçte zaman kazanımı, nitelikli veri

yönetimi ve sağlıklı model üretimini sağlamak için farklı yazılımlar kullanılmıştır. Nokta verilerini işlemek için kullanılan bu yazılımlar bu çalışma sürecinde değerlendirmiş aralarında en uygun olanları model üretiminde kullanılmıştır. Süreç içinde denenilen yazılımlar; Cyclone 3dr, Pointfuse, 3D Reshaper, Point Cap, Recap Pro, Undet Eklentisi 'dır (Şekil 4.56.,4.57.). Kullanım kolaylığı, fiyat performans, donanımsal gereksinimler gibi kriterler ölçüsünde HBIM model üretim sürecinde bu çalışma kapsamında denenilen yazılımlara tercihen Recap Pro, Undet Eklentisi kullanılmıştır.



Şekil 4.56. Pointfuse Yazılımı Veri Aktarımı Sonrası Görünüm

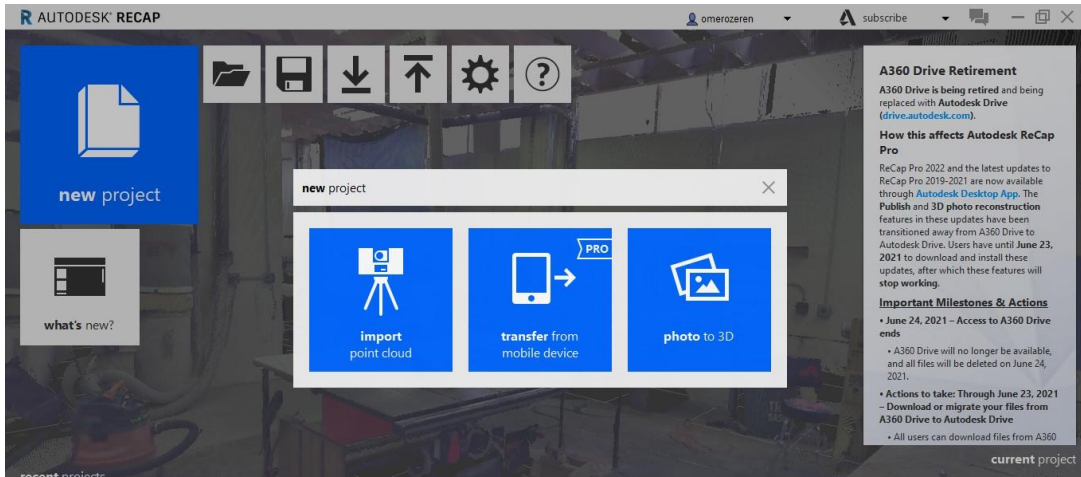


Şekil 4.57. 3D Reshaper Yazılımı Veri Aktarımı Sonrası Görünüm

ReCap Pro yazılımı, HBIM model üretiminin gerçekleştirildiği yazılım olan Revit yazılımı ile Autodesk firması tarafından tasarlandığından; ara yüz kullanım kolaylığı, dosya uzantısını aktarım kolaylığı, öğrenci ve eğitmenler için ücretsiz kullanılabilmesi gibi sebeplerden tercih edilmiştir. Mevcut bulunan veriler bu yazılıma aktarılmıştır. ReCap pro yazılımında sırasıyla aşağıda işlem sırası izlenmiştir.

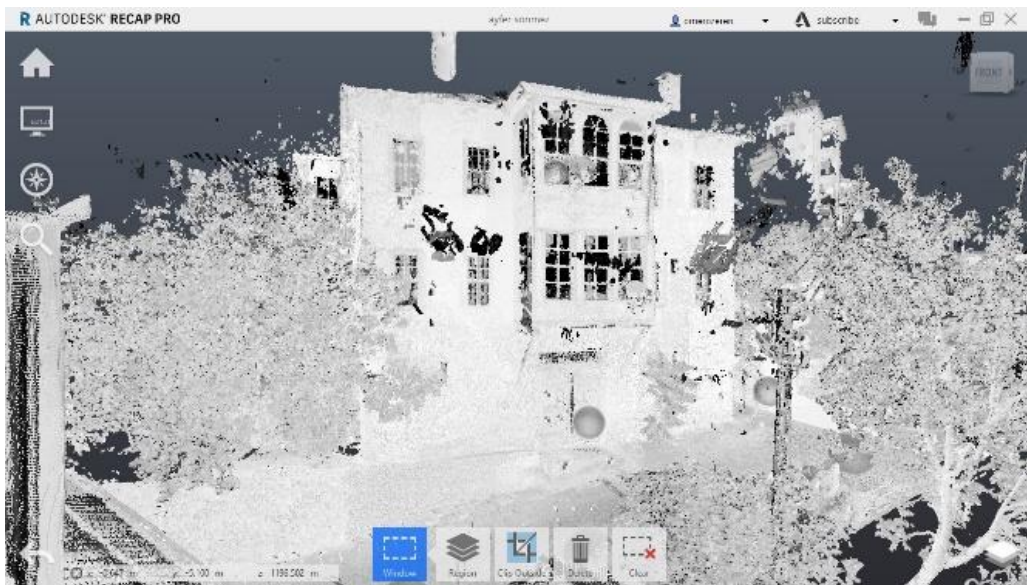
- Nokta bulutu düzenleme; lazer taramadan alınan verileri alma ve çeşitli yazılımlarda tasarım, koordinasyon, çakışma tespiti ve daha fazlası için faydalı olacak dosya kümelerine dönüştürme işlemi gerçekleştirilmiştir.
- Alan bölge tanımı; kaydedilmiş bir seçim veya nokta grubunda seçilen noktalar, oluşturulan herhangi bir bölgeye ekleme veya buradan çıkarılmış ve noktaları silmeden veya bir bölgeye eklemeyen kırma işlemi yaparak görünümünden kaldırılma işlemleri gerçekleştirilmiştir.
- Belge formatı düzenleme; Revit yazılımında tanımlı dosya türü haline getirilmiştir. RCP dosyası; Nokta bulutu verileri için ayarları, seçimleri, bölgeleri vb. içeren bir ReCap proje dosyasıdır ve Revit ile uyumlu dosya türüdür. Recap'ta farklı dosya türleri de bulunmaktadır yalnız bunlar Revit ile uyumlu çalışmamaktadır. RCS dosyası; diğer programlara bağlı olan gerçek nokta bulutu veri dosyasıdır. .RCS uzantılı dosyayı ReCap'te düzenlemek için onu bir .RCP uzantılı dosyaya dönüştürmek gerekmektedir.
- Revit'e / Dışa Aktarma; Dışa Aktarma, dışa aktarma sırasında ekranda görüntülenen nokta bulutu verilerinden yeni bir dosya oluşturulmuştur.

ReCap programında yeni bir proje oluşturma işlemi kısaca şu süreçleri içerir; ReCap dosyaları genellikle çok büyük dosya boyutlarına sahiptir. Bu nedenle program kullanırken donanımsal olarak yeterli bilgisayarların kullanılması gerekmektedir. Tez çalışmasında kullanılan bilgisayar; Intel(R) Core(TM) i7-3630QM CPU @ 2.40GHz 2.40 GHz 8 GB Ram'dir. Veri büyüklükleri donanımsal olarak çalışmayı yavaşlatmıştır. ReCap'ın başlangıç ara yüzünde, mevcut dosyaları açma veya yeni bir proje başlatılabilir (Şekil 4.58.).

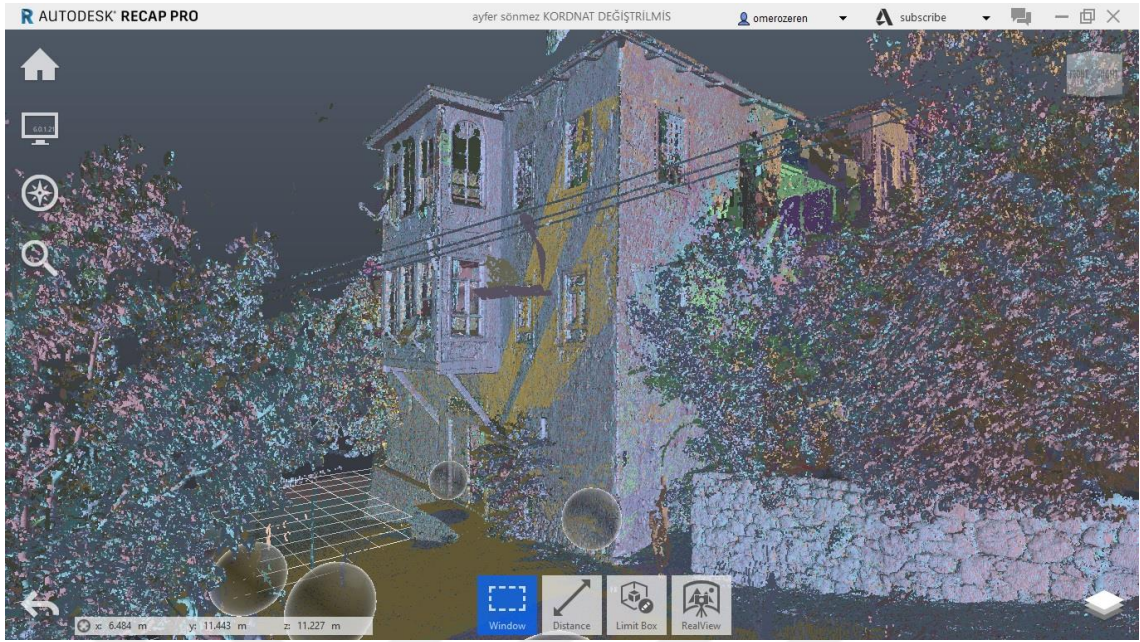


Şekil 4.58. ReCap programı başlangıç arayüzü

Arayüzde yeni proje seçimi yapılarak içe aktarılabilecek dosyalar .RCS uzantılı dosya türünde programa çağrılır. Veriler içeri aktarıldıktan sonra nokta bulutu verileri yazılım ara yüzünde işleme hazır hale gelmektedir. Farklı görünüş ve mod ayarları bu arayüzde gerçekleştirilebilir. Koordinat ayarları yapıldıktan sonra nokta temizleme, alan tanımlama işlemleri gerçekleştirilir. Bu şekilde ReCap'ta gereksiz noktalar, projeden arındırılır. Püskürtme noktaları, lazer taramasının istemeden yakaladığı ekstra noktalardır ve dosya boyutunu artırmaktadırlar. Bu gereksiz noktalar temizlediğinde bina alanının istenilen yeri seçilip ayrı bir dosya olarak dışa aktarılır. Dışa aktarma süreci farklı kaydet seçeneği altında .RCP dosya türünü seçilerek gerçekleştirilir (Birleştirme ayarları 1 mm'dir). Birleştirme ayarları, belirtilen mesafedeki yinelenen noktaları ortadan kaldırmaktadır.

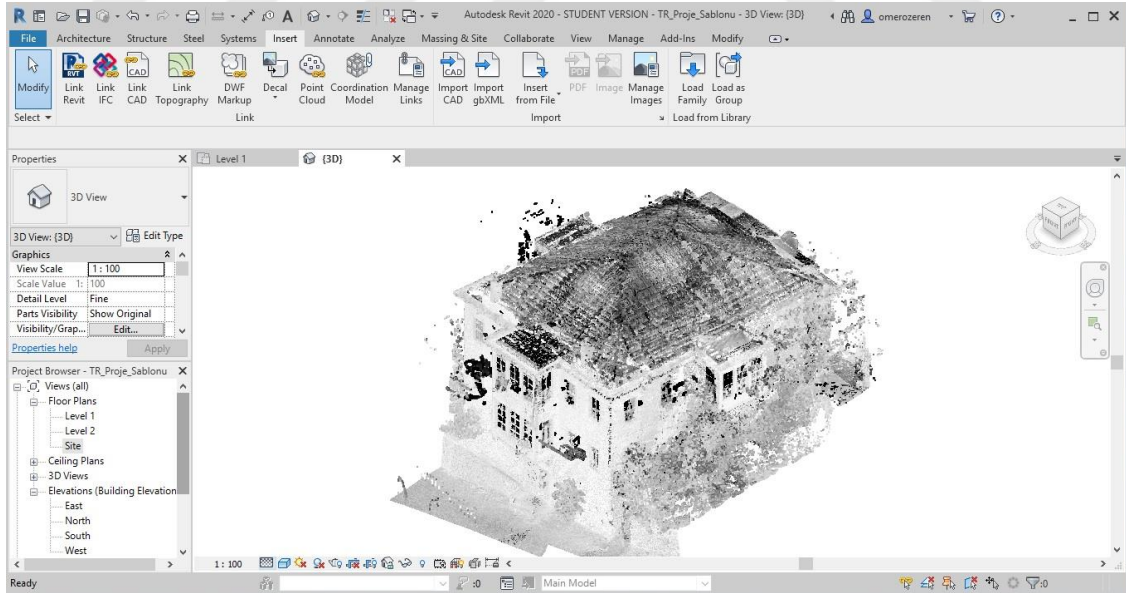


Şekil 4.59. Recap Pro Yazılımı Ayfer Sönmez Evi Veri Aktarımı Sonrası Görünüm



Şekil 4.60. Recap Pro Yazılımı Ayfer Sönmez Evi Veri Aktarımı Sonrası Görünüm

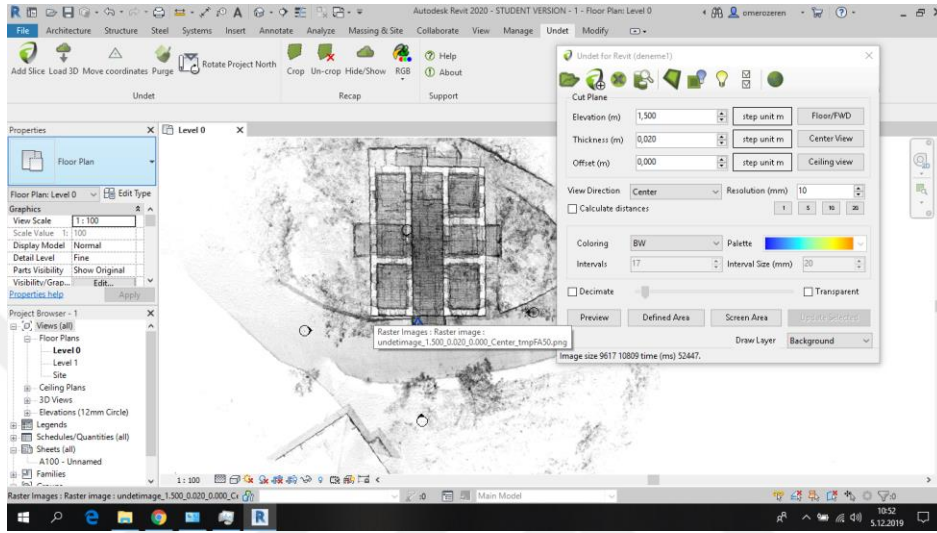
Revit 2020 programına .rcp uzantılı dosya türü şeklinde düzenlenmiş nokta verileri transfer edilmiştir. Revit 2020 platformunda verilerin koordinat ve kat düzlemleri ayarlanmıştır (Şekil 4.61.).



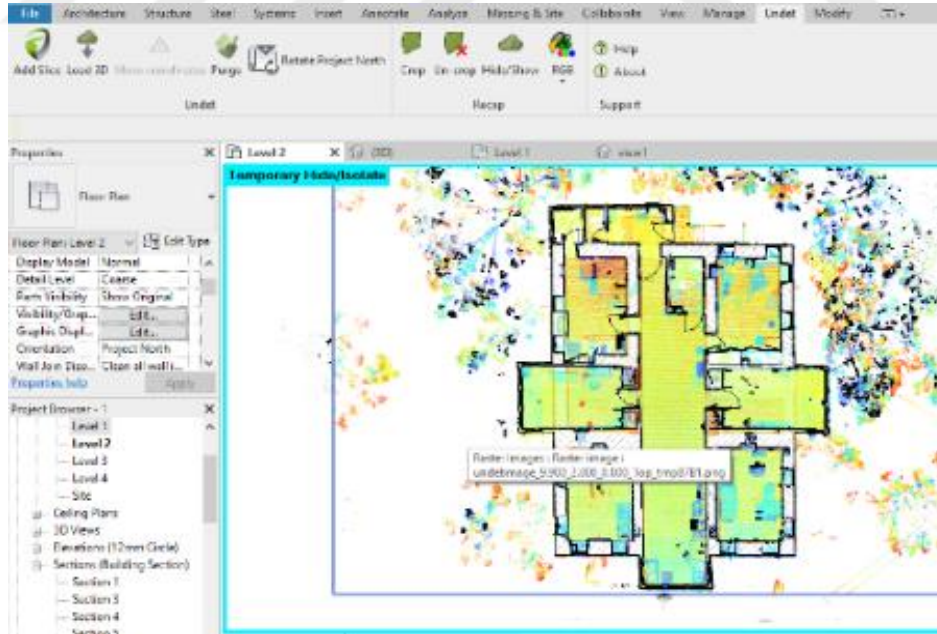
Şekil 4.61. Recap Pro yazılımı temizleme işlemi sonrası Revit'e aktarım

Undet Plugin kullanılarak 3B nokta bulutunda 2B resimlerin oluşturulması sağlanmış farklı paftalar üzerindeki birleştirilmiş görseller (raster imajeler) üzerinden girdiler birleştirilmiştir (Şekil 4.62). Eklenti içerisinde farklı ayarlamalar yaparak

maksimum çözünürlükte görseller farklı plan kesit ve görünüş düzlemlerinde oluşturulmuştur (Şekil 4.63). Undet eklentisi nokta bulutlarından daha hafif olan dinamik tarama görüntüleri oluşturur. Özellikle büyük nokta bulutu dosyalarını yüklerken daha da iyi görünüm ve kontrol sağlarken, gecikmeyi ve yazılım performansı düşüşlerini ortadan kaldırmaktadır (URL 15).



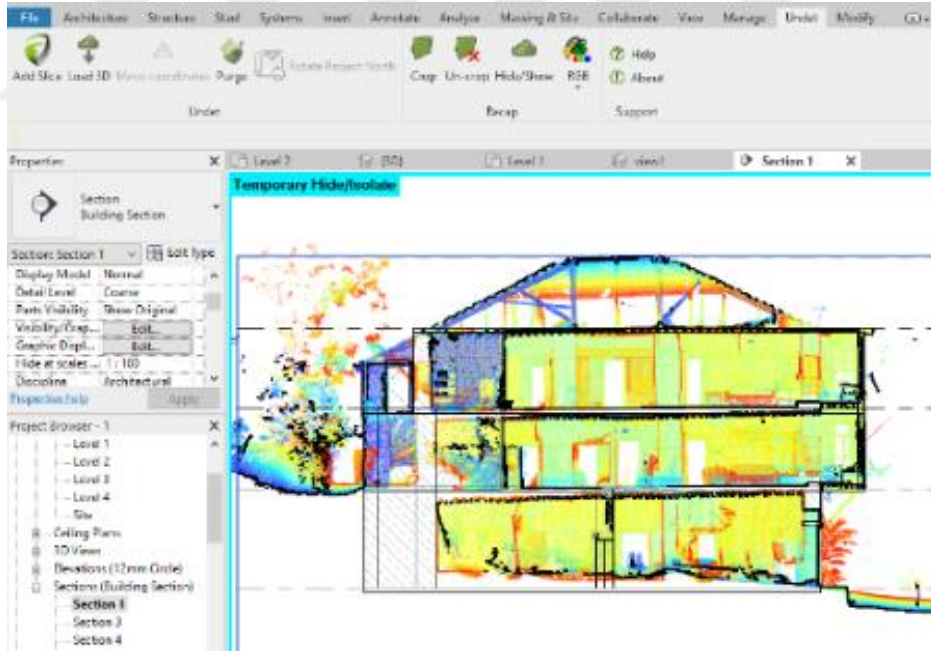
Şekil 4.62. Revit 2020 Undet Plugin ile Görüntüleri Düzenleme



Şekil 4.63. Revit 2020 Undet Plugin Nokta Bulutu Ayfer Sönmez Evi Plan Görünüm

Undet eklentisi ile oluşturulan görüntülerin üzerinden Revit'te farklı özellik ve kalınlıklardaki duvar katmanları oluşturulmuştur. Duvar katmanlarına alan çalışması sırasında elde edilen veriler (varsa ısı değerleri) girilmiştir. Elde edilen nokta bulutu

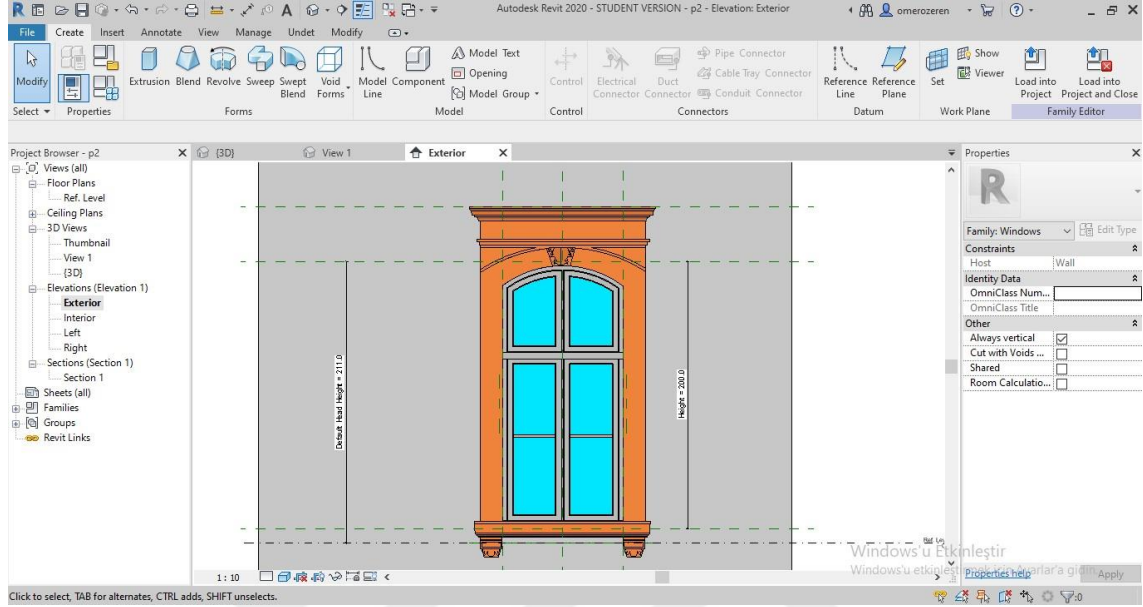
görsellerin üzerinden planlar ve kesitler alınmıştır ve bu görsellerin üzerinden farklı özellikteki duvar tipleri arayüze tanımlanmıştır. Revit ile iki boyutlu gerçekleştirilen çizimler aynı zamanda 3 boyutlu olarak modellendiğinden çizilen duvarlar ile HBIM modeli aynı zamanda 3 boyutlu olarak oluşturulmaya başlanmıştır. Modelin bu şekilde oluşturulması eğik veya girinti-çıkıntılı yüzeylerin 3 boyutta nokta bulutu ile modelin karşılaştırılıp doğruluğunun sağlanmasında önemlidir. Eğik ve farklı form yapısına sahip olan duvarlar özel işlem gerçekleştirilerek (kesme-ekleme) ile oluşturulmuştur. Revitteki “componentlar” içerisindeki farklı formlarda duvarlar yapmaya imkân tanıyan araç, duvar katmanlarının oluşturulamaması ve çalışmanın bir sonraki aşamasında ısı performans hesaplamada kullanılamaması sebebiyle tercih edilmemiştir. Çeşitli özellik ve kalınlıktaki duvarların oluşturulması yeni yapı tasarımındaki süreçten oldukça farklı olarak yapılardaki farklı tiplerdeki duvarlara sonraki aşamada erişimi kolaylaştırmıştır. Farklı kat seviyelerindeki duvarların oluşturulmasının ardından döşeme tipleri alan çalışmasındaki parametrelere göre belirlenmiştir. Farklı tiplerdeki döşemeler özel çalışmalar ile kesitler üzerinden tarihi yapılara özgü döşeme türleri elde edilmiştir (Şekil 4.64).



**Şekil 4.64.** Revit 2020 Undet Plugin Nokta Bulutu Ayfer Sönmez Evi Kesit Görünüm

Döşemeler oluşturulduktan sonra kapı ve pencereler birleştirilmiş görseller ve nokta bulutu üzerinden, detaylar alan çalışması sırasında elde edilmiş fotoğraflar üzerinden bir araya getirilerek “family(nesne)” dosyaları şekilde farklı özellik ve çeşitlilikte oluşturulmuştur. Nesne kategorileri oluşturulurken, detay seviyeleri HBIM

modelin LOD seviyelerinin belirlenmesinde önemli olduğundan, her aşamalarına dikkat edilmiş parametrik modeller üretilmiştir (Şekil 4.65). Nesne dosyaları oluşturulup HBIM model ile birleştirildikten sonra elde edilen veriler doğrultusunda çatı tipi ve özellikleri belirlenmiş çatı model üzerinde oluşturulmuştur.



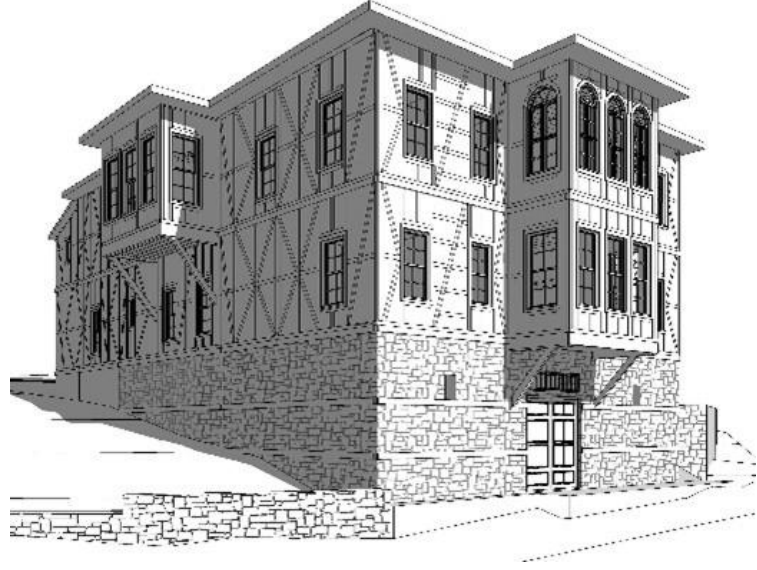
Şekil 4.65. Revit 2020 Ahmet Şener Evi Pencere Family Dosyası

Modeller çevre düzenlemeleri ile tamamlandıktan sonra detay seviyesinin artırılması yönünde Ayfer Sönmez Evi için ahşap karkas sistemi farklı kalınlık seviyelerindeki ahşap kirişler ve farklı süsleme özellikleri Revit'in bileşen (component) modülü ile oluşturulmuştur (Şekil 4.66, Şekil 4.67) Ahmet Şener Evi için nesne kütüphaneleri, korkuluklar ve söveler yine bileşenler modülü ile oluşturulmuştur. Aynı işlem Ahmet Şener evi içinde gerçekleştirilmiştir.

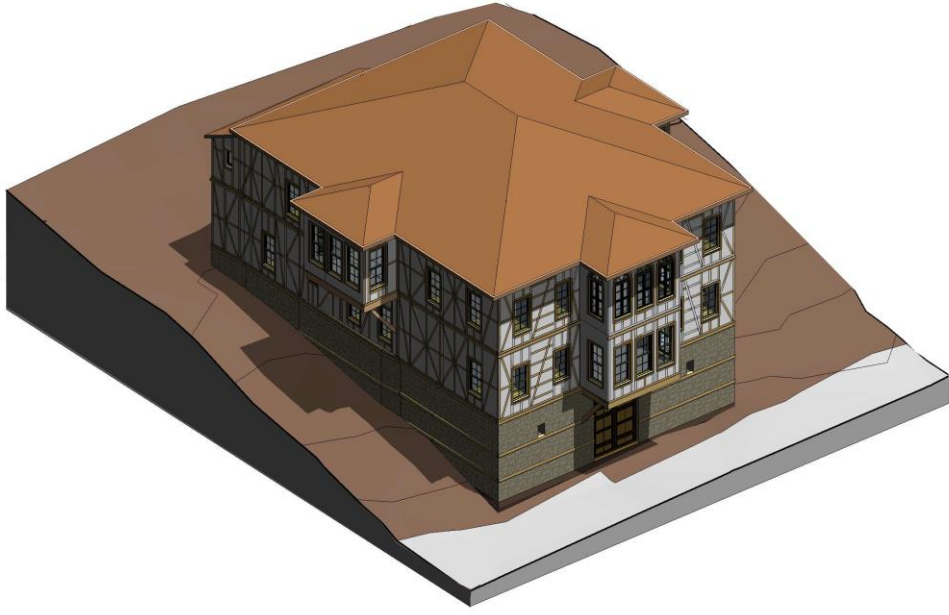


Şekil 4.66. Ayfer Sönmez Evi HBIM model LOD 300





Şekil 4.67. Ayfer Sönmez Evi HBIM model LOD 350



Şekil 4.68. Ayfer Sönmez Evi HBIM model LOD 350



Şekil 4.69. Ahmet Şener Evi HBIM model LOD 350 Görünüşü

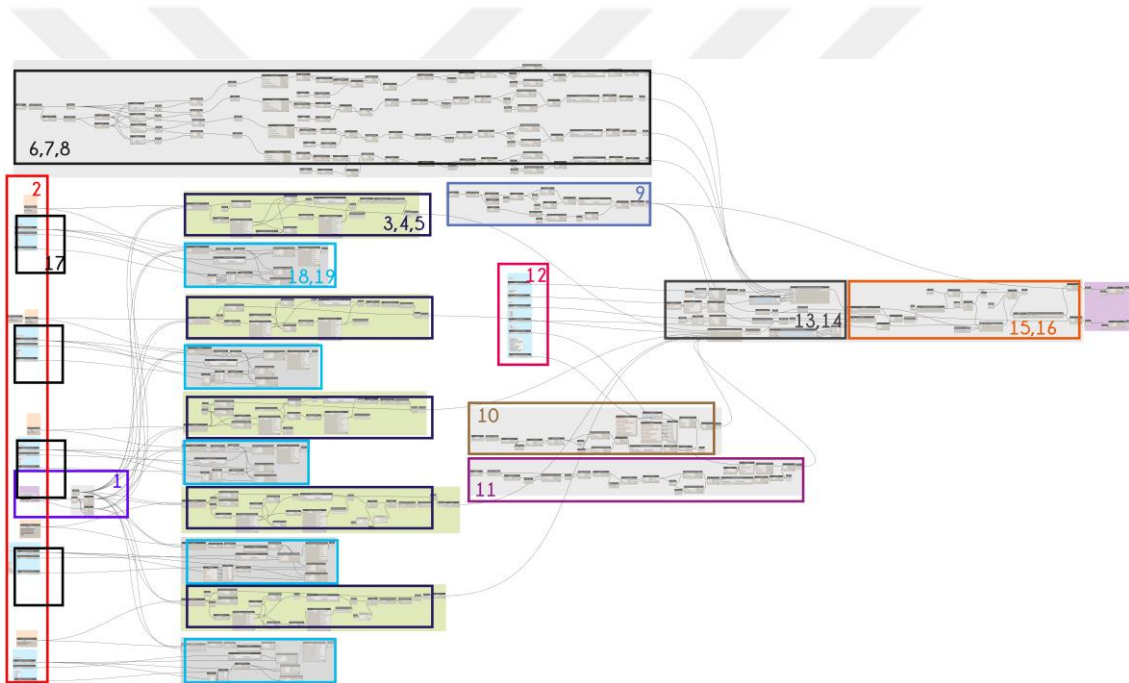
#### 4.5.2. Parametrik Enerji Hesaplama

Bu bölümde, modelin bilgisayar ortamında ayrıntılı bir şekilde tanımından sonra Revit yazılımının “Dynamo” eklentisi ile enerji hesaplamaları aşamaları açıklanmaktadır. Çalışma sistemi iki şekilde kurgulanmıştır. Birincisi; yarı parametrik enerji hesaplama yöntemini içerir. Aşağıda verilen Şekil 4.70’teki Dynamo Script Arayüzü, Dynamo’nun birinci sistem için çalışma sistemini göstermektedir. Daha yüksek çözünürlük Ek 3’te verilmiştir.



Şekil 4.70. Dynamo Enerji Hesaplama

İkinci çalışma sistemi daha gelişmiştir ve hesaplamanın yanısıra model üzerinden malzemeler ile ilgili parametrik değişikliklere izin verir. Aşağıda verilen Şekil 4.68'teki Dynamo Script Arayüzü, Dynamo'nun ikinci sistem için çalışma prensibini göstermektedir. Daha yüksek çözünürlük Ek 4'te verilmiştir. Çalışmada yeni kod düğümleri yazılmasıyla birlikte Dynamo içerisindeki hazır kodlar düğümleri ve açık kaynaklı farklı Dynamo paketlerinden Orchid, Rhythm, Arci-lab gibi farklı kod düğümleri kullanılmıştır. Ayrıca Dynamo da Python yazılım dilinde bazı durumlarda kod kullanımları gerçekleştirilmiştir. Düğümler gruplara göre düzenlenmiştir. Düğümler farklı renklerdeki gruplar altında bir araya getirilmiştir. Girdiler, hesaplamalar, değişkenler ve çıktılar şeklinde gruplar tanımlanmıştır.

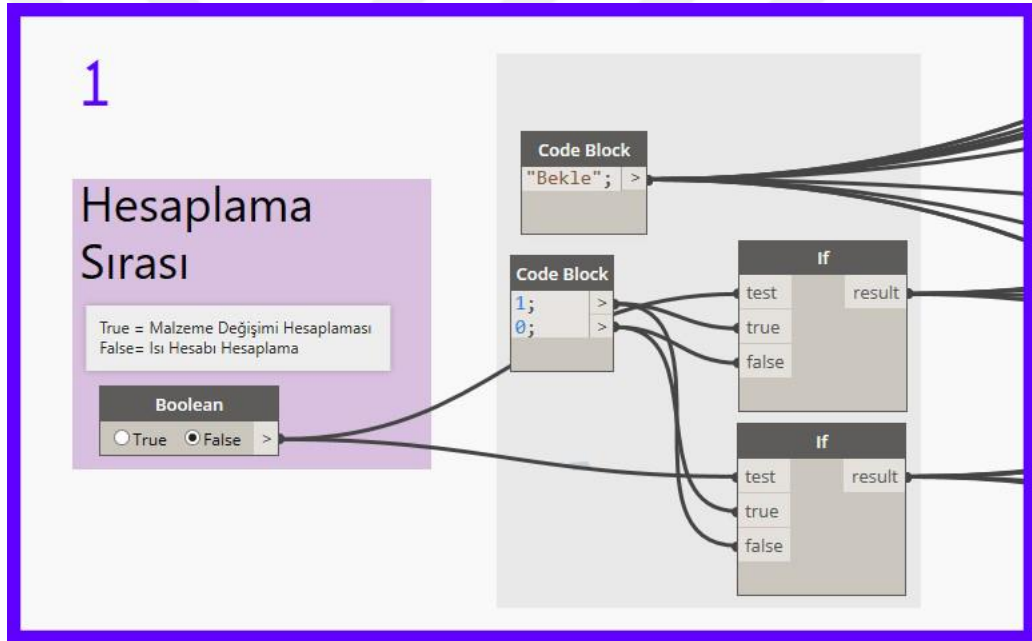


Şekil 4.71. Dynamo Enerji Hesaplama ve Parametrik Malzeme Özellikleri Değişimi

Birinci sistemde enerji hesaplama için ilk olarak, Revit'teki HBIM modelden, Dynamo yazılımı aracılığıyla mevcut binaların özelliklerine erişim sağlanmıştır. Binalar ile ilgili tüm bilgiler Dynamo'ya düğümler ile tanımlandıktan sonra, hesaplamalar için Dynamo'a TS 825'te verilen yöntemle ait formüller, değişkenler, sabit katsayılar, bölgeler, güneş enerjisi aylık işinim şiddetleri, fonksiyon vb. gibi parametreler kod düğümleri yazılarak formülize edilmiştir. HBIM modelden hesaplama için gerekli; yapı kabuğu malzeme özellikleri (tür, kalınlık, ısı iletkenlik değeri, alan), pencereler ve kapılar (malzeme, alan, yönleri), hacim ve alan ile, bilgiler (veriler) ve TS 825

değerleri, kod düğümleri vasıtasıyla oluşturulan hesaplama uygun bir şekilde bir araya getirilmiştir. Kod düğümleri birleştirildikten sonra Dynamo içerisinde bu hesaplama düğümü ile değerler otomatik olarak değiştirilmiş, binanın mevcut ısı kaybı belirlenebilmiştir.

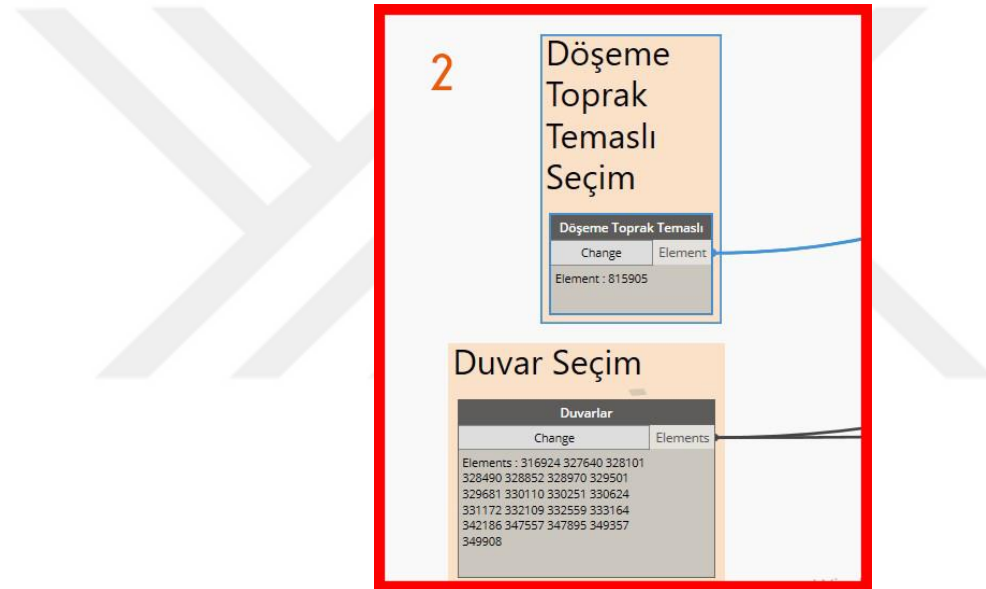
İkinci sistemde birinci sistemdeki aynı adımlar takip edilmiştir. Farklı olarak malzeme özelliklerine erişim için çeşitli kod düğümlerine ihtiyaç duyulmuştur. Yazılan kod düğümleri sayesinde Dynamo’da gerçekleştiren parametrik değişiklikler otomatik olarak HBIM model üzerinde üç boyut, planlar, kesitler, detaylar gibi çizimlerde değişiklik göstermektedir. Malzeme değişiklikleri için kullanılan kodlar ile enerji hesabı için kullanılan kodlar bir anahtar kod ile (true/false) işlem sırası olarak birbirinden ayrılmıştır (Şekil 4.72). Bu sayede işlem sırasıyla; hesaplama-değişiklik-hesaplama şeklinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.72. İşlem Sırası Anahtar Gösterimi

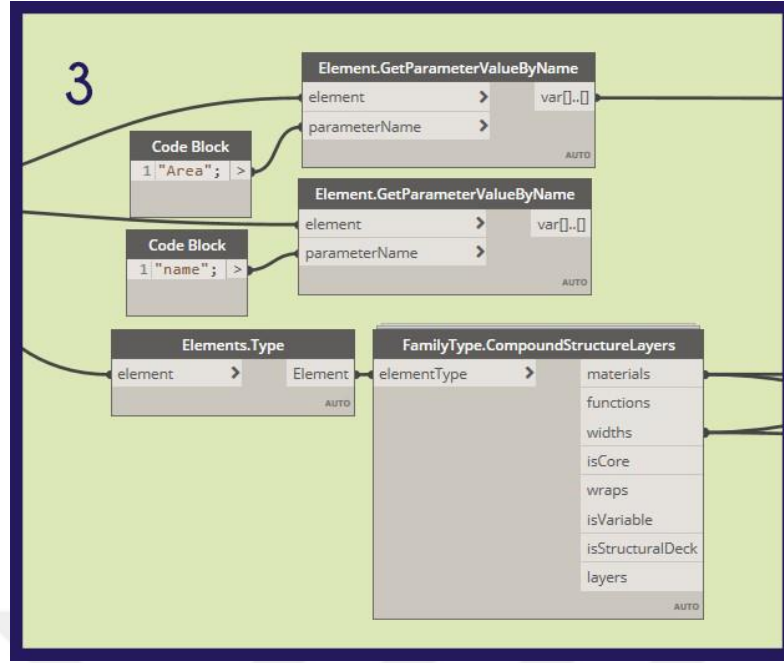
İşlemler sonucunda binaların ısı performansları ile HBIM modele eklenecek olası ısı yalıtım malzemelerinin, sıvaların veya camların yapının ısı performansına etkileri hesaplanmıştır. Ayrıca oluşturulan sistem sadece malzemelerdeki değişiklikleri değil modele herhangi bir müdahale gerçekleştiği zamanda ısı performans hesaplaması yapabilmektedir. Son olarak ısı performans hesaplama sonuçları; yapılara müdahale öncesinde ve sonrasındaki çeşitli varyasyonlardan elde edilen verilere göre otomatik olarak Excel’e aktarılması sağlanmıştır.

Yukarıda bahsedilen komut dosyalarının gerçekleştirildiği çalışma sistemleri aşağıda sırasıyla gerçekleştirilmiştir; Revitte tarihi yapılar modellendikten Dynamo Script çalıştırılmış, Dynamo başlangıç arayüzünde yeni bir çalışma ekranı seçilmiştir. Model üzerinden öncelikle TS 825'te ısı performans hesaplama için istenilen verilere erişmek amacıyla öncelikle Duvarlar, Toprak Temaslı Duvarlar, Çatı Döşemeleri, Toprak Temaslı Döşemeler Dynamo'da "Select Model Element" ve "Select Model Elements" araçları ile tanımlanmıştır (Şekil 4.73). Duvarlar özellikle tarihi binalarda farklı tiplerde (kalınlık, malzeme) olduğundan tek bir duvar tipi değil dış duvarlardaki farklı tiplerde bulunan duvarlar seçilmiştir. Seçim işleminde Revit'de duvarlar kategorisini izole ettikten sonra seçim yapılması seçim işlemini kolaylaştırmaktadır.



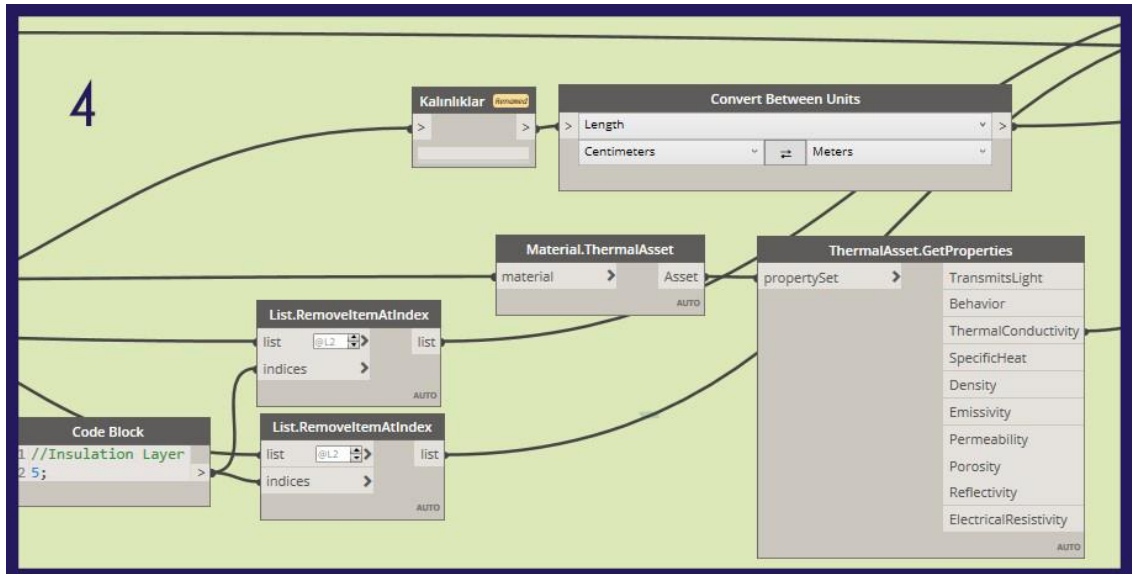
Şekil 4.73. Select Model Element ile Toprak Temaslı Döşeme Seçimi Duvar Seçimi Örneği

Gerekli seçim işlemleri gerçekleştirildikten sonra "Element.GetParameterValueByName" aracı ile seçilen türe göre her bir ayrı ayrı olmak üzere elementlerin alanları isimleri ve tiplerine erişim sağlanır (Şekil 4.74). Burada kodların "string" olarak yazılması önemlidir. Eğer istenilirse elementlerin farklı özellikleri bu araç ile elde edilebilir. Element tipleri seçildikten sonra içerisinde Python kodları ile Revit API ye erişim sağlayan Orchid eklentisi içerisinde bulunan "FamilyType.CompoundStructureLayers" aracı ile elementlerin yapı özelliklerine erişim sağlanır. Bu sayede yapı elemanın alt bileşenleri ve özelliklerine erişim sağlanmaktadır.



Şekil 4.74. Elementlerin Özelliklerine Erişim

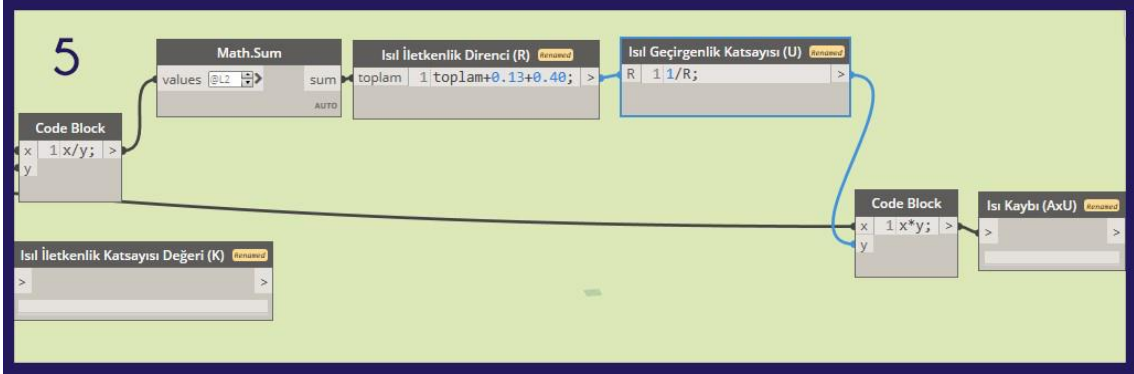
Bir sonraki aşamada yapı malzemeleri “ThermalAsset.GetProperties” aracı ile Isıl İletkenlik Katsayısı Değeri (K) değerine erişilir (Şekil 4.75). Bu aşamada istenilirse farklı malzeme değerleri oluşturulan hesaplamada “List.RemoveItemAtIndex” ile değiştirilebilir veya başka bir malzeme seçimi yapılabilir. Ayrıca bu aşamada hesaplamada kullanılan yapı bileşenlerinin kalınlıkları santimetreden – metreye dönüştürülme işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 4.75. Yapı malzemelerinin özelliklerine erişim

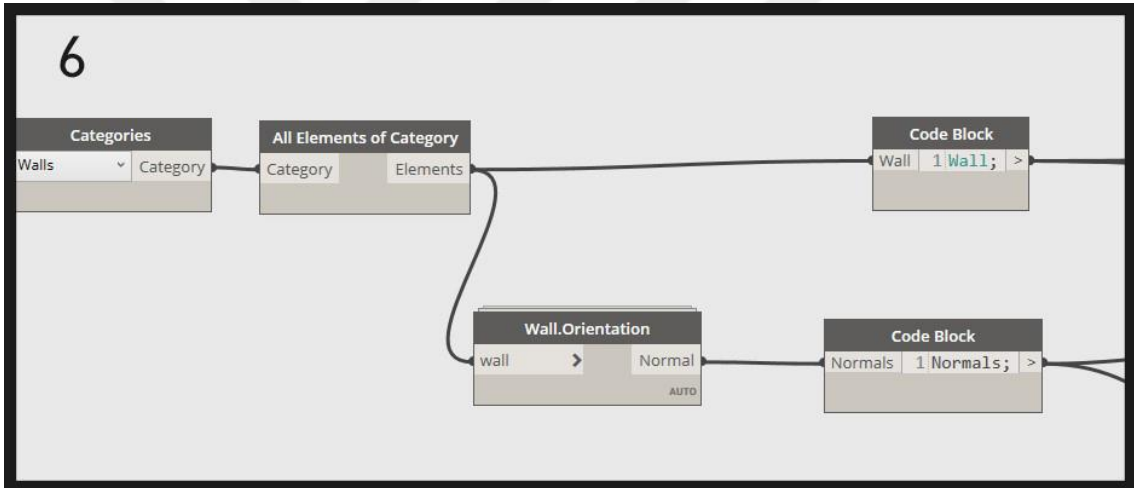
Hesaplanan kalınlıklar modelde Isıl İletkenlik Katsayısı Değeri (K) değerine bölünür. Çıkan sonuçlar toplanır ve Isıl İletkenlik Direnci (R) bulunur (Şekil 4.76). Isıl

iletkenlik Direnci 1’bölünerek Isıl Geçirgenlik Katsayısı(U) değeri hesaplanır. U değeri alan ile çarpılarak ve Isı Kaybı (AxU) bulunur.



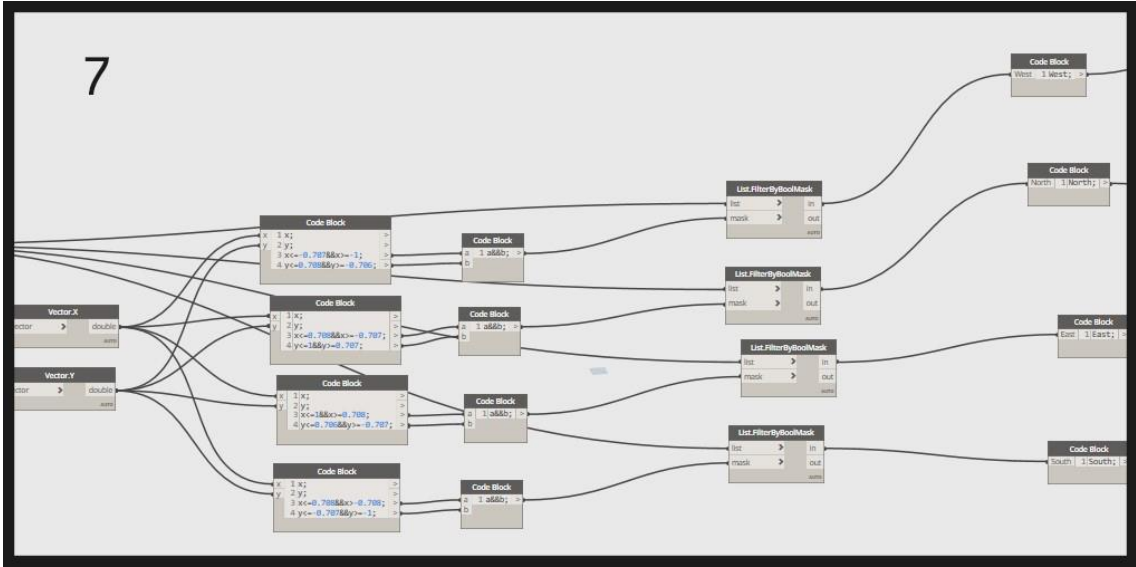
Şekil 4.76. Isıl İletkenlik Direnci (R) ve Isıl Geçirgenlik Katsayısı(U) değerlerinin hesaplaması

Isı kaybı bulunduktan sonra yapının pencerelerin yönleri, alanları ve özellikleri hesaplanır. Bu nedenle öncelikle pencerelerin bulunduğu duvarlar seçilir (Şekil 4.77).



Şekil 4.77. Pencere yönleri için duvar seçimleri

Duvar yönleri vektörel X ve Y eksenlerinde belirlenir. Pencereler buldukları eksenlerden “List.FilterByBoolMask” aracı ile filtrelenerek yönleri belirlenir (Şekil 4.78). Pencere elemanları; proje ana yönlerinden hangi yönde ise (K/D/G/B) komut dosyasındaki bir dizi düğüm aracılığıyla otomatik olarak hesaplanması gerçekleştirilir.



Şekil 4.78. Pencere yönlerinin belirlenmesi

Pencere yönleri belirlendikten sonra alanları hesaplanır. Pencere alanlarına ulaşmak için pencerelerin en boy ölçüleri elde edilir. Elde edilen ölçüler çarpılarak pencere alanları elde edilir. Hesaplama metodu uygun olacak şekilde pencere alanları ölçü birimine santimetrekareden metrekareye dönüştürülür ve listelenir. Listenilen alanlar tek bir liste altında “List.Flatten” aracı ile yönlerine göre bir araya getirilir (Şekil 4.79). Tek liste halinde bir araya getirilen listeler toplanır ve yönlere göre pencere alanlarının toplam değerleri bulunur. Pencere alan ve yönlerinde uygulanan işlem gerekli görüldüğünde yapıdaki dışa açılan kapılar içinde uygulanabilir.

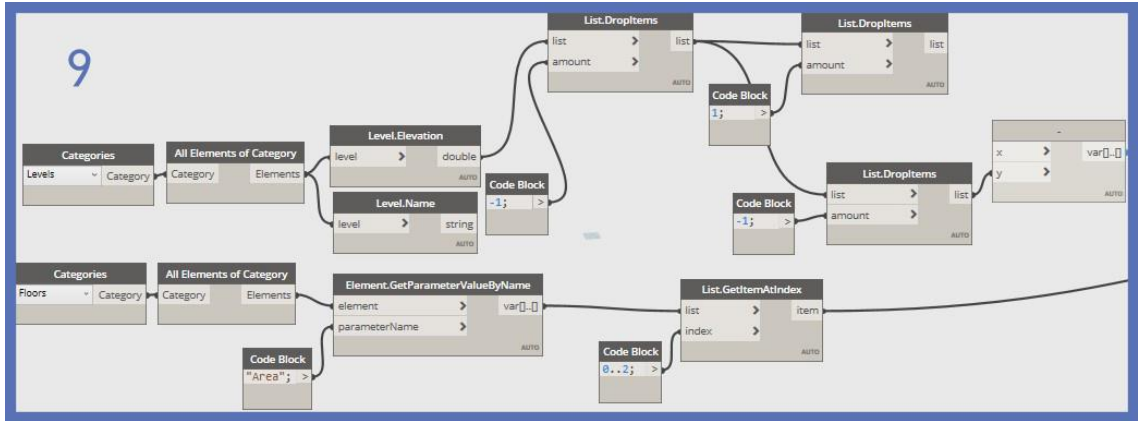


Şekil 4.79. Pencere alanlarının belirlenmesi

Hesaplama metoduna uygun olarak bir sonraki aşamada yapının hacmi hesaplanır. Bunun için öncelikle binanın kat yükseklerine erişim sağlanır. Kat sevipleri belirlendikten sonra o katlardaki döşeme alanları hesaplanır. Döşeme alanları ile her bir

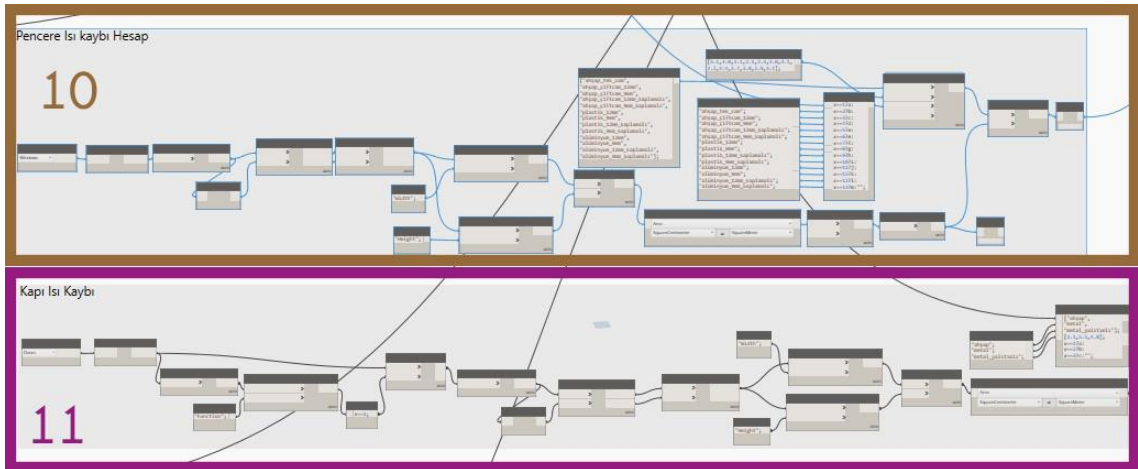


kat yüksekliği ayrı ayrı çarpılır ve sonucunda çıkan sonuçlar toplanarak bina hacmi elde edilir (Şekil 4.80). Kat yükseklikleri döşeme alanları ile çarpılmadan önce ölçü birimi metreye dönüştürülür. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken yerler vardır. Öncelikle kat sevipleri model üzerinden kontrol edilmelidir. Eğer tüm kat sevipleri seçilmiş ve çalışmada farklı kat seviyelerinde bulunuyorsa Dynamo'nun "List.DropItems" aracı ile hangi indexte yer alıyorsa seçilerek seçimden çıkarılır. Ayrıca döşemelerde yine hacim hesaplamada dahil edilmemesi gereken elemanlar ise indexi belirlenerek "List.GetItemAtIndex" seçeneği ile çıkarılır.



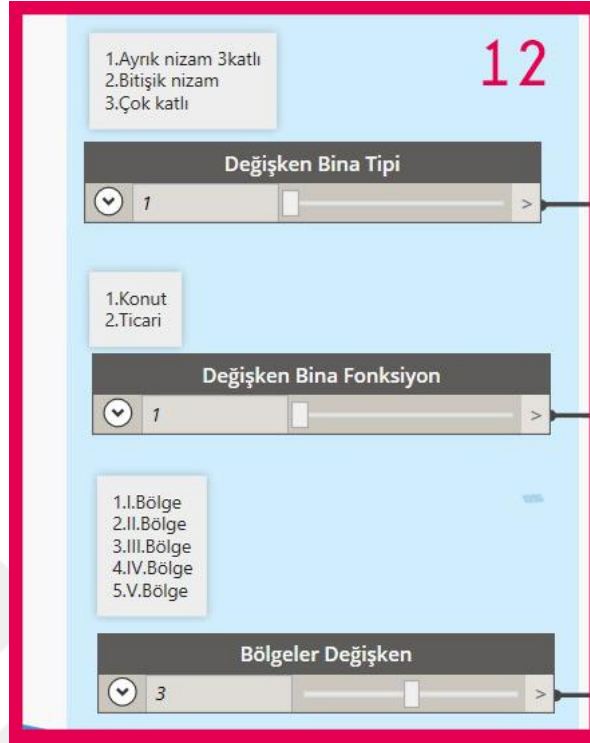
Şekil 4.80. Bina Alan Hesaplaması

Değişkenler belirlendikten sonra bir sonraki aşamada pencere ve kapıların ısı kayıpları bulunur. Pencere ve kapılar modelden "Categories, All Elements of Category ve Elements.Type" araçları ile seçilir. Elemanlar listelenir ve gruplara ayrıldıktan sonra alanları hesaplanır birimleri dönüştürülür. Malzeme özelliklerinden gelen veriler ile çarpılarak ısı kayıpları belirlenir (Şekil 4.81). Hesaplanan ısı kayıpları diğer yapı elemanından iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplanarak bulunur.



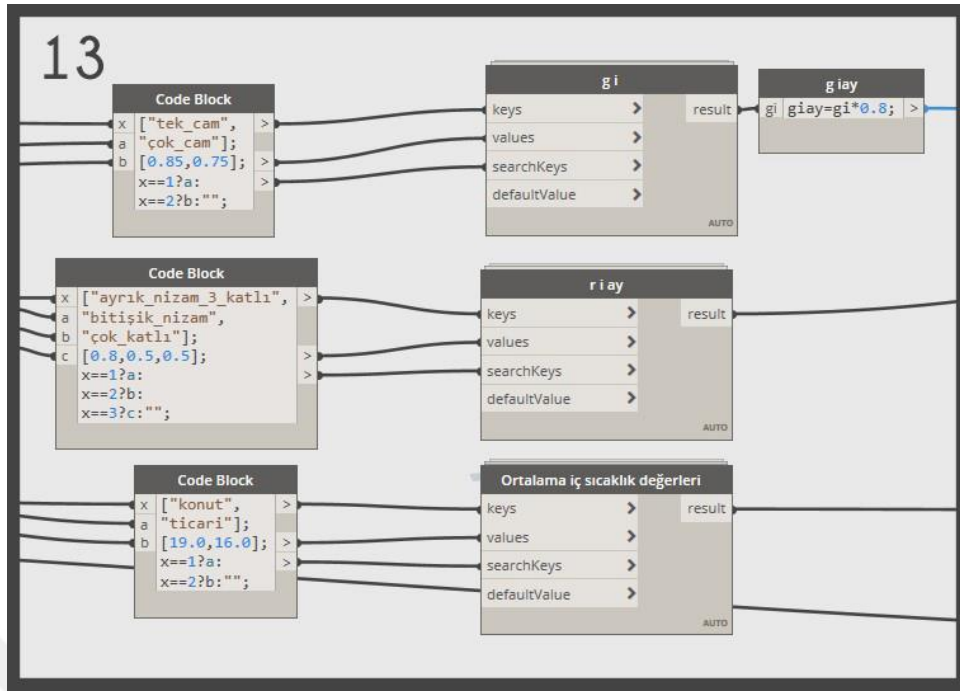
Şekil 4.81. Pencere ve Kapıların Isı İletim Yoluyla Isıl Kayıplarının Hesaplanması

Bir sonraki aşamada TS 825 'e ait değişkenler yazılan kodlar ile “Slider” araçları ile seçilir. Değişkenler “Sliderların” üzerinde bulunan notlar dahilinde projeye uygun olarak girilir (Şekil 4.82).



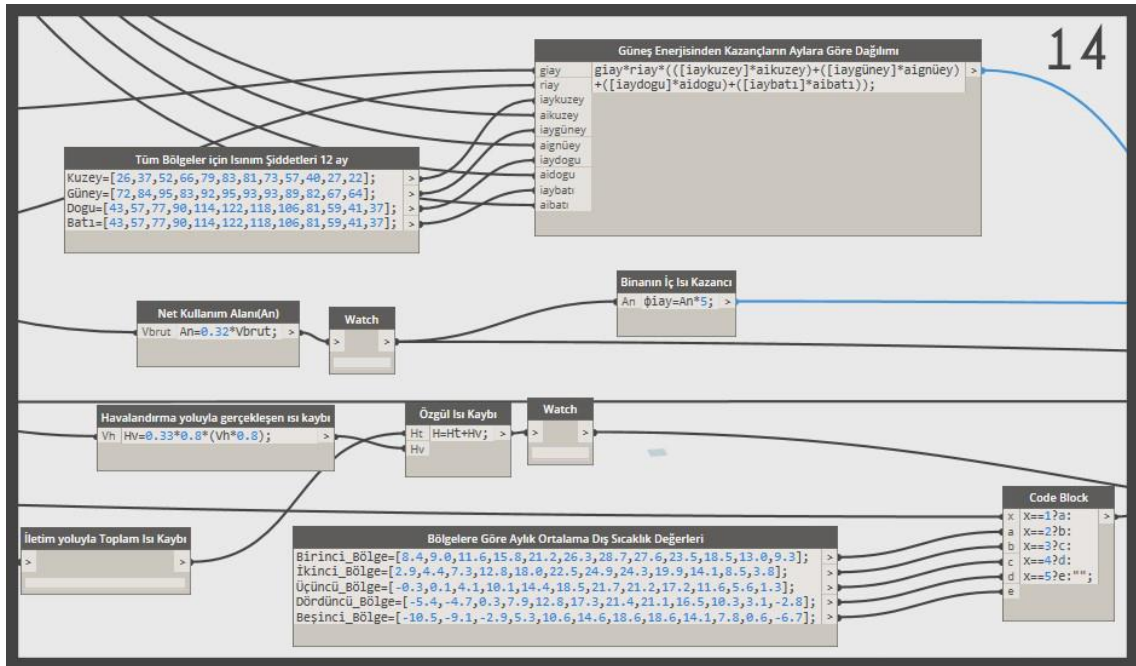
Şekil 4.82. Değişkenlerin Seçimi

Değişkenler hesaplamada parametrik olarak ayarlanmış kullanıcıya bırakılmıştır. Hesaplama sonucunu etkileyen bu değişkenler; bina tipi (ayrık, bitişik, çok katlı), bina fonksiyonu (konut, ticari), iklim bölgeleri (I, II, III, IV, V), cam malzeme tipi (tek cam, çok cam), cam özellikleri (malzeme ve kalınlık), kapı malzeme tipi ( ahşap, metal, metal yalıtımlı) şeklinde sıralanmış ve Ts 825 'e göre belirlenmiştir. Pencere, cam ve kapı gibi Revit API ye erişilerek modelden alınabilecek değerler; farklı “family” lerin kullanılması, malzeme özelliklerinin Dynamo ve Revit API' ya ayrı ayrı her proje özelinde tanımlanması gerekliliği gibi zorluklardan dolayı hesaplama metodunda yarı-parametrik olarak kullanılmıştır. Değişkenlerin yazılan kodlarla birlikte kullanımıyla i yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü ( $g_{iay}$ ), i yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü ( $r_{iay}$ ) ve Aylık ortalama iç ortam sıcaklık değerleri ( $q_i$ ) elde edilir (Şekil 4.83).



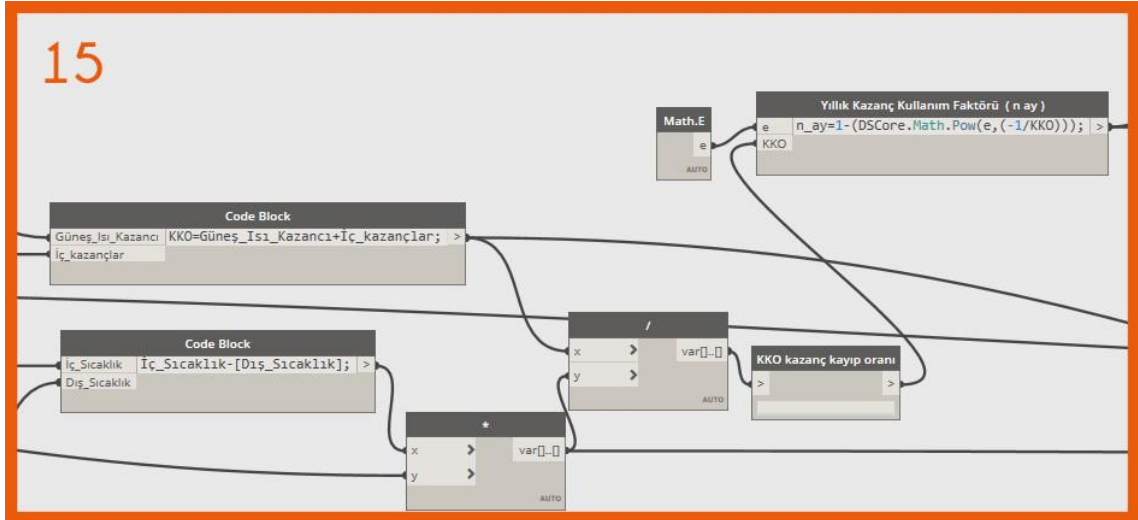
Şekil 4.83.  $g_{iay}$ ,  $r_{iay}$  ve  $Q_i$  değerlerinin tespiti

İletim yoluyla gerçekleştirilen toplam ısı kaybı bulunduğundan sonra havalandırma yoluyla gerçekleştirilen ısı kaybı toplanır özgül ısı kaybı bulunur. Daha önce bulunan pencere yönleri  $g_{iay}$ ,  $r_{iay}$ , ve tüm bölgeler için ısınım şiddetleri 12 ay için ayrı ayrı çarpılarak toplanır ve güneş enerjisinden kazançları aylara göre dağılımı bulunur (Şekil 4.84). Bu aşamada Ts 825' de verilen bölgelere göre ortalama dış sıcaklık değerleri, kod yazılarak bölge seçimine göre değişiklik gösterecek şekilde değişkenlere bağlı olarak girilmiştir.



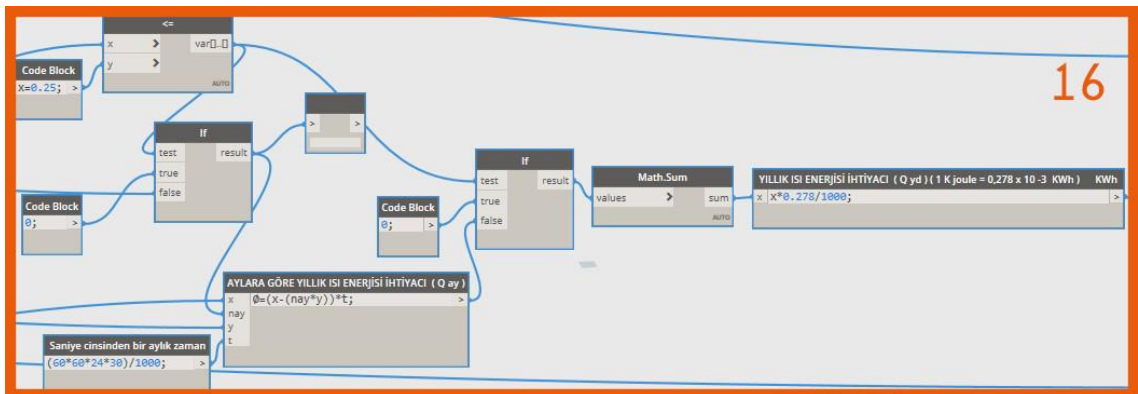
Şekil 4.84. Güneş Enerjisinden Kazançların Aylara Göre Dağılımları

Bir sonraki aşamada iç sıcaklık ve dış sıcaklık farkları bulunur ve bulunan fark özgül ısı kaybı ile çarpılır. Çarpım sonucu güneş ısı kazançları ve iç kazançlar toplamına bölünerek kazanç kayıp oranı (KKO) bulunmuş olur (Şekil 4.85). KKO bulunduktan sonra yıllık kazanç kullanım faktörü  $T_s$  825' e göre belirlenir. Bu aşamada kazanç kullanım faktörü 0,25 altında çıktığı aylarda sıfır kabul edilmiştir.



Şekil 4.85. Kazanç Kayıp Oranı (KKO) ve Yıllık Kazanç Kullanım Faktörünün (n ay) hesaplanması

Tüm işlemlerin sonunda Aylara göre yıllık ısı enerjisi ihtiyacı (Q ay) ve yıllık ısı enerjisi ihtiyacı bulunur (Şekil 4.86). Çıkan sonuçlar istenilen birimlere dönüştürülür ve aranan değerlere ulaşılır. Sonuç birimleri kWh/m<sup>2</sup> ve kWh/m<sup>3</sup> olmak üzere iki şekilde elde edilir. Sonrasında elde edilen değerler exs. formatında “Excel.FileToFile” aracına dosya yolu ve datalar tanımlanarak Excel’e aktarılır.



Şekil 4.86. Yıllık ısı enerjisi ihtiyacının hesaplanması

Yapının yıllık ısı enerjisi ihtiyacının hesaplanmasının sonrasında ikinci aşamaya geçilir. HBIM model üzerinde gerekli iyileştirme çalışmaları, uygun görülen yerlerde yapılır. Duruma göre kullanıcılar model üzerinde; ısı yalıtım malzemeleri ekleyebilir, özgün olmayan malzemelerin değişikliğine gidebilir, muhtes ekleri kaldırabilir, yapı

elemanlarında ölçü ve ebatlarında özgün olmayan elemanların değişikliğine gidebilir ve birçok iyileştirme çalışması (Bölüm 3.3'te aktarıldığı gibi) model üzerinde yapılabilir.

Tarihi yapıların ısı performansının artırılması bu çalışma genelinde belirlenen ısı yalıtım malzemelerinin, farklı sıva ve cam türlerinin kullanımı yapıların uygun görülen bölgelerine HBIM model üzerinden uygulanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Yalıtım malzemeleri, sıva ve cam kullanımı bölüm 4.5.3,4,5 de açıklanmıştır.

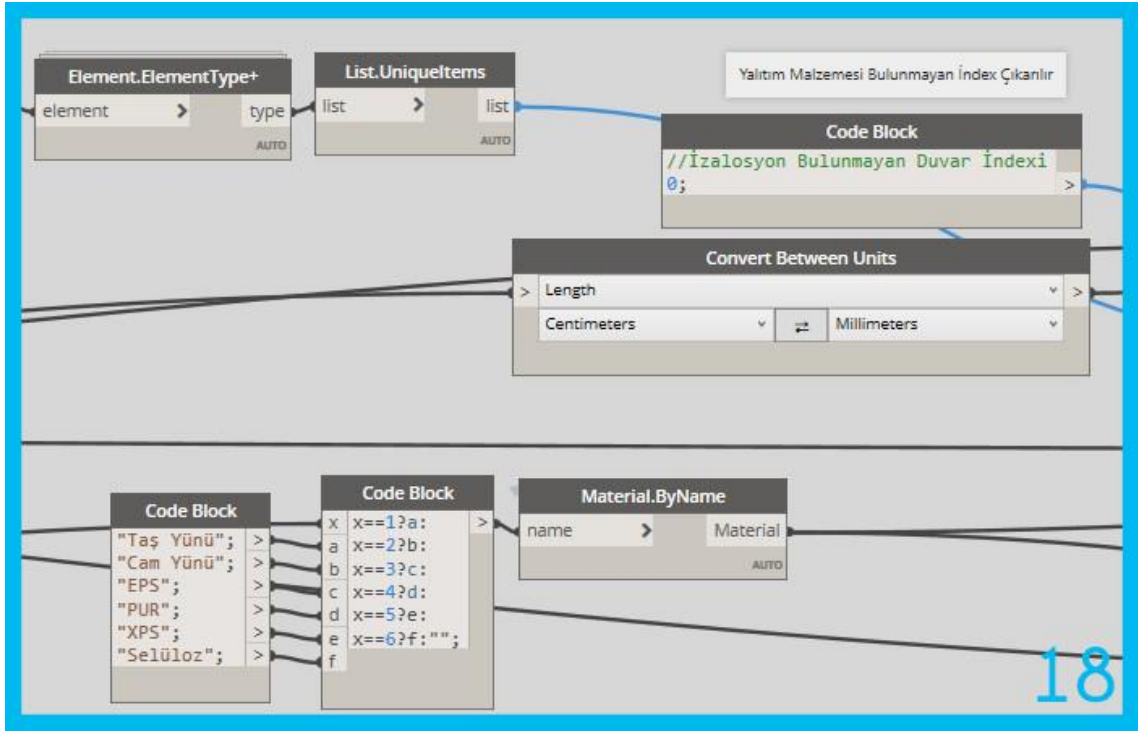
HBIM modele istenilen malzeme tipinin seçimi yapıp kalınlıkların belirlenmesiyle model üzerinden yalıtım malzemeleri duvar ve döşeme gibi yapı elemanlarına eklenir. Burada dikkat edilmesi gereken yer eklenen malzemelerin bulunduğu index'tir. Yalıtım malzemesinin bulunduğu katmanın index değeri sonraki aşamada Dynamo'da yalıtım malzemesinin seçimi için gereklidir. Belirlenen index'e göre malzeme değişiklikleri gerçekleştirilmektedir.

İyileştirme çalışmaları HBIM modelde gerçekleştirildikten sonra bir sonraki aşamaya geçilir. İkinci aşamada yalıtım malzemelerinin özellikleri ve kalınlıklarının belirlenmesinde, farklı değişkenlerin kullanılmasıyla hem model üzerinde hem Dynamo'da gerçekleştirilen ısı performans hesaplama sisteminde sonuçların eş zamanlı olarak değişiklik göstermesi hedeflenmiştir. Bunun için Dynamo'da ısı performans hesaplama ek olarak sırasıyla; Dynamo'da sistem tekrar değişkenler kontrol edilerek çalıştırılır ve yeni sonuçlar elde edilir. Sonuçlara bağlı olarak değiştirilmek istenilen malzeme tipleri değişkenler (yalıtım malzemesi tipi, yalıtım malzemesi kalınlığı, sıva tipi ve kalınlığı değiştirilmek istenen index), yazılan kod blokları ve "Slider" yardımıyla belirlenir (Şekil 4.87).



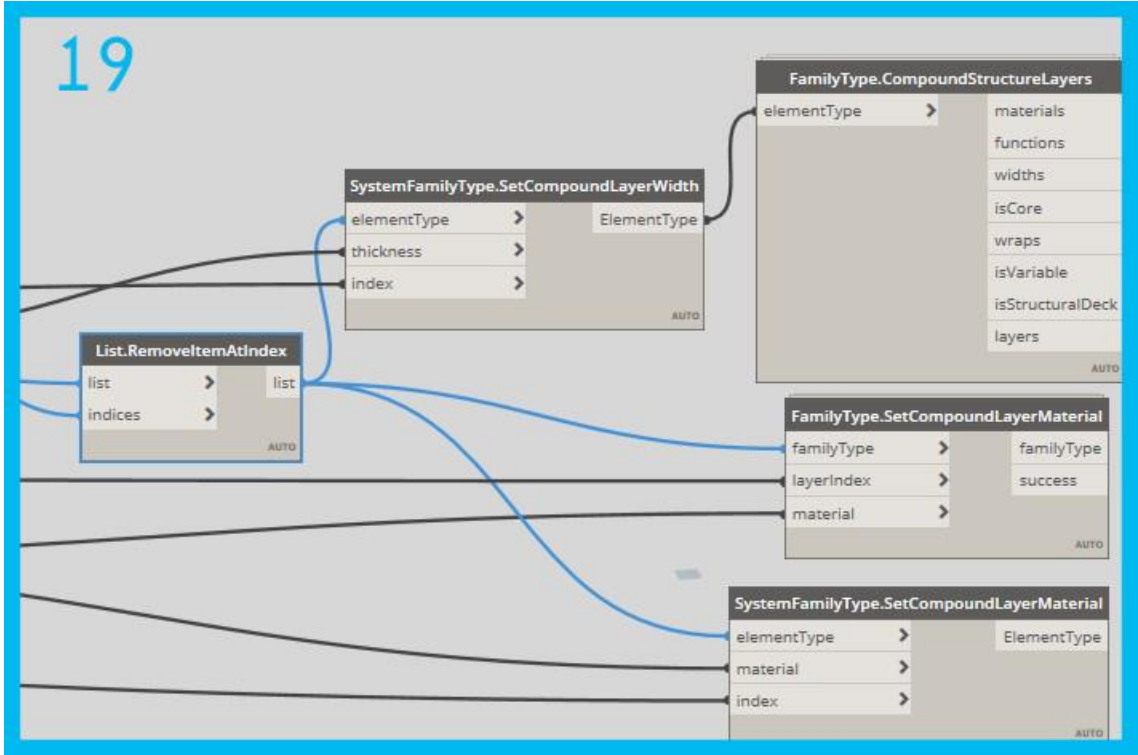
Şekil 4.87. Malzeme Değişkenler

Değişkenler belirlendikten sonra element tipleri belirlenir. Yalıtım malzemesi uygulanmayan yapı elemanı listeden çıkartılır. Seçilen malzemelerin özellikleri belirlenir (Şekil 4.88). Malzeme özelliklerinde Revit malzeme kütüphanesindeki malzeme kimliğinin Dynamo’da malzemelerin kimlik bilgilerinin aynı olup olunmadığına kontrol edilir.



Şekil 4.88. Malzeme özelliklerine erişim

Malzemelerin kimliklerin doğruluklarının kontrolü ardından birimler metre birimine dönüştürülür. Malzemelerin özelliklerinin bulunduğu Revit API’ye erişim kod düğümleri aracılığı ile sağlanır. Değiştirilen malzemelerin özelliklerinin yeniden tanımlanması için “FamilyType.SetCompoundLayerMaterial” aracı ile kalınlıklarına “SystemFamilyType.SetCompoundLayerWidth” aracı ile yazılan kod blokları ve düğümlerin birleştirilmesiyle elde edilir (Şekil 4.89).



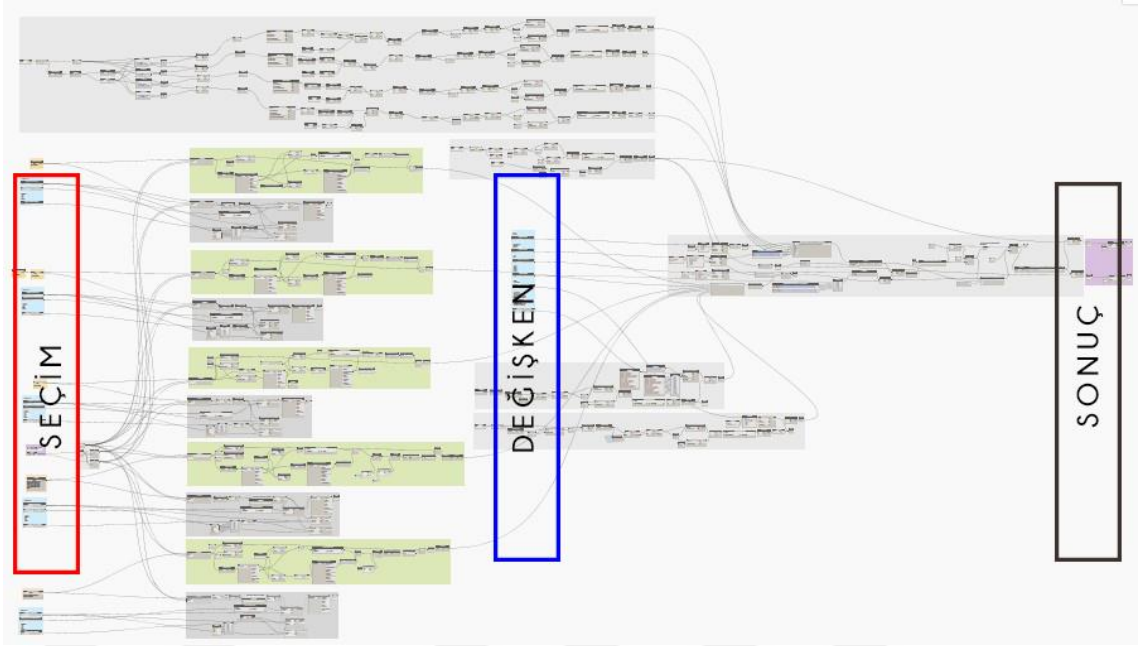
Şekil 4.89. BIM modelde malzemelerin yeniden atanması

Tüm sistem tamamlandığında ve çalıştırıldığında değiştirilmek istenilen yalıtım malzemesinin sıvanın veya camın model üzerinde hem özellik hem kalınlık olarak değişkenlere göre değişmesi sağlanmıştır. BIM modeli üzerinde değişiklik gerçekleştiğinde otomatik olarak tüm çizimlerde de aynı değişiklik sağlandığından tekrar enerji hesaplaması yapmak için sadece birinci sistemde anahtar değiştirilerek tekrar çalışması yeterli olmaktadır.

Sistem farklı bir kullanıcı tarafından kullanılmak istenildiğinde aşağıda verilen sıralamayı takip etmesi gerekmektedir;

- HBIM modelin oluşturulması,
- Dynamo'da duvar döşeme gibi yapı elemanlarının modelden seçimi,
- Değişkenlerin yapının özelliklerine göre belirlenmesinin ardından sistemin çalıştırılması ve güçlendirme öncesi sonuçların tespiti,
- Güçlendirme öncesi sonuçlara göre modele yalıtım malzemelerinin, sıvaların eklenmesi ve değişkenlerin düzenlenmesi
- Sistemin tekrar çalıştırılması ve yalıtım sonrası sonuçların bulunması.

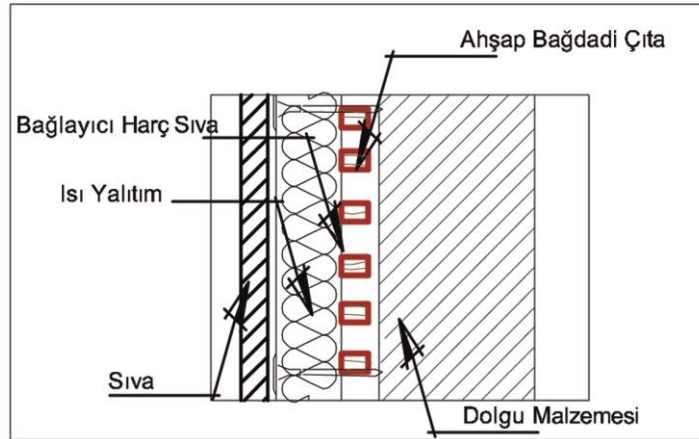
Yalıtım malzemelerinin özelliklerinin istenildiği takdirde değiştirilmesi ve tekrar sistem çalıştırılarak farklı sonuçların elde edilmesi sağlanabilir. Şekil 4.90 sistemin genel işleyiş şeması verilmiştir.



Şekil 4.90. Farklı bir kullanıcı tarafından sistemin kullanılmasında işlem sırası

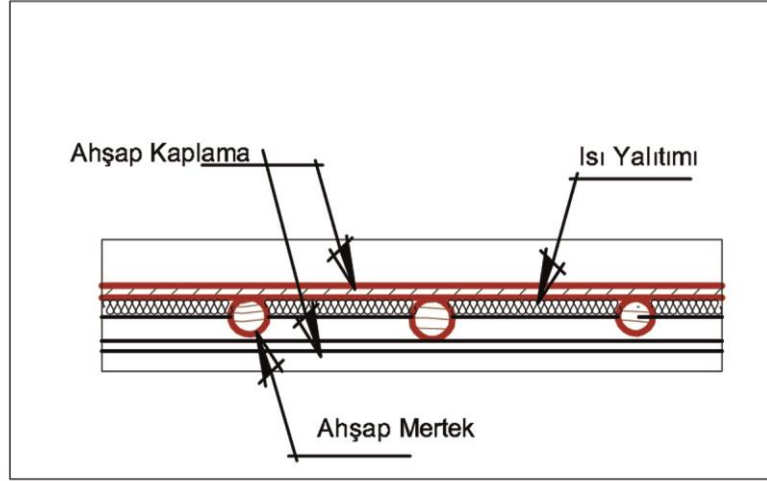
#### 4.5.3. Isı yalıtım malzemelerinin HBIM modelde kullanım olanakları

Bölüm 3.3.' den elde edilen verilere göre tarihi yapılarda yalıtım genellikle iç mekanlarda gerçekleştirilmektedir. İç mekan yalıtımı; sprey şeklinde püskürtülerek, sert bir levha ya da mevcut bir duvara yapıştırılarak, mekanik olarak sabitlenebilen esnek bir örtü şeklinde gerçekleştirilebilir (Kapoor, 2019).

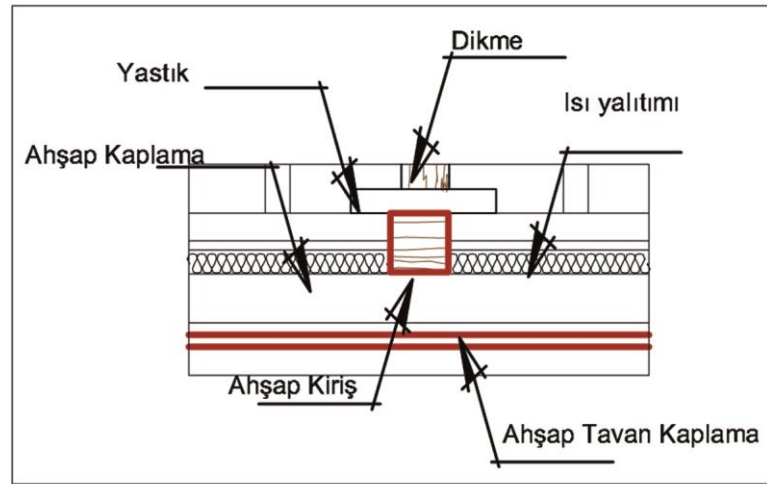


Şekil 4.91. Yalıtım Malzemesi Duvar Kesiti Gösterimi





Şekil 4.92. Yalıtım Malzemesi Döşeme Gösterimi



Şekil 4.93. Yalıtım Malzemesi Çatı Döşeme Gösterimi

Yaygın olarak kullanılan malzemeler arasında Cam yünü, Taş yünü, Genişletilmiş Perlit, Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük (EPS), Genişletilmiş Polistiren (XPS), Poliüretan sert köpük (PUR), Fenolik köpük, Ahşap yünü, Selüloz lifleri, Kenevir ve diğer organik yalıtım malzemeleri bulunur. Aynı zamanda yenilikçi yalıtım malzemeleri, VIP (Vakum Yalıtım Panelleri), GFP (Gaz Dolgulu Paneller) ve arojeller gibi ısı iletkenlik değerleri oldukça düşük ürünlerde son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (Schiavoni vd., 2016). Çizelge 4.1’de, farklı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik değerini göstermektedir. Isı iletkenlik değeri düştükçe yalıtım performansı artmaktadır.

Çizelge 4.1. Yalıtım Malzemelerinin ısı iletkenlik Değerleri

Malzeme	Ağırlık (kg)	Isıl İletkenlik (W/m K)	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )
Taş Yünü	1.20	0.033	100
Cam Yünü	1.00	0.038	50
EPS	1.30	0.035	23
PUR	1.4	0.028	30
XPS	1.7	0.040	10
Selüloz	2.34	0,042	43

Çalışmada geleneksel yalıtım malzemelerinden aşağıda kısaca özellikleri verilen malzemeler örnek olay incelenmesinde kullanılmıştır. Geliştirilen sistemde farklı özelliklerdeki yalıtım malzemeler de kullanıcı istediği doğrultusunda kullanılabilir.

Taş Yünü; Taş yünü 1600 °C'de eritilerek üretilir, bazalt ve diyabaz gibi çeşitli kayaç türlerinin, daha sonra bağlayıcılar kullanılarak birbirine bağlanan genellikle reçineler, gıda sınıfı nişastalar ve yağlar kullanılarak birbirine bağlanan liflerin oluşumuyla elde edilir. Genellikle 0,033 ila 0,040 W/m K arasında değişen termal iletkenlik, 40 ila 200 kg/m<sup>3</sup> arasında yoğunluk ve 0,8 ila 1,0 kJ/kg K arasında özgül ısı değerleri ile karakterize edilir (URL 16).

Cam Yünü; doğal kum ile karıştırılarak üretilir. 1300–1450 °C'de cam (genellikle geri dönüştürölmüş) dönüşüm lifler, santriföjleme ve şişirme işlemleri sayesinde oluşur; sonra reçinelerin eklenmesi sayesinde lifler bağlanır. Genellikle 0,031 ila 0,044 W/m K arasında değişen termal iletkenlik değerine sahiptirler (URL 17).

Genleştirilmiş Polistiren Sert Köpük (EPS); genellikle polistiren tanelerine eklenen “pentan gazının” buharlaştırılmasıyla elde edilir. Termal iletkenlik değeri 0.031 ila 0.037 W/mK arasındadır. 15 ila 75 kg/m<sup>3</sup> yoğunluktadır. Yoğunluk ne kadar yüksek olursa, yalıtım performansı o kadar yüksektir (URL 18).

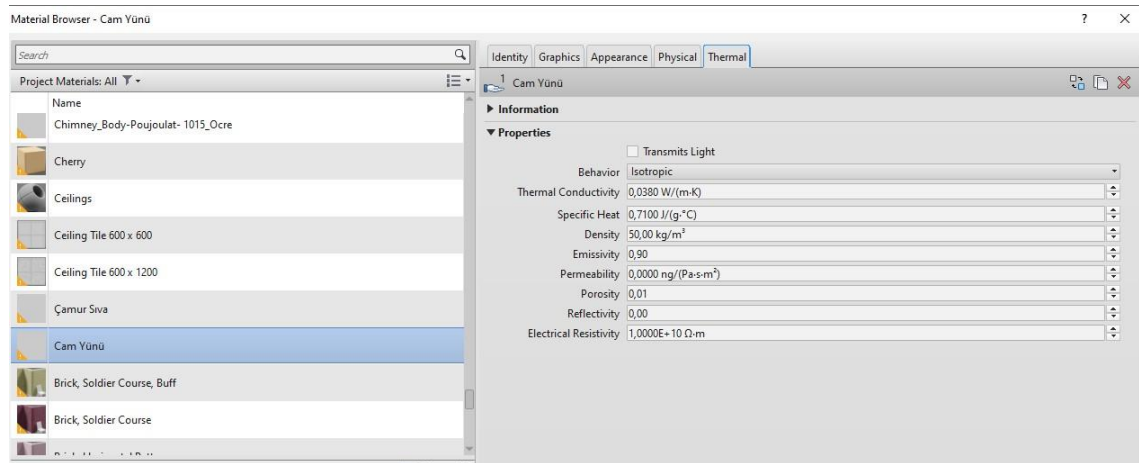
Ekstrüde polistiren (XPS); polyester taneciklerinin bir şişirici madde ilavesiyle bir ekstrüdere eritilmesiyle üretilir. Termal iletkenlik değeri 0.030 ila 0.035 W/mK arasındadır (URL 19)

Poliüretan Sert Köpük (PUR); iki ayrı kimyasal bileşenin bir araya getirilmesi sonucu bir hazırlanan karışımın daha sonra bir kalıba dökölmesiyle elde edilir. Kimyasal reaksiyon sonucunda, genleşerek kalıbı tamamıyla kaplar ve faz değişimine uğrar. Sıvı formdan katı forma geçer. Püskürtme yöntemiyle kullanılan bir ısı yalıtım

malzemesidir. Termal iletkenlik 0,022 ila 0,040 W/m K arasında değişir, yoğunluk. 15 ila 45 kg/m<sup>3</sup> arasındadır. (URL 20)

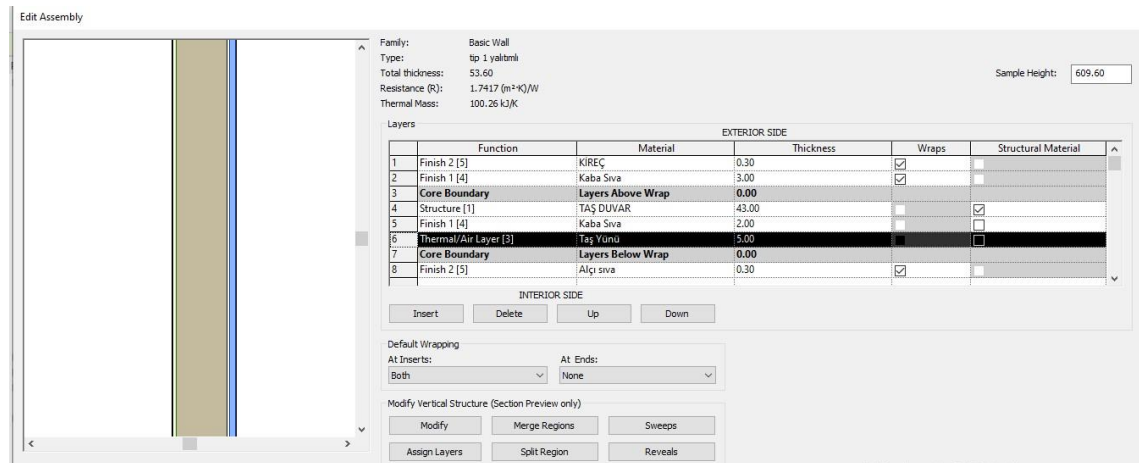
Selüloz; termal ve akustik yalıtım amaçlı olarak geri dönüştürülmüş kağıtlardan, ağaç liflerinden ve ateş çürümeye karşı dirençli kimyasal kompozitlerden üretilir. Termal iletkenlik değeri 0.037 ile 0.042 W/m K arasında, yoğunluğu 30 ile 80 kg/m<sup>3</sup> arasında değişir (URL 21).

Bu yalıtım malzemeleri veya bunların dışında kalanlar, özellikleri belirlendikten sonra Revit'in malzeme kütüphanesine (tanım, görünüm, fiziksel, termal) değerler tanımlanır (Şekil 4.94).



Şekil 4.94. Revit Kütüphanesine Isı Yalıtım Malzemeleri Tanımı

Bazı malzemeler Revit'in kendi kütüphanesi içinde de bulunmaktadır. Malzeme kütüphanesine gerekli yalıtım malzemeleri tanımlandıktan sonra model üzerinden uygun görülen yerlere yalıtım malzemeleri duvar, döşeme gibi yapı elemanlarının tip özelliklerine girilerek tanımlanır (Şekil 4.95).



Şekil 4.95. Duvara Yapı Elemanına Yalıtım Malzemesi Eklennesi

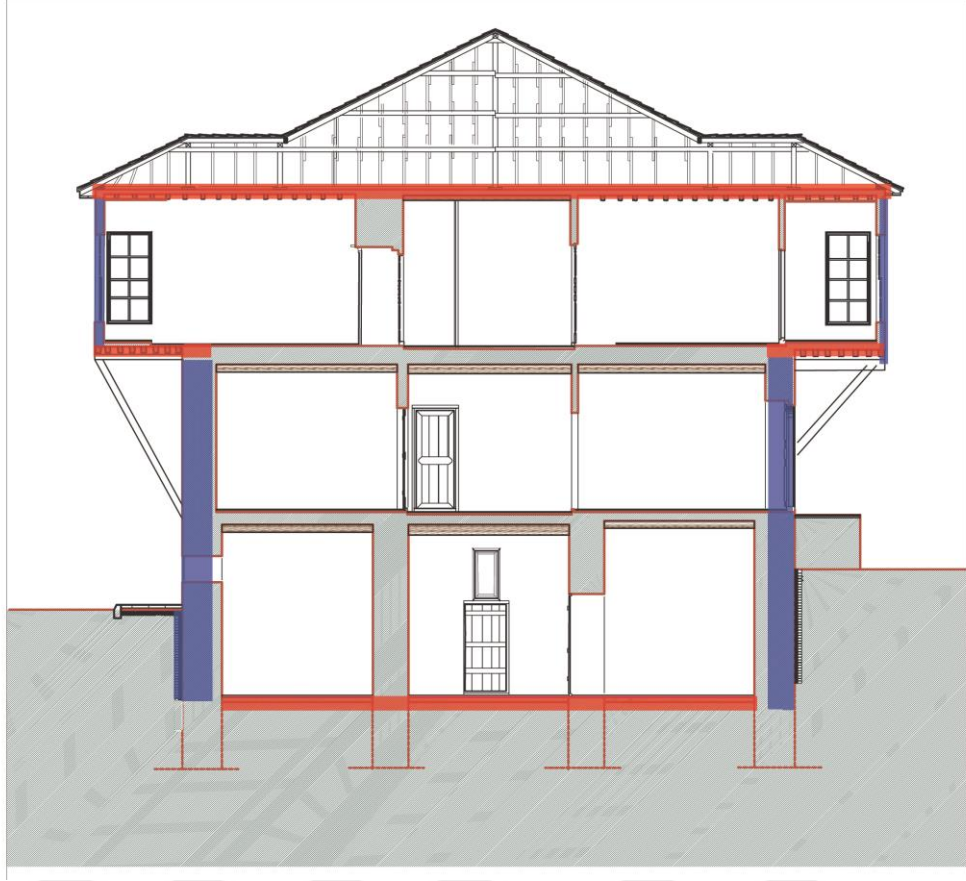
Yalıtım malzemesinin bulunduğu katmanın yerine dikkat edilmesi gerekir. Yalıtım malzemesinin bulunduğu katman hem model doğruluğu için (detay çizimler) hem de geliştirilen sistem için önemlidir.

Seçilen tarihi yapılar farklı özellikte duvar, döşeme tipleri barındırdıklarından dolayı yalıtım malzemelerinin uygulanması her iki projede farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Her iki projede iç mekanlarda gerçekleştirilen yalıtım uygulaması duvarlarda dolap, niş, yüklük ve süs elemanların gibi elemanların bulunduğu yerlerde uygulanmamıştır. Taş duvarlı olan yapıların bodrum kısımlarında toprak temaslı yüzeylerde ve kullanılmayan alanlarda yalıtım gerçekleştirilmiş, kullanılan alanlarda taş duvarlara herhangi bir işlem gerçekleştirilmemiştir.

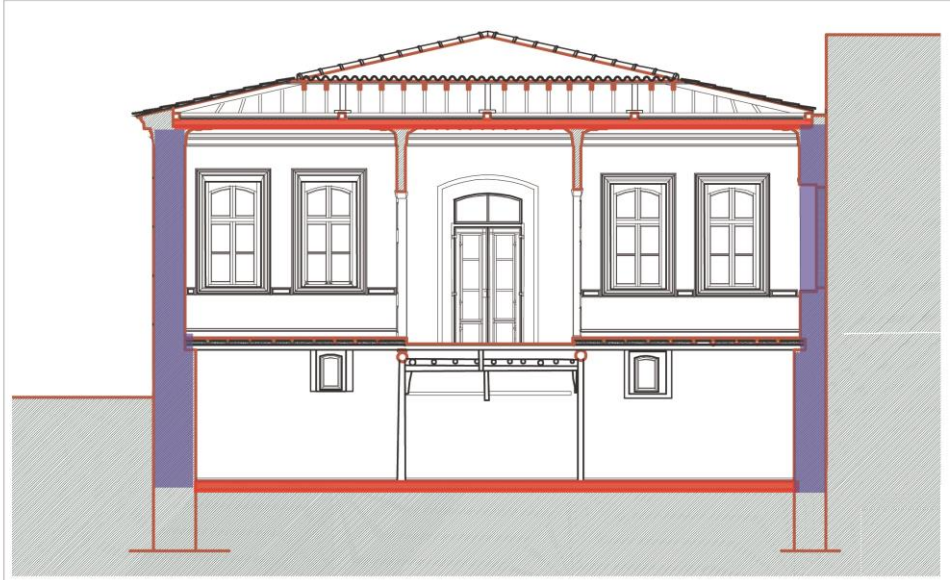
Ayfer Sönmez Evinde farklı tiplerdeki duvarların katman sıralaması genel olarak; Kireç, Sıva, Kaplama Tahtası (Bağdadi Çıta), Taş Dolgu, Kaplama Tahtası (Bağdadi Çıta), Yalıtım Malzemesi, Sıva, Kireç şeklindedir. Yapı kabuğunda; duvarlarda, toprak temaslı duvarlarda, toprak temaslı döşemede, çatı döşemesinde, konsol döşemelerinde ve pencere camlarında iyileştirme önerilmiştir (Şekil 4.96).

Ahmet Şener Evinde farklı tiplerdeki duvarların katman sıralaması genel olarak; Kireç, Sıva, Moloz Taş Duvar, Sıva, Yalıtım Malzemesi, Sıva şeklindedir. Yapı kabuğunda; duvarlarda, toprak temaslı duvarlarda, toprak temaslı döşemede, çatı döşemesinde ve pencere camlarında iyileştirme önerilmiştir (Şekil 4.97).

Ahşap döşemelerde uygulanabilir alanlarda döşemeler arası boşluk tercih edilmiş, toprak döşemelerde tesviye edilerek gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Boşluklu olmayan ahşap döşemelerde, döşemenin üstüne tesviye edilerek yeni ahşap kaplama uygulaması yapılmıştır.



Şekil 4.96. Ayfer Sönmez Evi Yapı Kabuğunda İyileştirme Şematik Gösterimi



Şekil 4.97. Ahmet Şener Evi Yapı Kabuğunda İyileştirme Şematik Gösterimi

#### 4.5.4. Sıva türlerinin HBIM modelde kullanım olanakları

Tarih boyunca yapı malzemesi olarak kireç harçları ve sıvalar kullanılmıştır. 19. yüzyılda, hızlı sertleşme ve yüksek mekanik direnç gibi belirli avantajlar sunan Portland çimentosu ortaya çıkmıştır (Pavlikova vd, 2016). Yeni yapılarda tercih edilen Portland çimentosu tarihi yapıların özgün onarımlarının gerçekleştirilmesinde kullanımı mümkün değildir. Yenileme için kullanılan malzemelerin tarihi sıvayla ve harçlarla benzer özellik ve davranışa sahip olması gerekmektedir (Uğur ve Güleç, 2016) Tarihi yapıların restorasyonu ve yenilenmesinde aynı malzemeler kullanılması görünüm ve kalitede değer kaybına yol açmaz. Bu nedenle tarihi binaların yüzey katmanlarının hasar görmesi sorununun mevcut çözümü, orijinal sıvaya görsel ve fiziko-kimyasal uyumluluğun korunması ile sağlanabilmektedir. Tarihi sıvaların incelendiğinde coğrafya göre farklılık göstermekle beraber genel olarak hidrolik katkılarla kireç reaksiyonu sonucu oluşan ürünler olduğu görülmektedir. Tarihi yapılarda güçlendirme gerçekleştirilirken yalıtım malzemelerinin kullanımı yapının hava almasını engelleyerek nem birikimleri gibi sorunlara neden olabilir (Vejmelkova vd. 2012). Yalıtım malzemelerinin bu gibi nedenlerle yapı güçlendirilmelerinde tercih edilmeme durumlarında sıvalar farklı özellik ve kalınları ile yapıların ısı performanslarının artırılmasına katkı sağlar. Yapılan çalışmalarda kireç sıvanın sönmüş kireç oranlarına göre termal iletkenlik değeri 0,80 W/mK'dir. (Paola vd. 2019). Buna göre kireç sıva iyi termal özelliğe sahip olduğu kullanılmalarının bina kabuğunda olumlu katkı sağladıkları söylenebilir. (Walker ve Pavia.,2015). Tarihi yapılarda özellikleri nedeniyle, kenevir-kireç birleşimli kompozit sıvalarında tarihi binaların enerji güçlendirmesi için uygun bir malzeme olduğu kabul edilmektedir (Posani vd. 2019) Kenevir-kireç sıvaların termal iletkenlik değerleri 0,12 W/mK'dir (Agliata vd., 2020).

Çalışmada sıva olarak kullanılan yapı malzemelerinin ısı iletkenlik değerleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.2.). Malzemelerin özellikleri yalıtım malzemelerinde olduğu gibi öncelikle Revit kütüphanesine tanımlanmıştır. Farklı malzemelerde istenildiği takdirde bu kütüphane içerisine tanımlanabilir. Kütüphaneye tanımlama yapıldıktan sonra geliştirilen sistemde bulunduğu index değerine göre değişiklikler parametrik olarak gerçekleştirilebilmektedir.

**Çizelge 4.2.** Sıva Türlerinin Isıl İletkenlik Değerleri

Malzeme	Kalınlık (m)	Isıl İletkenlik (W/m K)	
Kireç Sıva	0.03	0.80	(Castaldo vd. 2017)
Çamur Sıva	0.03	0.75	(Clarke vd. 1990)
Alçı Kireç Sıva	0.03	0.70	(Evangelisti vd. 2015)
Kenevir Kireç Sıva	0.03	0.12	(Agliata vd., 2020)

#### 4.5.5. Cam türlerinin HBIM modelde kullanım olanakları

Cam, geçmişte geçirgenliği sebebiyle kullanılırken, günümüzde ısı ve ses yalıtımı sağlayan, gün ışığının dağılımlarını kontrol eden, ısı dengesinin düzenleyen bir yapı malzemesi halini almıştır (Kazanasmaz ve Diler, 2011). Teknolojik gelişmelerle birlikte sürekli çeşitlenen cam ürünleri ısı kayıplarının azaltılması ısıtma maliyetlerini düşürülmesi gibi enerji etkinliğinin sağlanmasında da rol oynamaktadır.

Tarihi yapılarda geleneksel pencereler yapıların miras değerlerine önemli katkılar sağlamaktadır. Miras değeri taşıyan bu yapıların ayrılmaz bir parçasıdır ve kendi başlarına önemli eserler olabilirler. Yalnız bu önemli yapı elemanları değiştirilmeleri nispeten yapının diğer unsurlarına göre daha kolaydır. Tarihi yapıların kimliklerinin bir parçası olan bu elemanların herhangi bir sebeple değiştirilmesi kabul edilemez. Bu nedenle tarihi yapılarda ısı performansını güçlendirmesi için pencere kasalarında onarım yapılabilir ve bu onarımın sızdırmazlığı azaltarak büyük oranda ısı performansına katkı sağladığı bilinmektedir. (HEAG 39). Ayrıca pencere camlarının binanın özgünlüğüne zarar vermeden camların değiştirilmesi veya ikinci bir cam eklenmesi tarihi yapıların ısı performanslarının artırılmasını sağlamaktadır.

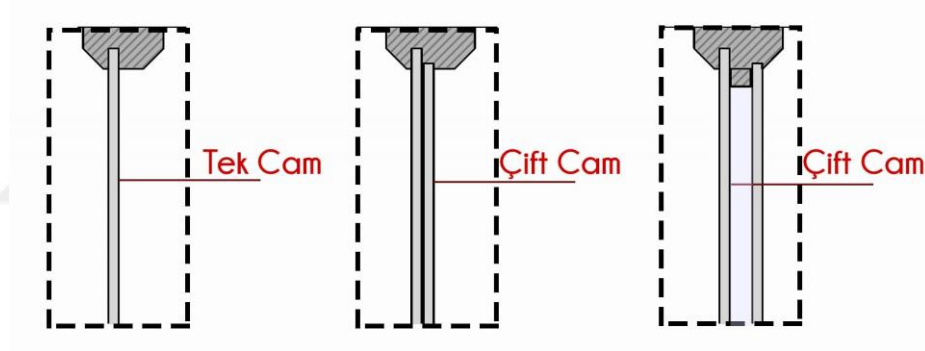
Camlar da diğer yapı malzemelerinde olduğu gibi U değerleri ısı performans değerlerini belirler. Camların U değeri; cam katman sayısına, tabakalar arası boşluğun boyutuna, ara dolgu malzemenin çeşidine ve seçilen camların çeşidine bağlıdır (Amstock, 1997). Camlar, TS 825'te ısı performansının hesaplanmasında, güneş ısı kazanç faktör değerleri vasıtasıyla hesaplamada büyük rol oynar. Bu değerler, laboratuvar şartlarında ölçülen ve yüzeye dik gelen ışın için güneş enerji geçirme değerlerinin ölçümünden elde edilir. Pencere sistemlerinin ısı performansının artırılmasında renkli, yansıtıcı, düşük yayımlı (Low-E), ara boşluğun ısı iletkenlik değeri düşük (argon, krypton gibi gazlarla doldurulduğu) çok katmanlı yalıtımlı (Yurttakal ,2007) ve yüzey kaplamalı cam üniteleri kullanılmaktadır (Karasu ve

Sarıcaoğlu, 2018). Geliştirilen sisteme TS 825 standartları kapsamında iklim bölgelerine göre ısı kazanç faktör değerleri girilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Ahşap Doğramalı Farklı Cam Türlerinin Isıl İletkenlik Değerleri (TS 825)

(W/ m <sup>2</sup> K)	Tek Cam Pencere	Çift Cam Kaplamasız	Çift Cam Kaplamalı
<b>Ahşap Doğrama</b>	5,1	3,3 (Ara boşluk 6 mm)	2,8 (Ara boşluk 6 mm)
		3,1 (Ara boşluk 9 mm)	2,3 (Ara boşluk 9 mm)
		3,0 (Ara boşluk 12 mm)	2,1 (Ara boşluk 12 mm)

Çalışmada yer alan her iki yapı içinde ahşap pencerelerin camlarının farklı alternatif camlarla değiştirilmesiyle ısı performans artışları geliştirilen sistemde parametrik olarak girilerek elde edilmiştir. Bu sayede en uygun güçlendirme seçenekleri farklı iklim bölgelerindeki yapılar için bulunmuştur.

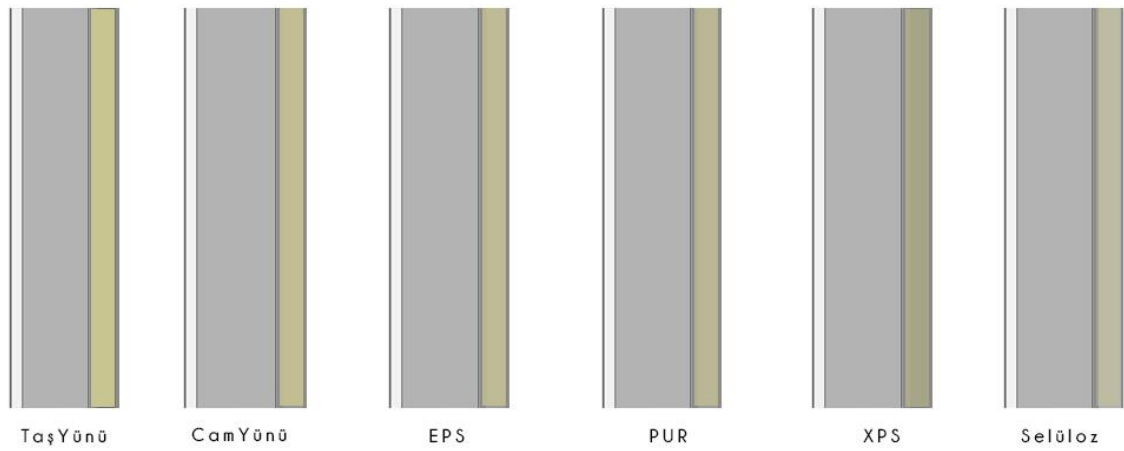


**Şekil 4.98.** Cam değişimleri şematik gösterim



## 5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Alan çalışması gerçekleştirilen iki tarihi yapının iyileştirme öncesi ve sonrası ısı performans sonuçları geliştirilen sistemden tarafından elde edilmiştir. Yalıtım malzemelerinin türleri ve kalınlıklarının, cam kalınlıklarının, sıva türlerinin değiştirilmesiyle elde edilen sonuçlar her iki yapı özelinde incelenmiştir. Farklı iklim bölgelerinde bulunan yapıların iyileştirme seçenekleri tarihi yapılar özelinde 6 farklı yalıtım malzemesi 3 çeşit kalınlıkta, 3 farklı cam tipinde ve 4 farklı sıva tipinde karşılaştırılmıştır. Geliştirilen sistem daha fazla malzeme ve kalınlık, sıva, cam gibi farklı parametrelerinin eklenmesine ve uygulanmasına izin vermektedir.



Şekil 5.1. Yalıtım Malzemelerinin Modeldeki Değişikliklerinin Şematik Gösterimi

### 5.1. Ayfer Sönmez Evi Isıl Performans Hesap Sonuçları

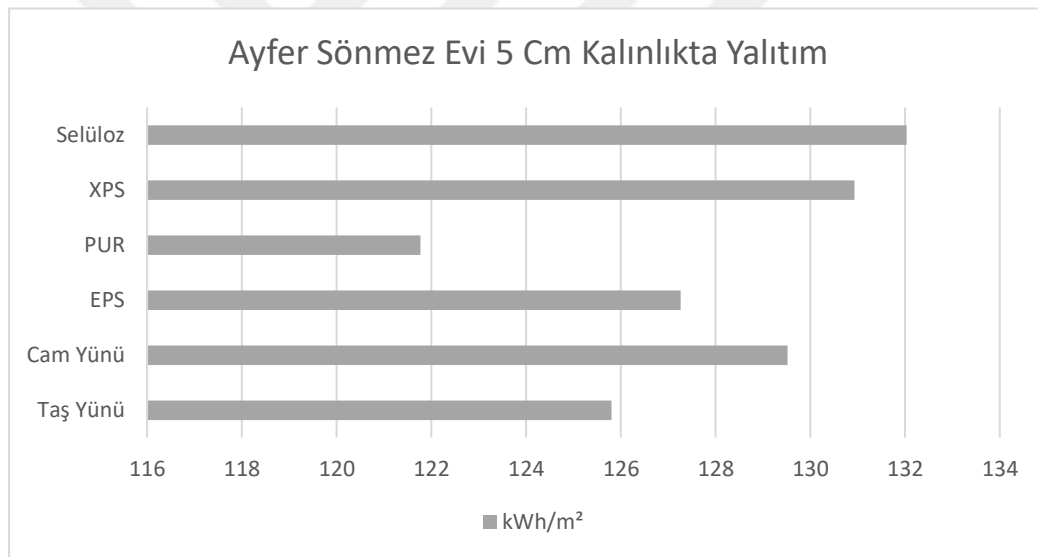
Herhangi bir iyileştirme gerçekleştirilmeden hesaplama sistemi çalıştırıldığında Ayfer Sönmez Evi'nin yıllık enerji tüketimi 214.78 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Modele yalıtım malzemeleri ve sıva çeşitleri eklendikten sonra sistem tekrar çalıştırılmıştır. Belirlenen parametrelere göre yapının yıllık enerji tüketimlerine ulaşılmıştır. Aynı zamanda cam tiplerine göre değişkenlik gösteren güneş enerji kazançları geliştirilen sistemle eş zamanlı olarak elde edilmektedir. Güneş enerji kazançları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.1. Ayfer Sönmez Evi Aylara Göre Güneş Enerji Kazançları

Güneş Enerjisi Kazançları (kWh)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Tek cam	177	235	316	370	457	485	471	426	333	245	172	152
Çift cam	156	208	279	326	403	428	415	376	294	216	152	134

Güneş enerji kazançları yaz aylarında artmakta kış aylarında azalmaktadır. Cam kalınlığı arttıkça güneş enerjisi kazancında düşüş gözlemlenmektedir. Isı yalıtım malzeme türleri ve kalınlıklarına göre sonuçlar aşağıdaki gibidir.

5 cm kalınlığında Şekil 5.2.'de verilen yalıtım malzemelerinin HBIM modele uygulanması sonucu yapının yıllık enerji tüketimleri uygulanan malzemelere göre; Taş yünü 125.8 kWh/m<sup>2</sup>, Cam Yünü 129.61 kWh/m<sup>2</sup>, EPS 127.41 kWh/m<sup>2</sup>, PUR 121.86 kWh/m<sup>2</sup>, XPS 131.02 kWh/m<sup>2</sup>, Selüloz 132.39 kWh/m<sup>2</sup> 'dir. Bu durumda en iyi ısı performans yükseltimin Poliüretan Sert Köpük (PUR) uygulandığında çıkmıştır. Selüloz malzemesi uygulandığında en düşük iyileştirilme gerçekleşmiştir. Malzemelerin enerji verimi incelendiğinde; PUR %43, Taş yünü %41, EPS %40, Cam yünü ve XPS %39, Selüloz %38 oranlarında malzemelerden verim sağlanmaktadır.



Şekil 5.2. Ayfer Sönmez Evi 5 Cm Kalınlıkta Yalıtım Uygulanması Sonucu Yıllık Enerji Tüketimleri

5 cm kalınlıkta yalıtım malzemeleriyle beraber Kireç Sıva, Çamur Sıva, Alçı Kireç Sıva, Kenevir Kireç Sıva ve ahşap doğramalı tek cam, 9 mm'lik çift cam ve 12 mm'lik çift cam HBIM modele uygulandığında parametrik olarak sistemden elde edilen yıllık enerji tüketimleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.2. Ayfer Sönmez Evi 5 cm Taş Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Taş yünü 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	125,83	<b>125,80</b>	125,78	124,54
<b>9 mm çift cam</b>	114,97	114,94	114,92	113,68
<b>12 mm çift cam</b>	114,36	114,33	114,31	113,07

**Çizelge 5.3.** Ayfer Sönmez Evi 5 cm Cam Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Cam yünü 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	129,65	<b>129,61</b>	129,59	128,1
<b>9 mm çift cam</b>	118,77	118,73	118,71	117,23
<b>12 mm çift cam</b>	118,15	118,12	118,09	116,61

**Çizelge 5.4.** Ayfer Sönmez Evi 5 cm EPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

EPS 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	127,44	<b>127,41</b>	127,39	126,05
<b>9 mm çift cam</b>	116,57	115,92	116,52	115,18
<b>12 mm çift cam</b>	115,96	116,54	115,9	114,57

**Çizelge 5.5.** Ayfer Sönmez Evi 5 cm PUR/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

PUR 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	121,89	<b>121,86</b>	121,85	120,85
<b>9 mm çift cam</b>	111,03	111,01	110,99	109,99
<b>12 mm çift cam</b>	110,42	110,39	110,38	109,38

**Çizelge 5.6.** Ayfer Sönmez Evi 5 cm XPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

XPS 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	131,06	<b>131,02</b>	131	129,42
<b>9 mm çift cam</b>	120,18	120,14	120,11	118,54
<b>12 mm çift cam</b>	119,56	119,52	119,5	117,92

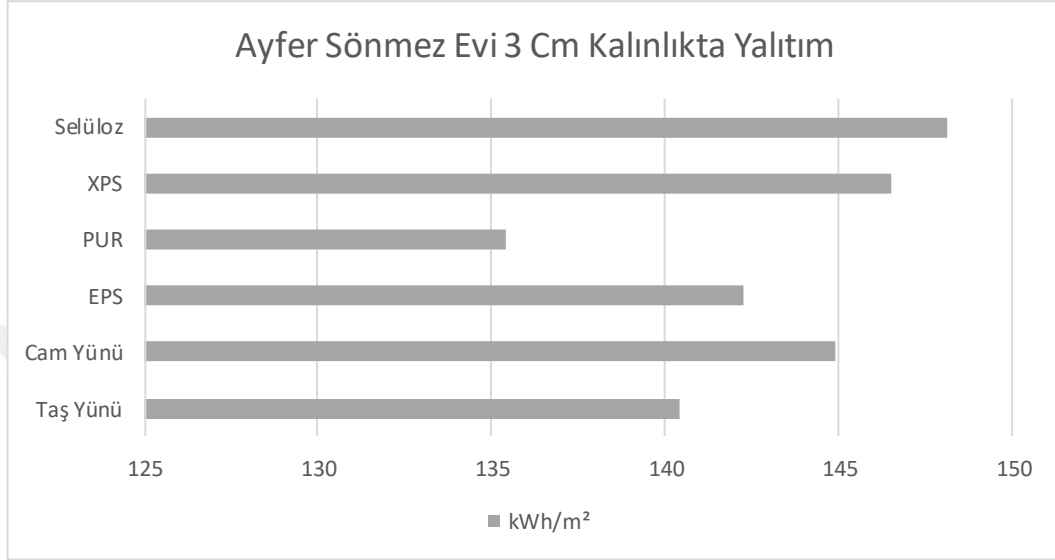
**Çizelge 5.7.** Ayfer Sönmez Evi 5 cm Selüloz/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Selüloz 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	132,43	<b>132,39</b>	132,37	130,69
<b>9 mm çift cam</b>	121,55	121,51	121,48	119,81
<b>12 mm çift cam</b>	120,93	120,89	120,86	119,19

5 cm kalınlıkta farklı yalıtım malzemelerine göre kompozit sıvalar daha iyi sonuç göstermektedir. Cam kalınlığı arttıkça yapının ısı performansında artış olmaktadır. Hesaplanan sonuçlar incelendiğinde yapıda en iyi ısı performans 109,38 kWh ile PUR/ Kenevir Kireç Sıva / 12 mm çift cam birlikteliğinde görülmektedir. Yapının enerji performansı 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu (TS 825) içeriğine göre eski binalarda kabul edilen D (100-119) sınıfı enerji seviyesini farklı değişkenlerin birlikteliği ile sağlanmaktadır.

3 cm kalınlığında şekil 5.3.'de verilen yalıtım malzemelerinin HBIM modele uygulanması sonucu yapının yıllık enerji tüketimleri uygulanan malzemelere göre; Taş yünü 140.42 kWh/m<sup>2</sup>, Cam Yünü 144.89 kWh/m<sup>2</sup>, EPS 142.27 kWh/m<sup>2</sup>, PUR 135.44

kWh/m<sup>2</sup>, XPS 146.55 kWh/m<sup>2</sup>, Selüloz 148.15 kWh/m<sup>2</sup> 'dir. Diğer sonuçla buradaki sonuç paralellik göstermiş ısı iletkenlik değeri en düşük değere sahip PUR yalıtım malzemesi bu öncülde de en iyi performansı sergilenmiştir. Malzemelerin enerji verimi incelendiğinde; PUR %37, Taş yünü %34, EPS %33, Cam yünü %32, XPS ve Selüloz %31 oranlarında malzemelerden verim sağlanmaktadır.



**Şekil 5.3.** Ayfer Sönmez Evi 3 Cm Kalınlıkta Yalıtım Uygulanması Sonucu Yıllık Enerji Tüketimleri

3 cm kalınlıkta yalıtım malzemeleriyle beraber Kireç Sıva, Çamur Sıva, Alçı Kireç Sıva, Kenevir Kireç Sıva ve ahşap doğramalı tek cam, 9 mm'lik çift cam ve 12 mm'lik çift cam HBIM modele uygulandığında parametrik olarak sistemden elde edilen yıllık enerji tüketimleri aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 5.8.** Ayfer Sönmez Evi 3 cm Taş Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Taş yünü 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	140,48	<b>140,42</b>	140,39	138,12
<b>9 mm çift cam</b>	129,59	129,53	128,88	127,33
<b>12 mm çift cam</b>	128,97	128,91	129,5	126,61

**Çizelge 5.9.** Ayfer Sönmez Evi 3 cm Cam Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Cam yünü 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	144,96	<b>144,89</b>	144,85	142,23
<b>9 mm çift cam</b>	134,06	133,99	133,95	131,24
<b>12 mm çift cam</b>	133,44	133,37	133,33	130,72

**Çizelge 5.10.** Ayfer Sönmez Evi 3 cm EPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

EPS 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	142,33	<b>142,27</b>	142,23	139,82
<b>9 mm çift cam</b>	131,43	131,37	131,34	128,93
<b>12 mm çift cam</b>	130,82	130,75	130,72	128,31

**Çizelge 5.11.** Ayfer Sönmez Evi 3 cm PUR/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

PUR 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	135,49	<b>135,44</b>	135,41	133,51
<b>9 mm çift cam</b>	124,61	124,56	124,53	122,63
<b>12 mm çift cam</b>	123,99	123,94	123,91	122,02

**Çizelge 5.12.** Ayfer Sönmez Evi 3 cm XPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

XPS 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	146,62	<b>146,55</b>	146,51	143,76
<b>9 mm çift cam</b>	135,72	135,65	135,61	132,86
<b>12 mm çift cam</b>	135,1	135,03	134,99	132,24

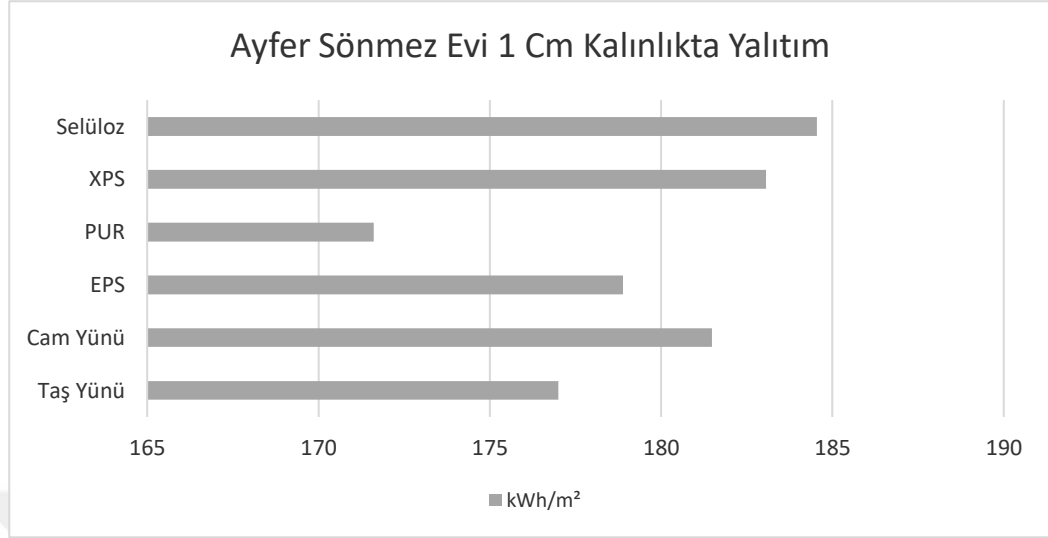
**Çizelge 5.13.** Ayfer Sönmez Evi 3 cm Selüloz/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Selüloz 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	148,22	<b>148,15</b>	148,1	145,22
<b>9 mm çift cam</b>	137,32	137,24	137,2	134,32
<b>12 mm çift cam</b>	136,7	136,62	136,58	133,7

3 cm kalınlıkta farklı yalıtım malzemelerine göre kompozit sıvalar daha iyi sonuç göstermektedir. Cam kalınlığı arttıkça yapının ısı performansında artış olmaktadır. Hesaplanan sonuçlar incelendiğinde yapıda en iyi ısı performans 122,02 kWh ile PUR/ Kenevir Kireç Sıva / 12 mm çift cam birlikteliğinde görülmektedir.

1 cm kalınlığında şekil 5.4.'de verilen yalıtım malzemelerinin HBIM modele uygulanması sonucu yapının yıllık enerji tüketimleri uygulanan malzemelere göre; Taş yünü 177 kWh/m<sup>2</sup>, Cam Yünü 181.48 kWh/m<sup>2</sup>, EPS 178.89 kWh/m<sup>2</sup>, PUR 171.61 kWh/m<sup>2</sup>, XPS 183.06 kWh/m<sup>2</sup>, Selüloz 184.55 kWh/m<sup>2</sup> 'dir. Verilere göre 1 cm kalınlığında yalıtım malzemesinin uygulanması yapı performansında kayda değer bir yükselme göstermemektedir. Bu nedenle 1 cm kalınlığında yalıtım en iyi performansı gösteren (PUR) malzeme özel durumlarda yapıya minimum müdahale gerektiren alanlarda kullanılması gerekebilir. Örneğin dolaplar yükler gibi duvarların incelendiği, özel işçilik bulunan yerlerin arkasında iç mekâna en az müdahale gerektiren yerlerde tercih edilebilir. Malzemelerin enerji verimi incelendiğinde; PUR %20, Taş yünü %17,

EPS %16, Cam yünü %15, XPS ve Selüloz %14 oranlarında malzemelerden verim sağlanmaktadır.



Şekil 5.4. Ayfer Sönmez Evi 1 Cm Kalınlıkta Yalıtım Uygulanması Sonucu Yıllık Enerji Tüketimleri

1 cm kalınlıkta yalıtım malzemeleriyle beraber Kireç Sıva, Çamur Sıva, Alçı Kireç Sıva, Kenevir Kireç Sıva ve ahşap doğramalı tek cam, 9 mm'lik çift cam ve 12 mm'lik çift cam HBIM modele uygulandığında parametrik olarak sistemden elde edilen yıllık enerji tüketimleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.14. Ayfer Sönmez Evi 1 cm Taş Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Taş yünü 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	177,15	<b>177</b>	176,91	171,54
<b>9 mm çift cam</b>	166,22	166,7	165,98	160,61
<b>12 mm çift cam</b>	165,59	165,44	165,35	159,99

Çizelge 5.15. Ayfer Sönmez Evi 1 cm Cam Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Cam yünü 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	181,64	<b>181,48</b>	181,38	175,61
<b>9 mm çift cam</b>	170,7	170,54	170,45	164,68
<b>12 mm çift cam</b>	170,07	169,92	169,82	164,05

Çizelge 5.16. Ayfer Sönmez Evi 1 cm EPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

EPS 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	179,04	<b>178,89</b>	178,79	173,26
<b>9 mm çift cam</b>	168,11	167,95	167,86	162,33
<b>12 mm çift cam</b>	167,48	167,33	167,23	161,7

**Çizelge 5.17.** Ayfer Sönmez Evi 1 cm PUR/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

PUR 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	171,75	<b>171,61</b>	171,53	166,64
<b>9 mm çift cam</b>	160,82	160,68	160,6	155,72
<b>12 mm çift cam</b>	160,19	160,06	159,98	155,09

**Çizelge 5.18.** Ayfer Sönmez Evi 1 cm XPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

XPS 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	183,23	<b>183,06</b>	182,97	177,05
<b>9 mm çift cam</b>	172,29	172,13	172,03	166,12
<b>12 mm çift cam</b>	171,66	171,5	171,04	165,49

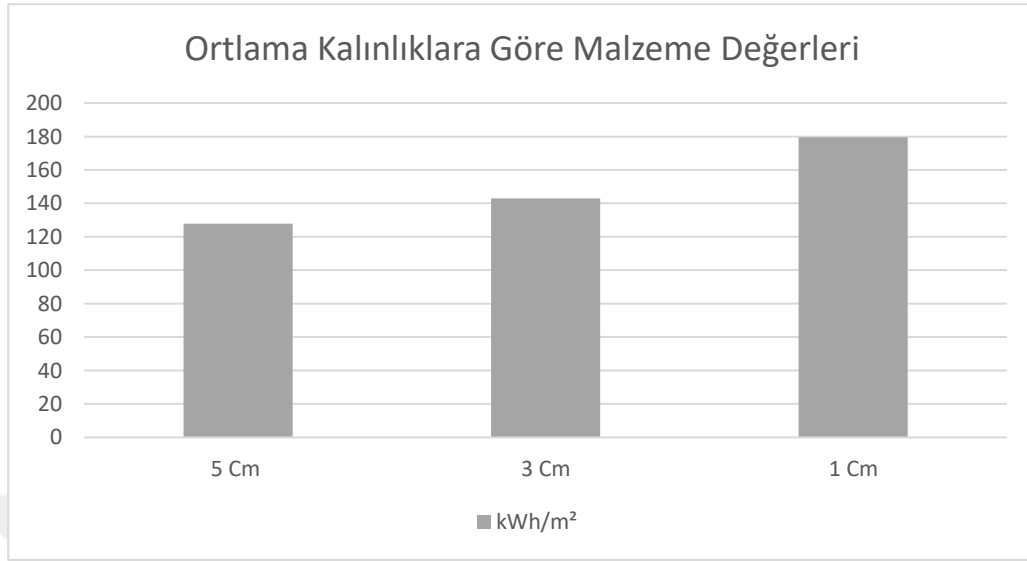
**Çizelge 5.19.** Ayfer Sönmez Evi 1 cm Selüloz/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Selüloz 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	184,72	<b>184,55</b>	184,45	178,41
<b>9 mm çift cam</b>	173,78	173,62	173,51	167,47
<b>12 mm çift cam</b>	173,16	172,99	172,89	166,85

1 cm kalınlıkta farklı yalıtım malzemelerine göre kompozit sıvalar daha iyi sonuç göstermektedir. Cam kalınlığı arttıkça yapının ısı performansında artış olmaktadır. Hesaplanan sonuçlar incelendiğinde yapıda en iyi ısı performans 165,49 kWh ile PUR/ Kenevir Kireç Sıva / 12 mm çift cam birlikteliğinde görülmektedir.

5 cm malzemelerin şekil 5.5.'de verilen ortalama değerleri, 128 kWh/m<sup>2</sup>, 3 cm malzemelerin ortalama değerleri 143 kWh/m<sup>2</sup>, 1 cm malzemelerin ortalama değerleri 180 kWh/m<sup>2</sup> çıkmıştır. Tüm malzemelerin ortalaması alındığında 5cm yalıtım kullanıldığında %40, 3 cm yalıtım kullanıldığında %33, 1 cm yalıtım kullanıldığında %16 oranında iyileştirme gerçekleşmektedir. Yalıtım malzemelerinin kalınlığı artırıldığında daha iyi ısı performans elde edildiği gözükmemektedir. III. İklim bölgesinde bulunan yapı için en iyi tercihin 5 cm kalınlıkta yalıtım malzemesi uygulandığında elde edilmiştir. Yalnız bu durumda tarihi yapı özelinde bazı alanlarda 5 cm yalıtım malzemesinin uygulanamamaktadır. Bu durumda yapının yalıtımı yapılırken karma şekilde yalıtım malzemeleri ve kalınlıklar kullanmak gerekmektedir. Farklı türde sıvaların kullanımı iyileştirmelere olumlu katkı sağlamaktadır. Özellikle kompozit sıvalar ısı performansında artış sağlamaktadır. Yapıldıkları dönemlerde tek cam olarak yapılan pencereler doğramalardaki ufak değişiklikler ile çift cama dönüştürüldüğünde önemli ölçüde ısı performansında kazanç sağlamaktadırlar. Sonuç olarak tarihi yapılarda yapı kabuğunda gerçekleştirilen iyileştirilmeyle önemli oranda fayda sağlanmaktadır.

Bununla beraber mekanik ve tesisat iyileştirmeler gerçekleştirildiğinde elde edilen yıllık enerji tüketimleri daha fazla düşürülebilirler.



Şekil 5.5. Ayfer Sönmez Evi Malzeme Kalınlıklara Göre Isıl Performans Ortalama Değerler

## 5.2. Ahmet Şener Evi Isıl Performans Hesap Sonuçları

Herhangi bir iyileştirme gerçekleştirilmeden hesaplama sistemi çalıştırıldığında Ayfer Sönmez Evi'nin yıllık enerji tüketimi 197.88 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Modele yalıtım malzemeleri eklendikten sonra sistem tekrar çalıştırılmıştır. Belirlenen parametrelere göre yapının yıllık enerji tüketimlerine ulaşılmıştır. Aynı zamanda cam tiplerine göre değişkenlik gösteren güneş enerji kazançları geliştirilen sistemle eş zamanlı olarak elde edilmektedir. Güneş enerji kazançları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.20. Ahmet Şener Evi Aylara Göre Güneş Enerji Kazançları

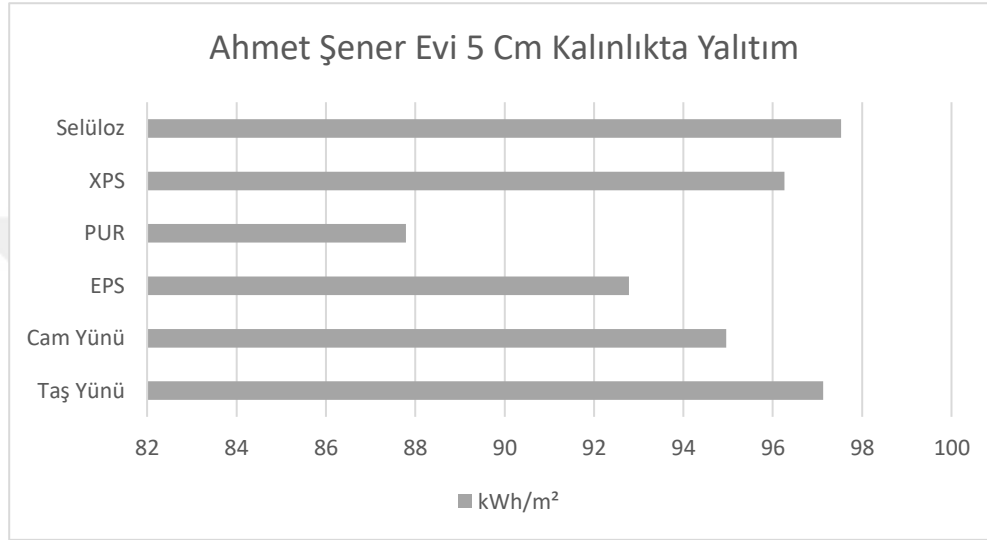
Güneş Enerjisi Kazançları (W)	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Tek cam	161	214	289	338	428	458	443	398	304	221	154	139
Çift cam	142	189	255	298	378	404	391	351	268	195	136	122

Güneş enerji kazançları yaz aylarında artmakta kış aylarında azalmaktadır. Cam kalınlığı arttıkça güneş enerjisi kazancında düşüş gözlemlenmektedir. Isı yalıtım malzeme türleri ve kalınlıklarına göre sonuçlar aşağıdaki gibidir.

5 cm kalınlığında Şekil 5.6.'da verilen yalıtım malzemelerinin HBIM modele uygulanması sonucu yapının yıllık enerji tüketimleri uygulanan malzemelere göre; Taş



yünü 91.40 kWh/m<sup>2</sup>, Cam Yünü 94.96 kWh/m<sup>2</sup>, EPS 92.78 kWh/m<sup>2</sup>, PUR 87.79 kWh/m<sup>2</sup>, XPS 95.26 kWh/m<sup>2</sup>, Selüloz 97.53 kWh/m<sup>2</sup> 'dir. Bu durumda en iyi ısı performans yükseltimin Poliüretan Sert Köpük (PUR) uygulandığında çıkmıştır. Poliüretan Sert Köpük'ten sonra sırasıyla EPS, Cam Yünü, Taş Yünü ve Selüloz malzemelerini en iyi sonuçları vermiştir. Malzemelerin enerji verimi incelendiğinde; PUR %56, Taş yünü %54, EPS %53, Cam yünü %52, XPS %51, Selüloz %50 oranlarında malzemelerden verim sağlanmaktadır.



Şekil 5.6. Ahmet Şener Evi 5 Cm Kalınlıkta Yalıtım Uygulanması Sonucu Yıllık Enerji Tüketimleri

5 cm kalınlıkta yalıtım malzemeleri ile beraber Kireç Sıva, Çamur Sıva, Alçı Kireç Sıva, Kenevir Kireç Sıva ve ahşap doğramalı tek cam, 9 mm'lik çift cam ve 12 mm'lik çift cam HBIM modele uygulandığında parametrik olarak sistemden elde edilen yıllık enerji tüketimleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.21. Ahmet Şener Evi 5 cm Taş Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Taş yünü 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	91.43	<b>91.40</b>	91.38	90.14
<b>9 mm çift cam</b>	88.18	88.15	88.13	86.89
<b>12 mm çift cam</b>	87.99	87.96	87.94	86.71

Çizelge 5.22. Ahmet Şener Evi 5 cm CamYünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Cam Yünü 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	95	<b>94,96</b>	94,93	93,41
<b>9 mm çift cam</b>	91,74	91,7	91,67	89,99
<b>12 mm çift cam</b>	91,55	91,51	91,48	89,81

Çizelge 5.23. Ahmet Şener Evi 5 cm EPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

EPS 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	92,98	<b>92,78</b>	92,76	91,41
<b>9 mm çift cam</b>	89,56	89,53	89,51	88,16
<b>12 mm çift cam</b>	89,38	89,34	89,32	87,97

Çizelge 5.24. Ahmet Şener Evi 5 cm PUR/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

PUR 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	87,82	<b>87,79</b>	87,78	86,82
<b>9 mm çift cam</b>	84,57	84,54	84,53	83,57
<b>12 mm çift cam</b>	84,38	84,36	84,35	83,38

Çizelge 5.25. Ahmet Şener Evi 5 cm XPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

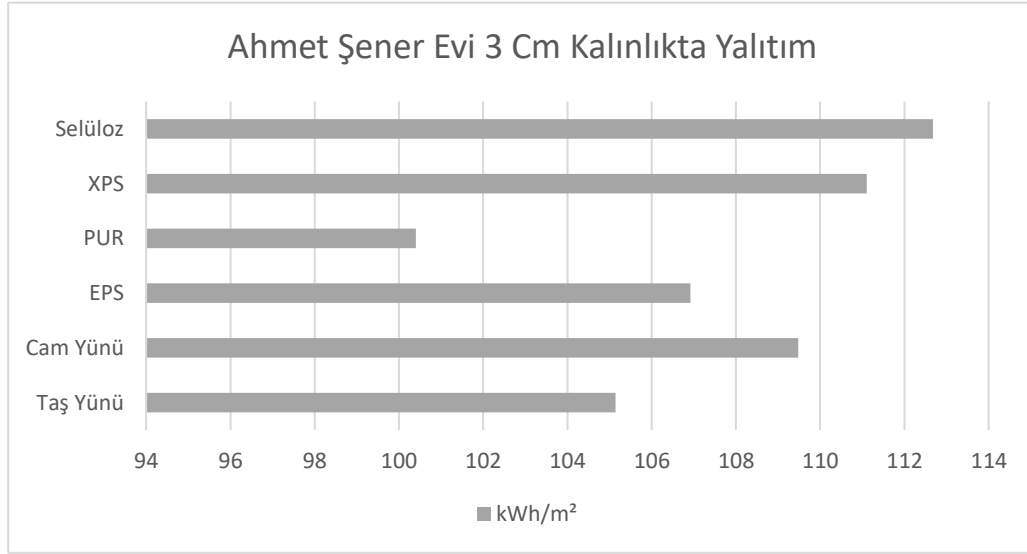
XPS 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	96,30	<b>95,26</b>	96,24	94,59
<b>9 mm çift cam</b>	93,04	93	92,97	91,33
<b>12 mm çift cam</b>	92,86	92,82	92,79	91,15

Çizelge 5.26. Ahmet Şener Evi 5 cm Selüloz/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Selüloz 5 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	97,58	<b>97,53</b>	97,51	95,75
<b>9 mm çift cam</b>	94,32	94,27	94,25	92,49
<b>12 mm çift cam</b>	94,13	94,09	94,06	92,3

5 cm kalınlıkta farklı yalıtım malzemelerine göre kompozit sıvalar daha iyi sonuç göstermektedir. Cam kalınlığı arttıkça yapının ısı performansında artış olmaktadır. Hesaplanan sonuçlar incelendiğinde yapıda en iyi ısı performans 83,38 kWh ile PUR/ Kenevir Kireç Sıva / 12 mm çift cam birlikteliğinde görülmektedir. Yapının enerji performansı 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu (TS 825) içeriğine göre eski binalarda kabul edilen C (80-99) sınıfı enerji seviyesini farklı değişkenlerin birlikteliği ile sağlanmaktadır.

3 cm kalınlığında Şekil 5.7’de verilen yalıtım malzemelerinin HBIM modele uygulanması sonucu yapının yıllık enerji tüketimleri uygulanan malzemelere göre; Taş yünü 99.25 kWh/m<sup>2</sup>, Cam Yünü 109.48 kWh/m<sup>2</sup>, EPS 106.92 kWh/m<sup>2</sup>, PUR 100.4 kWh/m<sup>2</sup>, XPS 111.11 kWh/m<sup>2</sup>, Selüloz 112.68 kWh/m<sup>2</sup> ‘dir. Diğer sonuçla buradaki sonuç paralellik göstermiş ısı iletkenlik değeri en düşük değere sahip PUR yalıtım malzemesi bu öncülde de en iyi performansı sergilenmiştir. Malzemelerin enerji verimi incelendiğinde; PUR %49, Taş yünü ve EPS %46, Cam yünü %44, XPS ve Selüloz %43 oranlarında malzemelerden verim sağlanmaktadır.



**Şekil 5.7** Ahmet Şener Evi 3 Cm Kalınlıkta Yalıtım Uygulanması Sonucu Yıllık Enerji Tüketimleri

3 cm kalınlıkta yalıtım malzemeleriyle beraber Kireç Sıva, Çamur Sıva, Alçı Kireç Sıva, Kenevir Kireç Sıva ve ahşap doğramalı tek cam, 9 mm'lik çift cam ve 12 mm'lik çift cam HBIM modele uygulandığında parametrik olarak sistemden elde edilen yıllık enerji tüketimleri aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 5.27.** Ahmet Şener Evi 3 cm Taş Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Taş yünü 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	99.28	<b>99.25</b>	99.23	97.99
<b>9 mm çift cam</b>	96.03	96.0	95.98	94,74
<b>12 mm çift cam</b>	95.83	95.8	95.78	94,54

**Çizelge 5.28.** Ahmet Şener Evi 3 cm Cam Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Cam Yünü 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	109,56	<b>109,48</b>	109,43	106,42
<b>9 mm çift cam</b>	106,11	106,21	106,16	103,15
<b>12 mm çift cam</b>	106,29	106,03	105,95	102,97

**Çizelge 5.29.** Ahmet Şener Evi 3 cm EPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

EPS 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	107	<b>106,92</b>	106,88	104,16
<b>9 mm çift cam</b>	103,73	103,66	103,62	100,89
<b>12 mm çift cam</b>	103,55	103,47	103,43	100,71

**Çizelge 5.30.** Ahmet Şener Evi 3 cm PUR/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

PUR 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	100,45	<b>100,4</b>	100,37	98,33
<b>9 mm çift cam</b>	97,19	97,14	97,11	95,07
<b>12 mm çift cam</b>	97,01	96,95	96,92	94,89

**Çizelge 5.31.** Ahmet Şener Evi 3 cm XPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

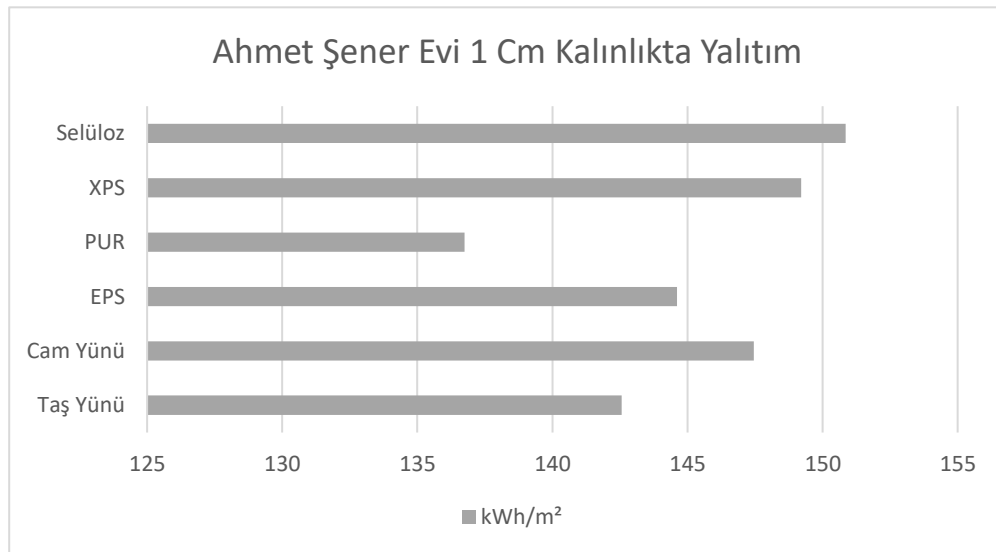
XPS 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	111,19	<b>111,11</b>	111,06	107,85
<b>9 mm çift cam</b>	107,93	107,84	107,79	104,59
<b>12 mm çift cam</b>	107,74	107,66	107,6	104,4

**Çizelge 5.32.** Ahmet Şener Evi 3 cm Selüloz/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Selüloz 3 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
<b>Tek Cam</b>	112,77	<b>112,68</b>	112,63	109,23
<b>9 mm çift cam</b>	109,51	109,42	109,39	105,97
<b>12 mm çift cam</b>	109,32	109,23	109,18	105,78

3 cm kalınlıkta farklı yalıtım malzemelerine göre kompozit sıvalar daha iyi sonuç göstermektedir. Cam kalınlığı arttıkça yapının ısı performansında artış olmaktadır. Hesaplanan sonuçlar incelendiğinde yapıda en iyi ısı performans 94,89kWh ile PUR/ Kenevir Kireç Sıva / 12 mm çift cam birlikteliğinde görülmektedir. Yapının enerji performansı 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu (TS 825) içeriğine göre eski binalarda kabul edilen C (80-99) sınıfı enerji seviyesini farklı değişkenlerin birlikteliği ile sağlanmaktadır.

1 cm kalınlığında Şekil 5.8’de verilen yalıtım malzemelerinin HBIM modele uygulanması sonucu yapının yıllık enerji tüketimleri uygulanan malzemelere göre; Taş yünü 142.56 kWh/m<sup>2</sup>, Cam Yünü 147.46 kWh/m<sup>2</sup>, EPS 144.61 kWh/m<sup>2</sup>, PUR 136.75 kWh/m<sup>2</sup>, XPS 149.21 kWh/m<sup>2</sup>, Selüloz 150.85 kWh/m<sup>2</sup> ‘dir. Malzemelerin enerji verimi incelendiğinde; PUR %30, Taş yünü %27, EPS %26, Cam yünü %25, XPS %24, Selüloz %23 oranlarında malzemelerden verim sağlanmaktadır.

**Şekil 5.8.** Ahmet Şener Evi 1 Cm Kalınlıkta Yalıtım Uygulanması Sonucu Yıllık Enerji Tüketimleri

1 cm kalınlıkta yalıtım malzemeleriyle beraber Kireç Sıva, Çamur Sıva, Alçı Kireç Sıva, Kenevir Kireç Sıva ve ahşap doğramalı tek cam, 9 mm'lik çift cam ve 12 mm'lik çift cam HBIM modele uygulandığında parametrik olarak sistemden elde edilen yıllık enerji tüketimleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 5.33. Ahmet Şener Evi 1 cm Taş Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Taş yünü 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
Tek Cam	142,79	<b>142,56</b>	142,42	134,7
9 mm çift cam	139,52	139,29	139,15	131,43
12 mm çift cam	139,33	139,01	138,97	131,24

Çizelge 5.34. Ahmet Şener Evi 1 cm Cam Yünü/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Cam Yünü 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
Tek Cam	147,71	<b>147,46</b>	147,3	138,75
9 mm çift cam	144,45	144,19	144,04	135,49
12 mm çift cam	144,26	144	143,85	135,3

Çizelge 5.35. Ahmet Şener Evi 1 cm EPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

EPS 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
Tek Cam	144,85	<b>144,61</b>	144,47	136,4
9 mm çift cam	141,59	141,35	141,2	133,14
12 mm çift cam	141,4	141,16	141,02	132,95

Çizelge 5.36. Ahmet Şener Evi 1 cm PUR/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

PUR 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
Tek Cam	136,94	<b>136,75</b>	136,63	129,84
9 mm çift cam	133,68	133,38	133,36	126,58
12 mm çift cam	133,49	133,29	133,17	126,39

Çizelge 5.37. Ahmet Şener Evi 1 cm XPS/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

XPS 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
Tek Cam	149,47	<b>149,21</b>	149,05	140,2
9 mm çift cam	146,21	145,94	145,78	136,93
12 mm çift cam	146,02	145,75	145,59	136,74

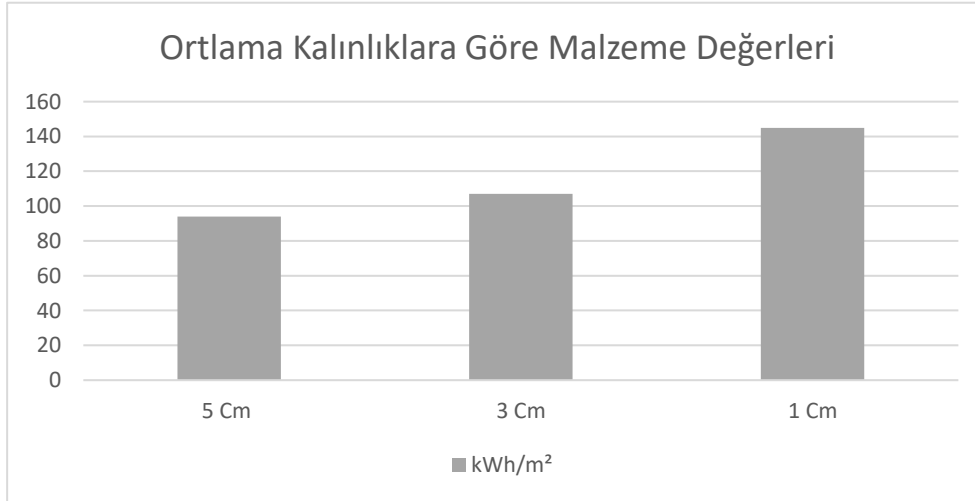
Çizelge 5.38. Ahmet Şener Evi 1 cm Selüloz/Sıva/Cam değişkenlerine göre yıllık enerji tüketimleri

Selüloz 1 cm (kWh)	Kireç Sıva	Çamur Sıva	Alçı Kireç Sıva	Kenevir Kireç Sıva
Tek Cam	151,13	<b>150,85</b>	150,69	141,55
9 mm çift cam	147,87	147,59	147,42	138,29
12 mm çift cam	147,68	147,4	147,24	138,1

1 cm kalınlıkta farklı yalıtım malzemelerine göre kompozit sıvalar daha iyi sonuç göstermektedir. Cam kalınlığı arttıkça yapının ısı performansında artış

olmaktadır. Hesaplanan sonuçlar incelendiğinde yapıda en iyi ısı performans 126,39 kWh ile PUR/ Kenevir Kireç Sıva / 12 mm çift cam birlikteliğinde görülmektedir.

5 cm malzemelerin Şekil 5.9'da verilen ortalama değerleri, 93 kWh/m<sup>2</sup>; 3 cm malzemelerin ortalama değerleri 107 kWh/m<sup>2</sup>; 1 cm malzemelerin ortalama değerleri 145 kWh/m<sup>2</sup> çıkmıştır. Tüm malzemelerin ortalaması alındığında 5cm yalıtım kullanıldığında %54, 3 cm yalıtım kullanıldığında %46, 1 cm yalıtım kullanıldığında %26 oranında iyileştirme gerçekleşmektedir. I. İklim bölgesinde bulunan yapı için en iyi tercihin 5 cm kalınlıkta yalıtım malzemesi uygulandığında elde edilmiştir. 3 cm yalıtım uygulandığında zamanda yapının ısı performansının önemli ölçüde artışı gözlemlenmiştir. Tarihi yapı özelinde düşünüldüğünde 3cm'lik yalıtımın daha uygun olacağı düşünülmektedir. İç mekanların asgari ölçüde küçülmesi kullanım alanının azalma oranını da düşürmektedir. Bu sayede hem bina kabuğunun performansı iyileştirilir hem de minimum alanının kaybı sağlanır. 1 cm'lik yalıtım uygulamaları III. bölgedeki yapıya kıyasla büyük oranda etki göstermiştir. Ayrıca farklı türde sıvaların kullanımı iyileştirmelere olumlu katkı sağlamaktadır. Özellikle kompozit sıvalar ısı performansında artış sağlamaktadır. Yapıldıkları dönemlerde tek cam olarak yapılan pencereler doğramalardaki ufak değişiklikler ile çift cama dönüştürüldüğünde önemli ölçüde ısı performansında kazanç sağlamaktadırlar. Eğer gerekli tesisat ve mekanik iyileştirmeler yapılırsa tercih edilebilir.



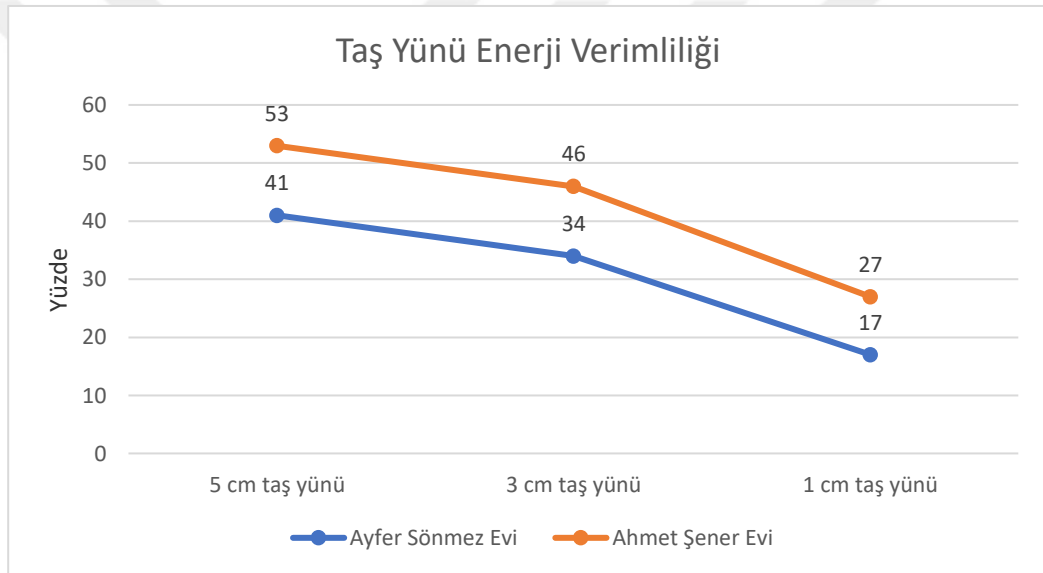
Şekil 5.9. Ahmet Şener Malzeme Kalınlıklara Göre Isıl Performans Ortalama Değerleri

### 5.3. Yalıtım Malzemelerinin Yapılara Göre Enerji Verimleri

I.ve III. İklim bölgelerinde iki tarihi yapıda ısı performans artırılması üzerine gerçekleştirilen çalışmada I. İklim bölgesindeki bulunan Ahmet Şener Evi III. iklim

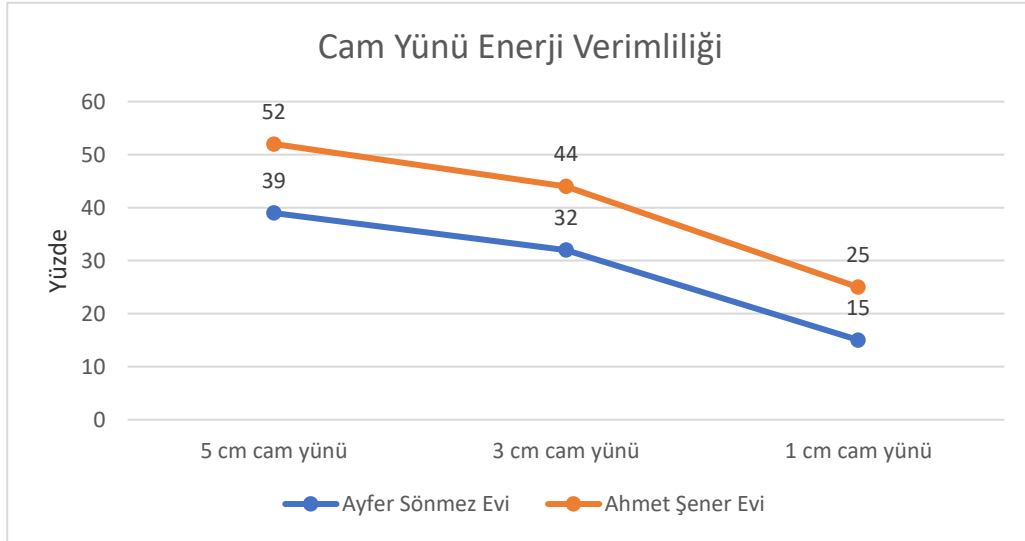
bölgesine bulunan Ayfer Sönmez Evi'ne göre daha iyi performans artışı göstermiştir. Aynı malzeme ve kalınlıklar baz alınarak iki yapı arasında verimlilik oranları Ahmet Şener Evi ve Ayfer Sönmez Evi için kıyaslandığında elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

Taş Yünü yalıtım malzemesi yapılara uygulandığında enerji verimi I.iklim bölgesinde bulunan Ahmet Şener Evinin, III. iklim bölgesinde bulunan Ayfer Sönmez Evine göre; 5 cm Taş Yünü uygulamasında %12, 3 cm Taş Yünü uygulamasında %12, 1 cm Taş Yünü uygulamasında %10 daha verimli olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen verilere göre 5 cm ve 3 cm taş yünü uygulamasının enerji verimliliklerinin her iki yapı için aynı olduğu 1 cm taş yünü uygulamada ise verimliliğin düştüğü anlaşılmaktadır (Şekil 5.10.).



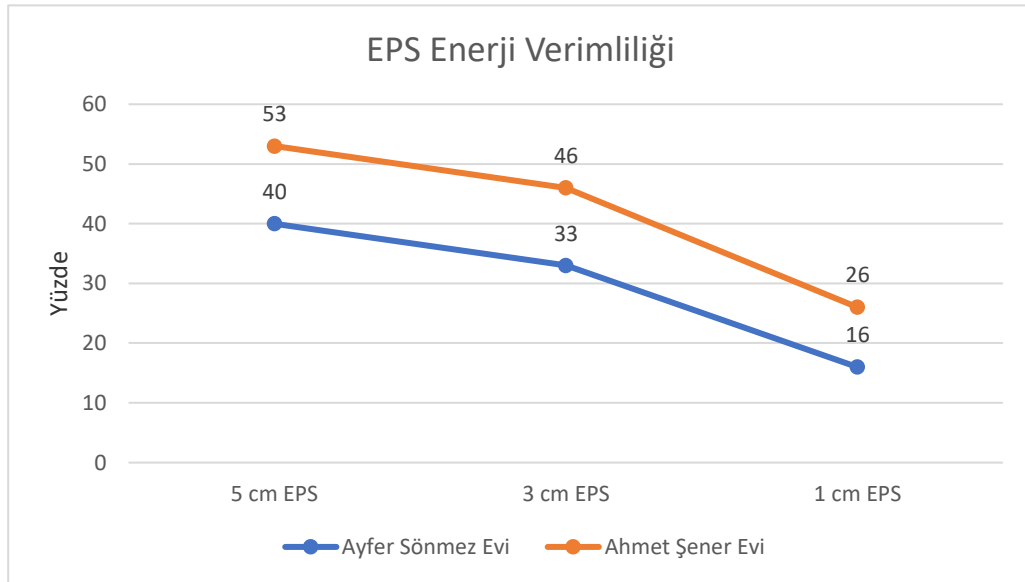
Şekil 5.10. Taş Yünü Yalıtım Malzemesi Uygulandığında Enerji Verimi

Cam Yünü yalıtım malzemesi yapılara uygulandığında enerji verimi I.iklim bölgesinde bulunan Ahmet Şener Evinin, III.iklim bölgesinde bulunan Ayfer Sönmez Evine göre 5 cm Cam Yünü uygulamasında % 13, 3 cm Cam Yünü uygulamasında %12, 1 cm Cam Yünü uygulamasında %10 daha verimli olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen verilere göre kalınlık azaldıkça verim düşmektedir (Şekil 5.11.).



**Şekil 5.11.** Cam Yünü Yalıtım Malzemesi Uygulandığında Enerji Verimi

EPS yalıtım malzemesi yapılara uygulandığında enerji verimi I.iklim bölgesinde bulunan Ahmet Şener Evininin, III.iklim bölgesinde bulunan Ayfer Sönmez Evine göre; 5 cm EPS uygulamasında % 13, 3 cm EPS uygulamasında %13, 1 cm EPS uygulamasında %10 , daha verimli olduğu anlaşılmaktadır. Verilere göre 5 cm ve 3 cm EPS uygulamasının enerji verimliliklerinin farkının aynı olduğu 1 cm EPS uygulamada ise verimliliğin bu farkın azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.12.).

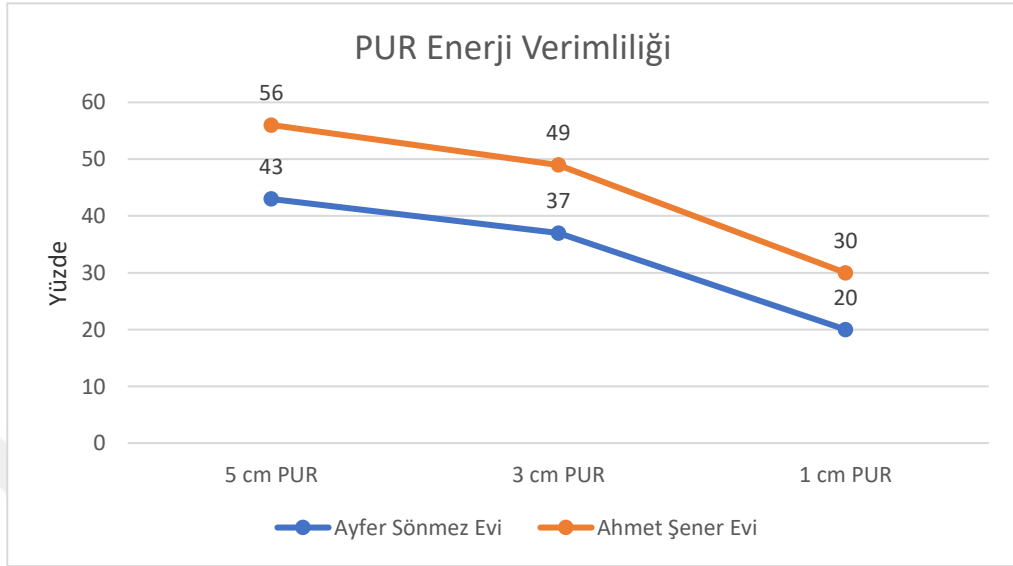


**Şekil 5.12.** EPS Yalıtım Malzemesi Uygulandığında Enerji Verimi

PUR yalıtım malzemesi yapılara uygulandığında enerji verimi I.iklim bölgesinde bulunan Ahmet Şener Evininin, III.iklim bölgesinde bulunan Ayfer Sönmez Evine göre;

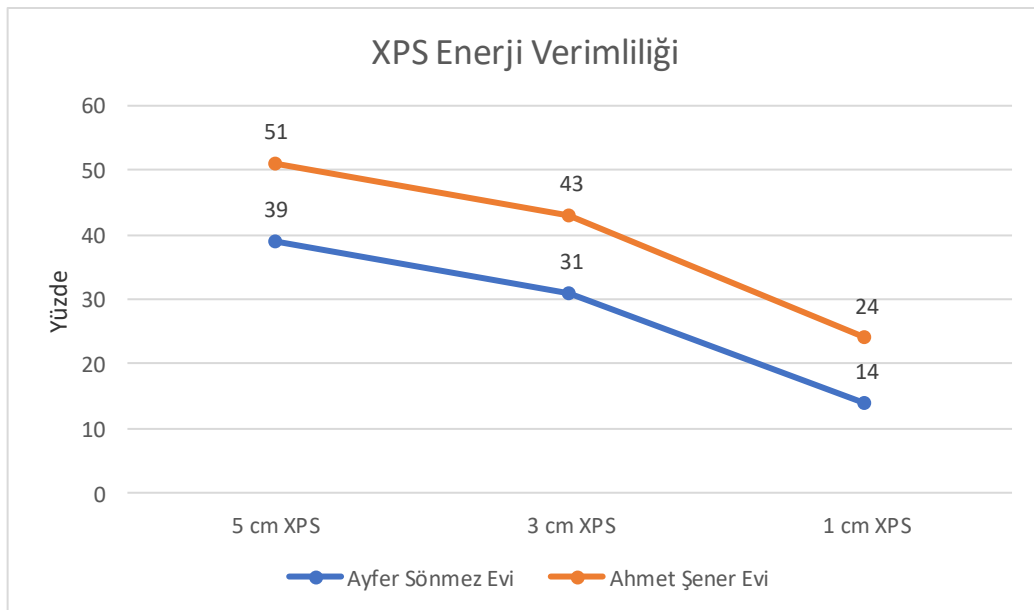


5 cm PUR uygulamasında %13, 3 cm PUR uygulamasında %12, 1 cm PUR uygulamasında %10 daha verimli olduğu gözlemlenmiştir. Veriler incelendiğinde yalıtım malzemesinin kalınlığı azaldıkça verim farkı azalmaktadır (Şekil 5.13.).



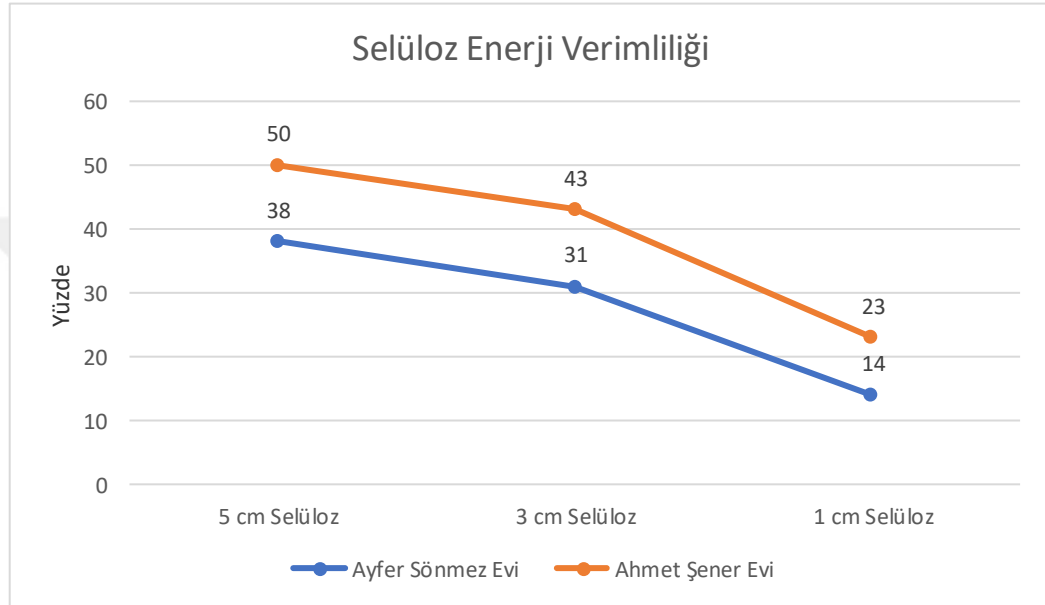
Şekil 5.13. PUR Yalıtım Malzemesi Uygulandığında Enerji Verimi

XPS yalıtım malzemesi yapılara uygulandığında enerji verimi I.iklim bölgesinde bulunan Ahmet Şener Evininin, III.iklim bölgesinde bulunan Ayfer Sönmez Evine göre; 5 cm XPS uygulamasında %12, 3 cm XPS uygulamasında %12, 1 cm XPS uygulamasında %10, daha verimli olduğu anlaşılmaktadır. 5 cm ve 3 cm XPS uygulamasının enerji verimliliklerinin yapılar için aynı olduğu görülmüştür. Kalınlık düştükçe verimliliğin azaldığı 1 cm 'lik uygulamada verilere göre anlaşılmaktadır (Şekil 5.14.).



Şekil 5.14. XPS Yalıtım Malzemesi Uygulandığında Enerji Verimi

Selüloz yalıtım malzemesi yapılara uygulandığında enerji verimi I.iklim bölgesinde bulunan Ahmet Şener Evinin, III.iklim bölgesinde bulunan Ayfer Sönmez Evine göre; Selüloz uygulamasında %12, 3 cm Selüloz uygulamasında %12, 1 cm Selüloz uygulamasında %9 daha verimli olduğu verilerden elde edilmiştir. Diğer yapı malzemelerindeki kalınlığın azaldıkça verimin düşmesi Selüloz içinde geçerlidir (Şekil 5.15.).



Şekil 5.15. Selüloz Yalıtım Malzemesi Uygulandığında Enerji Verimi

#### 5.4. Bölüm Sonucu

İki farklı iklim bölgesindeki tarihi yapılara HBIM model üzerinden uygulanan yalıtım malzemelerinin, sıva ve cam türlerinin performansları incelendiğinde aşağıdaki çıkarımlar yapılabilir;

- Yalıtım malzemesinin özelliği iklim bölgelerine göre farklı performanslar sergilemektedir.
- I.ve III. İklim bölgelerinde bulunan tarihi yapılar arasında gerçekleştirilen benzer güçlendirmelerde I. İklim bölgesindeki tarihi yapıdaki iyileştirme genel olarak malzemelerin ortalamasına göre yaklaşık %12 daha verimlidir.
- Yalıtım malzemelerinin kalınlığı artıkça malzemelerin verimliliği I. iklim bölgesinde bulunan yapıda daha fazla artmaktadır.
- Yalıtım malzemelerinin kalınlığı azaldıkça iklim bölgeleri arasındaki malzemelerin verimlilik farkı azalmaktadır.

- Her tarihi yapı farklı özellikler içermektedir. Bu nedenle yalıtım malzemesi seçimi önemli bir parametredir.
- Yalıtım malzemelerinin kalınlıkları tarihi yapılara müdahale kararları içerisinde önemli ölçütlerdir. Kalınlıklara göre tarihi yapılarda kullanılan alan azalabilir, müdahale ölçütleri değişebilir ve yapı tipolojisine zarar verilebilir.
- Farklı kalınlıklardaki yalıtım malzemeleri bir arada kullanılabilir.
- Farklı özellikteki yalıtım malzemeleri tarihi binalarda uygun yüzeylere göre bir arada kullanılabilir.
- Cam kalınlığı artıkça yapıların ısı performansını artmaktadır.
- Güneş enerji kazançları pencere yüzeyleri artıkça artmaktadır.
- İklim bölgelerine göre pencere yüzey alanlarının etkisi ısı performansını etkilemektedir.
- Kompozit sıvaların kullanımı tarihi yapılardan ısı performansına olumlu katkı yapmaktadır.
- Farklı değişkenlerin bir arada kullanımı ile miras yapılarının ısı performansları kabul edilen yasal seviyelere indirilebilmektedir.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılardaki enerji tüketimi, toplam tüketilen enerjinin ve karbon ayak izinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle, yapıların enerji verimliliğini artırmak küresel anlamda etki edecek çok önemli stratejilerden biridir. Yapıların enerji verimliliği artırılırken kültür mirası yapılar bu hedeflerin dışında bırakılmamalıdır. Başta Avrupa ülkelerinde olmak üzere tarihi yapılar tüm dünyada bu konuda büyük bir paya sahiptirler. Kentlerimizde ve kırsallarımızda kendilerine has kimlikleriyle bulunan Geleneksel Türk Evleri'nin günümüz şartlarına uygun iyileştirmelerle sürdürülebilirliğinin sağlanması bu anlamda oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, Geleneksel Türk Evlerinin korunması, onarımı ve restorasyonuna yönelik BIM tabanlı bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Kültür mirası olan bu binaların güçlendirme potansiyellerinin belirlenmiş ve olası ısı performans güçlendirme müdahalelerinin uygulanarak yapıların sürdürülebilirliğinin sağlanması hedeflenmiştir. Bu nedenle semantik bir bakış açısıyla BIM tabanlı yarı-parametrik etkileşimli bir sistem geliştirilerek tarihi yapılara en az müdahale ile en etkin enerji performans artırımları sağlanmıştır. Geliştirilen sistem görsel programlama aracı Dynamo arayüzünde BIM ve TS 825 standardı tabanlı, tüm tasarım ve uygulama süreçleri içerisinde barındıran, farklı disiplinlerle koordinasyonu sağlayan etkin ve esnek bir enerji performans hesaplama ve optimizasyon aracıdır. Enerji hesap sonuçlarının HBIM modelden parametrik ilişkileri ile entegreli olarak eş zamanlı şekilde elde edilmesini sağlar. Bu nedenle, tüm süreçle ilgili olarak, verimli çözüm alternatifleri geliştirmek için farklı bir araca ihtiyaç duyulmaksızın kullanılabilir. Ayrıca, iklim verilerindeki önemli değişikliklerin, bu yapıların güçlendirme çözümlerinin belirlenmesinde ısı performans etkileri ve tasarım seçeneklerindeki üstlendikleri rol; analiz, uygulama ve detay aşamalarında model üzerinden sistem tarafından yönetimi sağlanmıştır. Çalışmada ısı performansın hesaplanmasında optimizasyon denenmiştir. Ancak tarihi yapılarının her birinin özgün yapılar olduklarından dolayı tam optimizasyonda verimli sonuçlara ulaşılamamış ve sistem sürdürülebilir kılınamamıştır. Bu nedenle tez içeriğine dahil edilmemiştir.

Bina enerji tahmininde iklim verileri, enerji performansının doğruluk düzeyine hakimdir. TS 825 standardı, I.iklim bölgesi ve III.iklim bölgesi kıyaslandığında bölgelere göre farklı değerlere ulaşılmaktadır. Tarihi yapılara minimum müdahale ile karar vericinin bina kabuğundaki olası tasarım alternatiflerini değiştirerek karar verme

sürecinde etkili tasarımı göz önünde bulundurarak bina enerji tüketimini iyileştirilip ve bina yaşam döngüsü performansının artırıldığı bu çalışma ile sağlanmıştır. Bu sayede tarihi yapılarda yerinde çözümler ile değil semantik ve planlı tasarım ve uygulama aşamaları için önemli bir yenilik getirilmiştir. Aynı zamanda BIM'i bir sistem olarak ele alan bu tez, yapı yenilenme kararının verildiği ilk andan itibaren dijital tarama ve yerinde ölçülen değerlerin bir arada getirilmesi, veri tabanı oluşturulmasına, her karar aşamasının önceden dijital ortamda simüle edilmesi ,farklı disiplinlin ve karar vericiler ile iş birliği yapması bu koordinasyon ve yönetimi sağlarken de kültürel miras yapıları ve teknolojik yenilikler arasındaki potansiyellerin artırılması gibi farklı parametrelere göre HBIM modelinin kullanımının önem ve kolaylığı açısından oldukça değerlidir. Tarihi yapılarda ısı yalıtım malzemeleri, sıvalar ve cam çeşitlerinin kullanımının farklı aşamalarda denenerek yapının ısı performansının istenilen seviyeye yerinde denemesi mümkün olabilecek kombinasyonların denenerek ulaşmasına, oluşturulan sistem izin vermektedir.

Çalışma içerisinde oluşturulan akıllı nesne kütüphanelerinin restitüsyon çalışmaları ve farklı projelerde kullanılması tarihi yapıların kentsel ölçekte varlıklarını sürdürmesi için altyapı sağlamıştır. Ancak, kültürel mirasa yönelik yeni yaklaşımların kabul görmesi için zaman, tecrübe, ekonomi, teknik ve donanımsal yeterlilik gibi birçok parametrenin sağlanmasının oldukça yüksek çaba gerektirdiği açıktır.

Bu tez çalışması, HBIM'in ülke genelinde farkındalığı ve bilinirliği için önemlidir. HBIM model sayesinde farklı dönemlerde gerçekleştirilecek müdahaleler ve olası felaketler (yangın, deprem vb.) için yapıların tüm detayları ile saklanabilir. Bu sayede olası sorunlar önceden kontrol edilebilmektedir. Bu çalışma tarihi binaların enerji verimliliğinin artırılarak atmosfere CO<sub>2</sub> salınımının azaltılabileceği ve iklim değişikliği için küresel ortamda literatüre katkı sağlamaktadır.

Konu mimari koruma ile BIM teknolojilerinin ve çözüm önerilerinin kesişimindedir. Çalışma sonucunda BIM teknolojileri ile gereksinim duyulan malzeme yenilemeleri, yalıtım detayları doğrudan tek yapı ölçeğindeki koruma prensipleri ile doğrudan ilişkilidir. Hem ısı performans optimize edilmesi hedeflenirken aynı zamanda tarihi yapının özgün kimliğinin bozulmaması temel ana fikir olmuştur. Çalışma süreci içerisinde önerilen malzemeler, yalıtım detayları ilgili kurulların örnek projeleri referans alınarak hazırlanmıştır. Böylelikle tarihi bir yapının kültürel, estetik ve özgünlük niteliklerine zarar vermeden ısı performansının artırılacağı görülmüştür. Bu bağlamda BIM teknolojilerinin de tarihi yapı detaylarını ve malzeme türlerinin

modellenmesinde kolaylık sağlayacak bilgi altyapısını geliştirmesi gerektiği de çalışma sonuçları arasındadır.

Gelişen teknolojilere paralel olarak kültürel miras çalışmalarında bu teknolojilerin kullanımı nitelikli koruma uygulamaları için gün geçtikçe önemli olmaktadır. Bu teknolojilerin verimli kullanımları ile sahip olduğumuz kültürel miras ile ilgili her türlü çalışmalarda kolaylıklar gözlemlenmekte bu kolaylıklar kültür mirasının güncel yaşama dahil edilmesini temin etmiş olacaktırlar. Daha nitelikli koruma uygulamalarının üretilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

Son olarak çalışmanın başında belirlenen tezin ana hipotezi “parametrik tasarım araçları tarihi binaların ısı performanslarının değerlendirilmesinde klasik hesaplamalara göre kolaylık sağlamak ve bu kolaylıklar koruma uygulamalarının verimliliğini artırmaktadır” önermesi ve doğrulanmıştır.

**KAYNAKLAR**

- Abbate E., Invernizzi S., Spano A., 2020, HBIM parametric modelling from clouds to perform structural analyses based on finite elements: a case study on a parabolic concrete vault, *Applied Geomatics* <https://doi.org/10.1007/s12518-020-00341>
- Agliata R., Marino A., Mollo L. ve Pariso P., 2020, Historic Building Energy Audit and Retrofit Simulation with Hemp-Lime Plaster—A Case Study, *Sustainability* 2020, 12, 4620; doi:10.3390/su12114620
- Agnello F., Avella F., Agnello S., 2019, Virtual Reality For Historical Architecture, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-2/W9, 8th Intl. Workshop 3D-ARCH “3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures”, Bergamo, Italy
- Ahunbay Z., 2009, *Tarihi Çevrede Koruma ve Restorasyon*, İstanbul: Yapı Endüstri Merkezi Yayını
- Akkoyunlu T., 2015, *Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Aksin F. N. Ve Arslan Selçuk S., 2019, Using Parametric Algorithms Within The Context Of Energy Optimization Of Building Skins, *GU J Sci, Part B*, 7(3): 413-425
- Alshawi, M., & Faraj, I. 2002, Integrated construction environments: technology and implementation. *Construction Innovation*, 2(1), 33-51.
- Alt B. 2019, *Konut Projelerinde Tasarım Parametrelerinin Enerji Performansı Üzerine Etkilerinin Bir Alan Çalışmasıyla Değerlendirilmesi*, İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi.
- Altun M., 2015, *Model Based Building Energy Optimization Using Meta-Heuristics*, İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ
- Altun M., Akçamete Güngör A. 2016, *Yapı Bilgi Modellemesi Tabanlı Bina Enerji Optimizasyonu*, 4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 3 – 5 Kasım 2016 Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir
- Altun M. Akçamete A., 2019, Application Of Ts 825 Turkish Thermal Insulation Standard Using Bim, *International Civil Engineering and Architectural Conference (ICEARC'19)*
- Al-Homoud M.S., 2005, Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials, *Build. Environ.*
- Amstock, J., 1997. *Handbook of Glass Construction*, McGraw- Hill, New York.

- Apollonio F. I., Gaiani M., Zheng S. 2012, Bim-Based Modeling And Data Enrichment Of Classical Architectural Buildings, SCIRES-IT SCientific RESearch and Information Technology Ricerca Scientifica e Tecnologie dell'Informazione Vol 2, Issue 2, 41-62
- Arayici, Y., 2008., Towards Building Information Modelling for Existing Structures, Structural Survey, 26.3, 210-222.
- ASHRAE, 1997, "Handbook: Fundamentals, Chapter 29, Fenestration", American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers, Inc., Atlanta GA,
- Azhar S., Brown J., 2008, BIM-based Sustainability Analysis: An Evaluation of Building Performance Analysis Software
- Azhar S. 2011, Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership Manage. Eng., , 11(3): 241-252
- Azhar S, Khalfan M, Maqsood T. 2012, Building Information Modelling (BIM): now and beyond. Australas J Constr Econ Build. 12(4):15.
- Bagnolo V., Argiolas R., Cuccu A., 2018, Digital Survey And Algorithmic Modeling In Hbim. Towards A Library Of Complex Construction Elements., The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W12, 5th International Conference on Geoinformation Science – GeoAdvances, Casablanca, Morocco
- Baker P., 2008, Historic Scotland Technical Paper 1 – Thermal performance of traditional windows. Edinburgh: Historic Scotland
- Baik A, Alitany A, Boehm J, Robson S. 2014, Jeddah historical Building Information Modelling "JHBIM" object library. ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci. Vol. 2(5), 2014 ISPRS Tech Comm V Symp 23–25 June, Riva del Garda, Italy.:2(5):41–7.
- Baik A., 2017, From point cloud to Jeddah Heritage BIM Nasif Historical House – case study, Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage 4 1–18
- Bakar S.K.A. ve Abdullah A.H., 2012, Simulation of Thermal Performance in an Office Building, 2012 IEEE Business, Engineering & Industrial Applications Colloquium (BEIAC)
- Baki, E.A., 1949, XV. Yüzyıl Konya-Karaman Şairlerinden Aynî Hayatı Şiirleri ve Karamanoğulları Son Devrine Ait Toplu Bilgiler, Ankara, s.55;
- Barazzetti L., Banfi F., Brumana R., Gusmeroli G., Previtali M., Schiantarelli G., 2015, Cloud-to-BIM-to-FEM: Structural simulation with accurate historic BIM from



laser scans, *Simulation Modelling Practice and Theory*, [Volume 57](#), September, Pages 71-87.

- Barazzetti L., Banfi F., Brumana R., Previtali M., Roncoroni F., 2016, BIM From Laser Scans... Not Just For Buildings: Nurbs-Based Parametric Modeling Of A Medieval Bridge, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume III-5, XXIII ISPRS Congress, , Prague, Czech Republic
- Banfi F., Brumana R., Stanga C., 2019, Extended Reality And Informative Models For The Architectural Heritage: From Scan-To-Bim Process To Virtual And Augmented Reality, *Virtual Archaeology Review*, 10(21): 14-30
- Başyazıcı İ.U., 2018, BIMgenius Türkiye BIM Raporu Genel Eğilim ve Beklentiler, Araştırma Raporu
- Beltramo S., Diara F., Rinaudo F., 2019, Evaluation Of An Integrative Approach Between HBIM And Architecture History, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-2/W11,– 2nd International Conference of Geomatics and Restoration, , Milan, Italy
- Bonacina C, Baggio P, Cappelletti F, Romagnoni P, Stevan AG., 2015, The Scrovegni Chapel: the results of over 20 years of indoor climate monitoring. *Energy Build*, 95:144–52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.12.018>.
- Bozi J., 2015, Nano Insulation Materials For Energy Efficient Buildings. *Contemporary Materials*, 11. <https://doi.org/doi: 10.7251/COMEN1502149B>
- Bölük E., 2016, Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi, Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü, T.C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü
- Bratasz, L, Kozłowski R., Kozłowska A., Rachwał B., 2008, *Wood Science for Conservation of Cultural Heritage –Braga 2008: Proceedings of the International Conference held by COST Action IE0601 (Braga - Portugal, 5-7 November 2008, ISBN 978-88-6453-157-1*
- Brito N.S., 2016, Mismatch, exclusion and inclusion: threats / opportunities for historic buildings in the current energy efficiency paradigm , *EECHB-2016 Energy Efficiency and Comfort of Historic Buildings* ,Brussels, Belgium
- Brumana R, Oreni D, Raimondi A, Georgopoulos A, Bregianni 2013, A. From survey to HBIM for documentation, dissemination and management of built heritage: the case study of St. Maria in Scaria d’Intelvi. In: *Proceedings of the DigitalHeritage 2013—federating the 19th Int’l VSMM, 10th Eurographics GCH, and 2nd UNESCO Memory of the World Conferences, Plus Special Sessions from CAA, Arqueologica 20 et al. IEEE. p. 497–504*

- Brumana R., Oreni D., Barazzetti L., Cuca B.,Previtali M. ve Banfi F., 2020, Survey and Scan to BIM Model for the Knowledge of Built Heritage and the Management of Conservation Activities, Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment, Research for Development
- Bruno N. 2017,From survey to analysis for Cultural Heritage management: a new proposal for database design in BIM, Doktora Tezi, Parma Üniversitesi.
- Bynum P., 2010. Building Information Modeling in Support of Sustainable Design and Construction, University of Florida.
- Camuffo D., 2014, Microclimate for cultural heritage: conservation, restoration, and maintenance of indoor and outdoor monuments, 2nd edition. Boston, Amsterdam: Elsevier Science
- Capone M, Lanzara E.,2019, Scan-To-Bim Vs 3d Ideal Model Hbim: Parametric Tools To Study Domes Geometry, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W9, 8th Intl. Workshop 3D-ARCH “3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures”, Bergamo, Italy
- Castaldo V.L., Pisello A. L., Boarin P., Petrozzi A.ve Cotana F., 2017, The Experience of International Sustainability Protocols for Retrofitting Historical Buildings in Italy, Buildings 2017, 7, 52; doi:10.3390/buildings7020052
- Castellano-Roman M., ve Pinto-Puerto F., 2019, Dimensions and Levels of Knowledge in Heritage Building Information Modelling, HBIM: The model of the Charterhouse of Jerez (Cadiz, Spain), Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage 14 ,e00110, <https://doi.org/10.1016/j.daach.2019.e00110>
- Cecchini C., Magrini A. and Morandotti M., 2020 The Energy-Oriented Management of Public Historic Buildings: An Integrated Approach and Methodology Applications, Sustainability 2020, 12, 4576; doi:10.3390/su12114576
- CEN, Conservation of Cultural Heritage—Guidelines and Procedures for Choosing Appropriate Lighting for Indoor Exhibitions, European Committee for Standardization, Bruxelles, 2014 (CEN TS/16163)
- Chen Z., Hammad A.W. A., Kamardeen I. ve Akbarnezhad A.,2020, Optimising Embodied Energy and Thermal Performance of Thermal Insulation in Building Envelopes via an Automated Building Information Modelling (BIM) Tool,Buildings 2020, 10, 218
- Chelson D.E., 2010, The Effects of Building Information Modeling on Construction Site Productivity, Ph.D. thesis, University of Maryland, 314 pages

- Cheng Y-M., Kuo C-L., Mou C-C., 2021, Ontology-Based Hbim For Historic Buildings With Traditional Woodwork In Taiwan, Journal of Civil Engineering and Management ISSN 1392-3730/eISSN 1822-3605 , Volume 27 Issue 1: 27–44 <https://doi.org/10.3846/jcem.2021.14115>
- Chiabrando F., Sammartano G., Spano A.2016, Historical Buildings Models And Their Handling Via 3d Survey: From Points Clouds To User-Oriented Hbim, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B5, XXIII ISPRS Congress, , Prague, Czech Republic
- Christiernsson M., Geijer M. ve Malafry M. 2021,Energy efficiency, cultural heritage values and the law – conflicts and potential solutions A IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 863012026 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/863/1/012026
- Clarke J. A., Yaneske, P. P. & Pinney A. A. 1990, The Harmonisation of Thermal Properties of Building Materials. BRE Publication, BEPAC Research Report, 42.
- COE 1975 “Amsterdam Bildirgesi: Avrupa Mimari Miras Kongresi”, i.e, Cilt: 2, 327-335.
- Costantino D. Pepe M. , Restuccia A.G., 2021, Scan-to-HBIM for conservation and preservation of Cultural Heritage building: the case study of San Nicola in Montedoro church (Italy), Applied Geomatics <https://doi.org/10.1007/s12518-021-00359-2>
- Çakmak Ş., Yalçın G.,2018, Yeni Bulgular Işığında Tire Bedesteni, TÜBA-KED 17/2018
- Çapkın H.,2020, Development Of Bim Learning Scenarios For Architectural Education,Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi ,Fen Bilimleri Enstitüsü
- Çelebi E.,1935, Seyahatnâme, C.IX, , s. 162-165.
- Çetinkaya E.İ, 2017,İnşaat Sektöründe Bim Ve Dijital Üretim Kavramlarının Birlikte Çalışabilirliği Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Darkot B., 1974, “Tire”, İslam Ansiklopedisi, C. XII/1 , İstanbul, s. 380
- Del Giudice, M., , Osello, A. 2013. BIM for Cultural Heritage. XXIV International CIPA Symposium. September 2-6, 2013, Strasbourg, France.
- Dikmen Ç. B., 2011 Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi Journal of Polytechnic Cilt:14 Sayı: 2 s. 121-134, 2011 Vol: 14 No: 2 pp. 121-134,
- Di Stefano F., Malinverni E.S., Pierdicca R., Fangi G., Ejupi S. ,2019, HBIM Implementation For An Ottoman Mosque. Case Of Study: Sultan Mehmet Fatih

II Mosque In Kosovo, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W15, 27th CIPA International Symposium “Documenting the past for a better future”, Ávila, Spain

Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings

Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC

Dore, C., Murphy, M., McCarthy, S., Brechin, F., Casidy, C. & Dirix, E. (2015). Structural simulations and conservation analysis – historic building information model (HBIM). International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 40(5/W4), pp. 351–357

Dossick, C. S., & Neff, G. (2009). Organizational divisions in BIM-enabled commercial construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(4), 459-467.

Dunn, N. (2010). *Architectural Modelmaking*, London: Laurance King Publishing.

Dünya Enerji Konseyi – Türk Milli Komitesi, 2020, Dünya Enerji Raporu 2020, Url: [dunyaenerji.org.tr](http://dunyaenerji.org.tr)

Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K., 2008. “BIM Handbook, A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors”, John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. 2011, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (2ed.): Wiley.

Economidou, M, Atanasiu, B, Despret, C, Maio, J, Nolte, I, Rapf, O, Laustsen, J, Ruysssevelt, P, Staniaszek, D, Strong, D ve Zinetti, S. 2011, *Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings..* BPIE, Hollanda,

EFFESUS. *Energy Efficiency for EU Historic Districts Sustainability. European Building and Urban Stock Data Collection.* 2013.

EN 16883:2017., *Conservation of cultural heritage – Guidelines for improving the energy performance of historic buildings.* Brussels: European Committee for Standardization, 2017.

Erdik M. ve Tülübaş Gökuç Y.,2020, Türk yapı sektöründe yapı bilgi modellemesinin adaptasyonu, *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 22(1), 159-171

- Ergöz Karahan E., 2017, Geleneksel ve Günümüz Konutunda Sürdürülebilirlik ve Yaşam Alışkanlıkları: Osmaneli Örneği, MEGARON 2017;12(3):497-510 DOI: 10.5505/megaron.2017.27037
- European Commission 2013, Financial support for energy efficiency in buildings. Report from the commission to the European parliament and the council, COM(2013) 225
- Evangelisti L., Guattari C., Gori P. ve Vollaro R.L.,2015, In Situ Thermal Transmittance Measurements for Investigating Differences between Wall Models and Actual Building Performance, Sustainability 2015, 7, 10388-10398; doi:10.3390/su70810388
- ExxonMobil 2019 “2019 Outlook for Energy: A View to 2040”, url: [https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/outlook-for-energy/2019-Outlook-for-Energy\\_v4.pdf](https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/outlook-for-energy/2019-Outlook-for-Energy_v4.pdf)
- Fadli F. ve Alsaeed M., 2019, Digitizing Vanishing Architectural Heritage; The Design and Development of Qatar Historic Buildings Information Modeling [Q-HBIM] Platform, Sustainability, 11, 2501; doi:10.3390/su11092501
- Fai S., Graham K., Duckworth T., Wood N., Attar R., 2011. Building Information Modeling and Heritage Documentation, CIPA 2011 Conference Proceedings: XXIIIrd International CIPA Symposium.
- Fai S, Filippi M, Paliaga S. 2013, Parametric modelling (BIM) for the documentation of vernacular construction methods: a BIM model for the commissariat building, Ottawa, Canada. ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci. 2(5)/W1(5):115–20.
- Feriel B., İlham K. ve Souad S.B 2018, Investigating the Synergy of Integrated Project Delivery and Building Information Modeling in the Conservation of the Architectural Heritage Contemporary Urban Affairs , 2(3), 67-77.
- Federman A. 2017, Documentation for the Conservation of Built Heritage: Analysis of Recording Methodologies Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Ottawa, Kanada
- Fouseki K. , Newton D., Murillo Camacho K.S., Nandi S. Ve Koukou T., 2020, Energy Efficiency, Thermal Comfort, and Heritage Conservation in Residential Historic Buildings as Dynamic and Systemic Socio-Cultural Practices., Atmosphere 2020, 11, 604
- Gerrisha T., Ruikara K., Cooka M., Johnsonb M., Phillipb M., Lowry C. ,2017, BIM application to building energy performance visualisation andmanagement: Challenges and potential , Energy and Buildings 144 (2017) 218–228

- Geven F., Ünal Ayvaz, Özdeniz E., 2017, Phlomido armeniaca - Astragalion microcephali için Yeni Sintakson (Karaman/Ermenek/Türkiye), S.Ü.Fen Fakültesi Fen Dergisi
- Gigliarelli E., Calcerano F. ve Cessari L.,2017, Heritage Bim, Numerical Simulation and Decision Support Systems: an Integrated Approach for Historical Buildings Retrofit, Energy Procedia 133 135–144, doi:10.1016/j.egypro.2017.09.379
- Gigliarelli E., Calcerano F., D’Uffizi F., Biccari C.D., Mangialardi G,Campari M. 2019, From Heritage BIM to BPS, a computational design-based interoperability approach, Proceedings of the 16th IBPSA Conference Rome, Italy, Sept. 2-4, 2019
- Gou S, Li Z, Zhao Q, Nik VM, Scartezini J-L., 2015, Climate responsive strategies of traditional dwellings located in an ancient village in hot summer and cold winter region of China. Build Environ, 86:151–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.12.003>
- Guzzetti, F., Anyabolu, K.L.N., Biolo, F., D’Ambrosio, L.,2021, BIM for Existing Construction: A Different Logic Scheme and an Alternative Semantic to Enhance the Interoperability. Appl. Sci., 11, 1855. <https://doi.org/10.3390/app11041855>
- Hardin, B. 2009. BIM and construction management, Wiley, Indianapolis, IN. url:<https://www.autodesk.com.tr/solutions/revit-vs-autocad>
- Hansen E.J.P., Wittchen K.B.,2018, Energy savings due to internal façade insulation in historic buildings, Energy Efficiency in Historic Buildings 2018
- Hao R.L , Herrera-Avellanosa D. , Del Pero C. ve Troi A. 2020, What Are the Implications of Climate Change for Retrofitted Historic Buildings? A Literature Review , Sustainability 2020, 12, 7557
- HEAG039 ,2014, Historic England Design: Historic England
- HEAG014 2017, Energy Efficiency and Historic Buildings Application of Part L of the Building Regulationsto Historic and Traditionally Constructed Buildings, Historic England <url:www.HistoricEngland.org.uk/energyefficiency>
- HEAG094 2018, Energy Efficiency and Historic Buildings, How to Improve Energy Efficiency, Historic England <url:www.HistoricEngland.org.uk/energyefficiency>
- Hu M. 2019, Optimized Renovation Strategies of Education Building – a novel BIM/BPM/BEM Framework, Proceedings of the 16th IBPSA Conference Rome, Italy, Sept. 2-4,
- IEA. Uluslararası Enerji Ajansı 2020 - The global exchange for energy efficiency policies, data and analysis;. Retrieved September 24, 2019, from The International Energy Agency website: <https://www.iea.org/topics/energyefficiency/buildings/>.

- ICOMOS 1964, The Venice Charter: international charter for conservation and restoration of monuments and sites. ICOMOS, Paris
- ICOMOS 1994, Nara Document on Authenticity [online]. ICOMOS, Paris.
- International Institute for Sustainable Development, (IISD),2019 ,İklim Zirvesi'nde 77 Ülke, 100'den Fazla Şehir 2050'ye Kadar Net Sıfır Karbon Emisyonu Taahhüdü, url: <https://sdg.iisd.org/news/77-countries-100-cities-commit-to-net-zero-carbon-emissions-by-2050-at-climate-summit/>
- Kapoor E.,2019, Innovation in Renovation, optimizing interior insulation application workflow, Master Thesis, TU Delft Architecture and the Built Environment
- Kamela E., Memarib A. M.,2019, Review of BIM's application in energy simulation: Tools, issues, and solutions, Automation in Construction 97 (2019) 164–180
- Kanan N. Ö. 2012, Tarihi Yapılarda Enerji Kazancı Sağlamak Amacıyla Çatı Ve Cephe Bütünleşik Aktif Sistemlerin Kullanımı, 6. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 12 -13 Nisan 2012 Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi - Görükle Kampüsü – Bursa
- Karasu B. ve Sarıcaoğlu B., 2018, Cam Yüzey Kaplama Teknolojileri, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 5, No: 2
- Kazanasmaz T.,ve Diler Y., 2011, Gelişmiş Cam Teknolojileri İle Enerji Etkinliğin Değerlendirmesi, V1. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu
- Khaddaj M. ve Srour I.,2016, Using BIM to Retrofit Existing Buildings, Procedia Engineering 145 1526 – 1533
- Khodeir L.M. , Aly D., Tarek S.,2016, Integrating HBIM (Heritage Buildingv Information Modeling) Tools in the Application of Sustainable Retrofitting of Heritage Buildings in Egypt, Improving Sustainability Concept in Developing Countries
- Kimance, A. G. 2002. An integrated Product and Process Information Modelling System for On-Site Construction. Doktora Tezi – Loughborough Üniversitesi
- Kılıçaslan A.E ve Kuş H. 2021, Mevcut binaların dış duvarlarına yapılan dıştan ısı yalıtımı uygulamalarının ısı ve nemsel performansının değerlendirilmesi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 36:1 (2021) 89-103
- Klaus, T. (2010). Energy target 2050: 100 % renewable electricity supply. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/en\\_ergieziel\\_2050\\_kurz.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/en_ergieziel_2050_kurz.pdf)
- Kolokotsa D, Diakaki C, Grigoroudis E, Stavrakakis G, Kalaitzakis K.,2009, Decision support methodologies on the energy efficiency and energy management in

- buildings. *Adv Build Energy Res.*,121–46. <http://dx.doi.org/10.3763/aber.2009.0305>.
- Kovaçeviç V.C., Conti A., Borri C., Tucci G., Hollberg C., Matta C., Fiorini L., Betti M. ve Pintucchi B.,2019, An Integrated Computational Approach For Heritage Monumental Museums, *Eccomas Proceedia COMPDYN* ,2878-2892 doi: 10.7712/120119.7117.19725
- Koyun T. Ve Koç ., 2017 Bir Binanın Değişken Cam ve Dış Duvar Tiplerine Göre Pencere/Duvar Alanı Oranlarının Bina Isı Kayıplarına Etkisi, *Mühendis ve Makine* cilt 58, sayı 688, s. 1-14,
- La Russa F.M, Santagati C.2020, Machine Learning for the preservation of museum collections in historical Architecture, D2.T8.S2. THE COGNITIVE CITY (AI) - Volume 2 - eCAADe 38
- Leon-Robles C.A., Reinoso-Gordo J.F. ve Gonzalez-Quinones J.J., 2019, Heritage Building Information Modeling (H-BIM) Applied To A Stone Bridge, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 8, 121; <https://doi.org/10.3390/ijgi8030121>
- Li S. , Liu L. ve Peng C., 2020,A Review of Performance-Oriented Architectural Design and Optimization in the Context of Sustainability: Dividends and Challenges , *Sustainability* 2020, 12, 1427
- L1 B.2017, Use of Building Energy Simulation Software in Early-Stage of Design Process ,Degree Project No. 459, 2017, KTH Royal Institute of Technology Division of Building Technology Department of Civil Engineering and Architecture SE-100 44 Stockholm, Sweden
- Li W. , Tian Z. , Lu Y. , Fu F., 2018, Stepwise calibration for residential building thermal performance model using hourly heat consumption data, *Energy & Buildings*,doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.10.001>
- Lim Y.W., Majid H. A., Samah A. A., Ahmad M. H., Ossen D. R., Harun M. F. Ve Shahsavari F., 2018, Bim And Genetic Algorithm Optimisation For Sustainable Building Envelope Design,Y.-W. Lim, et al., *Int. J. Sus. Dev. Plann.* Vol. 13, No. 1 (2018) 151–159
- Lim Y-W. , Takı Eddine Seghier T.S, Harun M.F, Ahmad M.H, Samah A.A ve Majid H.A.2019,Computational Bim For Green Retrofitting Of The Existing Building Envelope, *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations III* 33, *WIT Transactions on The Built Environment*, Vol 192,
- Linderoth, H. C. J. 2010, Understanding adoption and use of BIM as the creation of actor networks. *Automation in Construction*, 19(1), 66-72.
- Logothetis, S., Delinasiou, A., and Stylianidis, E., 2015 , *Building Information Modelling for Cultural Heritage: A review*, *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, II-5/W3, 177-183



- Logothetis S, Stylianidis E, 2016, Bim Open Source Software (Oss) For The Documentation Of Cultural Heritage. *Virtual Archaeology Review*, 7(15): 28-35,
- Ma Z, Cooper P, Daly D, Ledo L., 2012, Existing building retrofits: methodology and state-of-the-art. *Energy Build* . <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.018>
- Ma Y. P., Lin M. C. Ve Hsu C. C. 2016, Enhance Architectural Heritage Conservation Using Bim Technology Living Systems and Micro-Utopias: Towards Continuous Designing, *Proceedings of the 21st International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia CAADRIA* , 477–486
- Maisarah A., Kamsiah M. I., Khairusy S. H., Saifulnizam S., Muhammad H. M., 2018, Heritage Building Preservation Through Building Information Modelling: Reviving Cultural Values Through Level Of Development Exploration, *Journal of the Malaysian Institute of Planners VOLUME 16 ISSUE 2* , Page 62 – 72
- Malinverni E. S., Mariano F., Di Stefano F., Petetta L., Onori F., Modelling In Hbim To Document Materials Decay By A Thematic Mapping To Manage The Cultural Heritage: The Case Of “Chiesa Della Pietà” In Fermo The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W11, 2019 GEORES 2019 – 2nd International Conference of Geomatics and Restoration, 8–10 May 2019, Milan, Italy
- Marzouk M, ElSharkawy M, Eissa A 2020, Optimizing thermal and visual efficiency using parametric configuration of skylights in heritage buildings, *Journal of Building Engineering* 31 (2020) 101385
- Mazzarella L., 2015, Energy retrofit of historic and existing buildings. The legislative and regulatory point of view, *Energy and Buildings*, Special Issue: Historic, historical and existing buildings: designing the retrofit. An overview from energy performances to indoor air quality, 95: 23–31
- McGraw-Hill Construction. 2014. The Business Value of BIM for Owners. url: [https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim\\_construction.pdf](https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf)
- Merçil E. 1991. “Aydınöğulları” T.D.V. *İslam Ansiklopedisi*, C.IV, İstanbul
- Mete, Z. 2012. “Tire” *TDVİA*, 41, 195-197.
- Mol A., Cabaleiro M., Sousa H.S., Branco J.M., 2020, HBIM for storing life-cycle data regarding decay and damage in existing timber structures, *Automation in Construction* 117 , 103262 <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103262>
- Mora R., Sanchez-Aparicio L.J. , Mate-Gonzalez M.A., Garcia-Alvarez J., Sanchez-Aparicio M. , Diego Gonzalez-Aguilera D, 2021, An historical building information modelling approach for the preventive conservation of historical constructions: Application to the Historical Library of Salamanca, *Automation in Construction* Volume 121, Article number 103449 doi: 10.1016/j.autcon.2020.103449

- Mousiadis T., ve Mengana S. 2016, Parametric BIM: Energy Performance Analysis Using Dynamo for Revit Examensarbete Inom Samhällsbyggnad, Avancerad Niva, 30 Hp Stockholm, Sverige
- MiBACT 2015, Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici ed urbani, Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, Roma.
- Mihindu, S., & Arayici, Y. 2008, Digital Construction through BIM Systems will Drive the Re-engineering of Construction Business Practices. Paper presented at the Visualisation, 2008 International Conference.
- Mukhopadhyay, J.; Ore, J.; Amende, K. 2019, Assessing housing retrofits in historic districts in Havre Montana. *Energy Rep.* 2019, 5, 489–500.
- Murphy M. 2012, Historic Building Information Modelling (HBIM) ,For Recording and Documenting Classical Architecture in Dublin Doktora Tezi Mühendislik Fakültesi Trinity Koleji Dublin
- Murphy M, McGovern E, Pavia S., 2013, Historic Building Information Modelling adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *ISPRS J Photogramm Remote Sens.* 76:89–102.
- Murphy, M. , Corns A., Cahill J., Eliashvili E., ve Chenux A.(2017). Developing historic building information modelling guidelines and procedures for architectural heritage in Ireland. , XLII-2/W5, pp.539-546. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W5-539
- Nezamaldin D., 2019, Parametric design with Visual Programming in Dynamo with Revit The conversion from CAD models to BIM and the design of analytical applications, Master Tezi, Mimarlık ve İnşaat Mühendisliği Okulu (ABE), İsveç
- Nieto J. E., Moyano J. J., Rico Delgado F., ve Anton Garcia, D. 2016, Management of built heritage via HBIM Project: A case of study of flooring and tiling. *Virtual Archaeology Review*, 7(14), 1-12. <https://doi.org/10.4995/var.2016.4349>
- Nieto-Julian J.E., Lara L., ve Moyano J., 2021, Implementation of a TeamWork-HBIM for the Management and Sustainability of Architectural Heritage, *Sustainability* , 13, 2161. <https://doi.org/10.3390/su13042161>
- Oreni D., Brumana R., Della Torre S., Banfi F., Barazzetti L., Previtali M., 2014, Survey Turned Into Hbim: The Restoration And The Work Involved Concerning The Basilica Di Collemaggio After The Earthquake (L'aquila), *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume II-5, ISPRS Technical Commission V Symposium, , Riva del Garda, Italy
- Osello, A. (2012). *The future of drawing with BIM for Engineers and Architects*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

- Özgünler M., 2017, Kırsal Sürdürülebilirlik Bağlamında Geleneksel Köy Evlerinde Kullanılan Toprak Esaslı Yapı Malzemelerinin İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi Araştırma makalesi MBUD 2017, 2(2):33-41. e-ISSN: 2548-0170
- Palestini C., Basso A., ve Graziani L. ,2018, Integrated photogrammetric survey and bim modelling for the protection of school heritage, applications on a case study. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, 42(2).
- Palomara I.J., Valldecabresb J.L.G., Tzortzopoulosc P., Pellicerd E., 2020, An online platform to unify and synchronise heritage architecture information, Automation in Construction 110 ,103008, doi: 10.1016/j.autcon.2019.103008
- Panwar N.L., Kaushik S.C., ve Kothari S., 2011.,Role of renewable energy sources in environmental protection: A review .,Renewable and Sustainable Energy Reviews [Volume 15, Issue 3](#), Pages 1513-1524
- Paola P., Oscar S., Alexandra T. ve Valentina C.,2019, Villa Castelli - Transformation of Historical Building into Nearly Zero Energy Building,Applied Mechanics and Materials ,ISSN: 1662-7482, Vol. 887, pp 148-155 ,doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.887.148
- Pavlikova M., Pernicova R. ve Pavlik Z.,2016, Thermophysical properties of hydrophobised lime plaster – Experimental analysis of moisture effect, AIP Conf. Proc. 1752, 040022-1–040022-6; doi: 10.1063/1.4955253
- Peters, T. 2018., New Dialogues About Energy: Performance, Carbon and Climate. In B. Peters & T. Peters (Eds.), Computing the Environment: Digital Design Tools for Simulation and Visualisation of Sustainable Architecture (pp. 14-27): John Wiley & Sons.
- Petzet, M. 2004, Principles of preservation: An introduction to the International Charters for Conservation and Restoration 40 years after the Venice Charter. In: International Charters for Conservation and Restoration. Monuments & Sites, ICOMOS, Munich, pp. 7-29
- Piselli C., Romanelli J., Di Grazia M., Gavagni A., Moretti E. , Nicolini A. , Cotana F., Strangis F., Witte H.J. L. ve Pisello A.L.,2020, An Integrated HBIM Simulation Approach for Energy Retrofit of Historical Buildings Implemented in a Case Study of a Medieval Fortress in Italy, Energies , 13, 2601; doi:10.3390/en13102601
- Plata A.R.M.d.l., Franco P.A.C., Franco J.C., Gibello Bravo V., 2021, Protocol Development for Point Clouds, Triangulated Meshes and Parametric Model Acquisition and Integration in an HBIM Workflow for Change Control and Management in a UNESCO's World Heritage Site. Sensors, 21, 1083. <https://doi.org/10.3390/s21041083>

- Pocobelli D.P, Boehm J., Bryan P., Still J. ve Josep Grau-Bove 2018, BIM for heritage science: a review, *Heritage Science*
- Posani, M., Veiga, M.D.R., Freitas, V.P., 2019, Towards Resilience and Sustainability for Historic Buildings: A Review of Envelope Retrofit Possibilities and a Discussion on Hygric Compatibility of Thermal Insulations. *Int. J. Archit. Herit.* 1–17.
- Previtali M., Brumana R., Stanga C. ve Banfi F., 2020, An Ontology-Based Representation of Vaulted System for HBIM, *Appl. Sci.* , 10, 1377, <https://doi.org/10.3390/app10041377>
- Piderit M.B, Agurto S., ve Marin-Restrepo L., 2019, Reconciling Energy and Heritage: Retrofit of Heritage Buildings in Contexts of Energy Vulnerability, *Sustainability* 2019, 11, 823
- Prizeman O.E.C., 2016, HBIM and matching techniques: considerations for late nineteenth- and early twentieth-century buildings, *Journal of Architectural Conservation*, <https://doi.org/10.1080/13556207.2016.1139852>
- Pocobelli DP, Boehm J, Bryan P, Still J, Grau-Bové J (2018) Building information models for monitoring and simulation data in heritage buildings. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inform Sci XLII-2*:909–916. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-909-2018>
- Rahmanı Asl M. 2015, A Building Information Model (BIM) Based Framework For Performance Optimization, *Doktora Tezi, Teksas A&M Üniversitesi, ABD.*
- Rashdi, W.S.S.W.M.; Embi, M.R. 2016, Analysing Optimum Building Form in Relation to Lower Cooling Load. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 2016, 222, 782–790.
- Rhee-Duverne S, Baker P., 2013, *Research into the thermal performance of traditional brick walls.* London: English Heritage;
- Ruggeri A.G. , Gabrielli L, and Scarpa M., 2020, Energy Retrofit in European Building Portfolios: A Review of Five Key Aspects *Sustainability* 2020, 12, 7465
- Rocha G., Mateus L., Fernández J. ve Ferreira V., 2020, A Scan-to-BIM Methodology Applied to Heritage Buildings, *Heritage* , 3, 47-67; doi:10.3390/heritage3010004
- Sampaio A. , Gomes A.M. , Sanchez-Lite A. , Zulueta P., ve Gonzalez-Gaya C., 2021, Analysis of BIM Methodology Applied to Practical Cases in the Preservation of Heritage Buildings, *Sustainability*, 13, 3129., <https://doi.org/10.3390/su13063129>
- Santonia A. , Talaveranob R.M , Quattrinia R., Frageroc I.J.M., 2021, HBIM Approach To Implement The Historical And Constructive Knowledge. The Case Of The Real Colegiata Of San Isidoro (Leon, Spain), *Virtual Archaeology Review*, 12(24): 49-65, <https://doi.org/10.4995/var.2021.13661>

- Santoli L.,2015, Guidelines on energy efficiency of cultural heritage, Energy and Buildings, Volume 95, 15 May 2015, Pages 2-8
- Savaşkan M.O. 2015., Yüksek Enerji Performanslı Konut Yapıları İçin Bım Tabanlı Bir Açık Kaynak Bilgi Sistemi Modeli, Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü .
- Schiavoni S., D'Alessandro F., Bianchi F., Asdrubali F. ,2016, Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis, Renewable and Sustainable Energy Reviews 62 (2016) 988–1011
- Scianna A., Gaglio G.F., La Guardia M.,2020, HBIM Data Management In Historical And Archaeological Buildings, Archeologia e Calcolatori 31.1, 231-252 doi 10.19282/ac.31.1.2020.11
- Schlueter A. ve Thesseling F.,2009, Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages, Automation in Construction 18 (2009) 153–163
- Sebastian, R.. 2010, Breaking through Business and Legal Barriers of Open Collaborative Processes based on Building Information Modelling (BIM). Paper presented at the W113- Special Track 18th CIB World Building Congress May 2010 Salford, United Kingdom.
- Sedlbauer K., 2002, “Prediction of Mould Growth by Hygrothermal Calculation,” J. Build. Phys., vol. 25, no. 4, pp. 321– 336,
- Serdaroğlu Sağ, N., Yıldız, E. 2020, Ermenek İlçesinde Kırsal Turizm Potansiyelinin Değerlendirilmesi ve Stratejilerin Tanımlanması, ATA Planlama ve Tasarım Dergisi, 4:2, 45-62.
- Shahsavari F., Koosha R. and Yan W.2019, Uncertainty And Sensitivity Analysis Using Building Information Modeling, Intelligent & Informed, Proceedings of the 24th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2019, Volume 1, 615-624. © 2019
- Shelden, D. (2009). Information Modelling as a Paradigm Shift. Architectural Design, 79(2), 80-83.
- Sierra F., Mahdjoubia L., Gethinga B., Mahamadua A.B, Alzaatreha A.,2018, Heritage Building Information Modelling (HBIM) to make informed decisions when retrofitting. A case study, Proceedings of the Creative Construction Conference
- Singh, V., Gu, N., & Wang, X. (2011). A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform. Automation in Construction, 20(2), 134–144.

- Singha M.M, and Geyera P.,2020, Information requirements for multi-level-of-development BIM using sensitivity analysis for energy performance, *Advanced Engineering Informatics* 43 (2020) 101026
- Smith, D. K. ve Tardif, M. (2009) *Building information modeling : a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*, Wiley, New Jersey.
- Succar, B., (2009), *Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders*, *Automation in Construction*, Vol. 18 No. 3, pp. 357-75
- Succar B. 2013,*Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools*, Doktora Tezi, Newcastle Üniversitesi, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi
- Stefanidou M., Assael M., Antoniadis K., Matziaroglou G., 2010, Thermal conductivity of building materials employed in the preservation of traditional structures, *Int. J. Thermophys*
- Stober D., Zarnic R., Penava D., Podmanicki M.T, Durasevic R.V.,2018,Application of HBIM as a Research Tool for Historical Building Assessment, *Civil Engineering Journal* Vol. 4, No. 7
- Swenson K., 2019, *Prevent Your Extinction: Why BIM Matters in 2020 and Beyond*, <https://redshift.autodesk.com/>
- Şahin C.D., Arsan Z.D., Tunçoku S.S., Broström T., Akkurt G.G., 2015, A transdisciplinary approach on the energy efficient retrofitting of a historic building in the Aegean region of Turkey. *Energy Build.* 96:128–39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.018>.
- Tapponi O., Kassem M., Kelly G., Dawood N. ve White B.,2015, *Renovation of Heritage Assets using BIM: a Case Study of the Durham Cathedral*, Proc. of the 32nd CIB W78 Conference, Eindhoven, The Netherlands
- TC346. EN-16883, 2017. *Conservation of Cultural Heritage-Guidelines for Improving the Energy Performance of Historic Buildings*; Comité Europeen de Normalisation: Brussels, Belgium, 2017.
- Thickett D., Rhee S., Lambarth S., 2007 “Libraries and archives in historic buildings”. Proceedings of “Museum Microclimates”.

- Timur B.A , Başaran T. , İpekoğlu B. 2017, Tarihi Yapılarda Isıl Davranış Analizleri,Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu
- Timur B.A., 2019, Thermal Retrofitting On Traditional Buildings With Exterior Hall (Sofa): Urban And Rural Houses Of Muğla, İzmir Yüksek Tek. Ens., Dr Tezi
- Tommasi C., Achille C.,Fassi F., 2016, From Point Cloud To Bim: A Modelling Challenge In The Cultural Heritage Field, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B5, XXIII ISPRS Congress, , Prague, Czech Republic
- Touloupaki E., ve Theodosiou T., 2017, Optimization of Building form to Minimize Energy Consumption through Parametric Modelling, Procedia Environmental Sciences 38 ( 2017 ) 509 – 514
- Topaoğlu S. ve Kayasü S., 2019, Tamirevi: A model Restoration Practice for Historic Houses in Mardin, Production of Climate Responsive Urban Built Environments,
- Trizio I., Savini F. Giannangeli A.; Boccabella R., Petrucci G.,2019, The Archaeological Analysis Of Masonry For The Restoration Project In HBIM, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W9, 8th Intl. Workshop 3D-ARCH “3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures”, , Bergamo, Italy
- Tsilimantou E. , Delegou E.T, Nikitakos I.A. , Ioannidis C. ve Moropoulou A., 2020, GIS and BIM as Integrated Digital Environments for Modeling and Monitoring of Historic Buildings, Appl. Sci., 10, 1078; doi:10.3390/app10031078
- Tuğlacı, P. 1985. Osmanlı Şehirleri. İstanbul 1985, 122.
- Tunçoku, S. S., A. A. Avar, Ü. İnceköse ve T. Akış, 2012, İzmir Kırsal Alan Yerleşim ve Mimarlık Envanteri, Çınar Matbaacılık, İzmir.
- Tutkun M. ve İmamoğlu E., 2015 Mevcut Yapılar Ve Tarihi Yapıların Yeniden Kullanıma Kazandırılmasında Ekolojik Yaklaşımlar Ve Etkileri, 2nd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS 2015), Ankara,Türkiye
- Uçar H., Uçar A.,2013, İzmir Kemeraltı Geleneksel Kent Dokusunda Konut Tipleri Ve Cephe Tipolojisi, Sanat Tarihi Dergisi Cilt/Volume: XXII, Sayı 2
- Uğur T. ve Güleç A.,2016, Harç, Sıva ve Diğer Kompozit Malzemelerde Kullanılan Bağlayıcılar ve Özellikleri, estorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi / 17 ,77-91.

- Ulu M. ve Durmuş Arsan Z., 2020 Retrofit Strategies for Energy Efficiency of Historic Urban Fabric in Mediterranean Climate, *Atmosphere* 2020, 11, 742; doi:10.3390/atmos11070742
- UNESCO 1954, Lahey Sözleşmesi: Silahlı Çatışma Halinde Kültürel Varlığın Korunması Sözleşmesi
- UNESCO 1972, Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. Adopted by the General Conference at its Seventeenth Session. Paris, 16,
- UNESCO 2013, Energy Efficiency and Energy Management in Cultural Heritage. Case Studies Guidebook. UNESCO Regional Bureau for Science and Culture in Europe, Venice (Italy). United Nations Development Programme in Croatia
- United Nations Environment Programme (2020). 2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi
- United Nations Environment Programme (2020). Emissions Gap Report 2020. Nairobi. Formun Altı
- Uzunçarşılı, İ. H., 1988, Anadolu Beylikleri ve Akkoyunlu Karakoyunlu Devletleri, Ankara, s. 104. 112-113 .
- Van Treeck C., Wimmer R., ve Maile T., 2018, BIM for Energy Analysis, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2018 A. Borrmann et al. (eds.), Building Information Modeling, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_20)
- Vejmelkova E, Keppert M, Kersner Z, Rovnanikova P, Cerny, 2012, R. Mechanical, fracture mechanical, hydric, thermal, and durability properties of lime–metakaolin plasters for renovation of historical buildings. *Construction and Building Materials*
- Vollaro R.D.L, Evangelistia L., Carnioloa E., Battistaa G., Gorla P., Guattaria C., Fanchiottia A., 2014, An Integrated Approach for an Historical Buildings Energy Analysis in a Smart Cities Perspective, *Energy Procedia* 45 ( 2014 ) 372 – 378
- Yang X., Koehl M., Grussenmeyer P., 2018, Mesh-To-Bim: From Segmented Mesh Elements To Bim Model With Limited Parameters, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-2, ISPRS TC II Mid-term Symposium “Towards Photogrammetry 2020”, Riva del Garda, Italy
- Yang X., , Lu Y.C, Murtiyoso A., Koehl M. ve Pierre G., 2019, HBIM Modeling from the Surface Mesh and Its Extended Capability of Knowledge Representation, *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2019, 8, 301; <https://doi.org/10.3390/ijgi8070301>



- Yaşar Y., Pehlevan A. ve Maçka S., 2016, Trabzon iklim koşullarına göre ısı performans açısından uygun pencere tiplerinin belirlenmesi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi
- Yen YN, Weng KH, Huang HY., 2013 Study on information management for the conservation of traditional Chinese Architectural Heritage—3D modelling and metadata representation. ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci.2(5)/W1:331–6.
- Yurttakal Ö.,2007, Pencere Sistemlerinin Isıl Performansının Eleman Ve Bina Düzeyinde Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Walker R., Pavia S. ,2015a, Thermal performance of a selection of insulation materials suitable for historic buildings, *Building and Environment* 94 ,155e165
- Walker R. ve Pavia S.,2015b,Thermal and hygric properties of insulation materials suitable for historic fabrics. "III International Congress on Construction and Building Research" Escuela Técnica Superior de Edificación de la Universidad Politécnica de Madrid.
- Webb L. A. ,2017, Energy retrofits in historic and traditional buildings: A review of problems and methods, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 77, 748–759,
- Worrell LL., 2015, Building information modeling (BIM): the untapped potential for preservation documentation and management. Clemson University
- Woodward A. ve Heesom D., 2019, Implementing HBIM on conservation heritage projects Lessons from renovation case studies, *International Journal of Building Pathology and Adaptation* © Emerald Publishing Limited 2398-4708 DOI 10.1108/IJBPA-06-2019-0054
- Quattrini R., Malinverni E.S, Clini P., Nespeca R, Orlietti E., 2015, From Tls To Hbim. High Quality Semantically-Aware 3d Modeling Of Complex Architecture, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-5/W4, 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, , Avila, Spain
- URL 1: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/sektorlere-gore-toplam-enerji-tuketimi-i-85800> erişim tarihi: 19.12.2020
- URL 2: Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the Energy Performance of Buildings. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:EN:PDF>, erişim tarihi: 19.12.2020

- URL 3: Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the Energy Performance of Buildings (Recast). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0031>, erişim tarihi: 19.12.2020
- URL 4: Directive 2018/844/EU of the European Parliament and of the Council. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L\\_.2018.156.01.0075.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2018.156.01.0075.01.ENG), erişim tarihi: 19.12.2020
- URL 5: <https://www.nationalbimstandard.org/about>, erişim tarihi: 24.05.2021.
- URL 6: <https://bimforum.org/lod/>, erişim tarihi: 22.07.2021.
- URL 7: <https://primer.dynamobim.org/>, erişim tarihi: 28.07.2021.
- URL 8: <https://kvmgm.ktb.gov.tr/TR-44798/turkiye-geneli-korunmasi-gerekli-tasinmaz-kultur-varlig-.html>
- URL 9: <https://ermenek.bel.tr/> erişim tarihi: 19.08.2021.
- URL 10: <https://mgm.gov.tr/>, erişim tarihi: 19.08.2021.
- URL 11: <https://www.eskiturkiye.net/arama/ermenek>, erişim tarihi: 19.08.2021.
- URL 12: <http://www.tire.gov.tr/> erişim tarihi 23.08.2021
- URL13: <http://tireto.org.tr/tire/tire-ve-tarihi/> erişim tarihi:23.08.2021
- URL 14: <https://www.faro.com/en/Products/Software/SCENE-Software> erişim tarihi: 28.08.2021
- URL 15: <https://undet.com/> erişim tarihi: 07.09.2021
- URL 16: <https://www.rockwool.com/group/> erişim tarihi:19.09.2021
- URL 17: <https://www.izocam.com.tr/tr/urun-grubu/camyunu> erişim tarihi:19.09.2021
- URL 18: <https://www.epsder.org.tr/tr/> erişim tarihi:19.09.2021
- URL 19: [https://www.izocam.com.tr/tr/urun-grubu/ekstrude-polistiren-\(xps\)](https://www.izocam.com.tr/tr/urun-grubu/ekstrude-polistiren-(xps)) erişim tarihi:19.09.2021
- URL 64: <https://www.argeyapiizolasyon.com> erişim tarihi:19.09.2021
- URL 65: <https://www.izoguard.com.tr/seluloz-yalitim> erişim tarihi:19.09.2021

## EKLER

## EK-1

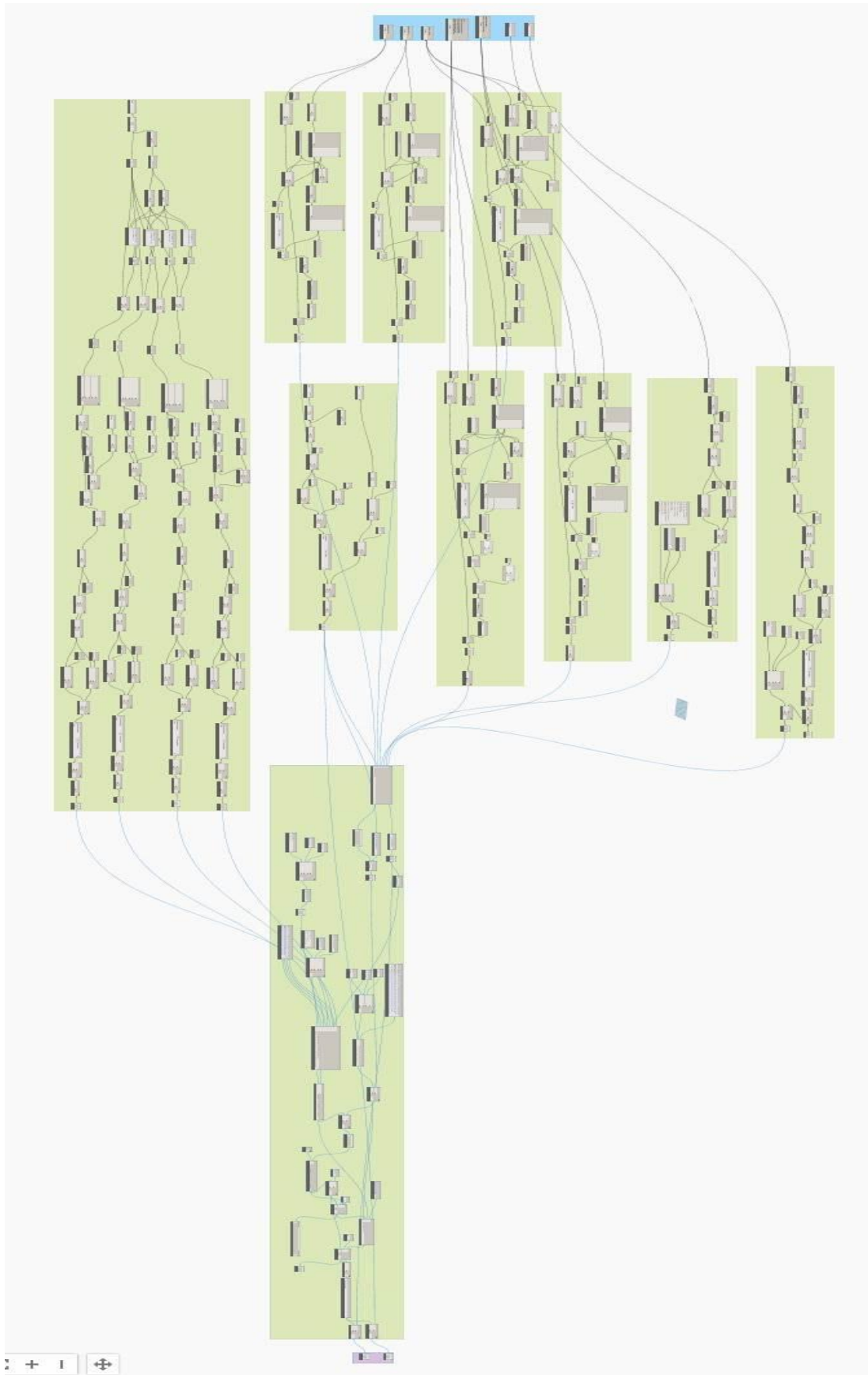
<i>Yazar</i>	<i>Tarih</i>	<i>Çalışma Kapsamı</i>	<i>Bina Kategori</i>	<i>Isıl Performans Çalışma Kriterleri</i>	<i>Bina Sistemi</i>	<i>Bilgi</i>	<i>Hesaplama Aracı</i>
Ulu ve Arsan.	2020	Güçlendirme	Tarihi Bina	Enerji tasarrufu	-		DesignBuilder
Marzouk vd.	2020	Güçlendirme+Optimizasyon	Tarihi Bina	Gün Işığı+ Enerji tasarrufu	-		Rhinoceros+Grasshopper+Octopus
Gigliarelli vd.	2017	Güçlendirme	Tarihi Bina	Enerji verimliliği	HBIM		Arhcad+ Energy +
Zainudin vd.	2016	Simülasyon	Karma Bina	Bina Yönelimi,Gün Işığı	BIM		Revit+Autodesk Green Building Studio
Altun ve Akçamete Güngör	2016	Enerji Analizi+Optimizasyon	Yeni Bina	Yapı Malzemeleri+ Enerji Verimliliği	BIM		Revit+ Dynamo +Autodesk Green Building Studio
Chen vd.	2020	Isıl Performans+Optimizasyon	Yeni Bina	Enerji verimliliği+ Hesaplamalı Tasarım	BIM		Revit+ Dynamo
Gigliarelli vd.	2019	Güçlendirme	Tarihi Bina	Enerji verimliliği+ Hesaplamalı Tasarım	HBIM		Revit+Rhinoceros+Grasshopper+ Ladybug + Honeybee
Lim vd.	2019	Isıl Performans+Optimizasyon	Yeni Bina	Maliyet Azaltımı+ Hesaplamalı Tasarım	BIM		Revit+ Dynamo+Matlab
Hu	2019	Isıl Performans	Karma Bina	Enerji verimliliği	BIM+BPM+BEM		Revit+ Sefaira
La Russa ve Santagati	2020	Koruma+Enerji İzleme	Tarihi Bina	Enerji verimliliği (AI,HVAC)	HBIM		Rhinoceros+Grasshopper+ Ladybug + Honeybee
Piselli vd.	2020	Güçlendirme+ Performans	Isıl Tarihi Bina	Enerji verimliliği(HVAC)	HBIM		Revit+ DesignBuilder+ Energy +
Cecchini vd.	2020	Isıl Performans	Tarihi Bina+Tarihi Bölge	Enerji verimliliği, Akıllı Şehirler	GIS+ HBIM		ArcGIS Pro+ CityGML
Vollaro vd.	2014	Güçlendirme+ Performans	Isıl Tarihi Bina	Enerji verimliliği, Akıllı Şehirler	-		TRNSYS
Rashdi vd.	2016	Enerji Analizi	Yeni Bina	Enerji verimliliği	BIM		Revit+ Ecotect
Pocobelli vd.	2018	Nem Analizi	Tarihi Bina	Nem +Malzeme	HBIM		Revit+ Dynamo
Shahsavari vd.	2019	Isıl Performans	Yeni Bina	Enerji verimliliği +Duyarlılık analizi	BIM		Revit+ Dynamo+Excel
Gerrisha vd.	2017	Isıl Performans	Yeni Bina	Enerji verimliliği	BIM		Revit+ Dynamo+IVES-VE+ JSON
Sierra vd.	2018	Isıl Performans	Tarihi Bina	Enerji verimliliği	HBIM		Revit+ SAP
Singha and Geyera	2020	Isıl Performans	Yeni Bina	Erken Tasarım, Duyarlılık Analizi	BIM		Revit+ Energy +
Kamela vd.	2019	Simülasyon+Güçlendirme	Yeni Bina	Enerji verimliliği	BIM		Revit+ Energy + OpenStudio
Hansen and Wittchen	2018	Isıl Performans	Tarihi Bina	Enerji verimliliği	-		RIBuild

**EK-2**

<i>Yazar</i>	<i>Tarih</i>	<i>Çalışma Kapsamı</i>	<i>Tarihi Bina Tipolojisi</i>	<i>Kullanılan Araçlar</i>
Baik A.	2017	HBIM, Nesne kitaplığı oluşturma, geliştirme seviyesi (LoD) ve proje teslim süresi ( PDT) gibi kavramlar çalışma konularıdır.	Tarihi Geleneksel Konut	Revit
Barazzetti vd.	2015	Sonlu Eleman Analizine dayalı yapısal simülasyon için nokta bulutlarından türetilen HBIM modellerinin kullanımını açıklamaktadır.	Tarihi Kale	Revit+ Autodesk Robot Structure
Oreni vd.	2014	HBIM restorasyon önerileri, NURBS modelleme, Sonlu elemanlar analizi çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Bazilika	Rhino+Revit+Midas
Barazzetti vd.	2016	HBIM parametrik tasarım, NURBS modelleme, çalışmada gerçekleştirilmiş BIMonitoring gibi yeni bir kavram öne sürülmüştür.	Tarihi Köprü	Revit
Quattrini vd.	2015	Karmaşık yapılarda kaliteli HBIM modellenmesi ve Parametrik tasarım önerisi getirilmiştir.	Tarihi Kilise	Revit
Tommasi vd.	2016	HBIM modelleme sürecinde kullanılan yazılımların karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Katedral	Revit,Rhino, Grasshopper, Archicad
Tapponi vd.	2015	HBIM restorasyon önerileri, Dijital Dökümasyon gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Katedral	Revit
Maisarah vd.	2018	HBIM gelişim seviyeleri (LOD) üzerinde yeni öneriler getirilmiştir.	Tarihi Geleneksel Konut	Revit
Murphy vd.	2017	WEB tabanlı oyunlara HBIM'in aktarımı üzerinde çalışılmıştır.	Tarihi Mahkeme Binası	Revit
Chiabrando vd.	2016	LİDAR ve VR 'ın HBIM ile birlikte çalışabilirliği ve HBIM'in yarı otomatik optimizasyonu çalışmada amaçlanmıştır.	Tarihi Kale	Revit
Prizeman	2016	HBIM Dönemle çalışmaları kapsamında 19.yy ve 20 yy. tarihi yapıya yapılan değişiklikler incelenmiştir.	Tarihi Kütüphane	Revit
Capone ve Lanzara	2019	Tarihi yapılarda parametrik modelleme ile kubbe model üretimi ele alınmıştır.	Tarihi Kiliseler	Revit,Rhino, Grasshopper,
Yang vd.	2018	HBIM parametrik modelleme, model ardışık modelleme ve yarı otomatik Lod seviyeleri düzenlenmesi gibi yeni bir metodoloji önerisi getirilmiştir.	Tarihi Manastır	Revit+Dynamo
Agnello	2019	HBIM VR birlikteliğinde sanal tur gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Manastır	Revit
Trizio vd.	2019	Tarihi Kalenin yıkılan kısımlarının aslına uygun olarak HBIM de modeli oluşturulmuştur.	Tarihi Kale	Revit
Beltramo vd.	2019	HBIM ile tarihi yapının bozulma katman analizleri gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Manastır	Revit
Banfi vd.	2019	HBIM ile masaüstü, mobil, VR kulaklık için Genişletilmiş Gerçeklik (XR) deneyimi kazanımı araştırılmıştır.	Tarihi Bazilika	Revit
Brumana vd.	2020	HBIM de ayrıntı düzeyi (LOD) ve bilgi düzeyi (LOI), Yeni "Nesil Sınıfı" kavramının tanımı (GOG 1-10) ve Nesne modellemeyle ilgili Bilgi Derecesi (GOI), üzerine araştırma gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Bazilika	Revit,Rhino,
Previtali vd.	2020	HBIM de tonozlu yapılarda ontolojik tabanlı bir veritabanı oluşturulmuştur	Tarihi Saray	Revit

Palomara vd.	2020	BIMlegacy adında online HBIM veritabanı yapılmıştır.	Tarihi Yapılar	Revit
Castellano-Roman vd.	2019	HBIM de detay seviyelerini tarihi yapılar için yeniden tanımla yapılmıştır. LOD yerine Bilgi seyisi (LOK) önerilmiştir.	Tarihi Yatılı Okul	Revit
Mol vd.	2020	HBIM ahşap bozulma analizleri ve ahşap sistem strüktür analizi gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Kale ve Manastır	Revit
Rocha vd.	2020	HBIM restorasyon önerisi getirilmiş ve model doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Konut	Revit
Yang vd.	2019	BIM öğelerini ve tarihsel bilgileri birbirine bağlamak için iş akışı öneri getirilmiştir.	Tarihi Kilise	Revit
Nieto vd.	2016	HBIM model üretimi ve restorasyon önerisi getirilmiştir.	Tarihi Pavilyon	Arhcad
Palestini vd.	2018	HBIM model ile birlikte strüktür analiz gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Okul	Arhcad
Di Stefano vd.	2019	HBIM semantik sınıflandırma gerçekleştirip veri tabanı oluşturulmuştur.	Tarihi Cami	Revit
Leon-Robles vd.	2019	HBIM modeli ve koruma öneriler geliştirilmiştir.	Tarihi Köprü	Revit
Bagnolo vd.	2018	HBIM de Dynamo ile algoritmik sütun modelleri üretilmiştir.	Tarihi Sütunlar	Revit+Dynamo
Nieto-Julian vd.	2021	HBIM+Teamwork+ ortak veri ortamı (CDE) gibi kavramı altında multidisipliner model üretimi gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Kilise	Arhcad
Sampaio vd.	2021	HBIM üretimini organize edilmek istenmiş ve parametrik kütüphane oluşturulmuştur.	Tarihi Konut	Revit
Guzzetti vd.	2021	Her bina türünün ihtiyaçları ve özellikleri göre HBIM elemanlarının sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Konut	Revit
Cheng vd.	2021	Tarihi ahşap yapıların HBIM modeli için ontolojik yaklaşım önerilmiştir.	Tarihi Akademi Yapısı	Revit,Unity, Autodesk A360
Costantino vd.	2021	HBIM nokta bulutu parametreleştirilmiş nesnelere dönüştürülmüştür.	Tarihi Kilise	Rhino, Grasshopper, Revit,
Santonia vd.	2021	HBIM modelleri detaylı modelleme analizi gerçekleştirilerek oluşturulmuştur.	Tarihi Kilise , Kütüphane	Rhino, Revit, Dynamo, Autocad
Plata vd.	2021	TLS ile HBIM entegreli Hareket İşlemeye (SfM)(İnsansız Hava Araçları ile) dayalı bir veri toplama süreci araştırılmıştır.	Tarihi Askeri Tesis	Revit
Scianna vd.	2020	HBIM veri yönetimi yeni öneri getirilmiştir.	Tarihi Katedral	Revit
Mora vd.	2021	HBIM aracılığı ile tarihsel yapıların önlemsel korunması için bir metodoloji önermiş ve çevresel verileri HBIM'e dahil etmiştir.	Tarihi Kütüphane	Revit
Tsilimantou vd.	2020	Coğrafi bilgi sistemi (GIS) ve HBIM birlikteliği ile multidisipliner bir belgelendirme süreci gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Konut	Revit
Woodward ve Heesom	2019	HBIM bağlamında koruma süreci incelenmiştir.	Tarihi Konut	Revit
Abbate vd.	2020	HBIM ile entegreli sonlu elemanlar analizi (FEM) gerçekleştirilmiştir.	Tarihi Hangar	Revit,Solidworks
Fadli ve AlSaeed	2019	HBIM ile koruma önerileri sınıflandırılmıştır.	Tarihi Yapılar	-

EK-3



**EK-4**

