

T.C.  
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPI KABUĞUNDA ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK GÜNEŞ ISI KAZANÇ  
FAKTÖRÜ VE HAVA SIZDIRMAZLIK PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ  
EDİRNE ÖRNEĞİ**

Türker KESKİN  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MİMARLIK ANA BİLİM DALI**  
Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Semiha Kartal  
Edirne-2012

**YAPI KABUĞUNDA ENERĐİ ETKİN İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK  
GÜNEŞ ISI KAZANÇ FAKTÖRÜ VE HAVA SIZDIRMAZLIK  
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ  
EDİRNE ÖRNEĞİ**

Türker KESKİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

2012

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kabul ve onay sayfası

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

.....  
Doç. Dr. Mustafa ÖZCAN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylıyorum.

.....  
Prof. Dr. Şaduman SAZAK  
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

.....  
Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL  
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):

İmza

Yrd. Doç. Dr. Semiha KARTAL

.....

Prof. Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA

.....

Yrd. Doç. Dr. Esmâ MIHLAYANLAR

.....

21 / 09 / 2012

**TEZ DOĞRULUK BEYANI**  
**T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**  
**DOĞRULUK BEYANI**

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

12/ 10 /2012

Türker KESKİN

Yüksek Lisans Tezi

Yapı Kabuğunda Enerji Etkin İyileştirmeye Yönelik Güneş Isı Kazanç Faktörü ve Hava Sızdırmazlık Parametrelerinin İncelenmesi - Edirne Örneği

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

## ÖZET

İnsan sağlığı ve konforunda sürekliliğin sağlanması için iklimsel konfor koşullarının yapı içerisinde gerçekleştirilmesi zorunludur. Dış iklimsel koşulların bölgelere ve zamana göre değişim göstermesi sebebiyle, yapı içerisindeki iklimsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için iklimlendirme ve ısıtma gerekli olmaktadır. Bu yüzden yapılarda enerji tüketiminin önemli bir bölümü, yapıların ısıtılması ve iklimlendirilmesi amacıyla yöneliktir. Kullanıcı performansı ve iş verimi açısından ısıtma ve iklimlendirme enerjisine olan gereksinim daha da önem kazanmıştır. Bu zorunluluk karşısında, çevreyi kirletmeyen ve maliyeti düşük olan enerji kaynaklarının kullanılması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'nin 2. Derece-gün bölgesinde yer alan Edirne ilinde bulunan mevcut bir bina ele alınarak, güneş enerjisinin mekanlarda ısıtma amaçlı kullanımına yönelik olarak, bina kabuğunda alınan önlemlerin enerji kazancına olan etkilerinin vurgulanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda binanın yıllık toplam ısıtma yüküne etki eden hava sızdırmazlık düzeyi (airtightness) ve güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC) parametreleri ele alınmıştır. Bu parametrelerin etkileri, binanın yalıtımsız, yalıtımlı ve güney cepheye konumlandırılmış Trombe duvarlı durumları için üç farklı senaryo şeklinde incelenmiştir. Her üç senaryoya bağlı olarak, yapının yıllık toplam ısıtma yüküne etki eden hava sızdırmazlık düzeyi ve güneş ısı kazanç katsayısının etkisi farklı altı senaryoda hesaplanmıştır. Binanın ısıtma yükü ile ilgili hesaplar Design Builder V. 3 programı ara yüz olarak kullanılarak Energy Plus 7.0 programı ile gerçekleştirilmiştir.

Tezin birinci bölümünde, çalışmanın amacı ve öneminden söz edilerek artan enerji talebinin sektörlere göre dağılımı üzerinde durulmuş, enerji tüketimini azaltmak amacıyla Türkiye'de çıkarılan yasa ve yönetmeliklere yer verilmiştir. Ayrıca güneş

enerjisinden mekanlarda ısıtma amaçlı kazanç sağlamayı olanaklı kılan ve güneş mimarisine ilişkin literatür çalışması yapılmıştır.

İkinci bölümde, binalarda ısıtma amaçlı enerji tüketiminde etkili olan doğal ve yapay çevreye ilişkin parametrelerden söz edilerek, bina kabuğundaki hava sızdırmazlık düzeyi ve şeffaf elemanların güneş ısı kazanç faktörünün enerji kazancı üzerindeki etkisi açıklanmıştır.

Üçüncü ve dördüncü bölümde, güneş enerjisinden yararlanma yöntemleri açıklanarak, bina kabuğunda bu yöntemlerin uygulanabilirliğine dikkat çekmek amacıyla Trombe duvarı örneği ele alınmıştır. Enerji verimliliğini arttırmak amaçlı Dünyada ve Türkiye’de inşa edilen örnek yapılardan bazıları incelenmiştir.

Beşinci bölümde ise çalışmada ele alınan örnek bina tanıtılmış ve binanın ısıtma yükünü hesaplamada kullanılan Energy Plus simülasyon programı ile ilgili bilgiler verilmiştir. Programda örnek binanın ısıtma yükünün farklı parametrelere göre değişimini inceleyebilmek için farklı senaryolar geliştirilmiştir. Bu senaryolar, binanın yalıtımsız mevcut durumu, ısı yalıtımlı durumu ve ısı yalıtımı ile birlikte yapının güney cephesine Trombe duvarı uygulanmış durumu şeklinde sıralanmaktadır. Bu üç farklı durum için, hava sızdırmazlık düzeyi ve güneş ısı kazanç katsayısının yıllık ısıtma yüküne olan etkileri de farklı alt senaryolar şeklinde geliştirilmiştir.

Sonuçlar bölümünde, binanın ısıtma yükünü incelemek için oluşturulan senaryoların birbirlerine göre farkları ve bina kabuğunda ısı enerjisi gereksinimini azaltmadaki etkileri üzerinde durulmuştur.

Yıl : 2012

Sayfa Sayısı : 71

Anahtar Kelimeler : Enerji Performansı, Isıtma Yüğü, Energy Plus, Hava Sızdırmazlık, Güneş Isı Kazanç Katsayısı

Master Thesis

Analysis of Air Tightness and Solar Heat Gain Coefficient Parameters to Improve Energy Efficiency of Building Envelope - A Case Study in Edirne

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Architecture

## **ABSTRACT**

There is no continuity to ensure comfort of human health and the effects of the weather in comfort conditions it is essential to perform structure. According to the the effects of the weather conditions change over time to show areas and due to the effects of the weather, the structure in the comfort air conditioning and heating to ensure that conditions are necessary. That is why energy consumption structures an important section, of structures is intended for and climate warming. In terms of user performance and business efficiency heating and air-conditioning

This study of Turkey, 2. Degree-days in Edirne in in a building on the present, for the sun energy is building for the use for heating the building shell to highlight the impact of the prostitute's wages is intended for use as energy. Total annual heating load of a building in which the seal level (airtightness) and solar heat gain coefficient (SHGC) parameters are taken from dealing with. Effects of these parameters, a non-isolated, insulated with firewall and in the southern states are scene to Trombe located in three different scenarios were studied. Each of the three scenarios, depending on which structure the total annual heating load the level and impact of solar heat gain coefficient calculated in six different. With a load of a building for heating the Design Builder V. As a program by using the 3 Energy Plus 7.0 was carried out using the program.

In the submitted, the operation is to be about increasing energy demand sectors on distribution of settled down, to reduce the energy consumption in Turkey, is given in laws and regulations. It also in solar energy for heating and solar architecture to gain that it is possible to study has been literature.

In the second part, which is an effective energy consumption in buildings for heating parameters are discussed and related to natural and artificial environment,

building envelope air tightness level and a transparent solar heat gain factor of the elements described in the impact on energy saving

The third and fourth chapter, methods to exploit solar energy, to draw attention to the building shell, Trombe wall, an example of the applicability of these methods are discussed. Improve energy efficiency in buildings, some examples were built for the World and in Turkey.

In the fifth chapter introduced sample building are taken into consideration and used to calculate the heating load of the building is provided for Energy Plus simulation program. Example of change in the building's heating load of the program, according to different parameters have been developed to examine different scenarios.

These scenarios, the current state of the building insulation, heat insulation and heat insulation condition Trombe wall of the south facade of the building with applied are listed in the form of state. For the three different cases, air tightness level and the effects of solar heat gain coefficient of the annual heating load in the form of different sub-scenarios have been developed.

Results section of the building heating load scenarios are created to examine the relative effects of the differences and reducing the need for heat energy focused on the shell of the building.

Year: 2012

Number of Pages: 71

Key Words: Energy Performance, The Heating Load, Energy Plus, Airtightness, SHGC



## ÖNSÖZ

Enerji tüketiminin beraberinde getirdiği çevresel ve ekonomik sorunlar enerjinin etkin bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olan yapı sektöründe ısıtma ve soğutma amaçlı tüketimi azaltacak, enerjiyi verimli kullanacak uygulamalar ön plana çıkmaktadır.

Türkiye’de yapı sektörünün gelişmesi ile birlikte enerji tüketimi de paralel bir artış göstermektedir. Yapı sektöründeki enerji tüketiminin yüksek olmasının nedenlerinden biri ısı yalıtımı uygulamalarının yetersiz olmasıdır. Özellikle gelişmiş ülkelerde yalıtım konusunda kaydedilen gelişmeler ve uygulamaya giren yönetmelikler ile enerji tüketiminin azaldığı dikkat çekmektedir. Bu anlamda yapı sektöründe enerji verimliliğini artırmak amacıyla binaların enerjiyi verimli kullanacak biçimde tasarlanması önem arz etmektedir.

Yüksek lisans tezimin başlangıcında beni değerli fikirleri ile güncel bir çalışma alanına yönlendiren, her zaman bana sonsuz destek veren, yanımda olduğunu hissettiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Semiha Kartal'a tüm içtenliğimle teşekkür ediyorum.

Çalışmamın temelini oluşturan Energy Plus programını öğrenmemde büyük emeği olan, her zaman desteğini hissettiğim, bütün bilgilerini benimle sonuna kadar paylaşan sevgili arkadaşım ve hocam Öğretim Görevlisi Dr. Yusuf Yıldız'a teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans derslerinde değerli bilgilerini benimle paylaşan sayın hocalarım Yrd. Doç. Dr. Esmâ Mihlayanlar, Yrd. Doç. Dr. Pınar Kısa Ovalı, Yrd. Doç. Dr. Sennur Akansel ve Yrd. Doç. Dr. Candan Zülfikar'a teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan babam Ahmet Keskin ve annem Sabiha Keskin'e, sevgili ağabeylerim Kudret Keskin ve Göksel Keskin'e şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca çocukluktan beri en yakın arkadaşım olan Çağdaş Kaynak'a her zaman yanımda olduğu için ve Edirne’de evini benimle paylaştığı için teşekkür ediyorum.

Ekim 2012  
Türker Keskin

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iii</b>
<b>ÖNSÖZ</b>	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>ix</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>xi</b>
<b>BÖLÜM 1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Literatür Taraması	<b>4</b>
<b>BÖLÜM 2. BİNALARDA ISITMA AMAÇLI ENERJİ</b>	
<b>TÜKETİMİNİ AZALTMADA ETKİLİ PARAMETRELER</b>	<b>6</b>
2.1. Doğal Çevreye İlişkin Parametreler	<b>6</b>
2.1.1. İklim	<b>6</b>
2.1.2. Topoğrafya	<b>8</b>
2.1.3. Bitki örtüsü	<b>8</b>
2.2. Yapay Çevreye İlişkin Parametreler	<b>9</b>
2.2.1. Yerleşmenin yeri	<b>9</b>
2.2.2. Bina aralıkları	<b>9</b>
2.2.3. Bina yönlendiriliş durumu	<b>9</b>
2.2.4. Bina formu	<b>10</b>
2.2.5. Bina kabuğu	<b>11</b>
<b>BÖLÜM 3. BİNALARDA ISITMA AMAÇLI ENERJİ KAZANCINI</b>	
<b>ARTTIRMAYA YÖNELİK SİSTEMLER</b>	<b>12</b>
3.1. Etken sistemler	<b>12</b>
3.2. Edilgen Sistemler	<b>12</b>
3.2.1. Direkt kazanç teknikleri	<b>13</b>
3.2.2. Dolaylı kazanç teknikleri	<b>13</b>
3.2.2.1. Kış bahçeleri	<b>14</b>
3.2.2.2. Trombe duvarı	<b>15</b>
3.2.2.3. Su duvarı (Bidon duvarı)	<b>16</b>
3.2.2.4. Çatı havuzu	<b>16</b>

3.2.3. Ayrılmış kazanç sistemleri	17
<b>BÖLÜM 4. ENERJİ KAZANCINI ARTTIRMAYA</b>	
<b>YÖNELİK UYGULAMA ÖRNEKLERİ</b>	<b>18</b>
4.1. Yurt Dışındaki Uygulama Örnekleri	18
4.2. Türkiye'deki Uygulama Örnekleri	25
<b>BÖLÜM 5. KONUTLARDA ISITMA ENERJİSİ KAZANCINI</b>	
<b>ARTTIRMAYA YÖNELİK ÖNERİ-EDİRNE ÖRNEĞİ</b>	<b>31</b>
<b>5.1. EDİRNE İLİNE AİT ÇEVRESEL FAKTÖRLER</b>	<b>31</b>
5.1.1. İklim durumu	31
5.1.2. Topoğrafik durumu	32
5.1.3. Bitki örtüsü	32
<b>5.2. EDİRNE İLİNDE SEÇİLEN KONUTA İLİŞKİN PARAMETRELER</b>	<b>34</b>
<b>5.3. ÇALIŞMADA İZLENEN YÖNTEM</b>	<b>39</b>
5.3.1. EnergyPlus Programı	39
5.3.2. Enerji Kazancı için Yapılan İyileştirmeler	40
5.3.2.1. Konutun Mevcut Durum Analizi (1. Senaryo)	42
5.3.2.2. Konutun Isı Yalıtımlı Durum Analizi (2. Senaryo)	42
5.3.2.3. Konutun Yalıtımlı Haline Trombe Duvarı Uygulanmış Durum Analizi (3. Senaryo)	43
5.3.2.4. Konutun Yalıtımsız Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi (4.Senaryo)	44
5.3.2.5. Konutun Isı Yalıtımlı Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi (5. Senaryo)	45
5.3.2.6. Konutun Trombe Duvarı Uygulanmış Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi (6. Senaryo)	45
5.3.2.7. Konutun Yalıtımsız Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi (7. Senaryo)	46
5.3.2.8. Konutun Isı Yalıtımlı Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi (8. Senaryo)	47
5.3.2.9. Konutun Trombe Duvarı Uygulanmış Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi (9. Senaryo)	48
<b>BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME</b>	<b>49</b>

<b>KAYNAKLAR</b>	<b>52</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>56</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil adı	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiye'nin Birincil Enerji Tüketim Profili	1
Şekil 2.1. Priene Kenti	7
Şekil 2.2. Sokrates Evi	7
Şekil 2.3. 19. Yüzyılda Mardin Şehri	8
Şekil 2.4. Aynı Hacme Sahip Farklı Formların Birbirlerine Göre Yüzey Oranları	10
Şekil 3.1. İç Mekanla Bitişik Kış Bahçesi (Sera) Çalışma Prensibi ve Uygulama Örneği	14
Şekil 3.2. Kış Bahçesi Çalışma Prensibi	14
Şekil 3.3. Trombe Duvarı Çalışma Prensibi	15
Şekil 3.4. Çatı Havuzu Çalışma Prensibi	17
Şekil 3.5. Ayrılmış Kazanç Sistemlerinin Gündüz-Gece Çalışma Şekli	17
Şekil 4.1. Freiburg Riesefeld Yerleşiminin Çatısında Metal Taşıyıcılar Üzerine Tespit Edilen Çerçevesiz Güneş Pilleri	19
Şekil 4.2. Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşiminde Çatıda ve Gölgeleme Elemanı Olarak Kullanılan Güneş Panelleri	19
Şekil 4.3. Bocklemünd-Köln Yerleşiminde Cephede ve Parapette Güneş Pili Uygulaması ve Parapet Detayı	20
Şekil 4.4. Almanya Münster'de Düşük Enerjili Bina	21
Şekil 4.5. Steinfurt- Borghorst Yerleşiminde Yer Alan Güneş Panelleri	21
Şekil 4.6. Gelsenkirchen Bilim Parkının Batı Cephesinde Yer Alan Kış Bahçesi	22
Şekil 4.7. Kış Bahçesinin Kullanım Şekilleri	22
Şekil 4.8. Sarratt Evi Genel Görünüşü	23
Şekil 4.9. Hamburg Pinnasberg'de Enerji Etkin Binanın Güney Cepheye Yerleştirilmiş PV Paneller ve Kuzey Cephesi	24
Şekil 4.10. BedZED Yerleşkesinden Görünüş	24
Şekil 4.11. Diyarbakır Güneş Evinde Yer Alan Trombe Duvarı	26
Şekil 4.12. Diyarbakır Güneş Evinde Güneş Panelleri ve Kış Bahçesi	26
Şekil 4.13. TÜBİTAK Gözlemevinin Güney Cephesinden Görünüş	27

Şekil 4.14.	TÜBİTAK Gözlemevi Isıtma ve Havalandırma Çalışma Prensibi	27
Şekil 4.15.	Ege Üniversitesi Güneş Enstitüsü Yapı Kesiti	28
Şekil 4.16.	Ege Üniversitesi Güneş Enstitüsü	28
Şekil 4.17.	Erciyes Üniversitesi Güneş Evinin Genel Görünüşü ve Yapıda Yer Alan Güneş Kolektörleri	28
Şekil 4.18.	4.17. Pamukkale Üniversitesi Güneş Evi Güney Cephesi - Trombe Duvarı	29
Şekil 4.19.	Pamukkale Üniversitesi Güneş Evinde Yer Alan Sabit ve Hareketli Güneş Panelleri	30
Şekil 5.1.	Örnek Konutun Güney Cephesi	34
Şekil 5.2.	Örnek Konutun Kuzey Cephesi	34
Şekil 5.3.	Örnek Konutun Zemin Kat Planı	36
Şekil 5.4.	Örnek Konutun Normal Kat Planı	37
Şekil 5.5a.	Trombe Duvarı Planı-Örnek Bina	38
Şekil 5.5b.	Trombe Duvarı Kesiti	38
Şekil 5.6.	Örnek Konutun A-A Kesiti	38
Şekil 5.7.	Örnek Konutun Simülasyon Programındaki Model Resmi	40
Şekil 5.8.	Konutun Yalıtımsız Durumdaki Yıllık Isıtma Yüğü	42
Şekil 5.9.	Konutun Isı Yalıtımlı Durumdaki Yıllık Isıtma Yüğü	43
Şekil 5.10.	Konutun Trombe Duvarı Uygulanmış Durumunun Isıtma Yüğü	44
Şekil 5.11.	Konutun Yalıtımsız Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yüğü	44
Şekil 5.12.	Konutun Isı Yalıtımlı Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yüğü'nün Değişimi	45
Şekil 5.13.	Konutun Trombe Duvarı Uygulanmış Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yüğü'nün Değişimi	46
Şekil 5.14.	Konutun Yalıtımsız Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yüğü	47
Şekil 5.15.	Konutun Yalıtımlı Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yüğü	47
Şekil 5.16.	Konutun Trombe Duvarı Uygulanmış Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yüğü	48

## **TABLO LİSTESİ**

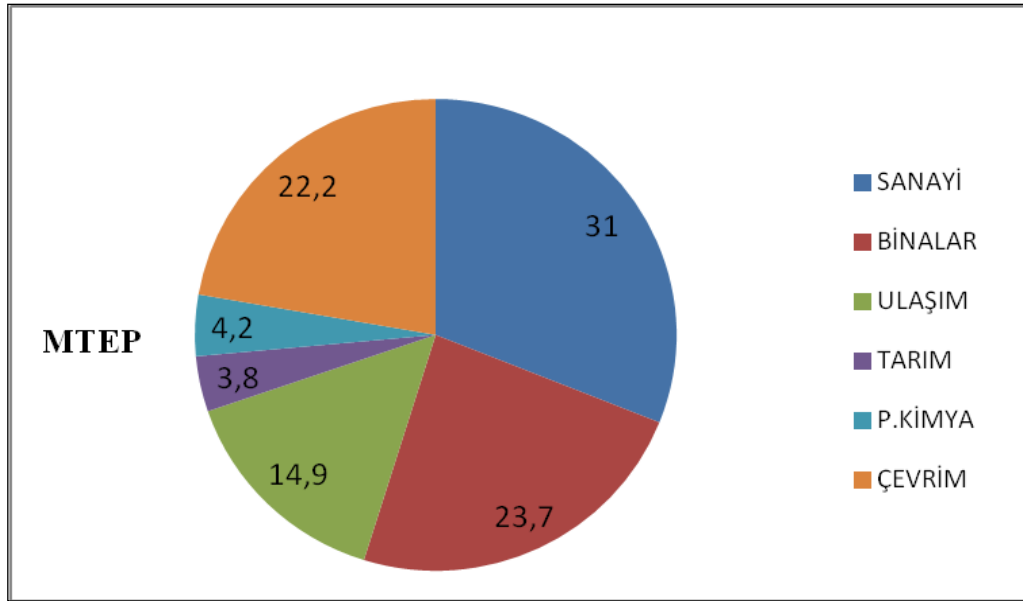
<b>Tablo adı</b>	<b>Sayfa</b>
Tablo 5.1. Edirne İline Ait İklimsel Veriler	<b>33</b>
Tablo 5.2. Örnek Konuta Ait Alan ve Hacim Büyüklükleri	<b>35</b>
Tablo 5.3. Örnek Konutun Yapı Bileşenlerinin Özellikleri	<b>35</b>

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

Endüstri devriminin gerçekleşmesi ile birlikte artan enerji talebi, ülkelerin enerjii değerlendirme ölçütlerini yeniden gözden geçirmelerini gerektirmiştir. Enerji talebinin fosil kaynaklardan karşılanması çevreye zarar vererek ekolojik dengeyi bozmaktadır. Sınırlı rezervlere sahip fosil yakıtların giderek tükenmesi ve beraberinde getirdiği ekonomik sorunlar enerji tasarrufunu zorunlu kılmaktadır.

Türkiye’de tüketilen enerjinin önemli bir bölümü yapı sektöründe kullanılmaktadır (Şekil 1.1) [1]. Yapılarda kullanılan enerjinin büyük bir bölümü de ısıtma amaçlı olarak tüketilmektedir. "Isıtma amacıyla kullanılan enerjinin toplam enerji tüketimine oranı ise yaklaşık %85 olarak bilinmektedir" [2].



Şekil 1.1. Türkiye’nin Birincil Enerji Tüketim Profili [1]



Türkiye’de mevcut yapı stoğunda enerji tüketiminin fazla olmasının en önemli nedenlerinden biri, ısı yalıtımı uygulamalarının yetersiz olmasıdır. Enerji etkin ve sürdürülebilir binalar yapmanın ilk koşulu bina kabuğuna kesintisiz ısı yalıtımı uygulamalarının gerçekleştirilmesi ile sağlanmaktadır.

Türkiye’de ısı yalıtım ile ilgili olarak yayınlanan ilk yönetmelik 1970 yılında TSE tarafından yayınlanan “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” yönetmeliğidir. 30.10.1981 tarihinde “Isı Yalıtım Yönetmeliği” yürürlüğe girmiş ve 1985 yılında bu yönetmelik üzerinde değişikliklere gidilmiştir [3]. 1995 yılında ise “TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” ile ilgili yenileme çalışmaları başlamış, 1998 yılında yürürlüğe girmiştir. TS 825, 2000 yılından itibaren zorunlu yönetmelik olarak yürürlüğe konulmuştur. Son olarak yürürlükte olan TS 825, TSE tarafından 09 Ekim 2008 tarihinde revize edilerek 1 Kasım 2008 tarihi itibariyle uygulanmak üzere 27019 sayılı resmi gazetede yayımlanmıştır [2]. Yönetmeliğin amacı farklı bina türleri için yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacına sınır getirmek ve yoğuşma kontrolünün yapılmasını sağlamaktır.

Bayındırlık Bakanlığınca 2008 yılında çıkartılan Enerji Performansı Yönetmeliği ile binalarda enerji performansını hesaplamak ve kimlik belgesi oluşturmak amacıyla 2009/Aralık ayında BEP-TR adı verilen bir ulusal hesaplama yöntemi oluşturulmuştur [4].

BEP-TR ile mevcut veya yeni yapılar, programda oluşturulmuş referans binaya göre A,B,C,D gibi bir kimlik sınıfı almaktadır. Her yapı için oluşturulan bu kimlikler Türkiye’nin yapı stoğu ile ilgili bir envanterin oluşturulmasına da katkı sağlayacaktır.

BEP-TR, bina ile ilgili enerji tüketimine sebep olan tüm parametrelerin, enerji verimliliği ve kimlik belgesi oluşturulması açısından durumunu belirlemek, mevcut ve yeni tüm binalarda enerji performansını değerlendirmek amacıyla oluşturulmuştur [5].

Binaların yapım, kullanım ve yıkım aşamasında yüksek oranda enerji tüketilmesi, çevresel sorunların oluşmasında önemli faktörlerdendir. Bu durum yapıların çevresel performanslarını ölçmek ve derecelendirmek için sertifika sistemlerinin oluşmasına neden olmuştur [6,7]. Sertifika sistemleri, binaların çevresel performanslarını değerlendirmek ve sürdürülebilir gelişmeyi bina tasarım ve yapım faaliyetleri ile bütünleştirmek için etkin bir kapsam sunar [8]. Bu değerlendirmeyi yapabilmek için çeşitli sertifikalandırma kuruluşları mevcuttur. Bunlardan öne çıkanları;

BREEAM, LEED, DGNB, CASBE'dir. İlk olarak 90'lı yıllarda İngiltere'de BREEAM sertifika sistemi ile başlayan bu süreç diğer sistemlerin de devreye girmesiyle gelişerek devam etmektedir [8]. Öne çıkan diğer sertifika sistemlerinden biri de 1998'de A.B.D.'de çıkarılan LEED Amerika Yeşil Binalar Konseyi'nin oluşturduğu sertifika sistemidir [6]. Bütün sertifika sistemleri yapıları tüketim performanslarına göre kendi dinamik derecelendirme sistemlerinde değerlendirmekte ve buna göre notlar vermektedir. Bu durum dünyada kullanılan enerjinin büyük bölümünün tüketildiği yapı sektöründe enerji etkin bina üretimini gündeme getirmiştir.

Enerji etkin bina tasarımı; yapının, planlama, yapım, kullanım ve dönüşüm sürecinin tümünde çevreye en az zarar vermesi, enerjiyi en etkin yani verimli şekilde kullanması yaklaşımıdır.

Enerji etkin bina ise; tasarım sırasındaki, doğru kararlar sayesinde, en az enerjiye gereksinim duyan, gerekli enerjiyi yenilenebilir temiz kaynaklardan sağlayan ve enerjiyi verimli kullanarak en düşük oranda CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> vb. salınım yapan bina olarak tanımlanmaktadır [9].

Enerji etkin bir yapının ilk koşulu mimarın tasarım aşamasında doğru kararları almış olmasıdır. Mimarın ilk tasarım kararlarını doğru vermesi diğer adımların doğru bir şekilde oluşturulmasına zemin hazırlamaktadır.

Binaların yapı fiziği açısından performansını değerlendirmek için birçok simülasyon programı kullanılmaktadır. Farklı değerlendirme ölçütlerine sahip bu programlar kullanıcı tarafından istenilen amaca yönelik olarak seçilmektedir. Bu çalışmada mevcut bir konutun enerji performansı ile enerji kazancına katkı sağlayacak değişiklikler sonucundaki enerji performansı karşılaştırılmaktadır. Energy Plus, proje aşamasında yada mevcut binaların ısıtma, soğutma, havalandırma yüklerinden kaynaklanan enerji tüketimlerini, dinamik olarak hesaplayan bir simülasyon programıdır [10]. Bu program, hesaplarda kullanılan binaya ve ortama ait termofiziksel özelliklerin sıcaklık ve ortam nem oranlarına göre etkileşimi ve zamanla değişimine izin vermektedir. Energy Plus programının amacı mimar veya mühendise yeni veya mevcut bina için tasarım aşamasında enerji tüketimi ile ilgili çeşitli senaryolar sunmaktır.

Bu tezde konuta ait farklı senaryoları analiz etmek amacıyla, bilgisayar simülasyon programı Design Builder ara yüzü ile Energy Plus programı kullanılmıştır.

Design Builder programı kolay kullanılabilen ara yüzü ve birçok veriyi işleyebilme ve modeli rahatlıkla oluşturabilme özelliğinden dolayı tercih edilmiştir.

### **1.1. Literatür Taraması**

Binalarda enerjinin verimli kullanılması amacıyla yönelik ısı yalıtım uygulamaları, etken ve edilgen sistemler vasıtasıyla güneşten yararlanma olanakları ile ilgili çok sayıda deneysel ve teorik çalışmalar yapılmıştır. Aşağıda bu çalışmalarla ilgili özet bilgiler verilmiştir.

Soysal (2008), Ankara ilinde kombi ile ısıtılan toplu konutun mevcut ısısal performansını Ecotect bilgisayar simülasyon programı aracılığı ile yapmıştır. Çalışmada aynı plan tipine sahip ancak yön olarak farklılık gösteren dairelerin birbirleri arasında enerji performansları karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda ara katta yer alan, alt ve üst katı ısıtılan ve yaşama mekanları güneye yönelen konutların ısıtma amaçlı enerji tüketimi açısından en ideal daireler olduğu saptanmıştır [11].

Göçer, Tavil (2008), atriyum tipi binalarda yüksek enerji tüketimi ve kullanıcı konfor koşulları sorunlarına çözüm üretmek amacıyla çalışmalarında, atriyum tipi binaların dış kabuğunu oluşturan en önemli alt sistem olan camlama sistemine ait seçeneklerin, binanın enerji tüketiminin azaltılması ve konfor koşullarının sağlanması için uygunluğunun belirlenmesi ve buna ilişkin bir denetim sisteminin geliştirilmesine yönelik bir performans değerlendirme modeli belirlemiştir [12].

Selamet (1995), çalışmasında en düşük yakıt tüketimini sağlayacak binaların tasarlanmasında mevcut yönetmeliklerin yeterliliğinin irdelenmesi ve bina formunun bu yönetmeliklerde bir tasarım parametresi olarak ele alınmasının gerekliliği üzerinde durmuştur [13].

Tıkır (2009), çalışmasında bir konut bloğunun yapı kabuğunun mevcut durumu ile çeşitli iyileştirmeler yapıldıktan sonraki durumu arasındaki enerji tasarrufunu bilgisayar simülasyon programı aracılığı ile karşılaştırmıştır. Çalışmada enerji etkin yenileme seçenekleri; opak elemanların iyileştirilmesi, saydam elemanların iyileştirilmesi ve güneş kontrolünün yapılması olarak üç ana başlıkta ele alınmıştır [14].

Atmaca (2010), çalışmasında Türkiye için geliştirilen BEP-TR hesaplama yöntemi ile dinamik metotla hesaplama yapan EnergyPlus programının bir otel binası örneği ile karşılaştırmasını yapmıştır. Örnek bina için BEP-TR'de her kat tek zon olarak

kabul edilmiş, farklı yönlenme ve saydamlık oranları için hesaplama yapılmıştır. BEP-TR'de farklı zonlar oluşturmanın Energy Plus programı ile elde edilen sonuçlara yaklaştığını ortaya konmuştur [15].

Onar (2010), çalışmasında az katlı yapılarda kullanılan enerji etkin duvar sistemlerinin çok katlı yapılara uygulama olanaklarını araştırmıştır. Sonuç olarak yüksek katlı yapılarda bu tür sistemlerin kullanılabilmesinin; atmosfer koşulları, cephe yönü, rüzgar etkisi, malzeme cinsi gibi parametrelere bağlı olduğu sonucuna ulaşmıştır [16].

Efe (2009), çalışmasında pasif güneş evlerinde bina kabuğu tasarımına ilişkin alternatiflerin geliştirilmesi için güneş evi tasarım parametreleri ve kazanım sistemlerini incelemiştir. Bu sistemler için tasarıma uygun bina kabuğu alternatifleri uygulama detayları incelenmiştir [17].

Harputlugil (2009), çalışmasında tasarım aşamasında okul binalarının dört farklı derece gün bölgesinde yer alan illere göre TS 825'de ve ESP-r enerji simülasyonundaki yıllık ısıtma enerjisi sonuçlarını karşılaştırmıştır. Dört derece gün bölgesi için analizler yapılmış; her bölge için duvar, döşeme, çatı, pencere, havalandırma, yönlenme gibi tasarım parametreleri için öneriler sunulmuştur [18].

Yılmaz ve Kundakçı (2006), çalışmalarında İstanbul'da bir konutun güney cephesi için iki farklı senaryo ön görmüşlerdir. İlk senaryoda yapının mevcut durum analizi yapılmış, ikinci senaryoda cepheye Trombe duvarı uygulanmıştır. Mevcut duvar ve Trombe duvar uygulamasının ısı performansları zaman bağlı olarak ele alınmıştır. Trombe duvarı kuruluşunda cam tabakanın yanında değişik materyaller de önerilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre materyaldeki değişim iç hava sıcaklığını etkilemezken Trombe duvarı uygulanması iç hava sıcaklığını ve sistem performansını pozitif anlamda etkilemiştir [7].

## BÖLÜM 2

### BİNALARDA ISITMA AMAÇLI ENERJİ TÜKETİMİNİ AZALTMADA ETKİLİ PARAMETRELER

Fosil yakıtların günden güne tükenmesi, çevre kirliliğine yol açması, artan enerji gereksinimleri ve ülkelerin enerji konusunda bağımlılığının artması gibi sebeplerden, binalarda enerji tüketimini en düşük düzeye indirebilmek bir zorunluluk haline gelmiştir. Binalarda tüketilen enerjinin büyük bir kısmı ısıtma amaçlı gerçekleşmektedir [19]. Dolayısıyla tasarım aşamasında ısıtma amaçlı tüketimi azaltan çözümler enerjiden tasarruf edilmesi açısından önemlidir.

Binalarda ısıtma amaçlı kullanılan enerjiyi azaltmada birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler doğal ve yapay çevreye ilişkin parametreler olarak iki başlık altında incelenmektedir.

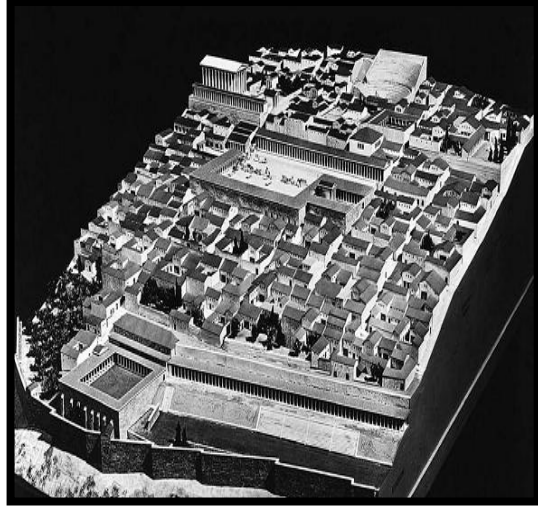
#### 2.1. Doğal Çevreye İlişkin Parametreler

##### 2.1.1. İklim

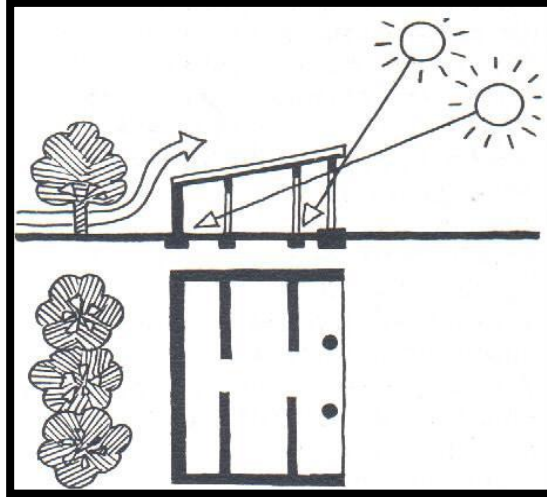
İklimsel verilerden yararlanma ve onun negatif etkilerinden korunma düşüncesi yüzyıllar boyunca bina tasarımı ve yapma süreçlerinde önemli bir yere sahip olmuştur [11].

Tarih boyunca kent veya bina ölçeğinde yapılaşma, iklim verileri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Priene Kenti incelendiğinde bütün mekan organizasyonlarının iklimi ve çevresiyle uyumlu olduğu görülebilmektedir (Şekil 2.1). Mekansal örgütlenmeler iklim verileri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bina ölçeğinde Sokrates'in evi iklimle uyumlu bina yapımının önemli örneklerinden biridir (Şekil 2.2). Güneşten azami ölçüde yararlanan ev iklimin getirdiği olumsuz etkilere karşı şekillenmiş, bulunduğu çevreyle uyum sağlamıştır [20].

Tasarımı doğrudan etkileyen iklim parametresi; hava sıcaklığı, güneş ışınımı, nem ve rüzgar gibi faktörlerin bir bileşkesidir [21]. Birçok değişkenin oluşturduğu iklim yapının şekillenmesinde doğrudan etkili bir tasarım girdisidir. Geleneksel konutlarda yapının bulunduğu iklime göre farklı yapı tipleri ortaya çıkmıştır. Walter Gropius, “Mimariye etki eden iklimsel koşulları dikkate alırsak, aradığımız ifade değişikliklerini yakalamış oluruz” diyerek iklimin mimari tasarımındaki önemine dikkat çekmiştir [22].



Şekil 2.1. Priene Kenti [20,23]



Şekil 2.2. Sokrates Evi [21]

### 2.1.2. Topoğrafya

Yapının yer aldığı arazi mimari tasarımı etkileyen önemli bir etkidir. Arazinin eğimi, güneş ışınlarının geliş açısı, rüzgar şiddeti ve yönlenme gibi parametreler topoğrafyayı belirler.

Topoğrafya ile uyumlu yerleşimlerden biri geleneksel Mardin evleridir. Eğimli bir araziye yerleşen Mardin evleri güneş ışığını en iyi şekilde kullanan, iklimin getirdiği olumsuz etkileri yapıların doğru konumlanması ile eğimden yararlanarak çözümlenmiş yapılardır. İklimsel konfor gereksinimlerini yeterli ölçüde karşılayabilen Mardin evleri topoğrafya ile uyumlu tasarım için olumlu örneklerden biridir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. 19. Yüzyılda Mardin Şehri [24]

### 2.1.3. Bitki örtüsü

Bitki örtüsü, enerji etkin yapıların oluşturulmasında önemli bir tasarım parametresidir. Yapı üretiminde bitki örtüsünün korunması ekolojik dengenin korunması açısından önemlidir.

Mimari tasarımda bitki örtüsünün doğru kullanılması rüzgardan, aşırı ısınmadan ve kirli havadan korunmaya katkı sağlamaktadır. Bitki örtüsü sayesinde gürültü kirliliğinin önüne geçilebilmektedir. Havadaki nemi arttırarak sıcaklığın düşmesini yardımcı olmaktadır [11].

## **2.2. Yapay Çevreye İlişkin Parametreler**

### **2.2.1. Yerleşmenin yeri**

Yerleşme yeri, yapının güneşlenme süresi, rüzgar yönü ve şiddeti gibi tasarımı direkt etkileyen parametreleri içermesi açısından önemlidir. Yerleşmenin bulunduğu yarımküre, eğimi, yönü gibi özellikler tasarımı etkileyen parametrelerdir. Bununla birlikte;

- Yapının diğer yapılarla yoğunluk ve kullanım açısından uyumlu olması,
- Isıtma ve soğutma yüklerinin optimize edilmesi,
- Gürültü, rüzgar gibi olumsuz etkenlerden korunma,
- Güneş ışınlarından azami ölçüde yararlanma konuları yerleşim yerinin analizinde etkilidir.

### **2.2.2. Bina aralıkları**

Yapıların tasarımında bina aralıkları; güneşten yararlanmayı, rüzgarın yönünü ve hızını etkileyen yapay çevreye ilişkin önemli bir tasarım parametresidir. Tasarımda bina, çevresi ile bütün olarak ele alınmalıdır. Binalar arası mesafeler yapının kullanım aşamasındaki enerji performansını büyük ölçüde etkilemektedir. Yapının diğer binaların gölgeleme alanında kalması, güneş ışınlarından yararlanmayı etkileyerek enerji tüketimini artıracaktır. Güneş ışınlarından yararlanabilmek için bina aralıkları diğer binaların en uzun gölge boyundan az olmalıdır [21]. Ayrıca diğer binaların konumu ve mesafesi rüzgarın yapı üzerindeki hızını ve yönünü etkilemekte, bu da yapının enerji performansına etki etmektedir.

### **2.2.3. Bina yönlendiriliş durumu**

Binada kullanıcı tarafından istenen iklimsel ve görsel istekleri gerçekleştirmede yönlendirme önemli bir diğer tasarım parametresidir. Yapının yönüne bağlı olarak değişen güneş ışınımı ve rüzgar gibi faktörler yapının enerji performansına direkt etki etmektedir. Doğru bir yönlendirme neticesinde yapıda çok yüksek oranda enerji tasarrufu sağlamak mümkün olmaktadır.

Tasarımda yönlendirilmenin göz ardı edilmiş olması, yapının çevreden ve iklimsel verilerden kopuk kullanıcı isteklerine cevap vermeyen bir yapı ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Farklı iklim bölgeleri için tasarlanacak yapıların yönlendirmeleri de farklı



olmaktadır. Çevresel ve iklimsel açıdan farklılık gösteren yapı yerleri tasarımın yönlendirilmesini doğrudan etkilemektedir [25].

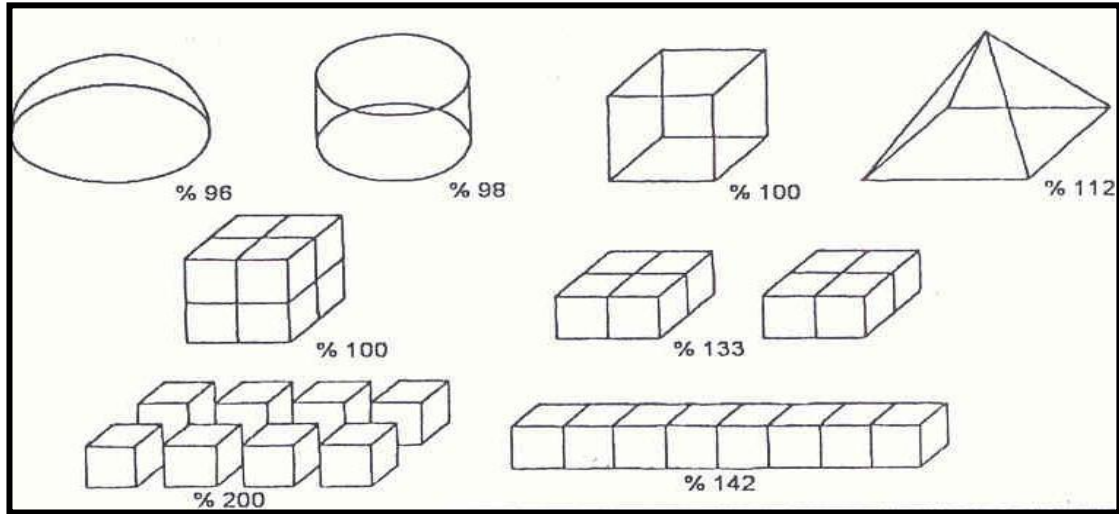
#### 2.2.4. Bina formu

Enerji performansını doğrudan etkileyen binanın biçimsel özellikleri estetik ve mimari açıdan önemli bir tasarım girdisidir.

Bina formu; yapının plansal olarak uzunluğunun, yapı derinliğine oranı, bina yüksekliği, çatının türü ve eğimi gibi tasarım parametreleriyle tanımlanmaktadır [11].

Yapının enerji performansını formu, hacim yüzey oranı, cephesel hareketleri gibi faktörler etkilemektedir. Yapının geometrik şekli ile enerji performansı arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır.

Yapılan çalışmalarda aynı hacme sahip ancak farklı formlarda yapılmış kütlelerin enerji performansında değişik sonuçlar çıktığı gözlenmiştir [11]. Aşağıdaki şekilde aynı hacme sahip farklı formları olan kütlelerin yüzey alanları hesaplanmıştır. 100 olarak kabul edilen küpün yüzeyi referans kabul edilmiş diğer formlar buna göre hesaplanmıştır (Şekil 2.4) [26].



Şekil 2.4. Aynı Hacme Sahip Farklı Formların Birbirlerine Göre Yüzey Oranları [26]

### 2.2.5. Bina kabuğu

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri, bina kabuğu birim alanından (dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımı etkileriyle) kazanılan veya kaybedilen ısı miktarının belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır [27].

Bina kabuğu kullanıcıyı, sıcak/soğuk hava, rüzgar vb. dış iklimsel etkenlerden koruyan bir yapı bileşenidir. Bina kabuğu, dış ortam ile iç ortam arasında bir süzgeç görevi sağlayan bina enerji performansında önemli etkenlerden biridir.

Bina kabuğu tasarımında amaç; güneş ışığından azami lde yararlanan, iç ortam hava kalitesini artıran, kullanıcının mahremiyet ve görsellik ile ilgili gereksinimlerini karşılayan bir katman oluşturma tır [28]. Bu bağlamda bina kabuğunun ısıtma enerjisi performansında hava sızdırmazlık (airtightness) ve güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC) etkili parametrelerdir.

**Hava sızdırmazlık (airtightness)**, bina kabuğunda ısı kaybına neden olan etkenlerden biridir. Binanın ısıtma enerjisi performansına etki eden hava sızdırmazlığının oluşmasında, işçilik kalitesinin düşük olması önemli sebeplerdendir. Bina enerji performansı açısından bina kabuğunda kullanılan malzemelerin etkisinin yanı sıra uygulama aşamasındaki işçilik kalitesinin yüksek olması gerekmektedir. Bu nedenle bina kabuğunun doğru tasarlanması ile birlikte uygulama kalitesinin yüksek olması hava sızdırmazlık düzeyini yüksek oranda düşürmektedir [29].

**Güneş ısı kazanç katsayısı (SHGC)**, pencerelerin güneş ışınımına karşı güneş kontrolü veya ısı kazancı açısından performansına yönelik hassas değerlendirmelerde kullanılan bir parametredir. Cam aracılığıyla iç ortama geçen ısı enerjisi ile çerçeve ve cam tarafından soğurulduktan sonra iç ortama geçen ısı enerjisi miktarlarının toplamıdır, yani pencerenin güneşten ısı kazancını belirler [30]. Güneş ışınlarından kazanç katsayısı olarak cam tabakasından iletilen güneş ışınlarını ve cam tarafından emilip zona akan güneş ısını içermektedir. Enerji etkin bir bina olma niteliğini taşıyan yapılarda güneş ısı kazanç katsayısı yüksek olan saydam elemanların kullanılması gerekmektedir. Güneş ısı kazanç katsayısı yüksek olan saydam bileşenlerin kullanıldığı binalarda, yaz dönemlerindeki aşırı ısınma sorunu; güneş kırıcılar, balkonlar, çatı saçakları gibi yapı ögeleri ile önlenebilmektedir.

## BÖLÜM 3

### BİNALARDA ISITMA AMAÇLI ENERJİ KAZANCINI ARTTIRMAYA YÖNELİK SİSTEMLER

Binaların güneş enerjisi kullanılarak ısıtılmasında kullanılan yöntemler etken ve edilgen sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Edilgen sistemler yapının tasarım aşamasında tasarımcı tarafından alınan kararlar ile sağlanan, olabildiğince az tesisat kullanımının söz konusu olduğu kazanç yöntemidir [2]. Etken sistem ise teknolojik ilerlemeler sonucunda gelişen mekanik sistemlerin kullanıldığı kazanç sistemleridir.

#### 3.1. Etken Sistemler

Güneş enerjisini kullanılabilir hale getirmek için mekanik sistemler kullanan güneş sistemlerine “etken (aktif) sistem” denir [23]. Etken sistemde güneş enerjisinden güneş toplayıcıları ve fotovoltaik paneller aracılığı ile yararlanılmaktadır [31]. Etken sistemlerin tasarım aşamasında yapıya en uygun sistem seçilerek planlanması gerekmektedir. Tasarım aşamasında düşünülmeyen yapı bittikten sonra yapılan uygulamalar hem teknik hem de estetik sorunlara yol açmaktadır. Hızla gelişen teknoloji sayesinde etken sistemler yapılarda daha sık görülmektedir.

#### 3.2. Edilgen Sistemler

Edilgen sistemler, yapının tasarım özelliklerinden yararlanılarak güneş enerjisinin yapıya alınması ve ısı elde edilmesi ilkesine dayanmaktadır [32]. Tasarım sırasında doğru verilmiş kararlar yapının enerji kazancını yüksek oranda arttırmaktadır. Edilgen sistemler, binaya entegre edilir ve yapı elemanları da bu sistemin bir parçası olmaktadır [20]. Edilgen sistemlerden kazanç iki şekilde olmaktadır. Bunlar; direkt ve dolaylı kazanç sistemleridir.

### **3.2.1. Direkt kazanç sistemleri**

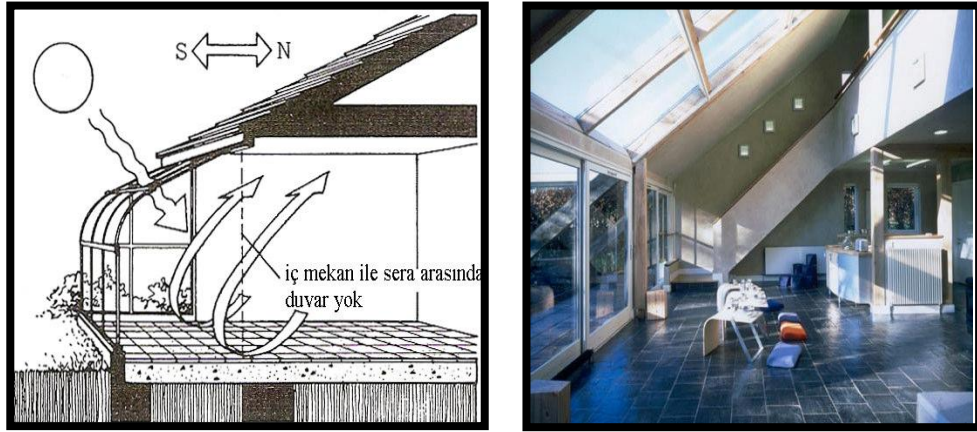
Direkt kazanç sistemleri; güneş enerjisinin toplanması ve depolanması için güney yönüne bakan cam yüzeylerden iç yüzeylerce soğurulup ısı enerjisi olarak mekana bırakılması ilkesine dayanır [32]. Bu sistemde güneş ışınları direkt olarak içeriye girer ve bu ışınların bir kütleyle ısıtarak enerjinin burada depolanması sağlanır. Yaşama alanları direkt olarak saydam yüzeylerden geçen güneş ışınları tarafından ısıtılır. Yaşama alanları ise; toplama, depolama ve dağıtma elemanlardan oluşturulmuştur. Güneş ışınlarının iç hacme girmesini sağlayan saydam elemanlar toplama; duvar ve döşemeler depolama elemanı olarak görev yaparlar. Direkt kazançta dağıtım elemanına gerek yoktur. Direkt kazanç sistemlerinde; yapının güney yüzünde (duvar ve çatıda) büyük saydam yüzeyler ve depolama elemanı olarak da masif malzemelerden (beton, tuğla, kerpiç vb.) oluşan tavan, döşeme ve duvarlar kullanılmaktadır. Bu sistemde, güneş ışınları güneye yönlendirilmiş geniş saydam yüzeylerden direkt olarak içeriye girer ve bu ışınlar yapı elemanlarının oluşturduğu kütleleri ısıtarak enerjinin burada depolanması sağlanır. Opak emici yüzeylerde ısı enerjisine dönüşen güneş enerjisi yapı içine ve diğer komşu elemanlara yayılır.

### **3.2.2. Dolaylı kazanç sistemleri**

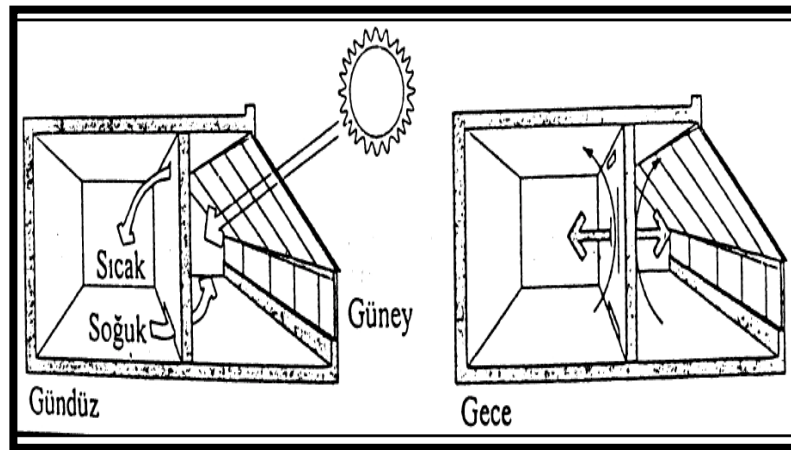
Dolaylı kazanç sistemleri, cam yüzey ve bu yüzeyin arkasında yer alan ısı depolama kapasitesi yüksek olan koyu renge boyanmış tuğla, beton, kerpiç veya taş gibi depolamaya uygun ısıtılardan oluşur [32]. Cam yüzeyden geçerek ısıtılardan gelen güneş ışını ışıınım veya dolaşım yoluyla iç mekâna verilir. Yaz mevsiminde ise ısıtılardan kütlenin ısınmasını önlemek için kepenk, geceleri ise ısı kaybını önlemek için perde gibi yalıtım malzemeleri yapılmalıdır. Dolaylı kazanç sistemlerinde, enerji depolayıcı elemanlar yapının mimari özelliğini koruyacak şekilde tasarlanmalıdır. Dolaylı kazanç sistemleri, güneş duvarı (Trombe duvarı), kış bahçesi (sera), çatı havuzu ve ayırık açıklıkları şeklinde uygulanabilir.

### 3.2.2.1. Kış bahçeleri

Yapıların güney yönünde tasarlanan ve sera olarak da adlandırılan kış bahçesi, kış mevsiminde ısı kazanımını arttıran toplaçlardır [23]. İç mekana bitişik veya araya bir duvar konularak yapılabilir. Doğrudan kazanç sisteminde arada duvar bulunmamaktadır. (Şekil 3.1). Güneşe bakan cam yüzeylerin artması, kış günlerinde ısı kazancını arttırmakta, buna karşılık güneşin olmadığı saatlerde ısı kaybının, yazın da istenmeyen ısı kazancının artması gibi olumsuzluklar getirmektedir. Bu nedenle seralarda kış akşamları için gece yalıtımı, yaz gündüzleri için de güneşten korunma büyük önem taşımaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. İç Mekanla Bitişik Kış Bahçesi (Sera) Çalışma Prensibi ve Uygulama Örneği [23]

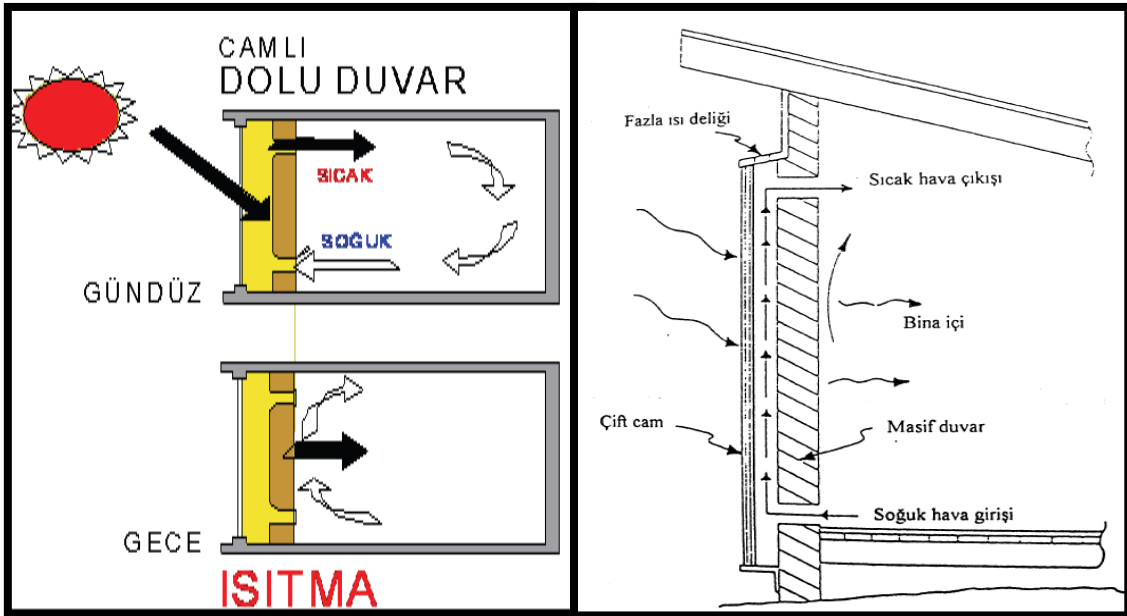


Şekil 3.2. Kış Bahçesi Çalışma Prensibi [23]

### 3.2.2.2. Trombe duvarı

Bu sistem, Mimar Jacques Michel ve Mühendis Felix Trombe tarafından geliştirilmiş ve 1967'de Fransa'da tasarladıkları Michel-Trombe evinde kullanılmıştır. Bu yüzden, sistemde kullanılan ısı depolayıcı duvara Trombe duvarı denilmektedir [23]. Trombe duvarı, güneş enerjisinden edilgen sistemle yararlanmada etkili bir cephe sistemidir [33]. Trombe duvarı, duvar malzemesinin ısı depolama kabiliyetinden yararlanarak güneş enerjisinin depolanmasını; önüne yerleştirilen cam ise güneş enerjisinin duvarın dış yüzüne ulaşmasını ve sera etkisi oluşumu ile içeriye giren güneş enerjisinin yararlı hale dönüştürülmesini sağlar. Bu sistemde, masif duvarın ısıl özellikleri, kalınlığı, yüzey rengi, yüzey alanı ve baktığı yön etkili parametrelerdir.

Güneye yönlendirilmiş saydam alana ve masif duvara ulaşan güneş ışınları koyu renge boyanmış duvar yüzeyi tarafından emilir ve duvarla cam arasında kalan ısı, masif duvarın alt ve üst kısımlarında bulunan kanallardan taşınım yoluyla iç mekanlara iletilir (Şekil 3.3). Camın arkasına masif duvar yerine su dolu variller, tüpler veya borular da konulabilir. Yaz mevsiminde sistemin aşırı ısınmaya yol açmasını engellemek için güneş kırıcılar veya bitkilerle gölgeleme yapılmaktadır. Ayrıca saydam yüzeyin üst kısmında bırakılan hava kanalı ısınıp yükselen havanın dışarı atılmasını sağlamaktadır.



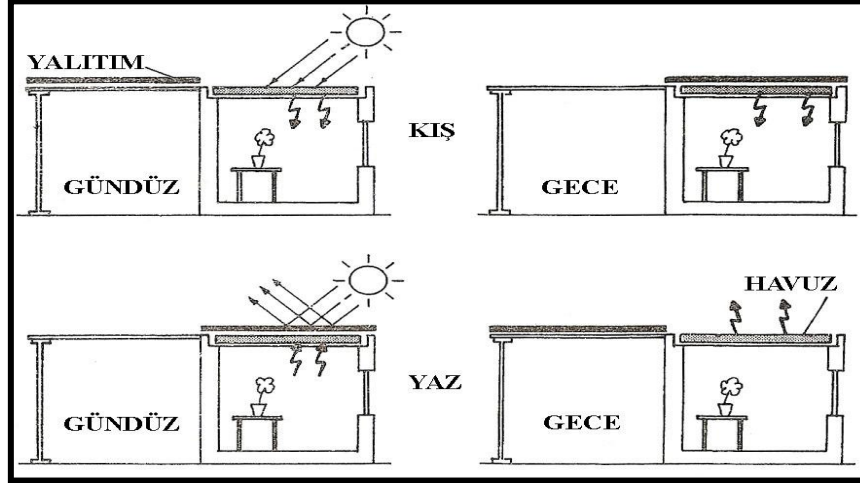
Şekil 3.3. Trombe Duvarı Çalışma Prensibi [34,23]

### **3.2.2.3. Su duvarı (Bidon duvarı)**

Kütle duvardaki ısı depolayıcı masif duvar bileşeni yerine su veya diğer sıvılarla dolu kapların kullanıldığı bir ısıtma sistemidir [25]. Bu sistemde ısıl kütle olarak, ısı depolama kapasitesi beton, tuğla, taş vb. gibi masif malzemelere oranla çok daha yüksek olan su veya diğer sıvılarla dolu varil veya kaplar kullanılmaktadır. Isı depolayıcı duvarlar iç yüzeylerine ısıyı yavaş iletirler. Masif duvar olarak kullanılan betonun malzeme yoğunluğu yüzünden, güneş enerjisini toplayan dış yüzeyinin hızla ısınmasına rağmen diğer yüzeyi yeteri kadar ısınmamaktadır. Ancak ısı depolayıcı olarak kullanılan su veya diğer sıvılarla doldurulan tank, fıçı, varil ve kaplar aracılığıyla yaşama mekanına daha hızlı ve sürekli olarak ısı iletilmektedir. Bu da su duvarı içindeki suyun güneş enerjisi ile ısınarak yukarı doğru çıkarken, doğal bir konveksiyon akımı oluşturması ile gerçekleşmektedir.

### **3.2.2.4. Çatı havuzu**

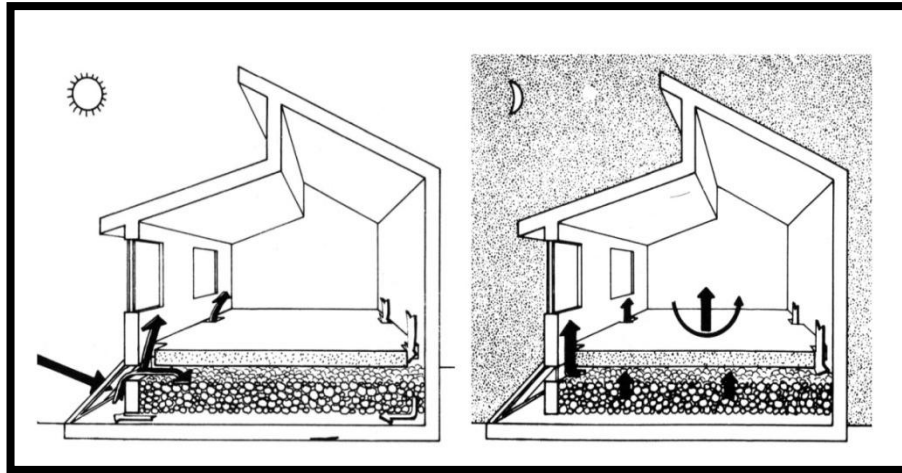
Edilgen ısıtma sisteminin bu uygulamasında, ısı depolayıcı kütle yapının çatısında tasarlanmaktadır. Isı depolama kütlesi içi su dolu havuzdan veya plastik torbalardan oluşmaktadır. Metal taşıyıcılar ve çelik çatı üzerine yerleştirilen çatı havuzu, yaşama alanı için tavan görevi yapmaktadır. Havuzun üstünde gerektiğinde açılıp kapatılmak üzere yalıtım plakaları bulunmaktadır. Kış dönemlerinde gündüz saatlerinde güneşli günlerde yalıtım plakaları bir motor aracılığıyla çekilerek siyah plastik torbaların içindeki suyun güneş enerjisiyle ısınması sağlanır. Gece ise yalıtım plakaları ile örtülür ve enerjinin dışarıya kaçışı önlenir. Enerjiyi depolayan su, tavandan binanın içine doğru ısıma yoluyla enerji aktarır ve böylece odalar ısıtılmış olur [23]. Yazın ise tam tersi yapılır. Güneşli saatlerde yalıtım plakası kapalı tutulur ve güneş enerjisinin suyu ısıtması engellenir. Buna karşın binanın içindeki mevcut ısı yukarıya doğru çıkarak suyu ısıtır. Gece ise yalıtım plakaları kenara çekilerek suyun içinden dış ortama ısı akışı sağlanır ve soğutma yapılır (Şekil 3.4). Çatı havuzunun dezavantajları ise; yapıya ek yük getirmesi, güneş ışınlarının yatay düzlemde az toplanması ve su yalıtımı gerektirmesidir.



Şekil 3.4. Çatı Havuzu Çalışma Prensibi [23]

### 3.2.3. Ayrılmış kazanç sistemleri

Ayrılmış kazanç sistemleri yapılardan ayrı olarak tasarlanmakta ve üç bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler; ısı toplayıcı kısım, ısı depolama kütlesi ve ısı dağıtım kanallarıdır. Güneş enerjisinden yararlanılarak toplaçta ısınan hava yükselerek veya dağıtım kanalları aracılığıyla mekana aktarılmaktadır [32]. Toplayıcı eleman koyu renk bir levha ve onun üzerindeki cam veya plastik levhadan oluşmaktadır. Isı depolama kütlesi taş, çakıl gibi ısı depolama oranı yüksek olan malzemelerden seçilmektedir. Sistem yazın mekanın serinletilmesinde de kullanılmaktadır. Sistemin üzerinde yer alan havalandırma kapakları açılarak ısınan hava yüksek akım oluşturarak dışarı atılır. Bu arada yapının kuzeyinde yer alan pencereden gelen serin hava sisteme gelerek yapının ve sistemin soğutulması gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Ayrılmış Kazanç Sistemlerinin Gündüz-Gece Çalışma Şekli [35]



## BÖLÜM 4

### ENERJİ KAZANCINI ARTTIRMAYA YÖNELİK UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Hızla büyüyen ve gelişen dünyanın karşı karşıya olduğu enerji krizi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ve enerji tasarrufunu gündeme getirmektedir. Kullanılan enerjinin büyük bölümünün yapılarda tüketilmesi, yenilenebilir enerjileri kaynaklarının önemine ve enerji etkin yapıların ön plana çıkmasına sebep olmuştur. Çalışmanın bu bölümünde yurt dışı ve yurt içindeki enerji kazancını arttırmaya yönelik uygulamalara yer verilmiştir.

#### 4.1. Yurt Dışındaki Uygulama Örnekleri

##### **Freiburg Riesenfeld Yerleşimi**

Freiburg'da bulunan Riesenfeld Yerleşimi 120 adet aktif enerjili binadan oluşmaktadır. Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmak amacıyla yapıların çatısına güneş pilleri yerleştirilmiştir. (Şekil 4.1). Çatıya yerleştirilen güneş pilleri yazın aşırı ısınmayı önlemek için gölgeleme elemanı olarak da kullanılmaktadır. "Freiburg Riesenfeld Yerleşimi tükettiğinden fazlasını ürettiği için Avrupa'nın en büyük güneş yerleşimi olarak kabul edilmektedir" [36].



Şekil 4.1. Freiburg Riesenfild Yerleşiminin Çatısında Metal Taşıyıcılar Üzerine Tespit Edilen Çerçevesiz Güneş Pilleri [36]

### **Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşimi**

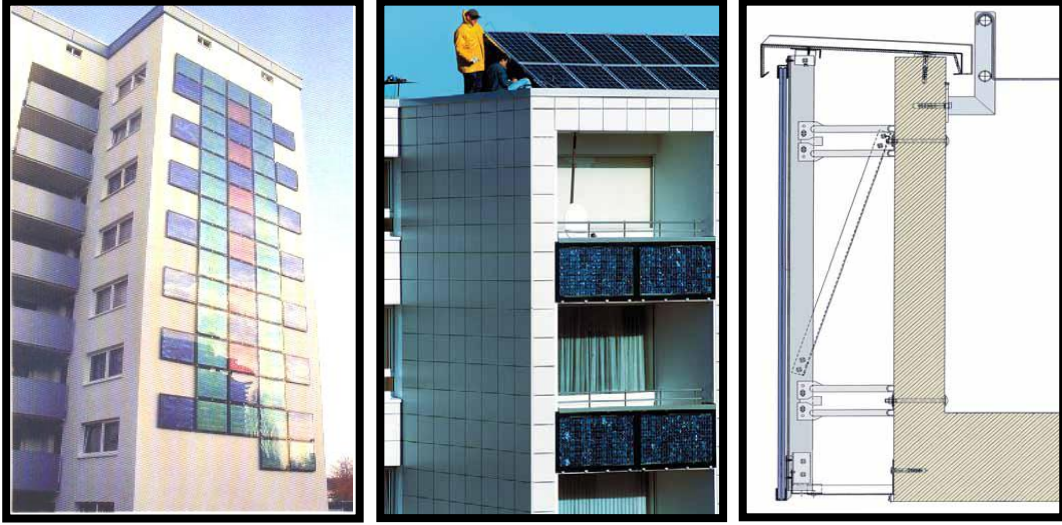
Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşimi, sıra evler şeklinde inşa edilmiş yapılarda meydana gelmektedir. Kuzey-güney yönlenmesine sahip olan yerleşkede yapı başına enerji gereksinimi 30-45 kWh/m<sup>2</sup>.yıldır. Yapının güney cephesine güneş pilleri yerleştirilmiştir (Şekil 4.2). Yerleşkede kullanılan fotovoltaik paneller sayesinde 80 kWp'lik enerji elde edilmektedir. Yine yapıda yer alan güneş toplaçları sıcak su tüketiminin %60-65'ini karşılamaktadır. Yerleşimin ısı enerjisi gereksinimi, yönetmelikte belirlenen miktarın % 40 altındadır. Yapıya uygulanan aktif sistemler sayesinde yerleşke ihtiyacından fazla elektrik üretmektedir [36].



Şekil 4.2. Gelsenkirchen-Bismarck Güneş Yerleşiminde Çatıda ve Gölgeleme Elemanı Olarak Kullanılan Güneş Panelleri [36]

### **Bocklemünd-Köln Yerleşimi**

33 binanın yer aldığı alanda enerji kazancı sağlamak amacıyla yapıların cephelerine ve parapetlerine güneş pilleri yerleştirilmiştir. Güneş pilleri yapıların cephelerine ve parapetlerine yerleştirilmiştir (Şekil 4.3). Yapılan ısıl iyileştirmeler ile duvar ve çatılarda ısı geçiş katsayısı  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  ile sınırlandırılmıştır. Mevcut durumda  $126 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$  olan enerji gereksinimi, alınan ısı yalıtımı önlemleri ve düzenlenen güneş pilleri aracılığı ile  $59 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$  değerine çekilmiştir [37].



Şekil 4.3. Bocklemünd-Köln Yerleşiminde Cephede ve Parapette Güneş Pili Uygulaması ve Parapet Detayı [37]

### **Almanya Münster’de İkiz Ev**

Konutun bulunduğu bölgede yıllık ışınlama miktarı  $1036 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$ ’dır.  $270 \text{ m}^2$  ısınma alanına sahip konutun tamamı elektrik enerjisiyle ısıtılmaktadır. Konut duvarlarının ısı geçirme katsayısı iyi bir ısı yalıtımı ile  $k= 0.14 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kış bahçesi ısı geçirme katsayısı  $k= 0.5-0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$  değerine kadar düşürülmüştür. Konutun gereksinim duyduğu sıcak suyun %90’ı ve elektrik ihtiyacının %60’ı güneşten, PV ve sıcak su ısıtma sistemleriyle sağlanmaktadır (Şekil 4.4). Isınma ve sıcak su gereksinimi için enerji ihtiyacı,  $25 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$  tir.  $28 \text{ kWh/m}^2\text{yıl}$  olan toplam enerji gereksiniminin  $2/3$  ‘ü PV sistemi ile üretilmektedir [38].



Şekil 4.4. Almanya Münster’de Düşük Enerjili Bina [34]

### **Steinfurt-Borghorst Yerleşimi**

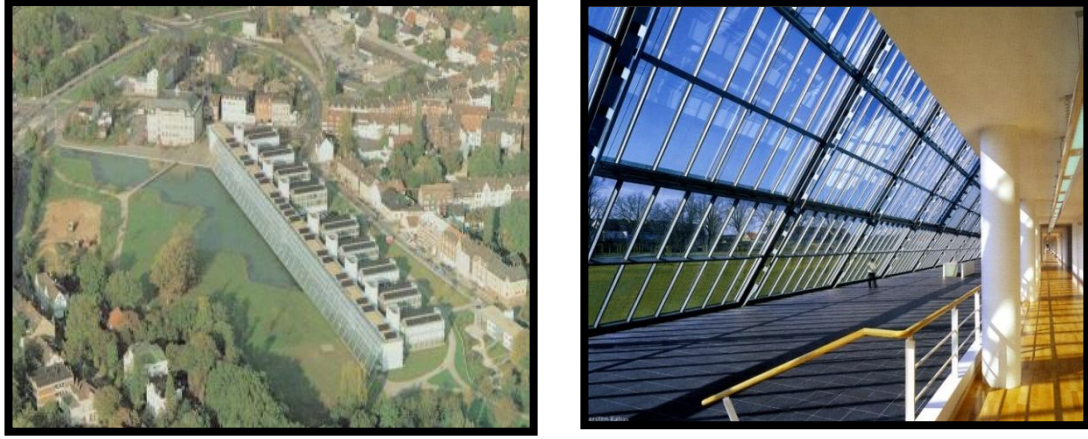
Steinfurt-Borghorst yerleşimi 3800 m<sup>2</sup> kullanım alanına sahip 42 konuttan oluşmaktadır. Bu yerleşimin amacı binalardaki enerji tüketiminin ağırlıklı olarak güneş enerjisinden sağlanmasıdır (%34) (Şekil 4.5). İkiz ve sıra evler ile çok katlı binaların yer aldığı yerleşimde enerji gereksinimleri, sıra evler: 15 kWh/m<sup>2</sup>yıl, ikiz evler: 30 kWh/m<sup>2</sup>yıl, çok katlı bloklar için ise 50 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak verilmektedir. Bu binalar için yapılan ölçümlerde Mayıs-Eylül dönemlerinde gerekli enerjinin tümü güneş enerjisinden sağlanmaktadır. Ancak enerji bilançosunda amaçlanan %34’lik oranın, % 26 düzeylerinde olduğu tespit edilmiştir [37].



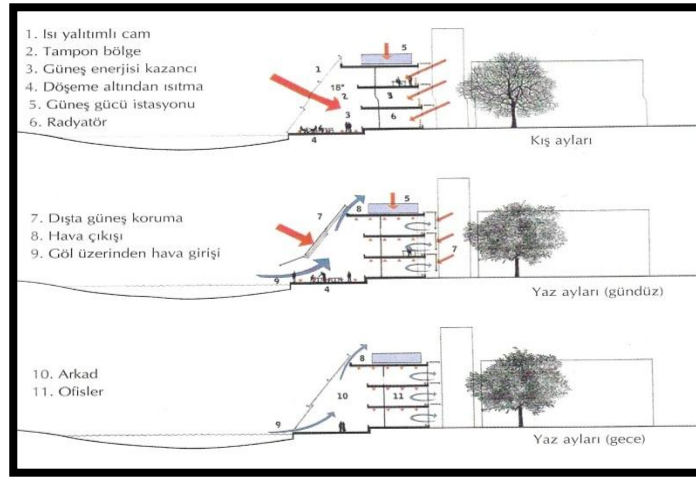
Şekil 4.5. Steinfurt-Borghorst Yerleşiminde Yer Alan Güneş Panelleri [39]

## Gelsenkirchen Bilim Parkı

Gelsenkirchen Bilim Parkı'nda bulunan yapı 300m uzunluğunda bir koridorun doğu cephesine eklenmiş dokuz adet pavyondan oluşmaktadır. 300 m uzunluğundaki koridor eğimli bir cepheden göl manzarasına yönelmeyi sağlamaktadır (Şekil 4.6). Tamamen camla kaplı olan bu koridor batı güneşine karşı tampon bölge görevi görmektedir. Cephe ısı yalıtımlı olup ihtiyaca göre açılıp kapanabilmektedir. Yazın bu cephedeki gölgelikler açılmakta, hava hareketini arttırmak için kanatlar açılmaktadır (Şekil 4.7). Bu yapının en dikkat çeken özelliklerinden biri çatısında dünyanın en geniş yüzeyine sahip güneş enerjisi santrali bulunmaktadır. Binada yer alan PV paneller 200.000 KW elektrik üretimini sağlamaktadır [40].



Şekil 4.6. Gelsenkirchen Bilim Parkının Batı Cephesinde Yer Alan Kış Bahçesi [40]



Şekil 4.7. Kış Bahçesinin Kullanım Şekilleri [40]

### **Sarratt Evi-Arkansas**

Yapıda edilgen sistemlerden ve sıcak su için güneş toplaçlarından yararlanılmaktadır. Yapının kuzey ve güney cepheleri farklı oranlarda tasarlanılarak iklimin etkilerine göre tasarım yapılmıştır. Yaz döneminde yapının aşırı ısınmasını engellemek için teraslar ve geniş saçaklar tasarlanmıştır (Şekil 4.8). Yapı duvarlarında ve çatılarında yalıtım önlemleri alınmıştır. Yapılan iyileştirmeler sonucunda yapı, aynı bölgedeki benzer konutlara oranla ısıtmada %71, soğutmada ise %82 enerji tasarrufu sağlamaktadır [32].



Şekil 4.8. Sarratt Evi Genel Görünüşü [32]

### **Hamburg Pinnsberg'de Enerji Etkin Bina**

Hamburg'da yer alan yapının güney yönünün olabildiğince büyütüldüğü saydam yüzey oranının kuzey cephede en aza indirildiği görülmektedir [40]. Yapı enerji etkin tasarımın ilk ilkesi olan ısı yalıtımı açısından zeminden çatıya kadar yalıtılmıştır. Betonarme olan yapının duvarlarında 25 cm kalınlığında yalıtım kullanılmıştır. Güney cepheye yerleştirilen PV paneller aracılığıyla yapının elektrik üretimi sağlanmıştır (Şekil 4.9). Bu uygulamalar sonucunda yapının yıllık 70 kWh/m<sup>2</sup> enerji tüketimi gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır [41].



Güney Cephesi

Kuzey Cephesi

Şekil 4.9. Hamburg Pinnasberg'de Enerji Etkin Binanın Güney Cepheye Yerleştirilmiş PV Paneller ve Kuzey Cephesi [41]

### **BedZED Hackbridge, Londra**

Konut ve ofis birimleri olarak oluşan bu yerleşke sıfır enerji tüketimi amaçlanarak tasarlanmıştır (Şekil 4.10). Etken ve edilgen sistemlerden yararlanılan tasarımda alana araç girişi yasaktır. Yerleşke ile ilgili yapılan performans değerlendirmesi sonucunda ısıtma yükü %88, sıcak su üretiminde kullanılan enerji miktarı %57, elektrik enerjisi kullanımı %25, su tüketimi % 50 azalmıştır [42].



Şekil 4.10. BedZED Yerleşkesinden Görünüş [42]

## 4.2. Türkiye'deki Uygulama Örnekleri

### Diyarbakır Güneş Evi

Diyarbakır Güneş Evi ısınma, soğutma ve aydınlatma gereksinimlerini güneş enerjisinden karşılayan Türkiye için önemli bir örnektir. Yapının enerji gereksiniminin karşılanması için toprak altı enerjisi, sera ve güneş duvarı, güneş panelleri ve güneş kolektörleri kullanılmıştır. Evin yanında bulunan kuyudaki suyun yaz-kış ortalama 15 derece sıcaklıkta olmasından yararlanılarak evin serinletilmesi sağlanmaktadır. Bu işlem borular aracılığıyla, suyun tavan ve döşemelerde dolaştırılarak serinlik sağlanmasıyla gerçekleşmektedir [43].

Güney cephesinde yer alan sera ve Trombe duvarı yardımıyla ısınan hava menfezlerle iç mekana aktarılmaktadır (Şekil 4.11). Alt menfezden gelen soğuk hava seradaki yüksek sıcaklık nedeniyle ısınıp yükselerek yukarıdaki menfezden tekrar iç mekana girmektedir. Sera ve güneş duvarlarında dışa açılan menfezler bulunmaktadır. Bu menfezler ısınan havanın yükselerek dışarı çıkması sırasında büyük bir vakum etkisi yaratmaktadır. Bu vakum etkisiyle kuzeye açılan pencere ve menfezlerden içeri serin hava çekilmektedir. Yaz aylarında, sera yüzeyinde aşırı ısınmayı önlemek için, kışın yaprağını döken sarmaşık ve ağaçlarla bu bölümün gölgede kalması sağlanacaktır [39].

Yapının 40 derece eğime sahip güney çatısında ve 17 derece eğimli mutfak çatısında; her biri 162 watt'lık, toplam 3.88 kw kurulu güce ulaşan 24 adet PV güneş panelleri bulunmaktadır (Şekil 4.12). Çatıda sıcak su ihtiyacını karşılamak için iki adet güneş kolektörü ve bodrumda sıcak su deposu bulunmaktadır. Bu depoda gündüz ısınan su döşeme altı boruları ile gece ısınmaya yardımcı olmaktadır. Bu sistemlerle Güneş evinden yaklaşık yılda 8078 kWh enerji tasarruf edilmektedir [43].





Şekil 4.11. Diyarbakır Güneş Evinde Yer Alan Trombe Duvarı [44]



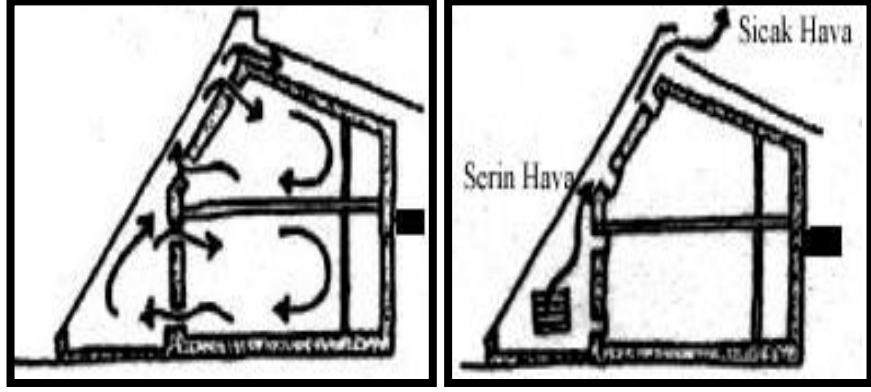
Şekil 4.12. Diyarbakır Güneş Evinde Güneş Panelleri ve Kış Bahçesi [44]

### **TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi Misafirhanesi**

Antalya’da 2500 m yükseklikte yer alan misafirhane iki katlı olarak inşa edilmiştir. Yapının kuzeyin olumsuz etkilerinden yalıtım amacıyla toprak altına gömülmüştür. Güney duvarında dolaşım yoluyla iç mekana ısı transferi sağlayan Trombe duvarı bulunmaktadır. Güney duvarının önünde yer alan pencere zemin katta sera olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.13). İkinci katta, camın arkasındaki duvar yüzeyi daha fazla radyasyon kazancı için siyah renge boyanmıştır. Trombe duvarı ve sera aracılığıyla kış döneminde yapının ısınma ihtiyacı sağlanmaktadır. Yaz döneminde yapının aşırı sıcaktan korunması, seranın alt kısmına yerleştirilen yan hava kapakları aracılığıyla içeri giren temiz havanın çatı kapağında çıkan sıcak hava ile yer değiştirmesi ile sağlanmaktadır (Şekil 4.14) [32].



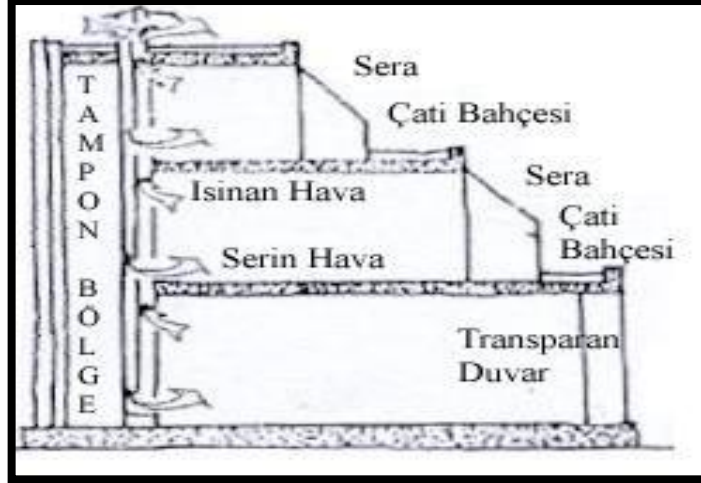
Şekil 4.13. TÜBİTAK Gözlemevinin Güney Cephesinden Görünüş [45]



Şekil 4.14. TÜBİTAK Gözlemevi Isıtma ve Havalandırma Çalışma Prensibi [32]

### **Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü**

Yapının güney cephesinde seralar ve çatı bahçeleri bulunmaktadır. Zemin katta güney yönünde arası 60 cm olan çift cam duvar kullanılmıştır. Katlarda mekanların önünde seralar ve çatı bahçeleri kullanılarak güneşten yararlanılırken aşırı ısınma sorununun çözümü de amaçlanmıştır (Şekil 4.15). Yapının kuzey yönünde bulunan koridor ve merdivenler, tampon bölge oluşturarak kuzeyin etkisinden korunmaya yardımcı olmaktadır. Yapının aşırı ısınması önlemek amacıyla hareketli gölgeleme elemanları kullanılmıştır [32]. Yapıda zamanla değişikliğe gidilerek seraların ve çatı bahçelerinin önü kapatılmıştır (Şekil 4.16).



Şekil 4.15. Ege Üniversitesi Güneş Enstitüsü Yapı Kesiti [46]



Şekil 4.16. Ege Üniversitesi Güneş Enstitüsü [46]

### **Erciyes Üniversitesi Güneş Evi**

Yapıda güneşten kazanç sağlamak amacıyla etken sistemler kullanılmıştır. Yapının güney cephesinde, 146 m<sup>2</sup>'lik güneş toplaçları dik duvar yüzeyinde bulunmaktadır (Şekil 4.17). Yapının ısınmasının ve ısı depolamanın gerekli olmadığı durumlarda ise kolektörlerden elde edilen sıcak hava, hava-su ısı değiştiricisi kullanılarak, güneş evinin arkasında bulunan üniversite hastanesi mutfağının sıcak su gereksinimini karşılamaktadır. Yapının dış duvarları 5 cm'lik yalıtım malzemesi ile birlikte 35 cm'dir [32]. Binanın ihtiyacı olan ısı enerjisinin güneş enerjisinden karşılanma oranı %84.5'tir. Yapıda gölgelendirme elemanı bulunmadığı için yaz aylarında aşırı ısınma sorunu oluşmaktadır [47].



Şekil 4.17. Erciyes Üniversitesi Güneş Evinin Genel Görünüşü ve Yapıda Yer Alan Güneş Kolektörleri [47]

### **Pamukkale Üniversitesi Temiz Enerji Evi**

Tek katlı olan yapının taban alanı 120 m<sup>2</sup>'dir. Yapının güney duvarına yerleştirilen Trombe duvarı sayesinde güneşten ısı kazancı sağlanmıştır (Şekil 4.18). Yapıda yer alan 40 m<sup>2</sup>'lik yüzey alanlı güneş kolektörlerinden elde edilen sıcak su yalıtılmış tanklarda depo edilmektedir. Tanklardaki sıcak su hem su gereksinimini karşılamakta hem de evin ısınmasına yardımcı olmaktadır. Konutun gereksinimi olan elektrik enerjisinin tümü güneş enerjisinden sağlanmaktadır. 5 kw gücünde kurulan sistemin 2.5 kw gücü hareketli, 2.5 kw gücü sabit panellerden elde edilmektedir (Şekil 4.19). Üretilen elektrik enerjisinin fazlası akülerde depolanmakta, aküler dolduktan sonra güneş pillerinden elde edilen elektrik enerjisi, suyun elektrolizi yöntemi ile hidrojen elde edilerek, hidrojen enerjisi olarak tanklara depolanmaktadır. Tanklardaki hidrojen gereksinime göre elektriğe dönüştürülmektedir. Güneşli olmayan havalarda da konutun enerji ihtiyacı hidrojen enerjisinden sağlanmaktadır [48].



Şekil 4.18. Pamukkale Üniversitesi Güneş Evi Güney Cephesi-Trombe Duvarı [48]



Şekil 4.19. Pamukkale Üniversitesi Güneş Evinde Yer Alan Sabit ve Hareketli Güneş Panelleri [48]

## BÖLÜM 5

### KONUTLARDA ISITMA ENERJİSİ KAZANCINI ARTTIRMAYA YÖNELİK ÖNERİ-EDİRNE ÖRNEĞİ

#### 5.1. EDİRNE İLİNE AİT ÇEVRESEL FAKTÖRLER

##### 5.1.1. İklim durumu

Türkiye'nin iklim sınıflandırılmasını yapabilmek için farklı araştırmalar yapılmıştır. L. Zeren tarafından yapılan sınıflandırmaya göre Türkiye 5 ana iklim bölgesinden oluşmaktadır. Bunlar; soğuk iklim, ılıman-nemli, ılıman-kuru, sıcak-nemli, sıcak-kuru iklim bölgeleridir. Edirne ili ılıman-nemli iklim bölgesinde yer almaktadır. Coğrafi olarak 7 bölgeye ayrılmış olan Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süreleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır (Şekil 5.1). Buna göre Marmara bölgesinde yer alan Edirne ili güneşlenme potansiyeli açısından Karadeniz Bölgesinden sonra en az güneşlenen bölgede yer almaktadır. Edirne ilinde yazları sıcak ve kurak kışları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 13.8<sup>0</sup>C'dir. En soğuk ay Ocak, En sıcak ay ise Temmuz ayıdır [49].

Yıllık yağış ortalaması 620.5 mm olan Edirne İlinde en az yağış yaz döneminde görülmekte ve ortalama nem %77.5 oranındadır.

Edirne İlinde ortalama rüzgar hızı 2.6 m/sn'dir. Kış döneminde soğuk havanın etkisiyle rüzgar hızı büyük önem kazanmaktadır. Vücutta hissedilen sıcaklığı doğrudan etkileyen rüzgar hızı yapıların da enerji tüketimini etkileyen bir parametredir.

### **5.1.2. Topoğrafik durumu**

Trakya'nın batısında yer alan Edirne geniş düzlükler ve yüksek olmayan tepelerden oluşmaktadır. Kuzeyde Istranca Dağları, orta bölümde Ergene Havzası, güneyde dağ ve platolarla Meriç Deltası ilin yüzey şekillerini oluşturur. Keşan ilçesinin güneydoğusunu kaplayan Kuru Dağı ilin en yüksek yeridir. İlin en büyük ovası Meriç Vadisi'nde yer alan İpsala Ovası'dır. Meriç, Ergene, Arda ve Tunca nehirleri Edirne ilinde yer almaktadır. Tarım için büyük öneme sahip olan bu su kaynakları ilin tarımsal çeşitliliğinin oluşmasını sağlamaktadır [50].

### **5.1.3. Bitki örtüsü**

Edirne ili bitki örtüsü bakımından farklı tipleri bünyesinde barındırmaktadır. Ergene Havzası ve civarı bozkır, Saros Körfezi ve civarı ise makiliktir. Ormanlarında başlıca bulunan ağaç türleri; karaçam, kızılçam, sedir, meşe, gürgen, ıhlamur ve melez kavaktır. Edirne'nin nemli ve rüzgarlı bir iklim tipine sahip olması bitki örtüsünde çeşitliliği sağlamaktadır.

Tablo 5.1. Edirne İline Ait İklimsel Veriler [51]

EDİRNE	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2010)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	2,8	4,4	7,7	12,9	18	22,4	24,6	24,2	19,7	14,1	8,7	4,3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6,7	9,4	13,4	19,3	24,7	29,3	31,7	31,5	27,1	20,3	13,6	8,1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0,5	0,3	2,9	7,1	11,4	15,4	17,3	17,1	13,3	9,1	4,7	1,1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,4	3,7	4,6	6,4	8,5	9,8	10,6	10	7,8	5,2	3,3	2,2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11,8	8,8	9,6	10,5	10	8,1	6	4,9	4,9	7,7	10,6	12,9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m <sup>2</sup> )	53,4	50,9	52,9	47,3	53,9	40,2	34,2	26,5	39,1	54,4	69	63,8
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2010)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20,5	23,2	28	29,8	35,3	42,6	44,1	40,7	37,8	35,8	28	22,8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-19	-19	-12	-4,1	0,7	6	9,3	9,4	1,3	-3,7	-6,6	-13,4



## 5.2. EDİRNE İLİNDE SEÇİLEN KONUTA İLİŞKİN PARAMETRELER



Şekil 5.1. Örnek Konutun Güney Cephesi



Şekil 5.2. Örnek Konutun Kuzey Cephesi

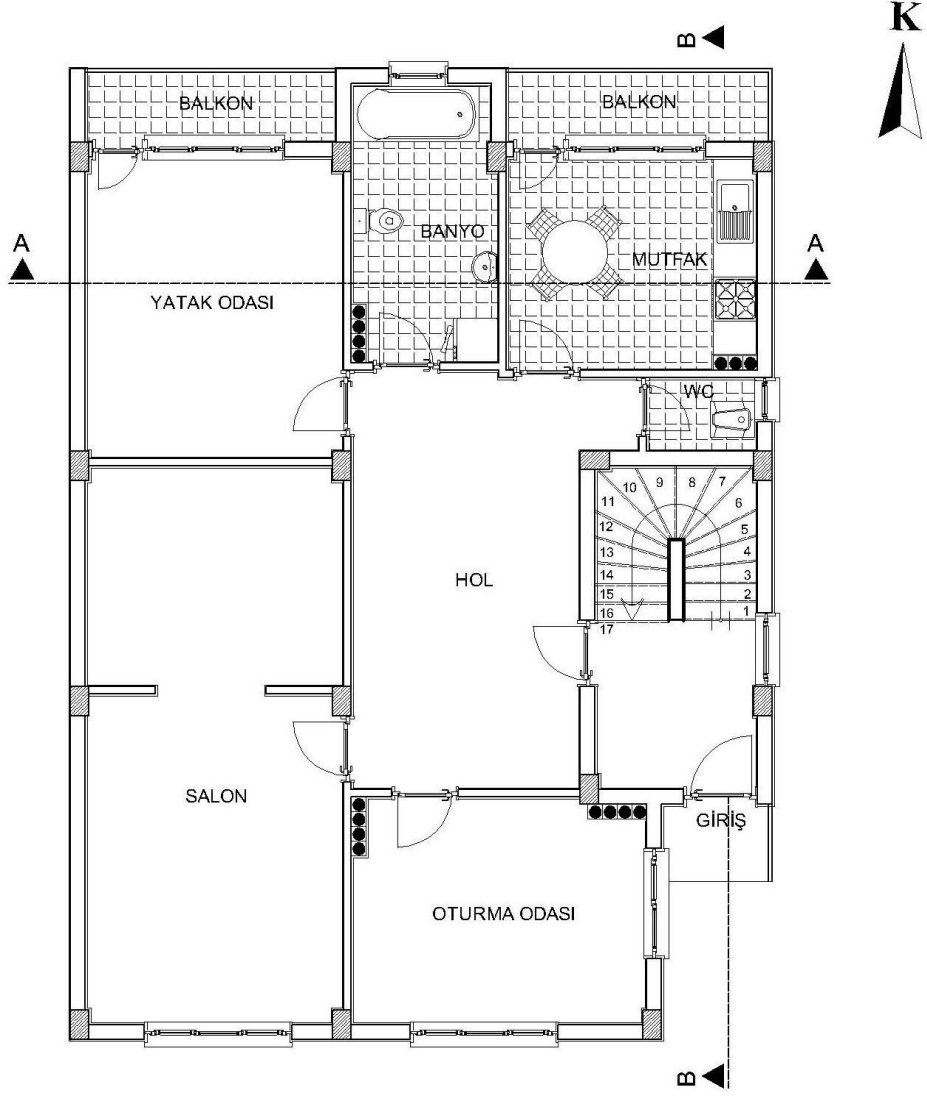
Çalışmaya model olarak seçilen yapı 3 katlı betonarme karkas sistemde bir konuttur. Yapı, zemin kat ve 2 normal kattan oluşmaktadır. Yapının taban alanı 120.60 m<sup>2</sup>'dir. Yapının toplam alanı 371.40 m<sup>2</sup>'dir. Yapıya ilişkin veriler Tablo 5.2. de yer almaktadır.

Tablo 5.2. Örnek Konuta Ait Alan ve Hacim Büyüklükleri

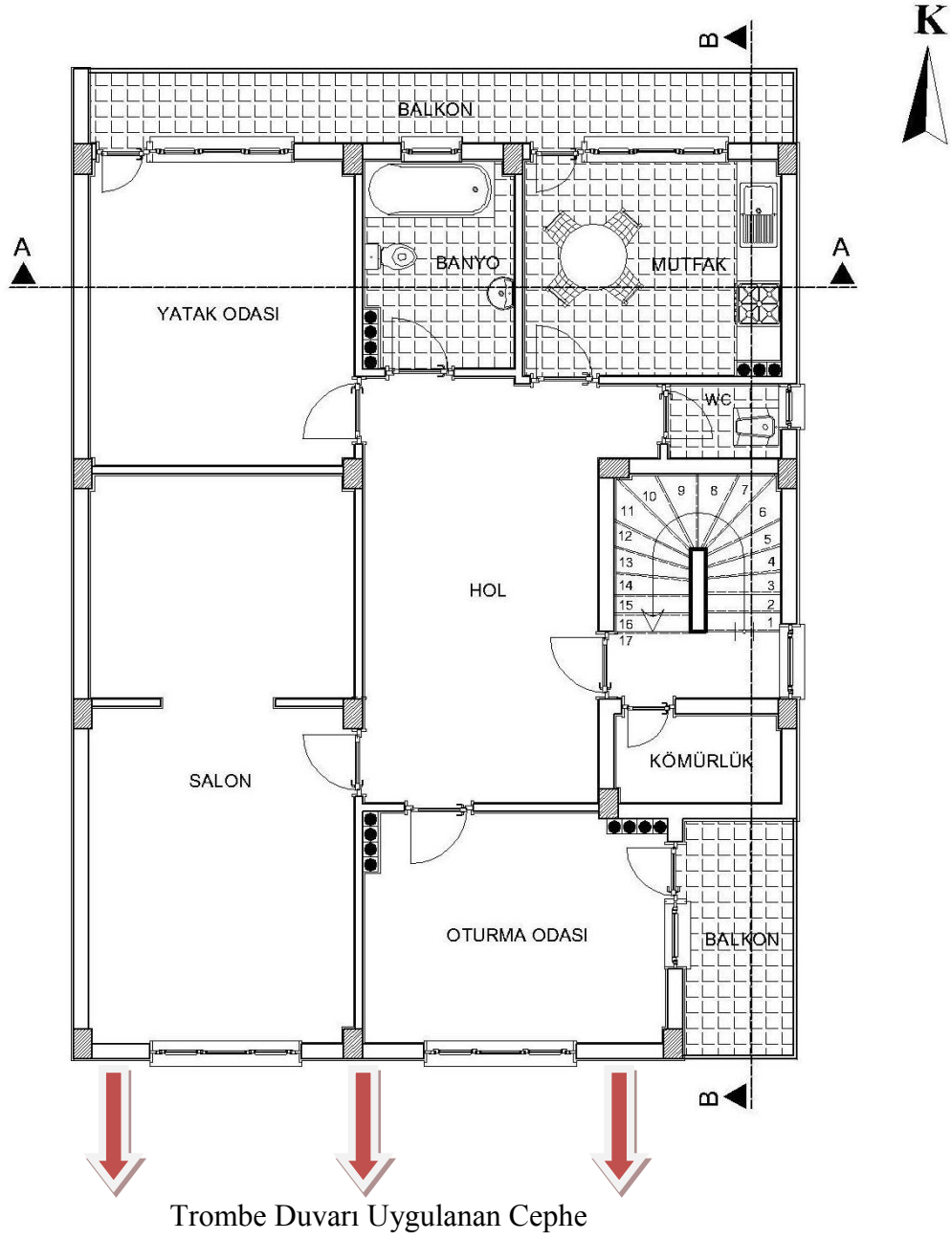
Alan, Hacim Büyüklükleri	
Taban Alanı (m <sup>2</sup> )	120.60
Toplam Hacim-Vbrüt (m <sup>3</sup> )	1039.92
Toplam Alan-Atop (m <sup>2</sup> )	371.40
Alan/Hacim Oranı: Atop/ Vbrüt (m <sup>-1</sup> )	2.8
Toplam Duvar Alanı: Aduvar (m <sup>2</sup> )	294.156
Toplam Pencere+Kapı Alanı: Apencere-kapı (m <sup>2</sup> )	63.16
Toplam Çatı Alanı: Açatı (m <sup>2</sup> )	125.40

Tablo 5.3. Örnek Konutun Yapı Bileşenlerinin Özellikleri

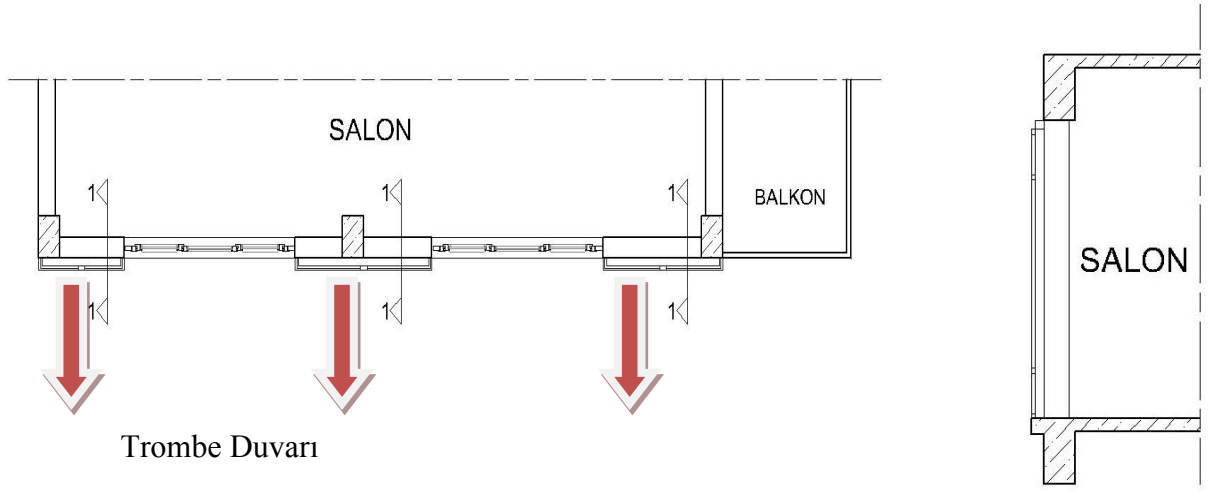
Yapı Bileşenleri	Kalınlık (m)	Isı iletkenlik değeri: k (W/mK)
Tuğla-yatay delikli (duvar)	0,19	0,45
Beton Elemanlar (kolon, kiris)	0,25/0,5/0,6/0,7	2,1
İnce Yapı Elemanları		U-değeri (W/m <sup>2</sup> K)
Pencere-Plastik çerçevesi çift cam		2,3
Kapı- Plastik çerçevesi çift cam		2,3



Şekil 5.3. Örnek Konutun Zemin Kat Planı

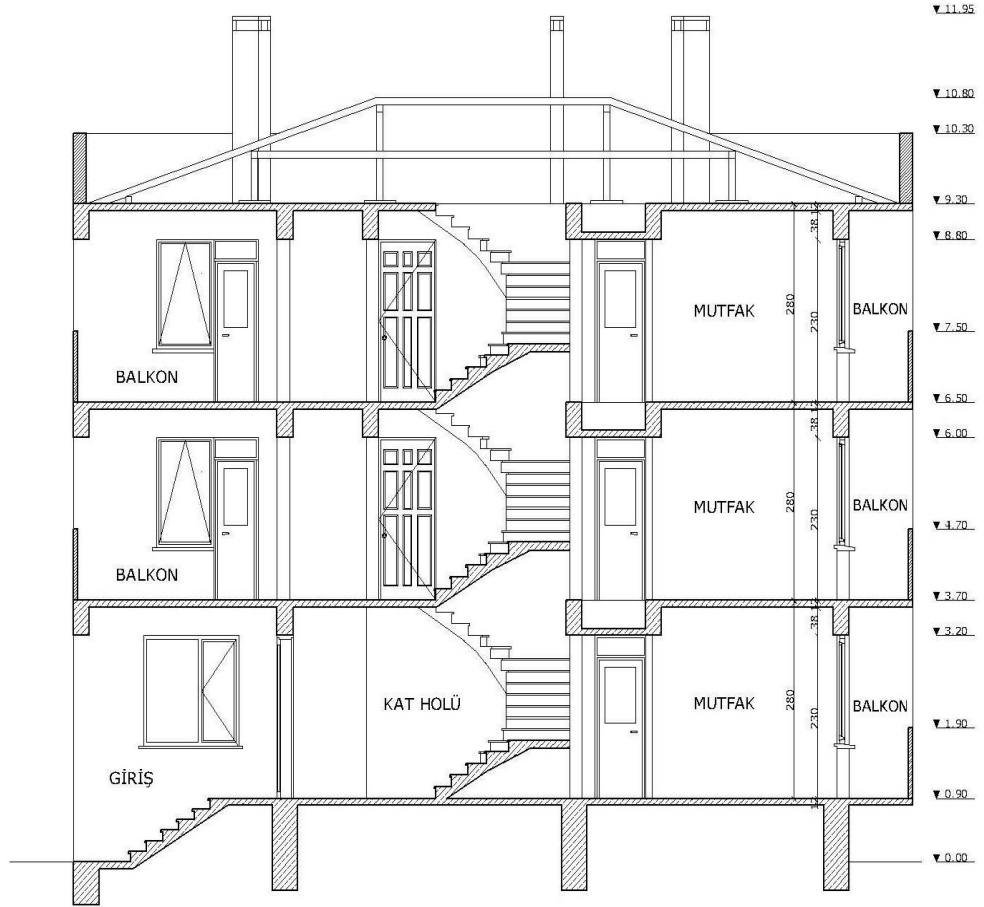


Şekil 5.4. Örnek Konutun Normal Kat Planı



Şekil 5.5a. Trombe Duvarı Planı-Örnek Bina

Şekil 5.5b. Trombe Duvarı Kesiti



Şekil 5.6. Örnek Konutun A-A Kesiti

### 5.3. ÇALIŞMADA İZLENEN YÖNTEM

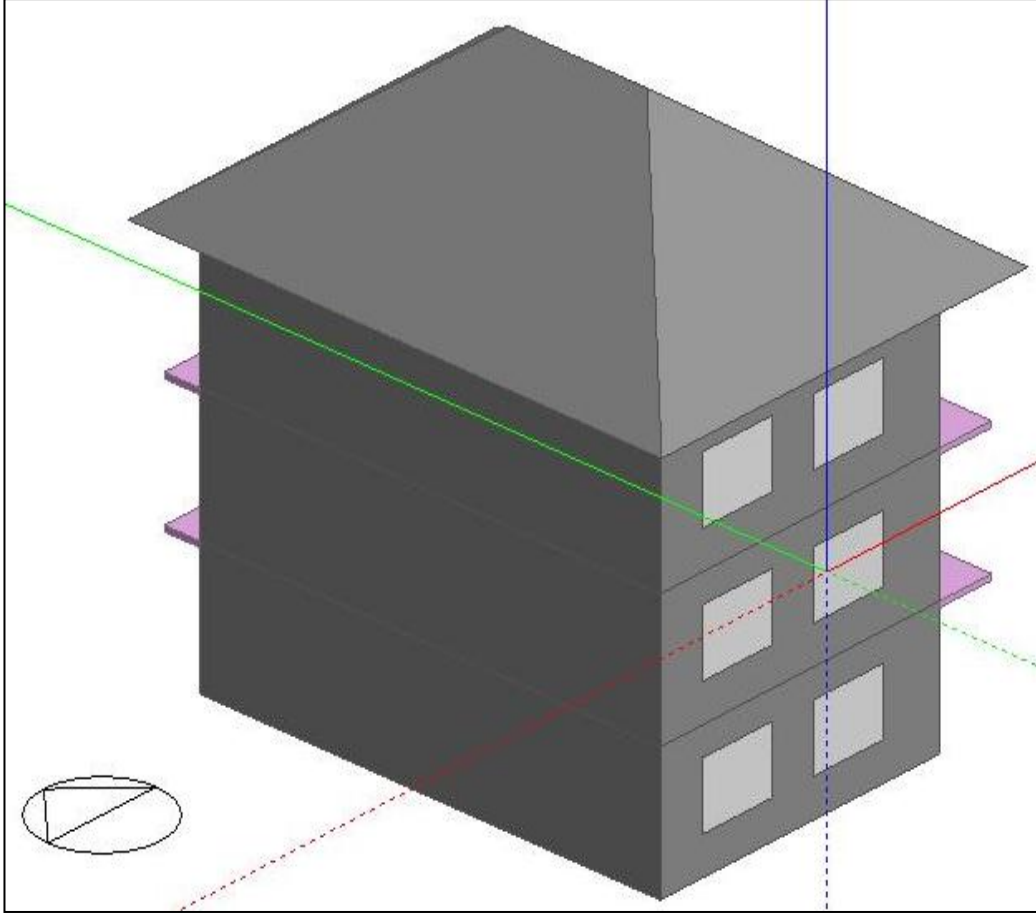
#### 5.3.1. EnergyPlus Programı

Bina simülasyon programları geleneksel tasarım sürecinin aksine tasarımın her aşamasını kontrol edebilme, öngörebilme ve geri dönüşler yaparak değiştirebilme olanağı sağlamaktadır. Yapının tasarım, inşa ve kullanım aşamalarına ait analizleri tasarımcıya sunmakta, tasarımcının çıkabilecek sorunlara karşı önceden önlemini almasını sağlamaktadır. Bina performans programları tasarımcıların uzmanlıklarını kullanarak fikirlerini test etme ve yeni fikirler üretmesine yardımcı olmaktadır [9].

Yapı sektöründe birçok simülasyon programları mimarlar, mühendisler, akademisyenler ve enerji yöneticileri tarafından kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları: EnergyPlus, DOE-2, Ecotect, ESP-r, Blast, Tas, TRNSYS gibi programlardır.

Tezde model olarak kullanılan yapı için oluşturulmuş farklı senaryolardaki enerji kazanç/kayıplarını hesaplamada Energy Plus bilgisayar simülasyon programından yararlanılmıştır. Energy Plus, proje aşamasında yada mevcut binaların ısıtma, soğutma, havalandırma yüklerinden kaynaklanan enerji tüketimlerini, dinamik olarak hesaplayan bir simülasyon programıdır [10]. EnergyPlus programı, binaya ve ortama ait termofiziksel özelliklerin sıcaklık ve ortam nem oranlarına göre etkileşimi ve zamana bağlı değişimine izin verdiği için tercih edilmiştir [10]. Ancak bu programın eksikliği yapının modelinin oluşturulması aşamasında kullanılabilir uygun bir ara yüzünün olmamasıdır. Bu nedenle modelleme aşamasının rahat ve doğru bir şekilde yapılabilmesi için Design Builder V. 3 Programı Energy Plus 7.0 programına altlık olarak kullanılmıştır.

Çalışmada yıllık ısıtma yükleri hesaplanırken ısıtma termostat derecesi 21°C olarak belirlenmiştir. Çok katlı yapılarda sabit bir kullanıcı profili tanımlamanın zor olması nedeniyle ısıtma ve soğutma sisteminin çalışma süreleri için herhangi bir zaman profili belirlenmemiştir. Binanın yıllık olarak belirtilen konfor aralığını sağlaması için gerekli enerji yükleri programa hesaplatılmıştır. Yapının simülasyon programında oluşturulmuş modeli Şekil 5.7' de yer almaktadır.



Şekil 5.7. Örnek Konutun Simülasyon Programındaki Modeli

### 5.3.2. Enerji Kazancı için Yapılan İyileştirmeler

Çalışmada Edirne ilinde yer alan yapının 9 farklı senaryo için ısıtma yükleri hesaplanmıştır.

1. senaryoda yapının mevcut durumu analiz edilmiştir. Yapının yalıtımsız durumunun ısıtma yükünün hesaplandığı senaryodur.

2. senaryoda yapının zemin, çatı ve duvarlarına yalıtım uygulaması yapılmıştır. Yapının yalıtımlı durumunun ısıtma yükü ve yalıtımsız duruma göre ısıtma yükündeki değişiklik hesaplanmıştır.

3. senaryoda yalıtımlı yapının güney cephesine Trombe duvarı uygulaması yapılmış ve Trombe duvarı uygulaması sonucundaki ısıtma yükü hesaplanmıştır.

4. senaryoda yapının yalıtımsız durumu için güneş ısı kazanç katsayısı parametresine 0.5, 0.6 ve 0.7 olmak üzere 3 farklı değer verilmiştir. Bu değerlerin ısıtma yükündeki etkisi incelenmiştir.

5. senaryoda yapının yalıtımlı durumu için güneş ısı kazanç katsayısı parametresine 0.5, 0.6 ve 0.7 olmak üzere 3 farklı değer verilmiştir. Bu değerlerin ısıtma yükündeki etkisi incelenmiştir.

6. senaryoda yapının güney cephesine Trombe duvarı uygulanmış durumu için güneş ısı kazanç katsayısı parametresine 0.5, 0.6 ve 0.7 olmak üzere 3 farklı değer verilmiştir. Bu değerlerin ısıtma yükündeki etkisi incelenmiştir.

7. senaryoda yapının yalıtımsız durumu için hava sızdırmazlık parametresine 0.5, 0.7 ve 1.0 ac/h olmak üzere 3 farklı değer verilmiştir. Bu değerlerin ısıtma yükündeki etkisi incelenmiştir.

8. senaryoda yapının yalıtımlı durumu için hava sızdırmazlık parametresine 0.5, 0.7 ve 1.0 ac/h olmak üzere 3 farklı değer verilmiştir. Bu değerlerin ısıtma yükündeki etkisi incelenmiştir.

9. senaryoda yapının güney cephesine Trombe duvarı uygulanmış durumu için hava sızdırmazlık parametresine 0.5, 0.7 ve 1.0 ac/h olmak üzere 3 farklı değer verilmiştir. Bu değerlerin ısıtma yükündeki etkisi incelenmiştir.

4, 5 ve 6. Senaryolarda ısıtma yüküne etki eden güneş ısı kazanç katsayısı cam tabakasından iç ortama geçen ısı enerjisi ile pencere camı ve çerçevesi tarafından soğrulduktan sonra geriye kalan ısı enerjisinin toplamıdır [30]. Güneşten olan ısı enerjisi kazancının fazla olması isteniyorsa binalarda, bu değer yüksek olduğu pencere camları tercih edilmelidir. Güneş ısı kazanç katsayısı 0 ile 1 arasında bir değer alabilmektedir. Bu oran 0'dan 1'e doğru yaklaştıkça güneş ışınlarından yararlanma oranı artmaktadır.

7, 8 ve 9. Senaryolarda ısıtma yüküne etki eden bir diğer parametre de iççilik kalitesini gösteren hava sızdırmazlık düzeyidir. Hava sızdırmazlığı yapının enerji performansına direkt olarak etki eden faktörlerden biridir. Kaliteli bir iççilik ile inşa edilen bir yapının hava sızdırmazlığı daha düşük olacağından enerji tüketim değerleri düşecektir [52]. Energy Plus programında hava geçirimsizlik parametresi için 0 ile 1 arasında bir değer verilerek yapının enerji performansına olan etkisi değerlendirilmiştir.

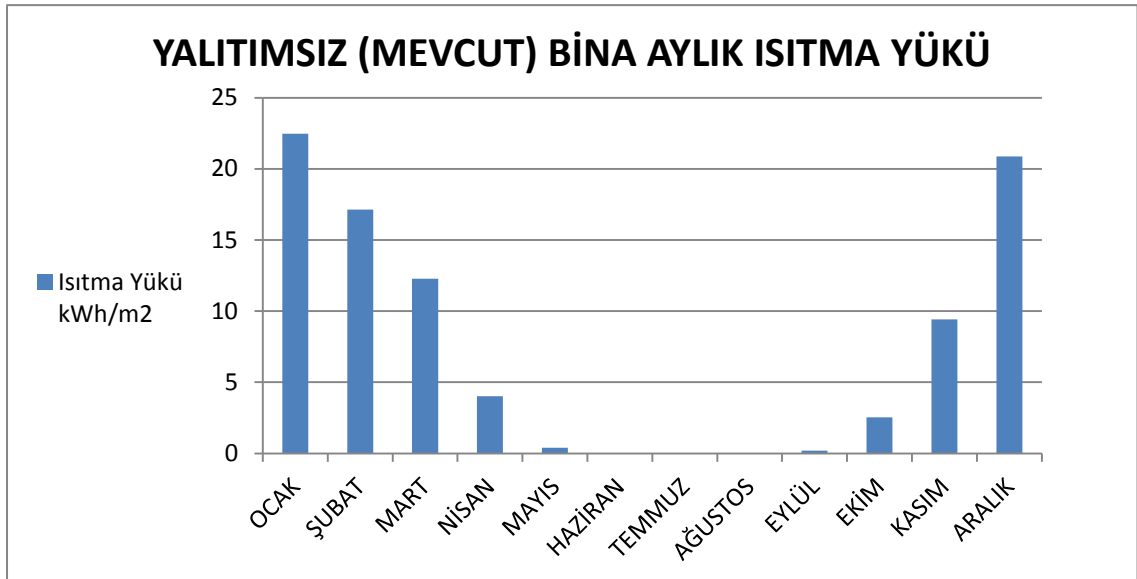


Bu çalışmada 0 değeri hava sızdırmazlığının olmadığını, 1 ise göreceli olarak daha az hava sızdırmazlığını temsil etmektedir.

### 5.3.2.1. Konutun Mevcut Durum Analizi (1. Senaryo)

Yapının enerji etkinliği açısından herhangi bir iyileştirme yapılmadan önceki durumu analiz edilmiştir. Yapının zemin, duvar veya çatısında herhangi bir yalıtım uygulaması bulunmamaktadır. Dış duvarlar 2cm iç sıva, 19 cm tuğla ve 3cm dış sıva şeklinde oluşturulmuştur. Çift cam pencerelerin kuruluşu (6-13-6) mm'dir. U değeri 2.66 olarak alınmıştır.

Edirne ili için, örnek yapının yalıtımsız durumunun yıllık ısıtma yükü yaklaşık 88 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.8'de görüldüğü üzere yapının ısıtma yükü en yüksek Ocak ayında gerçekleşmiştir. Ocak ayı için ısıtma yükü yaklaşık 22 kWh/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. En düşük ısıtma yükü ise Eylül ayında 0,18 kWh/m<sup>2</sup>'dir.



Şekil 5.8. Konutun Yalıtımsız Durumdaki Yıllık Isıtma Yükü

### 5.3.2.2. Konutun Isı Yalıtımlı Durum Analizi (2. Senaryo)

Yapının zemin, duvar ve çatı öğelerine ısı yalıtımı uygulaması yapılarak analizler yapılmıştır. TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği'nde belirtilen minimum ısı yalıtım şartlarını yerine getirebilmesi için zemin için 5cm kalınlığında basınç dayanımı yüksek olan XPS (Ekstrüde Polistiren Köpük) tercih edilmiştir. Dış duvarlar

için 8 cm EPS (Genleştirilmiş Polistiren Köpük) tercih edilmiştir. Dıştan uygulanan ısı yalıtımı sonucu duvar 2 cm iç sıva, 19 cm tuğla, 8cm EPS ve 3 cm dış sıvadan oluşmuştur. Çatıda tavan döşemesi üzerine 20 cm'lik XPS ısı yalıtım uygulaması yapılmış ve ahşap çatı ile kapatılmıştır.

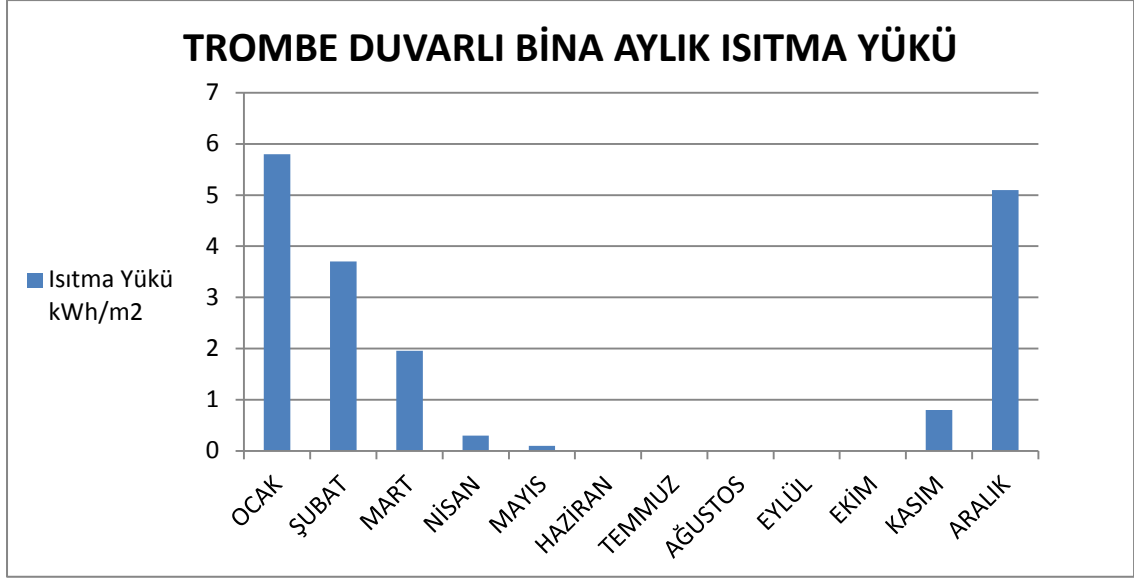
Edirne ili için, örnek yapının yalıtımlı durumunun yıllık toplam ısıtma yükü yaklaşık 30 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.9'da görüldüğü üzere yapının ısıtma yükü en yüksek Ocak ayında görülmüştür. Ocak ayı için ısıtma yükü yaklaşık 9.36 kWh/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. En düşük ısıtma yükü ise Eylül ayında görülmüştür. Ekim ayı için hesaplanan ısıtma yükü ise 0,10 kWh/m<sup>2</sup>'dir.



Şekil 5.9. Konutun Isı Yalıtımlı Durumdaki Yıllık Isıtma Yükü

### 5.3.2.3. Konutun Yalıtımlı Haline Trombe Duvarı Uygulanmış Durum Analizi (3. Senaryo)

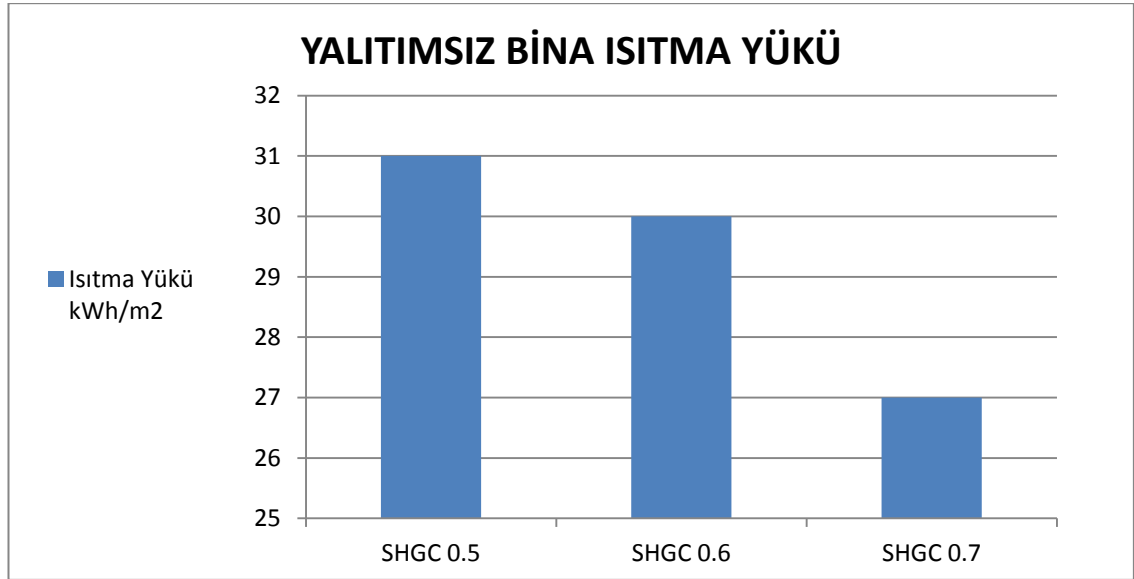
Çalışmanın bu bölümünde ısı yalıtımlı yapının güney cephesine Trombe Duvarı uygulanması durumunda ısıtma yükünün değişimi incelenmiştir. Güney cephesine uygulanan Trombe duvarının yüzey alanı 8 m<sup>2</sup> dir. Trombe duvarı kuruluşu çift cam (6-16-6mm), 4 cm hava boşluğu ve tuğla duvardan oluşmaktadır. Trombe duvarı uygulaması ile yıllık ısıtma yükü 30 kWh/m<sup>2</sup>yıl dan 27 kWh/m<sup>2</sup>yıla düşmüştür.



Şekil 5.10. Konutun Trombe Duvarı Uygulanmış Durumunun Isıtma Yükü

#### 5.3.2.4. Konutun Yalıtımsız Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi (4. Senaryo)

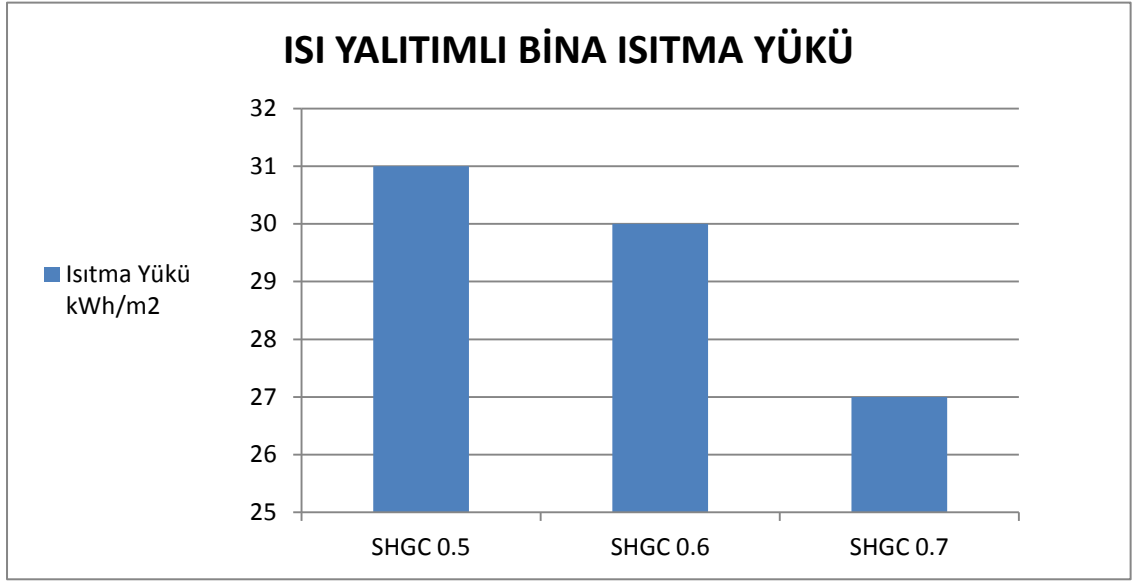
Edirne ilinde yer alan örnek yapı için 0.5, 0.6 ve 0.7 olmak üzere üç farklı değer için analizler yapılmıştır. Yapının yalıtımsız durumu için güneş ısı kazanç katsayısındaki değişimlerin ısıtma yüküne etkisi Şekil 5.11'de görülmektedir. Güneş ısı kazanç katsayısı 0.5, 0.6 ve 0.7 değerlerine göre yapının ısıtma yükü sırasıyla 91 kWh/m<sup>2</sup>yıl, 90 kWh/m<sup>2</sup>yıl ve 88 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.11. Konutun Yalıtımsız Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yükü

### 5.3.2.5. Konutun Isı Yalıtımlı Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi (5. Senaryo)

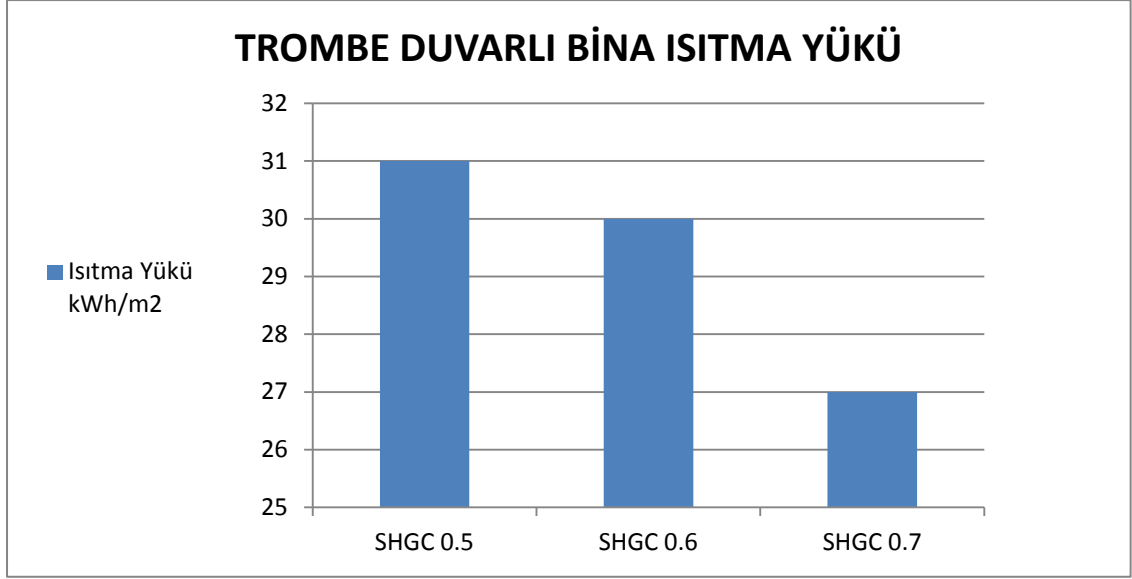
Yapının ısı yalıtımlı durumu için güneş ısı kazanç katsayısındaki değişimlerin ısıtma yüküne etkisi Şekil 5.12'de görülmektedir. Güneş ısı kazanç katsayısı 0.5, 0.6 ve 0.7 değerlerine göre yapının ısıtma yükü sırasıyla 33 kWh/m<sup>2</sup>yıl, 32 kWh/m<sup>2</sup>yıl ve 30 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.12. Konutun Isı Yalıtımlı Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi

### 5.3.2.6. Konutun Trombe Duvarı Uygulanmış Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi (6. Senaryo)

Yapının Trombe duvarı uygulanmış durumu için güneş ısı kazanç katsayısındaki değişimlerin ısıtma yüküne etkisi Şekil 5.13'te görülmektedir. Trombe duvarı uygulanmış durumu için güneş ısı kazanç katsayısı 0.5, 0.6 ve 0.7 değerlerine göre yapının ısıtma yükü sırasıyla 31 kWh/m<sup>2</sup>yıl, 30 kWh/m<sup>2</sup>yıl ve 27 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır.

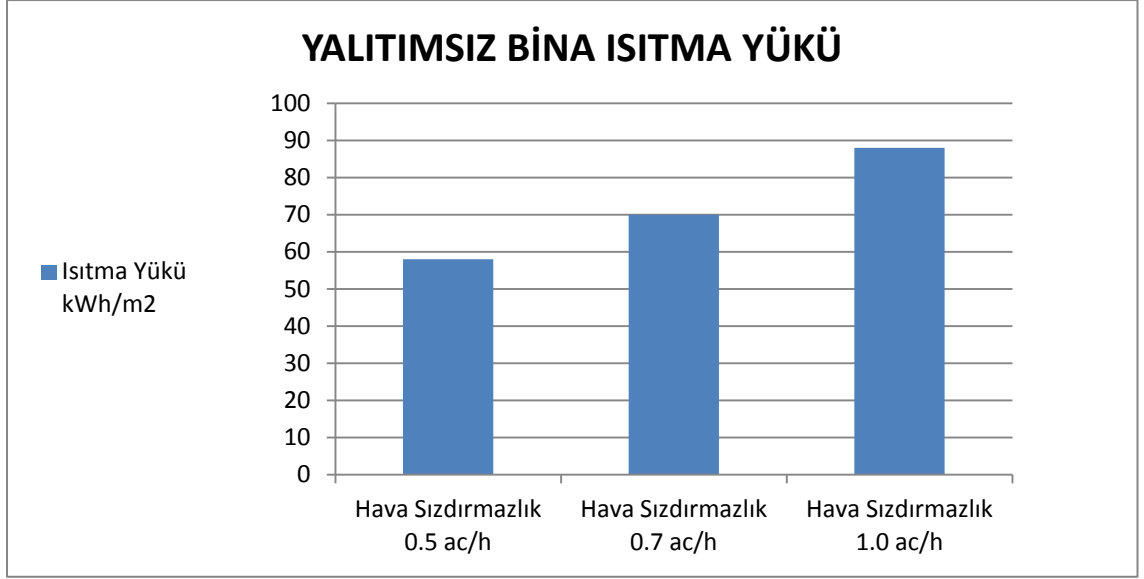


Şekil 5.13. Konutun Trombe Duvarı Uygulanmış Durumdaki Güneş Isı Kazanç Faktörüne Bağlı Yıllık Isıtma Yüğüünün Değişimi

#### 5.3.2.7. Konutun Yalıtımsız Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yüğüünün Değişimi (7. Senaryo)

Yapının yalıtımsız durumu için hava sızdırmazlık düzeyindeki değişimlerin ısıtma yüğüüne etkisi Şekil 5.14'te görölmektedir. Energy Plus programında hava sızdırmazlık değeri 0 ila 1 arasında değişmektedir. 1 istenmeyen hava kaçaklarının en yüksek değerde olduğunu 0 ise hiç olmadığını gösteren değerdır. Yapının mevcut halinde 0.5, 0.7, ve 1.0 ac/h olmak üzere üç farklı değeri üzerinden analizler yapılmıştır.

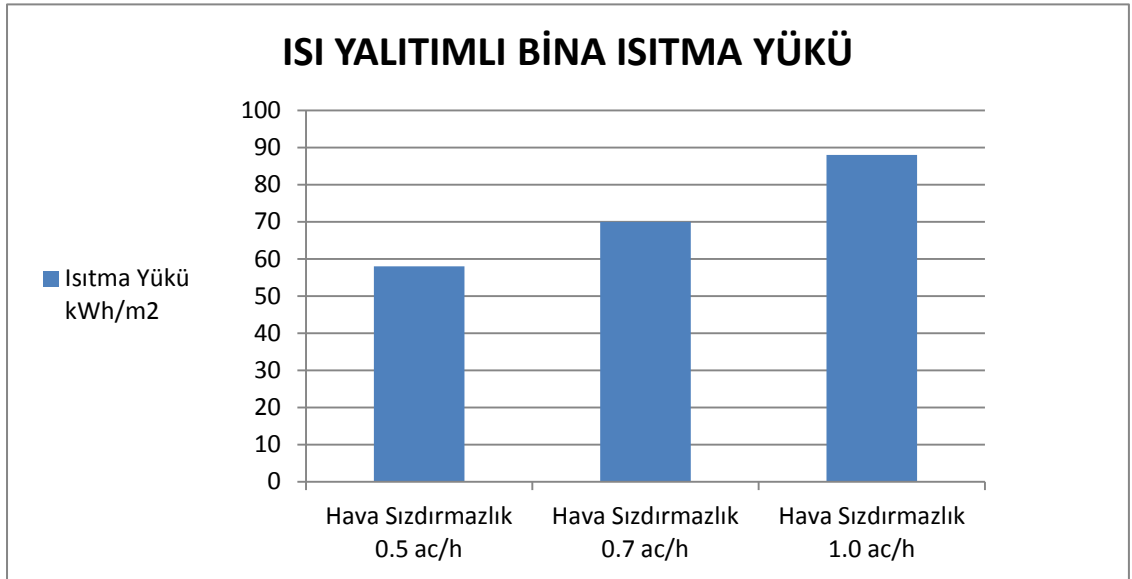
Hava sızdırmazlık düzeyinin 1.0, 0.7 ve 0.5 ac/h değeriğine göre yapının yalıtımsız durumdaki yıllık ısıtma yüğüü sırasıyla 88 kWh/m<sup>2</sup>yıl, 70 kWh/m<sup>2</sup>yıl ve 58 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.14. Konutun Yalıtımsız Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yüğü

#### 5.3.2.8. Konutun Isı Yalıtımlı Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yüğü Değişimi (8. Senaryo)

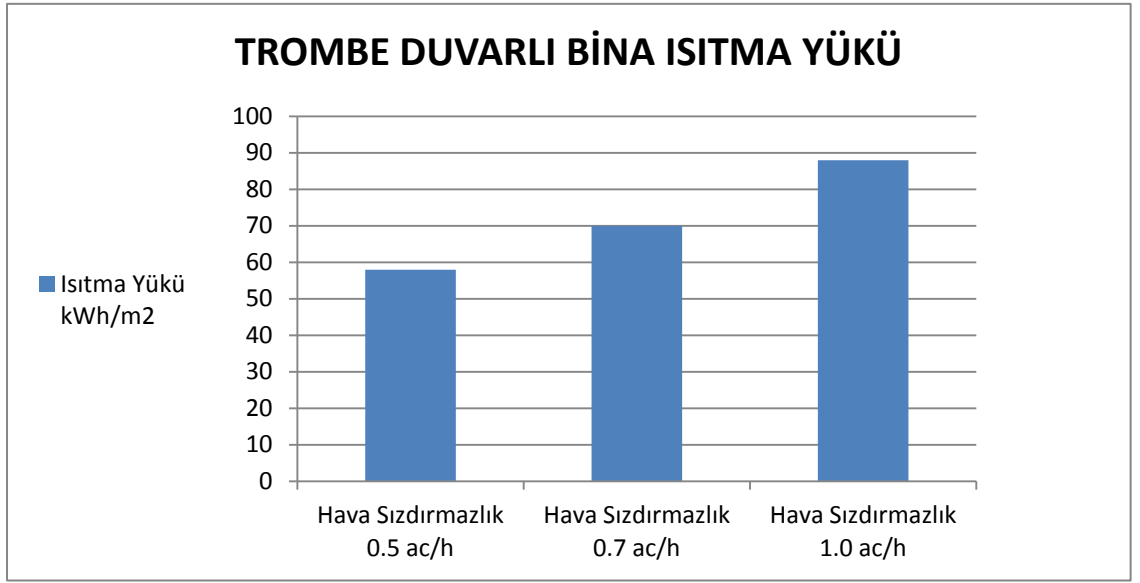
Yapının ısı yalıtımlı durumu için hava sızdırmazlık düzeyindeki değişimlerin ısıtma yüküne etkisi Şekil 5.15'te görülmektedir. Hava sızdırmazlık düzeyinin 0.5, 0.7, ve 1.0 ac/h değerlerine göre yapının ısı yalıtımlı durumu için yıllık ısıtma yükünün değişimi sırasıyla 30 kWh/m<sup>2</sup>yıl, 25 kWh/m<sup>2</sup>yıl ve 20 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.15. Konutun Yalıtımlı Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yüğü

### 5.3.2.9. Konutun Trombe Duvarı Uygulanmış Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yükünün Değişimi (9. Senaryo)

Konutun Trombe duvarı uygulanmış durumu için hava sızdırmazlık düzeyindeki değişimlerin ısıtma yüküne etkisi Şekil 5.16'da görülmektedir. Hava sızdırmazlık düzeyinin 0.5, 0.7, ve 1.0 ac/h değerlerine göre yapının Trombe duvarı uygulanmış durumu için yıllık ısıtma yükünün değişimi sırasıyla 27 kWh/m<sup>2</sup>yıl, 23 kWh/m<sup>2</sup>yıl ve 18 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.16. Konutun Trombe Duvarı Uygulanmış Durumdaki Hava Sızdırmazlık Düzeyine Bağlı Yıllık Isıtma Yükü

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Enerji talebinin karşılanmasında çekilen zorluklar enerji tasarrufunu zorunlu kılmaktadır. Enerjinin büyük bölümünün yapı sektöründe kullanılması ve bu payın önemli bir oranının ısıtmada tüketilmesi enerji kazancına yönelik çalışmaları beraberinde getirmiştir.

Yapılarda ısı yalıtımı uygulamalarından sonra enerji kazancına yönelik çözümler yapının ısıtma yükünün azalmasına neden olmaktadır. Bu amaçla güneş enerjisinden yararlanmak için edilgen ısıtma çözümleri kullanılmaktadır. Uygulaması kolay ve maliyeti uygun bu çözümlerden biri olan Trombe duvarı yapının ısıtma yüküne önemli katkılar sağlamaktadır.

Çalışmada mevcut bir konutun enerji etkin bir yapıya dönüştürülmesi yönünde iyileştirmeler yapılarak yıllık ısıtma yükünün azaltılması hedeflenmiştir. Edirne ilinde yer alan mevcut 3 katlı betonarme bir yapı için hesaplamalar Design Builder programı ara yüz olarak kullanılarak Enegy Plus programında gerçekleştirilmiştir. Program aracılığı ile Edirne iline ait iklimsel veriler kullanılarak yapının farklı senaryolara göre yıllık ısıtma yükleri hesaplanmıştır.

1. senaryoya göre örnek yapının yalıtımsız durumunun yıllık ısıtma yükü yaklaşık 88 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır. 2. senaryoda yapının zemin, duvar ve çatı öğelerine TS 825'teki minimum şartları sağlayacak şekilde ısı yalıtımı uygulanmıştır. Yapının yalıtımlı durumunun yıllık toplam ısıtma yükü yaklaşık 30 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır. Bu durumda yapının ısıtma yükü 1. senaryoya göre yaklaşık **%66** azalmıştır. 3. senaryoda ısı yalıtımı uygulanmış yapının güney cephesine Trombe duvarı uygulandığı durumda ısıtma yükü 27 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak hesaplanmıştır. Yapının ısıtma



yükündeki azalma 2. senaryoya göre **%10**, 1. senaryoya göre **%70** olarak hesaplanmıştır.

4. 5. ve 6. senaryolarda 0.5, 0.6 ve 0.7 olmak üzere üç farklı güneş ısı kazanç katsayısı değerleri için ısıtma yükleri hesaplanmıştır. Güneş ısı kazanç katsayısı değerleri için 0.5'ten 0.7'ye doğru ısıtma yükünde sırasıyla yaklaşık;

4. senaryoda % 2'lik ve % 4'lük

5. senaryoda % 4'lük ve % 10'lük

6. senaryoda % 4'lük ve % 13'lük oranında azalma görülmüştür.

Sonuç olarak, enerji etkin yapılar inşa edilmesinde en önemli adım mimarın tasarım aşamasında doğru kararlar almasıdır. Yapının konumu, yönü, seçilen malzemeler ve yapı kabuğu gibi tasarım parametrelerinin doğru seçilmesi enerji etkin yapıların oluşmasında ilk ve en önemli adımdır. Yapının tasarım aşamasında oluşturulan yapı kabuğunun doğru şekilde oluşturulması enerji verimliliği açısından çok önemlidir. Buna göre yapılacak ilk uygulama yapının doğru bir şekilde ısı yalıtımının yapılmasıdır. Çalışmada da ele alınan güneş ısı kazanç katsayısı değeri saydam bileşenlerle ilgili önemli bir parametredir. Yüksek güneş ısı kazanç katsayısı değerine sahip bir saydam bileşen seçildiğinde ısıtma yükünde %13'e varan azalmalar görülmüştür.

7. 8. ve 9. senaryolarda 0.5, 0.7 ve 1.0 olmak üzere üç farklı hava sızdırmazlık değerleri için ısıtma yükleri hesaplanmıştır. Hava sızdırmazlık değerleri için 1.0 ac/h'tan 0.5 ac/h'a doğru ısıtma yükünde sırasıyla yaklaşık;

7. senaryoda % 18'lik ve % 21'lik

8. senaryoda % 17'lik ve % 21'lik

9. senaryoda % 15'lik ve % 23'lük oranında azalma görülmüştür.

Mimarın tasarım aşamasında yapı ile ilgili doğru tasarım kararları vermesinde bina simülasyon programlarından faydalanması enerji etkin yapıların oluşmasına katkı sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan simülasyon programı yardımıyla yapı ile ilgili değişik senaryolar ısıtma yükü açısından incelenmiş ve aradaki farkların karşılaştırılması sağlanmıştır. Yapının tasarım aşamasında simülasyon programı kullanılarak enerji performansı bakımından daha başarılı olması sağlanabilmekte ve gerek görüldüğünde tasarımda geri dönüşler yapılarak tasarımın şekillenmesinde aktif rol alabilmektedir. Enerji etkin yapı tasarımında simülasyon programı kullanılarak alınan kararların imalat aşamasında hayata geçirilmesi de büyük önem taşımaktadır.

Seçilen malzemenin doğruluğunun yanında bunun iyi bir işçilik ile yapıya uygulanması yapının enerji etkin olmasında önemli bir kriterdir. Çalışmada ele alınan hava sızdırmazlık parametresi yapının işçilik kalitesini göstermektedir. Örnek yapıya ilişkin simülasyon programında yapılan hesaplamalarda düşük hava sızdırmazlık değeri için yapının ısıtma yükünde %23'e varan azalmalar görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- [1] Kılıç, N., *"Enerji Kaynaklarının ve Enerji kullanımında Verimliliğin Arttırılmasına Dair Yönetmelik"*, AR&GE Bülten, Kasım, 2008
- [2] Kartal, S., *"Güneş Mimarisi Elemanlarının Isıl Verimlerinin Türkiye İklim Şartları ve Yapı Konstrüksiyonları için Hesaplanması"*, TÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2009
- [3] Şenkal, Sezer, F., *"Türkiye’de Isı Yalıtımının Gelişimi ve Konutlarda Uygulanan Dış Duvar Yalıtım Sistemleri"*, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 10, Sayı 2, 2005
- [4] Şener, F., Ünnü, Yıldırım, S., *"Binalarda Aydınlatma Enerjisi Performansının BER-TR Yöntemi ile Belirlenmesi:Örnekler"*, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, İzmir, 2011
- [5] Bayram, M., *"BEP-TR Hesaplama Yönteminde Referans Bina Kavramı ve Enerji Sınıflandırması"*, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, İzmir, 2011
- [6] Erten, D., Güller, Y., Fırat, A., *"Türkiye İçin Bina Çevresel Değerlendirme Metodu BREEAM’in Türkiye’ye Adaptasyonu"*, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, İzmir, 2011
- [7] Yılmaz, Z., Kundakçı, B., *"An Approach For Energy Conscious Renovation of Residential Buildings in Istanbul by Trombe Wall System"*, Building and Environment, Vol.43, No. 4, pp. 508-517, April, 2008
- [8] Erlalelitepe, İ., Gökçen, G., Kazanasmaz, T., *"Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinde Konut Tasarımının Önemi"*, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13-16 Nisan, İzmir, 2011
- [9] Yapı-Çevre İlişkileri, *"Mimar Odası Sürekli Mesleki Gelişim Merkezi Yayınları"*, Kasım, 2008
- [10]  
[http://www.evd.com.tr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=47&Itemid=80&lang=tr](http://www.evd.com.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=47&Itemid=80&lang=tr)
- [11] Soysal, S., *"Konut Binalarında Tasarım Parametreleri ile Enerji Tüketim İlişkisi"*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008
- [12] Göçer, Ö., Tahvil, A., *"Atriyum Tipi Binalarda Enerji Tüketimi ve Kullanıcı Konforuna Yönelik Performans Değerlendirme Modeli"*, İTÜ Dergisi, Cilt:7, Sayı:1, 3-12, Mart, 2008

- [13] Selamet, S., *"Tüm Bina Kabuğundan Kaybedilen Isı Miktarının Bina Formuna Bağlı Olarak İrdelenmesi İçin Bir Model Önerisi"*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1995
- [14] Tıkır, A., *"İstanbul'da Mevcut Bir Konutun Dış Kabuğunun Enerji Etkin Yenilenmesi ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma"*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009
- [15] Atmaca, M., *"Binalarda Enerji Performansı Hesaplama Yöntemi (BEP-TR) İle Otel Binalarının Enerji Performansının Değerlendirilmesi"*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010
- [16] Onar, İ., *"Enerji Etkin Duvar Sistemlerinin Çok Katlı Yapılara Uygulama Olanaklarının Araştırılması"*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010
- [17] Efe, A., *"Pasif Güneş Evlerinde Bina Kabuğu Sistemi Tasarımı"*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009
- [18] Harputlugil, Ulukavak, G., *"Enerji Performansı Öncelikli Mimari Tasarım Sürecinin İlk Aşamasında Kullanılabilecek Tasarıma Destek Değerlendirme Modeli"*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2009
- [19] Altın, M., *"Binaların enerji ihtiyacının Fotovoltaik (PV) Bileşenli Cepheler ile Azaltılması"*, 3. Çatı ve Cephe Kaplamaları Sempozyumu, İstanbul, 16-18 Ekim, 2006
- [20] Göksal, Özbalta, T., *"Mimari, Güneş ve Teknoloji İlişkisi"*, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, Mersin, 24-25 Haziran, 2005
- [21] Karagözlü, Betül, A., *"Konutlarda Enerji Giderlerinin Azaltılmasına Yönelik Bir Çalışma"*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006
- [22] Marcus, T.,A., Morris, E.,N., *"Climate and Energy"*, Pitman, Londra 43, 1980
- [23] Güvenç, B., *"Sürdürülebilirlik Bağlamında Ekolojik Tasarım Prensiplerinin Mimaride Uygulanabilirliğinin İrdelenmesi"*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008
- [24] Karagülle, C., Demir, Y., *"Yerel Verilerin Konut Tasarım Sürecinde Değerlendirilmesi"*, İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 9, Sayı 2, 2010
- [25] Ovalı, Kısa, P., *"Türkiye İklim Bölgeleri Bağlamında Ekolojik Tasarım Ölçütleri Sistematiğinin Oluşturulması: Karaköy Yerleşmesinde Örneklenmesi"*, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2009
- [26] Daniels, K., *"The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures, Examples and Ideas, Birkhauser Verlag Basel Boston"*, Berlin 56, 1979

- [27] Bayazıt, M., O., "**Enerji Korunumu, İklimsel Konfor ve İnşaat Maliyetleri Açısından En Uygun Bina Kabuğunun Seçilmesi**", İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 1997
- [28] Gür, V., N., Aygün, M., "**Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi**", İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 7, Sayı 1, Mart, 2008
- [29] Oughton, D., R., Hodkinson, S., L., "**Faber and Kell's Heating and Air-conditioning of Buildings**" Tenth Edition, Elsevier Pres., Oxford:UK, 2008
- [30] Ayçam, İ., Utkutuğ S., G., "**IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi**", 4-7 Kasım, İzmir, 1999
- [31] Alparslan, B., Gültekin, Burcu, A., Dikmen, Belgin, Ç., "**Ekolojik Yapı Tasarımı Ölçütlerinin Türkiye'deki Güneş Evleri Kapsamında İncelenmesi**", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, 13-15 Mayıs, Karabük, 2009
- [32] Bozdoğan, B., "**Mimari Tasarım ve Ekoloji**", YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2003
- [33] **Passive Solar Design for the Home**, DOE/GO-102001-1105 FS121 February, 2001
- [34] [http://www.enerteach.com/pdf/MODUL\\_08.pdf](http://www.enerteach.com/pdf/MODUL_08.pdf)
- [35] Wachberger, M., H., "**Güneş ve Konut-Güneş ile İnşa Etmek, Pasif Güneş Enerjisi Kullanımı**", E+P Dergisi, Yaprak Kitabevi, s: 12-23, Ankara, 1988
- [36] Özbalta, Göksal, T., "**Fotovoltaik Teknolojisi ile Bina Kabuğunun Değişen İşlevleri ve Yüzeyleri**", 2. Ulusal Çatı&Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, İstanbul, 25-26 Mart 2005
- [37] Özbalta, Göksal, T., "**Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Güneş Pili Uygulamaları**", II. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, İzmir, 15-18 Ekim, İzmir, 2003
- [38] T. Schmitz, Günther, "**Living Spaces, Building and Design, Könnemann**", s. 334, 1998
- [39] <http://www.solarserver.de/solarmagazin/anlagejanuar2001.html>
- [40] Sev, A., "**Sürdürülebilir Mimarlık**", Yem Yayınları, 2009
- [41] Özbalta, Göksal, T., "**Enerji Etkin Tasarımda Yeni Yaklaşımlar**", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 13-16 Nisan, 2011

- [42] Şahmalı, Erkan, A., "**Kamusal Yapılarda Güneş Enerjisinin Pasif Kullanımı ve Tasarıma Yansımaları**", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 13-16 Nisan, 2011
- [43] <http://www.gunesevi.org/index.php/2012-09-24-11-54-40/gunesevi-teknik>
- [44] <http://www.ereengezgin.net/ENERJi%20projeleri018.html>
- [45] [www.wowturkey.com](http://www.wowturkey.com)
- [46] <http://eusolar.ege.edu.tr/>
- [47] Altuntop, N., "**Erciyes Üniversitesi Güneş Evi**", Yapı Dergisi, 177: 43-45, 1996
- [48] Ulu, Yılmaz, E., "**Temiz Enerji Kaynakları Uygulamaları Pamukkale Üniveristesi Temiz Enerji Evi Örneği**", Ege Bölgesi Enerji Forumu, Denizli, 12-13 Ekim, 2009
- [49] Özyavuz, M., "**Arboretum Planlama İlkeleri ve Trakya Üniversitesi Güllapoğlu Arboretumu Peyzaj Planlama Çalışmaları**", Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2003
- [50] Anonim, "**Edirne İli Çevre Durum Raporu**", T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2008
- [51] <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=EDIRNE>
- [52] Elmroth, A. Levin, P., "**Air İnfiltration Control İn Housing: A Guide to International Practice. Swedish Council for Building Research**", Stockholm, Sweden. s. 25, 1983

## ÖZGEÇMİŞ

Türker KESKİN, 16.11.1986 yılında Kırklareli' de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kırklareli' de tamamladı. 2005 yılında başladığı Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümünden 2009 yılında Mimar unvanıyla mezun oldu. Aynı yıl Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. 16.11.2009 yılında kurduğu mimarlık ofisinde serbest mimarlık çalışmalarına devam etmektedir.