



**T.C.**  
**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SIFIR ENERJİLİ AKILLI EV TASARIMI**

**Muhammed Sefa YILDIZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Mayıs-2019**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Muhammed Sefa Yıldız tarafından hazırlanan “Sıfır Enerjili Akıllı Ev Tasarımı” adlı tez çalışması 24/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik - Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Doç. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ


#### Danışman


Doç. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DOĞAN

### İmza

.....  


.....  


.....  


Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. ....  
FBE Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

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

## DECLARATION PAGE

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

İmza

Muhammed Sefa YILDIZ

Tarih: 24.05.2019



## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### SIFIR ENERJİLİ AKILLI EV TASARIMI

Muhammed Sefa YILDIZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Nurettin ÇETİNKAYA

2019, 86 Sayfa

#### Jüri

Doç. Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ  
Doç. Dr. Nurettin ÇETİNKAYA  
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DOĞAN

Sıfır enerjili akıllı ev yönetimi ile amaç sadece evin elektrik ihtiyacının bir yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden karşılanması yanında evin tükettiği bütün enerji türlerinin tüketimlerini en aza indirmektir. Bu çalışmada; güneş enerjisi haricinde sistemde kullanılacak ısı yalıtımı, sıcak suyun güneş kolektörlerinden sağlanması, bina cephe sistemi seçimi ve trombe duvar yapısı kullanılarak konveksiyonel olarak ısının taşınması, ışık borularının kullanımı, ısı yalıtımlı camlar ve toprak kaynaklı ısı pompaları sistemleri kullanılarak yaz kış enerjide dışa bağımlılığı neredeyse sıfıra indirecek farklı uygulamalar gerçekleştirilmiş ve kontrolü sağlanmıştır. Sıfır enerjili tasarımlar ile beraber sistemin akıllı ve uzaktan kontrol algoritmasıyla çalışması önemli avantajlar sağlamaktadır. Tasarlanan arayüz programı ile evin harcadığı elektrik enerjisi, evin sıcaklığı ve nemi, ışık kaynakları, aydınlatma ve priz kontrolü, ısıtma-soğutma sistemleri, havalandırma sistemleri, panjur – perde sistemleri, hırsız alarm sistemleri, su vanaları kontrol sistemleri, gaz kaçağı uyarı sistemleri, kamera izleme sistemleri, yangın söndürme sistemleri tek bir merkezden kontrol edilebilmektedir. Ayrıca güneş enerjisi sistemi akülü bir sistem ise akü şarj durumu da izlenebilmektedir. Bu sistemler off-grid ve on-grid olarak kullanılabilir. Sıfır enerjili ev ile akıllı evi bir araya getirmek; temiz, güvenilir, konforlu, lüks ve enerjide dışa bağımsız yeni bir otomatik kontrol sistemi tasarımıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı ev, Güneş enerjisi, Sıfır enerji, Trombe Duvar, On-grid, Off-grid, Uzaktan kontrol.

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **SMART HOME DESIGN WITH ZERO ENERGY**

**Muhammed Sefa YILDIZ**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
SELÇUK UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING**

**Advisor: Assoc.Prof.Dr. Nurettin ÇETİNKAYA**

**2019, 86 Pages**

#### **Jury**

Assoc.Prof.Dr. Ahmet Afşin KULAKSIZ  
Assoc.Prof.Dr. Nurettin ÇETİNKAYA  
Assit.Prof.Dr. Hüseyin DOĞAN

With zero energy smart home management, the aim is not only to meet the electricity needs of the house from solar energy, which is a renewable energy source, but also to minimize the consumption of all energy types consumed by the house. In this study; except solar energy, thermal insulation to be used in the system, supply of hot water from the solar collectors, selection of building facade system and convective heat transport using the trombe wall structure, use of light pipes, heat insulated windows and ground source heat pumps systems will reduce the dependence on foreign sources in summer winter energy to almost zero different applications have been realized and controlled. Along with the zero-energy designs, the operation of the system with the intelligent and remote control algorithm provides significant advantages. With the designed interface program, the electricity consumption of the house, the temperature and humidity of the house, light sources, lighting and socket control, heating-cooling systems, ventilation systems, shutter-curtain systems, burglar alarm systems, water valve control systems, gas leakage warning systems, camera monitoring systems, fire fighting systems can be controlled from a single center. In addition, if the solar system is a battery-powered system, the battery charge status can also be monitored. These systems can be used as off-grid and on-grid. Bringing together a smart house with a zero-energy house; is an independent new automatic control system design that is clean, reliable, comfortable, luxurious and outward in energy.

**Keywords:** Smart home, Solar energy, Zero energy, Trombe Wall, On-grid, Off-grid, Remote control.

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada bana yol gösteren, değerli bilgi birikimlerini ve tecrübelerini esirgemeyen ve gerekli araştırma-geliştirme çalışmalarında yardımcı olan danışmanım Doç. Dr. Nurettin Çetinkaya'ya ve maddi, manevi desteklerini esirgemeyen aileme çok teşekkür ederim.

Muhammed Sefa YILDIZ  
KONYA-2019



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>2</b>
<b>3. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ.....</b>	<b>5</b>
3.1. Güneş Enerjisi Nedir? .....	5
3.2. Güneş Panelinin Çalışma Prensibi .....	6
3.3. Güneş Enerji Sistemini Çeşitleri.....	7
3.3.1. Off-grid sistem.....	7
3.3.2. On-grid sistem.....	9
3.4. Güneş Enerjisinin Önemi.....	10
3.5. Güneş Enerjisi Sistemlerinin Kullanıldığı Alanlar .....	11
3.6. Güneş Enerjisinin Avantajları.....	11
3.7. Güneş Enerjisinin Dezavantajları .....	12
3.8. Dünyada Enerji Kullanımı .....	12
3.9. Türkiye'nin Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyeli .....	14
<b>4. SIFIR ENERJİLİ BİNA.....</b>	<b>17</b>
4.1. Sıfır Enerjili Ev Tasarımı.....	19
4.1.1. TS-825'e uygun bir ısı yalıtımı.....	20
4.1.2. Evsel tüketim için sıcak suyun güneş kolektörleri ile sağlanması.....	24
4.1.3. Binanın güney cephesinde trombe duvar kullanımı .....	27
4.1.4. Işık boruları kullanımı .....	32
4.1.5. Low-E ısı kontrol camları .....	33
4.1.6. Yer altı ısı kolektörlerinin kullanılması.....	36
4.2. Güneş Enerjisi İle Evin Enerji İhtiyacının Karşlanması.....	41
4.2.1. Fotovoltaik paneller .....	42
4.2.2. Akü grubu .....	43
4.2.3. Akü şarj regülâtörü .....	44
4.2.4. İnvörtörler (Eviriciler).....	45
<b>5. AKILLI EV .....</b>	<b>47</b>
5.1. Akıllı Ev Nedir?.....	47
5.2. Akıllı Ev Tipleri.....	49
5.2.1. Kontrol edilebilir evler.....	49
5.2.2. Programlanabilir evler .....	49
5.2.3. Yapay zekâya sahip evler .....	50
5.2.4. Yaşlı ve Engelli insanlar için akıllı evler.....	50
5.2.5. Vücut hareketlerini kullanarak akıllı ev kontrolü .....	51

5.3. Akıllı Ev Kontrol Sistemleri .....	51
5.3.1. Işık kaynakları, aydınlatma ve priz kontrolü .....	51
5.3.2. Isıtma sistemleri .....	52
5.3.3. Soğutma sistemleri .....	53
5.3.4. Havalandırma sistemleri .....	53
5.3.5. Panjur – Perde sistemleri .....	54
5.3.6. Hırsız alarm sistemleri .....	54
5.3.7. Su kontrol sistemleri .....	55
5.3.8. Gaz kaçağı uyarı sistemleri .....	56
5.3.9. Kamera izleme sistemleri .....	56
5.3.10. Yangın söndürme sistemleri .....	56
5.3.10. Bahçe bakım ve kontrol sistemleri .....	58
<b>6. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>59</b>
6.1. Kurulan Sistemin Özellikleri .....	59
6.2. Projenin Dış Tasarımı .....	60
6.3. Sistem Kartı Ve Yazılımı .....	62
6.3.1. PIC .....	64
6.3.1. Sistem kartı .....	66
6.3.3. Sistem yazılımı .....	67
6.4. Uzaktan Kontrol Sistemi .....	67
6.5. Bir Evin Enerji Tüketim Hesabı .....	69
6.6 Güneş Enerji Sistemi .....	70
6.7. Sistem Kodları .....	73
<b>7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>76</b>
7.1. Sıfır Enerjili Akıllı Ev'in Avantajları ve Dezavantajları .....	76
7.1.1. Sıfır enerjili akıllı evin avantajları .....	76
7.1.2. Sıfır enerjili akıllı evin dezavantajları .....	76
<b>8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>77</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>79</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>82</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>86</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

A	: Amper
m <sup>2</sup>	: metre kare
V	: Volt
W	: Watt
$\tau$	: cam geçirgenliği
$\rho$	: camın yansıtma miktarını
$\alpha$	: cam absorblama katsayısı

### Kısaltmalar

AC	: Alternatif Akım
Ah	: Amper saat
AGM	: Flooded Lead Acid
DC	: Doğru Akım
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EİE	: Devlet Meteoroloji İşleri
GEL	: Gelled Electrolyte Sealed Lead Acid
Mhz	: MegaHertz
kW	: Kilo Watt
kWh	: Kilo Watt Saat
PIC	: Peripheral Interface Controller
SHGC	: Solar heat gain coefficient

## 1. GİRİŞ

Sanayi devriminde meydana gelen gelişmeler, günden güne büyük bir hızla gelişen teknoloji, insan nüfusunun artması ile konut sayılarının artışı gibi birçok neden enerji ihtiyacını günden güne arttırmaktadır. Bundan dolayı bütün dünya genelinde birincil olarak kullanılan yenilenemeyen enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Bu da insanları tükenmeyen, yenilenebilen enerji kaynakları bulmaya ve geliştirmeye itmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi gelmektedir. Rüzgar enerjisinden dağ, boğaz, yamaç gibi rüzgarın fazla olduğu yerlerde daha iyi verim alındığından dolayı şehir içlerinde tercih edilememektedir. Şehirlerde, dağ evlerinde, tarım arazilerinde, sanayide ve büyük GES sahalarında güneş enerjisi kullanılmaktadır. Bundan dolayı akıllı ev uygulamalarında güneş enerjisi kullanımı rüzgar enerjisine göre önceliklidir.

İnsanlar geçmişten günümüze kadar yaşadıkları ortamın fiziksel şartlarına uyum sağlamak için sürekli üretme, yenileme ve geliştirmeye ihtiyaç duymuşlardır. Sanayide, tarımda, barınmada ve insanoğlu içinde bulunduğu birçok alanda birtakım ihtiyaçlar doğrultusunda çözümlenmeler yapılmıştır. Bu çözümlenmeler gelişen mimari ve beraberinde gelen konfor şartları ile yaşamın büyük kısmının geçirildiği ve enerjinin büyük kısmını harcadığı binalar içinde yapılması kaçınılmaz olmuştur.

Her geçen gün gelişen mimari yapılar, lüks dizaynlar, konforlu iç tasarım ve sistemler bizlerin yaşam alanı olan evleri de etkilemektedir. Hem konforlu mimari hem de insan hayatını kolaylaştıran hibrit sistemlere ihtiyaç günden güne artmaktadır. Bu hibrit sistemi oluşturan akıllı ev ve sıfır enerji sistemleri konfor, zamandan tasarruf, enerjide dışa bağımlı olmamak, enerji tüketiminde tasarruf gibi birçok avantaj sunmaktadır.

Akıllı ev sistemi ile evdeki birçok aygıt uzaktan erişimle kontrol edilebilecek ve kurgulanan senaryolara göre çalışacaktır. Bu şekilde zamandan tasarruf etmenin yanında güvenli ve konforlu bir hayat sürülebilecektir.

Sıfır enerji sistemi içerisinde barındırdığı trombe duvar, güneş kolektörleri, güneş enerjisi, yer altı ısı pompaları, yalıtımlı duvarlar ve uygun cephe seçimi ile çok ciddi derecede enerjiden tasarruf edilip dışa bağımlı enerji tüketimi sıfıra indirilebilecektir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Özer (2005) yaptığı çalışmada, evin ve evde yaşayan canlıların hayat koşullarını iyileştirmek ve evde bulunan hayvanların insanlardan bağımsız bir şekilde yem ve su ihtiyacını gidermesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Sistemde kullandığı sensörler ile evin sıcaklığını, aydınlatmasını ve sulamasını sağlayacak algoritmalar oluşturmuştur.

Doğan ve Pırasacı (2009), yapılan bu çalışmada trombe duvarın çalışma prensibi ele alınmıştır. Binalarda yalıtım yerine trombe duvar kullanımının faydalarından bahsedilmiştir. Pasif güneş enerjisi kullanılarak belli duvarlarda ısının sabit tutulup trombe duvarda ise konveksiyonel ısı akışı ve bu akışın sağlıklı olması için nelere dikkat edilmesine değinilmiştir.

Alkan ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada, elektrik enerjisi ihtiyacını güneş enerjisinden elde eden bir sistem için projelendirme, matematiksel analiz ve fizibilite ortaya konulmuştur. Farklı tüketimler baz alınarak oluşturulabilecek sistemler ortaya konulmuştur. Sistemde şebekeden bağımsız ve güneşi takip eden sistem iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Karagöl ve Kavaz (2017), yapılan araştırmalarda dünyadaki yenilebilir enerji kaynakları ile ilgili gelişmeler, enerji kaynaklarının kullanımı, Türkiye’de yenilebilir enerji kaynaklarının durumu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkemiz açısından önemi ve geleceğinin durumu ele alınmıştır.

Köroğlu ve arkadaşları (2010), yaptıkları çalışmada güneş enerjisinin önemi güneş enerjisinin verimliliğini etkileyen başlıca sebepleri ele almışlardır. Güneş enerjisi sistemlerinin bileşenleri bu bileşenlerin verimliliği için dikkat edilmesi gerekenler ve bu sisteme uygun kablo seçimi gibi güneş enerjisini etkileyen birçok etken ele alınıp analiz edilmiştir.

Karaman ve arkadaşlarının yaptığı bir başka çalışmada ise (2016), güneş enerjisinde daha fazla yararlanabilmenin doğal bir yolu olan trombe duvar sistemi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Trombe duvar sistemiyle hem doğal havalandırma ve doğal ısıtma sistemleri üzerinde durulmuştur.

Varınca ve Gönüllü yaptıkları araştırmada (2006), yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerji sistemlerinin verimliliği ve önemi ele alınmıştır, bunun yanında güneş enerji sistemlerinin kullanma derecesi ve yaygınlığı ile ilgili araştırmalar

yapılmıştır. Ülkemiz Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli, yıllık ortalama güneşlenme süresi, günlük ortalama güneşlenme potansiyeli ve ortalama üretilebilecek enerji miktarları üzerine araştırmalar yapılmıştır.

İnal ve Akcayol yaptıkları çalışmada (2009), akıllı ev sistemlerinin gsm tabanlı olarak kontrol edilmesi üzerine araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmada java dili kullanılmış olup evdeki cihazlar uzaktan kontrol edilmektedir. Cihazların kontrolü gerçek hayatta kullanılabilecek oranda benzetilmiştir. Akıllı ev otomasyonunda kullanılan algoritmalar ve bununla ilgili şemalar verilmiştir.

Elma ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma (2014), akıllı evlerde enerji verimliliği üzerinedir. Bu çalışmada kullanıcının enerji tüketim değerlerinin ve üretim tesislerinin kontrolü ve izlenmesi yapılarak enerji akışının verimliliği incelenmektedir. Çalışmada akıllı ev projesi uygulanmış olup deneysel verilere yer verilmiştir. Yapılan uygulamada hem güneş enerjisi hem de rüzgar enerjisi hibrit şekilde kullanılmış olup çift yönlü invertör ile şebeke ve akü bağlantısı kurulmuştur.

Şahinoğlu yaptığı tez çalışmasında (2006), akıllı evin ne olduğu, akıllı ev kontrolünün sağladıkları, ev otomasyon sistemi ile neler yapılabileceği nelerin kontrol edilebileceği ele alınmıştır. Bunun yanında bahçe, havuz, deprem ve yangın ile ilgili sistemlerden bahsedilmiştir. Otomasyon sisteminin endüstrideki yeri, önemi ve tarihçesi ele alınmıştır.

Tezel tarafından yapılan çalışmada (2015), akıllı ev teknolojilerinin yaşlılar için arz ettiği önemden bahsedilmektedir. Yaşlıların sağlık durumlarını ve bakımlarını gözetebilen bu sistem içerisinde farklı biyolojik ve medikal algılayıcılar barındırmaktadır. Bu algılayıcılardan gelen veriler işlenerek yaşlıların sağlıkları denetlenmektedir. Geronteknoloji yaşlıların hayatlarına destek olarak hem konforlu bir hayat sürmelerini sağlamaktadır hem de fiziksel durumlarından dolayı sınırların ötesine geçebilmelerine imkan tanımaktadır.

Bulut ve arkadaşlarının yaptığı çalışma (2007), güneş enerjisiyle su ısıtma sistemlerinin analizi üzerinedir. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri sınıflandırılmıştır.

Doğal dolaşım, tabii dolaşım ve vakum tüplü sistemlerin avantaj ve dezavantajları üzerinde durulmuştur. Belirli standartlar baz alınarak deneyler yapılmıştır. Aylara göre faydalanma oranları çalışmaları yapılmıştır. Ekonomik analiz yapılarak kurulacak sistemlerin maliyet olarak dönüşüm süreleri hesaplanmıştır.

Erdoğan ve arkadaşları yaptıkları araştırmada (2006), ısı pompası sistemlerinin seçimi için nelerin önemli olduğu hangi sistemlerin hangi alanlarda yararlı olacağı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Yapılan araştırma ve çalışmalarda dış hava, atık hava, yeraltı suyu, göl suyu, nehir suyu, deniz suyu, kayaçlar, toprak ve atık suların sıcaklık değer aralıklarını vermişlerdir. Sistemlerin verimlerinin seçilecek ısı kaynağının kararlılığıyla bağlantılı olduğu üzerinde durmuşlardır. Toprağın sıcaklığının havanın aksine çok fazla değişmediği vurgulanmaktadır. Bunun yanında toprağın bileşenlerinin, toprağın alanının, yoğunluğunun ve nem oranının da verimlilikte etkilerinden söz edilmiştir.

Uslusoy yaptığı tez çalışmasında (2012), yenilenebilir enerji kaynakları hakkında bilgi vermiştir. Binalarda kullanılacak yenilenebilir enerji kaynaklarının neler olduğu hangi sistemlerin kullanılacağı ve çatı sistemleri ele alınmıştır. Çalışmada trombe duvar, ısısal baca sistemler, kış bahçesi ve güneş pencereleri gibi ısıtma konusunda destek konulara değinilmiştir. Bu tez çalışmasında Low-E ısı kontrol camları, gölgeleme sistemi ve güneş enerjisi gibi enerji tüketimini azaltacak birçok ayrıntıya verilmiştir.

Yılmazoğlu tarafından yapılan bu çalışma, ısı enerjini depolama üzerinedir. Isı enerjisinin depolama şekilleri ele alınmıştır. Katılarda depolamanın bir alt başlığı olan duvarlarda depolama enerji verimliliği açısından önemlidir. Duvar renkleri sayesinde aydınlatmadan tasarruf, yalıtım ile ısıtma ve soğutmada enerji tasarrufu sayesinde duvar sistemleri enerji verimliliği için önemlidir. Yer altı sistemi ile mevsimsel sıcaklığı sürekli sabit olan yerin 10-20m altındaki alanlardan elde edilen enerji ısıtma ve soğutma katkı sağlamaktadır.

### 3. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ

#### 3.1. Güneş Enerjisi Nedir?

Yeryüzü ve atmosferdeki fiziksel olayları ve oluşumları büyük oranda etkileyen güneş enerjisi günümüzde dünyada önemli bir yere sahiptir. Dünyadaki birçok olay madde ve enerji akışı güneş enerjisi sayesinde gerçekleşmektedir. Deniz ve okyanuslardaki hareketler, rüzgarlar, sıcaklık değişimleri, çeşitli gazların oluşumu ve biyokütle enerjileri güneş enerjisinin değişime uğramış şekilleridir.

Güneş enerjisi çok güçlü bir enerji kaynağı olup doğadaki su döngülerinin oluşmasında büyük öneme sahiptir. Yapılan araştırmalarda fosillerin fosil yakıtlara dönüşmesinde güneş enerjisinin biyokütle materyallerde birikmesinin büyük etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

Doğadaki birçok olayın ve enerji kaynaklarının temel etkeni olan güneş enerjisinden, ısıtmada, elektrik enerjisi elde etmede ve su ısıtmada doğrudan yararlanılmaktadır. Güneş enerjisi diğer enerji kaynaklarına göre daha temiz, kullanımı daha güvenli ve yenilenebilir olması fosil yakıt çeşitlerine alternatif olmaktadır.

Hızla artan nüfus ve sanayileşmedeki gelişmelerle birlikte git gide artan bir enerji ihtiyacı oluşmaktadır. Günden güne tükenen fosil enerji kaynakları insanları yeni alternatif enerji kaynaklarına itmektedir. Yenilenemeyen enerji kaynakları olmayan ülkeleri ele alacak olursak, bu ülkeler günden güne azalan fosil yakıt ihtiyacına yetişmekte zorlanmaktadır. Bu ihtiyacı ya dışarıdan fosil yakıt temin ederek ya da daha temiz ve güvenli olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek karşılamak zorundadırlar.

Son dönemlerin en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi hızla yaygınlaşmakta ve kullanımı artmaktadır. Şekil 3.1'de hibrit olarak çalışan güneş enerjisi sistemi verilmiştir.

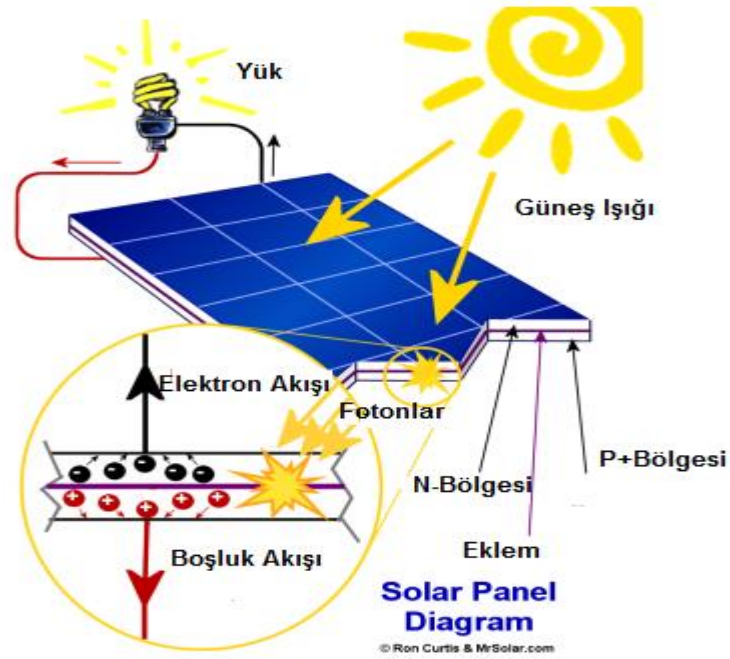


Şekil 3.1. Hibrit çalışan güneş enerjisi sistemi

### 3.2. Güneş Panelinin Çalışma Prensibi

Dünyamızın en önemli enerji kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisi sisteminde güneş panellerinin üzerine düşen güneş ışınlarını emen çok sayıda fotovoltaik hücre bulunmaktadır. Güneş panelleri fotovoltaik hücreler yardımıyla güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştüren bir yapıya sahiptir. P ve n eklemeden oluşan diyotlara benzeyen bir yapıya sahiptirler. Fotovoltaik hücreler katmanlı bir yapıya sahiptirler. Üst katmanlarında fosforlu bir yapı vardır. Güneş ışınlarından gelen fotonlar bu katmana çarparak bu fosfor yapısından elektron koparır. Kopan elektronlar negatif olarak üst kısımda yüklenir. İletken yapıya sahip olan katmanlardaki madde yardımıyla elektronlar negatif yüklü katmandan pozitif yüklü katmana geçerler. Bu yüklenmeler sonucunda bir elektrik alan oluşarak elektrik enerjisi üretilir.

Güneş enerji sisteminde kullanılacak panelin boyutu ve sayısı ihtiyaca göre belirlenmektedir. Güneş panelleri seri ya da paralel bağlanarak istenilen miktarda güç elde edilebilir. Güneş enerjisi sisteminin yönü mevsimlere göre güneşin geliş açıları baz alınarak ayarlanarak verimin artması sağlanır. 60 derecelik kış eğimi ülkemiz koşullarında kar birikimini ve buzlanmayı engellemektedir. Şekil 3.2’de güneş panelinden enerji üretim şekli verilmiştir.



Şekil 3.2. Güneş panelinin enerji üretim şekli

### 3.3. Güneş Enerji Sistemini Çeşitleri

Güneş enerjisi sistemleri şebekeye bağlı ya da şebekeden tamamen bağımsız olarak kullanılabilirler. Bu tamamen ihtiyaca göre şekillenir. Güneş enerji sisteminin kurulacağı bölge, maliyet ya da sistemi kuracak kişinin tercihi ile bağlantılı bir durumdur. Genel olarak sistemin kurulacağı bölge enerji nakil hatlarının olduğu yere yakınsa on-grid sistemler tercih edilir. Ama tam tersi bir durum mevcut ise yani sistemin kurulacağı bölgede veya yakınında enerji nakil hatları yok ise off-grid sistemler kurulur. On-grid ve Off-grid sistemler sonraki bölümlerde anlatılmıştır.

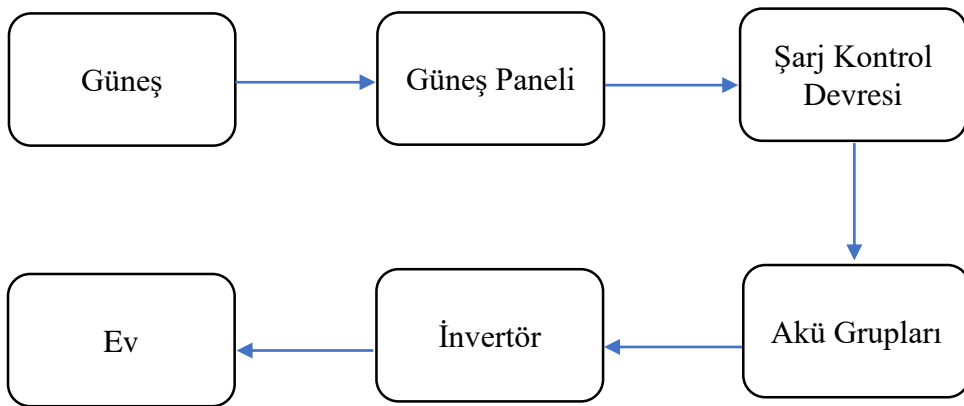
#### 3.3.1. Off-grid sistem

Off-Grid sistemler şebeke ile bağlantısı olmayan enerji nakil hatlarından bağımsız sistemlerdir. Off-Grid sistemler genel olarak şebekeden 800 metre uzak olan dağ evleri, çiftlikler, tarımsal araziler, otobanlar, baz istasyonları gibi alanlara kurulmaktadır. Bu tür alanlarda sıfırdan enerji nakil hattı çekilmesi, direk dikimi ve trafo kurulumu ciddi maliyet gerektirmektedir, bundan dolayı akü grupları kurulumu tercih edilmektedir.

Bu sistemde güneş panellerinden elde edilen enerji akülerde depolanır. Depolanan enerji ihtiyaca göre tüketici tarafından kullanılır. Bu sistemde önemli aşağıda liste halinde verilmiştir.

- Kullanılacak mevcut ekipmanlar enerji tasarruflu olmalıdır. Bu sayede tüketilen enerji düşecek ve sistem maliyeti azalacaktır.
- Evin günlük tüketimi uygun bir şekilde saat ve cihaz tüketimlerine göre hesaplanıp ihtiyaç doğrultusunda bir sistem kurulmalıdır
- Kurulacak sistemin panellerinin yerleşimi, günlük güneşlenme süreleri, panel dizilim ve birbirlerine gölge etkileri gibi hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.
- Güneş enerjisi sisteminin tasarımı yapıldığı zaman sistemin gücüne uygun invertör seçimi yapılmalıdır. Sistemde kullanılacak cihazların yapılarına uygun çektiği enerji miktarına uygun gerilim ve güçte invertörlerin kullanılması cihazların zarar görmemesi açısından önemlidir.
- Akü gruplarının muhafaza edileceği ortam akü ömürleri açısından çok önemlidir. Akülerin bulunduğu ortamın ısınma durumu nem durumu kontrol altında tutularak akü ömrü uzatılmalıdır.
- DC enerji iletiminde mesafe arttıkça kayıplar önemli boyutlara çıkabilmektedir. Bu nedenle sistemdeki cihazların arasındaki mesafe minimum olmalıdır.

Off-grid sistemlerde genel olarak güneş paneli, akü, akü şarj regülatörü, tam sinüs invertör, güneş enerji panosu, konnektör seti, kablo ve diğer montaj ekipmanları kullanılır. Şekil 3.3'de off-grid sisteme ait şekil verilmiştir.



Şekil 3.3. Off-grid sistem

### 3.3.2. On-grid sistem

On-grid sistemler doğrudan şebekeye bağlıdırlar. Şebekeye yakın bölgelerde kullanılır. Bu sistemde güneş panellerinden üretilen enerji şebekeye verildiği için akü ve akü şarj devresi kullanılmaz. On-grid sistemler büyük enerji üretiminde kullanıldığı gibi standart ev ihtiyacını karşılamak için de kullanılmaktadır. On-grid sistemde fotovoltaik güneş hücrelerinden elde edilen DC elektrik AC elektriğe çevrilerek şebekeye uyumlu hale getirilir.

Bu sistemde güneş panelleri, invertör ve çift yönlü sayaç bulunur. Üretilen enerji invertör ile şebekeye uyumlu hale çevrilerek çift yönlü sayaç ile şebekeye verilir ve ihtiyaç halinde tekrar sayaç üzerinden tüketiciye enerji iletilir.

Invertör, on-grid sistemler için çok önemli bir yere sahiptir. Güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisini şebeke elektriğine göre tek faz veya üç fazlı AC elektrik enerjisine dönüştürür. Şebeke bağlantılı sistemlerdeki invertörlerin üç faz için ayrı tek faz için ayrı invertör çeşitleri bulunmaktadır. Güneş panelinden gelen enerji ile şebekeden gelen enerji birlikte çalışmaktadır. Buradaki amaç güneş panelinden elde edilen enerjide güç düşümü olursa şebeke elektriğiyle tüketim yüküne destek olmaktır.

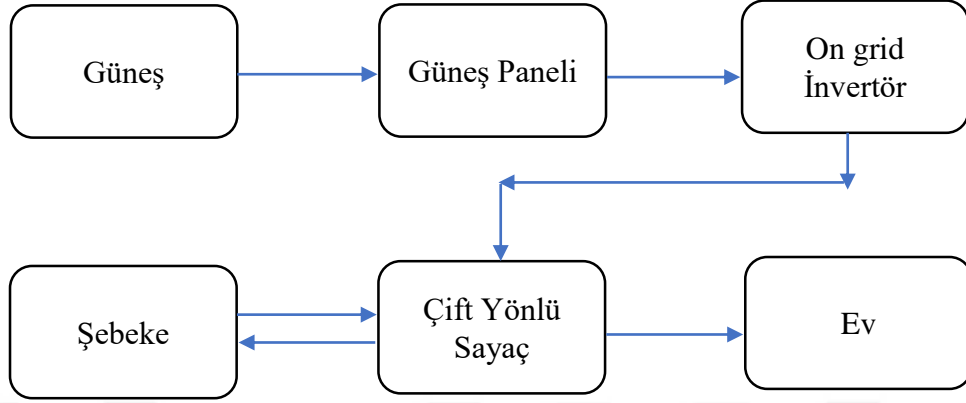
Çift yönlü sayaç güneş panellerinden şebekeye giden ve şebekeden çekilen enerjileri hesaplar. Üretilip şebekeye verilen enerji tüketilen enerjiden fazlaysa üretici şebekeye enerji satmış olur fakat tüketilen enerji üretilen enerjiden fazlaysa sistem sahibi elektrik şirketine kullandığı enerji tutarını öder.

On-grid sistemlerde şebeke enerjisinde oluşan bir kesintide, invertör de otomatik olarak devre dışı kalır ve sistemin elektrik üretimi durur. Bunun en önemli sebebi güvenlidir. Prensip olarak şebekeyi algılamayınca invertör çıkış vermemektedir.

On-grid sistemlerin avantajlarına aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

- Akü grupları kullanılmadığı için ek maliyet oluşturmaz.
- Sisteme yakın yerde tüketim olacağı için enerji dolanımı fazla olmaz ve kayıp en az düzeyde olur.
- Sistem kurulduğunda ihtiyaç olan yükün tamamını karşılayacak bir sistemin kurulma zorunluluğu yoktur, enerjinin yetmediği durumlarda şebeke devreye girecektir.

- Güneş enerji sistemi büyüklüğü istenildiğinde ve alan mevcut ise rahatlıkla arttırabilir. Şekil 3.4’de on-grid sisteme ait sema verilmiştir.



Şekil 3.4. On-grid sistem

### 3.4. Güneş Enerjisinin Önemi

Gün geçtikçe dünya nüfusu hızla artmaktadır. Artan nüfus beraberinde yeni teknolojik gelişmeler ve yüksek enerji tüketimini getirmektedir.

Enerji kaynakları tüketiminde dünyada petrol, doğalgaz ve kömür gibi yenilenemeyen fosil yakıtlar en ön sıradadır. Bu fosil yakıtlar oldukça pahalı olup doğaya ve canlılara zarar vermektedirler.

Güneş enerjisi, Rüzgar enerjisi ve Hidrolik enerji doğadan temiz yolla elde edilen enerjilerdir. Üretimi ve tüketimi sırasında doğaya herhangi bir zarar vermezler. Ama rüzgar enerjisinden ve hidrolik enerjiden elde edilen enerji sınırlıdır. Rüzgar enerjisi için rüzgara hidrolik enerji için ise akarsulara ihtiyaç vardır. Bunlar dünyanın her bölgesinde yeterli miktarda olmayabilirler bundan dolayı sorunlarla karşılaşılabilir. Durum böyle olunca yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlisi güneş enerjisi olmaktadır.

Güneş enerjisi piyasası içerisinde dünyada sayılı ülkeler arasına girmek için yarışan Türkiye güneş enerji potansiyeli bakımından çok önemli bir yere sahiptir. Bazı ülkeler güneş enerji potansiyeli bazı ülkeler ise panel ve ekipman üretimine dayalı olarak bu piyasada önemli bir yere sahiptir.

Fosil yakıtların özellikle petrolün önümüzdeki 50-60 yıl içerisinde tükeneceği tahmin edilmektedir. Ama güneş enerjisi tükenmeyen sonu gelmeyen bir kaynaktır. Güneş ışınları bütün dünyaya yayılır ve bu ışınları elde etmek için ekstra bir çabaya gerek

yoktur, güneş ışınlarından elektrik enerjisi elde etmek için fotovoltaik güneş hücreleri kullanmak yeterlidir.

Güneş panelleri bulutlu havada bile güneş enerjisi üretebilmektedirler. Dünya piyasasında şuan önemli bir yere sahip olan güneş enerjisi önümüzdeki yılların en gözde enerji kaynağı olacaktır.

### **3.5. Güneş Enerjisi Sistemlerinin Kullanıldığı Alanlar**

- Günümüzde en yaygın olarak bina çatılarında sıcak su üretiminde kullanılır.
- Güneş Enerjisi Santralleri yaşam merkezlerine veya herhangi bir ihtiyaç duyulan bölgeye enerji sağlamak için kullanılır.
- Evlerin enerji ihtiyacını karşılamak için çatılara monte edilir.
- Taşınabilen paneller şarj, aydınlanma gibi amaçlarla kullanılabilir.
- Sokak lambaları ve trafik ışıklarının kendi enerjilerini elde etmesi için kullanılır.
- Hesap makineleri gibi düşük enerji tüketimi olan cihazlarda kullanılır.
- Güneş enerjisiyle çalışan otomobillerde ve hibrit sistemli otomobillerde kullanılır.
- Uzaydaki istasyonların ısınması ve enerji ihtiyaçlarını karşılaması için kullanılır.
- Yapay uydularda kullanılır.

### **3.6. Güneş Enerjisinin Avantajları**

- Güneş enerjisi tükenmeyen ve evrenin sonuna kadar sonu gelmeyecek bir enerji kaynağıdır.
- Enerji üretiminde ve tüketimi esnasında çevreye hiçbir zarar vermez.
- Bireysel ev veya endüstriyel uygulamalarda kullanılır. Enerji ihtiyacı olan tüm alanlarda güneş enerjisi sistemleri kullanılabilir.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, neredeyse tüm alanlarda güneş enerjisi sistemlerinden yararlanılabilir.

- Kurulan güneş enerji sistemlerin ilk kurulum maliyetleri yüksek olmasına rağmen bakım maliyetleri yoktur veya çok azdır.
- Enerji elde etme maliyeti neredeyse sıfırdır.
- Güçlü ve dayanıklı malzeme içeriği sayesinde olumsuz şartlara karşı uzun yıllar dayanabilir.
- Rüzgar ve su gibi tamamen hava koşullarına bağlı olmadığı için enerji üretimi daha kolaydır.

### 3.7. Güneş Enerjisinin Dezavantajları

- Güneş enerjisi sistemlerinden verim alınmak isteniyorsa büyük alanlara ihtiyaç vardır. Türkiye’de birim yüzeye düşen güneş ışını miktarı 1300 w/m<sup>2</sup>’dir.
- İlk kurulumda maliyeti çok fazladır.
- Güneş battıktan sonra enerji üretimi durur.
- Güneş ışınımı sürekli olmadığından ve gece kullanılabilmesi için akü veya akü gruplarında depolanması gerekmektedir.
- Güneş panellerinin en verimli çalıştığı an güneş ışınlarının güneş panellerine dik geldiği anlardır, bundan dolayı güneş takip sistemleri kullanılarak verimlilik en üst düzeyde tutulur.
- Enerji ihtiyacının en fazla olduğu aylar kış aylarıdır. Bu aylarda hava genelde kapalı ve yağışlı olmaktadır, gün içerisinde güneş panelleri çok az enerji üretir geceleri ise hiç üretmez.

### 3.8. Dünyada Enerji Kullanımı

1973 yılında dünyada büyük bir krizin yaşanmasına neden olan petrol bu tarihten sonra alternatifini daha sık düşünülen bir kaynak haline gelmiştir. Bu krizden sonra sanayide önemli adımlar atan ülkeler yeni enerji kaynakları aramaya başlayıp önemli adımlar atmışlardır. Yıllar 2000’i gösterdiğinde alternatif enerji kaynağı arayışları çok hızlı bir ivme yakalamış ve başarılı çalışmalar ortaya konulmuştur.

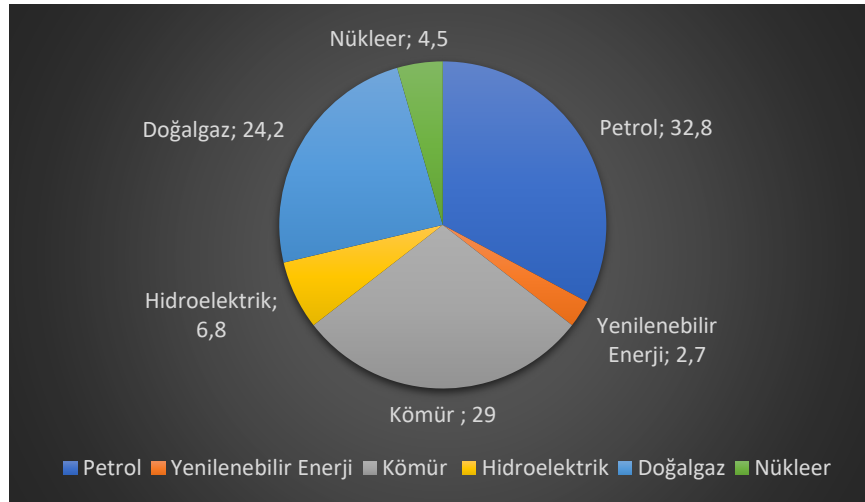
Başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarını sayacak olursak; güneş enerjisi, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, biyokütle enerjisi, dalga ve hidrojen enerjileri

olarak sıralayabiliriz. Bu enerji türlerinin birçoğunun ana kaynağı güneş enerjisidir. Hatta bunun dışında fosil yakıt olan kömür, petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarının oluşumu esasında da güneş enerjisinin büyük etkisi vardır. Bundan dolayı dünyanın en önemli enerji kaynağı olarak güneş gösterilmektedir. Tablo 3.1’de yenilenebilir enerji çeşitleri ve bu enerji çeşitlerinin kaynakları listelenmektedir.

**Tablo 3.1.** Yenilenebilir Enerji Çeşitleri Ve Kaynakları (BBC,2016)

YENİLENEBİLİR ENERJİ ÇEŞİTLERİ	ENERJİNİN KAYNAĞI
Güneş Enerjisi	Güneş
Rüzgar Enerjisi	Rüzgar
Jeotermal Enerji	Yer Altı Suları
Hidrolik Enerji	Nehir ve Akarsular
Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler
Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

Çok güçlü ve geniş bir potansiyeli olan yenilenebilir enerji kaynakları buna rağmen dünya genelindeki tüketilen enerji sıralamasında petrol, doğalgaz ve kömürün gerisinde yer almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji tüketimi içerisindeki oranı ise yüzde 9,5 kadardır. Grafik 3.1’de Enerji tüketim oranları verilmiştir.



**Grafik 3.1.** Dünya Birincil Enerji Tüketim Oranlarının Kaynak Bazlı Dağılımı (BP Energy Outlook to 2035, 2015)

2014 yılındaki küresel nihai enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 19,2 olarak gerçekleşmiştir. Bu oran 2015 ve 2016 yıllarında artmaya devam ederek yüzde 20 bandını geçmiştir. Fosil yakıtların nihai tüketim içerisindeki oranı neredeyse yüzde 79 ve nükleer enerji ise yüzde 2,5 kadardır.

Bu oran dünyadaki enerji ihtiyacının beşte birinin yenilenebilir enerji kaynaklarından tedarik edildiğini göstermektedir. Ama buna rağmen fosil yakıtların mevcut enerji tüketimi içerisindeki yeri oldukça fazladır. Dünyada fosil yakıt tüketimi hala üst seviyelerde olmasına rağmen son zamanlarda gittikçe artan ve hızla gelişen yenilenebilir enerji sektöründeki yatırımlarla beraber hızlanan teknolojik gelişmeler sayesinde tükenmeyen ve temiz bir enerji olan yenilenebilir enerjinin kullanım oranı gün geçtikçe artmaktadır. Bu gelişmeler ile beraber 2016 yılı sonunda yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut enerji kaynakları tüketimi içerisindeki payı yüzde 20-21 civarında olması beklenirken 2017 yılında ise bu oranın giderek artması beklenmektedir (BP Energy Outlook 2016 Edition, 2016).

### 3.9. Türkiye'nin Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyeli

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde bulunan ve 1966–1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1,311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'de yıllık güneşlenme süresi ortalama 110 gündür. Bu güneşlenme süresinde oldukça büyük bir potansiyeldir. Ülkemiz Türkiye'de gerekli yatırımlar yapıldığı takdirde, yılda birim metre kareye ortalama 1,100 kWh'lik bir güneş enerjisi üretebilir durumdadır (Varınca ve Gönüllü, 2006).

Ülkemiz Türkiye'de bulunan mevcut bölgelerdeki yıllık güneş enerjisi potansiyel dağılımı Tablo 3.1'de verilmiştir. Ülkemizde güneş enerjisi potansiyelinin en fazla olduğu bölge 1460 kWh/m<sup>2</sup> ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi en az olduğu bölge ise 1120 kWh/m<sup>2</sup> ile Karadeniz bölgesidir. DMI ve EİE güneş enerjisi sistemlerinde daha fazla verim almak amacıyla 1992 yılından bu yana ölçümler ve çalışmalar yapmaktadır. Devam

etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20–%25 daha fazla olması beklenmektedir (TMMOB).

Tablo 3.2’de Türkiye’nin yıllık güneş enerji potansiyelinin bölgelere göre dağılımı, Tablo 3.3’de ise aylık ortalama güneş enerji potansiyeli ve Tablo 3.4’de yıllık enerji potansiyelinin bölgelere göre dağılımı verilmiştir.

**Tablo 3.2.** Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (EİE, 2012)

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> – yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

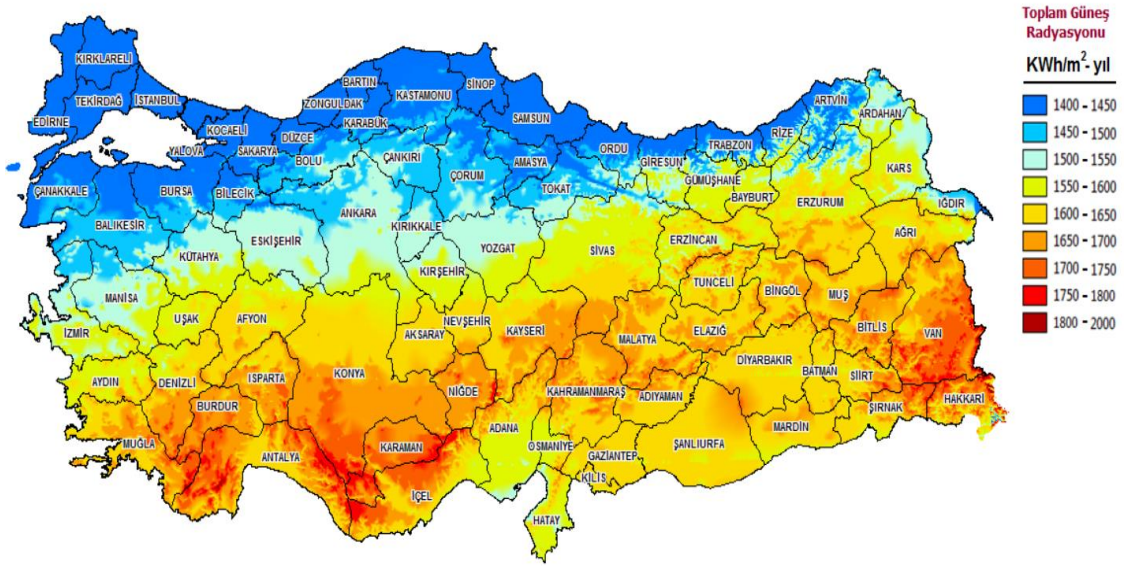
**Tablo 3.3.** Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli (EİE, 2012)

Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü			
Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (Kcal/cm <sup>2</sup> -ay) (kWh/m <sup>2</sup> -ay)		Güneşlenme Süresi (Saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0 cal/ cm <sup>2</sup> gün	3,6 kWh/ m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

**Tablo 3.4.** Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (EİE, 2012)

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m <sup>2</sup> Yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Türkiye için Güneş ışınımı haritası incelendiğinde özellikle Ege ve Akdeniz bölgesinin Dünya üzerindeki en yüksek derecede güneş ışığına maruz kalan bölgeler olduğu kolayca görülebilir. Şekil 3.5'de Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası verilmiştir.



**Şekil 3.5.** Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası (EİE, 2012)

#### 4. SIFIR ENERJİLİ BİNA

Sıfır enerjili evin amacı içerisinde ikamet edenlerin konforlu bir hayat sürmesini ve bu hayatı sürerken de kullandıkları enerjiyi en aza indirerek ısıtma ve soğutmayı doğal yollardan karşılamak için tasarlanmış binalardır. Kullanılan enerji miktarında günümüz standart binalarına oranla, ısıtma ve soğutma ve enerji kullanımında %70'lere varan oranda tasarruf sağlamaktadır.

Güneş panelleri ile elde ettiğimiz enerjiyi doğru bir kullanım bir evin günlük ihtiyaçları karşılanabilmekte olmakla birlikte fazla enerji elektrik dağıtım şirketlerine satılabilmektedir.

Isınmanın doğalgaz, kömür, odun veya klima ile yapıldığı günümüz şartlarında binalarda güneş panelleriyle üretilen enerjiyi kullanarak, bina dışı yalıtımı doğru bir şekilde yaparak ve evin kış-yaz cephelerini doğru bir şekilde ayarlayarak daha verimli ve çok daha az maliyetli bir ısınmanın sağlanmasıyla beraber güneş enerjisiyle sıcak su temini çatıya veya güneş doğrudan gören bir bölgeye kurulan su güneş enerjisi sistemiyle tamamen maliyetsiz bir şekilde kullanılabilir.

2016 yılında Avrupa Birliği tarafında çıkarılan Binalarda Enerji Performansının Değerlendirilmesi 2010/31 / AB Yönergesi ile artık Avrupa Birliğine dahil ülkeler 2020 yılına kadar evlerde iyileştirme ve Enerji performansının iyileştirilmesini teşvik etmek ile yükümlüdürler. Avrupa birliği 2020 yılına kadar neredeyse bütün evleri sıfır enerjili statüye getirerek hem dünyadaki enerji tüketimini azaltmak hem de 2030 yılında dünyadaki sera gazlarının %30 azaltılmasını hedeflemektedir ( Evaluation of the Energy Performance of Buildings Directive, 2010).

Evlerde tüketilen enerjinin %20'si kullanılan elektrikli ev aletleri tarafından tüketilmektedir, geri kalan %80 ise ısıtma, soğutma ve diğer mevsimsel tüketimler yoluyla gerçekleşmektedir (Güven, Terzioğlu, 2009).

Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda yalıtımlı dış cephe tasarımının yalıtımsız dış cephe tasarımlarına göre enerjide verimlilikte önemli bir noktaya geldiğini ortaya koymuştur. Yalıtımlı ev tasarımı ile ideal ev tasarımı kıyaslandığından %31 gibi bir ısı tasarrufu elde edilmiştir (Utlü, Tekin, 2014).

Aydınlatma sistemlerinde verimsiz ampuller yerine tasarruflu ampuller kullanılırsa % 80 gibi bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

Low-E ısı kontrol camları üzerine yapılan araştırmalar ve çalışmalar sonucunda sistemin enerjide %7 tasarruf sağladığı görülmüştür (Harputlugil, 2007).

Bir evin yıllık ısıtma-soğutma için harcadığı enerji 10.500 kWh, sıcak su için harcadığı enerji 1.500 kWh, 503 kWh aydınlatma ve 2.908 kWh diğer elektriksel ev aletleri için harcadığı enerji bulunmaktadır.

İskenderun bölgesi için yapılan çalışmada cam sistemlerinin enerji yüküne olan etkisi incelenmiştir. Yazın soğutma yük profili incelenmiş, mevcut durum ve diğer senaryolara göre soğutma ve ısıtma sezonu enerji performansları eş-zamanlı düşünülüp değerlendirilmesi yapılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalar ve hesaplamalar sonucunda yalıtımlı durumdaki enerji ihtiyacı yalıtımsız durumdaki enerji ihtiyacından % 16 daha az olduğu görülmüştür (Özutku, Karakuş, 2018)

Tablo 4.1’de bir evin yıllık ortalama enerji ihtiyacı ve bu tüketimin yapıldığı farklı kullanım alanları verilmiştir. Normal standartlardaki bir evin ortalama enerji tüketimi 15.411 kWh’dir. Enerjinin en fazla tüketildiği alan ısıtma ve soğutma sistemleridir.

**Tablo 4.1.** Bir evin enerji tüketiminin kullanım alanları

	<b>Tüketilen Enerji (kWh)</b>	<b>Enerji Dağılımı (%)</b>
<b>Isıtma - Soğutma</b>	10.500	68,2
<b>Sıcak Su</b>	1.500	9,7
<b>Aydınlatma</b>	503	3,2
<b>Elektriksel Cihazlar</b>	2.908	18,9
<b>Toplam İhtiyaç</b>	15.411	100

Tablo 4.2’de sıfır enerji yapısı bileşenleri evi enerji tüketimine doğrudan etki etmektedir. Örneğin, toprak kaynaklı ısı kollektörü sistemlerinin boruları yerin belli bir derinliğine döşenir, 10-15m arasında değişen bu derinlikte yıl boyu sıcaklık değerleri aynı kalmaktadır. Toprak kaynaklı ısı kollektörü sistemi de bu ısıyı yaz ve kış evin içerisine taşıyarak kullanıcının ısınma veya soğutma için kullanılan enerjiden tasarruf etmesini sağlamaktadır.

**Tablo 4.2.** Sıfır enerji bileşenlerinin ev verimliliği üzerindeki etkisi

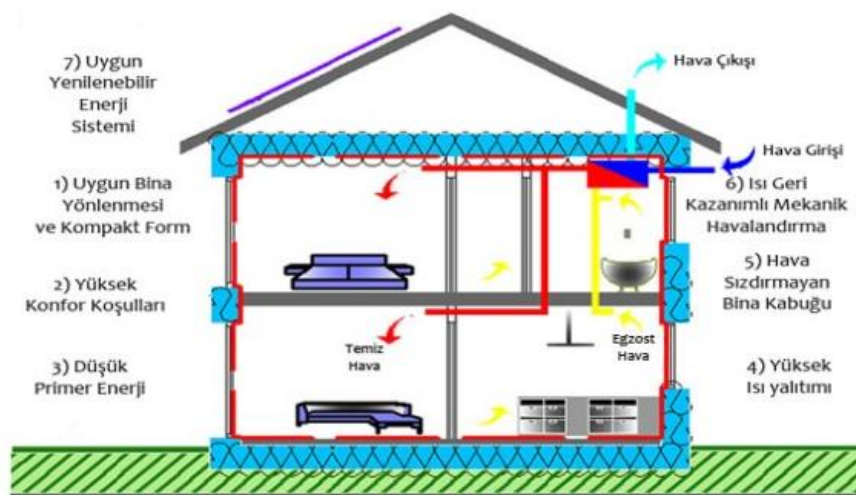
	<b>Enerji Tasarrufu</b>	<b>Normal Yalıtım</b>	<b>0 Enerji Sistemi</b>
<b>+ Trombe Duvar</b>	%31	Isıtma - Soğutma	4734,9 kWh
<b>+TS-825 Isı yalıtımı</b>	%16		
<b>+ Low-E Isı Camları</b>	%7	10.500 kWh	
<b>+ TKIP</b>	%43		
<b>Verimli Ampül</b>	% 80	503 kWh	100,6 kWh
<b>Elektriksel Cihazlar</b>	-	2.908 kWh	2.908 kWh
<b>Sıcak Su Sistemleri</b>	% 50	1.500 kWh	750 kWh
<b>Toplam Kazanç</b>	% 44,88	15.411 kWh	8.493,5 kWh

#### 4.1. Sıfır Enerjili Ev Tasarımı

Sıfır enerjili bir ev tasarlamak için birden fazla sistemi ve yapıyı aynı anda hibrit bir şekilde kullanmak gerekmektedir.

- Isınma ve soğutma sistemleri
- Hava Sirkülasyonu
- Bina Cephe Ve Konumunun Seçimi
- Kullanılan Cihazların Enerji Verimliliği
- Bina Yalıtımı
- Güneş Enerjisi gibi birçok sistem beraber kullanılmalıdır.

Standart bir evin günlük enerji tüketimini ev sahipleri enerji dağıtım şirketlerinden belirli bir ücret karşılığı tedarik etmektedirler, bu maliyeti sıfıra indirip kendi elektriğini üreten bir sistem oluşturmak başlangıçta maliyetli olacaktır ama sonradan büyük maddi kazanç sağlayacaktır. Aynı şekilde ısıtma ve soğutma sistemleri içinde söyleyebiliriz. Ev sıcaklığına göre ısıtıcı ve ya soğutucuların çalışması içerdeki nem oranına göre havalandırmaların çalışması veya içerinin sıcaklığını belli düzeyde tutmak için yazın yer altı su kolektörlerinin kullanımı kışın ise uygun bina cephesi seçimi, bina yalıtımı gibi birçok ayrıntı bize ve doğaya büyük oranda yarar sağlayacaktır. Şekil 4.1' de akıllı ev sistemi verilmiştir.



Şekil 4.1. Sıfır enerjili akıllı ev

#### 4.1.1. TS-825'e uygun bir ısı yalıtımı

Tamamlanan çalışmalarda, enerji tasarrufu sağlanması için dizayn edilen evlerde, ısınma ve soğutma için tüketilen enerjinin %50-60 gibi büyük bir oranda geri kazanılıp büyük tasarruf edilebileceği ortaya konmuştur.

Bu tasarruf ile enerjinin %75'i gibi büyük bir kısmını ithal eden ülkemize maddi olarak büyük katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Araştırmaların ve yapılan çalışmaların ortaya koyduğu veriler neticesinde; Fransa, Almanya, İsveç, İngiltere gibi enerji tüketimine dikkat eden ve enerjiyi verimli kullanan ülkelerle benzer iklim koşullarında ve hemen hemen aynı kullanım alanı bulunan ülkemizdeki ortalama bir standarda sahip olan bir konutun ısıtma için tükettiği enerji miktarı, diğer ülkelerdeki aynı standarttaki konutlara göre 2-5 katı daha fazladır. Ülkemizde bulunan mevcut binalar ısınma probleminin yaşanmasının ve fazla ısı kaybı olmasının en büyük nedeni binalarda hiç yalıtımın olmaması veya yeterli yalıtım olmamasıdır.

Ülkemizde şuanda ısı yalıtımıyla ilgili mevcut standart, TS 825 "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardıdır. Bu standart AB standartlarına uyarlanmış ve ilk olarak 29 Nisan 1998 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu standart 14 Haziran 2000 tarihinde binalarda uygulanması zorunlu hale gelmiştir. Sürekli revize edilen TS 825 standardı 24 Mayıs 2008 tarihinde en iyi halini almıştır. TSE teknik kurulunda kabul edilerek

yürürlüğe girmiş ve 26 Ağustos 2008 tarihinde Resmi Gazetede tebliğ olarak yayımlanmıştır (İzocam, 2013).

2008 yılında yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı yönetmeliği, mevcut Isı Yalıtım Yönetmeliğini yürürlükten kaldırmıştır ve yeni yapılan binalarda TS-825 standardını zorunlu standart olarak kılmıştır.

Yani günümüzde yürürlükte olan TS 8255 standardının bundan önceki standartlar gibi zorunlu statüde olduğu ve bu standardın kapsadığı ilgili bütün mecraların uymak ve uygulamak zorunda oldukları bir standarttır.

Bu standart, yeni yapılacak bir binanın ilk aşamasından son aşamasına kadar gerekli olan tüm yalıtımların yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Şekil 4.2' de bina dışı yalıtımının enerji performansı verilmiştir.



**Şekil 4.2.** Bina dışı yalıtımının enerji performansı

TS-825 ısı yalıtımı standardı ile yalıtılmış bir evin ısı tasarrufunda evin zemin beton alanı, bina dışında kullanılan ısı yalıtım malzemesi tipi ve kalınlığı, pencere genişliği, çift camlar arasında mesafe gibi birçok etken vardır. Isı yalıtım tasarruf hesabı İZODER tarafından hazırlanan "TS 825 Isı ihtiyacı Hesaplamaları" adlı programla yapılmıştır. Şekil 4.3'de TS-825 ısı ihtiyacı hesaplamaları adlı programa ait ilk sayfa verilmiştir.

İZODER TS 825 - [.]

Dosya Düzen Özel Fonksiyonlar Yardım

Veri Girişleri

Proje  
Duvar  
Tavan  
Taban  
Pencere  
Kapı  
Güneş Enerjisi Kazancı

**Binanın**

Sahibi : Muhammed Sefa Yıldız

Bina Tipi : Konutlar

Kat Adedi :

**Arsanın**

İli : KONYA

İlçesi : MERKEZ

Mahallesi : Bosnahersek mahallesi

Sokağı :

Pafta :

Ada :

Parsel :

İmza :

**Isı Yalıtım Projesi Yapanın**

Adı Soyadı : Muhammed Sefa Yıldız

Ünvanı :

Sicil No :

Kuruluşu :

**Hesaplama Bilgileri**

**Net Oda Yüksekliği**

<=2,6 m

>2,6 m

**Havalandırma Tipi**

Doğal

Mekanik

$\theta_i$  : 19 °C

$H_T$  : 0 W/K

$H_V$  : 0 W/K

$H$  : 0 W/K

$n_h$  : 0,8

$A_{top}$  : 0 m<sup>2</sup>

$AV$  : 0 m<sup>-1</sup>

$V_{brüt}$  : 0 m<sup>3</sup>

DG Bölgesi : 3

**Enerji kullanımı - İç ısı kazançları**

Normal (Konutlarda, okullarda ve normal donanımlı büro binaları vb.)

Yüksek (Yemek fabrikaları, aydınlatmanın sadece elektrik ile sağlandığı binalar vb.)

Şekil 4.3. TS 825 için İZODER tarafından hazırlanan program.

Tek bir bölge için ısı hesabı için gerekli formüller aşağıda verilmiştir.

$$Q_{yıl} = \sum Q_{ay} \quad (4.1)$$

$$Q_{ay} = \left( H(T_i - T_d) - \eta_{ay}(\Phi_{ay} + \Phi_{g,ay}) \right) \cdot t \quad (4.2)$$

$Q_{ay}$  : Aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı

$H$  : Binanın özgül ısı kaybı

$T_i, T_d$  : Aylık ortalama iç ve dış sıcaklıklar

$\eta_{ay}$  : Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü

$\Phi_{i,ay}, \Phi_{g,ay}$  : Aylık ortalama iç ve güneş enerjisi kazançları

$t$  : Zaman

$H_h$  : İletim Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı

$$H = H_i + H_h \quad (4.3)$$

$$H_h = \sum(A \cdot U) + I \cdot U_I \quad (4.4)$$

$H_h$  : Havalandırma Yoluyla Gerçekleşen Isı Kaybı

$$H_h = 0,33 \cdot n_H \cdot V_h \quad (4.5)$$

$\Phi_{i,ay}$  : Aylık Ortalama İç Kazançlar

Konutlarda  $\Phi_{i,ay} = 5 \times A_N$

Ticari binalarda  $\Phi_{i,ay} = 10 \times A_N$

Aylık Ortalama Kazanç Kullanım Faktörü

$$\eta_{ay} = 1 - e^{\left(-\frac{1}{KKO_{ay}}\right)} \quad (4.6)$$

$$KKO_{ay} = (\Phi_{i,ay} \Phi_{g,ay})/H(T_i - T_d) \quad (4.7)$$

Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Kazançları

$$\Phi_{g,ay} = \sum r_{i,ay} \cdot g_{i,ay} \cdot I_{i,ay} \cdot A_i \quad (4.8)$$

$r_{i,ay}$  : “i” yönünde saydam yüzeylerin aylık ortalama gölgelenme faktörü,

$g_{i,ay}$  : “i” yönündeki saydam elemanların güneş enerjisi geçirme faktörü,

$I_{i,ay}$  : “i” yönünde dik yüzeylere gelen aylık ortalama güneş ışınımı şiddeti ( $W/m^2$ ),

$A_i$  : “i” yönündeki toplam pencere alanı ( $m^2$ )’dir.

$U$  : Isıl Geçirgenlik Katsayısı

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (4.9)$$

Program kullanılarak yapılan çalışma neticesinde yapılacak sistem için hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler Tablo 4.3’te verilmiştir.

**Tablo 4.3.** Yalıtım standartlarının değişimine göre tüketim değişimi

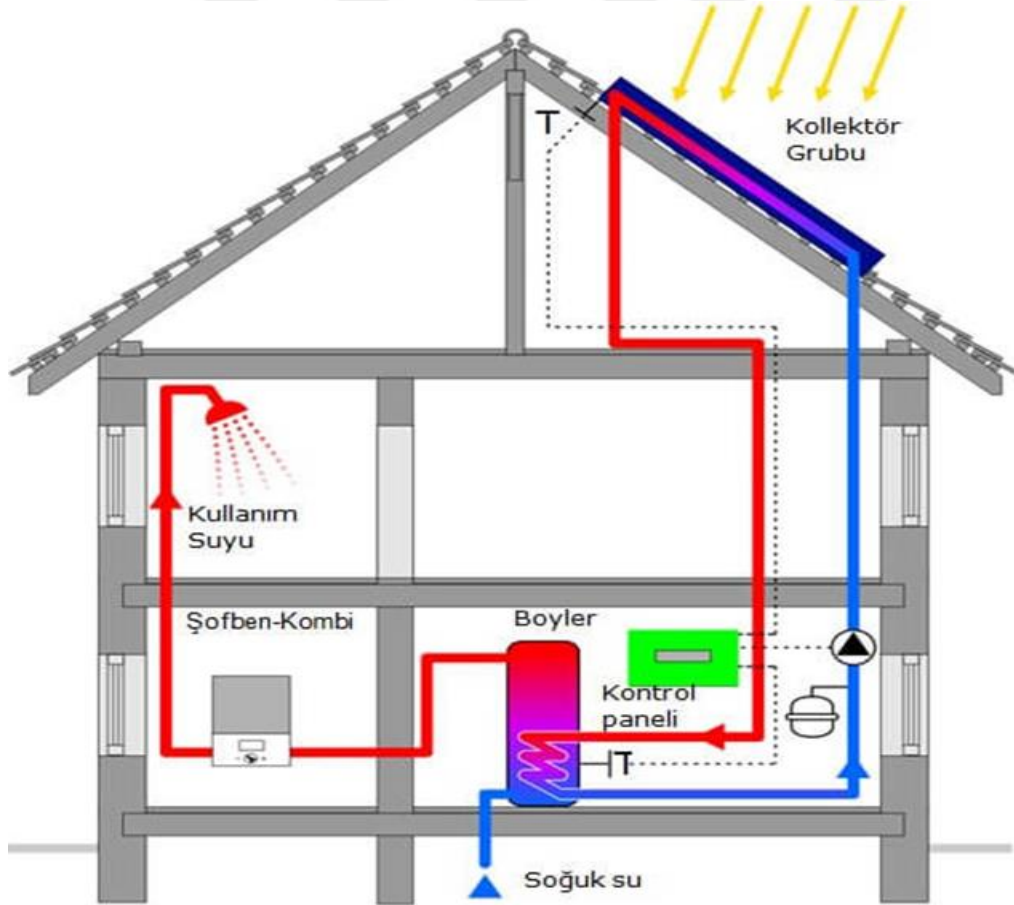
	Kaybolan Isı (Birim Alan) ( $kWh/m^2$ )	Evin Toplam Kaybettiği Isı Miktarı ( $kWh$ )	Binanın Tüketeceği Doğalgaz Miktarı ( $m^3$ )
<b>Yeni TS 825 standartı durumunda</b>	30,18	34099	3554,56
<b>Eski TS 825 standartı durumunda</b>	52,78	59638	6216,80
<b>Hiç yalıtım yoksa</b>	100,52	113577	11839,54

TS-825 Isı ihtiyacı Hesaplamaları programıyla yapılan hesapta yeni TS 825 standardına uygun bir ev için yılda tüketilecek doğalgaz 3554,56 m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur,

eski TS-825 standartlarında olan bir ev için hesaplama yapıldığında doğalgaz tüketimi 6216,80 m<sup>3</sup> olmaktadır. Yalıtımı hiç olmayan bir ev için yapılan hesaplamada ise yıllık doğalgaz tüketimi 11839,54 olmaktadır. Bu sonuçların ortaya koyduğu verilere göre Yeni TS-825 ısı yalıtımına sahip olan bir binanın eski standarda göre % 57, hiç yalıtımı olmayan bir binaya göre % 70 daha az doğalgaz tüketir.

#### 4.1.2. Evsel tüketim için sıcak suyun güneş kolektörleri ile sağlanması

Güneş enerjisini düzlemsel kolektörler ile toplayan, güneş enerjisinin ısıttığı suyu depolayan ve kolektörler ile depo arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borulara sahip sistemler güneş kolektörlü sıcak su sistemleridir. Bunun yanında bu sistem pompa ve kontrol edici elemanlara da sahiptir. Bu sistemleri pompalı ve tabii dolaşimli diye ikiye ayırabiliriz. Bu sistemlerin ikisi de açık ve kapalı sistemler olarak dizayn edilir. Şekil 4.4'te tabii dolaşimli bir sistemin çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Sıcak su üreten güneş kolektörü

**Tabii dolaşımli sistemler:** Tabii dolaşımli sistemlerde ısının akışı kendiliğinden meydana gelmektedir. Güneş kollektörlerinde ısınan suyun yoğunluğu azalır ve yükselmeye başlar ve ısı akışı meydana gelir. Bu sistemlerde depo seviyesi kollektörün 30 cm üzerinde bulunmalıdır.

**Pompalı sistemler:** Tabii dolaşımli sistemlere göre daha büyük su hatları olduğundan su direnci fazladır ve daha büyük bir depo mevcuttur bundan dolayı bu sistemlerde pompaya ihtiyaç vardır. Bu sistemlerde ısı akışı pompa ile sağlanır. Deponun yukarıda olma gibi bir zorunluluğu yoktur.

**Açık sistemler:** Bu sistemler kapalı sistemlere göre daha verimli ve maliyet bakımından ucuzdurlar. Açık sistemlerde kullanım suyu ile kollektörlerde dolaşan su aynıdır. Suyu kireçsiz ve donma probleminin olmadığı bölgelerde kullanılır.

**Kapalı sistemler:** Kapalı devre sistemlerindeki toplayıcıda dolaşan sıcak suyun bir kısmı kullanım suyunu ısıtır. Bu sistemde kullanım suyu ile ısıtma için kullanılacak su farklıdır. Toplayıcıda dolaşan suyun içerisine antifirizli su konularak donma engellenir, -20 dereceye kadar dayanıklıdır. Toplayıcı tankı kapalı devre olduğu için genişleme olacaktır bu genişlemeyi alabilmek için kollektör sistemine açık ya da kapalı genişleme tankı konulmalıdır. Kollektörlerde ısınan suyu kullanım suyuna aktarmak için eşanjör kullanılır. Donma, kireçlenme ve korozyona karşı çözüm olarak kullanılırlar. Kapalı sistemlerin maliyeti açık sistemlere göre daha yüksektir fakat eşanjör kullanılması nedeniyle verimleri daha düşüktür.

Yapılan çalışmalarda 4 kişilik bir ailenin nisan ayında günlük kişi başı 75 lt su tükettiği baz alınarak hesaplama yapılacak olunursa;

$$Q = m \times V_b \times (T_{su} - T_{şehir}) \times e \quad (4.10)$$

$$Q_k = R \times F \times S \times n_k \quad (4.11)$$

$$K = Q_i / Q_k \quad (4.12)$$

$Q_i$  : Toplam enerji ihtiyacı/günlük (kcal/gün)

$m$  : Tüketici sayısı

$T_{şehir}$  : Suyun şebeke sıcaklığı (C)

$T_{su}$  : Suyun kullanılacak referans değeri (C)

$Q_k$  : Güneş kollektörü tarafından tüketilen faydalı enerji (kcal/gün.kollektör)

- $R$  : Yatay alana düşen güneş ışını miktarı (kcal/m<sup>2</sup>.gün)  
 $F$  : Kollektör montaj eğim açısına göre düzeltme faktörü (boyutsuz sayı)  
 $S$  : Kollektörün emici net yüzeyi (m<sup>2</sup>/kollektör)  
 $n_k$  : Kollektör ortalama verim değeri (boyutsuz sayı)  
 $e$  : Enerji kayıp durumları için emniyet faktörü (boyutsuz sayı)  
 $K$  : İhtiyaç duyulacak kollektör adedi

$$R : 4,684 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{gün ( Konya – Nisan ayı)}$$

$$F : 1,03$$

$$S : 1,88 \text{ m}^2/\text{kollektör}$$

$$n_k : 0,70 \text{ (%70)}$$

$$e : 1,10 \text{ (%10 artış)}$$

$$Q = 4 \times 50 \times (60 - 10) \times 1,10 = 15.750 \text{ kcal/gün}$$

$$Q_k = 4,684 \times 1,03 \times 1,88 \times 0,70 = 8,01 \text{ kcal/gün} \times \text{kollektör}$$

$$K = \frac{Q_i}{Q_k} = 1.373,28$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda Konya ilinde yaşayan 4 kişilik bir ailenin günlük sıcak su ihtiyacını karşılamak için 2 kollektörlü bir sisteme ihtiyaç vardır. 2 kollektörlü bir sistem için maliyet ve amorti süresi araştırılması yapılmış ve aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

$$Q_{su} = m_{su} \times c_p \times (T_{su} - T_{şebeke}) [kJ] \quad (4.13)$$

Kollektör verimi %56, tesisat verimi ise %72 olarak alınır.

$$i_{q_{konya}} = 24,52 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün} = 6,81 \text{ kWh/m}^2$$

$$Q_{üretilen} = q_{konya} - \text{temmuz} \times \text{kollektör verimi} \times \text{tesisat verimi} \quad (4.14)$$

$$q_{üretilen} = 24,52 \times 0,56 \times 0,72 = 9,878 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{gün}$$

$$m_{su} \times c_p \times (T_{su} - T_{şebeke}) = q_{üretilen} \times \text{kollektör alanı} \quad (4.15)$$

$$300 \times 4,18 \times (T_{su} - 20) = 9,878 \times 6$$

$$T_{su} = 67 \text{ C}$$

Suyun sıcaklığını 47 derece yükseltmek için ne kadar enerji gerektiği hesaplanırsa;

$$Q = m \times c \times \Delta_T \quad (4.16)$$

$$\text{Kütle} = 200000 \text{ cm}^3 = 200000 \text{ gr}$$

$$Q = 200000 \times 1 \times 47 = 9.400 \text{ kcal}$$

$$9.400 \text{ kcal} = 10,93 \text{ kWh}$$

$$10,93 \text{ kWh} \times 0,60 \text{ TL/kWh} = 6,558 \text{ TL}$$

200 lt suyu ısıtmak için 2 saat süre gereklidir. Günlük maliyet  $6,558 \text{ TL} \times 2 = 13,116 \text{ TL}$  olmaktadır.

$$13,116 \text{ TL} \times 30 = 393,48 \text{ TL}$$

$$393,48 \text{ TL} \times 3 = 1.180,44 \text{ TL}$$

200 lt hacme sahip bir güneş enerjili sıcak su kolektörü sisteminin maliyet 5.000 TL civarındadır. Sistemin kendini amorti süresi 3-4 yıl gibi bir süreye denk gelmektedir.

#### 4.1.3. Binanın güney cephesinde trombe duvar kullanımı

Dünyadaki yaşam alanlarının ve canlıların bağlı olduğu bir ısı kaynağı olan güneş enerjisinde birçok alanda faydalanmak mümkündür. Belirli doğal yollar izlenerek güneş enerjisi sayesinde ısıtma ve soğutma yapılabilir. Bu yollardan bir tanesi de pasif güneş enerji sistemidir. Bu sistemde gerçekleştirilen işlemler, termal enerji akımları olup radyasyon, kondüksiyon ve doğal konveksiyondan oluşmaktadır. Güneş ışınları bina yüzeyine çarptığı anda binada kullanılan malzemenin cinsine göre güneş ışınları ya emilir ya da yansıtılır. Burada bir hava kanalı oluşturulup güneş tarafından ısınan havanın hareketine dayalı bir sistem amaçlanmaktadır. Isınan havanın hareketi ile mevcut binanın ısıtma işlemini doğal bir yolla gerçekleştirilebilmektedir. Trombe duvar kullanımı önemli ve etkili bir pasif ısıtma yöntemlerinden biridir.

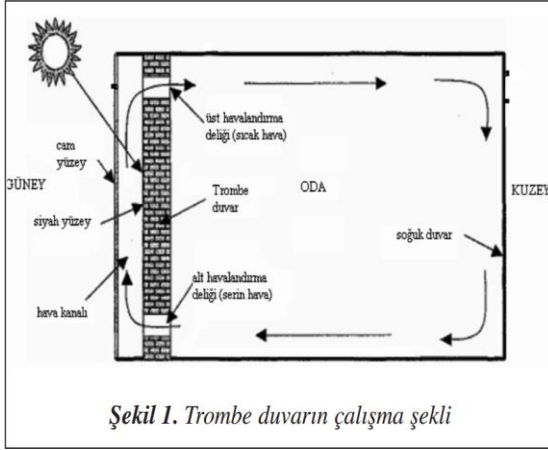
Şekil 4.4'te trombe duvarın çalışma prensibi verilmiştir. Bir kolektör sistemi olan trombe duvar, binanın dış yüzeyindeki duvar ve bu duvardan belirli bir mesafeye yerleştirilen cam yüzeyden meydana gelir. Buradaki en önemli nokta trombe duvar için

yön seçimidir. Trombe duvarın güneye bakacak şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Absorbe edici olarak çalışan trombe duvar camdan gelen ışınları emer ve bu enerji duvar içerisinde depolanır.

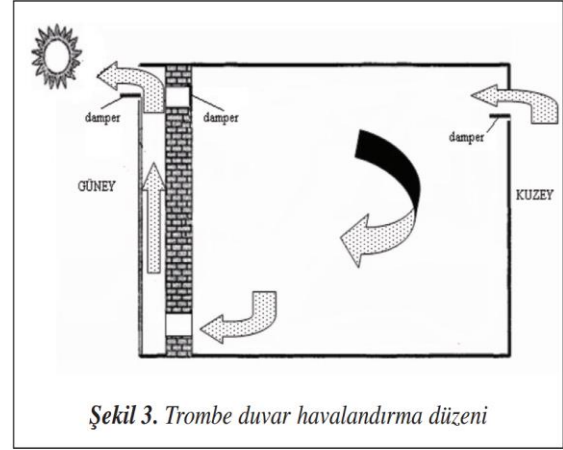
Duvar ile cam arasındaki hava güneş ışınlarının yardımıyla ısınır. Doğal bir ısı iletim yolu olan konveksiyon yoluyla iletim trombe duvardaki hava akışını gerçekleştirir. Cam ve duvar arasında ısınan hava genişli ve yükselir ve sıcaklığı artan havanın yoğunluğu azalır. Yoğunluğu azalan hava yükselerek trombe duvar yapısındaki üst delikten odanın içerisine geçer ve havadaki mevcut ısı enerjisi odaya aktarılır. Odadaki soğuk hava ise yoğunluğu fazla olduğundan odanın alt kısmındaki hava deliğinden trombe duvar kanalına doğru akar. Hava kanalında ısınan hava tekrar yükselerek yukarıdaki deliklerden tekrar odanın içerisine doğru akar böylece doğal bir sirkülasyon sağlanmış olur. Bu sirkülasyonun doğal konveksiyon yoluyla gerçekleşmesi duvardaki alt ve üst delikler yardımıyla meydana gelmektedir. Trombe duvar yapısı sayesinde kışın güneşli günlerde ısı kazancı sağlanmış olur. Bunun yanında trombe duvar sistemlerinde duvar rengi koyu olmalıdır.

Gündüz güneş ışınları olduğu için cam ve duvar arasındaki hava ısınır bu yüzden hava kanalları ısı akışının olması için açık tutulur. Güneş ışınlarının olmadığı zaman ve geceleri hava akışının sağlandığı delikler kapatılarak trombe duvarda depolanan ısı kondüksiyon yoluyla iç ortamı konforlu hale getirmektedir. Bazen ev sahibinin tercihinine göre, ısı geçiş kontrolü yapılabilir. Duvar ile pencere arasına hareket etme özelliği olan bir izolasyon perde konularak bu durum sağlanır. Bu perde gündüz gölgeleme yapması için kullanılır, gece ise ısı kayıplarını en aza indirmek için kullanılır.

Trombe duvar havalandırma sistemi Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Camın yukarı kısmındaki dış damper açıldığında baca etkisiyle bir hava akışı olacaktır, kuzey cepheden alınan serin hava içeri çekilir, bu şekilde trombe duvar yapısının bulunduğu kısımda havalandırma sağlanmış olacaktır. Trombe duvar sistemi soğuk ama güneşli kış günlerinin yaşandığı iklim koşulları için çok yararlı bir sistemdir (Pırasacı, 2009).

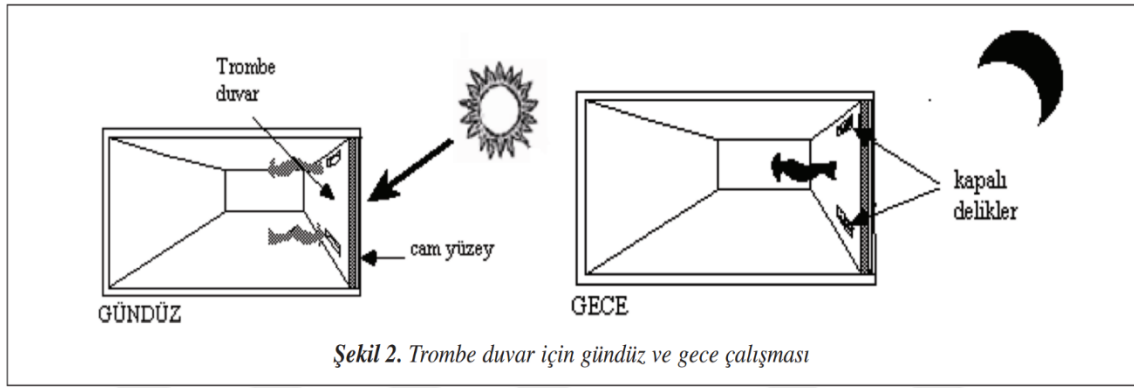


Şekil 1. Trombe duvarın çalışma şekli



Şekil 3. Trombe duvar havalandırma düzeni

Şekil 4.5. Trombe duvarın çalışma şekli



Şekil 2. Trombe duvar için gündüz ve gece çalışması

Şekil 4.6. Trombe duvar için gündüz ve gece çalışması

Trombe duvar yapısı ile ilgili yapılan çalışmalarda en önemli etkenlerden biri duvarın, pencerelerin alt ve üst zeminin ısıl geçirgenlik oranlarıdır bundan dolayı seçilecek ve kullanılacak malzeme iyi seçilmelidir.

Güneşten gelen ışınları emip ve bu ışınları korumak bu yapı için çok önemlidir ve cama gelen toplam enerji miktarı, camdan geçen enerji miktarı, camdan emilen ve camdan yansıyan enerjilerin toplamına eşit olmalıdır.

$$\tau + \rho + \alpha = 1 \quad (4.17)$$

Verilen formülde terimleri açıklanacak olunursa;

$\tau$  : cam geçirgenliği,

$\rho$  : camın yansıtma miktarını,

$\alpha$  : cam absorblama katsayısı

Camdan geçen bütün güneş ışınları miktarının oranına güneş ısı kazanç katsayısı (Solar heat gain coefficient – SHGC) denir.

$$0 > SHGC > 1$$

$$SGHC = \frac{\text{Camdan geçen güneş ışığı miktarı}}{\text{Cama gelen güneş ışığı miktarı}} \quad (4.18)$$

Trombe duvar yapısında kullanılacak bir camın enerji kazancı miktarı aşağıdaki eşitlikle verilir.

$$Q_{\text{net güneş kazancı}} = SGHC \times A_{\text{cam}} \times q_{\text{gelen güneş enerjisi miktarı}} \quad (4.19)$$

Sıfır enerjili binada bulunacak trombe duvar yapısı için kullanılacak malzemelerin yapı malzemelerinin olması gereken özellikler Tablo 4.4.'te olduğu gibidir.

**Tablo 4.4.** İdeal Net Sıfır Enerjili Ev Tasarımında Bina Yapı Malzemelerinin Özellikleri

Yapı Elemanı	Malzeme	Isı geçirgenlik katsayısı U (W/m <sup>2</sup> K )
Dış Duvar	Beton blok ve tuğla	0.10
Cam	16 mm argon gazlı low-E çift cam sistemi	1.367
Çatı	Yalıtımlı üst çatı ve hava boşluğu	0.2

Trombe duvar yapısının 15m<sup>2</sup> alana sahip bir oda için maliyet çalışması yapılmış ve Tablo 4.5'de veriler verilmiştir ( R. Nowzari, U. Atikol, 2009).

**Tablo 4.5.** Trombe duvar yapısının 15m<sup>2</sup> alana sahip bir oda için maliyet çalışması

Kullanım Yılı	Trombe Duvar / Maliyet-Bakım (TL)	Gaz Sobası / Maliyet – Bakım (TL)
0	2.950	2.300
1	Duvar ve cam bakımı ( 20 )	120
2	Duvar ve cam bakımı ( 20 )	120
3	Duvar ve cam bakımı ( 20 )	120
4	Duvar ve cam bakımı ( 20 )	120
5	Duvar ve cam bakımı ( 20 )	120
6	Duvar ve cam bakımı ( 20 )	120

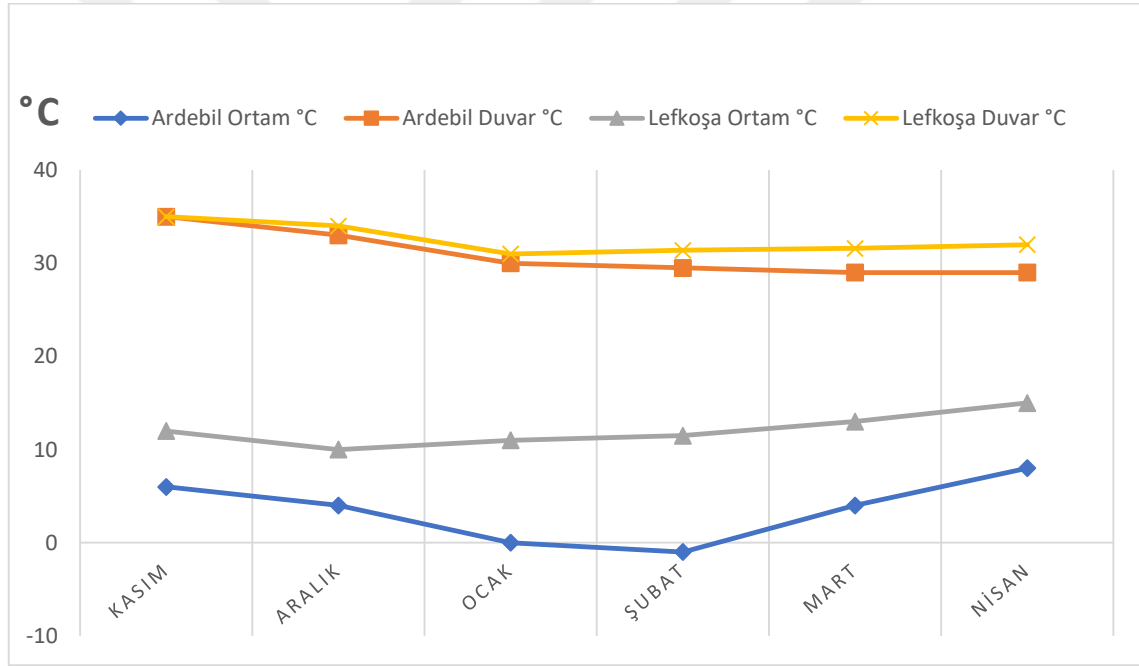
Bu çalışmada trombe duvar ve gaz sobasının maliyet ve bakım karşılaştırılması yapılmıştır. 15 m<sup>2</sup> bir alana sahip ve 17 cm kalınlığında duvarı olan bir oda için trombe duvar ve 3 kW gaz sobasının maliyet ve bakım hesabı yapılmıştır. Bunun yanında 3kW gaz sobasının, normal duvarın ve çift camlı pencerenin maliyeti hesabı yapıp karşılaştırılmıştır.

Trombe duvar sistemi gaz sobasına göre yılda 103 TL daha az maliyetli olmaktadır, bu da evdeki tüm odalar için hesaplandığı zaman ekonomik açıdan çok daha verimli olmaktadır.

Lefkoşa ve Ardebil bölgelerinde 30 m<sup>2</sup> büyüklüğe sahip menfez bulunmayan duvar kalınlığı 15 cm ve 24 m<sup>2</sup> alana sahip bir odada trombe duvar üzerine çalışmalar

yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda Ardebil bölgesinde ocak ayında ısı ihtiyacının % 90 gibi büyük bir kısmı karşılandığı, Lefkoşa bölgesinde ise ısı ihtiyacının % 40'ı karşılandığı görülmüştür.

Duvarın dış yüzeyindeki sıcaklığın ve ortamın ortalama sıcaklığının yılın farklı aylarındaki sıcaklık değişimleri Şekil 4.7'de verilmiştir. Ardebilde ocak ayında ortamın ortalama sıcaklığı yaklaşık 0 °C olmaktadır ama dış yüzeydeki duvar sıcaklığı trombe duvar sisteminin iç ortamı ısıtma amacıyla yapıldığı için 30 0 °C gibi bir sıcaklığa ulaşabilmektedir. Lefkoşa bölgesinde ise aylık ortalama sıcaklık 10 °C civarında olmasına rağmen trombe sistemi sayesinde duvar sıcaklığı yaklaşık 35 °C civarındadır. Ardebil ve Lefkoşa bölgelerinin kasım ve nisan ayı arasındaki dış ortam ve trombe duvar sıcaklıkları Grafik 4.1'de verilmiştir (Assefi, Atikol, Nowzari, 2008).



**Grafik 4.1.** Soğuk aylarda aylık ortalama ve dış duvar yüzey sıcaklığının değişimi (Assefi, Atikol, Nowzari, 2008)

Trombe duvar sisteminde duvar kalınlığının çok fazla veya çok kalın olması verimi düşürmektedir. Referans gösterilen duvar kalınlığı 15 cm ile 25 cm arasındadır. Duvarın çok kalın olması ısıyı daha fazla hapsedmesine ince olması da duvarın çok fazla ısınmasına neden olacağı için verim düşecektir.

Ardebil bölgesi için yapılan diğer bir çalışmada yapı malzemeleri üzerindedir, farklı yapı malzemeleri kullanılarak farklı verimler elde edilmiştir.

Tablo 4.6’da farklı yapı malzemelerinin ısı ihtiyacı karşılama faktörü olan F değeri üzerine etkileri verilmiştir.

Kullanılan Malzeme	F değeri
Kil	% 25.8
Ateş Tuğlası	% 29.5
Dolu Tuğla	% 38.2
Kireç Taşı	% 38.6
Beton	% 40.4

**Tablo 4.6.** Farklı cins malzemeler için F değeri

#### 4.1.4. Işık boruları kullanımı

Işık toplayıcı fanus, ışığı taşıyan boru ve ışığı yayan difüzörden oluşan sistem, her çatı tipine ve mimariye uygulanabilir. Borular kendi ekseninde döndürülerek istenilen açı basit şekilde elde edilir. En alt kısımda kullanılan ışık yayıcı difüzör, ışığın mekana eşit yoğunluklu dağılımını sağlıyor. En az 15, en fazla 40 metrekarelik kapalı alanı aydınlatıyor. Şekil 4.6’da ışık boruları gösterilmiştir. Işık toplayıcı fanus, ışığı taşıyan boru ve ışığı yayan difüzörden oluşan sistem, her çatı tipine ve mimariye uygulanabilir. Borular kendi ekseninde döndürülerek istenilen açı basit şekilde elde edilir. En alt kısımda kullanılan ışık yayıcı difüzör, ışığın mekana eşit yoğunluklu dağılımını sağlıyor. En az 15, en fazla 40 metrekarelik kapalı alanı aydınlatıyor. Şekil 4.7’de ışık boruları gösterilmiştir.



**Şekil 4.7.** Işık Boruları

Bölüm 6.5’de yapılan çalışmada bir ampulün yılın yıllık enerji tüketimi 403.20 kWh olarak hesaplanmıştır. Çıkan bu sonuç elektriğin birim fiyatı ile çarpılacak olursa;  
 $403.20 \text{ kWh} \times 0.65 \text{ TL/kWh} = 261,95 \text{ TL}$  olarak bulunmaktadır.

Ortalama 25 yıl ömrü olan ışın boruları bu süre içinde büyük bir tasarruf sağlamaktadır. Ev sahibine ilk maliyet dışında yılda ortalama 261,95 TL gibi bir tasarruf sağlamaktadır. Bunun yanında bu tasarruf büyük fabrika ve işyerlerinde çok daha fazla olmaktadır. Işık borularının ilk maliyeti dışında 25 yıllık tasarrufunu hesaplayacak olursak;

$$261,95 \text{ TL} \times 25 \text{ Yıl} = 6.548,75 \text{ TL} \text{ gibi bir tasarruf sağlamaktadır.}$$

Işık borularının kullanımı gündüz vakti aydınlatmaya ihtiyacı olan sanayi ve iş yerlerinde evlere göre daha fazla enerji tasarrufu sağlamaktadır. Örneğin,  $m^2$  başına 12 W aydınlatma gücüne ihtiyacı olan ve  $3000 m^2$  büyüklüğünde bir fabrikanın enerji tasarrufu hesaplanacak olursa ve bu fabrikanın günde 10 saat aydınlatma ihtiyacı olduğu düşünülürse;

$$3000 m^2 \times 12 W = 36 kW$$

$$36 kW \times 10 h = 360 kWh$$

$$360 kWh \times 312 = 112.320 kWh$$

Hesaplamalardan el edilen sonuçlara göre bir fabrikanın yıllık enerji tasarrufu 112.320 kWh’dir. Bu sonuç elektriğin dağıtım firmalarından alınan fiyat listesine göre 0.60 TL/kWh ile çarpılacak olunursa yıllık kar durumunu verecektir.

$$112.320 kWh \times 0.60 \frac{TL}{kWh} = 67.392 TL \text{ gibi büyük bir kar sağlayacaktır.}$$

#### 4.1.5. Low-E ısı kontrol camları

Pencere yalıtımında bilindik ve eskiden beri süregelen yöntemler ısı kaybı konusunda kullanıcı yararına değildir çünkü iletim yoluyla kaybolan ısı miktarı oldukça fazladır. Yıllardır yalıtım için kullanılan çift cam uygulamaları da buna dahildir. Isı kaybını azaltmak ancak iki cam arasına durgun ve kuru hava hapsederek mümkün olabilmektedir.

Pencere yalıtımı sistemlerinde yıllardır uygulanan yöntemler sadece iletim yoluyla kaybolan ısıyı geciktirmektedirler. Yıllardır kullanılan yalıtım yöntemlerinden

bir tanesi de çift cam yöntemidir. Çift cam sistemlerinde iki camın arasına farklı özellikte hava hapsedilerek ısı kayıplarını ciddi oranda azaltılabilmektedir. Pencereerde ısı yalıtımını etkileyen etkenleri sıralarsak;

- 1- İki camın arasındaki boşluk mesafesi
- 2- İki camın arasına doldurulan gazın cinsi
- 3- Camın yayının katsayısı.

Camların arasına kuru hava doldurmak ısı kaybını engellemede pek etkili bir yöntem değildir, kuru havanın yerine argon veya benzeri ağır gazlar ile iki cam arasındaki boşluğun doldurulması ile hem yalıtım oranı artırılmış olur hem de dışarıdan içeri gelen gürültüler azaltılmış olur.

Yayınım bir cisim üzerinden elektromanyetik enerji tasarrufunun ölçüsüdür. Camlardaki yayının katsayısı 0 ile 1 arasında değişmektedir. Camlarda yayının değeri ile yalıtım değeri ters orantılıdır. Yayının değerinin artması yalıtım değerinin düşmesinin göstergesidir. Camdaki yayının katsayısı düşerse o daha iyi bir yalıtım sağlar. Camlardaki ısı yalıtımını arttırmak için birçok yeni yöntem geliştirilmiştir.

Low-E Sistemli Çift Camlar; Low-E sistemi camın ısı yalıtım oranını artırır. Low-E çift cam sistemi odadaki mevcut ısıyı iç mekana tekrar yansıtarak içerdeki ısının dışarı çıkmasını normal çift camlı sistemlere göre çok daha fazla engeller. Normal çift cam sistemlerinde odadaki ısı %70'i ışıyım yoluyla, %30'u ise iletim yoluyla dışarı çıkmaktadır. Low-E sistemi dışarı çıkan ısının büyük bir kısmını geri kazandırarak büyük yarar sağlamaktadır.

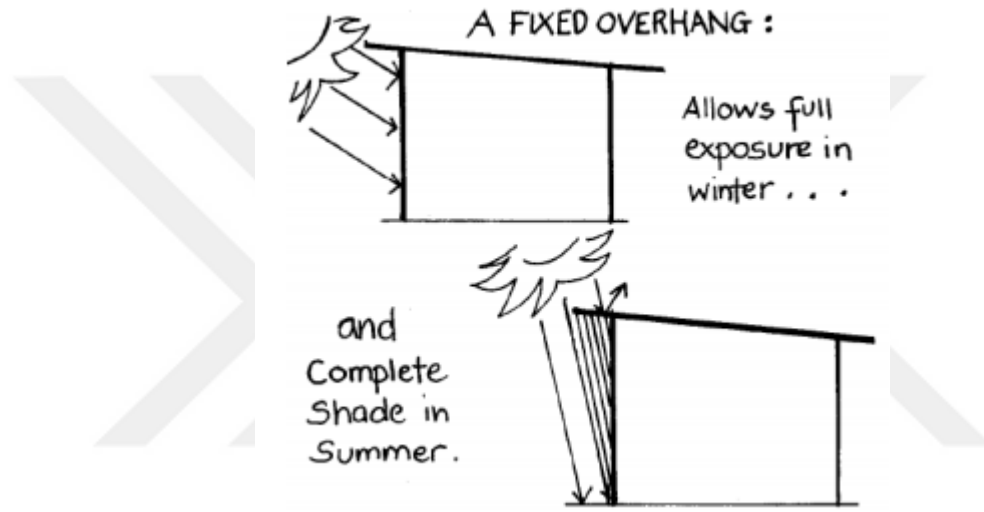
Low-E ısı kontrol sisteminin genel özelliklerini sıralanacak olursa:

- Bu sistemdeki ısı kaybı tek camlı evlere göre %65 / %70, çift camlı evlere göre %35 / %40 daha azdır.
- Güneş ışınlarının evin içine girmesini izin verir ve ısı kazancı sağlar.
- Çok soğuk olan kış günlerinde camlarda terlemeyi önler.
- Ev içerisindeki ısının dengeli dağılmasını sağlar.

Low-E sistemlerin amacı sadece sıcak havanın dışarı çıkmasını engellemek değildir, bunun yanında yaz aylarında dışarıdan ev içerisine giren ısı miktarını azaltarak soğutma masraflarının azalmasını sağlar.

Isı kontrol camları için 4mm kalınlığında çift cam ve camlar arası boşluğu 16mm olan argon gazlı bir cam yapısı uygundur.

Low-E ısı kontrol camları ne kadar koruyucu olursa olsun yaz güneşinden korunmak için ek destek olarak koruyucu çatı sistemi kurularak yazın istenmeyen ve ev içerisini fazla ısıtacak güneş ışınlarından korunmak mümkündür. Yaz güneşi dik açılarla kış güneşi ise daha eğik açılarla geldiği için kışın güneş ışınlarını evin içerisine girmesini engellemeyecek bir uygulamadır( Goswami, Kreith ve Kreider,1999).



Şekil 4.8. Koruyucu çatı sistemi

Evin yaz güneşinden korunmasını sağlayacak çatının yatay uzunluğu rule of thumb kuralıyla hesaplanabilir.

Tablo 4.7. F faktörünün enleme göre değişimi

Kuzey Enlemi	Koruyucu çatı faktörü F*
28	5.6 - 11.1
32	3.2 - 6.3
36	3.0 - 4.5
40	2.5 - 3.4
44	2.0 - 2.7
48	1.7 - 2.2
52	1.5 - 1.8
56	1.3 - 1.5

$$\text{Koruyucu çatının yataydaki uzunluğu} = \frac{\text{Pencere Yükseliği}}{F} \quad (4.20)$$

#### 4.1.6. Yer altı ısı kolektörlerinin kullanılması

Yer kaynaklı ısı kolektörlerinin kullanım amacı borular aracılığıyla toprağın ısını kullanarak evde ısıtma veya soğutma yapmaktır. Bu sistemde ilk kurulum maliyeti dışında pek bir maliyet yoktur. Yerin 10 metre ve altındaki derinliklerde yer altı sıcaklığı yıl boyu aynı kalmaktadır. Bundan dolayı yer altı ısı kolektörlerinde dikey tip boruların kullanımı daha uygundur.

Yer altı ısı kolektörlerinin özellikleri sıralanırsa;

- Ses seviyesinin düşüklüğü
- Gaz salınımlarının düşüklüğü
- Elektrik tüketiminin düşük olması
- Bakım gerekliliğinin düşük olması
- İşletme giderlerinin düşük olması gibi özellikleri vardır.

U.S. Çevre Koruma Ajansı tarafından verimi en yüksek olan ve en yüksek konfora sahip olan ısıtma-soğutma sistemi olarak kabul edilen sistemdir. 2005 yılı itibariyle dünya çapında kurulu sistem yaklaşık 0,5 milyondur.

Toprak kaynaklı ısıtma sistemlerini kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır;

Açık çevrim toprak kaynaklı ısı pompası

Kapalı çevrim toprak kaynaklı ısı pompası

##### a) Açık Çevrim Toprak Kaynaklı Isı Pompası

Nehirlerdeki, göl veya yeraltı sularının doğrudan kullanımıyla gerçekleşir. Sıcaklığı 10-11 derece civarında olan su, ısı pompasının ısıtma modunda buharlaştırıcıya ısını verir. Soğutulacak olan su direk soğutulacak yere gönderilir. Buna pasif soğutma olayı denir. Su kaynağından alınacak olan suyu kullanmadan önce analiz etmek gerekmektedir.

Açık çevrim sistemlerin avantajları:

- Su doğal bir ortamdan çekildiğinden dolayı sıcaklığı sabit, ısı kapasitesi yüksek ve yüksek verime sahiptir.
- Kapalı sistemlere göre daha fazla ısı elde edilir.
- Kullanılan su tekrar değerlendirilebilir

Açık çevrim sistemlerin dezavantajları:

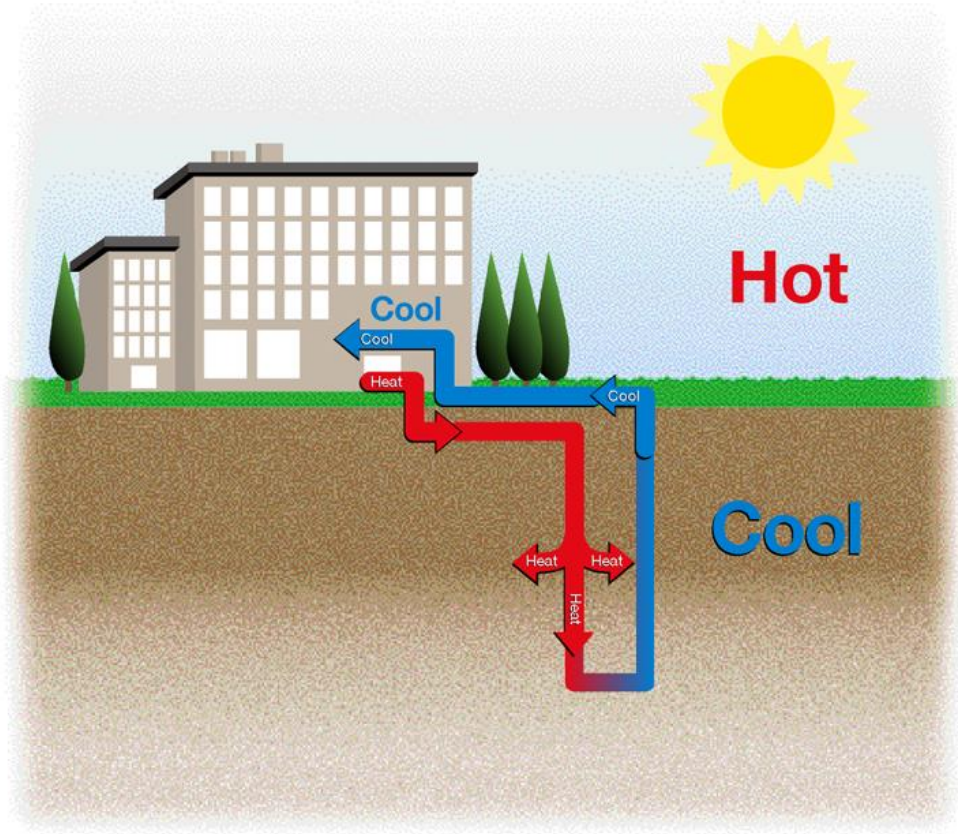
- Yerin jeolojik yapısına bağlı olup her yer için uygun değildir.
- Sistem için kontrol ve izleme mekanizmaları kurulmalıdır.
- Ücret ödenerek özel izinler alınmalıdır.
- Eşanjörlerde ve ısı pompasında paslanmalar meydana gelebilir.
- Suyu çekip ve tekrar pompalamak için ekstra güç gereklidir.



Şekil 4.9. Açık Çevrim Toprak Kaynaklı Isı Pompası

## b) Kapalı Çevrim Toprak Kaynaklı Isı Pompası

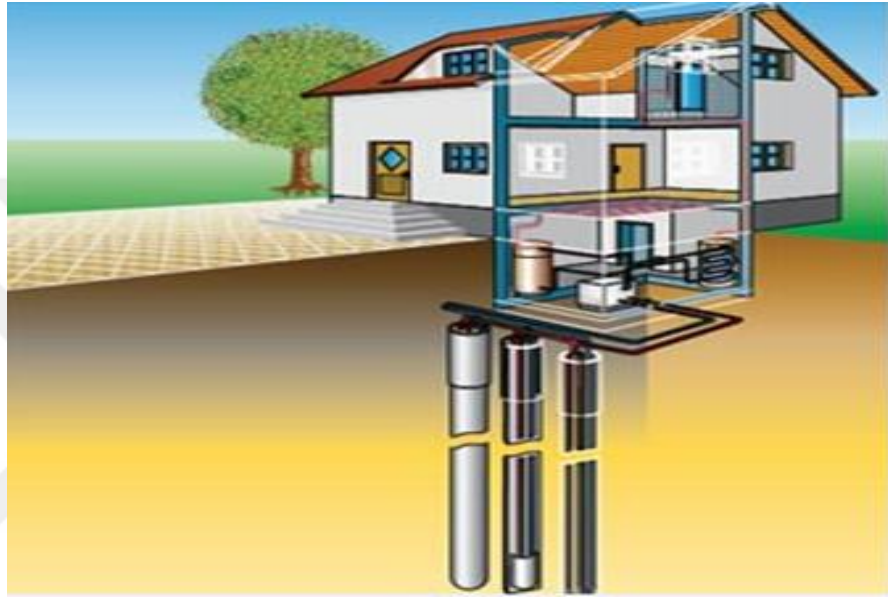
Açık çevrim sistemlerin dezavantajlarından dolayı kapalı çevrim sistemi kullanılmaktadır. Kapalı çevrim toprak kaynaklı ısı pompalarında yer altında mevcut olan su doğrudan kullanılmaz. Bu sistemde toprak belli bir derinlikte kazılarak borular döşenir ve su döşenen borulara iletilir. Boruların içinde dolaşan su toprağın ısını emi ya da toprağa ısı aktarır. Kapalı çevrim toprak kaynaklı ısı pompası sistemi bu şekilde çalışmaktadır.



Şekil 4.10. Kapalı Çevrim Toprak Kaynaklı Isı Pompası

Kapalı çevrim sistemler genel olarak iki şekilde uygulanır. Bunlar sondaj ve yatay uygulamalarıdır.

Sondaj uygulamasında yer altından gelen ısı kullanılarak ısıtma işlemi sağlanır. Toprakta belirli bir seviyeye kadar kuyu açılır ve bu kuyuya U şeklinde boru yerleştirilir. Bu borular genelde plastik türevi yapıdadırlar. Genel olarak ısıyı çekme derinliği 30-150 m arasındadır. Bu borunun etrafı ısı iletkenlik katsayısı yüksek olan malzemeler ile kapatılır. Az sayıda boruya ihtiyaç duyulması önemli bir avantajdır ama sondaj uygulaması için delme ekipmanları ve işlemlerinin pahalı olması dezavantajdır.



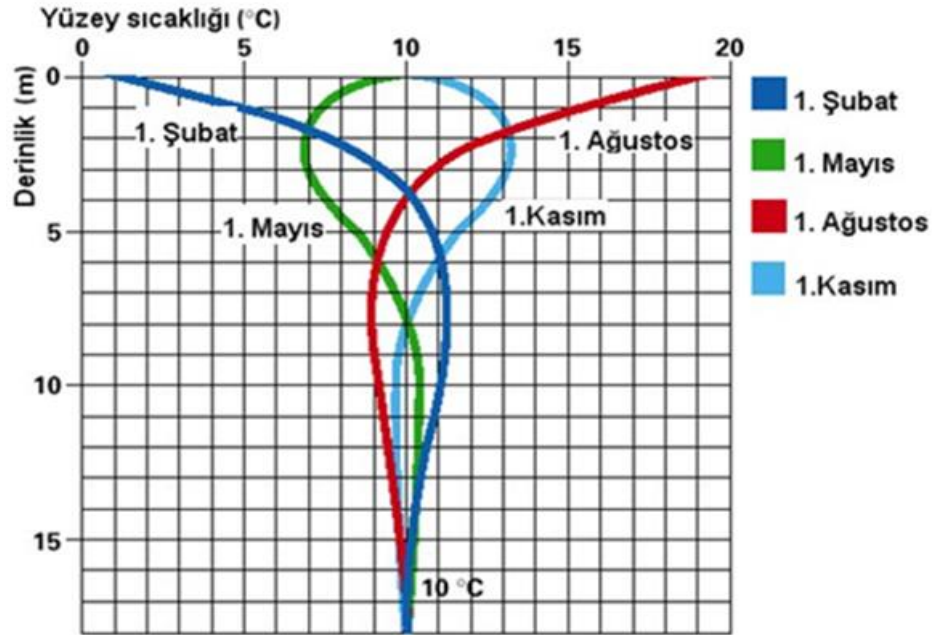
Şekil 4.11. Sondaj uygulaması

İkinci tip uygulama ise yatay uygulamadır. Bu sistemde borular belirli bir bölgede 2-3m derinliğinde kazılıp borular yatay şekilde döşenir ve üzeri toprakla örtülür. Boruların üstü kesinlikle beton ile kapatılmamalıdır, boruların yağmurla teması kesilmemelidir. Yatay borular için dikeylere göre daha geniş bir arazi olmalıdır. Verimi en yüksek olan sistemdir. Borular, geniş bir şekilde yatay olarak serildiği için ısı transfer alanı dikey borulara göre fazladır. Bundan dolayı çekilecek enerji daha fazladır.



Şekil 4.12. Serme Uygulaması

Bu sistemin verimli olarak çalışmasının en büyük nedeni topraktan ısının kullanılmasıdır. Toprak mevsimsel olarak sıcaklık tutma değerleri değişkenlik göstermektedir. Toprak mevsimsel olarak değişimin yanında yıllara göre de minimal farklılıklarda göstermektedir. Yerin 2-3m altındaki sıcaklık değeri yıl boyunca belli değerler arasındadır. Bu değer değişimleri Grafik 4.2’de gösterilmiştir.



Grafik 4.2. Yeryüzü Sıcaklığının Mevsimsel Değişimi

Yer altı ısı kollektörü sistemleri ilk maliyet dışında az enerji tükettikleri için parasal tasarruf sağlarlar. Fork Polk'ta 12.000 kişilik bir yerleşkede yer altı ısı kollektörleri kullanılmış ve pik elektrik tüketimini %43 azalttığı görülmüştür (Sarıalioğlu, 2018).

#### **4.2. Güneş Enerjisi İle Evin Enerji İhtiyacının Karşılanması**

Güneş enerjisi sistemleri uygulamaya tipine göre, akü grupları, evirici (invertörler), akü şarj denetim aygıtları ve diğer elektronik bileşenler ile beraber bir araya getirilip kullanılarak bir güneş enerjisi sistemini oluşturur. Güneş enerjisi sisteminde ihtiyaca göre güneş panelleri boyutu ve sayısı belirlenir. Güneşin yeterli olmadığı zamanlarda ise enerji ihtiyacını karşılamak için akü grupları kullanılır ya da on-grid sistemler tercih edilir. Akülü sistemlerde yani off-grid sistemlerde güneş panelleri gün boyu akülerde enerji depolar ve enerji ihtiyacı olduğunda yük enerjisiyi akü gruplarından karşılar.

Akünün aşırı şarj ve deşarjdan zarar görmesinin engellemek için bazı kontrol devreleri kullanılır bunlarda şarj regülatörleridir. Şebeke uyumlu alternatif akımın gerekli olduğu zamanlarda eviriciler kullanılır. Güneş panellerinden elde edilen DC gerilim AC gerilime dönüştürülerek kullanıma hazır hale getirilir. Güneş enerjisi sistemlerinin bazılarında, güneş panellerinin maksimum düzeyde çalışmasını sağlayan maksimum güç izleyici cihazı bulunmaktadır.

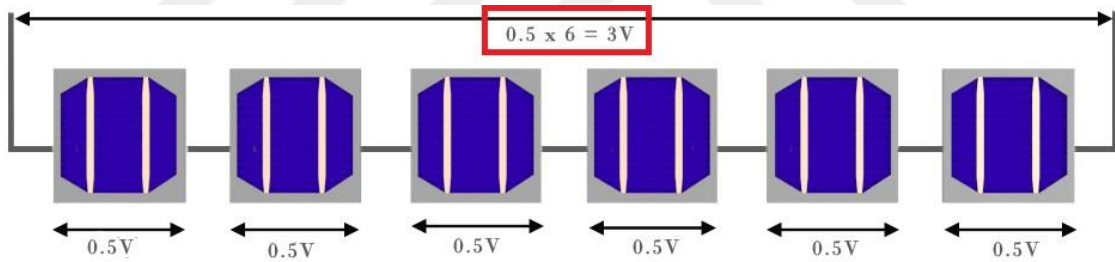
Güneş enerjisi sistemleri on-grid ve off-grid sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. Off-grid sistemler şebekeden bağımsız sistemlerdir. Genelde şebeke hatlarının olmadığı yerlerde akü gruplarını enerji depolayarak ihtiyaç halinde enerjiyi akü gruplarından karşılar. Bunun yanında şebeke hatlarına yakın olan yerlerde on-grid sistemler kullanılır. On grid sistemlerde güneş panellerinden elde edilen enerji şebekeye uyumlu hale getirilir. Şebekeye uyumlu hale getirilen enerji çift yönlü sayaç ile şebeke hattına iletilir ve ihtiyaç durumunda kullanıcı şebekeden beslenir. Böylelikle fazla üretilen enerji elektrik şebekesine satılabilir.

Bir evin günlük enerji ihtiyacı o evin ortalama günlük tüketimi kWh cinsinden hesaplanarak bulunur.

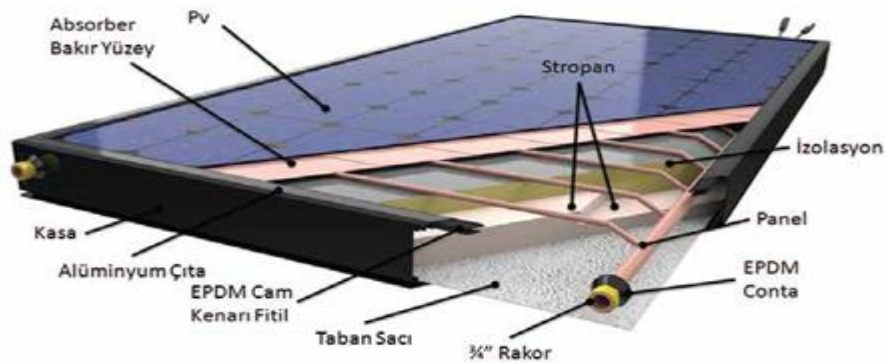
#### 4.2.1. Fotovoltaik paneller

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten ekipmana güneş paneli yani fotovoltaik panel adı verilir. Güneş panelleri yarı iletken madde olan silisyum ve türevi maddelerden yapılmıştır. Yarı iletken teknolojisi ile üretilen paneller silikon temellidirler. Yüzeyleri dikdörtgen, kare ve yuvarlak şeklinde olan güneş pillerinin kalınlığı 0,2 ile 2,4 mm arasındadır. İki katmanlı yapıdan oluşmuştur. Negatif katman n katmanı, pozitif katman p katmanıdır.

Fotovoltaik paneller, üzerine düşen güneş ışınlarını güneş hücreleri yardımıyla DC elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bir güneş pili hücresinin standart olarak gerilim ve akım değerleri sırasıyla 0.6V ve 7A civarındadır. Güneş pilleri güneş ışınlarını emer, bu enerjiyi elektrik moleküllerine yani elektronlara çevirir. Şekil 4.13'te fotovoltaik hücreler ve seri bağlantısı gösterilmiştir, Şekil 4.14'te ise fotovoltaik panelin katmanları gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Fotovoltaik hücreler



Şekil 4.14. Güneş Paneli yapısı



### 4.2.3. Akü şarj regülâtörü

Akü şarj regülâtörü fotovoltaik güneş hücrelerinden gelen akımın düzgün bir şekilde akü gruplarına iletilmesini sağlar. İçerisindeki devre elemanları yardımıyla akünün tamamen dolmasını veya aşırı kullanımlarda deşarj olmasını engeller. Şarj regülâtörü devresi akünün ve sistemin sağlıklı çalışması için çok önemlidir. Şarj regülâtörünün bozulması önemli maliyetlere yol açabilir akü grubuna hasar verebilir. Bunun yanında verimlilik sistemin uzun ömrü açısından çok önemlidir. Akü şarj regülâtörünü seçerken dikkat edilmesi gereken önemli unsurlardan bir tanesi, regülâtörün maksimum akıma dayanıklı olmasıdır. Sistemde kullanılacak regülâtörün, kullanılan akü gruplarının voltajı ile uyumlu olması gerekmektedir.

Bunun yanında kullanıcının tüketim ihtiyacına uyumlu akım değerlerine sahip olan regülâtör kullanılmalıdır. Akü şarj regülâtörünün voltaj değeri akü gruplarının voltaj değerleriyle uyumlu olması gerekir. Şarj regülâtöründe akü gruplarının şarj durumunu gösteren dijital ekran olmalıdır.



Şekil 4.16. Akü şarj regülâtörü

#### 4.2.4. İnvvertörler (Eviriciler)

Fotovoltaik güneş hücrelerinden elde edilen doğru akımı düzenleyip alternatif akıma dönüştürerek aküye iletilmesini sağlayan elektriksel bir güç dönüştürme elemanıdır. Çıkışta üretilen alternatif akım devreye, transformatörlere ve devre elemanlarına bağlı olarak farklı gerilim ve frekans değerlerinde olabilir. Tam sinüs çıkışı veren ve tam sinüs çıkışı vermeyen olarak iki gruba ayrılır. Hassas çıkışın alınmasının gerektiği sistemlerde tam sinüs çıkışı veren eviricilerin kullanılması gereklidir. Genellikle Verimleri %89 ile %94 arasındadır. Çalışma frekansları da 50 / 60 Hz'dir. Harmonik bozulma oranı genelde %3 civarındadır. 50 Hz frekans ile evlerdeki birçok elektronik cihaz sorunsuz çalışabilir.

İnvvertörler iki başlıkta incelenebilir. Sistemin doğrudan akülere bağlı olduğu sistemler off-grid ve sistemin direk şebekeye bağlı olduğu on-grid invvertörler olarak sınıflandırılır. Sistemin akü gruplarına bağlı olduğu fotovoltaik güneş hücrelerinden elde edilen enerjinin akülerde depolandığı sistemler off-grid sistemlerdir. Bu sistemlerde off-grid invvertörler kullanılır. Bir diğeri ise on-grid sistemlerdir, bu sistemde ise elde edilen enerji akü gruplarında depolanmaz bu sistem direk şebekeye bağlı olarak çalışır. Bu sistemde ise on-grid invvertör kullanılır. Bunların dışında hibrit invvertörlerde mevcuttur. Hibrit invvertörler ise enerji üretiminin enerji tüketiminde fazla olduğu sistemlerde hem elde edilen enerjiyi akü gruplarına depolar hem de fazla enerjiyi şebekeye ileten çift yönlü invvertörlerdir.

Kullandığımız birçok elektronik cihaz şebekeden gelen tam sinüs dalgaya sahip elektrik ile çalışmaktadır. Tam sinüs invvertörler, motorlu yüklerde de sorunsuz bir çalışma sağladığından dolayı tercih edilirler.

Motorlu yüklerde sorunsuz çalıştığından dolayı tam sinüs invvertörler kullanılmaktadır. Tam sinüs invvertörler çok fazla ağır yüklerin kullanımı için uygundur, başlangıç akımı fazla olan yükler için önemlidir yüksek kalkış akımlı yükleri sorunsuz bir şekilde çalışması için kısa bir süre içerisinde yüksek değerler çıkan bu invvertörler kullanılmalıdır. Mevcut şebekelerde kullanılan dalga türü tam sinüs dalgadır. Teorik olarak saf sinüs dalgası mevcuttur denilebilir ama mevcut sistemlerde çeşitli kayıplar ve harmoniklerden dolayı saf bir sinüs dalgasından söz edemeyiz. Fotovoltaik sistemlerde

12, 24, 48 Volt DC girişli invertörler kullanılarak güneş panellerinden şebekeye iletilecek AC akımlı elektriği elde edebiliyoruz.



şekil 4.17. İvertör

## 5. AKILLI EV

### 5.1. Akıllı Ev Nedir?



Şekil 5.1. Akıllı evin getirileri

Teknolojik gelişmelerin hızla artması, yeni sistemlerde veri girişlerinin sağlanması, iletişim ve mikro elektronik alanındaki gelişmeler sensörlerin gelişmesine neden olmuştur. Sensörler genel olarak farklı alanlardaki fiziksel koşulları gözlemleyebilme, sıcaklık, ses, titreşim, basınç veya hareketleri gözlemleyebilme özelliğine sahiptirler. Sensörler aynı anda dışardan veri alma, aldığı veriyi işleyip değerlendirme, haberleşme ve hesaplama yapabilmektedir (Banâtre, Marron, Ollera, Wolisz, 2008).

Akıllı ev sistemleri, şartlara bağlı olarak sistemdeki uygulamaları on-off konumuna getirebilen sistemlerdir. Bu sistemler uygulanan yeni teknoloji sayesinde evde ikamet edenlerin bütün ihtiyaçlarını karşılayabilmekte, konforlu, güvenli ve bütün ihtiyaçlara cevap veren bir sistem ile kaliteli bir yaşam sunmaktadır. Bunun yanında akıllı evler enerji tasarrufu sağlayan bir sisteme sahiptir.

Evlere entegre edilen akıllı sistemler kullanıcının önceden belirlediği senaryolara göre hareket edebilmektedir. Örnek olarak akıllı ısıtma sistemlerinde önceden belirlenen senaryolar gerçekleşir. Ortamın sıcaklığına göre ısıtma açılıp kapatılarak tasarruf sağlanır. Buna benzer olarak güvenlik sistemleri kurularak hırsızlara karşı bir caydırıcılık sağlanır ve maddi kayıp önlenir.

Akıllı sistemler sadece evlerde değil endüstride de kullanılmaktadır. Bunun en büyük nedeni verimliliği arttırmak ve enerji tasarrufu sağlamaktır. Akıllı ev sistemlerinde de mantık aynıdır. Standart koşullarda yaşayan bir ailenin giderlerinin artmasına sebep olan gereksiz enerji tüketim nedenleri:

- Gereksiz yere yanan aydınlatmalar
- Yüksek derecelerde çalıştırılan sensörlerden bağımsız ısıtma ve soğutma sistemleri
- Evde kullanım olmayan odaların ısıtılması, ışığa duyarlı perde sistemleri olmadığından yeterince gün ışığından faydalanamama
- Açık bırakılan prizler ve bunlara bağlı cihazların tüketimi gibi birçok etken fazla enerji tüketimine neden olmaktadır.

Sensörlerden alınan veriler doğrultusunda bir tüketim planlaması yapılırsa ve belirli algoritmalar oluşturulursa mevcut tüketim büyük oranda azaltılabilir.

Hareket dedektörleri kullanılarak kapı ve pencereler istenmeyen bir duruma karşı evi gözetim altında tutabilir. Akıllı evler klasik alarmlı evlere göre hırsızlık, yangın, gaz kaçağı ve su baskını gibi tehlikeli durumlara çok daha güvenli olup olaylar gerçekleşmeden önleyebilir.

Akıllı evlerdeki konfor kullanıcıya gereksiz zaman kaybı yaptırmaz. Zaman kaybettirecek işlemler otomasyon sistemi yardımıyla uzaktan yapılabilir ve bunun yanında normal koşullarda kullanıcı tarafından yapılamayacak işlemler otomasyon sistemi ile yapılır.

Akıllı ev normal kullanıcılar dışında engelli insanlar içinde büyük fayda sağlar. Engelli insanlar normal insanlara göre günlük hayatta çok daha fazla problemle karşı karşıya kalırlar. Akıllı ev sistemler ise engelli insanların hayatlarını büyük ölçüde rahatlatmaktadır. Özellikle engelli insanlar evde yalnız kalırken büyük sorunlar yaşarlar. Örneğin, işitme engelli bir insan kapı sesini duymayabilir sistem kullanıcıya farklı şekilde uyarı verebilir ya da Alzheimer hastaları da gazı açık unutabilirler. Kablosuz otomasyon sistemi ile bunlar çok rahat aşılabilecek duruma gelmiştir. Bunlar dışında akıllı ev otomasyonu güvenliği sağlayıp tehlikeli durumlara karşı kullanıcıyı uyarır.

Akıllı ev otomasyonları sistemsel gelişmişlik sırasına göre beş ana başlık altında toplanabilir.

## 5.2. Akıllı Ev Tipleri

### 5.2.1. Kontrol edilebilir evler

Bu tip evler, evde bulunan cihazların ve sistemlerin otomasyon sisteminin uzaktan kontrol yazılımı ile kolaylıkla kontrol edilebildiği evlerdir. Yani ev kullanıcısının verdiği komuta göre öncede belirlenen senaryoyu oluşturur. Kontrol edilebilir evler de kendi içerisinde; evde bulunan cihazların uzaktan kontrol otomasyonu ile kontrol edildiği durumlar, farklı cihazların kendi aralarında bağlantılı olduğu durumlar ve görünmez kontrol ünitesiyle yönetilen evler gibi kategorilere ayrılmaktadırlar ( Gençoğlu, 2008 ).

Kontrol edilebilir sistem ile evdeki cihazlar tek tek kontrol edilebilir ya da gruplama mantığıyla bütün cihazlar kapatılıp açılabilir. Örneğin, evde yokken ısıtma sistemini uzaktan kontrol otomasyonu ile çalıştırabilir ya da evden çıktıktan sonra ütü, fırın veya elektrikli ocak gibi tehlike yaratabilecek cihazların kapatılmadığı şüphesine düşülürse otomasyon sistemi ile prizlerdeki enerji kesilip tehlike ortadan kaldırılır.

### 5.2.2. Programlanabilir evler

Bu tip evler kontrol edilebilir ev sistemine göre daha gelişmiş bir sınıf olan programlanabilir evlerde kullanıcı istediği durumlarda evin vermesini istediği tepkiye uygun bir programlama yaparak istediği veya istemediği durumlarda evdeki sistemler kullanıcının isteğine göre tepki verir.

Programlanabilir evler iki kategoride incelenebilir.

Sensörlere ve zaman göre tepki veren evler, bu tip evlerdeki sistemler ve cihazlar belirli zamanlara göre programlanabilmenin yanında sensörlerden aldığı verileri işleyerek ona uygun tepkilerde verebilmektedir.

Bu tip evlerde örneğin, hava karardığı anda sensörler yardımıyla sistem havanın aydınlık miktarının düştüğünü anlar ve ışıklar yanar, buna benzer olarak yağmurlu havalarda bahçe sulaması sistemi çalışmaz.

Kullanıcının oluşturduğu senaryolar sayesinde evdeki birçok ayar otomasyon sistemi sayesinde yapılabilir.

Belirli zamanlardaki durumlara göre otomasyon sistemi programlanabilen, sensörlerden gelen verilere göre tepki verebilen ve durumlara göre hareket edebilen evler,

mevcut şartlarda teknolojide Dünya'da gelinen en son aşama bu tip evlerdir. Programlanabilir akıllı ev sistemlerinde ev otomasyonu daha önceden evde yaşayanların oluşan durumlara karşı verdiği eylem zincirine göre aksiyon gösteren evlerdir.

### **5.2.3. Yapay zekâya sahip evler**

Yapaya zekâya sahip sistemli evler, programlanabilir evler ile benzeyen ama daha gelişmişlerdir. Programlanabilir evlerde istenilen durumlara özel senaryolar insanlar tarafından belirlenip yazılmaktadır ama yapay zekâya sahip evlerde durum biraz daha farklıdır. Bu tip evlerin öğrenme yeteneği vardır. Yani olayları ve verilen tepkileri kendiliğinden inceleyip, öğrenip ve buna göre kendi senaryolarını oluşturabilme yeteneğine sahip evlerdir. Şuan için hayal gücünün ötesine geçememiştir. Dünyada şuan böyle bir kapsamda akıllı ev sistemi yoktur.

### **5.2.4. Yaşlı ve Engelli insanlar için akıllı evler**

Akıllı ev sistemleri yaşlı ve engelli insanların için hayatlarını kolaylaştırmak için gerekli altyapıya sahip bir sistemdir. Yaşlı ve engelli insanlar mevcut fiziksel durumlarından veya engellerinden dolayı rahat bir hayat süremezler. Akıllı evdeki birçok akıllı cihaz ve uygulama, kullanıcıya rahat bir hareket olanağı sağlar, kullanıcıyı 24-saat sağlık kontrolü altında tutabilir ve erişemediği cihazlara rahatlıkla erişmesini sağlar (Stefanov, 2004).

Yaşlı ve engelli insanların azalan yeteneklerinin yerini doldurmak ve yaşamsal aktivitelerini gerektiği gibi yapmaları için geronteknoloji önemli bir katkı sağlar. Yaşlıların hayatlarını kolaylaştırmak için hem biyolojik hem de medikal cihazlar kullanılmaktadır. Algılayıcılar, robotik sistemler ve uzaktan kontrol sistemleri kullanılarak yaşam alanlarına destek sağlanırken, uzaktan kontrol sistemi ile bütün bu sistemi bilgisayar veya tableten kontrol etmek mümkün olabilmektedir (Pragnell, Spence, Moore, 2000).

### 5.2.5. Vücut hareketlerini kullanarak akıllı ev kontrolü

Akıllı ev uygulamalarında kontrolü sağlamanın bir diğer yolu ise vücut hareketlerinin algılanması ile tepki vermesidir. Hareket türleri doğal ve yapay hareketleri olarak ayrılır. Doğal hareketler, insanların günlük hayatta kullandığı anlamlı veya anlamsız hareketlerden oluşan hareketler bütünüdür. Yapay hareketler, akıllı ev uygulaması için önceden sisteme tanımlanan hareketlerdir. Bu hareketler sistem için bir anlam ifade eder ve sistem bu hareketler doğrultusunda tepki verir (Güğü, 2008).

## 5.3. Akıllı Ev Kontrol Sistemleri

### 5.3.1. Işık kaynakları, aydınlatma ve priz kontrolü

Ev sahibinin istediği ışık seviyesine uygun olarak sensörlere bağlı kontrol devresi, ortamdaki ışık miktarına göre aydınlatmaları devreye alır ya da devreden çıkartır. Bunun yanında hareket dedektörleri kullanılarak ortamdaki hareketler baz alınır ve ortamda insan var ise aydınlatmalar devreye alınır. Bununla beraber kullanıcı istediği takdirde manuel istediği zaman ise önceden belirlediği senaryolara uygun bir algoritma oluşturup sistemi o şekilde çalıştırabilir.

Bahçe aydınlatmalarının veya havuz aydınlatmalarının evin herhangi bir veya birden fazla yerlerinden kontrol edilmesi de mümkün olmaktadır. Bina içinde veya dışında koridorlara, geçiş alanlarına ve merdivenlere konulacak hareket dedektörleri ile aydınlatmanın konumlandırılması ve enerji tasarrufu sağlamak mümkün olmaktadır.

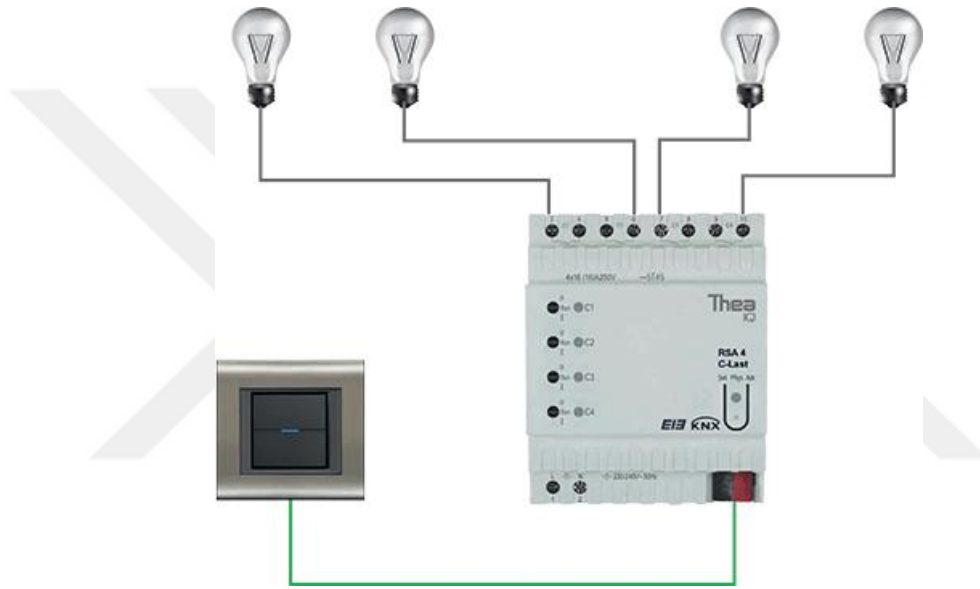
Bahçe ve kapı önündeki aydınlatmalar yani dış aydınlatmalar, gece / gündüz sensörleri denilen sistemlerle programlanabilirler. Yani dışarıdaki ışığın şiddetine göre aydınlatmalara aç veya kapa komutu verilebilir.

Evde kimse olmadığı zaman sanki birileri yaşıyormuş gibi senaryo kurguları hazırlanabilir. Akşam ailenin fertlerinin eve geliş saatlerinde ve hava karardıktan sonra aydınlatmaların belli yanma düzenleri olduğu varsayılabilir, bunlar farklı senaryolar ve olasılıklara göre düzenlenebilir ve farklı kombinasyonlar yapılabilir.

Akıllı priz kontrolü kullanıcıya çok büyük fayda sağlar. Ev aletlerinin bağlı olduğu prizlerin uzaktan kontrolünü yapmak ve harcana gücü görmek için çok önemlidir.

İstenildiği zaman istenilen prize enerji verilip ya da enerjisi kesilip cihazlar on-off konumuna getirilebilir böylelikle kullanıcı evden ayrıldığı zaman ya da eve geleceği zaman prizlerin bağlı olduğu cihazları istediği gibi kapatıp açabilir. Uzaktan kontrolün dışında belirli senaryolara uygun algoritmalarda oluşturulabilir.

Ev aletlerinin kontrolü dışında enerji tüketiminin ölçülmesi konusunda da büyük fayda sağlar. Böylelikle cihazların tüketimine göre ayarlamalar yapılabilir. Bu aletlere örnek olarak ütü, abajur, kahve makinesi, elektrikli ısıtıcı, vb. birçok alet sayabiliriz. Aydınlatma ve priz kontrolü Şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2. Aydınlatma ve Priz Kontrolü

### 5.3.2. Isıtma sistemleri

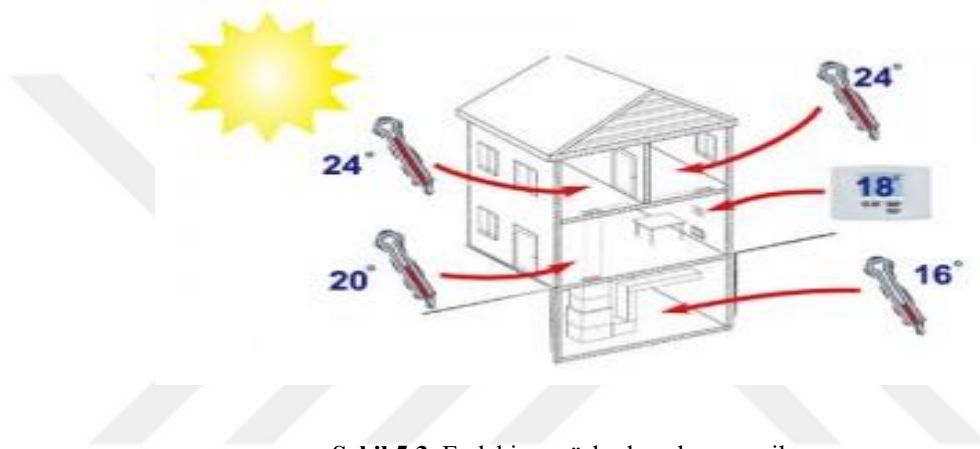
Akıllı ev kontrolünde önemli bir yere sahip olan ısıtma sistemleri birçok farklı şekilde sağlanabilir. Bunları, kombi, yoğuşmalı kazan, klima sisteminin ısıtması, yerden ısıtma (döşemeden ısıtma) vb. gibi sıralayabiliriz. Isıtılacak alan içerisinde bulunan sensörler evin içerisindeki her bölgenin sıcaklık değerlerini sensörler yardımıyla çekip değerlendirip bu verilere göre aksiyonlar oluşturur. Yazılacak sistem programı ile evin sıcaklığı, ısıtma sistemin termostat sıcaklığı uzaktan veya manuel şekilde ayarlanabilir.

Sensörlerden elde edilen veriler;

- Odanın o anki sıcaklığı

- Odadaki mevcut nemi
- Dışarıdaki havanın sıcaklığını
- Suyun sıcaklığı hakkında bilgi verir.

Sistemin ana kontrol kartının bulunduğu merkez ünite, sıcaklık sensöründen gelen verileri değerlendirip kullanıcının istediği doğrultuda en uygun şartları ve bunun yanında enerji tasarrufu yaparak kullanıcıya maksimum konforu sağlamaktadır. Şekil 5.3’de farklı odalardan sensörler aracılığıyla alınan sıcaklık verileri gösterilmektedir.



Şekil 5.3. Evdeki sensörlerden alınan veriler

### 5.3.3. Soğutma sistemleri

Isıtma sisteminde kullanılan sensörler aynı görevi soğutma sistemi içinde görmektedir. Sensörlerden gelen veriler doğrultusunda kullanıcının önceden belirlediği sıcaklık değerlerine uygun şekilde soğutma sistemini çalıştırıp ortamın sıcaklığını istenilen seviyeye düşürür. Soğutucu sisteminin çalıştırılmasıyla ve ayarlarının yapılmasıyla istenilen konfor seviyesi sağlanmaktadır.

### 5.3.4. Havalandırma sistemleri

Isıtma ya da soğutma sistemlerinin çalıştırılmasının çok gerekli olmadığı durumlarda, ortamın nem ve hava temizliği durumuna göre havalandırma fanlarının bulunduğu ortamlara temiz hava akışının sağlanması için kurulan sistemlerdir.

Havalandırma sisteminin kullanılması, taze havanın dışarıdan alınıp filtre edilerek iç ortama verilmesiyle sağlanır. Bu sayede pencere ve kapı açılarak yapılacak havalandırma ile karşılaştırıldığında ortam ısı dengesi bozulmaz, içeride oluşan pozitif basınç nedeniyle dışarıdan tozun girişi engellenmiş olur

### **5.3.5. Panjur – Perde sistemleri**

Perde ve panjur sisteminin bulunduğu mekanlarda bu sistem tamamen otomatik veya kullanıcı tarafından belirlenen algoritmalar doğrultusunda çalıştırılabilir. Örneğin bir evin sabah erken saatlerde gün ışığından yararlanması için LDR ışık sensörlerinden alınan verilere doğrultusunda perde ve panjur sistemi açılabilir Aynı şekilde akşam havanın karardığı saatlerde sensörden gelen veri doğrultusunda perde ve panjur sistemi otomatik olarak kendini kapatabilir. Bunun yanında kullanıcı evde olmadığı zamanlarda bu sistemi uzaktan otomatik olarak aç kapat yaparak kontrol edebilir.

Perde ve panjur sistemini tek tek açıp kapatmanın dışında grüplama mantığıyla bütün mekanlardaki panjur ve perdeleri de uzaktan kontrol sistemiyle tek bir komutla kontrol etmek mümkündür. Panjur ve perdeler istenildiği hem takdirde komut sistemiyle kapatılıp açılabilir hem de belirli algoritmalar oluşturularak mevsimsel veya ışık miktarına bağlı şekilde çalıştırılabilir.

### **5.3.6. Hırsız alarm sistemleri**

Bina içinde kullanılan güvenlik sistemleri incelendiğinde, en etkili olanlarını şöyle sıralayabiliriz. Kapı ve pencerelere monte edilecek manyetik kontakların izinsiz kapı veya pencere açılması halinde devreye girmesi sağlanmaktadır.

Sistemin bulunduğu evin belirli alanlarına yerleştirilecek harekete duyarlı sensörler yardımıyla güvenlik ihlalleri olduğu sırada güvenlik sisteme devreye girer. Pencere veya camın normal koşullar ve zamanlar dışında açılması veya kırılması sensörler aracılığıyla tespit edilir ve önceden belirlenmiş senaryolar devreye girer.

Algılayıcılar sistemin çalışabilmesi için gerekli verileri toplayan birimlerdir. Sisteme bağlı bulunan cihazları kontrol etmek için gerekli verileri toplayarak, kontrol panelinin anlayacağı türden bir formata çevirir ve kontrol paneline gönderir.

Ana kontrol ünitesi mikro işlemcili bir kontrol ünitesi içerir. Tüm algılayıcılardan gelen sinyaller burada işlenerek, iş elemanlarına gönderilir. Ana kontrol ünitesi bu sinyalleri işlerken daha önceden yüklenmiş bir program çerçevesinde çalışır.

### 5.3.7. Su kontrol sistemleri

Evlerin genelinde insanlar ve diğer canlılar için çok önemli olan suyun taşınması için boru sistemleri yapılmaktadır. Günlük rutin yemek ve temizlik gibi birincil ihtiyaçlar haricinde bahçenin sulanması ve yangın söndürme sistemleri içinde çok önemli ihtiyaçların karşılanması da su ile sağlanır.

Her alanda insanların ihtiyacını fazlasıyla karşılayan suyun ev içerisinde yatay ve dikey iletimi için birçok bağlantı noktası gereklidir. Bağlantı noktasının artması boruların ek yerlerinden sızıntı olması olasılığını da arttırmaktadır. Sadece ek değil boruların yıllarca kullanılmaları sonucu borulardaki yıpranmalar, tesisat yapılırken gözden kaçan bağlantı eksikleri, ani basınç artışları veya herhangi bir çalışma sırasında boruya verilebilecek zararlar bu tür riskleri arttırmaktadır. Sistem içerisinde bağlantı noktalarının fazla olduğu yerlere, mutfak, banyo, lavabo ve bahçe sulama alanlara su kaçağını tespit edebilen sensörler konularak su baskını gibi durumlar önlenir. Su kontrol sisteminin yararları sıralanırsa,

- Su kaçağının olduğu yerde sensör devreye girerek o bölgeye giden sudan bir önceki bağlantı noktasından su akışını solenoid valf'i ile keserek suyun ev içerisine ve o bağlantı noktasındaki yere zarar vermesini engeller.
- Herhangi bir sızıntı sırasında bağlantı noktasında bulunan elektriksel noktanın su ile teması önlenir ve olası elektrik çarpmalarına karşı korur.
- Sızıntı yapan suyun oluşturacağı su maliyetinde tasarruf edilir.
- Yolculuk gibi durumlarda uzaktan su vanaları kapatılarak risk azaltılır.

Bütün bu durumlar dışında akıllı ev sistemi kullanmanın ev içerisinde kullanılan suyun tasarrufu konusunda büyük yararları vardır. Evdeki lavabolara harekete duyarlı ve bataryalı musluklar takılarak boşa su akıtılan sudan tasarruf edilir. Bu akıllı musluk sistemlerinde 12-Volt DC beslemeli Solenoid valf'ler ve sensörler kullanılmaktadır (Çelik, 2014).

### 5.3.8. Gaz kaçağı uyarı sistemleri

Büyük bir enerji kaynağı olan gaz her alanda insanoğlunun ihtiyacını karşılamaktadır. Gaz doğru kullanımda büyük yarar sağladığı gibi yanlış kullanımda ise büyük tehlikelere yol açabilmektedir. Günlük ihtiyaçlarımız içerisinde evlerimizin de kaçınılmaz ihtiyaçlarından bir tanesidir. Ev ısıtmasında, su ısıtma sistemlerinde, mutfak ihtiyaçlarında kullanılmaktadır.

İnsanoğlu gaz sistemi için altyapıda ne kadar önlem alırsa alsın sızıntılar, gaz kaçaqları bunlara bağlı olarak da patlamalar ve yangınlar meydana gelebilmektedir. Bu tip durumlarda akıllı ev sistemindeki sensörler bu durumları algılayarak gaz dağıtımının olduğu ana dağıtım panosundaki solenoid valfi devre dışı bırakarak mekana gaz iletimini engeller ve gaz dağıtım firmasına acil durumu raporu iletir. Otomasyon durum için alarm vererek ve aksiyon göstererek riskli durumları en aza indirir. Evde kimse olmadığı durumlarda ise kullanıcının telefonuna uzaktan kontrol sistemi sayesinde alarm vererek kullanıcıyı uyarır (Coronet, 2004).

### 5.3.9. Kamera izleme sistemleri

Belirli noktalara yerleştirilen kameralarla ortamın bir ya da birçok monitör ya da televizyondan izlenmesi sağlanabilir. Görüntülerin kaydedilmesi ve geriye dönük olarak izlenebilmesi, veri hatları yardımıyla iletilmesi mümkün olabilmektedir.

Kamera sistemleri çok geniş kapsamlı ürünlerle ifade edilebilir. Mercek özelliklerinden, görüntü çözünürlüklerinden, siyah-beyaz veya renkli görüntü sağlamalarından, gece görüş sistemi ile bağlantılı olanlarına kadar oldukça farklı çeşitleri vardır. Kullanılacağı yere ve amacına göre seçim yapılabilir, internet erişim hızlarının artmasıyla birlikte daha hızlı, daha net ve gerçek zamanlı görüntüler elde etmek mümkün olabilmektedir.

### 5.3.10. Yangın söndürme sistemleri

Evlerde yaşanabilecek en tehlikeli durumlardan biri yangındır. Yangına sebep olabilecek en önemli faktörler elektrikli ev aletleri ve ateşle ilgili konulardır. Yangın

durumunda ısı ve duman dedektörleri ile durum tespit edilir ve alarm devreye girer. Alarmin devreye girmesi; harici veya dahili sirenlerin çalması ve kullanıcının daha önceden belirlediği telefon numaralarının aranarak güvenlik ihlalinin bildirilmesi ya da güvenlik merkezine rapor edilmesi şeklinde olmaktadır.

Evde yaşayanların yangın yerini hemen boşaltmaları için gerekli güzergahın aydınlatmalarını açar, itfaiyenin yangın yerinin tespit edebilmesi için kapının önünde bulunan alarm lambasını yakıp söndürerek yerini bildirir.

Elektrikli ev aletlerinin bazılarının açık ve prize takılı unutulması belli bir süre sonunda cihazda veya kablolarda meydana gelen yüksek ısınma sebebiyle yangına dönüşebilmektedir.

Prizde unutulmuş bir ütü bu konuya verilebilecek örneklerdendir ve otomasyon sistemi olan bir evde böyle bir durumda sistem durumu algılayarak ütünün bağlı olduğu prizden enerjisini kesebilir. Enerji kesilene kadar geçen sürede ütü bir şeylerin tutuşmasına sebep olmuş ve yangın başlamış ise yapılacak sayılı şeyler vardır. Eğer evde sprinkler denilen tavanlarda bulunan su püskürtme sistemleri varsa yangına müdahale etmek mümkün olabilir.

Yangın söndürme sprinkleri ısı algılayıcılarının verdiği komutlarla ancak bir yangın durumunda oluşabilecek ısıyı hissettikleri anda devreye girerek alevleri söndürebilirler.

Sprinkler sistemlerinin bölgesel kontrollerle çalışması ve yalnızca yangının olduğu alana müdahale etmesi gerekir. Ayrıca yangın sırasında tüm binanın elektrik sistemi devre dışı kalacağından sprinkler ünitelerini destekleyen suyun ayrı depolardan ve suyu sağlayacak hidroforların ayrı bir enerji kaynağından beslenmesi gerekmektedir.

Tüm bu gelişmelerin başında evdeki güvenlik sistemi ev sahibi dışarıda ise ev sahibine, değilse en yakın itfaiye istasyonuna haber vermelidir. Bazı evlerde havuz var ise, katkı sağlaması amacıyla yangın söndürme sistemine ara bağlantı ile takviye yapılabilir, bu binadan ayrı oluşturulan yangın söndürme sisteminin pompa ve performans gücüne ciddi anlamda destek sağlar. Otomasyon sistemi yangına yapılan müdahale ile oluşan gelişmeleri algılayarak belli bir düzende ve sıralamayla gerekli işlemleri yerine getirir.

### 5.3.10. Bahçe bakım ve kontrol sistemleri

Bahelerimizin bakımında önemli yer tutan sulama sistemleri yağmur sensörleri ile hava durumunun tespitini yapabilir, bahçe zeminindeki toprağın nem oranı verilerini kaydederek, sprinkler sulama sisteminin ne kadar çalışacağını programlayabilir böylece toprak ve bitkiler kontrollü biçimde sulanmış olurlar. Su rezervini ve yeterlilik süresini kullanıcıya aktarabilir.

Bahelerimizin bakımında önemli yer tutan sulama sistemleri yağmur sensörleri ile hava durumunun tespitini yapabilir, bahçe zeminindeki toprağın nem oranı verilerini kaydederek, sprinkler sulama sisteminin ne kadar çalışacağını programlayabilir böylece toprak ve bitkiler kontrollü biçimde sulanmış olurlar. Su rezervini ve yeterlilik süresini kullanıcıya aktarabilir.

## 6. MATERYAL VE YÖNTEM

Proje enerjide dışa bağımsız, güvenli ve konforlu bir yaşama olanak sağlamak için tasarlanmıştır. Oluşturulan sistemde enerji tasarrufuna ve geri dönüşümüne verilen önem kadar konfor ve hayatı kolaylaştıran uygulamalara da önem verilmiştir.

Proje bölümlendirilse;

1. Kurulan sistemin özellikleri
2. Proje dış tasarımı
3. Sistem kartı ve yazılımı
4. Uzaktan Kontrol Sistemi
5. Evin Enerji Tüketim Hesabı
6. Güneş enerjisi sistemi

### 6.1. Kurulan Sistemin Özellikleri

Sıfır enerjili akıllı ev projesinin uygulama kısmındaki amaçları; projenin uygulanabilir olduğunu görmek, sensörlerin sistem kartının çalışma mekanizmasını kontrol etmek ve bu sistemi güneş enerjisiyle çalıştırmak amacıyla bir maket üzerinde hayata geçirilmiştir.

Sistem için gerekli çizim ve hesaplamalar bilgisayar ortamında yapıldıktan sonra gerekli malzemeler temin edilmiştir. Gerekli hazırlıklar yapıp sistem kartı basım aşaması tamamlanmıştır. Sensörler ve sistemi çalıştıracak motorlar sisteme entegre edildikten sonra kodlama işlemine başlanmıştır.

Her sensör ve her motor için ayrı aksiyonların oluşturulabilmesi için devreden birden fazla çıkış ve her aksiyon için ayrı bir kod algoritması kullanılmıştır. Sensörlerden gelen veri girişlerine karşı kullanıcının isteğine bağlı verilecek aksiyonların hafızaya alınacağı bir mantık üzerine çalışmalar yapılmıştır. Yani sistemimiz hem kullanıcının istekleri doğrultusunda belirli algoritmalar ile hareket edebilecek hem de uzaktan kontrol ile istenildiği zaman yönlendirilebilecek.

Sistemin uzaktan kontrolü için bir android uygulama yazılmıştır. Bu uygulamada sistemdeki bütün olaylar aç kapat komutuyla hareket ettiği gibi kullanıcının uygulama üzerinden girdiği verilere uygunda hareket edebilmektedir. Örneğin sistemdeki soğutma sisteminin sıcaklık set değeri kullanıcı tarafından 25 dereceye ayarlanır, ortamdaki

sıcaklık derecenin üstüne çıktığında havalandırma ve soğutma sistemleri otomatik olarak devreye girmektedir.

Projede;

- Sıcaklık ve Neme duyarlı havalandırma sistemi
- LDR ışık sensörüne bağlı dış aydınlatma sistemi
- LDR ışık sensörüne bağlı Perde sistemi
- Dış kapı hareketine duyarlı hareket dedektörlü iç koridor aydınlatma sistemi
- LDR ışık sensörüne bağlı iç aydınlatma sistemi
- Şifreli giriş sistemi
- Sistemin enerjisini sağlayacak güneş enerjisi sistemi
- Uzaktan kontrol sistemi bulunmaktadır.

Projedeki sistemler isteğe ve kullanıcı talebine göre arttırılabilir ve büyük bütçelerin ayrılacağı yapılarda enerjisi tasarrufu ve tam güvenlik için hibrit şekilde bütün sistemler beraber kurulabilir.

## 6.2. Projenin Dış Tasarımı

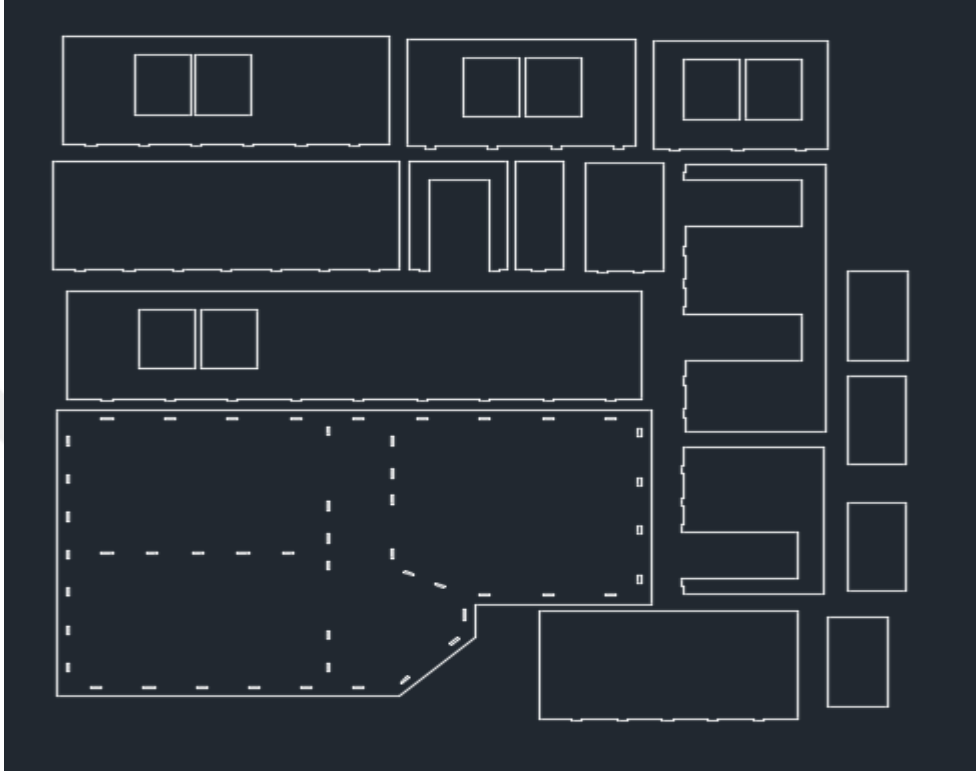
Proje tasarımı özel olarak tasarlanan ev maketi üzerinde uygulandı. Çizimi bilgisayar ortamında solid programıyla yapılan maket lazer kesim makinesinde bilgisayar ortamındaki ölçülere uygun kesildi. Makineden çıkan parçaları uygun şekilde birleştirildi. Akıllı ev maketi önceden planlanan algoritmalara göre oluşturuldu.

Akıllı ev sisteminde otomatik ve ışık dedektörlü perde sistemi, harekete duyarlı koridor aydınlatma sistemi, ısı ve nem algoritmasıyla çalışan havalandırma sistemi, hava karardığında otomatik yanan dış aydınlatma sistemi, şifre ile giriş yapılan dış kapı sistemi bulunmaktadır.

Bütün sistem android uygulama ile uzaktan kontrol edilebilmekte her cihaz uygulama ekranından kapatılıp açılabilir. Uygulama ekranında sistemin durumu, sensörlerden gelen veriler ve sistemin tükettiği enerji görülebilmektedir.

Sistemin diğer önemli kısmı ise sistem, enerjisini güneş panelinden ürettiği enerji ile karşılıyor olmasıdır. Güneş panelinden alınan enerji akü şarj devresi ile aküde depolanıp ihtiyaç duyulduğu zaman sistem akü ile beslenebilmektedir.

Sistemin bütün tasarımı normal bir ev tasarımına ve kullanım şartlarına uygun şekilde dizayn edilmiştir. Şekil 6.1’de proje maketinin bilgisayar ortamında çizimi ve Şekil 6.2’de projenin maketinin görünümü verilmiştir.



Şekil 6.1. Maketin solid çiziminin autocad ortamına aktarılmış hali



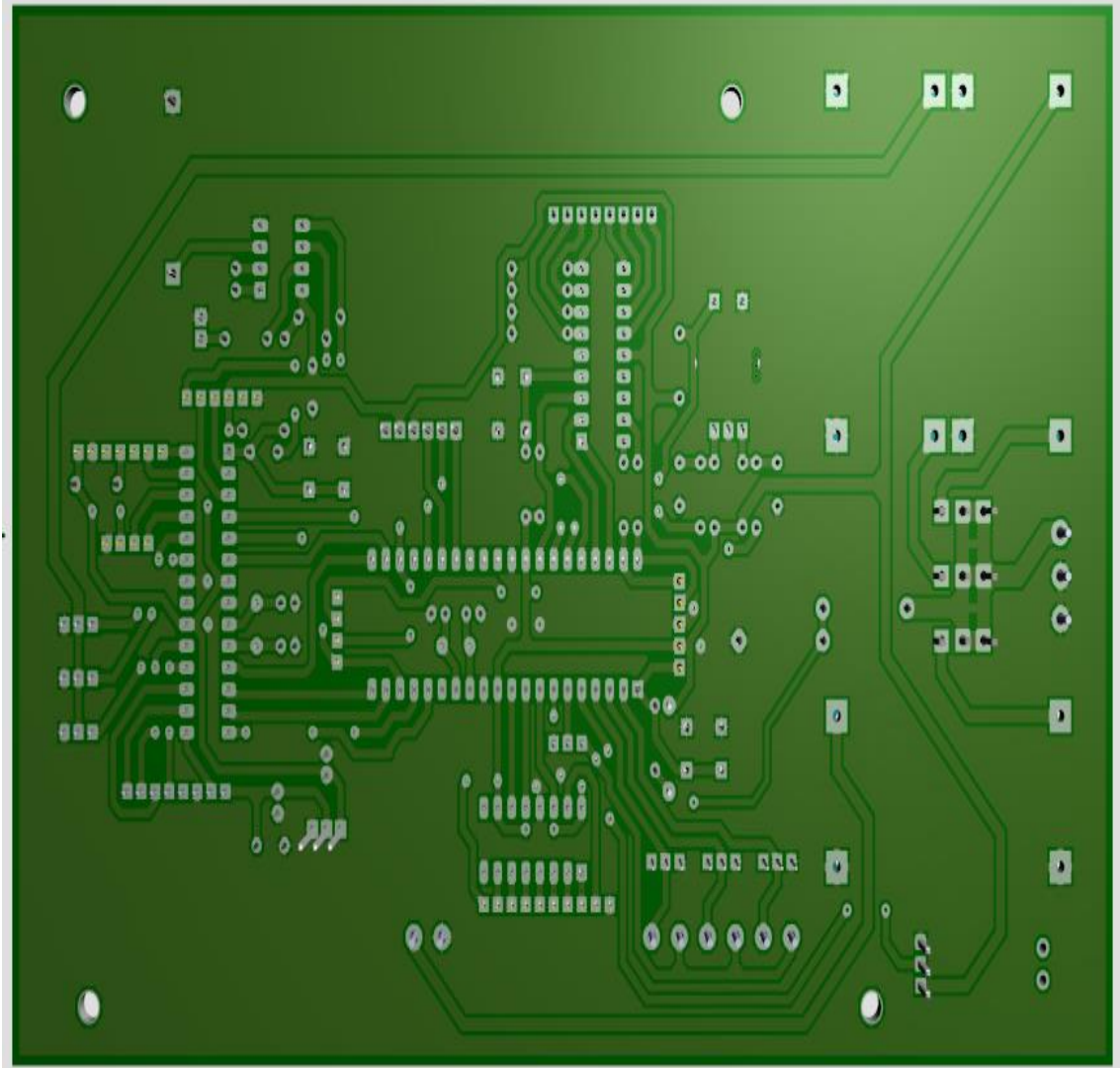
Şekil 6.2. Proje maketi

### 6.3. Sistem Kartı Ve Yazılımı

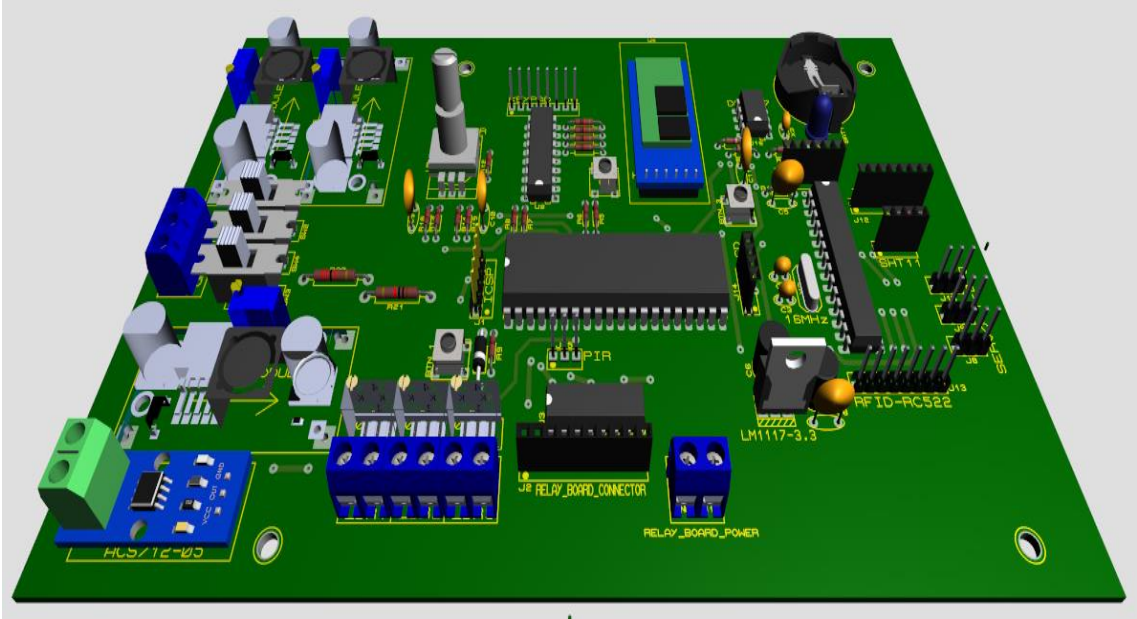
Sistem PIC mikrodenetleyici kullanılarak tasarlanmıştır. Sistem kartı ihtiyaçlar doğrultusunda şekillendirilip buna uygun olarak kodlanmıştır.

Gerekli bütün bileşenler bakır plaka üzerine kartın bilgisayar ortamındaki tasarımına göre basılmıştır.

Şekil 6.3’de sistem kartının bilgisayar ortamındaki arka yüzü, Şekil 6.4’de sistem kartının bilgisayar ortamındaki ön yüzü, Şekil 6.5’de sistem kartının basılmış hali ve şekil 6.6’da sistem kartının bağlantıları verilmiştir.



Şekil 6.3. Sistem kartının bilgisayar ortamındaki arka yüzü



Şekil 6.4. Sistem kartının bilgisayar ortamındaki ön yüzü



Şekil 6.5. Sistem Kartı



Şekil 6.6. Sistem kartı bağlantıları

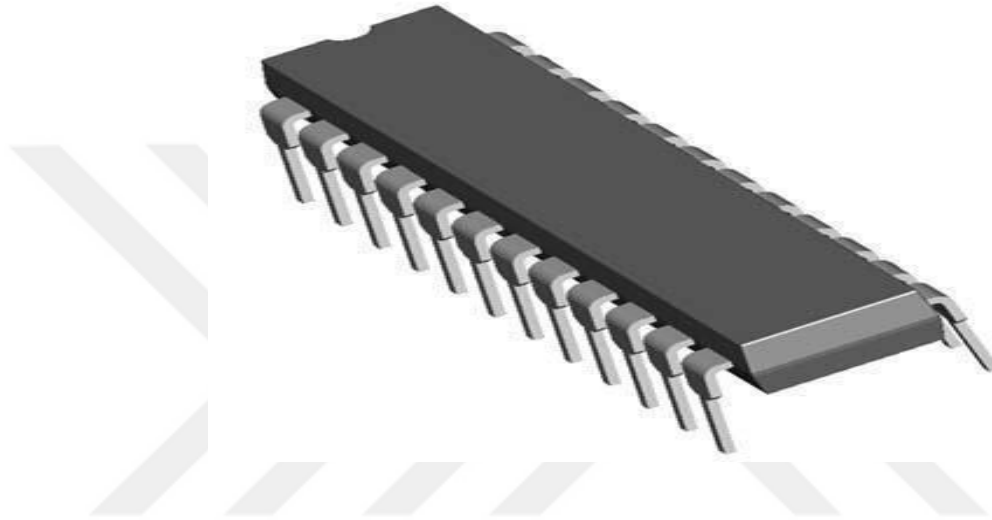
### 6.3.1. PIC

PIC kelime anlamı olarak -PERIPHERAL INTERFACE CONTROLLER- kısaltımıdır. Bir giriş-çıkış işlemcisidir. PIC büyük işlemcilerin giriş ve çıkışlarındaki yüklerin denetimini yapmak ve bu yükleri azaltmak amacıyla 1994 yılında 16 ve 32 bitlik olarak piyasaya sürülmüştür. PIC çok hızlı bir şekilde işlem gerçekleştirmenin yanında uygun fiyatıyla ihtiyaçları karşılamaktadır.

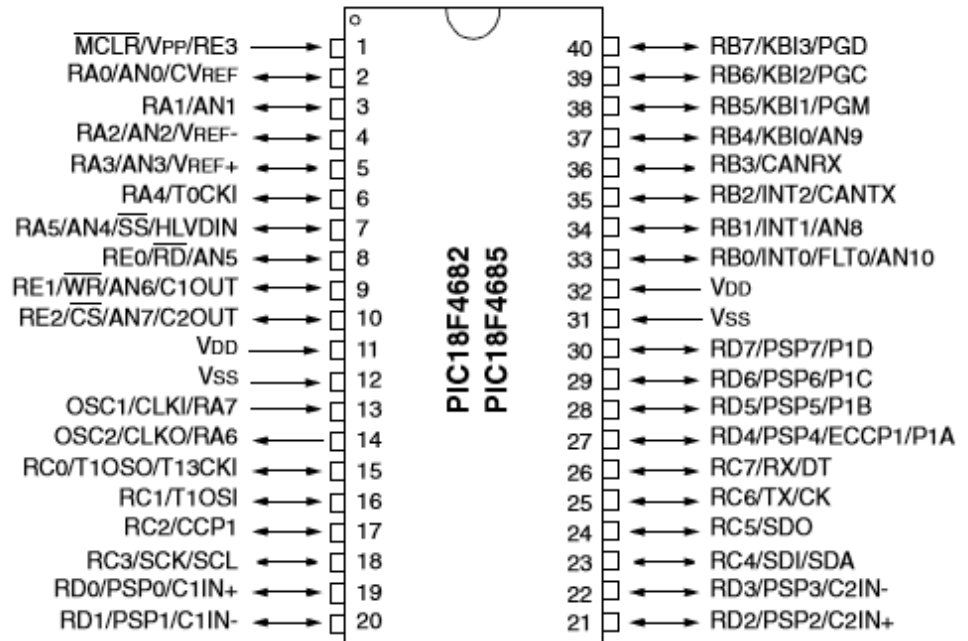
Rahatlıkla programlanabilme ve yazılan programı hafızasında depolayıp daha sonra istenildiği zaman çalıştırabilme özelliklerine sahiptir. PIC'ler tek başlarına bir anlam ifade etmezler, uygun kodlar ile programlanıp uygun elektronik devre oluşturulup çalıştırılmaları gerekir. PIC mikrodenetliyciyi programlamak için programlama

yapabileceğimiz derleyici denilen program paketlerine ihtiyacımız vardır. CCS, Proton Pic Basic gibi uygulamalar PIC programlama derleyicilerine birkaç örnektir.

Projemizde PIC18F2682 kullanılmıştır. 40 pin girişi olan PIC18F2682 kullanacağımız sistem için yeterlidir. Şekil 6.7’de mikrodenetleyicinin dış görünüşü verilmiştir, şekil 6.8’de ise projede kullanılan mikrodenetleyicinin pin girişleri verilmiştir.



Şekil 6.7. PIC Mikrodenetleyici



Şekil 6.8. PIC18F2682 pin girişleri

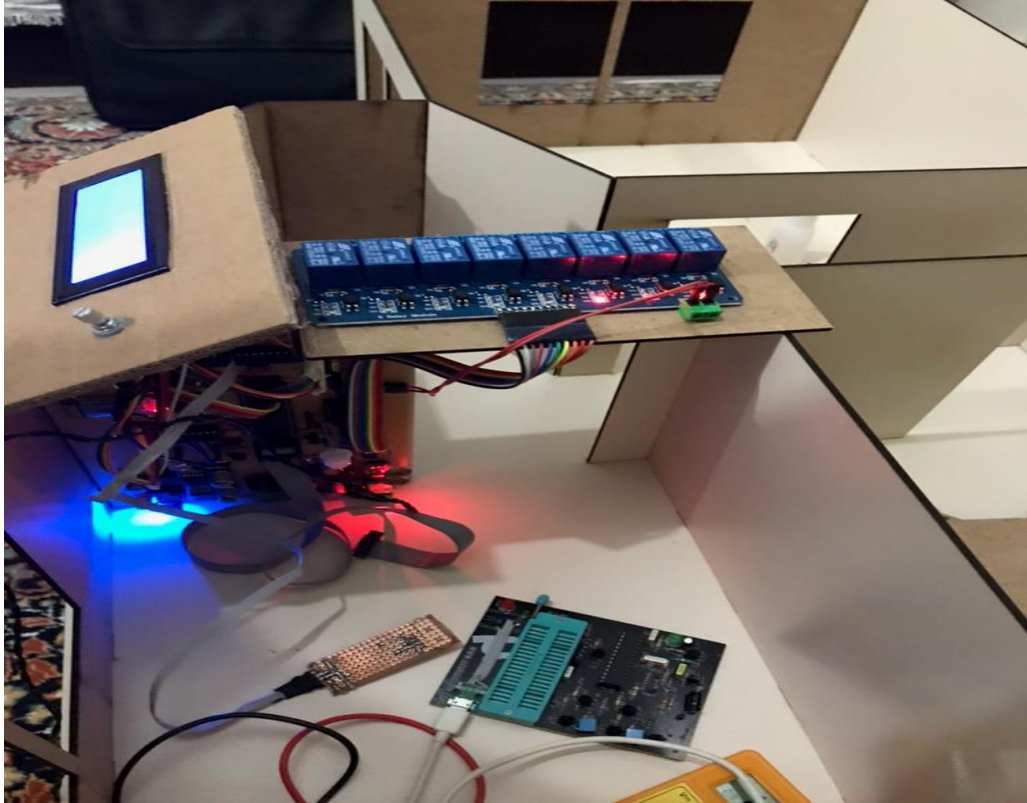
### 6.3.1. Sistem kartı

Sistem kartında kullanılan malzemeler Tabloda 6.1’de verilmiştir.

**Tablo 6.1.** Sistem kartında kullanılan malzemeler

ACS712-05 Akım Sensörü	CR2032 3V Pil
4x20 Karakter LCD	CR2032 Pil Yuvası Yatay
4.7-kOhm direnç (1/4 Watt)	PCF8574 I2C LCD Modül
dikey mavi trimpot/potansiyometre	tantal veya normal 10uF kondansatör
22pF kondansatör	20cm X 30cm bakır plaket
100nF kondansatör	LM2596 modül
1N4001 diyot	8’li entegre soketi
16-MHz kristal	32.768-kHz kristal
10-kOhm direnç (1/4 Watt)	18’li entegre soketi
22-kOhm direnç (1 W)	2’li klemens
10-kOhm direnç (1 Watt)	kaydırmalı anahtar
4 bacaklı buton	DS1307
LM1117-3.3V	74HC595

Şekil 6.9’da sistemin çalışır durumdaki görünümü verilmiştir.



**Şekil 6.9.** Sistemin çalışır durumu

### 6.3.3. Sistem yazılımı

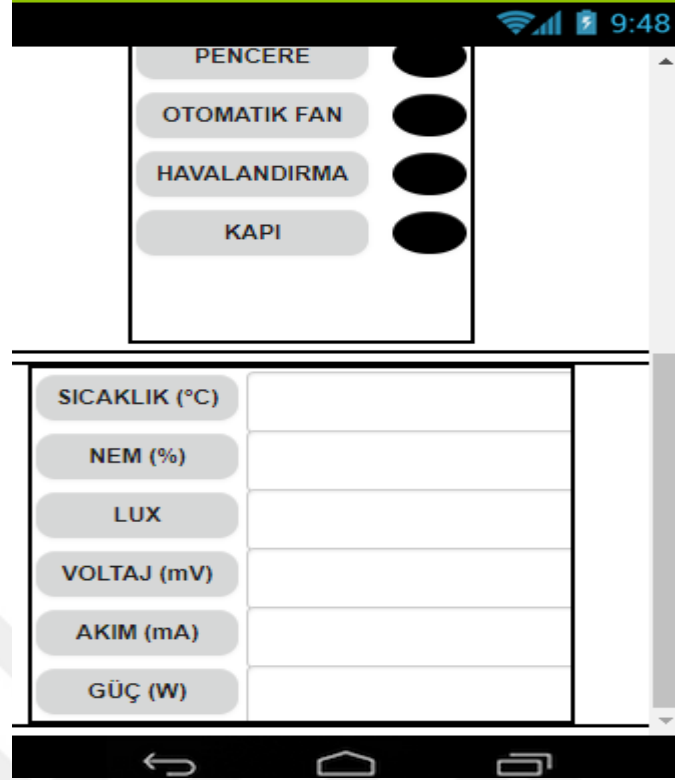
Sistem PIC ile kontrol edilmektedir. C programlama dili ile kodlanmış olan sistemde sensörlere bağlı algoritmalar oluşturulmuştur. Ortamın aydınlık miktarı düştüğü zaman LDR sensöründen gelen veriler işlenir bu veriler doğrultusunda ev içerisindeki ışıklar açılır ve perdeler kapanır. Aynı mantık giriş kapısını gören koridor bölümünde de bulunmaktadır. Dış kapı açıldığında veya koridorda bir hareket algılandığında hareket dedektöründen alınan veriler doğrultusunda ara koridordaki ışıklar yanmaktadır. Bunun yanında ev içerisinde bulunan SHT11 sıcaklık ve nem sensörü ortamın sıcaklığına göre içeriye belli bir sıcaklıkta tutacak komutlar vermektedir ve havalandırmayı çalıştırmaktadır. Akıllı eve giriş bir giriş şifresi ile gerçekleşmektedir.

Akıllı ev sistemi bunun gibi birçok şekilde programlanabilir, istenilensenaryoları oluşturabilir ve buna uygun bir sistem tasarlanabilmektedir.

### 6.4. Uzaktan Kontrol Sistemi

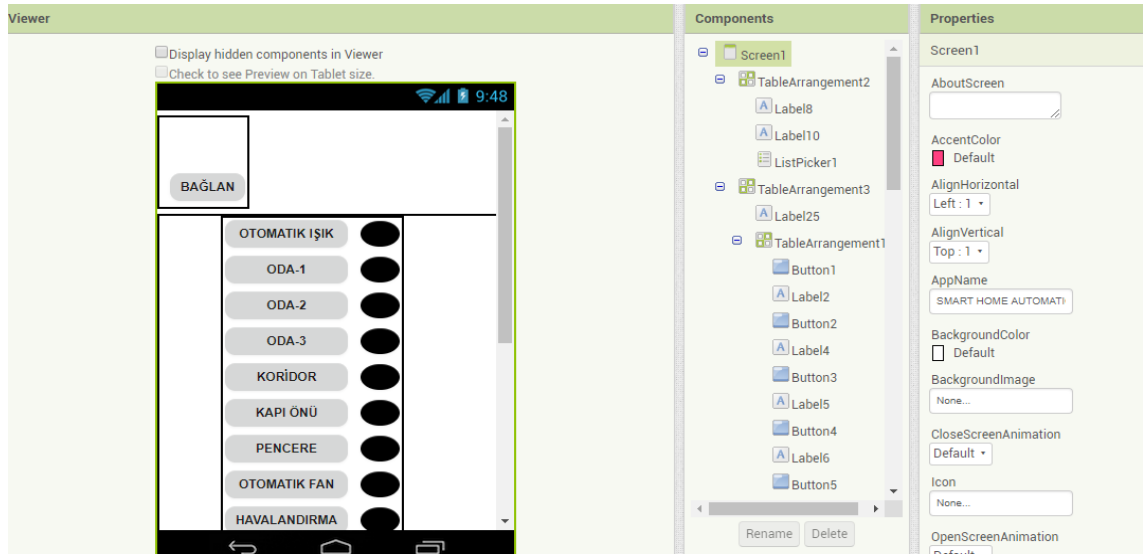
Sistem android uygulama ile uzaktan kontrol edilebilmektedir. Mevcut sistem kartına uygun bir şekilde yazılan ve entegre işlemi tamamlanan android uygulama telefona yüklenir ve bütün sistem uzaktan kontrol edilebilir.

Şekil 6.10'da android sistemin evdeki sıcaklığı, nem yüzdesini, fanın aktiflik durumunu, havalandırma durumunu, kapı durumunu göstermektedir ve bunlar uzaktan kontrol edilebilmektedir.



Şekil 6.10. Sistemin android uygulaması

Sistemin android uygulama arayüzü çok katmanlı bir şekilde kullanabilmektedir. Şekil 6.11’de android uygulamanın yazıldığı arayüz programı görüntüsü verilmiştir. Şekil 6.12’ de ise android uygulama arayüzünün buton bağlantı şeması verilmiştir.



Şekil 6.11. Android uygulama arayüzü



Şekil 6.12. Android uygulama buton yapıları

## 6.5. Bir Evin Enerji Tüketim Hesabı

Projenin en önemli kısımlarından biri evin tükettiği enerji miktarı hesabıdır. Projenin sıfır enerji kısmı tamamen bu hesap üzerine dizayn edilmektedir. Bir evin günlük ortalama tüketeceği enerji, kullanacağı sıcak su ve diğer bütün kullanımların belli bir algoritmaya göre hesaplanmalıdır.

Evin tükettiği elektrik enerjisine göre güneş enerji sistemi seçilir. Sistem evin günlük ortalama ihtiyaçlarını karşılayacak büyüklükte olmalıdır. Tablo 6.2’de bir evin günlük ortalama tüketim tablosu verilmiştir.

**Tablo 6.2.** Bir evin günlük ortalama tüketim tablosu

Ürün	Tüketim (Saatlik-kWh)	Yıllık Tüketimi (kWh)
Buzdolabı	100	67.20
Klima	1200	1075.20
Elektrik süpürgesi	1000	72.00
LCD TV	100	168.00
Diz üstü bilgisayar	75	100.80
Çamaşır makinesi	2000	768.00
Ütü	2000	384.00
Klasik ampul (3 adet)	240	403.20
Lamba ekonomik(3 adet)	60	100.80
Elektrikli fırın	2500	360.00
Elektrikli su ısıtıcısı	2200	73.92
Bulaşık makinesi	1200	720.00
Telefon şarj aleti	400	112.00
Mikro dalgalı fırın	1500	72.00
Aspiratör/Davlumbaz	150	9.50
TOPLAM		4,486,62

Yukardaki hesaplama ortalama bir şekilde ihtiyaç duyulan bir ev için yapılmıştır. Bir evin günlük ortalama tüketimi için 5kW'lık bir güneş enerjisi sistemi yeterlidir.

## 6.6 Güneş Enerji Sistemi

Evde kullanılan cihazların ve akıllı ev sisteminin enerji ihtiyacını karşılamak için evdeki tüketimden daha büyük bir güneş enerji sistemine ihtiyaç vardır. Kullanılabilecek iki tip güneş enerji sistemi bulunmaktadır. Bunlar off-grid ve on grid sistemlerdir. Off-grid sistemler şebekeden bağımsızdırlar. Güneş panellerinden elde edilen enerji akülerde depo edilip evin enerji ihtiyacı bu şekilde karşılanır. Off-grid sistemin bu açıdan dezavantaj sağlamaktadır. Bu sistemin temel dezavantajları akü şarj-desarjı ve kışın kapalı havalarda üretilen düşük enerjinin ev ihtiyaçlarını karşılamamasıdır. Off-grid sistemli bir evde klima veya yüksek enerji tüketen cihazların biranda veya uzun süreli kullanımında akü çok çabuk deşarj olmaktadır, akülerdeki sürekli şarj – deşarj durumu akü ömrünü kısaltmaktadır. Bunun yanında deşarj olan akünün kapalı havalarda şarj olması uzun süreceği için evin enerjisiz kalma durumu olacaktır. Off-grid sistemin bu dezavantajlarından dolayı yapılacak projede on grid sistemin kurulması hem maliyet hem de enerji sürekliliği açısından büyük avantaj sağlayacaktır.

On-grid sistem şebekeye bağlı sistem olduğu için güneş panellerinden üretilen enerji invertör ile şebekeye uygun bir hale getirilip çift yönlü sayaç ile şebekeye bağlanmaktadır. Enerji direk şebekeden çekildiği için enerji sürekliliği sağlanmaktadır. Şekil 6.13’de on-grid sistemli bir evin tasarımı görülmektedir.



Şekil 6.13. On-grid sistem

Yapılan çalışmalar sonucunda bir evin enerji ihtiyacını karşılamak için gerekli sistem tasarımı tablo 6.3’de verilmiştir.

Tablo 6.3. Bir evin enerji ihtiyacını karşılamak için gerekli sistem tasarımı

19 Adet Güneş Paneli 270W 24V Poly
1 Adet Goodwe GW-5000 On Grid İnverter
1 Adet Solar Kablo 6mm Kırmızı (60 metre)
1 Adet Solar Kablo 6mm Siyah (60 metre)
1 Set MC4 Konnektör Seti - Tekli Bağlantı - 1 Dişi 1 Erkek
1 Adet AC Kablo NYY 4x6mm (25 metre)
1 Adet Ges Panosu
1 Adet Topraklama

5 kW büyüklüğünde olan bir sistemin ortalama maliyet 50.000 TL’dir. Sistem için harcanılan 50.000 TL’nin amorti edebileceği süre hesabı için sistemin kurulacağı yer çok önemlidir. Çalışma Konya bölgesi üzerine yapılmıştır. 2007-2011 yıllarını kapsayan 5 yıllık ortalama güneşlenme süresi 7.27 saattir (Yokuş, Tunç, 2018).

$$5 \text{ kW} \times 7.27 \times 365 = 13.267 \text{ kWh}$$

Yıllık üretilecek enerji ortalama 13.267 kWh'dır. Mesken olarak kullanılan yerleşim yerlerinde dağıtım firmalarınca belirlenen elektriğin birim fiyatı 0.6 TL/kWh'dır. Bu verilere dayanarak sistemin kendini amorti edeceği süre tablo 6.4'de detaylı bir şekilde hesaplanmıştır.

**Tablo 6.4.** 7.27 saat güneşlenme süresi altında sistemin kendini amorti edeceği süre

Toplam İhtiyaç	4,486,62 kWh
Toplam Yıllık Üretim	13.267 kWh
Yıllık Enerji Farkı	8.781 kWh
Elde Edilen Enerji Geliri	8.781 kWh x 0.60 TL/kWh = 5286 TL
Tüketime Ödenen Enerji	4,486,62 kWh x 0.60 TL/kWh = 2691 TL
Enerji Geliri + Tüketim Fiyatı Toplamı	5286 TL + 2691 TL = 7.977,972 TL
Sistem Amorti Süresi	50.000/7.977,972 = 6,3 YIL

Bu çalışma, güneşlenme süresinin sistemin kendini amorti etme süresine etkisini görmek amacıyla ortalama güneşlenme süresi 10 saat olan bir bölge için yapılmıştır. İkinci çalışmada da 5 kW büyüklüğünde bir güneş enerjisi sistemi kullanılmıştır. 5 kW büyüklüğündeki güneş enerjisi sisteminin 10 saat güneşlenme süresi altındaki yıllık enerji üretimi aşağıda verilmiştir;

$$5 \text{ kW} \times 10 \text{ h} \times 365 = 18.250 \text{ kWh}$$

Bu sistemin 10 saat güneşlenme süresi altında yıllık üreteceği elektrik enerji 18.250 kWh'dır. Önceki hesaplamada olduğu gibi elektriğin birim fiyat 0.6 TL/kWh olarak alınmıştır. Bu çalışma için amorti süresi Tablo 6.5'de verilmiştir.

**Tablo 6.5.** 10 saat güneşlenme süresi altında sistemin kendini amorti edeceği süre

Toplam İhtiyaç	4,486,62 kWh
Toplam Yıllık Üretim	18.250 kWh
Yıllık Enerji Farkı	13.763,38 kWh
Elde Edilen Enerji Geliri	13.763,38 kWh x 0.60 TL/kWh =8.258,028 TL
Tüketime Ödenen Enerji	4,486,62 kWh x 0.60 TL/kWh = 2691 TL
Enerji Geliri + Tüketim Fiyatı Toplamı	8.258,028 TL + 2691 TL = 10.949,028 TL
Sistem Amorti Süresi	50.000/7529 = 4,6 YIL

Bu çalışmalardan güneş enerji sistemini, güneşlenme süresi daha fazla olan bölgelerde kendi daha kısa bir zaman zarfında amorti etmektedir.

### 6.7. Sistem Kodları

Sistemin Sıcaklık sensöründen aldığı verileri değerlendirerek çalıştırdığı fan kontrol sisteminin kodları aşağıdaki gibidir;

```
void fan_control()
{
  if((seconds_FAN>=SET_FAN)&&(fan_auto==1))
  {
    seconds_FAN=0;
    TempC=requestData(TEMPERATURE);
    if(TempC>=fan_temp_set)
    {
      bit_set(RELAY_state,5);
    }
    else if(TempC<fan_temp_clear)
    {
      bit_clear(RELAY_state,5);
    }
  }
}

void control_light_fan_curtain()
{
  if((seconds_LDR>=SET_LDR)&&(manuel_control==0))
  {
    seconds_LDR=0;
  }
}
```

```

curtain_1=readLDR(2);
//printf("%Lu \n",curtain_1);

if((curtain_1<150)&&(auto_light_curtain==1)&&(!bit_test(RELAY_state,0))&&(!bit_t
est(RELAY_state,2))&&(!bit_test(RELAY_state,3))&&(!bit_test(RELAY_state,4)))
{
    bit_set(RELAY_state,0);
    bit_set(RELAY_state,2);
    bit_set(RELAY_state,3);
    bit_set(RELAY_state,4);
    output_low(AT_B0);
    output_high(AT_B1);
    output_high(AT_B2);
    output_low(AT_B3);
    output_high(AT_REQ); // Trigger The REQUEST
    output_low(AT_REQ);
    while(input(AT_INT)==LOW);
    delay_ms(10000);
    room_1_curtain=1;
    room_1_light=1;
}
else
if((curtain_1>=300)&&(auto_light_curtain==1)&&(bit_test(RELAY_state,0))&&(bit_t
est(RELAY_state,2))&&(bit_test(RELAY_state,3))&&(bit_test(RELAY_state,4)))
{
    bit_clear(RELAY_state,0);
    bit_clear(RELAY_state,3);
    bit_clear(RELAY_state,2);
    bit_clear(RELAY_state,4);
    output_low(AT_B0);
    output_high(AT_B1);
    output_high(AT_B2);
    output_low(AT_B3);
    output_high(AT_REQ); // Trigger The REQUEST
    output_low(AT_REQ);
    while(input(AT_INT)==LOW);
    delay_ms(10000);
    room_1_curtain=0;
    room_1_light=0;
}
}
}

void readPIR()
{
    if((input(PIR_OUT)==HIGH)&&(auto_light_curtain==1))
    {
        bit_set(RELAY_state,1);
    }
}

```

```
}  
else if((input(PIR_OUT)==LOW)&&(auto_light_curtain==1))  
{  
    bit_clear(RELAY_state,1);  
}  
}
```



## 7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 7.1. Sıfır Enerjili Akıllı Ev'in Avantajları ve Dezavantajları

Sıfır enerjili akıllı evlerin avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır bunları iki başlıkta inceleyebiliriz.

#### 7.1.1. Sıfır enerjili akıllı evin avantajları

- Sorumlulukları azaltır.
- Zaman tasarrufu sağlar.
- Uzaktan kontrol sistemi kullanıcıya konfor sağlar.
- Isı yalıtımı enerji kaybını azaltır.
- Sensörler yardımıyla tüketilen enerjinin kontrolü ve tasarrufu sağlanır
- Evin uzaktan kontrol imkanı sağlayarak güvenli bir ortam oluşturur.
- Süregelen senaryoları öğrenerek aksiyonları kendiliğinden gerçekleştirir.
- Fiziksel veya zihinsel rahatsızlık yaşayan insanların hayatını kolaylaştırır.

#### 7.1.2. Sıfır enerjili akıllı evin dezavantajları

- Akıllı ev sisteminin uzaktan erişilebilir olması kullanıcı dışında evin kontrolünün başkalarının eline geçmesine neden olabilir.
- Ev otomasyon sisteminde oluşabilecek sorunlar ve aksaklıklar beklenilmeyen sonuçlar doğurabilir. Örneğin, sıcaklık sensöründe meydana gelebilecek hata evin aşırı ısınmasına ve aşırı soğumasına neden olabilir.
- Uzaktan kontrol sistemleri her cihazın kontrolünü uzaktan kurma olanağı sağlar, bu yüzden insanı tembelleğe ve monoton bir hayata itebilir.
- Cihazların kontrolünü uzaktan sağlamak sorumluluk duygusunu azaltır.
- Ses komutlarıyla çalışan bir otomasyon sisteminde insan dışı sebeplerden dolayı aksaklıklar oluşabilir. Örneğin, el sesi ile ışıkları açan bir ev otomasyon sisteminin, televizyondan gelen bir sestten dolayı etkilenebilir ve kullanıcı isteği dışında aydınlatmaları açabilir.
- Sistemi sürekli uzaktan kontrol etmek insanı mekanikleşmeye iter.

## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Güneş enerjisi sistemi yenilenebilir bir enerji kaynağı olup kısa sürede kendini amorti eder. Yapılan çalışmalarda 5 kW büyüklüğünde bir güneş enerji sistemi ortalama 7.27 saat güneşlenme süresi olan bir bölgede kendini 6,3 yıl gibi bir sürede amorti ederken, ortalama güneşlenme süresi 10 saat olan bir bölgede ise 4.6 yılda amorti etmektedir.

Şebekeye yakın bölgelerde kesintisiz bir enerji için on-grid sistem kullanılmalıdır. Akıllı sistemler için uygulanabilecek en verimli sistem on-grid ve off-grid sistemlerin hibrit şekilde çalıştığı sistemlerdir.

Sıfır enerji sistemi için güneş enerjisi ile beraber trombe duvar, ışıık boruları kullanımı, sıcak su kollektörleri, TS-825'e uygun bir ısı yalıtımı ve Low-E ısı kontrol camları kullanılmalıdır.

Trombe duvar yapısı kullanılarak yapılan çalışmalarda sistemin dış hava sıcaklığının 0 derece olduğu bir bölgede duvar sıcaklığını 30 dereceye kadar çıkarabildiğini ortaya konmuştur. İki farklı bölgede yapılan çalışmalar sonucunda soğuk aylarda bölgelerin birinde %40 oranında diğer bölgede ise %90 oranında enerji tasarrufu sağladığı görülmüştür.

İşıık borularının kullanımı fabrikalar ve büyük iş yerleri açısından büyük öneme sahiptir. Bu tür yerlerde kullanılacak ışıık boruları aydınlatma için kullanılan elektrik maliyetini neredeyse sıfıra indirmektedir.

TS-825'e uygun bir ısı yalıtımı ile eski yalıtımsız yapılara oranla %70, eski standartlara uygun yalıtımlı yapılara oranla %57 daha tasarrufu sağlamaktadır.

Low-E ısı kontrol camlarında ısı kaybı eski tip tek camlı yapılara göre %65 / %70, standart çift camlı evlere göre %35 / %40 daha azdır.

Sıcak su için kurulan kollektörler özellikle yaz aylarında çok verimlidirler. Yapılan çalışmada 4 kişilik bir ailenin günlük su tüketimi 200 lt'dir. 200 lt suyu 67 derece sıcaklığa getirmek için gerekli süre 2 saattir. Bu sürede 13,166 TL'lik enerji harcanır. Bu maliyeti aya ve yıla vurduğumuzda sıcak su için kurulan su kollektörleri kendini 3-4 yıl gibi kısa bir sürede amorti edecektir.

Akıllı evler hem kontrol edilebilir hem de programlanabilir olması uzaktan sistem kontrolü açısından çok önemlidir. Sistem yazılımı çok fonksiyonlu olup cihazlar hem senaryolara göre çalışabilmekte hem de uzaktan kontrol edilebilmektedir. İstenmeyen

durumlarda otomasyon sistemiyle eve müdahale edilip olası zararların önüne geçilebilmektedir.

Ev otomasyon sisteminde sıfır enerji ve akıllı ev sisteminin hibrit bir şekilde bulunması birbirini tamamlayan özelliktedir. Sistemin uzaktan kontrol edilmesi güvenlik ve enerji tüketimi kontrolü açısından büyük önem taşımaktadır. Evdeki cihazların enerjisi uzaktan kesilip enerji tasarrufu sağlanabilir. Akıllı ev sisteminde oluşturulacak senaryolar düşük enerji tüketimi sağlayacak şekilde olmalıdır.

Evin enerji tüketimi hesabı ortalama günlük tüketimin biraz üzerinde yapılmalıdır ve oluşturulacak sistem kendini kısa bir süre içinde amorti edebilmelidir. 5 kW büyüklüğünde bir güneş enerjisi sistemi 4-5 yıl gibi kısa bir sürede kendini amorti etmekte ve büyük kazanç sağlamaktadır.

Güneş enerjisi tasarımında kullanılacak malzemeler kaliteli ve uzun ömürlü olması bakım maliyetini azaltmakta ve kesintisiz enerji sağlamaktadır.

Sonuç olarak sıfır enerji ve akıllı ev sistemleri hibrit bir şekilde uygulanıp uzaktan kontrolü sağlanırsa ev sahibine güvenli, konforlu ve enerjide dışa bağımsız bir hayat sağlar.

## KAYNAKLAR

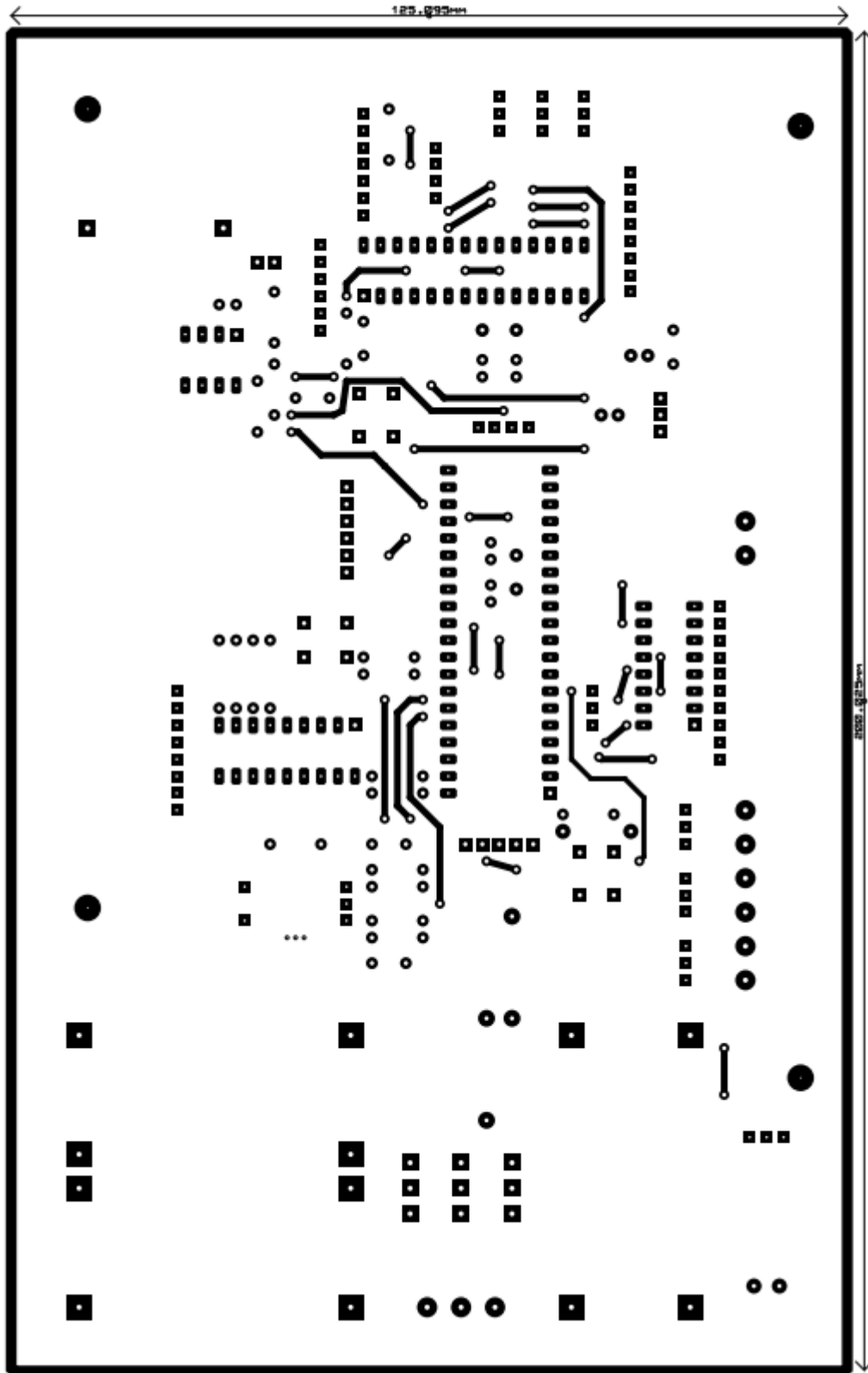
- Alkan S., Öztürk A., Zavrak S., Tosun S., Avcı E., 2014, Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistemin Kurulumu, *Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu*, Düzce Üniversitesi, 27-29 Kasım 2014, Bursa, 78-82.
- Arısoy K., TS-825 Standardı ve Binalarda Isı Yalıtım Danışmanlığı, 2015, <https://tr.linkedin.com/pulse/ts-825standard%C4%B1-ve-binalarda-is%C4%B1-yal%C4%B1t%C4%B1m-kerem-arisoy>.
- Banâtre, Marron, Ollera, Wolisz, 2008 Cooperating Embedded Systems and Wireless Sensor Networks, UK, Wiley.
- Bulut H., Şahin H., Karadağ R., 2007, Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemlerinin Tekno-Ekonomik Analizi, *TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 101, 23-33.
- EİE, 2012, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası, <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>.
- EİE, 2012, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası, b <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>.
- Ertaş K., 1999, Ts 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Hesap Metodunun Bilgisayar Programı Vasıtasıyla Uygulanması, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 4-7 Kasım 1999, İzmir, 93-103.
- Ertaş K., 2000, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı, *Tesisat Mühendisliği*.
- Elçin T., 2015, Yaşlıların Akıllı Ev Teknolojileriyle İlgili Tutumları: Destek Teknolojileriyle İlgili Bulgular ve Öneriler, *21. Ulusal Ergonomi Kongresi*, Isparta, 3(3), 285-292.
- Elma O., Selamoğulları U S., Uzunoğlu M., 2014, Türkiye'de Akıllı Şebekeler Alt Yapısına Uygun Akıllı Ev Laboratuvarı, *Uluslararası İstanbul Akıllı Şebekeler ve Şehirler Kongre ve Fuarı*, 8-9 Mayıs 2014, İstanbul, 76-79.
- Erdoğan S., Yılmaz M., Şahin B., Özyurt Ö., 2006, Pompası Sistemlerinin Seçimi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 92, 40-49.
- EPDB, 2010, Evaluation of the Energy Performance of Buildings Directive, European Commission, 2010/31 / AB.
- Doğan A., Pırasacı T., 2009, Bina Cephelerinde Yalıtım Yerine Trombe Duvar Kullanımının İncelenmesi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 16.09.2009, 41-47.
- Gençoğlu M.T., 2008, Akıllı Evler, *I. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu*, Ankara, 221-234.

- Goswami D.Y., Kreith F., and Kreider J.F., 1999, Principles Of Solar Engineering, Taylor & Francis, Philadelphia.
- Güçül G.N., 2008, Akıllı Ev Sistemleri Ev Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Güven S., Terzioğlu R.G., 2009, Evde Enerji Tasarrufu İçin Öneriler, <http://www.eeb.hacettepe.edu.tr/atbtasarruf.pdf> , son erişim tarihi: 10.12.2012.
- H. Assefi, U. Atikol, R. Nowzari, 2008, A Parametric Study On Thermal Behavior Of Unvented Thermal Storage Wall, *5th International Architecture & Engineering Symposiums (ARCHENG)*, November 27-28, Lefke, N. Cyprus.
- İnal K., Akcayol M.A., 2009, GSM Tabanlı Akıllı Ev Uygulaması, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, Mayıs 2009, Cilt 2, Sayı 2, 39-45.
- İzocam, 2013, TS 825 - Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Ocak 2013, 1-154.
- Karaman S., Özüng İ., Şirin Ü., 2016, Trombe Duvar ile Ek Isı Kazanımı Sonucu Hayvan Barınaklarında Havalandırma Etkinliğinin Artırılması, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 30, Sayı 1, 169-178.
- Karagöl, E.T., Kavaz, İ., 2017, Dünyada Ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji, *Analiz Dergisi*, Nisan 2017, 197, 1-30.
- Koroğlu T., Teke A., Bayındır K.Ç., Tümay M., Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı, *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, Temmuz 2010, Sayı: 439, 98-104.
- Özer H.İ., 2005, Akıllı Ev Otomasyon Sistem Tasarımı, *Selçuk Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, Konya, 1-28.
- Özütü O., Karakuş C., 2018, Binalarda Isı Yalıtım Yolu İle Enerji Tasarrufunun İklimlendirme Açısından İncelenmesi Ve Optimum Cam Kaplama Alanı Belirlenmesi, *Binalarda Isı Yalıtımı Yoluyla Enerji Tasarrufu Kitabı*.
- Pragnell M., Spence L., Moore R., 2000, The Market Potential For Smart Homes. York Publishing Services, York
- R. Nowzari, U. Atikol, 2009, Transient performance analysis of a model building integrated with a Trombe-Wall, *7th International Conference on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE'09)*, 20-22 August, Moscow, Russia.
- Sarılioğlu Y., 2008, Tkp’ların Türkiye’nin Enerji Verimliliğine Ve Çevresel Sürdürülebilirliğine Katkısı, <https://isipompassi.wordpress.com/category/enerji-kaynaklari/> .
- Sev, A., Gür, V., Özgen, A., 1999, Cephenin Vazgeçilmez Saydam Malzemesi Cam, *Cephe Sistemleri ve Malzemeleri Sempozyumu*, İstanbul Teknik Üniversitesi, 11 Kasım 1999, İstanbul, 11-25 .

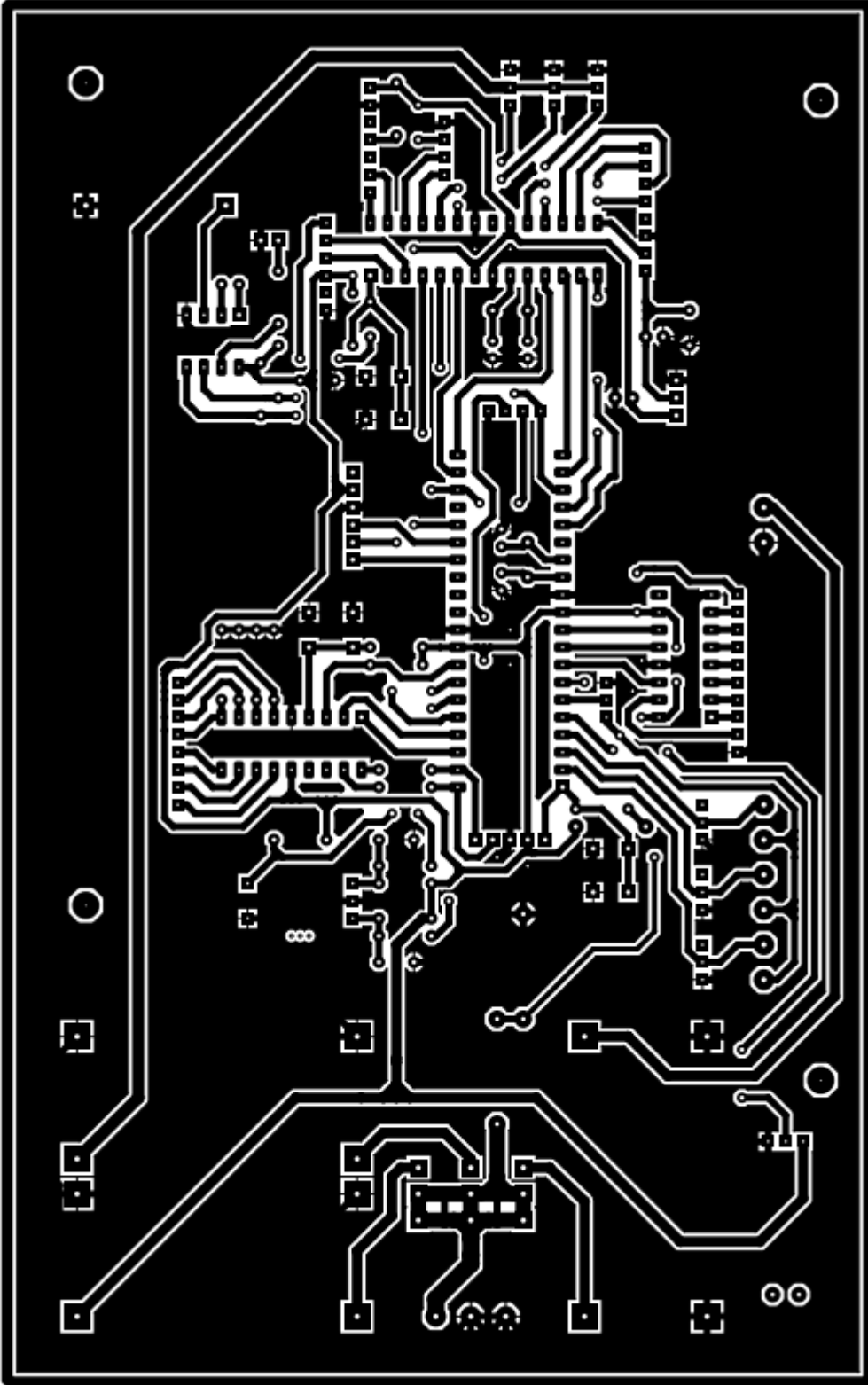
- Stefanov, D.H., Bien, Z. and Chul, Bang, W., 2004, The smart house for older persons and persons with physical disabilities, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 12(2), 228-250.
- Şahinoğlu G., 2006, Akıllı Evlerde Otomasyon, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü İçmimarlık Anasanat Dalı*, 1-118.
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2014, Türkiye'nin Enerji Görünümü, Yayın No: MMO/2014/616, Ankara.
- Uslusoy S., 2012, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ağustos 2012, İzmir, 1-172.
- Utlı Z., Tekin S., 2014, Yeşil Bina Uygulamalarında Net Sıfır Enerjili Binaların Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi, *11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 17-20 Nisan, İzmir, 1613 – 1621.
- Varınca K.B., Gönüllü M.T., 2006, Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, *Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 21-23 Haziran, Eskişehir, 270-275.
- Yılmazoğlu Z.Y., 2010, Isı Enerjisi Depolama Yöntemleri ve Binalarda Uygulanması, *Politeknik Dergisi*, Cilt:13 , Sayı: 1, 33-42
- Yokuş S., Tunç M., 2013, Konya İli Güneş Enerjisi Potansiyeli, *28. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi*, Konya.



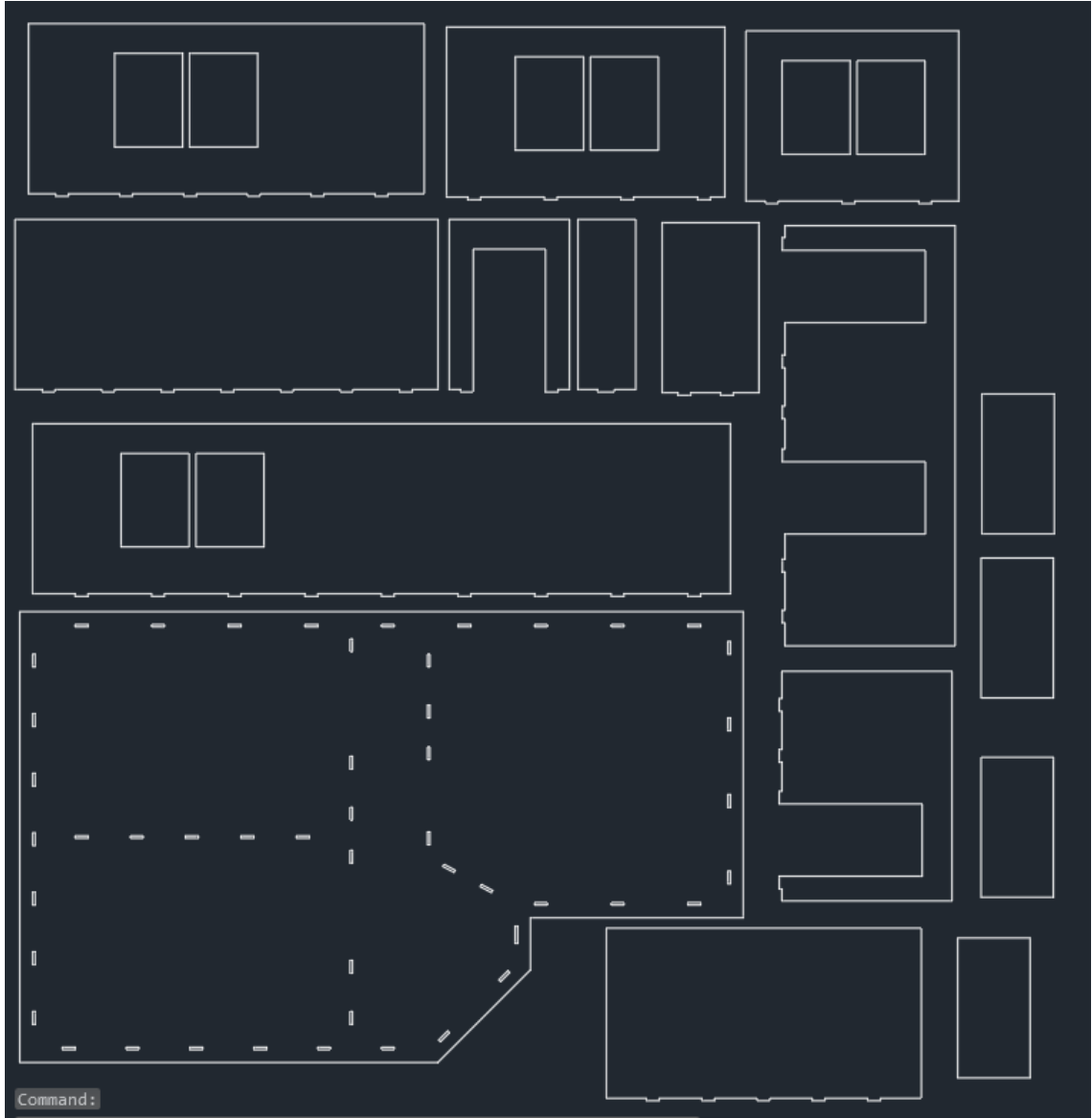
EK-2 Baskı devre çizimi 1.



EK-3 Baskı devre çizimi 2.



**EK-3** Akıllı ev maketinin autocad ortamında çizimi.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Muhammed Sefa Yıldız  
**Uyruğu** : Türkiye Cumhuriyeti  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Batman – 11.04.1993  
**Telefon** : 05531906047  
**e-mail** : yildiz.msefa@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Batman Anadolu Lisesi, Merkez, Batman	2007 - 2011
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2012 - 2016
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2016 - Devam

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2018-2018	Deniz Mühendislik	Saha Mühendisi
2018-Devam	Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş.	Saha Mühendisi

### UZMANLIK ALANI

CorelDraw : Çok iyi  
 Photoshop : İyi  
 AutoCAD : orta  
 Word, Excel : İyi

### YABANCI DİLLER

**İngilizce** : Okuma : İyi Yazma : İyi Konuşma : Orta

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

- Güneş Enerjisi & Teknoloji Fuarı SOLAREX İSTANBUL – 2017, Katılımcı.
- İlkyardım Sertifikası
- Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 12 – 13 Mayıs 2016, ‘Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi 3. Öğrenci Proje Pazarı, TARIMSAL UYGULAMALARDA GÜNEŞ ENERJİSİ VE UZAKTAN KONTROL SİSTEMLERİ, Katılım.

### YAYINLAR

Yıldız M S., Çetinkaya N., 2018, Sıfır Enerjili Akıllı Ev Tasarımı, Enar Engineering and Architecture Symposium, 14-16 Kasım, Alanya, 382-395.

