YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE YAPI MALZEMELERİ KULLANIMI İLE PASİF ÇELİK EV TASARIMI

Handan Hekim Seçkin
191421202

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yenilenebilir Enerji Teknolojileri ve Yönetimi Anabilim Dalı
Enerji Etkin Yapılar Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emin Şentürk

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Şubat, 2022

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE YAPI MALZEMELERİ KULLANIMI İLE PASİF ÇELİK EV TASARIMI

Handan Hekim Seçkin
191421202
Orcid: 0000-0003-3094-4662

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yenilenebilir Enerji Teknolojileri ve Yönetimi Anabilim Dalı
Enerji Etkin Yapılar Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emin Şentürk

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Şubat, 2022



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli "*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*" ile bildirilen 6689 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli "*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*" ile bildirilen 6689 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitim ve öğretim süresince ve tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, destekleyen Sayın Hocam Dr. Ahmet Emin ŞENTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmam süresince ve hayatımın her alanında desteklerini esirgemeyen aileme ve enerji konusunda yüksek lisans yapmam için beni yönlendiren rahmetli eşim Metin SEÇKİN'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Handan HEKİM SEÇKİN

Şubat, 2022

ÖZ

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE YAPI MALZEMELERİ KULLANIMI İLE PASİF ÇELİK EV TASARIMI

Handan HEKİM SEÇKİN
Yüksek Lisans Tezi
Disiplinlerarası Yenilenebilir Enerji Teknolojileri ve Yönetimi Anabilim Dalı
Enerji Etkin Yapılar Tezli Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Emin ŞENTÜRK
Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2022

Enerji ihtiyacının artış göstermesi ile birlikte, dünyamız üzerindeki enerji kaynakları her geçen gün azalmaktadır. Günümüzde, enerjinin tüketildiği her alanda verimliliği arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Konutlar en çok enerji kullanan sistemlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle konutlarda ihtiyaç duyulan enerjinin konfor koşullarından ödün vermeden minimum seviyede tutulması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında, ilk olarak, enerji tüketimi ve nihai enerji tüketimleri içinde bina sektörü payının sürekli artış eğiliminde olması ele alınmış, çalışmanın amacı ve kapsamı anlatılmıştır. Daha sonra, enerji kavramına ve Türkiye'nin enerji durumuna yer verilmiştir. Yapılarda uygulanan ısı yalıtım sistemleri ve yapı malzemeleri incelenmiştir. Daha sonra hafif çelik yapılar, çelik yapı sistemleri ve bunların mimaride kullanımları araştırılmıştır. Sürdürülebilirlik kapsamında; sürdürülebilir mimarlık, sürdürülebilir yapı kavramı ve kriterleri, sürdürülebilir yapı amaçları ve prensipleri ele alınmıştır. Pasif ev kavramı ele alınarak, pasif çelik evin ilkelerine ve avantajlarına, pasif çelik evin tasarım ve modellemesi ile birlikte pasif çelik ev sisteminin maliyet bilgilerine de yer verilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları kapsamında, güneş ve rüzgar enerjisi sistemleri detaylandırılmıştır. Pasif çelik ev sisteminde yararlanılan fotovoltaik panel ve rüzgar türbini sistemlerinin enerji hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan pasif çelik evin yıllık enerji ihtiyacını karşılamak için alternatif maliyet hesaplamaları da oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Çelik Yapılar, Pasif Ev, Güneş Enerjisi, Rüzgar Enerjisi

ABSTRACT

PASSIVE STEEL HOUSE DESIGNED WITH USAGE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES AND BUILDING MATERIALS

Handan HEKİM SEÇKİN
Master's Thesis
Department of Interdisciplinary Renewable Energy Technologies and Management
Energy Efficient Buildings Thesis Master's Program
Advisor: Asst. Prof. Member Ahmet Emin Şentürk
Maltepe University Graduate School, 2022

In parallel with the ascending of the energy requirement, the energy resources at the World are draining. Nowadays, there are lots of studies which are made for the increasing the productivity where the energy is used. Housing are the most common energy comsumption areas. Therefore, the required energy for housing should be kept minimum level by uncompromisingly comfort requirements.

In this thesis study, fistly, energy consumption and in ultimate energy consumptions the perpectual increase trend of the share of building sector was considered, aim of study and scope of study was explained. Then, energy concept and Turkey's energy circumstance were featured. Thermal insulation systems applied in buildings and building materials were examined. Then, light steel buildings, steel building systems and usage of these architecture has been researched. At scope of sustainability; sustainable architecture, sustainable building concept and criterions, aim of sustainable building and principles were discussed. By considering the concept of passive house, the principles and advantages of the passive steel house, the design and modeling of the passive steel house and the cost information of the passive steel house system are also included. At scope of renewable energy sources, solar and wind energy systems were detailed. Energy calculations of photovoltaic panels and wind turbine systems used in passive steel house system were carried out. Alternative cost calculations have also been created to meet the annual energy need of the designed passive steel house.

Key Words: Energy, Steel Buildings, Passive House, Solar Energy, Wind Energy

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI iii
TEŞEKKÜR iv
ÖZ v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
TABLOLAR LİSTESİ x
ŞEKİLLER LİSTESİ xi
KISALTMALAR LİSTESİ xii
ÖZGEÇMİŞ xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ 1
BÖLÜM 2. LİTERATÜR BİLGİSİ 3
2.1. Enerji Kavramı 3
2.1.1. Güneş Enerjisi 3
2.1.2. Rüzgar Enerjisi 4
2.1.3. Hidrolik (Hidroelektrik) Enerji 4
2.1.4. Biyokütle Enerjisi 5
2.1.5. Jeotermal Enerji 5
2.1.6. Dalga Enerjisi 5
2.2. Türkiye'nin Enerji Durumu 6
BÖLÜM 3. YAPI MALZEMELERİ 10
3.1. Yapılarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri ve Günümüzde Yalıtım 11
3.2. Isı yalıtımı ve Isıl iletkenlik 12
3.3. Taş yünü 12
3.4. Genleştirilmiş polistiren köpük levha (EPS) 13
3.5. Ekstrüde polistiren köpük (XPS) 15
3.6. Fibercement 17
3.7 Yapı Malzemelerinin Değerlendirilmesi 18
BÖLÜM 4. DÜNYADA HAFİF ÇELİK YAPILAR 19
4.1. Çeliğin Özellikleri 20
4.2. Hafif Çelik Yapılar 21
4.3. Hafif Çelik Profillerin Yapılarda Kullanımı 22
4.4. Çelik Yapı Sistemleri ve Mimaride Kullanımı 23
BÖLÜM 5. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI 25
5.1. Sürdürülebilir Mimarlık 25
5.2. Sürdürülebilirliğin Kapsamı ve Önemi 27

5.3. Sürdürülebilir Yapı Kriterleri 27
5.4. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Sürdürülebilir Yapı Prensipleri 28
BÖLÜM 6. PASİF EV 30
6.1. Pasif Evin Avantajları 31
6.2. Pasif Ev İlkeleri 32
6.3. Pasif Ev Maliyetini Etkileyen Faktörler 32
6.4. Pasif Çelik Ev Tasarımı 33
6.4.1. Plan 33
6.4.1.1. Zemin Kat Planı 34
6.4.1.2. 1. Kat Planı 34
6.4.2. Cephe 35
6.4.2.1. Güney Cephe 35
6.4.2.2. Kuzey Cephe 36
6.4.3. Modelleme 37
6.4.3.1. Model 1 37
6.4.3.2. Model 2 38
6.4.4. Pasif Çelik Ev Maliyeti 38
BÖLÜM 7. PASİF ÇELİK EV SİSTEMİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANIMI 40
7.1. Güneş Enerjisi 40
7.1.1. Güneş Enerji Sisteminin Avantajları 43
7.1.2. Fotovoltaik Güç Sistemleri 43
7.1.2.1. Monokristal ve Polikristal Güneş Panelleri 45
7.1.3. Fotovoltaik Güç Sistemleri için Enerji Hesabı 46
7.1.3.1. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası 46
7.1.3.2. İstanbul Özelinde Radyasyon Değeri ve Güneşlenme Süreleri 47
7.1.4. Polikristal Panel 50
7.1.5. Pasif Çelik Ev Fotovoltaik Panel Modeli ve Çatı Yerleşim Planı 53
7.1.6. Pasif Çelik Ev PV Panel Maliyeti 54
7.2. Rüzgar Enerjisi 54
7.2.1. Rüzgar Türbinleri 55
7.2.1.1. Bina Bağımsız Rüzgar Türbinleri 56
7.2.1.2. Bina Monte Rüzgar Türbinleri 56
7.2.1.3. Bina Entegre Rüzgar Türbinleri 57
7.2.2. Rüzgar Türbinleri için Enerji Hesabı 58
7.2.2.1. İstanbul için Ortalama Rüzgar Hızı Hesabı 58
7.2.3. Güç Katsayısı-Hızlar Oranı Grafiği 58

7.2.4. Şebeke Bağlantılı Sistem 60
7.2.4.1. Rüzgar Türbini Maliyeti 61
BÖLÜM 8. SONUÇ 63
KAYNAKLAR 65

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Türkiye Toplam Enerji Arzı Üretimi, İthalat, İhracatı ve 1990-2018, 2000–2018, 2002–2018 Artışları 9
Tablo 2. Çelik Ev Maliyet Tablosu 39
Tablo 3. Monokristal panel özellikleri 49
Tablo 4. Polikristal panel özellikleri 51
Tablo 5. Pasif Çelik Ev PV Panel Maliyeti-5 kW 54
Tablo 6. İstanbul için 2010-2020, Ocak-Aralık Rüzgar Hızları 58
Tablo 7. Yüzey Farklılıklarının Rüzgar Hızına Etkisi 59
Tablo 8. Rüzgar Türbin Maliyeti 61

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 2016 Yılı Sonu İtibari ile Dünya Genelinde Birincil Enerji Tüketim Oranları ... 8
Şekil 2. Taş yünü ısı yalıtım şiltesi ve taş yünü levha ... 13
Şekil 3. Genleştirilmiş polistiren köpük levha (EPS) ... 14
Şekil 4. Ekstrüde polistiren köpük levha (XPS) ... 16
Şekil 5. Fibercement levhalar ... 17
Şekil 6. Hafif Çelik Yapı ... 23
Şekil 7. Zemin Kat Planı ... 34
Şekil 8. 1. Kat Planı ... 35
Şekil 9. Güney Cephe ... 36
Şekil 10. Kuzey Cephe ... 36
Şekil 11. Model 1 ... 37
Şekil 12. Model 2 ... 38
Şekil 13. Güneş Panel Sistemini Oluşturan Temel Donanımlar ... 41
Şekil 14. Fotovoltaik Panel ... 45
Şekil 15. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası ... 47
Şekil 16. İstanbul Özelinde Radyasyon Değeri ve Güneşlenme Süreleri ... 48
Şekil 17. Monokristal Panel ... 48
Şekil 18. Polikristal Panel ... 50
Şekil 19. Fotovoltaik Panel Çatı Yerleşim Planı ... 53
Şekil 20. Fotovoltaik Panel Yerleşimi ... 54
Şekil 21. Rüzgar Çiftliği ... 56
Şekil 22. Bina Monte Rüzgar Türbinleri ... 57
Şekil 23. Bina Entegre Rüzgar Türbini, Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi ... 57
Şekil 24. Güç Katsayısı – Hızlar Oranı Grafiği ... 59
Şekil 25. Şebeke Bağlantılı Rüzgar Türbini Bağlantı Şeması ... 61

KISALTMALAR LİSTESİ

LPG :Sıvılaştırılmış Petrol Gazı

TEP :Ton Eşdeğer Petrol

MTEP :Milyon Ton Eşdeğer Petrol

OECD :Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü

AC :Alternatif Akım

PV :Fotovoltaik Panel

GES :Güneş Enerji Sistemleri

DC :Doğru Akım

EPA :Amerika Çevre Koruma Ajansı

DIN :Alman Standartlar Enstitüsü

EN :Avrupa Standartları

A1 :Yanmaz Malzeme Sınıfı

EPS :Genleştirilmiş Polistiren Köpük

HBCD :Hekzabromosiklododekan

B1 :Yanmazlık Sınıfı

CFC :Kloroflorokarbon

XPS :Ekstrüde polistiren köpük

HFC :Hidroflorokarbon

UV :Ultra Viole

EAO :Elektrik Ark Ocağı

AISI :Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü

PHI :Passivhaus – Institut (Pasif Ev Enstitüsü)

GEPA :Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

ÖZGEÇMİŞ

Handan Hekim Seçkin

Disiplinlerarası Yenilenebilir Enerji Teknolojileri ve Yönetimi

Anabilim Dalı

Eğitim

Derece	*Yıl*	*Üniversite, Enstitü, Anabilim Dalı*
Y.Ls.	2022	Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Enerji Etkin Yapılar Yüksek Lisans Programı
Ls.	2013	Yeditepe Üniversitesi, Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü
Lise	2001	Özel Üsküdar Fen Lisesi

İş/İstihdam

Yıl	*Görev*
2006 -	Hekim Holding Yönetim Kurulu Üyesi
2010 -	Hekim Holding Hazır Yapı Grubu Üretim ve Yatırımlardan Sorumlu Teknik Başkan Yardımcısı
2019 –	Hekim Holding Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı

Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri

Yıl	*Kurum*
2013 -	Üye: TMMOB Mimarlar Odası

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Nüfus artışı ile orantılı olarak, dünyada ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde, enerji tüketimi günden güne artmaktadır. Fosil yakıtlar, dünyadaki enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılasa da fosil yakıtların rezervleri hızla tükenmektedir. 21. yüzyılın ikinci yarısında doğalgaz ve petrol gibi bazı fosil yakıtların rezervlerinin sonunun yaklaştığı tahmin edilmekte, bu nedenle tüm enerji kaynaklarının verimli kullanılmasının önemi oldukça büyüktür. Enerji ihtiyacı günden güne artış gösterirken kaynakların ise günden güne tükendiği dünyada, enerjinin verimli tüketilmesi adına birçok uygulama gerçekleşmektedir. Enerji kaynaklarının giderek azalması ve enerji talebi karşısındaki artış sebebi ile dünya genelinde oluşan bilinçlenme insanların sürdürülebilirlik, enerji korunumu ve çevre bilinci gibi kavramlar üzerinde çalışmasına neden olmuştur. 1973 Petrol Krizi ile birlikte, enerjiye ulaşmak giderek güçleşmiştir. Sürdürülebilirlik, ekoloji ve enerji kavramları tartışılmaya başlanmıştır. İnsanoğlu için barınma, sanayi ve ulaşım en önemli unsur olmakla birlikte enerji kullanımı da insanoğlu için ön plana çıkmaktadır. Buna karşın enerji ihtiyacının artması ile yakıt fiyatları da eş zamanlı artmaktadır. Kullanılan yakıt için atmosfere, doğal çevre için tehlike oluşturan gazlar salınmakta ve küresel ısınma kaçınılmaz hale gelmektedir. İçinde bulunduğumuz yüzyıl çevre sorunlarını minimize etmek ve gelecek nesillere yaşanabilir dünya bırakabilmek için çevre bilinci ve enerji korunumunu kapsayan yapı tasarımlarının ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Dünya genelinde; sanayi, bina, ulaştırma, elektrik tesisleri sektörü en çok enerji tüketen sektörler içinde yer almaktadır. Nihai enerji tüketimleri içerisinde ise bina sektörünün payı sürekli artış göstermektedir. Yapılarda konfor şartlarını; ısıtma, havalandırma, soğutma ve aydınlatma gibi sistemler sağlamakta, bu nedenle bu sistemler toplam tüketilen enerji içinde büyük bir paya sahiptir. Enerji verimliliği, binalar için önemli bir kriter olması ile birlikte konfor koşullarından vazgeçmeden enerji tasarrufu sağlanması bununla birlikte tüketilen enerji maliyetlerinin azaltılmasıdır. Bu sebeple, yapılarda kullanılan yakıt ve tüketilecek enerjinin en düşük seviyede olması gerekmekte, fakat bunun da bir maliyeti bulunmaktadır.

Binalar baz alındığında, binalarda enerji verimliliğini arttırmaya yönelik yapılan çalışmalar toplam tüketimin içinde ciddi paya sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, binaların enerji verimliliğini belirleyen en önemli unsurlardan birisidir. Enerji ihtiyacının karşılanmasındaki sorunların çözümünde; rüzgar, jeotermal, güneş gibi alternatif enerji kaynaklarından mümkün oldukça fazla faydalanmak gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının binalarda kullanımı ilk yatırım ve bakım maliyetleri dışında başka bir maliyet getirmemektedir. Bu sistemler ile binanın elektrik, sıcak su, ısınma ihtiyaçlarının bir kısmı ya da tamamı karşılanarak fosil enerji tüketiminin en aza indirilmesi amaçlanmaktadır. Günümüzde, yenilenebilir enerji kaynağı güneş ve rüzgar enerjisi kullanımıyla enerji verimli binalar tasarlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, enerji kavramı, Türkiye'nin enerji durumu incelenmiş, pasif evin tasarlanmasında enerjinin daha verimli kullanılabileceği önemli alanlardan olan konut sektörü baz alınmıştır. Ayrıca hafif çelik yapılar ele alınmış, yenilenebilir enerji kaynakları ve uygun ısı yalıtım malzemeleri kullanımı ile kendi enerjisini kendi üreten pasif çelik ev tasarımı gerçekleştirilmiştir. Pasif çelik evin yıllık enerji ihtiyacını karşılamak için alternatif maliyetler hesaplanmıştır. Yaşamın her anında ve alanında "En ucuz enerji tasarruf edilen enerjidir" felsefesi bağlamında bu konuya gerekli önemin verilmesi ile farkındalığın arttırılması amaçlanmaktadır.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR BİLGİSİ

Bu bölümde, enerji kavramı ve kapsamında yenilenebilir enerji kaynakları ve Türkiye'nin enerji durumu ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

2.1. Enerji Kavramı

Enerji temel olarak bir işi meydana getirme gücü olarak tanımlanmaktadır. Enerji, insan hayatı için vazgeçilmezdir ve her türlü faaliyetin gerçekleştirilmesi ve üretimin yapılabilmesi için gereklidir. Bu nedenle yaşamın her sürecinde enerjinin bulunması gerekmektedir. Enerji, insanların yaşamlarına devam etmek için geçmişten günümüze kullanmak zorunda oldukları bir ihtiyaç olmuştur.

Endüstriyel çağın başlaması ile birlikte; sanayileşme, hızlı nüfus artışı, sürekli kentleşme, yaşam standartlarının sürekli yükselmesi enerji gereksiniminin günden güne artmasını hızlandırmıştır.

Dünyada enerji tüketim değerlerine bakıldığında, kullanılan enerji kaynaklarının çok büyük oranlarda fosil enerji kaynakları (kömür, doğalgaz, petrol) olduğu görülmektedir. Bu kaynakların kullanımı; fosil enerji kaynakları bulunmayan ülkeler için geçerli olan enerjide dışa bağımlılık, fosil enerji kaynakları rezervlerinin azalıyor olması ve fosil yakıtların çevresel etkileri gibi küresel anlamda bazı sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunlar çerçevesinde alternatif enerji kaynakları kullanımı kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem kazanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğal süreç döngüsünde kendiliğinden oluşan kaynaklardır. Bu kaynaklar tükenmeyen, tükendikçe doğal döngü içerisinde yeri hızlıca doldurulabilen kaynaklardır. Güneş, hidrolik (hidroelektrik), rüzgar, jeotermal, biyokütle, ve dalga enerjisi, yenilenebilir enerji kaynaklarındandır (Şengezer, 2011). Çalışmamın bu kısmında yenilenebilir enerji kaynakları detaylandırılmıştır.

2.1.1. Güneş Enerjisi

Dünyadaki bütün canlılara hayat veren ana enerji kaynağı güneştir. Güneş enerjisi, yalnız kendisi bir enerji kaynağı olması ile birlikte diğer enerji kaynaklarının da temelini

oluşturmaktadır. Güneş enerjisi, güneşteki hidrojenin helyuma dönüşmesi şeklindeki füzyon sürecinden kaynaklanmaktadır. Azalmayan ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.

Dünyaya, yıl içinde güneşten ortalama 173 milyar MW enerji gelmektedir. Bu miktar, dünyadaki toplam fosil enerji kaynaklarının 160 katına eşittir ama gelen bu enerjinin ne yazık ki tamamı yeryüzünde kullanılmamaktadır. Güneş enerjisi isteğe bağlı olarak depolanma şansına sahiptir. Bunun yanı sıra güneş kolektörleri, güneş duvarı, güneş pili, fotovoltaik düzenekler, termik düzenekler yardımıyla güneş enerjisi elektrik enerjisi olarak veya başka ihtiyaç duyulan bir sistemde kullanılabilir (Sayın, 2006).

2.1.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar, hareket halindeki hava olarak tanımlanmaktadır. Güneş enerjisinin dünyayı ısıtması sonucu, atmosferin potansiyel enerjisinin basınç kuvvetleri ile kinetik enerjiye dönüşmesi ile rüzgarlar oluşmaktadır. Çevre dostu enerji kaynaklarının başında gelen rüzgar enerjisini diğer enerji çeşitlerine dönüştüren teknoloji, diğer güç kaynaklarına oranla daha ucuzdur. Taşıma sorunu bulunmamakta ve bununla birlikte kullanımı da ileri bir teknolojiyi gerektirmemektedir. Rüzgar gücü yoğunluğu yeterli olan yerlerde rüzgar enerji sistemleri kurularak ekonomik açıdan oldukça büyük yararlar sağlanmaktadır. Rüzgar jeneratörlerinden elde edilecek elektrik miktarı rüzgar ile doğru orantılıdır.

Akülerle desteklenen sistemle ve güneş pillerinde olduğu gibi enerji kaynağı olmasa bile akülerden elektrik alınabilmektedir. Rüzgar enerjisi, rüzgar tribünleri yoluyla hava hareketinden doğan enerjiyi yakalayarak, bu enerjiyi elektrik üretiminde kullanmak üzere mekanik enerjiye dönüştürür. Güneş ve dünya olduğu sürece var olan ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan rüzgar enerjisinden faydalanmak için rüzgar enerjisinin başka bir enerji şekline, ilk olarak mekanik daha sonra da elektrik enerjisine dönüştürülmesi gerekmektedir. Betz teoremine göre rüzgardan elde edilebilecek enerji, rüzgar hızının üçüncü kuvveti ile orantılı olarak değişmektedir (İlkılıç, 2016).

2.1.3. Hidrolik (Hidroelektrik) Enerji

Hidrolik enerji, güneş ışınımından dolaylı olarak oluşmaktadır. Kendini sürekli yenileyen bir enerji kaynağıdır. Suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile enerji üretimini sağlamaktadır.

Dünya elektrik üretiminde en önemli yenilenebilir kaynaktır. Hindistan ve Çin gibi gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminin çoğunluğunu hidroelektrik santralları oluşturmaktadır (Koçaslan,2006).

2.1.4. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, dünyadaki yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük bir payını oluşturan, enerji üretmek amacı ile kullanılan hayvansal, bitkisel ve organik kökenli kentsel atıklardan oluşan canlı ya da cansız tüm biyolojik maddelerden meydana gelmektedir. Ağaç, fındık, mısır gibi bitkiler ve gübre ile kentsel atıkların farklı teknolojilerle işlem görmesiyle içlerindeki hidrojen ve karbon enerjisinin açığa çıkması ilkesine dayanmaktadır.

Biyokütle kaynakları, iklim ve bitki örtülerine, ülkelerin coğrafi konumlarına göre çeşitlilik göstermektedir. Bu kaynaklar; genel olarak heterojen yapıda, oksijen ve yüksek su içermektedir. Düşük yoğunluk ve ısıl değere sahiptir. Bu nedenle, yakıt kalitesi de bu niteliklerden dolayı olumsuz yönde etkilenmektedir (Bayraç, Özarslan, 2018).

2.1.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilen, dünyanın alt katmanlarında oluşan bir çeşit termal enerjidir. Doğal bir enerji türüdür. Yenilenebilen bir enerjidir ve bu enerjinin oluşumunda kullanılan ısı kaynağı, yer kabuğunun derinliğindeki magmadır. Yer kabuğunun derinliklerinde bulunan ısı enerjisi, yüklü yağmur sularının sondajla yeryüzüne çıkarılarak insanlara faydalı bir duruma getirilmesi ile elde edilmektedir. Ülkemizde pek çok jeotermal kaynak bulunmakta bu sayede binalarda ısıtma, soğutma, elektrik üretimi bu kaynaklar tarafından sağlanmaktadır (Külekçi, 2009).

2.1.6. Dalga Enerjisi

Rüzgar kaynaklı bir enerji kaynağı olan dalga enerjisi, okyanus ve denizlerin yüzeyinde esen rüzgarların meydana getirdiği dalgalar arası farkları ifade etmektedir. Dalgalar açısından zengin olan kıyılara ve açık denizlere santraller kurularak elde edilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının günümüzde kullanımı çevreci, atık üretimini aza indiren, kirlenmeye yol açmamaları ve maliyet açısından ekonomik olma nedeni ile giderek artmaktadır. Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının verimliliğini yükseltmek için çalışmalar hız kazanmıştır. Avrupa Birliği tarafından yapılan araştırmalar ışığında, 2010' da okyanuslardan elde edilecek enerji miktarı ile bir milyon evin enerji ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik üretilebileceği tasarlanmaktadır (Demirtürk, 2013).

2.2. Türkiye'nin Enerji Durumu

Enerji talebi ülkeler bazında farklı oranlarda olsa da global olarak bakıldığında günbegün artış eğilimindedir. Sanayi ve teknolojinin gelişmesi ile ekonominin büyümesi ve nüfusun artmasına paralel olarak gelen şehirleşmeyle beraber insanların taleplerinin artması, enerjinin daha fazla arzına ve enerjinin elde edilmesi konusunda ülkemizi ve dünyayı farklı kaynaklar bulmaya yönlendirmektedir. Buna ek olarak enerji yatırımlarının da artış eğiliminde olması gerekmektedir.

Türkiye tükettiği enerji kaynaklarının yarısını ithal etmektedir. Türkiye'nin jeolojik ve doğal yapısı göz önünde tutulduğunda, Türkiye'de hemen her çeşit enerji kaynağı bulunmaktadır. Linyit hariç, kullanılan fosil kaynakların rezervleri az miktarda ve üretimleri oldukça düşüktür.

Enerji kaynakları; kullanışlarına ve dönüştürülebilirliklerine göre iki gruptur. Kullanışlarına göre; yenilenebilir (güneş, biyokütle, hidrolik, rüzgar, jeotermal, dalga, hidrojen) ve yenilenemez enerji kaynakları (fosil kaynaklı olarak kömür, doğalgaz, petrol, çekirdek kaynaklı ise toryum ve uranyum) olarak ikiye ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre, birincil (petrol, doğalgaz, kömür, nükleer, biyokütle, rüzgar, hidrolik, güneş, dalga) ve ikincil enerji kaynakları (elektrik, mazot, motorin, benzin ikincil kok, petrokok, kömür hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)) şeklinde incelenmektedir.

Türkiye'de ve dünyada kullanılmakta olan enerjinin büyük bir kısmı birincil enerji kaynaklarının kullanımıyla elde edilmektedir.

Türkiye'de tüketilen birincil enerjinin % 33,4'ü doğal gaz, % 32,1'i kömür, % 24,7'si petrol ve % 9,8'i yenilenebilir enerjiler ve hidrojendir.

Bu enerjileri kullanan sektörler, %43,8'i elektrik üretiminde, %20,2'si ulaşımda, %18,6'si konut ve ticari ile %16,2'si sanayide olarak gerçekleşmiştir (Yılmaz, 2017). Türkiye'de enerji kullanımında ithalatın oranı %70 düzeyindedir. Enerji açısından yüksek oranda dışa bağımlılık mevcuttur, doğalgaz ithalatının %65'i Rusya Federasyonundan yapılmakta ve bu nedenle enerji güvenliği yönünden tehdit oluşmaktadır (Ulutaş, 2018).

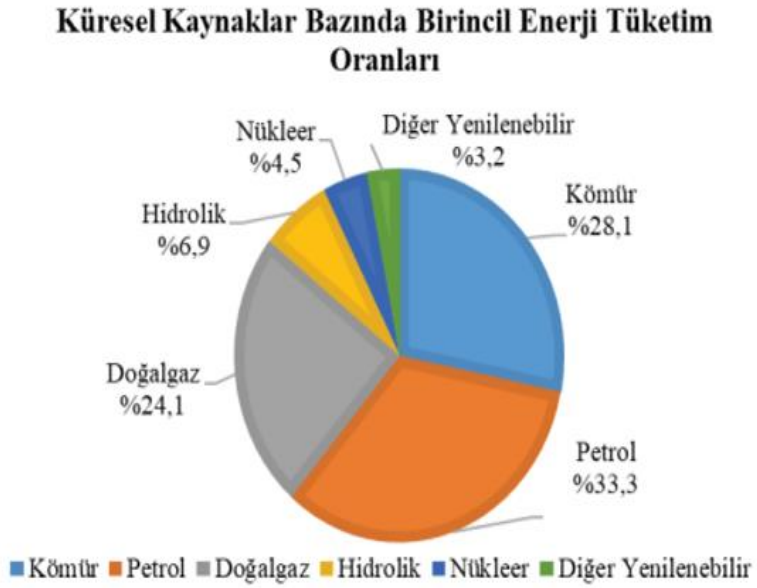
Türkiye'de 2015 yılında yenilebilir enerjinin, bütün enerji tüketimi arasındaki oranı %5,4 ile en yüksek noktaya ulaşmıştır. Dolayısıyla Türkiye'nin güneş, hidrolik, rüzgar, dalga, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanması gerekmektedir. Bunun sonucunda, Türkiye'nin dışa bağımlılığı azaltması için enerjide farklı kaynak kullanımını arttırması ve dışa bağımlılığı azaltması kaçınılmazdır.

2015 yılında Dünyada toplam birincil enerji tüketimi 2014 yılına göre %1 artışla 13,147 milyar TEP olurken enerji tüketim sıralamasında Çin 3014 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) ve ABD yaklaşık 2280,6 MTEP ile ilk iki sırayı almaktadır. Bu iki ülke, dünyadaki birincil enerji tüketiminin yaklaşık %40,2'sine denk gelmektedir. 2013-2015 yılları arasında birincil enerjiyi en fazla kullanan ülkeler arasında en fazla enerji kullanımındaki artış %11,9 ile Hindistan'da görülmüştür. Türkiye ise bu yıllar arasında enerji tüketimini %7,5 oranında arttırmıştır. Dünyadaki merkezlere bakıldığında en fazla enerjiyi 5498,5 MTEP ile Asya Pasifik ülkeleri tüketmektedir. Bunun yanında toplam enerji tüketiminin %41,9'unu OECD, %58,1'i ise OECD dışı ülkelerde gerçekleşmiştir. Avrupa Birliği tüm enerjilerin tüketiminin sadece %12,4'ünü oluşturmaktadır.

Enerji kaynakları incelendiğinde, küresel enerji kullanım miktarı 2016 yılı sonu itibariyle, 13,147 Milyar TEP olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye 126,9 milyon TEP miktarı ile dünya enerji tüketiminin %1'lik dilimini kapsamaktadır. 2016 yılı itibariyle, farklı enerji kaynakları kullanımı dünyada yaygınlaşmaktadır.

Bu kaynakları %85,5 oranı ile kömür, doğal gaz ve petrol vb. fosil kaynaklar kapsamaktadır (Şekil 1). 2016 yılındaki bilgilerin ışığında; petrol, dünya genelinde enerji tüketiminde %33,3'ü ile en büyük paya sahiptir.

Petrolden sonra, dünyada enerji tüketiminde %28,1 ile kömür ikinci sırada, doğalgaz %24,1, hidrolik enerji %6,9, nükleer enerji %4,5 ve yenilebilir enerji kaynaklarından %3,2'si tüketilmektedir.



Şekil 1. 2016 Yılı Sonu İtibari ile Dünya Genelinde Birincil Enerji Tüketim Oranları (Koç, vd., 2018)

1990-2018 yılları arasındaki 28 yılda; Türkiye'nin toplam enerji üretimi % 58,8 oranında artarak, 25.138 bin TEP'ten 39.675 bin TEP seviyesine ulaşırken; aynı dönemdeki toplam enerji arzı ise 52.465 bin TEP'ten 143.666 bin TEP seviyesine ulaşarak %173,5 artmıştır. 2000 yılında Türkiye toplam enerji üretimi 26,46 MTEP iken, 18 yılda sadece 13,3 MTEP ile % 50,4 artmıştır. 2015 yılına göre ise üç yılda %28,5 artmıştır. Yani, Türkiye toplam birincil enerji üretimi 18 yılda 13,3 MTEP artmışken, bu artışın 5 MTEP'i rüzgar, güneş ve jeotermal enerji üretimi olmak üzere 8,8 MTEP'i, son üç yılda gerçekleşmiştir. 2000-2018 yılları arasında, toplam enerji üretimi ise %50,4 oranında artarken, enerji arzı ise %80,8 artmıştır (Koç, vd.,2018).

Bu dönemde toplam birincil enerji arzı 79.428 bin TEP'ten 143.666 bin TEP'e ulaşmıştır (Tablo 1). 1990-2018 yılları arasında, toplam enerji ithalatı %273,5 oranında artarak 30.663 bin TEP'ten 115.792 bin TEP düzeyine ulaşmıştır.

Enerji ihracatı, %190,5 artmıştır. 2000-2018 yılları arasında, toplam enerji ithalatı %110,2 oranında artarak 55.081 bin TEP'ten 115.792 bin TEP düzeyine yükselmiştir.

Bu dönemdeki toplam enerji ihracatı 1.584 bin TEP'ten 6.067 bin TEP düzeyine ulaşarak, %281,3 artmıştır. 2002-2018 yılları arasında ise enerji arzı % 86,3 artarken; enerji üretimi %62,7; ithalatı %102,4; ihracatı % 90,6 düzeylerinde artmıştır. 2017 yılında 145.305 bin TEP olan toplam enerji ürünleri arzı, doğal gaz ve petrol fiyatlarındaki yükseliş ve ekonomik kriz nedeni ile 2018 yılında 1.639 bin TEP azalarak 143.666 bin TEP olarak gerçekleşmiştir (Yılmaz, 2020).

Tablo 1. Türkiye Toplam Enerji Arzı Üretimi, İthalat, İhracatı ve 1990-2018, 2000-2018, 2002–2018 Artışları (Yılmaz, 2020)

1990-2018 Türkiye Toplam Birincil Enerji Arzı, Üretimi, İthalatı, İhracatı (MTEP) ve Üretim/Tüketim Arz Değişimleri (%)									
	1990	**2000**	**2002**	**2010**	**2015**	**2018**	**2002-2018 Artışı(%)**	**2000-2018 Artışı(%)**	**1990-2018 Artışı(%)**
T.B. Enerji Arzı	52,5	79,4	77,1	105,9	129,2	143,6	**86,3**	**80,8**	**173,5**
T.B. E. Üretimi	25	26,4	24,4	31,5	30,9	39,7	**62,7**	**50,4**	**58,8**
T.B. E. İthalatı	31	55,1	57,2	84,6	112,8	115,8	**102,4**	**110,2**	**273,5**
T.B. E. İhracatı	2,1	1,6	3,2	7,9	8,1	6,1	**90,6**	**281,3**	**190,5**
E. Üretimi / T.E. (%)*	**47,6**	**33,2**	**31,6**	**29,7**	**23,9**	**27,6**	**-4**	**-5,6**	**-20**

*Toplam birincil enerji üretiminin toplam enerji arzını karşılama oranı

BÖLÜM 3. YAPI MALZEMELERİ

Yapılarda, sanayi devriminden önce, doğal olan taş, ahşap, kerpiç gibi malzemeler kullanılmaktaydı. Bu malzemeler herhangi bir katkı maddesi içermemekte, doğadaki saf halleri ile kullanılmaktaydı. Ahşap ve taş sadece kesilip, öğütülerek kullanılmakta, harç haline getirilen kerpiç ise istenilen ebatlarda elde edilebilmekteydi. İnşaat alanında kullanılan malzemeler sanayi devriminden sonra çeşitlilik kazanmıştır. Endüstride bazı işlemlerden geçen yapay malzemeler, binaların yapımında doğal malzemelere karşı alternatif oluşturmuştur. Doğal malzemelere bazı katkı maddelerinin eklenmesi ile istenilen standart ve ebatlarda, istenilen özellikte yapay malzeme de elde edilebilmektedir. Bu malzemelerin binalarda kullanımı, yapı sektörüne birçok artı sağlamakla birlikte malzemelerin üretimi sırasında kullanılan kimyasallar, daha sonra yapının kullanımı, onarımı sırasında malzemelerden iç ortama yayılmaktadır. Bu kimyasalların başlıcaları; uçucu organik bileşik ve formaldehitdir. Bu kimyasalların iç hava ortamında, yasal düzenlemelerdeki standart değerlerden yüksek olması, kullanan kişiler üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bu yüzden, yapılarda sağlıklı bir ortam elde etmek için, formaldehit, uçucu organik bileşik gibi toksik madde yaymayan, iç hava kalitesini arttıran yapı malzemeleri tercih edilmelidir.

Sağlık açısından tehdit oluşturmayan, onaylanan bazı malzemelerin, yapının kullanımı ve onarımı esnasında çeşitli gazlar yayabileceği malzeme seçimi yapılırken göz önünde bulundurulmalıdır. Yapı malzemelerinin kapalı ortamlarda kirlilik oluşturabilmesi, içerdiği zararlı bileşenlerden dolayı çeşitli gazlar yayabilmesi ve bununla birlikte malzemenin yanması veya yapının kullanımında hasar görmesine bağlı olarak da atık haline gelmesi mümkündür. Ayrıca yapı malzemelerinden elde edilen atıkların, geri dönüştürülmemesi halinde, katı atık tesislerinde yakılarak imha edildiği nedeniyle doğal çevrede civa kirliliği oluşmaktadır (Zorlu, 2019).

Amerika Çevre Koruma Ajansı (EPA), "sürdürülebilir" nitelikte olan yapı malzemelerini sertifikalandırmaktadır. Uygun iç hava kalitesini sağlayan ve toksik maddelerin oluşmasını en aza indirebilecek yapılar, sertifika alabilme koşullarını sağlamaktadır (Yengar, 2015).

Yapıların, bakım ve onarım, iyileştirme, yenileme ve yapım gibi tüm süreçlerinde kullanılan sıva, derz dolgusu, boya, kaplama, kompozit panel gibi tüm malzemelerin yapıda biyolojik kirlilik oluşmasını engelleyen ürün sistemlerden seçilmesi gerekmektedir.

Sağlıklı ve tercih edilebilir ürünler; toksik maddelerin veya kimyasalların, malzemenin içeriğinde ya hiç bulunmadığı ya da kullanıcılarda olumsuz etki oluşturmayacak düzeyde olduğu yapı malzemeleridir. Bu sebeple malzeme seçimi sırasında, iç hava kalitesi açısından yapı malzemelerinin iç ortam hava kirliliğine etkisi dikkate alınmalıdır (Yurtseven,2007).

3.1. Yapılarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri ve Günümüzde Yalıtım

Yalıtım, yapıyı ve yapı içerisindeki varlıkları; ses, su, yangın, nem, sıcak ve soğuğa karşı korumak amacıyla alınan önlemler veya yapılan faaliyetlerin toplamı olarak ifade edilmektedir. Yalıtım; yapıların iç ve dış etkilerden korunabilmesini sağlamakta ve bununla birlikte sağlıklı bir yaşam için ihtiyaç olan konfor şartlarına ulaşma yoludur. Yapıların ömrünü uzatmak, sürdürülebilirliğini sağlamak, bakım masraflarını düşürmek ve kullanıcılar için rahat, sağlıklı kullanabileceği mekânlar oluşturmak yalıtımın amacıdır (Bayraktar, 2016).

Genel olarak, bu amaç göz önünde tutulduğunda, yalıtım önlemleri iki grupta incelenmektedir. Bu önlemlerin ilki, yapıyı koruyan önlemler ve ikincisi ise kullanıcının korunumunu sağlayan önlemlerdir. Yapıyı koruyan önlemler; güneş, kar, yağmur, rüzgâr, zemin suyu (dış ortamdan gelen) gibi olumsuz etkenleri denetlemeye yöneliktir. Bu etkenler, binaya zarar vermektedir. Kullanıcıya doğrudan zarar verebilecek etkenler ise; gürültü ve ses etkileri ya da yangın tehlikesi gibi etkenlerdir. Bu etkenlerden hareketle yalıtım dört temel başlıkta; ses, su, ısı ve yangın yalıtımı olarak ele alınmaktadır (Kalaycı, 2016).

3.2. Isı yalıtımı ve Isıl iletkenlik

Sıcaklık farkı nedeni ile, belirli sıcaklıktaki bir sistemin sınırlarından, daha düşük sıcaklıktaki bir sisteme geçen enerji veya enerji miktarına ısı denir. Isı transferi ise bunun yayılma biçimidir (Anonim, 2017). Isı; bir ortamdan diğer bir ortama; iletim, taşınım, ışınım yoluyla üç şekilde yayılabilir. Aynı şekilde iki malzeme arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle ısısal geçirimlilik malzemelerin bulunduğu ortama göre iletim, taşınım ve ışınım olmak üzere üç farklı şekilde görülmektedir. Bunun sonucunda, ısı yalıtımının tam olarak sağlanabilmesi için bu üç şekildeki yayılmaya karşı yapıda önlem alınması gerekmektedir. Isı yalıtımı, yalnızca çeşitli yalıtım malzemeleriyle yapılan bir işlem değildir. Isı kaybını etkileyen en önemli öğeler; yapının içinde bulunduğu çevresel faktörler, iklim ve coğrafi özellikler, rakım, konutun ve mekânların baktığı yönlerdir (Kalaycı, 2016).

Bir malzemenin ısıl iletkenliği, malzemenin ısıyı iletme kabiliyetinin bir ölçüsüdür. Malzeme, ısıl iletken ise yüksek ısıl iletkenlik değeri göstermektedir. Isıl iletkenlik değerinin düşük olması, malzemenin ısıl yalıtkan olduğunu göstermektedir (Çengel, 2011). Günümüzde kullanılan, yalıtım malzemeleri genellikle kapalı veya açık gözenekli durgun hava sistemini kullanmaktadır. Yapılan bu çalışmada yalıtım ve yapı malzemesi olarak; taş yünü, ekstrüde polistiren köpük (XPS), genleştirilmiş polistren köpük (EPS) ve fibercement incelenmişitr.

3.3. Taş yünü

Taş yünü (Şekil 2) bazalt, diyabaz, dolamit gibi doğal taşların 1600 °C gibi bir sıcaklıkta ergitilerek elyaf haline getirilmesi ile reçineli ya da reçinesiz olarak elde edilen bir ısı, ses ve yangın yalıtım malzemesidir. Üretimi için genellikle bazalt kullanılmaktadır. Bazalt, kömür tozu ve çelik endüstrisinden gelen atık cüruf birlikte eritilerek elyaf haline getirilir.

Taş yünü ısı iletkenlik değeri $\lambda \leq 0{,}040$ W/mK'dir. Yoğunluğu 8-500 kg/m^3 arasındadır. A1 yanmaz malzemedir. Yüksek sıcaklıklarda yanması mümkün olsa bile insan sağlığı ve atmosfer için zararlı gaz çıkışı gerçekleşmez.

Kullanım sıcaklığı -55/+760 °C aralığındadır. Çürümeye, küfe, böceklenmeye, korozyona karşı dirençlidir ve paslanma yapmaz. Sıcak ortam ve rutubet karşısında boyutlarında bir değişme olmaz. Diğer malzemelerle kimyasal etkileşime girmezler (Akıncı, 2007).

Taş yününde lifler her yöne dağılmış bir haldedir. Bu nedenle, taşyününün, cam yününe göre dayanımı daha fazla olup basınç dayanımı 1,5-6,5 ton/m^2 arasındadır. Cam yününe göre yoğunluğu daha yüksek olduğu için esnekliği biraz daha azdır. Taş yünü hacminin %2,5-10'u arasında su emme özelliğine sahiptir. Malzemenin su alıp ıslanması ile birlikte malzeme ısı yalıtım özelliğini, ısı iletkenlik değerinin %98 ine kadar kaybedebilir. Bundan dolayı, taş yünü, su ile temas edebileceği bir durumda ısı yalıtımı malzemesi olarak kullanılmamalıdır. Taş yünü su alıp ıslandığı zaman yalıtma özelliğini yitirir. Bu nedenle, bazı taş yünü tiplerinde malzemenin içine suyu emmemesi için su itici silikon sıkılır. Bu sayede, malzeme ıslanmaya karşı korunur ve malzeme yalıtım özelliğini kaybetmeyecektir (Kalaycı, 2016).

Mineral yün grubundaki cam yünü ve taş yünü malzemelerin, yapılarında hava geçecek boşluklar bulunmaktadır. Açık gözenekli yapıda olan bu malzemeler, bu nedenle ses yutucu olarak nitelendirilebilirler (Murat, 2016).



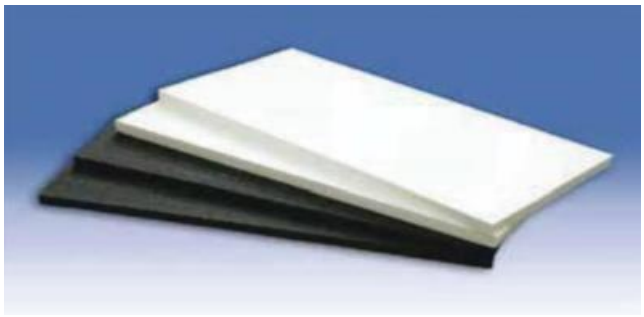
Şekil 2. Taş yünü ısı yalıtım şiltesi ve taş yünü levha (Bektaş,2018)

3.4. Genleştirilmiş polistiren köpük levha (EPS)

Polistiren taneciklerinin şişirilmesi ve birbirine kaynaşması ile elde edilen EPS ürünlerde, (Şekil 3) taneciklerin şişirilmesi ve köpük elde edilmesi için şişirici "Pentan" gazı, alevlenmeyi geciktirici olarak HBCD (Hexabrom cyclododecane) kullanılmaktadır (Demir,2014).

Pentan ve su buharı ile ısıtılarak genleştirilen polistren tanecikleri sonrasında kurutma ve olgunlaştırma sürecinden geçer. Genleşen tanecikler içindeki pentan gazı yerini havaya bırakır, taneciklerin içine hava dolmaya başlar. Malzemenin ısı iletkenlik değeri bakımından daha iyi bir hale gelir, ısıl iletkenlik değeri artan malzemenin ısı direnci azalır. Ancak şişirici gaz, kısa sürede hava ile yer değiştirir ve bu da ürünün performansının kullanım ömrü boyunca sabit kalmasına neden olmaktadır.

Genleştirilmiş tanecikler kalıplara alınır, buharla tekrar ısıtılarak ikinci kez genleştirilmesi ve taneciklerin birbirine kaynaşması sağlanır. Daha sonra, kalıplanır ve soğutulan blok şeklindeki malzeme istenilen boyutlarda kesilir ve son olarak paketlenir ve depolanır (Özer, 2017).



Şekil 3. Genleştirilmiş polistiren köpük levha (EPS) (Bektaş, 2018)

Yapay organik bir ısı yalıtım malzemesi olan polistren sert köpük, 1952 yılında Alman BASF firması tarafından üretilmiş ve 'Styropor' adı altında dünyaya yayılmıştır. Termo-plastik bir malzeme olan styropor, dünyada ve Türkiye'de, inşaatlarda en yaygın kullanılan yalıtım malzemelerinin ilklerindendir (Akıncı, 2007).

EPS 'nin ısı iletkenlik değeri $\lambda \leq 0{,}040$ W/mK'dir. Sıcaklık dayanımı uzun sürede yoğunluğa bağlı olarak maksimum 75-85 °C'ye, minimum olarak -180 ºC'ye kadar kullanılmaktadır. Bu yüzden, soğuk tesisler için uygun bir malzemedir. B1 sınıfı alev yürütmeyen bir malzemedir. Kapalı gözeneklidir bu sayede pratik olarak ıslanmamakta, yalıtımı sürekli yapabilmektedir. Ömrü sonsuzdur. Yalıtım görevi bina yıkılana kadar sürmektedir. Çok hafiftir, hafif olması nedeni ile rahat taşınır ve uygulanır (Kalaycı, 2016). Yoğunluğu 16 kg/m^3 ün altında olan EPS, yalıtım malzemesi olarak tanımlanmamaktadır (Uzun, 2012).

EPS, asit ve baz kimyasallarına karşı dayanıklı iken, metan grubu gazları, benzin grubu, amin grubu kimyasallar, eter ve estere karşı dayanıksızdır. Ek olarak, EPS'nin güneş ve mor ötesi ışınlarına karşı olan davranışı iyi değildir (Aydın, 2010). Malzemesinin önemli özellikleri ise;

- Çevre koşullarına karşı dirençli ve uzun ömürlüdür.
- Yoğunluğu istenilen değerde değiştirilebilir.
- Çevrecidir, ozon tabakasına zarar verici CFC vb. içermez.
- Uygulama ve kullanım sırasında insan sağlığına zarar vermez.
- Darbelere karşı dirençlidir.
- Bakteri, mantar vb. geliştirmez.
- Kolay uygulanır, hafif olması nedeniyle taşınımı kolaydır.
- Üretimi istenilen şekilde yapılabilir ve kolay işlenebilir (Eps Sanayi Derneği, 2017).

Yapıların ısı ve ses yalıtımında ve ambalaj sanayinde kullanılan EPS ürünler, boru, levha veya önceden şekil verilmiş elemanlar halinde, kullanılmaktadır. Binalarda eğimli ve teras çatıların, duvarların, tavanların, döşemelerin, soğuk hava depolarının ve tesisatların ısı yalıtımında kullanılırlar. Hafiftir, dayanıklıdır, kolay işlenebilir ve uygulanır ve ısı iletkenliği düşüktür. Bu nedenle, kullanım alanları çok geniştir (Özer, 2006).

3.5. Ekstrüde polistiren köpük (XPS)

Ekstrüde polistren yalıtım malzemesi (Şekil 4); yaklaşık olarak 200 °C sıcaklıkta, ham petrolden üretilen eritilmiş polistrenin eritilip HFC, CO_2 gibi genleştirici gazlara, yangın geciktirici olarak HBCD (Hexabrom cyclododecane) eklenir ve sonrasında bir ekstrüzyon makinasından geçirilerek üretilir. Soğuma işleminin tamamlanmasıyla, istenilen boyutlarda ebatlandırılıp, sevkiyata hazır hale getirilir. Önceleri XPS üretiminde şişirici gaz olarak halojenli kloroflorokarbonlar (CFC 12, CFC 142b) kullanılmaktaydı. Yeni düzenlemelerden sonra klorin içermeyen şişirici gazlar (HFC 134a, CO2, HFC 152a) kullanılmaktadır (Özer, 2017).



Şekil 4. Ekstrüde polistiren köpük levha (XPS) (Bektaş, 2018)

Polistren sert köpüğün banttan çekilmesiyle, XPS üretilmektedir. XPS, homojen hücre yapılı ve dağılımlı bir malzemedir. EPS' ye göre, ısıl iletkenlik katsayıları daha düşüktür. Levhaların kapalı hücre yapısında olması nedeniyle su emme durumları daha azdır. Yoğunlukları 25-45 kg/m^3 arasındadır. Basınca karşı olan dayanımının fazla olması en önemli özelliklerinden biridir. Ek olarak, su buharı direnç faktörleri de yüksektir. Kullanım sıcaklığı en çok 75-80 °C'dir (Akıncı, 2007). Isı iletim katsayılarının düşük, basınç dayanımlarının yüksek ve neme karşı dirençli olması XPS'lerin en önemli özelliklerindendir. Çürümez, kokmaz ve böcek barındırmaz. Su emmesi, kapalı gözenekli yapısı sayesinde aza yakındır. Zemin altı ve zemine oturan döşemelerde uygulanabilir. Taşınması, depolanması ve uygulanması hafif olması nedeniyle kolaydır. Yangın dayanımı ise diğer ısı yalıtım malzemelerine göre iyi değildir (Bektaş, 2018).

Kullanım amacı ve yerine göre, farklı ebat ve yoğunlukta farklı kenar ve yüzey şekillerinde levha olarak üretilen XPS, nefes alabilen bir yapıdadır. Bina kabuğunu dış etken olan korozyondan ve yoğuşmadan korumaktadır. İşlenebilirliği ve uygulanabilirliği kolay olması nedeniyle fire vermez, bu nedenden dolayı fire vermemektedir. Hafif bir malzeme olması, uygulama yerine taşınmasını kolaylaştırmaktadır (Özer, 2006). UV ışığa karşı dirençli değildir. Birkaç ay UV ışık etkisi altında kalması, yüzeyinde renk değişimi meydana gelir ve yüzeyinde sarı renkten kahverengi renge doğru renk değişimi ve solma gözlenmektedir (Türkmen, 2016).

XPS levhalar; çimento, alçı, kireç, seyreltik asit, bitüm vb. gibi inşaat malzemelerine karşı dayanıklıdır. Katran ürünleri, cila, yakıt ve diğer solvent bazlı çözücülere karşı dayanıklı değillerdir. XPS' in yanması durumunda ortama insan sağlığını tehdit edici zehirli gazlar yayılır. Üretimi genel olarak HCFC (hidrokloroflorokarbon) olarak isimlendirilen ozon tabakasına zarar veren bir sera gazı ile yapılmaktadır.

Gelişimini tamamlamış birçok ülkede kullanımı yasaklanmış ya da çok azdır. Bu nedenle, XPS üretimi sırasında zararsız gazların kullanılması gerekmektedir.

XPS, yapı fiziği açısından değerlendirildiğinde, mantolama (dış yüzeyden) uygulaması bu uygulamalar içerisindeki en doğru çözümdür. Bu uygulama sayesinde, binanın her cephesine sürekli bir yalıtım sağlamakta, yapı taşıyıcılarında oluşabilecek ısı köprülerini önlemekte ve yaz kış oluşacak sıcaklık farkları nedeni ile, ısıl gerilmeleri düşük seviyelere indirmektedir (Bektaş, 2018).

3.6. Fibercement

19. yüzyılın sonlarında, Avustralyalı Hatschek tarafından geliştirilen yöntemle üretilen fibercement levhalar (Şekil 5), yaklaşık bir asırdır birçok uygulama alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kısaca "fiber takviyeli çimento levha" olarak nitelendirilebilecek fibercement levhalar, doğal elyaf, mikronize silis ve çimento karışımını içeren bir hammaddeden özel bir makinede levha formunda üretilir ve daha sonra otoklavlanır. İç ve dış cephe kaplamalarında kullanılmaktadır. Düz, ahşap, doğal taş dahil birçok yüzey desenine sahiptir.



Şekil 5. Fibercement levhalar (URL-1)

Fibercement levhalar çevreci malzemelerdir. İnsanlara ve çevreye zararlı olabilecek maddeler içermez, zamanla veya atmosferik şartlardan dolayı gaz emisyonuna neden olmaz. Malzeme içeriği sayesinde uzun ömürlüdür. Çimento veya silika için önceden belirlenmiş hizmet ömrü yoktur. Levhalar, üretim sırasında yüksek sıcaklık ve basınca maruz kaldığından en zorlu koşullara karşı dayanıklıdır. UV ışınlarından etkilenmezler. Kireç önleyici maddeler dışında kimyasallara karşı iyi bir direnç göstermektedirler.

Fibercement levhalar iklim koşullarından etkilenmez. Sudan veya deniz suyundan etkilenmez. Su geçirmezler. Su emme yüzdeleri betonarme yapılara göre çok düşüktür. Tek başına bir yalıtım malzemesi değillerdir. Yine de oldukça iyi ısı ve ses yalıtım değerlerine sahiptirler. Yalıtım değeri yüksek malzemelerle birlikte kullanıldığında iyi derecede ısı ve ses yalıtımı elde edilebilir. Yangına karşı tam dayanıma sahiptir. Uluslararası A1 sınıfı yanmazlık sertifikasına sahiptir. Fibercement levhalar 125 cm eninde, 250-280 ya da 300 cm boyunda üretilmektedir. Desenli levhalar 8, 10 ve 12 mm kalınlığında, düz levhalar 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 ve 20 mm kalınlıktadır. Her türlü yapıda ve yapının her detayında iç ve dış cephe kaplaması olarak rahatlıkla kullanılmaktadır. Levhalar bir bütün olarak kullanılmakta veya çeşitli boyutlarda ebatlandırılmaktadır.

Fibercement levhalar; cephe kaplama malzemesi olarak, çok katlı prefabrik, çelik yapılarda katlar arası döşeme malzemesi olarak, zemin kaplama malzemelerinin altında destekleyici eleman olarak (OSB yerine), zemin betonu üzerine döşeme malzemesi olarak, iç mekanlarda ahşap görünümü sağlamak için dekoratif kaplama elemanı olarak (lambri uygulaması) , çeşitli kaplama malzemeleri ile birlikte kompozit eleman olarak, çeşitli yalıtım malzemeleri ile birlikte sandviç panel olarak kullanılmaktadır (URL1).

3.7 Yapı Malzemelerinin Değerlendirilmesi

Son olarak pasif ev sisteminde tercih edilebilecek yapı malzemelerinin genel bir değerlendirilmesi yapıldığında, taş yünü önemli fiziksel özelliklerinin yanı sıra yanmaz bir malzeme olması ve çok iyi derecede ısı ve ses yalıtımı sağladığı için pasif çelik ev sisteminde tercih edilebilir. XPS levhalar, yüksek basınç dayanımı ve nem direncine sahiptir. Zemin altı ve zemine oturan döşemelerde uygulanabilmekte aynı zamanda bina kabuğunu yoğuşmadan ve korozyondan korumaktadır. Bu nedenle, pasif çelik ev sistemi zemin altı döşemesinde kullanılabilir. Fibercement levhalar ise tek başına bir yalıtım malzemesi değildir. Yine de oldukça iyi ısı ve ses yalıtım değerlerine sahiptirler. Yalıtım değeri yüksek malzemelerle birlikte kullanılmakta ve yangına karşı tam dayanıklıdır. Her türlü yapıda ve yapının her detayında iç ve dış cephe kaplaması olarak rahatlıkla kullanılmaları nedeni ile pasif çelik ev sisteminde tercih edilebilir.

BÖLÜM 4. DÜNYADA HAFİF ÇELİK YAPILAR

Mimarlar ve mühendisler için on sekizinci yüzyıl ortalarına kadar mevcut temel inşaat malzemeleri olarak taş, ahşap ve tuğla değerlendirilmekteydi. Modern dünyanın sanayileşme ve gelişmesiyle birlikte, büyük açıklıklı yapılar için talep artmış bu nedenle malzemelerin taşıyıcı sistem uygulamalarında çeliğin tüketilmeye başlaması yaygınlaşmıştır. 20. yüzyılın başında, dünyada 28 milyon ton olan demir çelik tüketimi, 20. yüzyılın sonunda 780 milyon ton olmuştur. 2000 yılı sonrası, Çin'de yapılan yatırımlarla, 2014 yılında dünya ham çelik üretim kapasitesi yaklaşık 2,2 milyar tona ulaşmıştır. Bu kapasite artışını yüzde 77 oranla tek başına gerçekleştiren Çin, demir çelik arzında belirleyici ülke olmuştur. Çelik yapı sistemlerinin gelişiminin başlaması daha ekonomik biçimde daha büyük açıklık geçme isteği ile olmuştur.

Dünya genelinde, ham çelik üretiminin %72'si entegre tesislerde, %28'i yarı entegre tesislerde (EAO) üretilmekte iken, Türkiye, ABD ve Hindistan'da üretilen çeliğin büyük bir kısmı yarı entegre tesislerde yapılmaktadır (Mahmud, 2017).

19. yüzyılda Henry Bessemer, ilk maliyeti düşük endüstriyel prosesin bulunmasını sağlamış, ardından ucuz ve verimli çelik üretimi başlamıştır, çeliğin sünekliliğinin ve dayanımının yüksek olması nedeniyle 19. yüzyıl sonlarından itibaren Amerika'da, 20. yüzyıl başlarından itibaren ise Britanya'da yapı sektöründe kullanılmaya başlanmıştır (Jackson, 1998).

Çelik karkas, sahaya sevk edilirken montaja hazır bir şekildedir ve kolay işlenebilir olması nedeniyle işçilik ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi ile konut amaçlı "prefab" (ön üretimli) hafif çelik yapıların inşası artmıştır. 2. Dünya savaşı sonrasında Avrupa ülkelerinde ekonomik ve hızlı bir şekilde üretilip montajı yapılabilen ön üretimli hafif çelik yapıların kullanımı yaygınlaşmıştır.

Çeliğin dayanımı aynı hacimdeki betonarme veya ahşap elemandan yüksektir. Çelik, sıhhi tesisat ve elektrik montajının kolay olması ve sistemin uygun izolasyon malzemesi ile yangına karşı dayanıklılığı sebebiyle tercih nedeni olmuştur. 1930'larda Amerika'da sıcak büküm çeliğin tasarım prensipleri standartlaştırılmıştır.

1946 yılına kadar ince kesitli, farklı şekillerde üretilebilen soğuk büküm için herhangi bir kontrol veya tasarım prensibi belirlenmemiştir.

1946'da AISI (American Iron and Steel Insitute)'e bağlı olarak Cornell Üniversitesi Profesörü George Winter'ın gerçekleştirdiği ilk dayanım tasarım özellikleri araştırmasının sonucunda, yönetmelik yayınlanmış ve süregelen senelerde gelişmelere bağlı sürekli olarak revizyon görmüştür. 1991 yılında yük ve dayanım faktör tasarımını Wei-Wen Yu ve Theodore V Galambos yapmış ve enstitüye bağlı olarak yayınlanmıştır. 1996 yılında yapılan çalışmalar birleştirilerek genişletilmiş ve bugün kullanılan yönetmelik ortaya çıkmıştır (Güneş, 2016).

4.1. Çeliğin Özellikleri

%90 geri dönüştürülebilir bir malzeme olan çelik, ne kadar geri dönüşüm uygulanırsa uygulansın özelliğini kaybetmez, çevreye zarar vermeyen çevre dostu malzemedir. Yapısal çelik; demirin karbon, manganez, silisyum, alüminyum, vb. gibi elementler ile oluşturduğu alaşımdır. Çelik cinsine göre bu katkı maddelerinin çeşitleri ve yüzdeleri farklılık göstermektedir. Karbonun, en önemli katkı malzemesi olması çeliğin sertliğini ve direncini arttırmaktadır. Fakat, işlenebilirliğini yani kaynaklanabilme özelliklerini azalttığı için karbon oranının belli bir yüzdeyi geçmemesi şarttır. İnşaatta kullanılan çeliklerde karbon oranı %0,16-%0,22'dir.

Ahşap ve betonarmeden farklı olan çelik malzeme, homojen ve izotropik bir yapıdadır. Elastisite modülü (210 GPa), ahşaptan ortalama 20 (10 GPa), normal dayanımlı betondan ortalama 10 kat (20-30 GPa) daha büyüktür. Yapısal çelik, istenilen şekil ve ebatlarda üretilebilir.

Malzeme, ön üretimlidir ve milimetrik ölçülerde üretim gerçekleştirilmesi sayesinde montaj ve uygulamada kesin ve doğru sonuçlara ulaşılmaktadır (Mahmud, 2017).

Çelik malzemenin özelliklerinden biri yanmaz olmasıdır ve yangın yükü bulunmamaktadır. Yangın esnasında yüksek sıcaklık sebebiyle mukavemetini kaybetmektedir. Bu durumu etkileyen diğer faktörler, çelik elemanın taşıdığı yük, işlevi ve ortam sıcaklığıdır.

Çelik malzemenin yük taşıma kapasitesini, çelik elemandaki gerilme yoğunluğu etkiler. Büyük yük gerilimi ile yüksek sıcaklığın birleşmesi, çelik elemanın çökmesini hızlandıracaktır. Normalde, çelik için 593 °C, kritik sıcaklık kabul edilmektedir. 593°C'de çeliğin akma sınırı, oda sıcaklığındaki normal çalışma gerilimine oranla %60 azalacaktır. Elemanın elastikiyetinin düşüşüyle birlikte gerilimindeki düşüş oluşur. Çeliğin gerilme sınırlarını, çeliğin iletkenlik kapasitesi çok yüksek olduğu için, çeliğin içindeki sıcaklık belirlemektedir. Çelik malzeme, malzeme yapısına göre ısıyı farklı iletirler. Bir bölgedeki ısıyı daha soğuk bölgelere hızlı bir şekilde ilmekte ve bu özellik sıcaklık kapasitesiyle birleşince bir ısı kalkanı gibi çalışmaktadır. Sıcaklığın diğer soğuk alanlara iletimi sırasında geçen sürede, kritik sıcaklığa erişim gecikecektir (Smith, Harmanty 1978).

A1 yanmaz bir malzeme olan çelik, ateş karşısında zehirli gaz ve duman açığa çıkarmaz. Çok iyi bir iletkendir.

4.2. Hafif Çelik Yapılar

Amerika'nın kuzeyinde ve Avrupa'nın bazı bölgelerinde hafif çelik yapılar ortak yapı türüdür. İki çeşit taşıyıcı sistem ile inşa edilirler. Yapının çelik iskeleti, sıcak çekilen profil ile inşa edilir veya soğuk bükme ince profillerin yan yana getirilmesi ile duvar/döşeme taşıyıcısı oluşturulur. Çelik malzeme kullanımının ekonomik olması için az katlı binalarda soğuk bükme profillerin kullanılması gerekmektedir.

Hafif çelik iskelet yapı, ABD'de yaygın olarak kullanılmaktadır. ABD'de konut yapımında tercih edilen yapı malzemelerinin taşınabilmesinin kolay ve ucuz olması önceliklidir.

Yapının maliyetinin ekonomik olması için; duvar/döşeme kaplaması, duvar/döşeme taşıyıcı sistemi ve çatı örtüsü ekonomik ve rahat taşınabilen ahşaptan yapılmıştır. Günümüzde ise, ahşabın daha yararlı yerlerde kullanımını sağlamak için diğer yandan çeliğin geriye dönüştürülen bir malzeme olması nedeniyle ABD'de hafif taşıyıcılı çelik sistemlerin kullanılması artmıştır (Mahmud, 2017).

Amerika'da yaygın olarak kullanılan ahşap konutların yerini 1980'lerde hafif çelik konutlar almaya başlamıştır.

Çelik profillerin, %100 oranda geri dönüşümü mümkün olması ile birlikte ahşap, hızlı bir şekilde, daha çok gereksinim duyulan sektörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise Amerika'da hafif çelik çerçeve sistem ile tek ve çift katlı konutlar %20 oranda üretilmektedir. 1992 yılında bu şekilde 500 konut üretilmekte iken, 1993 yılında 15.000 konut üretilmiştir. 2000'li yılların başında ise bu rakam 100.000 konuta yükselmiştir. Avustralya ve Kanada'da da hafif çelik yapı sektörü gelişmiştir.

1999 yıl sonu itibariyle, Türkiye'de hafif çelik yapı tercih edilmeye başlamıştır. 1999 depremi sonrasında, mevcut yapı sisteminin yanında hafif çelik sistemler farkındalık yaratmıştır. Hafif bir sistem olması, üretiminin kolay olması ve hızlı monte edilebilmesi özellikleri ile betonarme ile yarışabilecek maliyet koşulları ile pazarda birçok kuruluş tarafından ilgi görmüştür. 1999 depremi sonrası, Türkiye'de ilk iki yıl içerisinde hafif çelik sistemle kurulmuş 100'e yakın konut üretimine başlanmıştır (Mermer, 2008).

4.3. Hafif Çelik Profillerin Yapılarda Kullanımı

Geçmişte hafif çelik profillerin belli kesit tipleri ve üretimleri sınırlıyken, gelişen teknoloji ve hafif çeliğe karşı artan talepler nedeni ile hafif çelik yapılara (Şekil 6) olan talepler gün geçtikçe artmaktadır. Ancak zaman içinde malzeme ve üretim de yaşanan yeni gelişmelerle birlikte bu profillerin kullanım alanları günümüz koşullarında oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir.

Soğuk haddelenmiş çelik profiller genellikle, tek etkili veya çift etkili olarak, çelik kolon, kiriş ve makas gibi taşıyıcı yapı malzemelerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, hafif çelik profillerin konutlarda yaygın olarak kullanılmasına öncülük etmiştir.

Günümüzde, Avrupa ve Türkiye'de bu profillerin özellikle konut türü yapılarda, endüstriyel yapılar ve inşaat sektöründe kullanımının oldukça yaygınlaştığı görülmektedir (Yazıcı, 2018).



Şekil 6. Hafif Çelik Yapı

4.4. Çelik Yapı Sistemleri ve Mimaride Kullanımı

Demir ve çeliğin üretilmesi ile birlikte, bu malzemelerin inşaat yapım teknikleri içinde yer alması mimarideki gelişimin en önemli basamaklarından olmuştur. Seri üretilmeye geçmesi ile birlikte çelik, modern binaların vazgeçilmez strüktürü olarak yerini oluşturmuştur. Günden güne, çeliğin modern mimari üzerindeki etkisi ve katkısı artmış ve çelik özgün yapıların hayata kazandırılması sürecinde sınırları ortadan kaldırmıştır. Bu nedenle çelik, yaratıcı tasarımlar için vazgeçilmez olmuştur. Mimarlar için yeni fırsatlar sunan çelik, modern dönemin sınırları zorlayan nitelikli tasarımlarına farklı bir vizyon kazandırmaktadır.

Bugünkü mimari anlayış çerçevesinde, çelik strüktürler, yapının zenginleştirilmesinde ve farklı bir mimari dilin oluşmasında en önemli elemanlardan biridir. Çelik strüktür sonsuz seçenekler sunar, çelik strüktür; yaratıcı mühendislik yeteneği, kontrollü üretim, doğru planlama ve proje yönetimi ile birleşince, en zorlu projelerin inşa edilmesi kolaylaşmıştır.

Mimaride çeliğin tercih edilmesinin birçok nedeni vardır. Şeffaflık, hafiflik, serbest formların oluşturulabilmesi ve büyük açıklıkları geçebilme, mekanda tasarruf ve esneklik özelliği nedenlerden birkaçıdır. Depreme karşı daha dirençli olması, fabrika ortamında üretildiği için üretim kalitesinin yüksekliği ve kontrol edilebilir olması, taşıyıcı sistem açısından tercih edilme nedenlerindendir. Uygulama ve inşaat açısından tercih edilme nedeni ise; inşaat süresini azaltma, yapı ağırlığının az olması, ana maliyeti düşürmesi, sökülüp takılabilir olması, değişikliğe kolayca uyabilmesi ve mekanik ve elektrik tesisat dağılımında kolaylık ve esneklik sağlamasıdır (Mahmud, 2017).

BÖLÜM 5. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK KAVRAMI

Doğal kaynaklara ve enerjiye olan talebin nüfusun artması, sanayileşme, küreselleşme ve teknolojideki hızlı ilerleme sonucu hızla artmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarındaki azalma nedeni ise toplumun yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelmesini sağlamaktadır. Sürdürülebilirlik kavramı da bu kapsamda, gelecek nesillere sağlıklı, yaşanabilecek bir dünya bırakabilmek adına insanoğlunun yaşamında yerini almıştır (Saka, 2011).

Sürdürülebilirlik çevreci bir dünya görüşüdür. Kavram 1972 yılında, Stockholm'de yapılan İnsan Çevresi Konferansı esnasında kullanılmaya başlanmıştır. Konferans sonunda Stockholm Çevre Bildirgesi yayımlanmıştır. 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından yayımlanan, sürdürülebilirliğin günümüzde de kullanılan tanımı Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) olarak adlandırılan ve Bruntland Raporu olarak bilinen raporda ortaya konulmuştur. Sürdürülebilirlik; Brundtland raporunda, "Bugünün gereksinim ve beklentilerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini karşılama olanaklarını tehlikeye atmaksızın karşılamaktır." şeklinde tanımlanmıştır (Emrealp, 2005).

5.1. Sürdürülebilir Mimarlık

Sürdürülebilir mimarlık kavramı, içinde bulunduğu koşullarda ve varlığın her döneminde, gelecek nesilleri de göz önünde bulundurarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerji, su, malzeme ve bulunduğu alanı faydalı kullanan, sağlık ve konfora önem veren yapılar üretme faaliyetlerinin tümü olarak tanımlanmaktadır (Sev, 2009). Sürdürülebilirliğin amacı tüketen bir toplum olmaktan kurtulup, evrensel bir dayanışma ile, çevre yönetimi, kamusal sorumluluklar ve ekonomik çözümlerdir (Özmehmet, 2005).

Gilman sürdürülebilirliğin tanımını; toplumun, ekosistemin veya devinim içerisindeki herhangi bir düzenin temel kaynakları tükenmeden bilinmeyen bir geleceğe kadar fonksiyonunu sürdürmesi olarak yapmıştır (Gilman, 1992).

McDonough'a göre sürdürülebilirlik kavramı, gelecekte daha iyi koşullarda yaşayabilme kaygısı güdülerek sürekli bir devinim içindeki büyüme ve gelişme ile ifade edilmektedir (McDonough,1992).

Sürdürülebilir kalkınma çevresel, ekonomik ve toplumsal boyutlarla ele alınmalıdır. Ekonomik kalkınma ise yeni pazarlar oluşturarak üretilen ürünlerin enerji ile kaynak etkinliğini sağlayarak ve yine ürünün maliyetinin düşürülmesiyle oluşur. Ekonomik kalkınma ile sağlanan kaynakların nesilden nesle aktarılması kaygısı söz konusu olduğunda devreye toplumsal kalkınma girmektedir. Günümüz standartlarının gelecek nesillere aktarılarak onların yaşam haklarının korunması ve bu konuda insanların eğitilerek yaşam kalitelerinin yükseltilmesi ile sağlanmaktadır. Çevresel kalkınma doğal çevre ve tüm varlıkların beraber yaşadığı ortamdır ve bu ortamdan elde edilen kaynakların belirli sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu kaynakların yenilenme süreleri ise insan ömrüyle kıyaslandığında kaynak türüne göre az, fazla veya eşit olabilmektedir. Yenilenemeyen kaynakların tüketimi konusunda bazı sınırlılıklar getirilmelidir.

Sürdürülebilir çevresel kalkınmanın; kullanılan malzemenin geri dönüşümlü malzeme olması, yenilenebilir kaynakların üretimi ve kullanımının yaygınlaştırılması ile enerji korunumu, enerji depolanması, atık oluşumunun azaltılması, oluşan atıkların yeniden kullanılabilmesi ve insanlar üzerinde daha az olumsuz etki bırakmasına çalışılması gibi hedefleri bulunmaktadır.

İnsanların temel ihtiyaçlarına cevap verecek mekanlar üreterek, ekonomik açıdan para, işgücü ve kaynak ayırarak; çevresel açıdan ise yenilenebilir kaynak kullanımını destekleyip atık üretimi ile ilgili önlemler alması açısından mimarlığın sürdürülebilir kalkınmadaki rolü büyük önem arz etmektedir (Cole, 1996).

Hedeflerin, bu üç başlık altında aynı seviyede tutulmaya çalışılması tasarımcıları zorlayan bir etkendir. Her konuda mükemmeli yakalayan sürdürülebilir bir anlayış ortaya atılması kolay değildir. Bu nedenle, öncelikle sorunların ve amaçların belirlenmesi, daha sonra çevresel, toplumsal ve ekonomik kalkınma konusundaki alternatiflerin öncelikli kriterlere göre değerlendirilip verimli çalışmalar ortaya koymak gerekmektedir (Yılmaz, 2019).

5.2. Sürdürülebilirliğin Kapsamı ve Önemi

Mimarlık alanında sürdürülebilirlik kavramı, ekolojik sorunlarla yakın ilişkili olmayı gerektirir. Sürdürülebilir bir toplumun oluşması adına mimarlık, sosyo-kültürel, çevresel boyutlar ve ekonomi ile bir bütün olarak düşünülmelidir.

5.3. Sürdürülebilir Yapı Kriterleri

Sürdürülebilir yapı kavramı; toplumun sağlığını ve konforunu iyileştirmeyi ve yaşam konforunun yükselmesini ilke edinmiştir. Doğal çevreye karşı duyarlı ve uyumlu yapılar olması sebebiyle sürdürülebilir yapılarda toksik ve atık madde üretimi en az seviyeye düşürülmektedir. Doğal kaynak kullanımında minimum seviyede enerji ihtiyacına gereksinim duyan sürdürülebilir yapıların amacı doğal kaynakları korumaktır. Geri dönüşebilen, ömrü uzun ve yenilenebilir türde malzeme seçimleri malzeme kullanım kriterleri arasında tercih edilmelidir.

1992'de, Avrupa Birliği tarafından kabul gören sürdürülebilir yapı kavramı Maastricht Antlaşması maddelerince tanımlanmıştır. Enerjinin ve enerji kaynakların korunumunu destekleyen, malzemenin tekrar kullanımına olanak tanıyan, iklim ve çevre ile ilgili faktörler bütününe uyum sağlayan, toplumun yaşamının kalite ve standartlarını üst seviyede tutan, ekosisteme makro ve mikro oranda zarar vermeyen yapılar olarak tanımlanmaktadır.

Sürdürülebilirlik kavramı adı altında tasarlanan yapılarda kullanılacak olan malzemeler, ekolojinin bozulmaması ve doğal yaşam döngüsünün devamlılığı için bilinçli olarak seçilmelidir. Tasarımcının temel amacı, ekolojik döngüye ve doğal çevreye karşı fayda getirmektir. Tasarlanan yapının, kullanımından yıkımına kadar geçen sürede çevreye karşı zarar vermemesi önemli bir faktördür.

Agenda 21 (1999) sürdürülebilir yapı; öncelikli olarak, mevcudun korunumu ve iyileştirilmesi, kaynak kullanımlarının azaltılması, sosyoekonomik, kültürel ve politik ortamın iyileştirilmesi ve yaşam standardının ve sağlık derecesinin korunması ve iyileştirilmesi ölçütlerini içermektedir.

Enerji etkin yapı tasarım süreci ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve bu kaynak kullanım süreçlerinde geri dönüşüme uyabilen sürdürülebilir malzeme kullanımları, kaynak kullanımlarının azaltılmasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Ek olarak, atık sulardan ve yağmur sularından faydalanmak da önem taşımaktadır. Doğal çevrenin korunumu ve iyileştirilmesi konusundaki ilk koşul doğal çevre ve kaynaklara uyum sürecidir. Ekolojik sistemin korunması ve gözetilmesi ile birlikte bitki örtüsünün iyileştirilmesi, malzeme seçimlerinde geri dönüşümü kolay nitelikteki malzemelerin kullanımı, enerji kaynakları kullanırken mümkün olduğunca tüketimi azaltmak ve temiz enerji desteği sağlamak gibi ilkeler benimsenmelidir.

Son olarak, yaşam standardı ve insan sağlığı derecesinin korunması ve daha iyi olması için malzeme içeriğinde toksik madde kullanılmaması, uygun nitelikte akustik, havalandırma ve iç iklimsel koşulların sağlanması, ulaşım şartlarının oluşturulması ve kültüreler etkinlikler kapsamında koku, gürültü ve kirlilik denetimi yapılarak, eş zamanda görsel konfor denetiminin uygulanması gibi amaçlar içermektedir. Çevreyi koruma ve ekolojik dengelerden yararlanma felsefesi üzerine kurulmuştur. Doğal çevreye karşı saygılı, enerji tüketimini en az seviyede tutan daha çok fayda sağlayan yapılar tasarlama ilkesini savunmaktadır (Yıldırım,2021).

5.4. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Sürdürülebilir Yapı Prensipleri

Sürdürülebilirlik kavramı; doğal kaynakların kullanımına devam edilirken, bu kaynakları gelecek nesillere aktarıp bu kaynakların onlar tarafından da kullanabilmesini güvence altına almak için koruması şeklinde tanımlamaktadır. Sadece yapay ve doğal çevrenin korunumu değil, aynı zamanda canlı varlıkların ve kaynakların sürekliliğini de sağlamak amaçlanmaktadır.

Yapı sektörü; doğal çevre üzerinde oldukça etkili, en büyük toplumsal ve ekonomik sektörlerden biridir. Dünyada, enerjinin %50'si, suyun %42' si yapı inşasında ve kullanım aşamasında tüketilmektedir. Küresel ısınma nedeni olan sera gazlarının %50'si, içme sularındaki kirlenmenin %40'ının ve hava kirliliğinin %24'ünün ise yapılarla ilişkisi olduğundan mimarlığın ve yapı üretim sürecinin küresel ısınma ve enerji tüketimine olan etkisinin büyüklüğü net bir şekilde görülmektedir.

Yapılarda sürdürülebilirlik; yenilenebilir kaynakların kullanımı, enerji etkin teknolojiler, doğaya saygılı malzemelerin kullanımı, geri dönüşüm ve yeniden kullanım faaliyetleri ile tasarım ve yapının her evresinde tüm bu hususları kapsayarak ekolojiyi düşünmeyi esas almaktır. Sürdürülebilir bir yapı; sosyal, kültürel ve çevresel sürdürülebilirlik boyutlarıyla tanımlanmaktadır.

Yapı malzemelerinin, yaşam süreçleri boyunca en az düzeyde enerji harcayan, çevreci ve insan sağlığına zarar vermeyen malzemeler olması hedeflenmektedir. Çevreye duyarlı, enerji tüketimini minimum seviyede tutan, doğal kaynakların kullanımını azaltıp yenilenebilir ve yerel kaynaklar kullanan, kullanıcılar için sağlıklı iç mekanlar yaratan güneş ve rüzgar enerjisi, doğal aydınlatma ve havalandırmayı kullanan, tekrar kullanılabilen ve geri dönüşebilen, en az seviyede bakım onarım gerektiren yapı malzemeleri içeren tasarımlar olması hedeflenmektedir. Bir yapının hizmet ömrünü arttırmak ya da yapı malzemesinin ömrünü uzatmak, doğal kaynakları koruyarak enerji kullanımını ve salınımlarını azaltarak, sürdürülebilirlik desteklenmektedir (Bekem,vd, 2015).

Binalar kullanım süresince ve var oldukları sürede yapısal çevresel etkilerini en az seviyeye indirerek yeryüzünde ölçülü davranmalıdırlar (Sev, 2009).

Ortak hedef, doğaya uyumlu, çevreyi kirletmeyen temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan yapı tasarımlarının hayata geçirilmesi ile çevre sorunlarına yol açan etkenlerin azaltılmasıdır. Yapılarda alternatif enerji kaynaklarının kullanımının mimari açıdan değerlendirilmesi gerekli ve önemlidir.

Sürdürülebilir yapı temelini, yapı yaşam döngüsü, biyolojik yapı tasarımı ve enerji ve doğal kaynakların korunumu unsurları oluşturmaktadır (Osmançelebioğlu,2015).

BÖLÜM 6. PASİF EV

Pasif Ev Enstitüsü (PHI, Passivhaus-Institut) Pasif Ev Standartları'nı teşvik ve kontrol etmek amacı ile 1996 yılında Darmstadt şehrinde kurulmuştur. Darmstadt Pasif Ev Enstitüsü'nün standart inşaat malzemeleri ve teknolojileri kullanarak belirlediği hedeflere göre; ısınma yükü 15 kW/m^2'nin, toplam birincil enerji tüketimi (ısınma, sıcak su ve evsel elektrik) 120 kW/m^2'nin altında tutulmalıdır (Şengezer, 2011). Pasif ev kavramına dayalı bir bina; ekolojik ayak izini azaltan, enerji verimliliği için gönüllü bir standart olmakla birlikte, alan soğutma veya ısıtma için düşük enerji gerektiren ultra düşük enerjili binalardır. Pasif tasarım; mimari tasarıma bir eklenti veya tamamlayıcı değil, mimari tasarımla bütünleşen bir tasarım sürecidir.

Dünya genelinde, pasif ev standardına göre inşa edilen ev sayısı 50.000'in üstündedir. 2017 yılında, Türkiye'de üçü sertifikalı, uygulaması tamamlanan yaklaşık 10 proje mevcuttur. Pasif evin temel fikri iç kaynakların ve güneş enerjisi kazanımlarının ısı kaybını karşıladığı ve ayrı bir ısıtma sisteminin artık gereksiz olduğu bir noktaya kadar ısı kayıplarını azaltmaktır. Bina kabuğunun çok iyi derecede bir ısı yalıtımı kaplanmasını gerektirmektedir. Bina dış duvarının U değerleri genellikle 0,10-0,15 W/(m^2K) aralığındadır. Pasif evlerde, evin elektrik ihtiyacı, konutun toplam enerji talebinin en büyük öğesi olması nedeniyle evin yüksek verimli elektrik cihazlarına sahip olması çözüm önerisi olarak sunulabilir (Ulukaya, 2012).

Pasif ev standardına göre, pasif evin enerji verimliliğinin ekonomik, yüksek, konforlu ve aynı zamanda çevreye duyarlı olması gerekmektedir. Yüksek ısı korunumu, hava sızdırmazlık ve dışarıya verilen kirli havadan yüksek verimli bir ısı geri kazanımı tasarımındaki başlıca dikkat edilmesi gereken maddelerdendir. Konfor koşullarının sağlanması, iç ısı kazancı ve güneşten elde edilen kazancın birlikte kullanımıyla geleneksel ısıtma sistemine ihtiyaç duyulmadan minimum seviyede enerji tüketimi ile sağlanmaktadır. Pasif ev sisteminde, temiz olan havanın önceden ısıtılması veya soğutulması önemli ve gereklidir. Pasif evler temel bir kavramdır ve tüm iklimler için geçerlidir.

Özel pencereler, yüksek yalıtımlı dış duvarlar ve çatı ve zeminden oluşan bina kabuğu istenilen iç sıcaklığa ulaşmak için kullanılmaktadır.

Isı ve enerji kayıplarını minimum seviyede tutmak için gölgeleme yapılmaktadır. İç ortamda dengeli ve sürekli temiz hava sağlanmakta, verimli ısı geri kazanım ünitesi ile dışarıya çıkan kirli havada bulunan ısının tekrar kullanılması sağlanmaktadır. Pasif ev standardı ile bina sakinlerinin yaşam konforu artmaktadır. Yeni binaların enerji talebini minimum seviyede tutmak için kullanıcıya maliyet-etkin bir yol sunmaktadır. Böylece, enerji ihtiyacını karşılayabilmek için yenilenebilir kaynakların kullanımının temeli oluşmaktadır. Pasif ev standardı çelik, ahşap, yığma, tuğla, betonarme, prefabrike sistemle yapılmış ticari, endüstriyel, konut ve kamu yapıları olmak üzere her türlü yapı için uygulanabilmektedir (Demirel, 2013).

Pasif ev standartlarındaki bir yapının tasarımında pencereler güney cepheye doğru yönlendirilmelidir. Kuzey cepeye bakan pencereler enerji tüketimini artıracağından kuzey cephede mümkünde pencere açmamalı ya da tasarım sırasında çok sayıda pencere gerektiren mekanlar kuzey cephede yer almamalıdır. Pasif ev tasarımı için kullanılan özel pencereler iklimden iklime değişir, ancak düşük camlı, argon gazı ve yalıtımlı çerçevelerle üç katmanlı camlar yaygın olarak kullanılmaktadır (Şengezer, 2011). Pasif evler, geleneksel evlere göre %90'lık bir enerji tasarrufu sağlar. Enerjinin hayati önem taşıdığı günümüz şartlarında enerji bağımsız yaşam alanları kurtarıcı niteliğindedir.

6.1. Pasif Evin Avantajları

Pasif evin avantajlarını açıklarsak;

- Pasif evlerde CO_2 salınımlarını azaltarak, %90 tasarruf yapılmaktadır. Isı yalıtımı ve enerji verimliliği sayesinde, doğal çevre ve ekonomi açısından elde edilen sonuçlar çok iyi seviye ulaşmaktadır.
- Pasif ev standartlarına göre yapılan ısı yalıtımı, yapı kabuğunun iç kısmındaki sıcaklık dağılımını dengeli olarak sağlamaktadır. Bunun sonucunda konfor sağlanmaktadır.
- Isı yalıtımının iyi yapılması, ısı köprülerinin azaltılması, hava sızdırmazlık ve güçlendirilmiş havalandırma yapısal hasarları önlemekte son derece fayda sağlamaktadır.
- Havalandırma sistemi, dışarıdaki havayı alıp, içeriye temiz ve filtrelenmiş hava temin ederek, sürekli temiz hava elde edilmesini böylece içeride sağlıklı bir ortam yaratılmasına olanak sağlamaktadır (Şengezer, 2011).

6.2. Pasif Ev İlkeleri

Bir pasif ev için değerlendirilen ilkeler ise;

- Pasif Ev için hedef 15 kWh/(m²a) değerine ulaşmaktır.
- Temel izolasyon
- Yapı kabuğu
- Hava sızdırmazlığı
- Seçilen pencerelerin yalıtımlı olması
- Hava sisteminin mekanik ısı geri kazandırmalı olması
- Isı kazançları
- Güney cephelerinde gölgelendirme (URL2)

6.3. Pasif Ev Maliyetini Etkileyen Faktörler

Pasif ev enerji tasarrufu demektir. İyi tasarım, uzman bir ekip ve kullanıma hazır bileşenlerle, pasif ev, ekonomik açıdan dikkat çeken bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Maliyet etkin bir pasif ev inşaatı için tasarım aşamasında pasif evler konusunda uzman bir ekiple çalışmak önemli ve gereklidir. Pasif evin maliyeti projeye göre değişkenlik gösterdiği için maliyetle ilgili net bir rakam söylemek mümkün değildir. Maliyetler, daha kaliteli ürünler ve tasarım aşamasında, daha ayrıntılı planlama gerekliliği nedeniyle genel olarak biraz yüksek kalmaktadır bu durum her zaman için geçerli olmamaktadır.

Pasif ev yalıtım seviyeleri her zaman yönetmeliklerinin gerektirdiğinden daha yüksektir. Verimli pencerelerin kullanılması ile ihtiyaç duyulan yalıtım seviyesi daha düşük olmaktadır. Hava sızdırmaz bina kabuğu tasarımı, iyi yapılırsa ek maliyet getirmez. Aksine, hava geçirmez bir kabuk potansiyel onarım maliyetlerini önlemeye yardımcı olmaktadır. Tasarım aşamasında tecrübeli mimarlar ile küçük ve orta ölçekli pasif evler, ısı köprüsüz olacak şekilde tasarlanmalıdır. Böylece, bu tasarım neredeyse hiçbir ek maliyet gerektirmez.

Genel olarak, ısı köprüsünün azaltılması için maliyet-fayda oranı yeterlidir. Planlamanın iyi yapılması ile birlikte, pasif ev standardına ulaşmak için gereken diğer ekstra yatırımların çoğunu telafi etmektedir.

Yapılan araştırmalar ve uygulanan projelerin analizi sonucu Türkiye için m² başına düşen yapı maliyetinin artışı %20 ile %40 aralığındadır (URL3).

6.4. Pasif Çelik Ev Tasarımı

Pasif ev tasarım aşamasında bina için tasarlanan formun güneşten maksimum seviyede faydalanmasını sağlamak temel kuraldır. Temel amaç yapı standardını koruyarak, enerji girdilerini en düşük seviyeye çekmektir. Bu amaca ulaşmada, yapı için seçilen tüm malzeme ve bileşenlerin üretimi, işletimi, kullanımı, bakımı, iklimlendirme sistemleri önemli faktörlerdendir. Pasif evlerde merkezi havalandırma tesisatı yapılmalıdır. Pencere açılarak havalandırma yapılamaz. Geri ısı kazanımlı, ısı tesisatı kurulur.

Doğal çevre, nemliliği, güneş ışınımı, dış hava sıcaklığı, hava sıcaklığı, nemi, rüzgar önemli parametrelerdir. Rüzgar, ekolojik tasarım için önemli bir etkendir. Arazinin yönü, eğimi, konumu, bina yüksekliği, cephe eğimi, çatı türü (beşik, teras, kırma çatı), yapı ile ilgili parametrelerdendir. Pasif evlerde çok iyi bir yalıtım, hava sızdırmazlığının sağlanması, ısı köprülerinin yok edilmesi kompakt bir bina kabuğu sağlanması gerekmektedir (Ulukaya, 2012).

6.4.1. Plan

Pasif evler için, proje tasarım aşamasında, kompakt bir gövde (yapı kabuğu) tasarlanması enerji verimliliği açısından en önemli faktördür. Projede, sağlıklı ve ekolojik, kompakt bir yapı kabuğu tasarlanmıştır. Basit, temiz formlar ve malzemelerle tasarlanmış, enerji tasarruflu, bakım maliyeti oldukça düşük konut, hafif çelik yapı teknolojisi ile inşa edilmiştir.

İç–dış duvar, ara kat şasede ses ve ısı yalıtımı sağlayan A1, yanmaz özellikte taş yünü kullanılmıştır. Kuzeyde küçük, güneyde büyük pencereler kullanılmıştır. Güneşten daha fazla yararlanmak önemli olduğu için, projede kış bahçesi de mevcuttur.

Kış aylarında güneş ışığından ısı enerjisi alır ve depolar. Evde, ısı geri kazanımlı mekanik havalandırma vardır. Tasarlanan pasif çelik ev yaklaşık 150 m^2 alana sahiptir. Zemin kat 87 m^2'dir. 1. kat 55 m^2'dir, ek olarak toplamda 21 m^2 iki adet balkon ve 22 m^2 kış bahçesine sahiptir.

6.4.1.1. Zemin Kat Planı

87 m^2 olan zemin kat planı (Şekil 7) salon, mutfak ve banyodan oluşmaktadır. Güney cephede yüksek, büyük pencereler bulunmakta, böylece pasif evin gün ışığından fazlası ile yararlanması sağlanmaktadır. Pasif evin girişi kuzey cephededir.

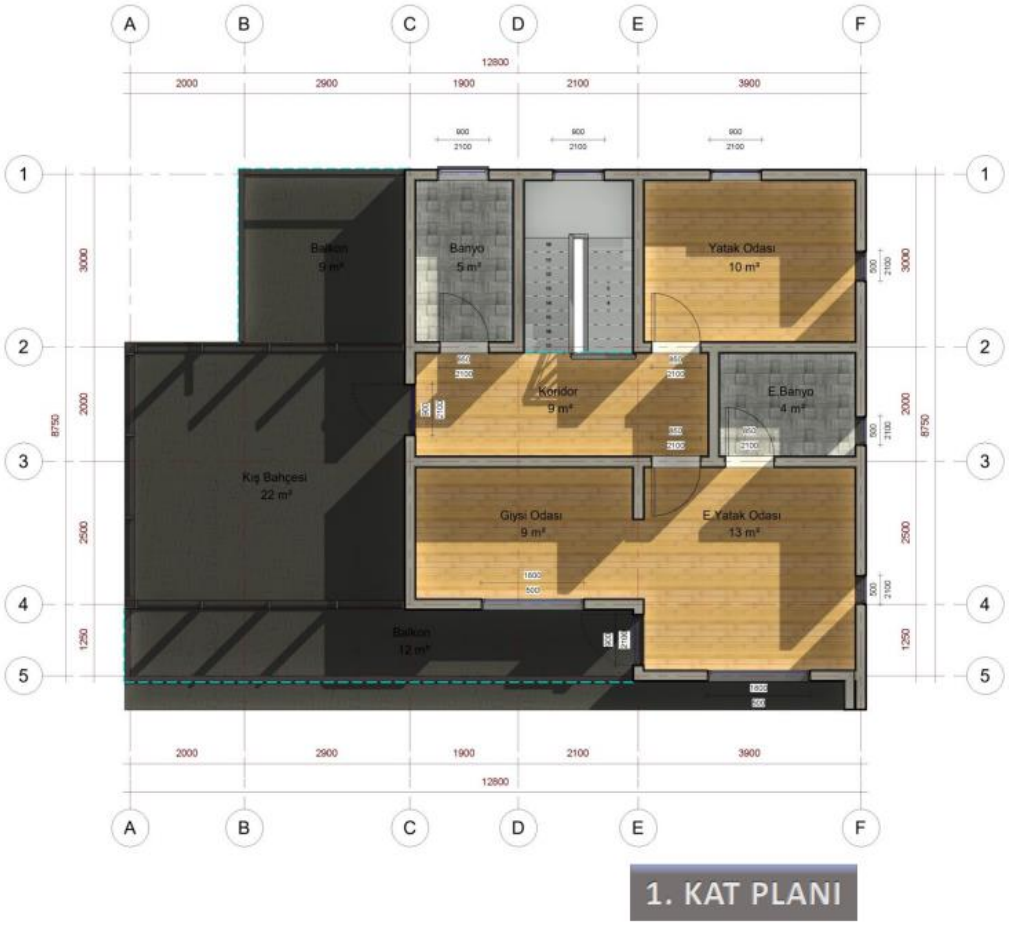


Şekil 7. Zemin Kat Planı

6.4.1.2. 1. Kat Planı

55 m^2 olan 1.kat planı (Şekil 8) yatak odası, banyo, ebeveyn banyosu ile birlikte ebeveyn yatak odası ve giysi odasından oluşmaktadır. Güney cephede 12 m^2, kuzey cephede 9 m^2 olmak üzere toplam 21 m^2 lik balkon alanına sahiptir.

Pasif evlerde kış bahçesi tasarımı yapılmakta ve kullanılmaktadır. Teras alanının bir bölümünde, ışık alan (cam bölme) bir kış bahçesi yer almaktadır. Kış bahçesi 22 m^2 bir alana sahiptir.



Şekil 8. 1. Kat Planı

6.4.2. Cephe

Pasif çelik ev cephesi A1 sınıfı yanmayan, iklim koşullarından etkilenmeyen, çevre dostu fibercement levha ile kaplanmıştır.

Güney cephede zemin katta yüksek pencerelere yer verilmiştir. Kış bahçesinin olduğu 1.kat cephe ışık alan cam bölme ile tasarlanmıştır. Cephe kaplama düz ve desenli fibercement levhadır.

6.4.2.1. Güney Cephe

Güney cephede (Şekil 9) maksimum enerji almak için yüksek pencerelerin kullanılması avantaj sağlamaktadır. 1. katta bulunan kış bahçesi cam bölme olarak tasarlandığı için pasif ev gün ışığından fazlası ile yararlanmaktadır.



Şekil 9. Güney Cephe

6.4.2.2. Kuzey Cephe

Kuzey cephede (Şekil 10) pasif çelik evin girişi bulunmaktadır. 1. katta, 3 adet pencere mevcuttur. Pencereler, ısı kayıplarını önlemek için güney cephede bulunan pencerelerden daha küçüktür.



Şekil 10. Kuzey Cephe

6.4.3. Modelleme

Pasif çelik ev modellemesi, mimari bir program olan Revit programı ile yapılmıştır. Plan oluştuktan sonra, tasarlanan pasif ev için kullanılan malzemelerin seçimi ile model oluşturulmuştur. Bu çalışmada iki modele yer verilmiştir. Model 1'de, güney ve doğu cephe ön plana çıkarken, Model 2'de kuzey cephe ve kış bahçesinin ön plana çıkması esas alınmıştır. Model 1 ve Model 2 aşağıda anlatılmıştır. Modelleme yapılırken çatı alanında yer alan PV paneller görsel olarak belirtilmiştir.

6.4.3.1. Model 1

Model 1'de (Şekil 11) görülen pasif çelik ev tasarımında cephe kaplaması olarak A1 sınıfı yanmayan, çevre dostu fibercement düz ve desenli levha kullanılmıştır. Zemin altı döşemede, basınca karşı dayanımı fazla olan, bina kabuğunu yoğuşmadan, korozyondan koruyan ekstrüde polistiren köpük (XPS) tercih edilmiştir. Taş yünü uygulaması yalıtım için tercih edilmiştir. Taş yünü ısı yalıtımı için tercih edilen en iyi malzemedir. Enerji tasarrufu sağlamaktadır. Açık gözenekli yapıda olduğu için ses yutucudur. Ses yalıtımı sağlamasının yanında, A1 sınıfı yanmaz malzeme olarak yangın yalıtımı da sağlamaktadır.

Teras çatı alanında fotovoltaik panel uygulaması görülmektedir. Bölüm 7'de gerçekleştirilen hesaplamalara göre PV panellerin, pasif evin ihtiyacı olan enerjiyi karşılaması için yeterli olduğu görülmektedir.



Şekil 11. Model 1

6.4.3.2. Model 2

Model 2'de (Şekil 12) cephe kaplama malzemesi olan fibercement levhaların cephe uygulaması görülmektedir. Zemin katta desenli fibercement levhalar kullanılırken, 1.kat zemin ve yan cephe kaplaması düz fibercement levhadır. Teras alanında 2 adet balkon mevcuttur. Teras alanının bir bölümünde kış bahçesi tasarlanmıştır.



Şekil 12. Model 2

6.4.4. Pasif Çelik Ev Maliyeti

Tasarlanan çelik evde ortalama 10 ton çelik kullanılmıştır. Isı kayıplarının minimum seviyede olması için pencereler ve dış kapılarda ısı yalıtımlı alüminyum doğrama kullanılmıştır. İç duvar, ara kat şase ve çatıda ısı ve ses yalıtımı için yalıtım malzemesi olarak taş yünü tercih edilmiştir. Dış duvarlar için A1 sınıfı yanmaz, iklim koşullarından etkilenmez çevre dostu fibercement kaplama malzemesi kullanılmıştır. Maliyeti oluşturan kalemler montaj dahil olarak çelik ev maliyet tablosunda (Tablo 2) belirtilmiştir.

Tablo 2. Çelik Ev Maliyet Tablosu

ÇELİK EV MALİYETİ	
ÇELİK	37400 $
İÇ KAPILAR	945 $
DIŞ KAPILAR (ISI YALITIMLI ALÜMİNYUM DOĞRAMA)	6580 $
PENCERELER (ISI YALITIMLI ALÜMİNYUM DOĞRAMA)	13260 $
ARA KAT ŞASE (TAŞYÜNÜ ARA BÖLME LEVHASI)	2500 $
DIŞ DUVAR KAPLAMALARI (FIBERCEMENT KAPLAMA)	9200 $
İÇ DUVAR KAPLAMALARI (TAŞ YÜNÜ YALITIM)	5360 $
TAVAN KAPLAMALARI	1510 $
ÇATI KAPLAMALARI (TAŞ YÜNÜ YALITIM)	2600 $
DERE-OLUK-YAĞMUR İNİŞ BORULARI	775 $
SÖVE (PENCERE-KAPI-KÖŞE)	100 $
DIŞ CEPHE BOYASI	1770 $
İÇ CEPHE BOYASI	1450 $
KORKULUK	4300 $
MERDİVEN/KAPLAMASI	235 $
ELEKTRİK - TESİSAT	1670 $
MEKANİK - TESİSAT	800 $
ELEKTRİK - ARMATÜR	515 $
MEKANİK - VİTRİFİYE	880 $
GENEL TOPLAM	**91850 $**

Tabloda görüldüğü üzere, çelik ev maliyeti 91.850 $'dır.

BÖLÜM 7. PASİF ÇELİK EV SİSTEMİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANIMI

Bu bölümde, yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Güneş enerjisi kısmında; fotovoltaik güç sistemleri kapsamında monokristal ve polikristal panellerin enerji hesaplamaları ve pasif çelik ev sistemi içerisinde panel yerleşimleri ve maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir. Rüzgar enerjisi kısmında ise; rüzgar türbininin enerji hesabı ve maliyeti incelenmiştir.

7.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinin önemi, insanlık tarihinin başlangıcından bugüne kadar fark edilmiş ve insanlar güneş enerjisinden faydalanma yolunu seçmiştir. Güneş enerjisi, dünyamızı ısıtan başlıca yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi aynı zamanda fosil ve hidrolik enerjinin asıl kaynağıdır ayrıca hidrojen helyuma dönüşürken ortaya çıkan enerjinin ışınım biçiminde uzaya yayılmasıdır. Milyonlarca yıl daha ışımasını sürdürecek olan güneş, dünya için sonsuz, tükenmez bir enerji kaynağıdır. Dünyadaki tüm enerji kaynaklarının temelini oluşturan güneş, yaydığı ışınlar sayesinde dünyaya 170 milyar MW güçte enerji gelmektedir. Bu değer, dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin 15.000-16.000 katıdır. Bugün, dünyaya ulaşan güneş enerjisinin değerlendirilmesinde; ısıya dönüştürme ve elektrik enerjisine çevirme olarak karşımıza iki yol çıkmaktadır.

Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmede yoğunlaştırıcılar; doğrudan elektriğe dönüştürmede de güneş hücreleri-güneş pilleri (Şekil 13) de kullanılmaktadır.



Şekil 13. Güneş Panel Sistemini Oluşturan Temel Donanımlar (Çiftçi, vd., 2014)

Bugünün ekonomik ve teknolojik şartlarında güneş enerjisinden özellikle ısı kullanımı önemli bir yol katetmiştir. Dünyanın küresel anlamda kullanmadığı, fakat gelecekte en çok önem kazanacak enerji kaynağı olan güneş enerjisinden elektrik üretimi, doğrudan ve dolaylı dönüşüm olarak iki farklı metod ile gerçekleştirilmektedir. Bu enerji ile birlikte değişik teknolojiler ile elektrik enerjisi üretimi de gerçekleştirilmektedir. Güneş enerjisi, Fotovoltaik hücreler (PV hücreler-güneş hücreleri) tarafından doğrudan elektrik enerjisine çevirilmektedir.

Isı enerjisine dönüştürme şekli ile güneşten teknik olarak yararlanılmaktadır. Bu yönüyle güneş-ısı dönüştürümleri güneş enerjisinin teknik kullanımının en eski metodudur ve günümüzde de önemini korumaktadır. Günümüzde, güneş enerjisinin kullanılmasının yaygınlaşması fosil yakıtların sınırlı kullanımına ve zaman içinde azaltılmasına neden olmaktadır. Güneş enerjisinin, elektriğe dönüştürülerek kullanılması ve güneş kaynaklı elektrik santrallerinin geliştirilmesi, çok büyük bir alana yayılmış iç bükey yüzeylerle bir noktaya odaklanmış güneş ışığından elde edilen çok büyük ısıyı kullanan termik düzeneklerin ısıttığı akışkan buhar ile dönen jeneratörlerle ya da güneş pillerinin kullanılması yoluyla güneş ışığından doğrudan doğruya fotovoltaik hücrelerden elektrik elde edilir. Hidrojen geleceğin yakıtıdır ve elektrik üretilmesinde kullanılmaktadır.

Güneş enerjisinin kullanıldığı elektrik santralleri; güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren güneş hücreleri (solar cells) bugün giderek yaygınlık kazanmaktadır (Gedik, 2015). Fotovoltaik güç sistemleri diğer elektrik enerjisi üretim sistemleri ile karşılaştırıldığında günümüzde çok pahalı olarak görünmektedir, yakın gelecek için güç üretimine önemli fayda sağlayacak sistemler olarak değerlendirilmekte ve bu konu üzerinde tüm dünyada araştırma ve çalışmalar devam etmektedir (Çelik, 2012). Güneş enerjisinin birçok avantajlı yönü olsa da dezavantajları da bulunmaktadır. Kullanımı sıvı ve gaz yakıtlara göre daha zordur. Güneş enerjisi yayınıktır bu neden güneş enerjisinden yararlanmanın önündeki engellerden biridir, bu nedenle enerjinin toplanması için geniş yüzeyler gerekmektedir. Ayrıca bulutlu günlerde ve gece güneş enerjisinden enerji üretilemediğinden dolayı kesintili bir enerji kaynağı olmaktadır. Bu nedenden dolayı elde edilen güneş enerjisinin depo edilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Akümülatörler, bu sorunu çözmeye çalışmaktadır. Fakat akümülatör maliyetleri oldukça yüksektir ve bu durum maliyetli olduğu için bu konuda gereken yol alınamamaktadır (Adıyaman, 2012).

Güneş pilleri; dayanıklı, uzun ömürlü, neredeyse çevreyi kirletmeyen yarı iletken aygıtlardır. Çalışırken, elektriksel sorun çıkarmazlar ve bakım maliyetleri düşüktür. Birbirlerine seri ve paralel bağlanabilen güneş pilleri, modüler yapıdadır. Çok küçük güç gereksinimlerini karşılayabildikleri gibi, bir güç santralı gibi de çalışabilirler.

Güneş pili sistemlerinin en büyük dezavantajları; düşük verimli olmaları ve ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. 20 yıl içerisinde maliyetinin şebeke elektriği ile yarışabilecek düzeye geleceği varsayılmaktadır. Güneş enerjisi; tükenmez, temiz enerji türüdür, ekonomik koşullardan etkilenmez, karmaşık teknoloji gerektirmez, işletme masrafları çok azdır, duman, kükürt, gaz veya radyasyon gibi zararlı atıkları yoktur bu nedenlerle diğer enerji türlerine göre avantaj oluşturmaktadır.

Güneş enerjisinin dezavantajları ise; brim yüzeye gelen güneş ışınlarının sürekliliğinin olmamasından depolamaya ihtiyaç duyar, kış aylarında enerji ihtiyacı fazladır fakat güneş ışınları az ve geceleri yoktur. Güneş enerjisinden faydalanan yapıların ilk yatırım maliyetleri fazla olmaktadır (Mutlu, 2013).

Güneş enerjisi; endüstriyel alanlar, fabrika vb. gibi ortamlarda güneş enerjisi sistemleri işletmeler tarafından kullanılmaktadır.

Çatı üzerine kurulan GES projeleri, tarım, depolama alanlarında, hayvancılık, AVM, hastaneler, oteller, akaryakıt istasyonları gibi alanlarda yaygın kullanım alanına sahiptir.

Evlerin elektrik ihtiyacını karşılamak için çatı tipi güneş enerjisi santralleri kullanılmaktadır, elektrik enerjisinin bulunmadığı yerleşim alanları için tercih edilmektedir. Tarımsal sulama ihtiyaçlarında da kullanılmaktadırlar. Maliyet olarak ekonomiktir bu sebeble güneş enerjisi, sıcak su üretiminde tercih edilen bir enerji türüdür. PV paneller kullanımı ile elektrik üreterek, seralarda meyve ve sebzeleri ısıtma konusunda kullanılmaktadır. Bu nedenden dolayı, kırsal kesimler ve tarım alanları güneş enerjisi kullanım bölgeleri olarak tercih edilmektedir.

7.1.1. Güneş Enerji Sisteminin Avantajları

Güneş tükenmeyen enerji kaynaklarındandır. Yakıta ihtiyaç duymaması, doğal ve temiz bir enerji kaynağı olması nedeni ile çevreye zarar vermemektedir. Kullanım alanları geniştir. Diğer enerji tesislerine göre, güneş enerji santrallerinin bakımları daha kolay ve düşük maliyetlidir. Her yere kurulum gerçekleştirilebilir. Sistemin kurulması, hızlı ve basit olmakla birlikte ihtiyaca göre sistemin kapasitesi ayarlanabilmektedir. Sistem modüllerinden biri arızalansa bile diğerleri enerji üretmeye devam edebilmektedir. Asgari 20 yıl olması nedeniyle uzun ömürlüdür (Kocakuşak, 2018).

7.1.2. Fotovoltaik Güç Sistemleri

Güneş enerjisini elektrik akımına fotovoltaik teknolojisi çevirmektedir. Tasarım ve kullanım amaçlarına göre fotovoltaik sistemler farklı bileşenler içermektedir. Tüm fotovoltaik sistemlerde; fotovoltaik paneller, inverter (eviriciler), bağlantı kabloları bulunmaktadır. Üretilen elektriği depolamak ve sistem güvenliğini sağlamak için farklı elemanlar kullanılmaktadır. Fotovoltaik sistemler, şebeke bağlantılı-bağlantısız, enerji depolamalı-depolamasız gibi farklı sistem yapısı ile kurulmaktadır. Bu nedenle sistemlerdeki bileşenler fotovoltaik paneller, inverterler, akü grupları, kablolar, şarj üniteleri, jeneratörler gibi çeşitlilik göstermektedir.

Fotovoltaik sistem ile üretilen elektriğin yanında şebeke elektriğinin kullanılmasına şebeke bağlantılı sistemler olanak tanımaktadır. Şebekeden bağımsız sistemeler, genellikle elektrik şebekesinin bulunmadığı bölgelerde tercih edilmektedir. Tasarım mantığı, üretilen elektriğin akülerde depolanması ve ihtiyaç duyulduğunda üretilen bu elektriğin kullanılmasıdır (Keskin,2012).

Fotovoltaik hücreler (Şekil 14), yarı iletken özelliğe sahiptir ve güneş ışınımlarını doğrudan elektrik enerjisine çevirmektedirler. Silikon gibi bazı malzemelerin güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çevirme özelliği vardır, bu olay fotovoltaik (PV) etki olarak adlandırılır. Becquerel, 1839 yılında elektrolit içerisine batırılmış olan elektrotlar arasındaki gerilimin elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğunu gözlemlemiş ve bu sayede Fotovoltaik olayı bulunmuştur. Sonrasında, bu mantık üzerinde geliştirmeler yapılmış ve günümüzdeki halini almıştır. Yakın geçmişe kadar pahalı bulunan fotovoltaik güç sistemleri, yakın gelecek için güç üretimine katkı sağlayabilecek sistemler olarak düşünülmektedir (Adıgüzel, 2018).

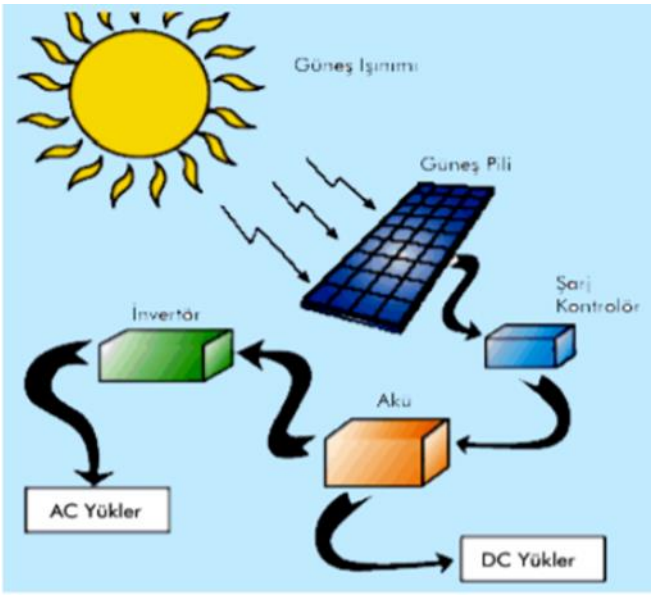
Fotovoltaik güneş hücreleri, üzerine güneş ışığı geldiğinde, güneş enerjisini direkt olarak DC elektrik enerjisine çevirmektedir. Yarı iletken maddelerden oluşmaktadır. Yüzeyleri kare, dikdörtgen ya da daire biçiminde şekillendirilen kristalin güneş hücrelerinin alanı 100/156/243 cm^2 civarındadır. Kalınlıkları 0,2-0,4 mm arasındadır (Solanki, 2015).

Fotovoltaik ilkeye bağlı bir şekilde çalışan güneş pilleri, üzerlerine ışık düştüğünde, uçlarında elektrik gerilimi oluşmaktadır. Fotonları güneş pilleri soğurarak, fotonların enerjisini elektronlara dönüştürür ve bu elektronlar hücrelerin ön ve arka bölümlerinde toplanır. Burada gerilim yaratılır ve bu gerilim bir elektrik akımına neden olmaktadır. Modüllere ve panellere monte edilmiş hücreler, ihtiyacı kadar yüksek gerilim elde edilmesi için kendi aralarında da seriler halinde birbirine bağlı durumdadır.

Güneş pilinin yapısına göre değişkenlik göstererek %5 ile %20 arasındaki bir verimle elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

Güç çıkışını yükseltmek amacıyla çok miktarda güneş pili birbirine paralel veya seri biçimlerde bağlanır ve bir yüzey üzerine kurulumu yapılır.

Bu yapı fotovoltaik modül olarak adlandırılır. Güç isteğine bağlı şekilde modüller birbirlerine seri veya paralel biçimde bağlanır ve böylece birkaç Watt'tan Megawatt'lara varan sistem oluşumu sağlanmaktadır (Öztürk, 2020).



Şekil 14. Fotovoltaik Panel (Özek, 2009)

7.1.2.1. Monokristal ve Polikristal Güneş Panelleri

1950'li yıllardan günümüze, polikristal ya da monokristal silisyum güneş pilleri, verimlilikleri ve kararlılıkları ile dikkat çekmektedir. Son yıllarda geliştirilen teknolojiler ile fotovoltaik dönüşüm verimlilikleri ise arttırılmaktadır. Monokristal güneş panelleri, pazarın oldukça büyük bir kısmını oluşturan ilk ticari güneş pilleridir. Kristal çekme yöntemi ile büyütülen tek kristal yapılı silisyum kullanılır. Verimi oldukça yüksektir. Üretim maliyetinin yüksek olması sebebiyle diğer pillere yönelim artmıştır. Laboratuar şartlarında monokristal silisyum güneş pillerinde %24 verim sağlanmaktadır. Ticari modüllerde ise %15 ile %18 arasında değişmektedir. Verimlerinin yüksek olması nedeni ile uzun vadeli yatırımlar için idealdir. Maliyetini geri ödeme süresi 4-6 yıldır. 20 yıllık bir sürede %7 verim kaybı açığa çıkmaktadır. Yaklaşık olarak 0,5 mm kalınlığında üretilen pillerin dezavantajı üretiminde malzeme kaybının yaşanmasıdır. Koyu mavi renkte olup ağırlığı yaklaşık olarak 10 gramdan azdır. Monokristal silisyum güneş pili üst yüzeyinde bakırdan üretilen, ön kontaklar bulundurur.

Ön kontaklar pilin ürettiği akımı toplamaktadır. Işığın maksimum seviyede yakalanması için pilin ön yüzeyi konik, piramid şekillerde bulunur. Kontakların altında yansıtıcı özelliği olmayan, ışığı büyük oranda soğuran yaklaşık 150 mm kalınlığında bir kaplama tabakası vardır. Kaplama tabakasının olmaması nedeniyle, silisyum, üzerine düşen ışınım miktarının çoğunu geri yansıtacak bu nedenle, pil verimi olumsuz etkilenecektir (Eruz, 2015).

Polikristal güneş panellerinin, üretim süreçleri monokristal güneş panellerine göre daha az maliyetlidir. Laboratuar şartlarında, Polikristal silisyum güneş pillerinden %18, ticari modüllerde ise %14 civarında verim alınmaktadır. İlk yatırım maliyetini geri ödeme süresi 2 ile 4,5 yıl arasında değişmektedir (Boz, 2011). Mono kristal pillerle, elektriksel, optik ve yapısal özellikleri aynıdır. Damarların büyüklükleri kristallerin kalitesi ile doğru orantılıdır ve damarlar arasında süreksizlik, özellikle elektriksel yük taşıyıcıların aktarılmasında önemli ölçüde engelleyici rol oynamaktadır. Çok kristalli malzemenin elektriksel özelliklerinin, küçülen damar büyüklüğü ile orantılı bozulması; elde edilebilecek verimliliğin mono kristalle karşılaştırıldığında küçük olmasına neden olur fakat çok kristalli silisyum üretim teknolojileri daha kolaydır. Güneş pillerinin üst yüzeyindeki akım toplayıcı kanallar, tek kristal silisyum güneş pillerinde olduğu gibi ızgara şeklinde olabileceği gibi ön yüzeyin daha az gölgelenmesini sağlamak amacı ile farklı yapılarda da tasarlanabilirler (Bayat, 2016).

7.1.3. Fotovoltaik Güç Sistemleri için Enerji Hesabı

Bu bölümde, öncelikle monokristal ve polikristal panellerin 25 ve 45 °C'deki standart verim hesaplamaları yapılmıştır. Monokristal panelin standart verimi, polikristal panelin standart verimine göre daha fazladır. 80 m^2 çatı alanından elde edilebilecek yıllık enerji üretimi, kayıplar ve on gride-off gride sistem gereksinimleri ve yapının yıllık enerji ihtiyacı hesaplamaları yapılmıştır.

7.1.3.1. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

Fotovoltaik güç sistemlerinin kurulumunda ele alınan bölgenin güneşlenme süresi ve radyasyon değerleri önemlidir.

Bu bağlamda Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) incelenmiştir. Şekil 15'de Türkiye'nin güneş ışımasından daha fazla yararlanan illeri açık ve koyu kırmızı renkler ile belirtilmektedir.

Bu illerde güneş enerjisi global radyasyon değerleri 1600-1800 kWh/m^2-yıl olarak değişmektedir. Bu çalışmada İstanbul ili ele alınmış, İstanbul ili için toplam global radyasyon değeri 1400 kWh/m^2-yıl'dır.

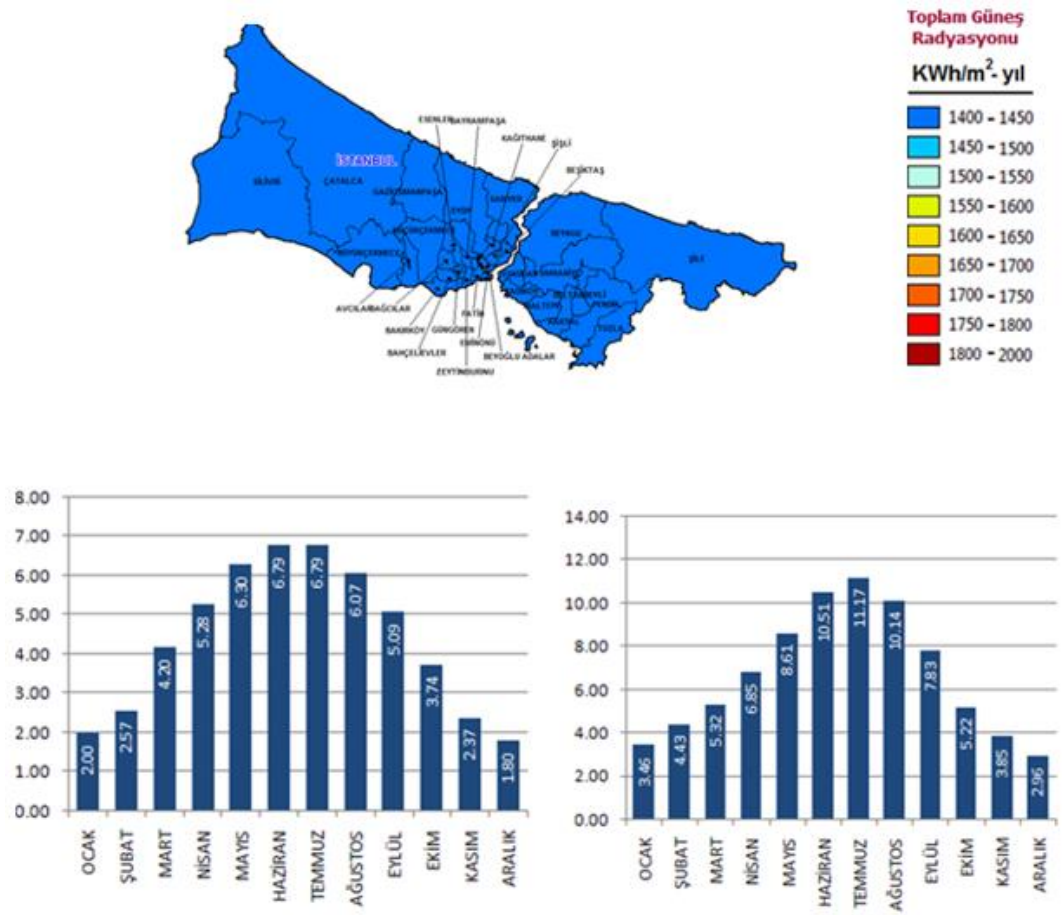
En fazla güneş enerjisi potansiyeline sahip bölge Güney Doğu Anadolu olurken, en düşük potansiyele sahip bölge de Karadeniz'dir (Dinçer vd., 2018).



Şekil 15. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (EİE, GEPA)

7.1.3.2. İstanbul Özelinde Radyasyon Değeri ve Güneşlenme Süreleri

İstanbul özelinde toplam global radyasyon ve güneşlenme süreleri değerleri Şekil 16'dan referans alınarak hesaplanmaktadır. Global radyasyon değerlerine ait tablo baz alındığında, en yüksek güneşlenme süresinin Haziran-Temmuz ayında olduğu görülmektedir. Güneşlenme sürelerine ait tablo baz alındığında ise, en yüksek güneşlenme süresinin temmuz ayında olduğu görülmektedir.



Şekil 16. İstanbul Özelinde Radyasyon Değeri ve Güneşlenme Süreleri (EİE,GEPA)

7.1.3.3. Monokristal Panel

Monokristal güneş panellerinin verimi oldukça yüksektir. Üretim maliyeti yüksektir bu neden ile diğer pillere yönelim artmıştır. Verimleri yüksektir bu sebebten uzun vadeli yatırımlar için tercih edilmektedir (Eruz,2015). Bu çalışmada kullanılan monokristal paneli 1,56 m uzunluğunda ve 0,8 m genişliğindedir. Şekil 17'de monokristal panelin görünümüne yer verilmiştir. Ayrıca monokristal panelin detaylı özellikleri Tablo 3'de belirtilmektedir.



Şekil 17. Monokristal Panel (Kocakuşak,2018)

Tablo 3. Monokristal panel özellikleri

Standart İşletme Koşulları (1000W/m^2, 25 ^{o}C Panel Sıcaklığı, AM 1.5)	
Pmax	230 W
Vmp	41 V
Imp	5,61 A
Voc	48,7 V
Isc	5,99 A
Sıcaklık Katsayıları	
Pmax %/^{o}C	-0.38%
Voc %/^{o}C	-132,5mV
Isc %/^{o}C	3,5mA

Burada monokristal panelin modül alanı (A_m) 1,25 m^2'dir. Panelin 25 °C sıcaklığındaki güç değeri (P_m) 230 W'dır. Panelin güç yoğunluğu Denklem 1 ile hesaplanabilmektedir.

$$P_{m,d} = \frac{P_m}{A_m} \tag{1}$$

Bu ifadeye göre, panelin 25 °C sıcaklığındaki güç yoğunluğu 184 W/m^2 olarak hesaplanmaktadır. Standart verim hesabı, 25 °C sıcaklığındaki gücün, 1 m^2 alanda üretilen gücün monokristal panelin modül alanı çarpımına ($P_d^s xA$) oranla hesaplanmaktadır. Panelin, standart verimi Denklem 2 ile hesaplanabilmektedir.

$$\eta_{STC} = \frac{P_m}{P_d^s xA} \tag{2}$$

Bu ifadeye göre, panelin 25 °C sıcaklığındaki standart verimi %18,4 olarak hesaplanmaktadır. Panelin, 45 °C sıcaklığındaki güç hesabı Denklem 3 ile hesaplanmaktadır.

$$P_m^T = P_m^{STC}[1 + (T - 25)\alpha_P] \tag{3}$$

T değeri 45 °C alınmaktadır. α_P güç hesabı için sıcaklık katsayısıdır.Bu ifadeye göre, panelin 45 °C sıcaklığındaki gücü 212 W'dır. Panelin, 45 °C sıcaklığındaki güç yoğunluğu, panelin 45 °C sıcaklığındaki gücünün panelin modül alanı oranına eşittir. Denklem 4 ile hesaplanabilmektedir.

$$P_{m,d}^T = \frac{P_m^T}{A_m} \tag{4}$$

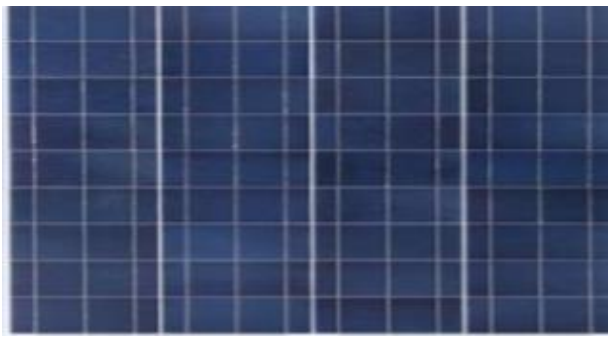
Bu ifadeye göre, panelin 45 °C sıcaklığındaki güç yoğunluğu 170 W/m^2 olarak hesaplanmaktadır. Panellerde, 25 °C ortam sıcaklığına rağmen hücrelerde oluşan sıcaklık 45 °C değerlerine ulaşabilmektedir. Bu nedenle gerçek koşulları sağlayabilmek adına 45 °C'deki verim değerini hesaplamak oldukça önemlidir. Düşük sıcaklık katsayısına sahip paneller, daha yüksek sıcaklık katsayısına sahip panellere göre sıcak ortam sıcaklıklarında daha yüksek performansa sahiptir. Ayrıca artan sıcaklık ile gerilimdeki düşüş fazla olmaktadır. Bu da 45 °C'deki verimin daha düşük olmasına neden olur. Panelin 45 °C sıcaklığındaki verim, panelin 45 °C sıcaklığındaki gücünün, 1 m^2 alanda üretilen gücün panelin modül alanı çarpımına ($P_d^s xA$) oranı olan Denklem 5 ile hesaplanmaktadır.

$$\eta_T = \frac{P_m^T}{P_d^s xA} \tag{5}$$

Bu ifadeye göre, panelin 45 °C sıcaklığındaki verim %17 olarak hesaplanmaktadır.

7.1.4. Polikristal Panel

Polikristal güneş panellerinin, üretim süreçleri monokristal güneş panellerine göre daha ekonomiktir. Elektriksel, yapısal ve optik özellikleri mono kristal pillerle aynıdır. Laboratuar şartlarında, Polikristal silisyum güneş pillerinden %18, ticari modüllerde %14 verim elde edilmektedir (Boz, 2011). Bu çalışmada kullanılan polikristal panelin uzunluğu 2,00 m ve genişliği 0,95 m'dir. Şekil 18'de polikristal panelin görünümüne yer verilmiştir. Ayrıca polikristal panelin detaylı özellikleri Tablo 4'de belirtilmektedir.



Şekil 18. Polikristal Panel (Kocakuşak,2018)

Tablo 4. Polikristal panel özellikleri

Standart İşletme Koşulları (1000W/m^2, 25 ^{o}C Panel Sıcaklığı, AM 1.5)	
Pmax	270 W
Vmp	35 V
Imp	7,71 A
Voc	44,5 V
Isc	8,2 A
Sıcaklık Katsayıları	
Pmax %/^{o}C	-0,47%
Voc %/^{o}C	-0,34%
Isc %/^{o}C	0,045%

Burada polikristal panelin modül alanı 1,9 m^2'dir. Panelin 25 °C sıcaklığındaki güç değeri (P_m) 270 W'dır. Panelin güç yoğunluğu Denklem 6 ile hesaplanabilmektedir.

$$P_{m,d} = \frac{P_m}{A_m} \tag{6}$$

Bu ifadeye göre, panelin 25 °C sıcaklığındaki güç yoğunluğu 142 W/m^2 olarak hesaplanmaktadır. Panelin 25 °C sıcaklığındaki standart verimi, Denklem 7 ile hesaplanabilmektedir.

$$\eta_{STC} = \frac{P_m}{P_d^s x A} \tag{7}$$

Burada, panelin 25 °C sıcaklığındaki verim %14 olarak hesaplanmaktadır. Panelin, 45 °C sıcaklığındaki güç değeri, Denklem 8 ile hesaplanabilmektedir.

$$P_m^T = P_m^{STC}[1 + (T - 25)\alpha_P] \tag{8}$$

Bu ifadeye göre, panelin 45 °C sıcaklığındaki güç yoğunluğu 245 W/m^2 olarak hesaplanmaktadır. Panelin, 45 °C sıcaklığındaki güç yoğunluğu, Denklem 9 ile hesaplanabilmektedir.

$$P_{m,d}^T = \frac{P_m^T}{A_m} \tag{9}$$

Burada, panelin 45 °C sıcaklığındaki güç yoğunluğu 129 W/m^2 olarak hesaplanmaktadır. Panelin 45 °C sıcaklığındaki verimi, Denklem 10 ile hesaplanmaktadır.

$$\eta_T = \frac{P_m^T}{P_d^s x A} \tag{10}$$

Burada, panelin 45 °C sıcaklığındaki verim %12,9 olarak hesaplanmaktadır.

80 m^2 alanda monokristal panelin yıllık enerji üretimi 18893.5 kWh olarak hesaplanmaktadır. 80 m^2 alanda polikristal panelin yıllık enerji üretimi ise 14336.8 kWh olarak hesaplanmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucu, tasarlanan konut yapısı için daha verimli olması nedeni ile monokristal panel kullanımı uygun bulunmuştur.

Bu çalışmada 100 m^2'lik bir evin ortalama aylık elektrik tüketimi 250 kWh olarak kabul edilmiştir. Hesaplamalarda ortalama 150 m^2'lik bir ev baz alındığında; tasarlanan binanın elektrik tüketimi, 375 kWh olmaktadır. Buna göre, tasarlanan pasif evin yıllık ortalama elektrik tüketimi enerji ihtiyacı 4500 kWh olarak hesaplanmaktadır.

Pasif çelik evde; buzdolabı, elektrikli fırın, çamaşır, bulaşık makinesi, ütü, televizyon, elektrik süpürgesi, bilgisayar, iç ve dış aydınlatma gibi elektrikle çalışan cihazlar için elektrik sarfiyatı gerçekleşmektedir.

Eş değer sürekli güç faktörü, Denklem 11 ile hesaplanabilmektedir.

$$E_m = \eta\, E_d^s A_m = \frac{P_m}{P_d^s A_m} E_d^s A_m = P_m \frac{E_d^s}{P_d^s} \tag{11}$$

Burada, $E_d^s = 1400 \frac{kWh}{m^2 yıl}$ ve $P_d^s = 1 \frac{kW}{m^2}$'dir. Dolayısıyla $\frac{E_d^s}{P_d^s} = 1400 \frac{h}{yıl}$ şeklinde olmaktadır.

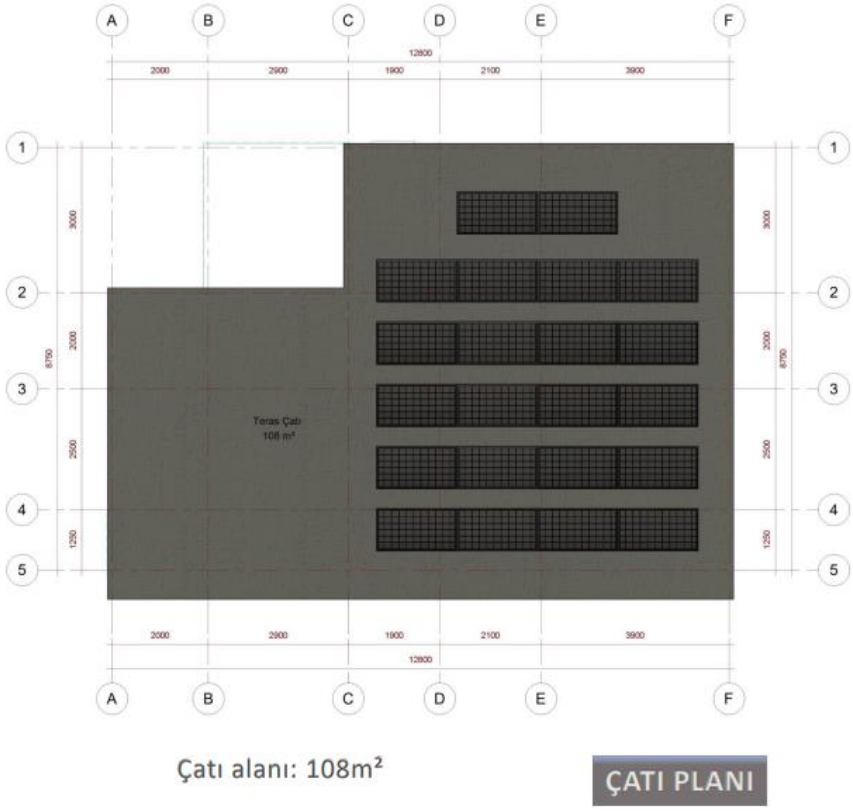
$$P_m = \frac{E_m}{E_d^s / P_d^s} \tag{12}$$

Buna göre, eş değer sürekli güç faktörü (P_m) 3,21 kW olarak hesaplanmaktadır. Burada kayıplar; paneller için sıcaklık düzeltmesi nedeni ile 0,90, akü şarj-deşarj verimi: 0,90 (ömür boyu ortalama), invertör verimi 0,95, kablo kayıpları vb. durumlar için 0,95'dir. Dolayısıyla on-gride sistemde; kayıp oranı, 0,81 olarak alınmaktadır. Buna göre, gerekli kurulu güç 3,96 kW'dır. Off-gride sistem için ise kayıp oranı 0,65 olarak hesaplanmaktadır. Buna göre, gerekli kurulu güç 4,94 kW olarak hesaplanmaktadır. Çalışmada ele alınan monokristal panelin gücü 230 W değerindedir.

Yaklaşık 5 kW gerekli kurulu güç için yeterli panel sayısı 22 olarak hesaplanmaktadır. Buna göre, pasif evin ihtiyacını karşılamak için 22 adet monokristal PV panel yeterli olmaktadır.

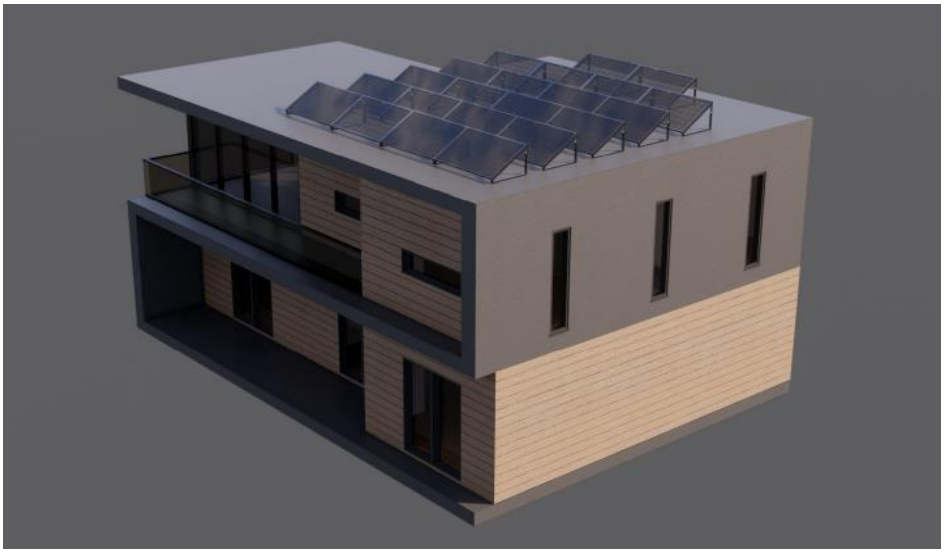
7.1.5. Pasif Çelik Ev Fotovoltaik Panel Modeli ve Çatı Yerleşim Planı

Tasarlanan pasif çelik ev toplam çatı alanı 108 m^2'dir. Fotovoltaik panellerin montajı 80 m^2 çatı alanına yapılmıştır. Fotovoltaik panel çatı yerleşim planı (Şekil 19) oluşturulurken, toplamda 22 adet monokristal PV panel kullanılmıştır. PV paneller güney yönde olacak şekilde monte edilmiştir.



Şekil 19. Fotovoltaik Panel Çatı Yerleşim Planı

Modelde, fotovoltaik panel yerleşimi (Şekil 20) gösterilmiştir. Paneller güney cepheye yerleştirilmiştir. Toplamda 22 adet monokristal PV panel, pasif çelik evin kendi enerjisini kendisi üretmesi için yeterli olacaktır.



Şekil 20. Fotovoltaik Panel Yerleşimi

7.1.6. Pasif Çelik Ev PV Panel Maliyeti

PV panel maliyeti (Tablo 5) oluşturulurken, solar paneller, inverter, solar kablo, düz çatı alüminyum panel konstrüksiyon, lityum batarya, elektrik ve mekanik kurum fiyatları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda 22 adet monokristal PV panelin yaklaşık 5 kW güç üretebileceği görülmüştür.

Tablo 5. Pasif Çelik Ev PV Panel Maliyeti-5 kW (URL-4)

MALİYETİ OLUŞTURAN ÜNİTELER	MİKTAR	BİRİM	FİYAT
SOLİMPEKS SOLAR PANEL	22	ADET	3.256 $
GROWATT 5 kWe INVERTER	1	ADET	1.000 $
SOLAR KABLO	100	METRE	85 $
DÜZ ÇATI ALÜMİNYUM PANEL KONSTRÜKSİYON	15	ADET	650 $
GROWATT 3.3 kW LİTYUM BATARYA + KİT	1	ADET	1.750 $
ELEKTRİK VE MEKANİK KURUM AC GES PANOSU + TOPRAKLAMA İŞLEMLERİ HİBRİT SİSTEM EK KONTAKTÖR MALZEMELERİ	1	SET	1.895 $
GENEL TOPLAM			**8.636 $**

Tablo 5'de görüldüğü üzere, 5 kW kurulu güç için PV panel maliyeti genel toplamı 8.636 $'dır.

7.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar; alçak ve yüksek basınç bölgesi arasında yer değiştiren hava akımı, rüzgar enerjisi ise; rüzgarı meydana getiren hava akımının sahip olduğu hareket enerjisidir.

Rüzgarın oluşabilmesi için iki ayrı merkezde basınç farkı olması gerekmektedir. Hava akımları daima yüksekten alçak basınca doğru hareket etmektedir. İki bölge arasındaki basınç farkının büyük olması, hava akımı hızının bir o kadar fazla olmasını sağlamaktadır (Karaoğlu,2018). Rüzgar enerjisi, yenilenebilir özelliktedir. Çevre bakımından temiz bir enerji kaynağı olması, geleceğin enerjisi olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Rüzgar gücü yoğunluğu iyi olan yerlerde kullanılması ekonomiye büyük yarar sağlamaktadır (İlkılıç,2016). Son yıllarda rüzgar enerjisi kullanımı yaygınlaştığı halde, rüzgar kaynaklarından kısmi olarak yararlanılmasından dolayı bu konuda kat edilmesi gereken uzun bir yol vardır.

Enerjisi yüksek kulelerin üzerine monte edilen rüzgar türbinleri, rüzgardan elektrik üretilebilmektedir. Gelen hava yardımıyla türbinlerin dönmesi sağlanmakta, türbin kanatlarının bağlı olduğu mil jeneratörü çalıştırmaktadır. Üretilen elektrik enerjisi ise kablolar sayesinde rüzgar türbini kulesindeki enerji panosuna alınır.

Gelen rüzgarın yönüne göre, rüzgar türbinleri konum alabilmekte ve mekanik veya güç elektroniği devreleri ile otomatik olarak kontrol edilmektedir. Kanatlar kendi ekseninde hareket edebilmekte ve oluşabilecek zararları önlemek için frenleme yapılabilmektedir. Rüzgar enerji santrallerinden en yüksek verimi elde edebilmek için rüzgar hızının yıllık olarak belirli bir ortalamanın üstünde ve sürekli olduğu alanlarda türbinlerin kurulması gerekmektedir.

7.2.1. Rüzgar Türbinleri

Rüzgar türbinleri; rüzgarın sahip olduğu kinetik enerjiyi, elektrik veya hareket enerjisine çeviren sistemlerdir. Rüzgar türbinleri, şebeke bağlantılı ve akülü olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Elektrik enerjisi aküler sayesinde depolanarak veya doğrudan alıcıya ulaştırılır bu sayede binalar için elektrik üretilir ya da kamuya satılmaktadır.

Rüzgar türbinleri; jeneratör, hız dönüştürücüleri (dişli kutusu), kule, elektrik-elektronik elemanlar ve pervaneden oluşur. Ömürleri 20 yıllıktır. 120.000 saat çalışacak şekilde tasarlanmışlardır (Günel, Ilgın, 2008).

1891 yılında, Danimarka'da mühendis Paul la Cour tarafından rüzgar enerjisinden elektrik üreten ilk türbin inşa edilmiştir (Elibüyük, Üçgül, 2014). Rüzgar türbinleri üç temel grupta incelenmektedir.

7.2.1.1. Bina Bağımsız Rüzgar Türbinleri

Yapılı çevreden ve binadan mimari tasarım ve strüktür anlamında bağımsız düşünülen bina bağımsız rüzgar türbinleri, bina ve binaların, rüzgar hızını, yönünü ya da yoğunluğunu değiştirme anlamında kullanılmamaktadır. Bina bağımsız rüzgar türbinlerine örnek olarak rüzgar çiftlikleri (Şekil 21) ve bahçelerde zeminde kullanılan rüzgar türbinleri verilebilmektedir. Rüzgar çiftlikleri dünyada ve ülkemizde gereken önemi görmekte ve yaygınlaşmaktadır (Bektaş, 2013)



Şekil 21. Rüzgar Çiftliği (URL-5)

7.2.1.2. Bina Monte Rüzgar Türbinleri

Yapı ya da yapıları kule olarak kullanan bina monte rüzgar türbinleri (Şekil 22), bina formunu, mevcut rüzgar akışını değiştirmek ya da arttırmak amacıyla kullanmamaktadır.

Bina monte rüzgar türbinleri, mimari rüzgar enerjisi etkin tasarım endişesi taşımazken bina entegre rüzgar türbinleri, mimari tasarımın rüzgar enerjisi kullanımını esas almaktadır. Türkiye'de rüzgar enerjisinin binalara entegrasyonu ile ilgili tüm örnekler, bu türe ait örneklerdir (Bektaş,2013).



Şekil 22. Bina Monte Rüzgar Türbinleri (Günel, Ilgın,2008)

7.2.1.3. Bina Entegre Rüzgar Türbinleri

Mimari tasarımın rüzgar enerjisi kullanımı temeline dayanan bina entegre rüzgar türbinleri (Şekil 23), mimari tasarım aşamasında sürece dahil edilirler.

Tasarım aşamasında binanın formunun, rüzgarın yönünü, hızını ve yoğunluğunu olumlu yönde değiştirecek biçimde seçilmesiyle elde edilecek olan enerjinin en yüksek seviyelere ulaşması için tasarlanan türbinlerdir. Rüzgar türbinlerinin kullanımı elektrik enerjisi ihtiyacını kısmen ya da tamamen karşılamaktadır. Bu sebeple, binalarda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Rüzgar türbinleri; bina-mesnetsiz ve bina-mesnetli olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Bina mesnetli türbinler, binanın strüktürünü mesnet edinirler. Binanın kendisini kule olarak kullanırlar. Böylece, mevcut rüzgar potansiyelinden en fazla verimi elde etmek hedeflenmektedir (Bektaş, 2013).



Şekil 23. Bina Entegre Rüzgar Türbini, Bahreyn Dünya Ticaret Merkezi (Bektaş,2013)

7.2.2. Rüzgar Türbinleri için Enerji Hesabı

İstanbul'da bulunan pasif çelik ev sistemi için yeterli olması gereken rüzgar türbini enerji hesabı yapılırken, Tablo 7.4'de belirtildiği gibi İstanbul için 10 yıllık ortalama rüzgar hızı hesabı yapılmıştır. Hesaplama yapılırken, güç katsayısı olan (c_p) 0,2, pasif çelik ev sistem yüksekliği 6,2 metre iken, rüzgar türbini kulesinin uzunluğu 14,5 metre olması nedeni ile 14,5 metre yükseklikteki ortalama rüzgar hızı hesaplanırken deniz kıyı şeridi için (α) 0,12 olarak alınmıştır.

7.2.2.1. İstanbul için Ortalama Rüzgar Hızı Hesabı

İstanbul için 2010-2020 Ocak-Aralık rüzgar hızı (Tablo 6) çalışması yapılırken yıl bazında ortalama rüzgar hızı değerleri alınmış, 10 yıllık toplam değerlerin ortalaması yaklaşık 15,8 km/h olarak hesaplanmaktadır.

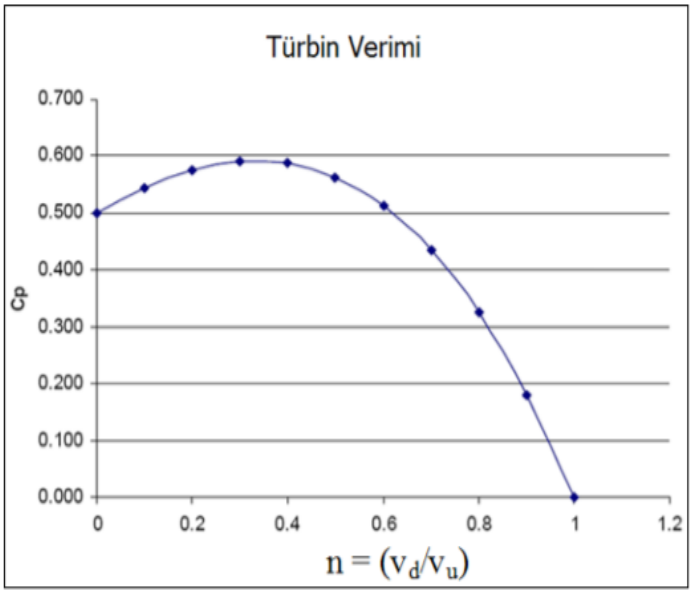
Tablo 6. İstanbul için 2010-2020, Ocak-Aralık Rüzgar Hızları (URL-6)

2011-2020 Ocak-Aralık Değerleri	Ortalama Rüzgar Hızı	Birim
2011 Ocak-Aralık	15,90	km/h
2012 Ocak-Aralık	15,40	km/h
2013 Ocak-Aralık	14,70	km/h
2014 Ocak-Aralık	14,10	km/h
2015 Ocak-Aralık	16,40	km/h
2016 Ocak-Aralık	16,80	km/h
2017 Ocak-Aralık	15,70	km/h
2018 Ocak-Aralık	16,80	km/h
2019 Ocak-Aralık	16,00	km/h
2020 Ocak-Aralık	16,10	km/h
2011-2020 Ocak-Aralık Ortalama Değer	**15,79**	**km/h**

7.2.3. Güç Katsayısı-Hızlar Oranı Grafiği

Rüzgar hızının artması ile rüzgar gücü ve buna bağlı olarak türbin giriş gücü de artmaktadır. Türbin giriş gücünü belirleyen parametrelerden biri kanat güç katsayısıdır. Güç katsayısını (Şekil 24) belirleyen faktör ise hız oranı ile belirlenmektedir. Hız oranının optimum değerinde olması, Betz teoremine göre pervane güç katsayısı değerinin de en fazla 0,5926 olabilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmadaki hesaplamarda yoğun olarak da değerlendirildiği bilinen güç katsayısı (c_p) değeri 0,2 olarak alınmıştır.

Hava direnci, rotorun meydana getirdiği türbülans ve aktarma organları ile elektrik sistemi gibi noktalardaki kayıplar ve uygulamalardaki birçok ideal olmayan durum buna neden olmaktadır (Temel,Çıkmış, 2021).



Şekil 24. Güç Katsayısı – Hızlar Oranı Grafiği (Taşkın, 2013)

14.5 metre yükseklikteki ortalama rüzgar hızı hesaplanırken Tablo 7'de deniz kıyı şeridi için (α) 0.12 alınmıştır.

Tablo 7. Yüzey Farklılıklarının Rüzgar Hızına Etkisi (Yeter, 2011)

Durum	α
Deniz Kıyı Şeridi	0,1 - 0,13
Yeşil ve Ekili Alan	0,13 - 0,2
Ağaçlı Alan	0,2 - 0,27
Yüksek Bina ve Kentsel Alan	0,27 - 0,4

Yüzey farklılıkları büyük olan bölgelerde rüzgarın belirli bir hıza ulaşması çok daha yüksekte olurken, pürüzlülük uzunluğu az olan bölgelerde rüzgar hızı daha düşük yüksekliklerde aynı değerlere ulaşmaktadır. Hellman Yükseltme Bağıntısı, türbin tahmini yerleştirme yüksekliğine çıkartılması için kullanılmaktadır. Buna göre; ölçülen rüzgar ($H_{ölç}$) 10 m, istenen rüzgar (H_{ist}) 14,5 m ölçülen ortalama rüzgar hızı ($V_{rölç}$) 15,8 m/s'dir. Deniz kıyı şeridi (α) 0,12 alınmıştır. (V_{rist}) Denklem 13 ile hesaplanabilmektedir.

$$\frac{V_{rist}}{V_{rölç}} = \left(\frac{H_{ist}}{H_{ölç}}\right)^{\alpha} \quad (13)$$

Buna göre, (V_{rist}) 16,5 m/s olarak hesaplanmaktadır. Hesaplama sonucu, 14,5 m yükseklikteki serbest hava akımı rüzgar hızı 16,5 m/s'dir. Hız (V_1) 6,5 m/s olarak hesaplanmaktadır. c_p güç değeri; (P) gücün, (P_o) rotorun önündeki serbest hava akımına ait gücün, oranına eşittir. Denklem 14 ile belirtilmiştir.

$$c_p = \frac{P}{P_o} \quad (14)$$

Denklem 15, aynı kesit alanından geçen mekanik güç elde edilmemiş serbest hava akımının türbin öncesi gücünü (P_o) ifade etmektedir. (A) alanı ifade etmektedir. Pervane çapı 2.4 metredir.

$$P_o = \frac{1}{2}\rho A {v_1}^3 \quad (15)$$

Buna göre, (P_o) 15.273 W olarak hesaplanmaktadır. Denklem 16 ile türbin güç değeri (P);

$$C_p = \frac{P}{P_o} \quad (16)$$

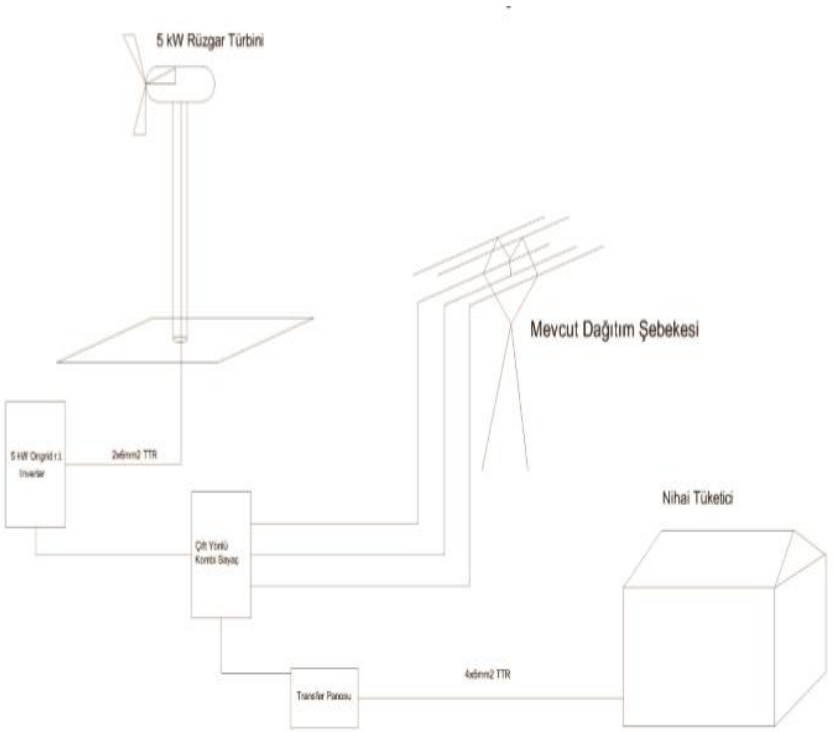
3.054,6 W olarak hesaplanmaktadır. Denklem 17'de güç katsayısı direkt olarak v_2/v_1 hız oranının bir fonksiyonu olarak belirtilmiştir;

$$C_p = \frac{P}{P_o} = \frac{1}{2}\left[1 - \left(\frac{v_2^2}{v_1^2}\right)\right]\left(1 + \frac{v_2}{v_1}\right) \quad (17)$$

Buna göre, (v_2) 14,64 m/s olarak hesaplanmaktadır. Literatürdeki türbin üreticilerinin teknik şartnamelerindeki enerji üretim değerleri de incelendiğinde 3 kW güce sahip bir rüzgar türbinin pasif çelik ev sisteminin enerji ihtiyacını fazlasıyla karşılayabilecek güçte olduğu görülmektedir.

7.2.4. Şebeke Bağlantılı Sistem

Rüzgar olmadığı zamanlarda şebeke bağlantılı sistem (Şekil 25) sayesinde elektrik şebekeden çekilmektedir. Üretilen gereğinden fazla enerji ülke elektrik üretimine katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu sayede kesintisiz ve ücretsiz enerji elde etmek mümkündür (Gültutan,2013).



Şekil 25. Şebeke Bağlantılı Rüzgar Türbini Bağlantı Şeması (Gültutan, 2013)

7.2.4.1. Rüzgar Türbini Maliyeti

Rüzgar türbini maliyeti (Tablo 8) hesaplanırken 3kW türbin, 14,5 metre direk, invertör, koruma kutusu, sayaç, pano, akü, kablo, bağlantı aparatları fiyatı esas alınmıştır. Kurulum ve nakliye giderleri tabloda belirtilmiştir.

Tablo 8. Rüzgar Türbin Maliyeti (URL-7,8)

RÜZGAR TÜRBİNİ MALİYETİ OLUŞTURAN BİRİMLER	
TÜRBİN (3 kW)	11.700 $
DİREK (14.5 metre)	950 $
KURULUM + NAKLİYE	210 $
İNVERTÖR + KORUMA KUTUSU	260 $
SAYAÇ + PANO	70 $
DİĞER GİDERLER (4 ADET AKÜ, KABLO , BAĞLANTI APARATLAR VB.)	710 $
GENEL TOPLAM	**13.900 $**

Yukarıdaki tabloya göre, rüzgar türbini maliyeti 13.900 $'dır.

7.2.4.2. Rüzgar Enerjisi Avantajları

Kaynağını güneşten alan rüzgar enerjisi, sonsuz, temiz, doğal yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Kaynağını güneşten alması nedeni ile daha avantajlı konumdadır. Rüzgar enerjisi, dışa bağımlılığı azaltmakta, günden güne güvenilir olmaktadır. Az bir sürede, ekonomik olarak devreye alınmaktadır. Rüzgar türbini kullanımı çevre için önemli katkılar sağlamaktadır.

Fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan zararlı gazlara neden olmadığı için sera etkisi yaratmaz. Yaklaşık olarak 20-30 yıl kullanılan rüzgar türbinleri yapılan yatırım sonrasında uzun bir süre üretimin devamlılığını sağlamaktadır. Bu durum düşük bir maliyet oluşturmaktadır (Şenol, 2017).

BÖLÜM 8. SONUÇ

Son yıllarda, birincil enerji kaynaklarının kullanımının dünya genelinde ciddi derecede artması ve bunun neden olduğu küresel ısınma etkilerinin azaltılmasına yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışmalarda, kaynakların dengeli kullanılması gerekliliği vurgulanmakta ve temiz yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ön plana çıkmaktadır. Yapılarda gerçekleştirilen enerji kullanımı da oldukça fazla olmaktadır. Bu yapılarda kullanılan enerjinin verimli hale getirilebilmesi için, Almanya'da pasif ev kavramı ortaya çıkmıştır. Bu kavramla, düşük enerji ihtiyaçlı ev düşüncesinin daha da geliştirilmesi planlanmıştır. Yapı içerisindeki en büyük enerji tüketimini ısıtma ve soğutma için harcanan enerjiler teşkil etmektedir. Pasif evlerde, standart yapım yöntemlerine göre harcanan bu enerji, düşük enerjili binalara göre çok daha düşüktür. Yapıda oluşabilecek ısı kayıplarına karşı, yapı kabuğunda tedbirler alınmaktadır. Böylece, enerji tüketimi en az seviyede tutulacaktır. Yapı çevresindeki nitelikli yalıtım, hava sızdırmaz tabaka ve ısı köprülerinin yok edilmesi ile yapıda yaklaşık %90 enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Pasif ev, çeliğin yanmaz ve geri dönüştürülebilen bir malzeme olması nedeni ile çelik profillerden, hafif çelik çerçeve sistemi ile tasarlanmıştır. Pasif ev sistemlerinde en önemli husus, ısıtma etkin havalandırma sistemleridir. Bu sistemle, ısıtma ve soğutma giderleri en az seviyeye düşmektedir. Yapıya ayrıca PV panel ve rüzgar türbini sistemleri ilave edilmektedir. Bu durum, yapı içi elektrik enerjisi ve ısıtma sistemlerine katkı sağlamaktadır. Pasif ev sistemlerinde kullanılan bu sistemler neticesinde bugün ısınma ve soğutma için tüketilen enerjide yüksek derecede tasarruf elde edilmektedir.

Bu çalışma kapsamında öncelikle Türkiye'nin enerji durumu detaylı bir şekilde anlatılmış ve yapılarda uygulanabilecek tasarruf işlemleri incelenmiştir. Bu bağlamda yapılarda uygulanan ısı yalıtım sistemleri ve yapı malzemeleri detaylandırılmıştır. Enerji verimliliği açısında uygun olan pasif çelik ev sisteminin tasarım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Pasif çelik ev tasarımının yapısına uygun olarak, yapı malzemesi olarak kullanılan taş yünü, fibercement, XPS ve EPS levhaya yer verilmiştir. Taş yünü pasif çelik evin ısı ve ses yalıtımını sağlamaktadır. XPS levha zemin altı döşemede kullanılmıştır. Pasif çelik evin modellemesi ile birlikte sisteminin maliyet bilgilerine de yer verilmiştir.

Tasarım aşamasında, sürdürülebilirlik kavramı göz önünde tutulmuştur. Doğa dostu, çevreci, ısı yalıtımı sağlayan yapı malzemeleri ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı ile tasarlanan pasif çelik evin, ihtiyaç duyduğu enerjiyi kendisinin üretmesi hedeflenmiştir.

Çalışma kapsamında, yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar ve güneş enerjileri detaylandırılarak, pasif çelik ev sisteminin ihtiyacı olan enerjinin bu sistemlerden karşılanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda güneş ve rüzgar enerjileri sistemlerinin gerekli enerji hesaplamaları gerçekleştirilerek bu sistemlerin kurulu güçleri belirlenmiştir. Hesaplamalarda, pasif çelik ev sistemi İstanbul deniz kıyı şeridinde konumlandırılmıştır. Gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda tasarımı gerçekleştirilen pasif çelik ev sistemi için, şebekeye bağlantılı durumda yaklaşık 4 kW ve şebekeden bağımsız durumda ise yaklaşık 5 kW kurulu güce sahip monokristal fotovoltaik güç sistemi yeterli olacaktır. Alternatif olarak, rüzgar enerjisinden yararlanılmak istenilmesi durumu için de 3 kW'lık kurulu güce sahip bir rüzgar türbin sisteminin yeterli olacağı belirlenmiştir. Fotovoltaik güç sistemi ve rüzgar türbini için gerekli maliyet hesaplamaları da gerçekleştirilmiştir. Buna göre pasif çelik ev maliyeti 91.850 $, monokristal fotovoltaik güç sistemi maliyeti 8.636 $ ve rüzgar türbini maliyeti 13.900 $ olmaktadır.

İleriki çalışmalarda, ısı kayıplarının detaylı olarak incelenmesi fayda sağlayacaktır. Türkiye'de, enerji maliyetlerinin günden güne artması nedeni ile tasarlanan yeni yapılarda, enerji tasarrufuna gidilmesi ve kendi enerjisini kendi üreten yapıların yaygınlaşması önemli ve gereklidir.

KAYNAKLAR

Aktaş, U. (2019) Bina Sektöründe Enerji Verimliliği ve Yeşil Bina Süreçlerinin Analizi, Dumlupınar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.

Bayat, M. (2016) Silikon Tabanlı Polikristal Bir Güneş Panelinin Karabük İklim Koşullarında Enerji Ve Ekserji Analizi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.

Bayraç, H., Özarslan, B. "Biyokütle Enerjisi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ampirik Bir Analizi: Türkiye Örneği". *Yalova Sosyal Bilimler Dergisi 8/17 (Ekim 2018): 1-17*

Bektaş, V. (2018) Binalarda Kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerinin Karşılaştırılması, Anadolu Üniversitesi Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Bilecik.

Çelik, E. (2009) Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinin İncelenmesi Türkiye'de Uygulanabilirliklerin Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Çetinkaya, E. (2012) Binalarda Enerji Verimliliğinin Analizi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Çiftçi vd. "Güneş Pili Kullanılarak Burdur'da Bir Evin Ortalama Elektrik İhtiyacının Karşılanması''. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 5/1 (2014): 14-17*

Demirel, B. (2013) Pasif Ev Uygulamasının Türkiye İçin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Erdede, vd. "Sürdürülebilir Yeşil Binalar ve Sertifika Sistemlerinin Değerlendirilmesi''. *Bildiri Sunumu, ResearchGate Ekim 2014*

Eruz, Ü. (2015) Güneş Paneli Çeşitlerinden Polikristal, Monokristal ve Thin Film Panellerinin Karabük Şartlarında Verimlilik Karşılaştırması, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.

Gedik, Ö. (2015) Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Çevresel Etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Gültutan, S. "Rüzgâr Enerjisi ve Gaziantep Koşullarında (500 kW Altı) Evsel İhtiyaçları Giderecek Rüzgâr Türbin Tasarımı''. *Tesisat Mühendisliği 133 (Ocak-Şubat 2013): 53-58*

Güneş, S. (2016) Hafif Çelik Yapıların Farklı Yönetmeliklere Göre İncelenmesi, Mevcut Kontrol Şartları Ve Oluşturulabilecek Hafif Çelik Yapı Yönetmeliğinde Vurgulanması Önerilen Konular, Maltepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Gür, V. (2007) Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, İstanbul.

İlkılıç, Z. "Türkiye'de Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Enerji Sistemlerinin Gelişimi''. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi 6/2/2 (2016): 1-13*

Karadağ, H. (2009) Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Rüzgar Enerjisinin Önemi Ve Rüzgar Türbini Tasarımı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Kılıçlı, A. (2012) Binalarda Enerji Verimliliği: Ube Binası Örneği, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Koç, E., Kaya, K. "Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu''. *Mühendis ve Makina 56/668 (Ağustos 2015): 36-47*

Koç, E., Şenel, M. "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme''. *Mühendis ve Makina 54/639 (Şubat 2013): 32-44*

Koç vd. ''Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi''. *Mühendis ve Makine Dergisi 59/692 (2018): 86-114*

Koçaslan, G. (2006) Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Alternatif Bir Kaynak Olarak Rüzgar Enerjisinin Değerlendirilmesi, İstanbul Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Küçükkaya, E. (2018) Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemleri ve Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımıyla Enerji Kullanımının Değerlendirilmesi, Yalova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Yalova.

Mahmud, E. (2017) Çelik Yapılarda Çağdaş Prefabrike Yapı Sistemleri, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

Mermer, O. (2008) Hafif Çelik Konutlarda Yangın Güvenliği, Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Osmançelebioğlu, D. (2015) Sürdürülebilir Mimari Ve Sertifikalı Yeşil Binalar, Haliç Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Özer, N. (2017) Atıklardan Üretilen Isı Yalıtım Malzemelerinin Yaygın Kullanılan Isı Yalıtım Malzemeleri ile Karşılaştırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Öztürk, E. (2020) Fotovoltaik Panellerde Gölge Faktörünün Deneysel Olarak Analizi, İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Sayın, S. (2006) Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi Ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları, Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Şengezer, O. (2011) Pasif Ev Sistemlerinde Enerjinin Etkin Kullanımı, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Ulukaya, C. (2012) Bir Pasif Ev Tasarımı Ve Karabük İklim Şartlarında Standart Evlerle Karşılaştırılması, Karabük Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.

Yeter, P. (2011) Rüzgar Karakteristiği Ve Enerjisine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Yertutan, C. (2018) Türkiye'de Pasif Ev Standartlarında Yapı Üretimi Üzerine: Gaziantep İnsan Kaynakları Merkezi ve Gaziantep Kuluçka Merkezi, Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Yılmaz, B. (2009) Binalarda Enerji Verimliliği Ve Sürdürülebilirlik, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Yılmaz, E. (2019) Geleneksel Mimari Verilerin Sürdürülebilirlik Anlamında İncelenmesi: Hasankeyf Örneği, Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Yılmaz, Ş., (2020) Türkiye'nin Enerji Görünümü 2020 Oda Raporu, Ankara

Yılmaz, Z. "Türkiye'nin Mevcut Enerji Durumu". Bildiri Sunumu, 2016, Sivas

Zorlu, K. (2019) Yapı Malzemelerinin İç Mekan Hava Kalitesine Etkisi Üzerine Bir Araştırma, Gebze Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze.

İnternet Kaynakları

URL1. http://www.hekimyapi.com (Erişim tarihi: Kasım 2021)

URL2.http://www.austrotherm.com.tr (Erişim tarihi: Kasım 2021)

URL3.http://www.sepev.org (Erişim tarihi: Kasım 2021)

URL4.http://www.solimpeks.com.tr (Erişim tarihi: Kasım 2021)

URL5.https://www.ntboxmag.com/2018/04/24/ruzgar-ciftliklerinden-maksimum-guc-elde-etmek-icin-yeni-kontrol-stratejisi/ (Erişim tarihi: Kasım 2021)

URL6.http://www.havaturkiye.com (Erişim tarihi: Kasım 2021)

URL7.http://renugen.co.uk (Erişim tarihi: Kasım 2021)

URL8.http://www.solarpaketleri.com (Erişim tarihi: Kasım 2021)