

**T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ÇANAK TİPİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİNDEN ELEKTRİK
ÜRETİMİNİN BİLGİSAYAR YAZILIMI İLE TAKİBİ**

Süleyman KAYGISIZ

**Danışman
Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019**



©2019 [Süleyman KAYGISIZ]

TEZ ONAYI

Süleyman KAYGISIZ tarafından hazırlanan "**Çanak Tipi Güneş Enerjisi Sisteminden Elektrik Üretiminin Bilgisayar Yazılımı İle Takibi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Arzu ŞENCAN ŞAHİN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Feyza AKARSLAN

Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Süleyman KAYGISIZ



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Güneş Pili.....	5
1.2. Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi	7
1.3. Mikrodenetleyici.....	8
1.3.1. Mikrodenetleyicilerin genel özellikleri.....	9
1.3.2. Mikrodenetleyici mimarisi.....	9
1.3.2.1. Von Neuman mimarisi	10
1.3.2.2. Harvard mimarisi	11
2. KAYNAK ÖZETLERİ	13
3. GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ	18
3.1. Fotovoltaik Sistemler.....	19
3.2. Parabolik Oluklu Kollektör Sistemleri	21
3.3. Güneş Bacaları.....	22
3.4. Güneş Enerji Kule Sistemi.....	24
3.5. Ayna-Isı Makinesi Güneş Enerji Sistemi.....	25
4. STİRLİNG MOTORLARI	28
4.1. Stirling Motorlarının Tarihçesi	28
4.2. Stirling Motorunun Çalışma Prensibi	28
4.3. Stirling Motorlarının Avantajları.....	29
4.4. Stirling Motorlarının Dezavantajları.....	29
4.5. Stirling Motor Tipleri.....	30
4.5.1. Serbest pistonlu stirling motorları	30
4.5.2. Rhombic-hareket mekanizmalı motorlar.....	31
4.5.3. Krank biyel mekanizmalılar	31
4.5.4. Eğik plaka döndürme mekanizması.....	34
4.5.5. Diğer tipler	35
4.6. Şarj Basıncılı Stirling Motorları.....	35
4.7. Atmosferik Basıncıta Çalışan Stirling Motorları	36
4.8. Stirling Motorlarının Kullanım Alanları	39
4.8.1. Deniz motorları olarak	39
4.8.2. Su altı güç sistemlerinde.....	39
4.8.3. Sunî (Yapay) kalplerde	39
4.8.4. Nükleer reaktör güç istasyonlarında (elektrik santrallerinde).....	39
4.8.5. Kriyojenik soğutucularda	40
4.8.6. Güneş enerjili motorlar	40
4.9. Gerçek Stirling Motorlarında Çalışma Karakteristikleri	40
4.9.1. Güç ve motor verimi	40
4.9.2. Motor torku ve devri	41

4.9.3. Periyodik tork değişimi.....	41
4.9.4. Çalışma maddesi.....	42
4.9.5. Stirling motorlarında sızdırmazlık problemi	42
5. GÜNEŞ PANELLERİ	44
5.1. Güneş Panellerinin Tanımlanması.....	44
5.2. Güneş Hücrelerinin Tarihçesi.....	44
5.3. Fotovoltaik Teknoloji.....	45
5.4. Güneş Pili Çeşitleri.....	46
5.4.1. Monokristal güneş panelleri	46
5.4.2. Polikristal güneş panelleri	48
5.4.3. Thin Film güneş panelleri	49
6. ARDUİNO.....	50
6.1. Arduino Temel Donanım Özellikleri.....	51
6.2. Arduino ile Neler Yapılabilir?.....	51
6.3. Arduino Çeşitleri (Arduino Boards).....	52
6.4. Arduino ile İlgili Temel Kavramlar	53
6.5. Arduino Uno	54
6.6. Arduino Uno R3	56
6.7. ATmega328Mikrodenetleyici.....	58
7. MATERYAL VE YÖNTEM	60
7.1. Güneş Paneli ve Paneli Konumlandırma	61
7.2. Çanak Tipi Yansıtıcının ve Stirling Motorun Tasarımı.....	62
7.3. Kullanılan Devre Elemanları.....	70
7.4. Kullanılan Yazılımlar ve IoT Uygulaması	77
8. ARAşTIRMA BULGULARI	86
8.1. Parabolik Çanak Kollektörü İçin Hesaplama	88
9. TARTIşMA VE SONUÇLAR.....	94
KAYNAKLAR	96
ÖZGEçMİş.....	102

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇANAK TİPİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNİN BİLGİSAYAR YAZILIMI İLE TAKİBİ

Süleyman KAYGISIZ

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT

Artan elektrik enerji ihtiyacını karşılamak ve elektrik enerjisinin ulaştırılmasının mümkün olmadığı durumlarda alternatif olarak güneş enerjisinden elektrik üretimi kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynağı kullanılarak FV sistemden ve Stirling motordan elektrik üretimi sağlanmaktadır.

Sistemde çanak tipi yansıtıcı, güneş paneli, Stirling motor, arduino uno mikrodenetleyicisi, gerilim ve akım sensörü, bluetooth modülü, internet modülü, sıcaklık nem sensörü, android studio editöründe geliştirilmiş android arayüz yazılımı, verilerin tutulduğu web sayfası ve arduino yazılımı kullanılmaktadır. Mikrodenetleyici sayesinde okunan güç değerleri, sıcaklık ve nem bilgisiyweb sayfasında kayıt altına alınmaktadır. Ayrıca Visual Studio yardımıyla yazılan C# programıyla da verilerin analizi yapılmaktadır. Aynı şekilde mobil cihazdan da okunan bu değerler kullanılan veri tabanı sayesinde saatlik olarak saklanmaktadır.

Elde edilen veriler incelendiğinde motordan en fazla güç 0,7 W, fotovoltaiik pilden ise 0.9 W enerji üretimi gözlenmektedir. Prototip amaçla kurulan bu sistemde elde edilen güçler yeterli düzeydedir. Sistemin verimliliği açısından kıyaslama olanağı sunan bu tez kurulum yapacak kişilere yardımcı olmaktadır.

Sistem çalışma prensibi çanak tipi yansıtıcı uygun şekilde odaklanarak Stirling motorun çalışmasını sağlanmaktadır. Uygun açıyla yerleştirilen fotovoltaiik panelden de elektrik üretimi sağlanmaktadır. Elde edilen veriler sayesinde web sayfasında grafikler dinamik olarak çizilip, mobil cihaz tarafından da kıyaslama yapılmaktadır. Grafiklerin görüntülenmesi istenirse yakın mesafeden istenirse internet üzerinden anlık olarak takip edilebilmektedir. Sistem verimliliği hakkında bilgi veren bu tez çalışması yapılacak yatırımlara yön verecektir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, çanak tipi yansıtıcı, Stirling motor, arduino enerji takibi, android enerji takibi.

2019, 102 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THE DISH TYPE SOLAR ENERGY SYSTEM IS PURSUIT BY THE COMPUTER SOFTWARE OF ELECTRICITY GENERATION

Süleyman KAYGISIZ

**Isparta Universty of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Energy Systems Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT

Electrical power production is used alternatively from solar energy to provide increased electrical energy needs and in impossible situations such as electrical energies can't be supplied. Electrical power production is provided from the FV system and the Stirling engine by using renewable energy sources.

Dish reflector, solar panel, Stirling engine Arduino Uno microcontroller, voltage, current components, Bluetooth module, internet module, heat and humidity sensor, interface software which is developed in the android studio system, a web page which including input and Arduino software are used in the system. Read power rates providing with microcontrollers are saved on the web page including heat and humidity information. Besides, analyzing inputs (data) is made with MATLAB which written with helping of a web page. In the same form, mobile devices are saved hours by providing the user database.

When the acquired data are examined, the most power from the engine is 0.7 W and 0.9 W energy production is observed from the photovoltaic battery. In this system which held for prototype aim, acquired Powers are insufficiently level. This thesis provides to compare with the efficiency of the system which helped the people to make an installation.

Also, electrical productions are provided from the right placed photovoltaic panel providing with acquired datas, graphics can be drawn dynamically on the web page and can be compared from mobile devices. If the graphics are wanted to show and wanted from the closed destination, it can be followed form the net momentarily. This system gives information about the efficiency of the system and shapes for investment decisions.

Keywords: Solar energy, dish type reflector, Stirling engine, arduino energy tracking, android energy tracking.

2019, 102 pages

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca, deneyim ve bilgisiyle beni yönlendiren değerli danıőmanım Prof. Dr. Ali Kemal YAKUT'a çok teşekkür ederim. Tez çalıőmamın her aşamasında değerli fikirlerinden ve yardımlarından faydalandığım Dr.Öğr. Üyesi Melik Ziya YAKUT'a, Öğr. Gör. Dr. Gamze YAKUT'a ve literatür taramasında emeği geçen Fadime KAYGISIZ 'a teőekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama, kardeőime sonsuz sevgi ve teőekkürlerimi sunarım.

Süleyman KAYGISIZ
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiye birincil enerji arzı ve artış oranları.....	2
Şekil 1.2. 2016 yılı aylık bazda maksimum ani puant değerleri.....	3
Şekil 1.3. Güneş panelini sistemini oluşturan temel bileşenler.....	6
Şekil 1.4. 2000-2017 yılları arasında dünya çapında fotovoltaik sistem kurulu güç gelişimi.....	6
Şekil 1.5. Yoğunlaştırılmalı güneş enerjisi sistemlerinin şematik gösterimi.	7
Şekil 1.6. Mikrodenetleyicinin blok şeması.	9
Şekil 1.7. Von Neumann mimarisi.....	11
Şekil 1.8. Harvard Mimarisi.....	12
Şekil 3.1. Türkiye global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri.....	18
Şekil 3.2. Türkiye'nin yıllık güneş radyasyonu atlası.....	19
Şekil 3.3. Güneş pili yapısı ve bölümleri.....	20
Şekil 3.4. Parabolik oluklu güneş enerji sistemi.....	21
Şekil 3.5. Güneş bacasının temel çalışma prensibi.....	22
Şekil 3.6. Güneş enerji kule sistemi.....	24
Şekil 3.7. Parabolik ayna/ısı-motoru sistemi.....	25
Şekil 4.1. Alfa (α) tipi motorların şematik görünümü.....	32
Şekil 4.2. Beta (β) tipi motorların şematik görünümü.....	33
Şekil 4.3. Gama (γ) tipi motorların şematik görünümü.....	34
Şekil 5.1. Tipik bir silisyum güneş pilinin ön yüzü.....	44
Şekil 5.2. Solar hücrenin iç yapısı.....	45
Şekil 5.3. Monokristal güneş paneli aşamaları.....	47
Şekil 5.4. Yansımayı önleyici piramit yapıları.....	48
Şekil 5.5. Polikristal güneş paneli üretim safhaları.....	49
Şekil 6.1. Arduino Uno ve IDE yazılım geliştirme ortamı.....	50
Şekil 6.2. Arduino Uno ve temel birimleri.....	55
Şekil 6.3. Arduino Uno R3 önden ve arkadan görünüşü.....	56
Şekil 6.4. Arduino Uno R3 şematığı.....	57
Şekil 6.5. ATmega 328 pin diyagramı.....	58
Şekil 6.6. ATmega328 pin diyagramı ve Arduino Uno R3.....	59
Şekil 7.1. Sistemin çalışma yöntemi.....	60
Şekil 7.2. Güneş paneli.....	61
Şekil 7.3. Parabolik çanak kesiti /parabol.....	63
Şekil 7.4. Ortak bir odak noktası için kenar açısı değişimleri.....	64
Şekil 7.5. Yoğunlaştırıcı yüzey vasıtasıyla, güneşten alıcıya yapılan ışınım transferinin şematik gösterimi.....	66
Şekil 7.6. Çanak tipi yansıtıcı tasarımı.....	68
Şekil 7.7. Striling motor yandan görünümü.....	69
Şekil 7.8. Odak noktasına konumlandırılan Stirling motor.....	69
Şekil 7.9. Arduino Uno R3.....	70
Şekil 7.10. Max471 sensörü.....	71
Şekil 7.11. Max471 devre şeması.....	71
Şekil 7.12. HC06 Bluetooth modülü.....	72
Şekil 7.13. HC-06 modülü devre şeması.....	72
Şekil 7.14. Esp8266 Wifi modülü.....	73

Şekil 7.15. Esp8266 Wifi modülü devre şeması.....	73
Şekil 7.16. LCD ekranın devreye bağlantı şeması.....	74
Şekil 7.17. DHT11 Sıcaklık-nem sensörü.....	74
Şekil 7.18. DHT11 Sıcaklık nem sensörü devre şeması	75
Şekil 7.19. Breadboard.....	75
Şekil 7.20. Jumper kablo	76
Şekil 7.21. Dirençler.....	76
Şekil 7.22. Devrenin bağlantıları tamamlanmış hali	77
Şekil 7.23. Arduino Kodları.....	78
Şekil 7.24. Programın akış diyagramı	79
Şekil 7.25. Programlama ekranı ve classlar.....	80
Şekil 7.26. Akıllı cihazlar için veri izleme programı.....	81
Şekil 7.27. Programın akış diyagramı	82
Şekil 7.28. ThingSpeak platformunda verilerin görüntülenmesi.....	84
Şekil 7.29. ThingSpeak'te kanal ayarı ekranı	85
Şekil 7.30. API key anahtarı.....	85
Şekil 8.1. Güneşden gelen ışınların tek odak noktasından yansması.....	86
Şekil 8.2. Odak noktasına gelen güneş ışınlarının toplanması.....	87
Şekil 8.3. Haftalık zamana bağlı sıcaklık değişimi.....	91
Şekil 8.4. Günlük sıcaklık değişimi	91
Şekil 8.5. Motor gücünün haftalık gösterimi	92
Şekil 8.6. Motor gücünün günlük gösterimi.....	92
Şekil 8.7. Panel gücünün haftalık gösterimi	93
Şekil 8.8. Panel gücünün günlük gösterimi.....	93

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı	3
Çizelge 1.2. 2016 Yılı kaynak bazında yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi	4
Çizelge 3.1. Yoğunlaştırılmalı güneş güç üretim teknolojileri karşılaştırması.....	27
Çizelge 4.1 Çalışma gazı hava olan bazı stirling motorlarına ait karakteristikler	38
Çizelge 6.1 Arduino modellerinin karşılaştırılması.....	53
Çizelge 6.2 Arduino Uno teknik özellikleri	55
Çizelge 7.1 Sehpa açısı bilgileri	62
Çizelge 7.2 Tez çalışmasında kullanılan komutlar ve açıklamaları.....	78
Çizelge 8.1 Hesaplanan değerler.....	90

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

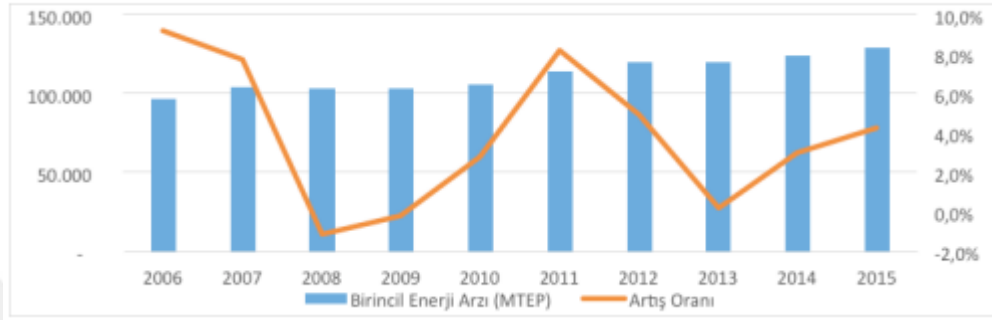
A	Alan (m^2)
Be	Beale sayısı
C	Yansıtma oranı
F	Motor frekansı veya Devir sayısı [devir/saniye]
FV, PV	Fotovoltaik Panel
M	Kütle, [kg]
N	Güç (W)
P	Basınç, [Pa,bar]
P _{ort}	Ortalama etkin basınç [bar]
Q _ç	Çevrimden atılan (çıkan) ısı, [W]
Q _g	Çevrime giren toplam ısı, [W]
R	İdeal gaz sabiti, [kJ/kgK]
S	Entropi, [kJ/kgK]
Sc	Schmidt sayısı
T	Sıcaklık [$^{\circ}C$]
U	İç enerji, [kJ/kg]
V	Hacim, [m^3]
V _{se}	Genişleme bölgesi süpürme hacmi [cm^3]
W	Motor gücü [W]
W _{net}	Net İş, [W]
α_s	Yükseklik Açısı
B	Eğim Açısı
Γ	Yüzey azimut açısı
γ_s	Güneş azimut açısı
Δ	Deklinasyon açısı
H	Isıl (termal) verim
Σ	Toplam elektrik tüketimi (kWh)
Φ	Enlem açısı
ω	Saat açısı
θ	Geliş açısı
θ_Z	Zenit açısı

1. GİRİŞ

İnsan topluluğun ilerlemesinde enerji kaynakları çoğunlukla önemli bir faktör olmuştur. Sanayi devriminden itibaren enerji, medeniyet seviyesini artırmıştır. Bu sebeple enerji kullanım oranı ülkenin gelişmişlik düzeyini gösteren önemli bir kriter olmuştur. İnsanlığın yaşam standartlarının temelini enerji oluşturmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin nüfusu, dünya nüfusunun dörtte üçünü oluşturmasına rağmen dünya enerji tüketiminde üçte birlik bir paya sahiptir. Ekonominin büyümesiyle birlikte bu ülkelerde enerjiye arz da artmaktadır. Büyümelerinin ve kalkınmalarının devamlılığının sağlamak için enerjiye ulaşmaları gerekmektedir. Yeterli enerjinin sağlanamaması durumunda ise gelişmekte olan ülkeler bu durumdan olumsuz yönde etkileyecektir (Laka, 2011).

Enerjiler değişime veya dönüşüme uğrama durumuna göre ikiye ayrılır. Bunlar birincil ve ikincil enerjilerdir. Enerjilerin değişim veya dönüşüme uğramamış biçimi birincil enerji; birincil ya da diğer ikincil enerjilerin kullanılması sonucu sonucu elde edilen türü de ikincil enerjidir. Birincil enerjiler güneş, rüzgâr, hidrolik, petrol, kömür jeotermal, nükleer; ikincil enerjiler elektrik, termik, mekanik, kimyasal, elektromanyetik ve ışık enerjileridir. Ayrıca enerji türlerini alışlagelmiş (konvansiyonel) ve yenilenebilir enerjiler olarak sınıflandırabiliriz. Çoğunlukla fosil kaynaklı petrol, kömür, elektrik türü enerjiler alışlagelmiş enerjilerdir. Rezervi kısa sürede yenilenemez fakat uzun süre kullanılmaktadır. Güneş, rüzgâr, hidrolik, biyo-kütle, jeotermal türü enerjiler yeni ve yinelenebilir enerjilerdir. Bu enerjiler uzun zamandır kullanılmaktadır. Sistemik ve geliştirilmiş teknikler kullanılarak enerjiye dönüştürmektedir. Enerjiler ham maddelerinin özgül enerji içeriklerinin yoğunluğuna göre petrol, kömür, hidrolik ve atom enerjilerini yoğun enerjiler, güneş ve rüzgâr enerjilerini de yoğun olmayan enerjiler olarak gruplandırabiliriz. Ayrıca güneş, rüzgâr, gel-git ise depo edilemeyen; kömür, petrol, atom enerjileri hammaddelerinden dolayı tam depo edilebilen; doğalgaz ve su kısmen depo edilebilen enerji türleridir (Yavuzcan, 1994).

Sanayileşme nüfus artışı ve kentsel gelişim ile birlikte Türkiye birincil enerji tüketimi de artış göstermektedir. Bu tüketimin artmasına sebep olan temel etkenlerin başında nüfus ve gelir artışı gelmektedir. Türkiye birincil enerji arzı 2015 yılında 129,3 milyon TEP olarak gerçekleşmiş olup son 10 yıllık birincil enerji arzı ve birincil enerji arzı artış oranı Şekil 1.1’de verilmiştir.

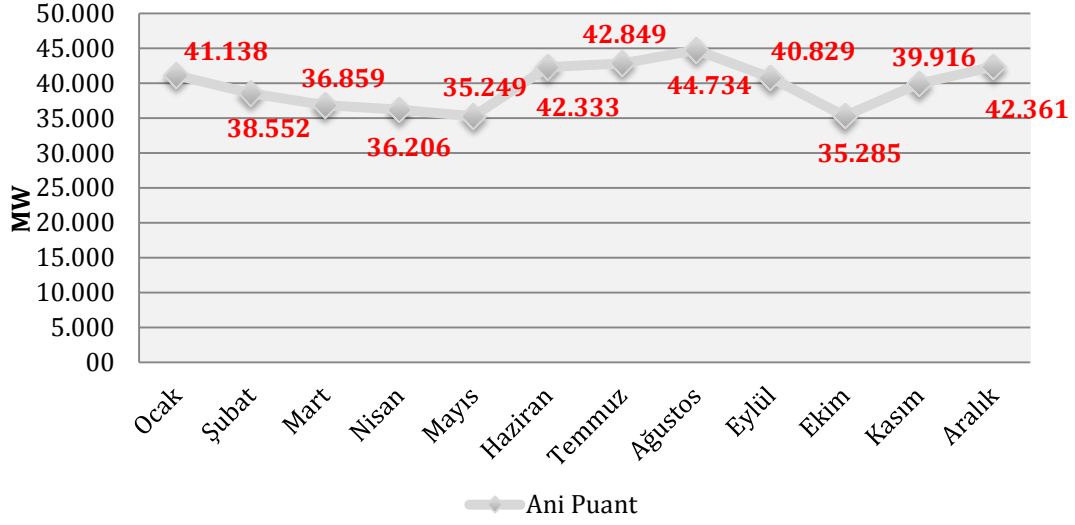


Şekil 1.1. Türkiye birincil enerji arzı ve artış oranları (EİGM, 2016a)

2015 yılında birincil enerji arzı içinde petrolün payı %30 doğal gazın payı %31, hidrolik enerjinin payı %4,5, kömürün payı %27, hidrolik dışı yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ise %7,5'tir. Birincil enerji arzının sektörlere göre dağılımı incelendiğinde; %24,7'si sanayi, %25,1'i konut ve hizmet sektörü, %19,1'i ulaştırma ve %23,4'ü çevrim sektörü şeklindedir (EİGM, 2016a).

2016 yılı sonu itibarıyla elektrik üretimi 274,4 TWh, tüketimi ise 279,2 TWh olarak gerçekleşmiştir. Aylık tüketim ortalaması 23,2 TWh olurken en yüksek tüketim Ağustos ayında 26,6 TWh iken en düşük tüketim 21,3 TWh ile Şubat ayında yaşanmıştır. 2016 yılı elektrik sektörü için rekorlar yılı olmuştur. 10 Ağustos 2016'da 905,8 GWh günlük tüketim değeri ile 11 Ağustos 2016'da 44.734 MW'lık maksimum puant yük değerleri ile gerek tüketimde gerekse güçte ülke rekorları kırılmıştır. 2016 yılı maksimum ani puant değerleri aylık bazda Şekil 1.2'de verilmiştir. 2016 yılı üretiminin %32,5'i doğal gazdan, %24,5'si barajlardan göllerden ve akarsulardan, %33,6'si kömürden, %5,7'si rüzgâr, %1,7'si jeotermal ve %2'i ise diğer kaynaklardan sağlanmıştır. Çizelge 1.1'de Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı verilmiştir (TEİAS, 2016).

2016 YILI TÜRKİYE ANİ PUANTININ AYLIK DEĞERLERİ



Şekil 1.2. 2016 yılı aylık bazda maksimum ani puant değerleri (TEİAŞ, 2016).

Çizelge 1.1. Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı (TEİAŞ, 2016).

KAYNAK	ÜRETİM (GWh)	KATKISI (%)
İthal Kömür	47.717,9	17,39
Taşkömürü + Asfaltit	5.985,3	2,18
Linyit	38.569,9	14,06
Doğal Gaz	89.227,1	32,52
Sıvı Yakıtlar	1.926,3	0,70
Barajlı	48.962,1	17,84
D.Göl ve Akarsu	18.268,8	6,66
Rüzgar	15.517,1	5,65
Yenilenebilir Atık+ Atık Isı	2.371,6	0,86
Jeotermal	4.818,5	1,76
Güneş	1.043,1	0,38
TOPLAM	274.407,7	100,00

Yerli kaynaklardan elektrik üretimi 2016 yılında rekor yılı olmuştur. Yerli kaynaklardan toplam elektrik üretiminin %46,7 (135,6 TWh)'i elde edilmiştir. Yine yerli kaynaklardan elektrik üretimini kendi içinde kırdığında ise 135,6 TWh üretimin %33 (44,7 TWh)'i kömür, %67 (90,9 TWh)'i yenilenebilir enerji

kaynaklıdır. Yenilenebilir enerjiden kaynak bazında elektrik üretim değerleri Çizelge 1.2’de verilmiştir (TEİAŞ, 2016).

Çizelge 1.2. 2016 Yılı kaynak bazında yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi (TEİAŞ, 2016).

	GWh	%
YENİLENEBİLİR ATIK+ATIK ISI	2.371,6	2,61
RÜZGAR	15.517,1	17,06
GÜNEŞ	1.043,1	1,15
BARAJLI	48.962,1	53,82
D.GÖL VE AKARSU	18.268,8	20,08
JEOTERMAL	4.818,5	5,30
TOPLAM	90.981,3	100,00

Doğal gaz ithal kaynaklardan elektrik üretiminde ilk sırada gelmektedir. İthal kaynak bazlı elektrik üretiminin (138 TWh), %63,5 (87,7 TWh)’i doğal gazdan, %34,6 (47,7 TWh)’i ithal kömürden ve %1,9 (2,6 TWh)’i diğer kaynaklardan üretilmiştir (TEİAŞ, 2016).

2016 yılı üretimi kuruluş bazında incelendiğinde özel sektörün (lisanssız santraller dâhil) 227,1 TWh üretim ile %83 gibi önemli bir paya sahip olduğu görülmektedir. Geri kalan 46,6 TWh (%17) üretim ise kamu uhdesinde bulunan elektrik santrallerinden elde edilmiştir (TEİAŞ, 2016).

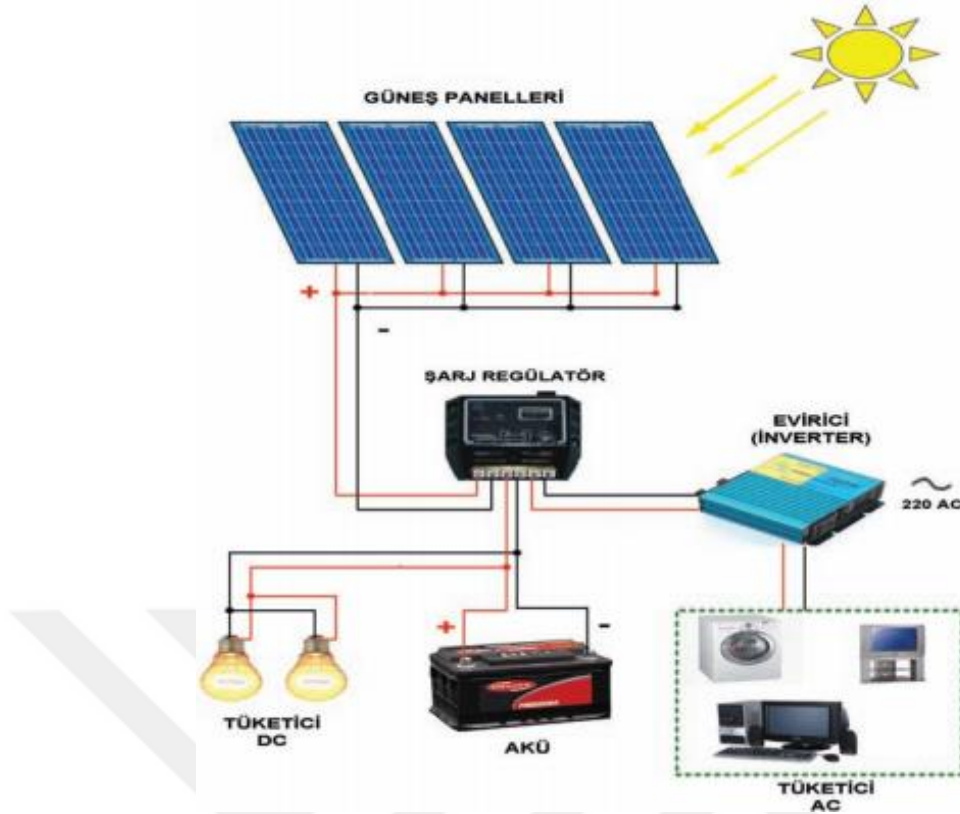
Ülkemizde ekonomik kriz ve depremin olduğu yıllarda tüketim artış hızı yavaşlamış olmakla birlikte diğer dönemlerde artış yaşanmıştır. Elektrik tüketimindeki bu artışın temelinde ise nüfusun ve sanayi üretiminin artmasının yanı sıra refah seviyesinin gelişmesi bulunmaktadır. 2025 yılına kadar talebin yıllık ortalama %4,8 oranında artması TEİAŞ tarafından yapılan projeksiyonlarda görülmektedir (TEİAŞ, 2016). Ayrıca Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan 20 yıllık talep projeksiyonu çalışmasında baz

senaryoda yıllık artış oranının %4,2 olması beklenmektedir (EİGM, 2016b). Bu istatistiksel veriler güneş enerji teknolojilerinin ve güneş enerjisi kullanımının gelişmesi için yapılan arge çalışmalarının değerini doğrular niteliktedir.

Elektrik üretimi güneş enerjisi kullanılarak temelde iki yöntemle gerçekleştirilebilir: Birincisi, üzerine gelen güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaiklerdir. Diğer yöntem ise, güneş enerjisini önce ısı enerjisine daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren ve yoğunlaştırılmalı güneş güç sistemleri adı verilen sistemleri kullanmaktır (Goswami ve Kreider, 2000).

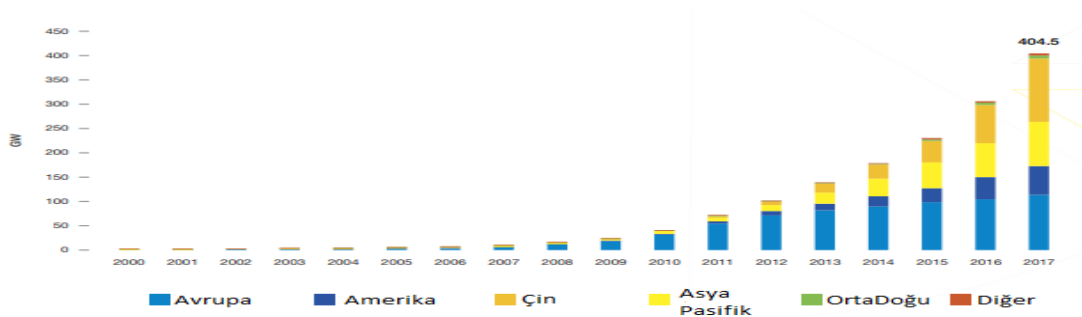
1.1. Güneş Pili

Güneş pili modülleri kullanılacak alana göre akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri, evirici (invertörler), akümülatör ile birlikte kullanarak bir güneş pili sistemi oluşturur (Köroğlu vd., 2010). Şekil 1.3'te güneş pili modüllerinin bileşenleri bulunmaktadır. Bu sistemlerde enerji kaynağı olarak güneş pili modülü kullanılır. Akümülatör ise güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece boyunca kullanılmak üzere sistemde bulunur. Güneş pili modülleri gün boyunca elde ettiği elektrik enerjisini üreterek bunu akümülatörde depolar ve gerektiğinde enerji akümülatörden alınarak kullanılır.



Şekil 1.3. Güneş panelini sistemini oluşturan temel bileşenler (Koroğlu vd., 2010)

Global Market Outlook 2018 raporuna göre, 2000-2017 yılları arasında, dünya çapında kurulan fotovoltaik sistemler için kurulu güç gelişimi Şekil 1.4'de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, son 5 yılda hızlı artış göstererek 2017 yılı itibariyle fotovoltaik sistem olarak 404.5 GW'lık kurulu güce ulaşılmıştır (Solar Power, 2018).

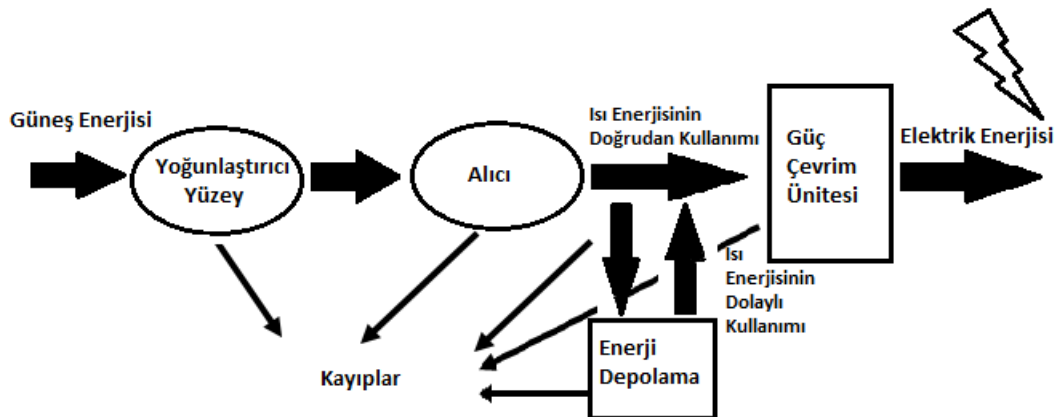


Şekil 1.4. 2000-2017 yılları arasında dünya çapında fotovoltaik sistem kurulu güç gelişimi (Solar Power, 2018)

1.2. Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (YGE) günlük olarak en fazla güneşten yararlanmanın ve elektrik üretmenin en uzun süre sağlandığı en önemli yöntemdir (Fernandez Garcia vd., 2010). 2011 yılında dünya genelinde YGE santrallerinin toplam kapasitesi 2500 MW'tı geçmiştir. 2014 yılının sonunda İspanya' da devam etmekte olan çalışmalar vardır. Mevcut YGE santralleri 1.781 MWe kapasite ile şebekenin %4'ü seviyesini yakalamış olup, yılda 4.670 GW-saat elektrik üretmekte ve bu sayede atmosfere yaklaşık olarak yılda 3 Milyon ton karbon salınımı engellenmektedir. Güneş battıktan sonra ısı depoları sayesinde elektrik üretimi sekiz saate kadar devam edebilmektedir. Dünya geneline bakıldığında, toplam 62 YGE santrali çalışır durumda hizmet vermekte iken 38 tanesinin proje çalışmaları sürmektedir. PV'ye göre YGE'nin gelişim hızı son 10 yılda yavaştır. Fakat 2007 sonra kurulan modern santrallerle daha başarılı şekilde üretim yapılmaktadır (Livatyalı ve Yıldırım, 2012).

Yoğunlaştırmalı güneş enerjisi teknolojilerini kullanan sistemler için şematik gösterim Şekil 1.5'te verilmiştir. Yoğunlaştırmalı güneş güç sistemleri güç çevrim ünitesi, alıcı, yoğunlaştırıcı yüzey olmak üzere temel olarak üç bileşenden oluşmaktadır. Eğer sistemde ısı enerjisi depolanıyorsa, depolama sistemi güç çevrim ünitesine dâhil edilir ve dördüncü temel bileşen olarak hesaba katılabilir (Lovegrove ve Stein, 2012).



Şekil 1.5. Yoğunlaştırmalı güneş enerjisi sistemlerinin şematik gösterimi (Laka, 2011)

Dünya ülkeleri arasında güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan ülkeler biri de Türkiye'dir. Birim alana düşen güneş enerjisi miktarı yaz aylarında ülke genelinde oldukça fazladır. Bu enerji kullanım alanına göre doğrudan kullanılabilceği gibi, Stirling motorları ile hareket enerjisine sonrasında ise elektriğe çevrilerek kullanılabilir. Çevre kirliliğine sebep olmayan bu alternatif enerjinin ön maliyet ve bakım giderleri dışında hiç bir masrafı bulunmamaktadır. Bu sebeplerden dolayı güneşle ısıtılmalı Stirling motorlarının geliştirilmesi için bazı firmalar ve akademik araştırmacılar yoğun çaba sarf etmektedir. Robert Stirling'den bugüne birçok Stirling motoru yapılmıştır. Bunlar; serbest pistonlu, eğik plaka mekanizmalı, krank biyel mekanizmalı, rhombic drive mekanizmalı ve sıvı pistonlu motorlardır. Her bir mekanizma kendi özgü mekanik kayıplar, titreşim, gürültü gibi olumlu ve olumsuz özelliklere sahip olmakla birlikte bütün motorların termodinamik prensipleri aynıdır (Laka, 2011).

1.3. Mikrodenetleyici

Mikrodenetleyici bir mikroişlemcinin, MİB, hafıza ve giriş - çıkışlar, kristal osilatör, zamanlayıcılar, seri ve analog giriş çıkışlar, programlanabilir hafıza gibi bileşenlerle tek bir tümleşik devre üzerinde üretilmiş halidir. Sınırlı sayıda hafıza elemanına olmakla beraber, sahip olduğu giriş - çıkış uçları sayesinde yalnız başına çalışabildikleri gibi, sistemi oluşturan diğer donanım birimleriyle bağlantılı şekilde çalışabilir, uygulamanın amacına uygun işlevleri yerine getirebilir. Tümleşik şekilde üzerinde analog-dijital çeviriciler bulunur. Algılama işlemini yerine getiren elemanlar sayesinde her türlü bilgiyi toplayarak bunları anlamlı hale getirir. Mikroişlemci ve ona bağlı birimlerin bir arada bulunduğu bir entegredir. Bilgisayar sisteminin içerisinde bulunan tüm devre elemanlarını üzerinde barındıran bir yapıya sahiptir. Kullanımı, mikroişlemciye göre çok daha yaygındır. Otomasyon ve kontrol sistemleri için elverişli bir yapıya sahiptir. Çünkü zamanlayıcı barındırır, ufaktır ve buna bağlı olarak maliyeti düşüktür. (Topaloğlu, 2006). Şekil 1.6'te bir mikrodenetleyicinin blok şeması gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Mikrodenetleyicinin blok şeması (Topaloğlu, 2006).

1.3.1. Mikrodenetleyicilerin genel özellikleri

- Programlanabilir paralel giriş/çıkış
- Programlanabilir analog giriş/çıkış
- Seri giriş/çıkış
- PWM- sinyal genişlik modülasyonu
- Interrupt (Harici ve timer ile kesmeler)
- RAM, ROM gibi bellek üniteleri
- Harici bellek arabirimi

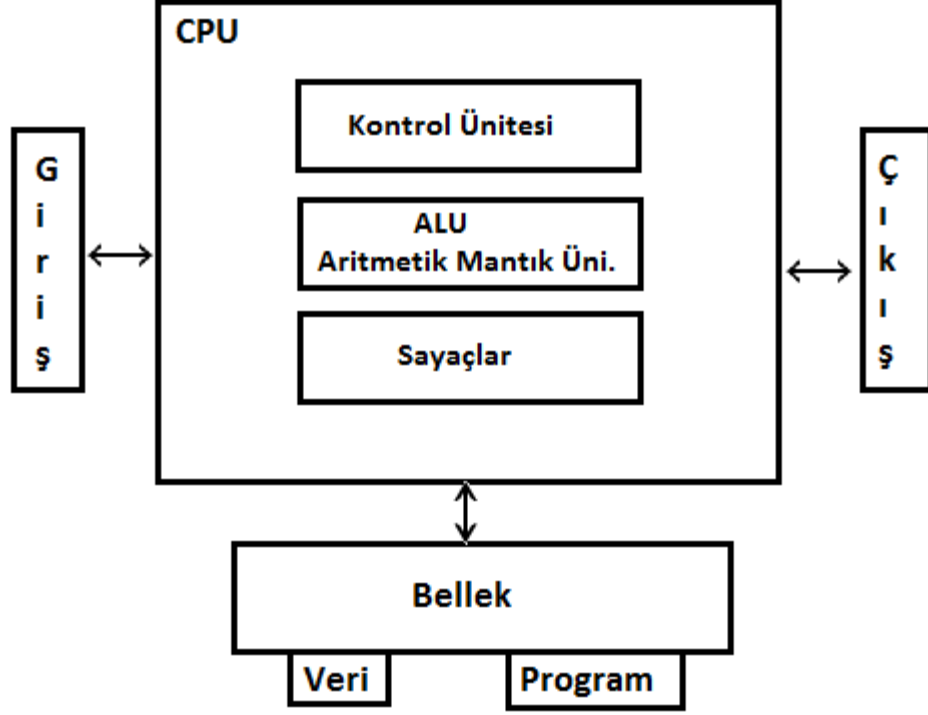
1.3.2. Mikrodenetleyici mimarisi

Komut çalıştırma yapısına göre ve hafıza düzenleme açısından iki ayrı gruba ayrılabilir. Hafıza düzenleme açısından mikrodenetleyiciler Von Neuman ve Harvard olmak üzere iki mimari üzerine tasarlanır. Öncesinde Von Neuman mimarisi kullanılsa da 1970'li yıllardan itibaren Harvard mimarisi mikrodenetleyicisi genel olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çağımızda ise bu iki mimariyi birleştiren mikrodenetleyiciler (MAXQ ailesi) de bulunmaktadır (Topaloğlu, 2006).

1.3.2.1. Von Neuman mimarisi

Von Neuman mimarisi ismini mimarinin gelişmesine öncülük eden ünlü matematikçi John Von Neuman'dan alan bir yaklaşımdır. Bu tasarım bilgisayarda ilk defa kullanılan mimaridir. Bazen Princeton Mimarisi denilen bu mimaride bilgisayarlarda transistör yerine lamba tercih edilmekteydi. Bu mimaride veri ve komutlar hafızadan tek taraflı mikroişlemciye taşınarak çalıştırılmaktadır. Program ve veri aynı hafıza biriminde bulunmaktadır. Bundan dolayı komut ve veriler aynı iletişim yolunu kullanabilmektedirler. Bu durumda komut için bir al getir çevrimi sonra veri için diğer bir al-getir çevrimi gerekmektedir. Kontrol birimi bilgisayarın diğer elemanlarına uyarı göndererek bazı işlemleri yapmasını sağlar. Tekrar eden işlemler program sayıcısındaki adreslerin güncellenmeleriyle sağlanabilir. Bazı aritmetik ve mantık işlemlerinin sonucunda geçerli sonuç elde ediliyorsa komutlar program sayıcısında değiştirilebilir.

Bu mimaride verinin hafızadan getirilip işlenmesi ve tekrar hafızaya gönderilmesi esnasında çok vakit harcanır. Bundan dolayı bilgisayar yavaşlamaktadır. Diğer taraftan veri ve komutlar aynı hafıza elemanında saklandığından dolayı hatalı şekilde veri yerine kod getirme problemlerine neden olmaktadır. Hızlı bellek olarak adlandırılan ön belleğin kullanılmasıyla yüksek bant genişliği ve daha az gecikme elde edilerek bilgisayarın yavaşlama problemi aşılabilir (Türkoğlu, 2012). Bu mimari 80X86, 68HC11,v.b. işlemcilerde kullanılmıştır. Kişisel bilgisayarlar olarakta bilinen PC (Personel Computer) arasında standarttır. Von Neumann mimarisi Şekil 1.7.'de gösterilmiştir.



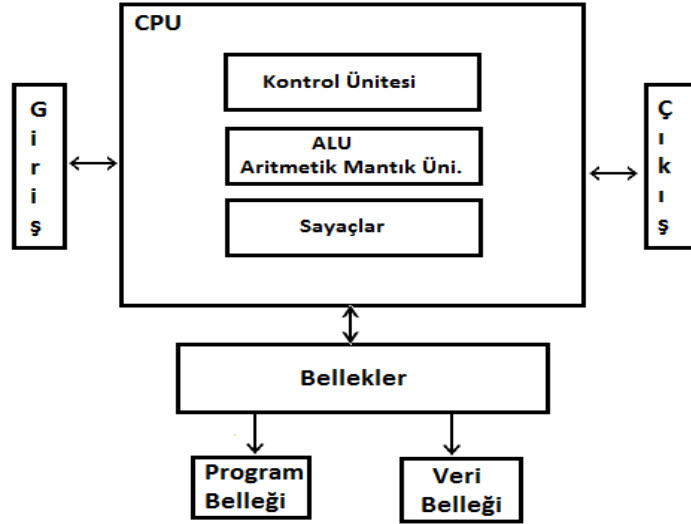
Şekil 1.7. Von Neumann mimarisi (Topaloğlu, 2006)

Von Neumann mimarisinin bileşenleri hafıza, MİB (merkezi işlem birimleri) ve giriş / çıkıştır. Birimler arasındaki haberleşme, iletişim yolları üzerinden gerçekleşir. Kanallara bağlı iletişim yolları; kontrol, veri ve adres yollarıdır. Hafıza biriminin MİB' den ayrıştırılması Von Neumann mimarisinin en önemli hususiyetidir. Bu mimaride komut ve veri için aynı hafıza birimi kullanılarak iletilir. Bundan dolayı, veri ve komutun iletilmesinin gerektiği durumlarda komut ile ilgili iletişim sistemlerinin, veri ile ilgili iletişim işlemlerini beklemesini gerektirir (Topaloğlu, 2006).

1.3.2.2. Harvard mimarisi

Harvard mimarisinin Von Neumann mimarisinden farklı olarak veri ve komutlar ayrı hafıza biriminde saklanmaktadır. Böylece veri ve komut getirilmesi getirme işlemleri farklı iletişim kanallarından ve birbirinden bağımsız olarak yapılmaktadır. Komutla birlikte veri aynı komut işleme süresinde ayrı iletişim yolunu kullanarak hafızadan işlemciye getirilebilir. Komut için gerekli olan veri, veri hafızasından alınırken sıradaki komut ise komut hafızasından alınıp

getirilir. Yapılan bu işlem sayesinde alıp getirme süresi azalmakta ve işlem hızı iki katına çıkarabilmektedir (Türkoğlu, 2012). Harvard mimarisi Şekil 1.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Harvard Mimarisi (Türkoğlu, 2012)

Harvard mimarisinde birbirinden ayrılmış iki bellek bulunur. Yani veri ve program alanı farklı bellek ünitesi üzerindedir. Harvard mimarisinde iletişim için kurulan kanallar birbirinden farklıdır. Bu sayede, aynı anda veri ve komutun getirilmesi sağlanabilir. Başka bir deyişle, komut kod hafızasından okunurken, komutun çalıştırılması esnasında istenilen veri, veri hafızasından çağrılabilir. Bu mimari, yüksek hızlı sistemlerde, sayısal işaret işleme görevini yapan tümeşik devrelerde (DSP) ve güvenliğin ön planda olduğu durumlarda bu mimariye sahip mikrodenetleyiciler kullanılmaktadır (Türkoğlu, 2012).

Bu çalışmada; çanak tipi güneş yansıtıcı sistem deneysel olarak kurulmaktadır ve bu sisteme gelen güneş enerjisi bir Stirling motor tarafından güne dönüştürülmektedir. Aynı şekilde fotovoltaiik panelden ayrı güç üretilmektedir. Kullanılan yazılımlar sayesinde üretilen güç değerleri veri tabanlarında saklanmaktadır. Arayüzler sayesinde veriler anlamlı bilgiler haline dönüştürülmektedir. Dinamik olarak veritabanları güncellenmekte, grafikler çizilmekte ve yorumlar yapılmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Laka (2011) çalışmasında, teknolojik ilerlemeler ve yerküresimizde nüfus artışı sonucunda enerjiye talep de devamlı olarak artmaktadır. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik çalışmalar artmaktadır. Güneş, yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Bu sonsuz enerjiden yararlanarak enerji üretimini amaçlayan arge çalışmaları sayı artmaktadır. Ayrıca yoğunlaştırılmış güneş enerji sistemleri de elektriğe dönüştürme teknolojisi fotovoltaik sistemlerden farklıdır. FV sistemler güneşten gelen ışınların pile benzeyen yapıyla üzerine aldığı fotonların direkt olarak kullanımıyla elektrik üretirken yoğunlaştırılmış güneş enerji sistemlerinde lensler ve aynalar kullanılarak stirling motorun ısıtma bölgesi ısıtılarak güç pistonunun hareket etmesi sağlanır. Hareket enerjisini jeneratör sayesinde elektrik enerjisine çevirebiliriz. Bu yöntemler enerjide dışa bağımlılığı azaltmaktadır. Kullanılan bu sistemin en önemli özellikleri: gürültüsüz ve doğa dostu, verimliğinin fazla, güvenilir oldukça yüksek olması, daha az titreşim üretmesi ve patlama riski daha az olan yakıtların tercih edilebilmesidir. Bu sebeplerden dolayı çanaklı güneş yansıtıcılarıyla ilgili çalışmalara önem artmıştır. Bu çalışma, ülkemizin bu konu hakkındaki gelişimine önemli katkılar sağlayacaktır.

Aksoy (2011), çalışmasında, güneş enerjisi uygulamaları için daha önce bir TÜBİTAK projesi kapsamında geliştirilmiş olan beta tipi bir Stirling motorunun güneş enerjisi ile testleri yapılmıştır. Deney sistemi Stirling motoru, freasel mercek, platform ve test ekipmanlarından oluşmaktadır. Güneş enerjisi doğrudan doğruya displacer silindirin sıcak ucunda bulunan bir kavitinin içerisine odaklanmıştır. Bakır, alüminyum ve paslanmaz çelik olmak üzere üç farklı malzemedeki yapılmış kavitelerin performans testleri yapılmıştır. Bakır kaviti ile yapılan testlerde, displacer strok boşluğunun üst yüzey sıcaklığı 185 °C olarak belirlenmiş, maksimum güç, moment ve toplam verim 4,7 bar şarj basıncında sırası ile 22 W, 1,09 Nm ve 2,95% olarak elde edilmiştir. Alüminyum kaviti ile yapılan testlerde, displacer strok boşluğunun üst yüzey sıcaklığı 425 °C

olarak belirlenmiş, maksimum güç, moment ve toplam verim 6 bar şarj basıncında sırası ile 64,37 W, 2,93 Nm ve %8,67 olarak belirlenmiştir.

Shenandoah'da Georgia Power şirketi tarafından 114 parabolik yansıtıcıdan oluşan bir sistem kurulmuştur. Bu sistemde, güneş ışınları parabolik yansıtıcının odak noktasında yer alan alıcıya yansıtılmakta ve alıcı içerisindeki çalışma maddesi ısıtılmaktadır. Sistemin yapımına 1977 yılında başlanmış ve 1982 yılında tamamlanmıştır. 1985 yılında yapılan deneylerde, termal sistem ve kollektör alanı arasında uyumsuzluk belirlenmiştir (Boer,1990).

1936 yılında, Abbot 0,37 kW'lık bir buhar motoru ve bir parabolik oluklu kollektör kullanarak güneş enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmüştür. Sistemin verimi %15,5 olarak belirtilmiştir (Fernández-García, 2010).

Fujita vd. (1980), üç farklı ayna/ısı-motoru güneş enerji sisteminin performanslarını karşılaştırmıştır. Sistemlerde bir Stirling motoru, bir Brayton çevrimi ile çalışan gaz türbini ve bir Brayton/Rankin birleşik çevrimi ile çalışan gaz türbini test edilmiştir. Stirling motorunun verimi 950 °C' nin altındaki sıcaklıklarda diğer motorlara göre daha yüksek değerdedir. Ancak 950 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda Brayton/Rankin birleşik çevrimi ile çalışan gaz türbininin verimi Stirling ve Brayton çevrimi ile çalışan motorların veriminden yüksek elde edilmiştir. Alıcı-motor birleşik sistemin verimleri karşılaştırıldığında düşük sıcaklıklarda Stirling motorunun verimi diğer iki motorunun veriminden oldukça yüksek değerde elde edilmiştir.

Stirling motorda sızdırmazlık elemanları üzerindeki çalışmaların büyük çoğunluğu Philips firması tarafından yapılmıştır. İlk yapılan sızdırmazlık elemanları küçük toleranslı sızdırmazlık elemanları, daha sonra ise yuvarlak diyafram tip sızdırmazlık elemanları üzerinde çalışmalar devam etmiştir. Bazı diğer firmalar ise bu sızdırmazlık elemanlarına alternatif sızdırmazlık elemanları geliştirmişlerdir. United Stirling firması ise bu konuda büyük çaba sarf etmiş ve çok bölümlü kaymalı sızdırmazlık elemanlarını yapmışlardır. Benzer bir çalışma ise Ford Motor Co. Tarafından otomotiv Stirling motoru

çerçevesinde Siemens çift etkili motorlarda kullanılmak üzere sızdırmazlık elemanları yapılmıştır. Bu program NASA Lewis Research Center (NASA Lewis Araştırma Merkezi) tarafından parasal olarak desteklenmiştir (Koca,1997).

1978 yılında kırsal alanlarda uygulanmak üzere 1 ve 1,9 kW gücünde güneş enerjili motorlar geliştirilmiştir. 1 ve 1,9 kW gücündeki motorlardan sırası ile %5,5 ve %5,7 termal verim elde edilmiştir (Gupta vd., 1978).

Aydınöz (2016) çalışmasında, yenilebilir enerjinin en verimli şekilde nasıl kullanılacağına ve doğa dostu sistemler ile çevre kirliliğini azaltmanın kaygısını götürmüştür. Stirling motorlar temiz enerji üretiminin en iyi modellemesidir. Parabolik ayna/ısı-motoru güneş enerji sistemi güneş ışınlarından elde edilen termal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürerek elektrik enerjisi üreten sistemlerdir.

Buck ve arkadaşları borulu tip ve açık volumetrik alıcıların bileşiminden oluşan yeni bir alıcı tasarlamışlardır. Buharlaştırma; borulu tip alıcının absorber tüplerine direkt olarak güneş radyasyonunun uygulanması ile gerçekleşirken, besleme suyu ön ısıtması ve kızgın buhar; bir açık volumetrik alıcıdan sıcak hava ile beslenen bir ısı eşanjörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yeni tip alıcı 10 MW kapasiteli güneş enerji kule sisteminde test edilmiş ve sonuçlar sistemin orijinal alıcısı (açık volumetrik alıcı) ile karşılaştırılmıştır. Alıcılar 96 m yüksekliğindeki kule üzerine yerleştirilmiştir. Yeni tip alıcı kullanımı ile yıllık elektrik üretiminde %27'lik bir artış elde edilirken, heliostat alanı %11 daha azalmıştır. Alexopoulos ve Hoffschmidt, Almanya'daki güneş enerji kule sistemleri hakkında detaylı bilgi vermiştir. Ayrıca Yunanistan ve Kıbrıs'ta bu sistemin uygulama potansiyeli incelenmiştir. Berenguel ve arkadaşları bir güneş enerji kule sisteminde heliostat alanı için bir otomatik sapma doğrulama sistemi geliştirmişler ve uygulamışlardır. Bu amaçla geliştirdikleri algoritmayı kullanarak Plataforma Solar de Almeria'daki güneş enerji sistemini test etmişlerdir. Yapılan test sayısı oldukça az olmasına rağmen, elde edilen sonuçlar oldukça başarılı bulunmuştur. Geliştirilen yazılım operatörlerin sapma doğrulama görevlerine yardım etmektedir. Böylece operatörler heliostatları elle

kumanda etmek yerine süreci kontrol etmektedirler. Collado bir güneş enerji sistemindeki heliostat-alıcı-depolama alt sistemleri tarafından toplanan yıllık toplam enerjinin tahmini için basit bir model geliştirmiştir. Fernandez-Reche Solar De Almera'daki heliostat alanından alınan yansıtma ölçümlerinin istatistiksel analizini yapmıştır. Analiz sonucunda, 1116 yansıtma yüzeyinin 12 adedi kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel hata %0,3 den daha az elde edilmiştir. Buna ilave olarak bu metotla elde edilen yansıtma ve standart sapma değerleri Fiat-Lux olarak adlandırılan bir heliostat alan simülasyonprogramında kullanılmıştır. Fiat-Lux programı ile elde edilen veriler ölçümler sonucunda elde edilen sonuçlarla uyumlu bulunmuştur. Caldes ve arkadaşları İspanya'da mevcut 50 MW ve 17 MW kapasiteli güneş enerji sistemlerinin ve 2010 yılına kadar 500 MW kapasiteye ulaşması beklenen güneş enerji sistemlerinin, sosyo-ekonomik etkilerini incelemişlerdir. Wei ve arkadaşları güneş enerji kule sisteminde heliostatların yerleşim alanının tasarımı için yeni bir metot geliştirmişlerdir. Bu yeni metotta, heliostat sınırını alıcının geometrik açıklığı ve verim faktörüne bağlı olarak belirlenmiştir. Heliostat yerleşim alan dizaynı için yeni bir kod geliştirilmiştir. PS10 güneş enerji sisteminin heliostat yerleşimi yeni kod kullanılarak tasarlanmıştır. Aynı optik verime sahip iki sistem karşılaştırıldığında yeni sistemin tepki süresi daha hızlı elde edilmiştir (Aksoy, 2011).

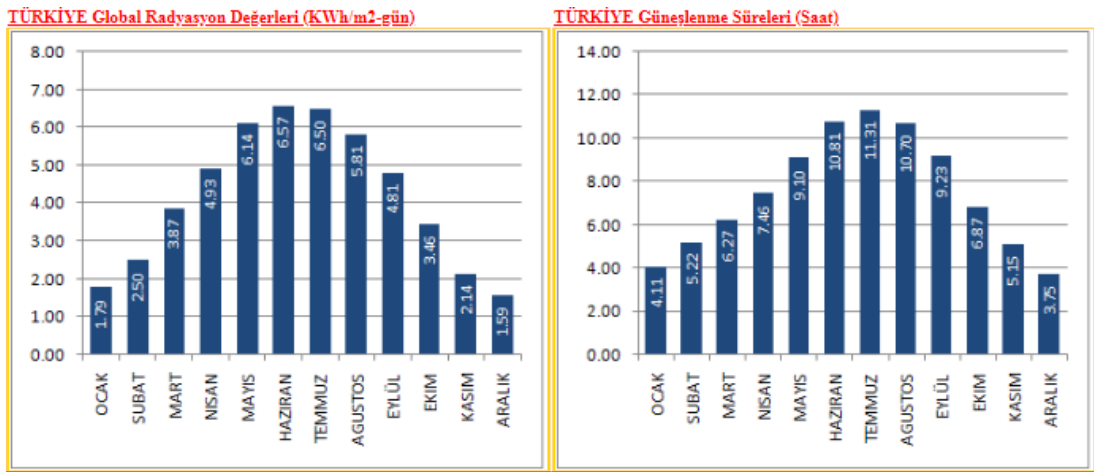
Köklü (2017), çalışmasında, fotovoltaik sistemlerin uzaktan izlenmesi kullanıcı ve araştırmacılar açısından kurulmuş sistemin önemli bir parçası olarak görülmektedir. Sistemlerde bulunan her parçanın performans ve çalışma koşulları bu parçaların en uygun durum ve kazançta çalışması için gözlenebilir olmalıdır. Bu çalışma 1 kW gücündeki bir fotovoltaik sistemin uzaktan izlenmesi için tasarlanmıştır. Çalışmada enerji istasyonunda ölçülen verileri merkez istasyona mesaj aktarma arayüzünden göndermek hedeflenmiştir. Maksimum güç noktası izleyici giriş ve çıkış akım ve voltajları, akü gerilimleri, ortamın sıcaklığı, ışınım, toz yoğunluğu, nem bilgileri ve maksimum güç noktası izleyici kazancı bu sistemle uzaktan gözlemlenebilir. Ölçümlerden bazıları analog çıkış veren sensör veya devrelerden alınmıştır ve mikrokontrolör bu ölçümleri dijitale çevirir. Dijitale çevrilen bilgiler seri kanal kullanılarak ölçüm

işlemcisinden tek kart bilgisayara gönderilir. Dijital çıkış veren sensörler ise uzak istasyonda bulunan tek kart bilgisayarlara bağlanmıştır. Tüm bilgiler merkez istasyonda bulunan tek kart bilgisayara mesaj aktarma arayüzü ile gönderilir. Gelen bilgiler merkez istasyondaki ilgili veritabanı tablosuna aktarılır. Tasarımda bu özellikleriyle bir tek kart bilgisayar kümesi kullanılmıştır. Bu küme, bir merkezi tek kart bilgisayar ve gözlemlenecek uzak fotovoltaik istasyon sayısı kadar tek kart bilgisayar içermektedir. Ölçüm bilgileri merkezde konumlandırılmış tek kart bilgisayar üzerinden eşzamanlı olarak internette yayınlanır ve merkezde bulunan ekrandan, kullanıcı arayüzü kullanılarak incelenebilir. Görsel arayüzün uyarı birimi paralel işleme ilkesi temelinde tasarlanmıştır. Depolanmış ölçüm bilgileri bütün işlemçilere bölünür ve bölünmüş bilgiler ilgili işlemcide eşzamanlı olarak incelenir. Önceden belirlenmiş limitlerin üstünde olan ölçümler uyumsuz sonuçlar olarak tanımlanır. Sonuçlar kullanıcı arayüzlerinden incelenebilir.

3. GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ

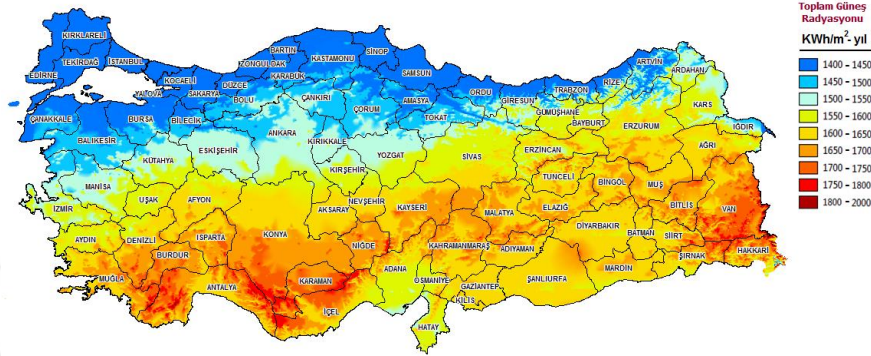
Güneş enerjisi, kaynağı güneş olan ısı ve parlak ışıktır. Şöyle ki; diğer enerji kaynaklarının üretimine katkı sağlayan en önemli enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi güneşteki füzyon, hidrojen çekirdeklerinin birleşerek helyuma dönüşmesiyle oluşur. Güneş kütleinin saniyede 5 milyon tonluk kısmı ısı ve ışığa dönüşür ve bu enerjinin 1010 MW'lık kısmı dünyaya ışık olarak gelir. Bir yılda yeryüzüne düşen güneş enerjisi miktarı dünya enerji üretiminin 7500 katından daha fazladır. Güneşin dünyaya bir yılda gönderdiği enerji miktarının sadece %1'inin, %10 verimle enerjiye dönüştürüldüğü düşünülürse; dünyadaki toplam enerji üretim kapasitesinin dört katı kadar enerji üretilmesi mümkün olur (Akova, 2008).

Ülkemizin, dünya üzerindeki konumu sayesinde güneş enerjisi potansiyeli oldukça fazladır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) istasyonlarında 1985-2006 yıllarında ölçülen ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi verilerinden yararlanarak YEGM tarafından oluşturulan rapora göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741 saat (günlük toplam 7,5 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1527 kWh/m²-yıl (günlük toplam 4,18 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir (ETKB, 2018). Türkiye güneş enerjisi potansiyeli değerleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Türkiye global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri (YEGM, 2018)

Türkiye bulunduğu konum itibariyle güneş enerji potansiyeli oldukça yüksektir (E-Coğrafya, 2018). Şekil 3.2' de Türkiye'nin yıllık güneş radyasyonu atlası görülmektedir (YEGM, 2018). Şekilde görüldüğü gibi özellikle Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri yani ekvatora daha yakın olan bölgeler güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilecek potansiyele sahiptir.

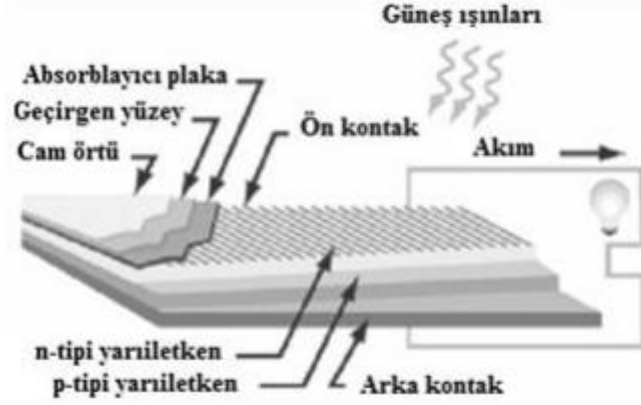


Şekil 3.2. Türkiye'nin yıllık güneş radyasyonu atlası (YEGM, 2018)

Güneş enerjisinden elektrik üretiminde kullanılan fotovoltaik hücreler, parabolik oluklu kollektörler, güneş bacaları, güneş enerji kuleleri ve ayna/ısı-motoru sistemlerinin yapısı, çalışması, kullanım alanları ve diğer özellikleri aşağıda verilmektedir.

3.1. Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik piller ya da güneş pilleri üstüne gelen güneş fotonları elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Kesiti 0,2 mm ile 0,4 mm arasındadır. Yüzey alanları 100 cm² civarındadır. Güneş pilleri; kullanım ömrü uzun, sağlam, doğa dostu yarı iletken bir aygittir (Altıntaş, 2013). Güneş pili yapısı ve bölümleri Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Güneş pili yapısı ve bölümleri (Altıntaş, 2013)

Fotovoltaik pillerin çalışması şu şekilde özetlenebilir. Fotonlar halindeki ışık güneş piline temas ettiğinde dıştaki geçirgen tabakadan geçerek yarı iletken madde tarafından absorbe edilir. Böylece ışığın bünyesindeki enerji yarı iletken malzemeye geçmiş olur. Işığın absorbe edilmesiyle serbest kalan elektronların hareketi akımı oluşturur. Şekil 3.3'te görüldüğü gibi fotovoltaik hücrenin yapısında yarı iletken bölümün alt ve üst taraflarına yerleştirilmiş olan ön ve arka metal kontaklar yarı iletkenlerin bulunduğu bölümde oluşan bu akımın dışarıya çekilerek kullanılmasına olanak tanır. Fotovoltaik hücre içinde fotovoltaik etkiyi yaratan, yani güneş ışığı soğurulduktan sonra elektron akışının ortaya çıkmasını sağlayan yarı iletken bölge ise kendi içinde iki kısımdan meydana gelmektedir (Koryürek, 2008).

Kim ve arkadaşları (2009) Kiemyung Üniversitesi'ne kurulan Osan ve Dongho isimli iki fotovoltaik sistemin performans karakteristiklerini incelemiştir. Dongho ve Osan fotovoltaik sistemlerinin yıllık enerji üretimleri sırası ile 25848 kWh ve 40094 kWh olarak elde edilmiştir. Dongho fotovoltaik sistemin güç üretim verimi %9 ile %15,3 arasında değişirken, Osan fotovoltaik sisteminin güç üretim verimi %10,8- %16,4 arasında değişim göstermiştir. Osan ve Dongho sistemlerinin elektrik üretim maliyetleri sırası ile 0,824\$/kW ve 0,531\$/kW olarak elde edilmiştir.

3.2. Parabolik Oluklu Kollektör Sistemleri

Parabolik oluklu kollektör sistemi kollektör, alıcı ve buhar-gaz türbininden oluşmaktadır. Parabolik oluk şeklindeki kollektör bir odak çizgisi üzerine yerleştirilen bir tüpe güneş ışınlarını odaklamaktadır. Parabolik oluklu kollektörün yüzeyi metal folyo ya da ince aynalardan oluşan bir yansıtıcı malzeme ile kaplanmaktadır. Kollektörler güneş ışınlarını tek ekseninde takip etmektedirler. Kollektörün odak çizgisi üzerine paslanmaz çelik malzemedan imal edilen tüp şeklinde alıcı yerleştirilmiştir. Şekil 3.4'te Parabolik oluklu güneş enerji sisteminin resmi görülmektedir (Enerji Enstitüsü, 2017).



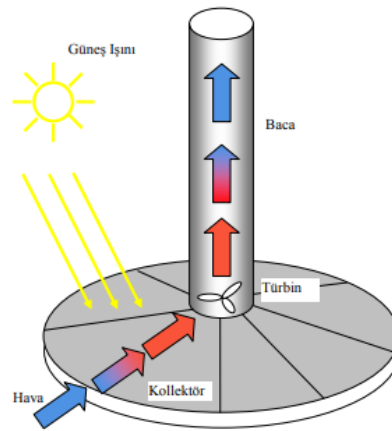
Şekil 3.4. Parabolik oluklu güneş enerji sistemi (Enerji Enstitüsü, 2017)

Parabolik oluklu kollektörlerin ilk pratik uygulaması 1870'li yıllara dayanmaktadır. John Ericsson 373 W gücünde küçük bir motora hareket vermek için 3,25 m² 'lik bir parabolik kollektör tasarlamış ve imal etmiştir. Buhar direkt olarak güneş kollektörünün içerisinde üretilmektedir. 1883 yılında, Ericsson bir güneş motorunu New York' da sergilemiştir. Bu sistemde 3,35 m uzunluğunda, 4,88 m genişliğinde bir parabolik oluklu kollektör kullanılmıştır. Sistemde güneş ışınları 15,88 cm çapında bir boruya odaklanmaktadır. Kollektör gümüşlenmiş düz camlardan yapılmıştır. Kollektör güneş ışınlarını manuel olarak izlemektedir. Yaz aylarındaki denemelerde

motorun ortalama hızı 120 dev/dak civarında elde edilmiştir (Fernández-García vd., 2010).

3.3. Güneş Bacaları

Havanın kaldırma etkisinden yararlanılması ilgili çalışmalar Leonardo da Vinci'ye kadar dayanmaktadır. Güneş bacası ilgili ilk çalışma 1970'li yıllarda Prof. Dr. Jörg Schlaich yapmıştır. Bu sistem, alışlagelmiş ısı sistemlerinden daha farklı bir çalışma düzeneğine sahiptir. Güneş bacalarında üç temel fiziksel olay söz konusudur. Bunlar: sera etkisi, baca çekişi ve kinetik enerjiye dönüşümdür. Dairesel cam kollektör altında bulunan hava, kollektör yüzeyine gelen güneş fotonlarıyla ısınır. Yoğunluk farkından dolayı ısınan hava kollektörün merkezine doğru yatay olarak hareket eder. Kollektör merkezinde bulunan dikey baca ise çekişi hızlandırır ve hava üst ucu açık olan baca tarafından dış ortama atılır. Bu hareketi gerçekştiren hava hızlı bir şekilde bacanın giriş kısmındaki türbini ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılan jeneratörü döndürür. Bu dönüşüm olayında güneş fotonlarının gücü ne fazla ise o kadar hızlı bir şekilde hava hareketi ve türbin dönüşü gerçekleşir. Sürekli çalışmasını sağlamak amacıyla bacanın altında ve kollektörün yanında hava girişleri bulunur. Bundan dolayı sürekli olarak sistem çalışmasına devam eder. Güneş bacasının temel çalışma prensibi Şekil 3.5'te verilmiştir (Koyun, 2006).



Şekil 3.5. Güneş bacasının temel çalışma prensibi (Koyun, 2006)

Prof. Dr. Jörg Schlaich tarafından tasarlanan sistem 1980'li yılların başında İspanya'nın Manzanares bölgesine kurulmuştur. Bu sistem 122 m yarıçapında bir 12 kollektör, 194,6 m yüksekliğinde ve 10 m çapında bir bacadan oluşmaktaydı. 50 kW güç üretim kapasitesine sahip sistem 1986 yılından 1989 yılına kadar başarı ile çalışmıştır.

1985 yılında Kulunk; 9 m² kollektör alanına, 3,5 cm yarıçapında ve 2 m yüksekliğinde bir bacadan oluşan küçük ölçekli bir güneş bacası imal etmiş ve 0,14 W elektrik gücü elde etmiştir.

Pasumarthi ve Sherif tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise üç farklı kollektör yapısına sahip güneş bacası üzerinde teorik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Farklı uzaklıklarda üç farklı kollektör tipi için kollektör altındaki hava sıcaklığı ayrı ayrı ölçülmüş ve sonuçları matematik modellerle karşılaştırmışlardır.

Ming Tingzhen ve arkadaşları, farklı parametrelerin baca ve atmosfer arasındaki statik basınç farkı, itici kuvvet, çıkış gücü ve verime etkilerini belirleyen kapsamlı bir analitik model geliştirmişlerdir. Ayrıca, İspanya Manzanares'deki güneş bacası prototipin kullanarak sistem performansı üzerine geometrik modifikasyonların etkilerini nümerik olarak incelemişlerdir. Nümerik ve analitik sonuçları karşılaştırmışlar ve birbiri ile uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.

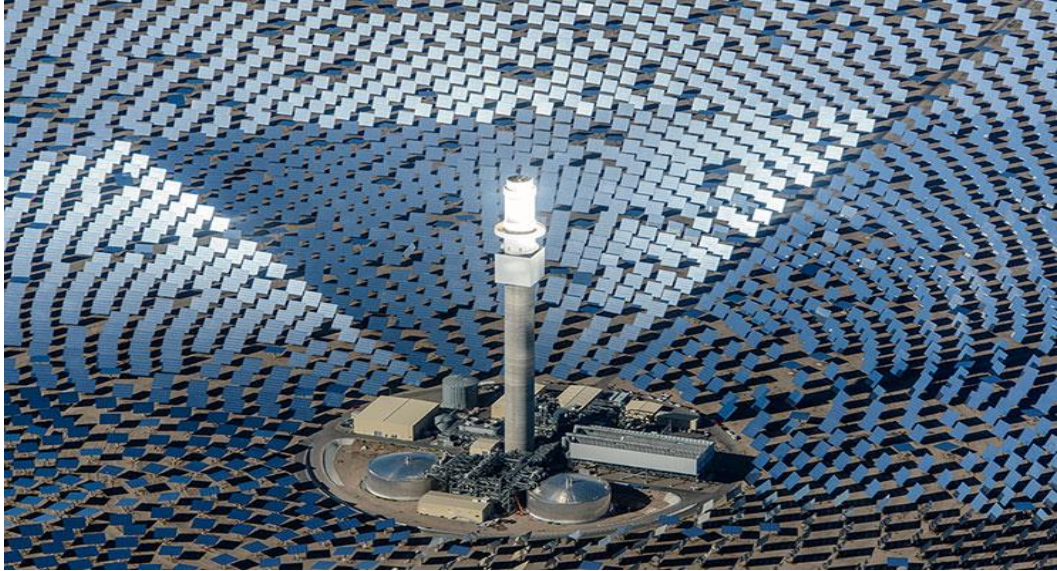
Bilgen ve Rheault yüksek enlemlerde güç üretimi için bir güneş baca sistemi tasarlamış ve performansını incelemişlerdir. Termodinamik çevrim ve aylık meteorolojik veriler temel alınarak bir matematik model geliştirilmiştir. Canada 14 Ottawa, Winnipeg ve Edmonton'daki veriler kullanılarak 5 MW termal performansa sahip üç sistem için çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Bernardes ve arkadaşları (1999) çalışmasında, güneş bacasının çıkış gücünü ve çıkış gücü üzerine çeşitli yapım koşullarının ve ortam şartlarının etkilerini analiz etmek için bir matematik model geliştirmişlerdir. Matematik modelden

elde edilen veriler Manzanares'deki prototipten alınan verilerle uyum içersindedir. Çıkış gücü baca yüksekliği, kollektör alanı ve kollektörün geçirgenliğinin artması ile artırılabilir. Bacanın yüksekliği, türbindeki basınç düşme faktörü, çap ve kollektör özellikleri güneş bacası tasarımında önemli parametreler olarak belirlenmiştir

3.4. Güneş Enerji Kule Sistemi

Güneş enerji kuleleri parabolik oluklu kollektör sistemlerinden biraz farklı bir yaklaşıma sahiptir. Parabolik oluklu kollektörler bir sıra boyunca uzanan bir ısı toplama sistemi kullanırken, güneş enerji kuleleri ısıyı merkezi bir noktaya odaklamaktadır. Şekil 3.6.' da Güneş enerji kule sistemi görülmektedir.

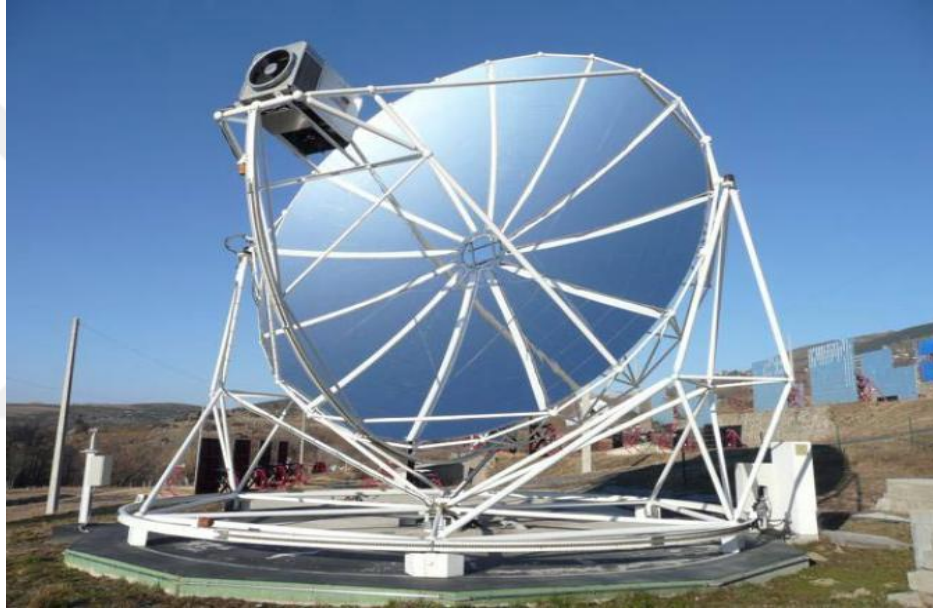


Şekil 3.6. Güneş enerji kule sistemi (Power-Eng, 2019)

Güneş enerji kule sistemi, bir kule üzerine yerleştirilen merkezi bir alıcı ve heliostat olarak adlandırılan özel aynalardan oluşmaktadır. Kule heliostatların merkezine yerleştirilmiş ve güneş ışınları kule üzerindeki merkezi alıcıya odaklanmaktadır.

3.5. Ayna-Isı Makinesi Güneş Enerji Sistemi

Parabolik ayna/ısı-motoru güneş enerji sistemi güneş ışınlarından elde edilen termal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürerek elektrik enerjisi üreten sistemlerdir. (Farret ve Godoy, 2006). Ayna/ısı-motoru güneş enerji sisteminde güneş enerjisi parabolik aynalar kullanılarak bir alıcı üzerine ısı enerjisini aktermaktadır. Alıcı ısıyı alarak, ısı makinesinin çalışma maddesine aktarır. Şekil 3.7' de bir parabolik ayna/ısı-motoru sistemi görülmektedir (OF Week, 2014).



Şekil 3.7. Parabolik ayna/ısı-motoru sistemi (OF Week, 2014)

1982- 1985 yılları arasında Advanco tarafından güney California'da Vanguard Sistemi inşa edilmiştir. Bu sistem 10,5 m çapında bir parabolik yansıtıcı (dish), bir alıcı ve United Stirling 4-95 Mark II kinematik Stirling motorundan oluşmuştur. Bu sistemde 18 aylık çalışma sırasında yağ pompası ve çek valflerde iki önemli problem meydana gelmiştir. Bu problemlere rağmen sistem 18 aylık süre içerisinde yaklaşık olarak 2000 saat çalışmıştır. Bu sistemin güneşten elektrığe dönüşüm verimi %29,4 olarak bildirilmiştir (Mancini, 1997).

Amerika Enerji Bakanlığı (DOE) desteği ile parabolik ayna/Stirling güneş enerji sistemi kurulmuştur. Deneysel veriler California Teknoloji Enstitüsü'nde elde

edilmiş ve Selçuk (1985) tarafından değerlendirilmiştir. Ayna-Stirling güneş enerjisi steminin veriminin % 35 civarında olduğu belirtilmiştir.

Keck vd. (1989), 7,5 m çapında metal membran kaplı bir parabolik kollektörden oluşan Stirling güneş enerji sistemini, kollektör tasarımı, kollektörün optik performansı ve Stirling motoru performansı açısından incelemiştir. Sistemde 1500 dev/dak motor hızında 9 kW güç üreten V-160 Stirling motoru kullanılmıştır. Stirling motorunun termal verimi yaklaşık 650 °C gaz sıcaklığında, 150 bar şarj basıncında ve çalışma maddesi olarak helyum kullanıldığında %30-35 olarak belirtilmiştir. İki eksende güneşi takip edebilen Stirling güneş enerji sisteminin gücü, 950 W/m² güneş radyasyonunun da ve temiz kollektör yüzeyinde 7,7 kW olarak ölçülmüştür.

Nepveu vd. (2009), Odeillo'da CNRS-PROMES laboratuvarlarına kurulan 10kW'lık güneş enerji sisteminin termal modelini incelemiştir. DLR tarafından yapılan optik ölçümler kullanılarak parabolik kollektörde yansıma ve dökülme kayıpları hesaplanmıştır. Bir nodal metot kullanılarak kavitedeki termal radyasyon, yansıma, konveksiyon ve kondüksiyon kayıpları hesaplanmıştır. Enerji dönüşüm sisteminde Solo Stirling 161 motor kullanılmış ve motor 32 kontrol hacmine bölünerek termodinamik analizi yapılmıştır. Deneysel ve analiz sonuçları incelendiğinde sistemin net enerji dönüşüm verimleri sırası ile %22,5 ve %19,1 olarak elde edilmiştir.

Kaushika ve Reddy (2000), parabolik kollektördeki malzeme ve tasarımdaki son gelişmeleri göz önünde bulundurarak düşük maliyetli bir güneş buhar üretim sisteminin tasarımı, gelişimi ve performans karakteristiklerini incelemiştir. Parabolik kolektörün ağırlığını azaltmak için alüminyum malzemedan yapılan bir uydu anteni kullanılmıştır. Yansıtıcı yüzeyler arkası gümüş-alüminyum kaplanmış polimer filminden yapılmıştır. Geleneksel kaviti bu sistem için yetersiz görülmüş, yarı kaviti ve modifiye edilmiş kavitiyi termal olarak optimize etmişlerdir. Sistemin performans analizi sonucunda sistemin güneş enerjisinden buhar üretim verimi 450°C sıcaklıkta %70-80 arasında elde edilmiştir.

Yoğunlaştırılmalı güneş teknolojileri farklı türleri bulunmaktadır. Çizelge 3' te Yoğunlaştırılmalı güneş teknolojilerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yoğunlaştırılmalı güneş güç üretim teknolojileri karşılaştırması (IRENA, 2018)

	Parabolik Oluklu Sistem	Merkezi Alıcılı Sistem	Doğrusal Fresnel Yansıtıcı Sistem	Parabolik Çanak-Stirling Sistemi
Kapasite (MW)	10-300	10-200	10-200	0,01-0,025
Teknolojinin olgunluk durumu	Ticari olarak kanıtlanmış	Ticari pilot projeler aşamasında	Pilot projeler aşamasında	Demonstrasyon aşamasında
Teknoloji geliştirme riski	Düşük	Orta	Orta	Orta
Çalışma Sıcaklığı (°C)	350-550	250-565	390	550-750
Yıllık güneş-elektrik dönüşümü net verimi (%)	11-16	7-20	13	12-25
Yıllık kapasite faktörü (%)	25-28 (Enerji Depolama yok) 29-43 (7 saatlik Enerji Depolama)	55 (10 saatlik Enerji Depolama)	22-24	25-28
Yoğunlaştırma Oranı (güneş)	70-80	>1000	>60	>1300
Güç Çevrimi	Kızdırmalı Rankine buhar çevrimi	Kızdırmalı Rankine buhar çevrimi	Doğrusal Rankine buhar çevrimi	Stirling çevrimi
Sistemin kurulacağı alanın maksimum eğimi (%)	<1-2	<2-4	<4	>10
Su gereksinimi (m ³ /MWh)	3 (ıslak soğutma) 0,3 (kuru soğutma)	2-3 (ıslak soğutma) 0,25 (kuru soğutma)	3 (ıslak soğutma) 0,2 (kuru soğutma)	0,05-0,1 (Aynaların yıkanması için)
Uygulama türü	Şebeke bağlantılı	Şebeke bağlantılı	Şebeke bağlantılı	Şebeke bağlantılı veya Şebeke bağlantısız

4. STİRLİNG MOTORLARI

4.1. Stirling Motorlarının Tarihçesi

İlk Stirling motoru 1816 yılında Reverent Robert Stirling tarafından icat edildi ve patenti alındı. Bu motorda güç pistonu ve yer değiştirme pistonu (displacer) düzenlemesi kullanıldı. Stirling' in geliştirme çalışmaları sırasında yaptığı motorda ne valf ne de pistonların kontrol ettiği portlar mevcuttu. Çalışma gazı tamamen kapalı bir sistem içerisinde sürekli kullanılıyordu. Atmosferik basıncın üzerinde şarj basıncı uygulaması yapıldı. Bu ise motorun özelliklerinin artmasıyla neticelendi. Stirling'in 1843'te yaptığı motorların makaleleri, Stirling motorlarının geliştirilmesinde önemli rol oynamıştır. Stirling'in en önemli buluşu, çalışma gazının ısını bir bölgeden diğer bölgeye geçişi sırasında depolayan jeneratördü. Benzer motorların 100 yıllık gelişiminde jeneratörlerin katkısı büyük olmuştur (Urieli ve Rallis, 1975).

4.2. Stirling Motorunun Çalışma Prensibi

Stirling motoru, genellikle hava veya helyum, hidrojen gibi gazların yalıtılması ve bu gazların ısıtılıp soğutulma işlemlerinin tekrarlanmasıyla çalışır.

Çalışma gazı piston silindirleri içinde yalıtılmıştır. Isıtma bölgesinde bulunan güç pistonu alıcı tarafından alınan güneş ışınları sayesinde ısıtılır. Bulunduğu alan itibarıyla yalıtılmış olduğunda, gazın basıncı yükselir ve güç pistonunu harekete geçirir. Daha sonrasında soğutma bölgesinden bulunan gazın basınç düşer ve bunun sonucunda dönüş pistonunu harekete geçirir. Bu olaydan dolayı mil üzerinde güç oluşumu gerçekleşir. Çalışma gazı sıcak ve soğuk ısı eşanjörleri arasında devamlı şekilde yer değiştirir. Sistemin devamlı olarak çalışması sağlanmış olur.

4.3. Stirling Motorlarının Avantajları

Stirling motoru, İçten Yanmalı Motorlar dâhil diğer ısı motorlarına göre birçok avantajı olan dıştan yanmalı bir motordur. Stirling motorlarının avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

Kapasite olarak en yüksek verime sahip ısı motorudur. Sürekli çalışma şartlarında pratik termik verimleri % 40 hatta daha fazla değere ulaşır. Teorikte termik verimi, Carnot çevriminin verimine eşittir. Her tür yakıtı kullanabilir. Nükleer enerji veya güneş enerjisiyle çalışabilir.

Bakım ihtiyacı yoktur. Çünkü supap yoktur ve yardımcı sistemlere (ateşleme, enjeksiyon, yağlama sistemi gibi) ihtiyaç duyulmamaktadır. Motor ömrü uzundur. Gazın yanması söz konusu olmadığı için silindirin hassas yüzeylerinde kirlenmeler oluşmaz bu da motorun uzun ömürlü olmasını sağlar. Kapalı bir çevrimde bulunan gaz, atmosferden, toz ve diğer kirleticilerden engellenmiştir. Bu nedenle aşınım daha azdır. Bu sebeple motor parçalarının ömrü daha uzundur (Urielli ve Rallis, 1975).

Motor az titreşimle çalışmaktadır. Çünkü her dönüşte bir çevrim yapıldığından dolayı düzgün tork çıkışı elde edilmektedir. İçten yanmalı motorların en büyük dezavantajı olan düzensiz tork çıkışının ortaya çıkardığı titreşimler, Stirling motorlarında daha azdır. Stirling motorların önemli avantajlarından birisi de, içten yanmalı motorlarda gerçekleşen patlamalı yanmanın ortaya çıkardığı gürültülerin olmayışıdır (Sustainable Engine Systems LTD., 1993).

4.4. Stirling Motorlarının Dezavantajları

Stirling motorlarının yukarıda sıralanan avantajlarının yanında dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar:

- Isıtma ve soğutma işlemleriyle oluşan termik ataletlerden dolayı hızlanma ve yavaşlamanın olayının geç olması. Bundan dolayı güç kontrolü zordur.

- Yüksek sıcaklıkta çalışan ısı transfer yüzeylerinin aşınmasıdır.
- Diğer motorlara göre daha büyüktür.
- Sızdırmazlık problemleri en önemli dezavantajıdır.

4.5. Stirling Motor Tipleri

Tarihi gelişimi içerisinde yapılan stirling motorlarında muhtelif hareket mekanizmaları kullanılmıştır. Bunların başlıcaları

- Serbest pistonlu,
- Sıvı pistonlu,
- Rhombic-hareket mekanizması olanlar,
- Krank-biyel mekanizmalılar,
- Eğik plaka döndürme mekanizması olan tiplerdir.

4.5.1. Serbest pistonlu stirling motorları

Serbest pistonlu stirling motoru ilk olarak William Beale tarafından yapılmıştır. Krank biyel mekanizmalı stirling motoru ile serbest pistonlu stirling motorunun çalışma prensibi aynıdır. Bu motorlarda yer değiştirme pistonu krank mekanizmasına bağlı değildir. Bu motorlar tamamen hermetik olup bloğun içerisine ısı iletim kat sayısı yüksek olan bir çalışma gazı (Helyum, Hidrojen ve ya soygazlar karışımı) ile doldurulmuştur. Hareketin dışarıya aktarılması motor bloğunun alternatif hareket şeklinde olan titreşimi ile sağlanır. Termodinamik süreçlerin oluşturulması için güç pistonu yer değiştirme pistonundan küttele daha büyük yapılmıştır. Bu sebeple pistonların hızlanması ve yavaşlaması da farklı olup genişleme ve sıkıştırma işlemlerinin oluşması sağlanmaktadır. Yapı itibarıyla çok az para gerektirdiğinden imalatı kolaydır. Hacimce ve küttele diğerlerinden küçüktür. Güneş enerjisi uygulamalarında ve sıcak su pompalamada tercih edilmektedir. Bu motorların dinamik analizleri önemlidir (Koca, 1997).

Beale tarafından geliştirilen serbest pistonlu stirling motoru 3 kısımdan oluşmaktadır.

1. Her iki uçtan sızdırmazlık yönünden yalıtılmış bir silindir
2. Ağır bir piston
3. Hafif bir yer değiştirme pistonu

Yer değiştirme pistonunun içi boşaltılmış ve kuyruğu güç pistonunun içerisinde hareket etmektedir. Yer değiştirme pistonunun kuyruğu güç pistonunun içerisine sızdırmazlık sağlayacak şekilde alıştırılmıştır. Yer değiştirme pistonu ile silindir arasında çalışma maddesinin geçişine müsaade edecek bir aralık bırakılmıştır. Silindir cidarları, sıcak ve soğuk ısı eşanjörü olarak görev yaptığı gibi rejenaratör gibi de çalışmaktadır. Isıtıcı, sıcak bölgedeki gazın sıcaklığını arttırdığında yer değiştirme pistonu üzerinde artan basınç hem yer değiştirme pistonu hem de güç pistonunu sağ tarafa doğru hareket ettirir. Daha hafif olan yer değiştirme pistonu, diğer pistonu göre daha hızlı hareket ederek çalışma maddesini soğuk bölgeden sıcak bölgeye hareket etmeye zorlar (Koca, 1997).

4.5.2. Rhombic-Hareket mekanizmalı motorlar

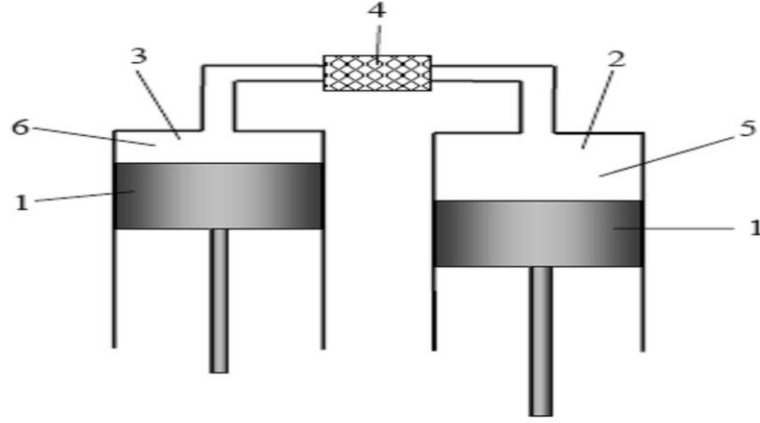
Genellikle tek silindirli motorlarda kullanılmaktadır. Yer değiştirme pistonu kuyruğu iş pistonunun ortasından geçer. Bu nedenle sızdırmazlığın, yataklamanın ve balanslamanın çok iyi olması gerekir. Philips tarafından yapılan 1-98 modeli motor 7.35 kW gücünde ve % 29 verime sahiptir. Çalışma maddesi olarak helyum kullanılmıştır. 10000 saat çalışan bu motorda hidrojen kullanıldığında verimin daha yüksek olabileceği belirtilmektedir (Michels, 1976).

4.5.3. Krank biyel mekanizmalılar

En çok kullanılan döndürme mekanizması krank biyel tipidir. İçten yanmalı motorlarda kullanılanlara benzer ucuz ve imalatı kolaydır. Tek ya da çok

silindirli motorlarda kullanılabilir. Krank-biyel mekanizmasına sahip motorlar Alfa (α), Beta (β), Gama (γ) tipi olarak adlandırılır (Koca, 1997).

4.5.3.1. Alfa (α) tipi motorlar

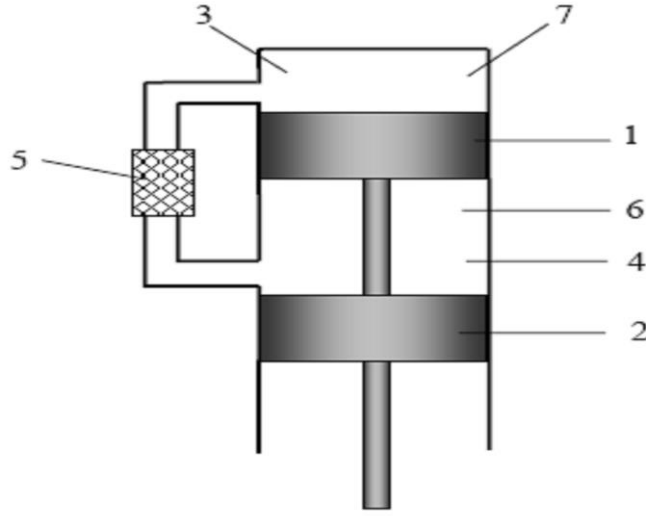


Şekil 4.1. Alfa (α) tipi motorların şematik görünümü (Walker, 1973)

- | | | |
|-------------------|--------------------|-----------------------|
| 1- Güç pistonu | 3- Soğutma bölgesi | 5- Sıkıştırma bölgesi |
| 2- Isıtma bölgesi | 4- Rejeneratör | 6- Genişleme bölgesi |

Şekil 4.1’de Alfa tipi motorlarda ısıtıcı, rejeneratör ve soğutucu belirtilen sıra ile iki silindiri dıştan birleştiren kanal üzerine yerleştirilmiştir. Küçük güçlü motorlarda, soğutma ve ısıtma işlemleri silindir duvarları ile ayrı bir ısı değiştirgeci kullanmaksızın yapılabilir. Kapalı hacim içerisinde sıkıştırma ve genişlemenin yapılabilmesi silindirler arasındaki belirli bir faz açısı ile sağlanır. Bu açı genellikle 90° dir. Bu mekanizmanın güç/ağırlık oranını arttırmak, çift etkili piston kullanmakla mümkündür. İmalat açısından en kolay olan motor tipidir. Silindirler birbirine göre belirli açılarla ($75-110$ derece arası) yerleştirilebildiği gibi krank kol muylularını ayrı ayrı ve açılı yaparak da sıkıştırma ve genişleme işlemleri oluşturulabilir. Krank milinin iki uçtan yataklanması zorunlu değildir. Sıcak ve soğuk silindirler tamamen birbirinde ayrık olduğu için silindirler arasındaki ısıl etkileşim problemi olmayıp ısı verme işlemi daha ekonomik olarak yapılabilir (Koca, 1997).

4.5.3.2. Beta (β) tipi motorlar



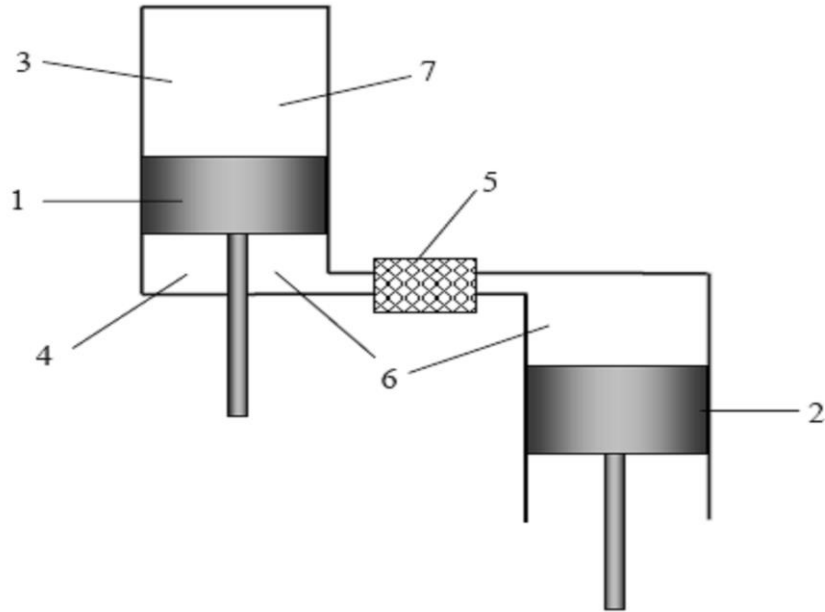
Şekil 4.2. Beta (β) tipi motorların şematik görünümü (Walker, 1973)

- | | | |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1- Yer değiştirme pistonu | 4- Soğutma bölgesi | 7- Genişleme bölgesi |
| 2- Güç pistonu | 5-Rejeneratör | |
| 3- Isıtma blgesi | 6- Sıkıştırma bölgesi | |

Şekil 4.2.' de görüldüğü üzere hem güç hem de yer değiştirme pistonu aynı silindir içerisinde çalışmaktadır. Motor boyutları diğer tiplere kıyasla daha küçük yapılabilmektedir. Silindirlerin bir ucu ısıtılırken, diğer ucu soğutulur. Isıtıcı, rejeneratör ve soğutucu genişleme ve kompresyon hacimlerini dıştan birleştiren bir boru üzerinde olabildiği gibi ısıtma ve soğutma işlemi için silindir cidarı da kullanılabilir. Isıtma ve soğutma işlemi silindir cidarı ile yapılıyorsa yer değiştirme pistonu üzerinde segman olmayıp yer değiştirme pistonu ile silindir arasındaki boşluktan çalışma gazının genişleme ve kompresyon hacimleri arasındaki akışı sağlanmaktadır. Bu durumda yer değiştirme pistonunu uzunca yapmak gerekmektedir. Rejeneratör yer değiştirme pistonunun içine de yerleştirilmiş olabilir. Düşük basınçlı motorlarda rejeneratör, yer değiştirme pistonun etrafına yerleştirilmiş silindirik bir parçadan meydana gelmiştir. Gaz kütlesi arttırılmış yüksek basınçlı motorlarda, ısı transferi yüzey alanının arttırılması gerekir ve ayrı bir ısıtıcı, soğutucu ve rejeneratöre ihtiyaç duyulur (Koca, 1997).

4.5.3.3. Gama (γ) tipi motorlar

Gama tipi motorlarda iki silindir vardır. Silindirler birbirine paraleldir ve ölü hacmi en aza indirecek şekilde kaydırılarak yerleştirilmiştir (Şekil 4.3). Termodinamik işlemler α tipi motorlarda olduğu gibidir. Birinci silindir, çalışma hacminin genişleme ve sıkıştırılmasını sağlar. İkinci silindir, yer değiştirme pistonu vasıtasıyla çalışma gazının soğutulması ve ısıtılmasını sağlar. İki silindirin arası bir kanal ile birleştirilmiştir. Beta tipi motorlarda olduğu gibi rejeneratör, yer değiştirme pistonunun içine veya dışına yerleştirilmiş olabilir



Şekil 4.3. Gama (γ) tipi motorların şematik görünümü (Walker, 1973)

- | | | |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1- Yer değiştirme pistonu | 4- Soğutma bölgesi | 7- Genişleme bölgesi |
| 2- Güç pistonu | 5- Rejeneratör | |
| 3- Isıtma bölgesi | 6- Sıkıştırma bölgesi | |

4.5.4. Eğik plaka döndürme mekanizması

Genellikle kompresörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çok silindirli olup silindir sayısı 3 ile 7 arasında yapılmaktadır. Bu motorun avantajları arasında kolay balans edilmesi, motor boyutlarının diğerlerine göre küçük olması, birçok

uygulama için tork karakteristiğinin uygun olması, büyük motorlara göre ısı iletim kayıplarının daha az olması sayılabilir.

4.5.5. Diğer tipler

Burada açıklanan motor tiplerinin imalatı yapılmış, denenmiş ve açık literatürde yer almış motorlardır. Bunların haricinde motor tabirini kullanamayacağımız ama stirling çevrimiyle çalışan gerek tasarım aşamasında gerek deneme aşamasında ısı makineleride mevcuttur. Bunlara örnek olarak Fluidyne olarak adlandırılan sıvı pistonlu makineler, Harwell jeneratör olarak adlandırılan diyaframlı titreşim makineleri, yoğuşan bir çalışma maddesiyle çalışan titreşim makineleri, Cryogenic soğutucular verilebilir (Koca, 1997).

4.6. Şarj Basıncılı Stirling Motorları

Stirling motorlarının dizaynında gücü arttırmak için genellikle şarj basıncı uygulanır. Bu basıncın artması sızdırmazlık problemlerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bilhassa havanın dışında kullanılan çalışma gazları için bu problem önem arz etmektedir. Bu durumda motor parçaları ve sızdırmazlık elemanlarının dayanımlarının artırılması gerekmektedir. Bartolini, β tipi tek silindirli bir motor tanıtmıştır. Bu motorda yer değiştirme pistonu üzerine bir rejenaratör ve yardımcı ısı dönüştürücüsü monte edilmiştir. Isı, ısıtıcı kafasından verilirken, yer değiştirme piston kolundan giren su vasıtasıyla soğutulur. Çok silindirli piston yer değiştirme pistonunun seçilmesindeki en önemli nokta, hareket eden parçalar arasındaki sızdırmazlığın sağlanmasındaki kolaylıktır. Piston rodu üzerindeki segman, piston üzerindeki segmandan daha küçüktür. Bunun sonucunda sürtünme ve gaz kaçakları daha az olmaktadır. İmal edilen bu motorun ısıtıcısında paslanmaz çelik alaşım, soğutucusunda paslanmaz çelik ve rejenaratörü ise paslanmaz çelik içerisine yerleştirilmiş gözenekli telden oluşmaktadır (Koca, 1997).

1960 yılının ikinci yarısından itibaren Özbekistan'ın Fizik Teknoloji Enstitüsü'nde (P.T.I.) stirling motoru araştırmaları başladı. Üzerinde çalışılan motorlar aşağıda sıralanmıştır (Trukhov ve Tursunbaev, 1993).

- Endüstriyel traktörlerde kullanım amacı ile 1500 d/d ile dönen ve enerji kaynağı olarak radyoizotop kullanan 1 kW gücünde Rhombic-Drive mekanizmalı tek silindirli motor.
- Yapay kalp sistemlerinde kullanılmak üzere Rhombic-Drive mekanizmalı tek silindirli motor.
- 2 kW gücünde, ısıtmada güneş enerjisi ve değişik yakıtlar kullanılabilen iki silindirli motor.
- Güneş enerjili ve radyoizotop enerjiyle çalışan 0.5 kW gücünde iki silindirli motor.
- Trukhov ve Tursunbaev'in yaptığı ve çalışma gazı olarak helyum kullanılan motorlardan birisinin çalışma basıncı 20 bar, kurs hacmi 230 cm³ tür.

4.7. Atmosferik Basıncıta Çalışan Stirling Motorları

Sıcak hava motorları olarak adlandırılan motorlar 19. yüzyıl boyunca çok sayıda gerek mekanik güç elde etmek amacıyla gerek gösterim amaçlı ve gerekse prototip amaçlı üretilmiştir. Ancak yüksek devir ve özgül güçte, içten yanmalı motorların gelişimi ve üretilmesiyle rekabet edememiştir. Sonuçta geçen 150 yıl içerisinde unutulmaya yüz tutmuştur.

Atmosferik basınçta çalışma gazı hava olan motorların güç çıkışları oldukça düşüktür. Birçok bilim adamı ve mühendis prototip modeller üzerine çalışmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, İngiltere, Avustralya gibi ülkelerde bazı firmalar, çeşitli ilgi ve amaçlar için, uygun modeller geliştirmişlerdir. Bu modellere ait bazı özellikler aşağıda verilmiştir (Lista, 1991).

“Solar Engine” firmasının ürettiği modellerden Model 1 yağsız çalışmakta olup, balanslama işlemi yapılmadığından, iki adet gereğinden büyük volan kullanılmıştır.

Model 2, çok yakıtlı bir model olarak üretilmiştir. Katı ve sıvı olmak üzere çok çeşitli yakıt kullanılabilirdiği gibi güneş enerjisiyle de çalışabilmektedir. Güneş enerjisiyle çalışan tiplerinde, parlak alüminyumdan yapılmış, 460 mm çapında parabolik ayna kullanılarak, güneş ışınları ısıtıcı kafasına odaklanmıştır (Koca, 1997).

Model 4’ün yapım özelliği ölü hacimlerin daha düşük tutulması ve krank milinde bilyeli yatak kullanılmasıdır. Bu modelde de ısı kaynağı parabolik ayna kullanılarak elde edilmiştir.

Model 6’da değişik bir konstrüksiyon uygulanarak yapılan bu motor, çok az bir gaz veya kerosen yakıtla uzun süre istikrarlı bir şekilde (462 cm³ yakıtla 10 saat) çalışabilmektedir. Yakıttaki kötü kokuyu önlemek için alkol kullanılmaktadır.

“Ellen Schmidt” şirketi Almanya’da 1985 yılında “kramer 1” olarak adlandırdığı stirling motorunu geliştirdi. Model 7, Model 1’in daha gelişmiş modelidir. Çift silindir ve tek krank mili bulunmaktadır. Krank milinde bilyeli yatak kullanılarak devirde %50 civarında artış sağlanmıştır. Bu şirketin en önemli modeli K 1’dir. Diğerlerine göre daha güçlü olup silindir ve yer değiştirme pistonu Pyrex’ten yapılmıştır. Dönen parçalar balansenmiştir.

“Sun Power” şirketi, serbest pistonlu stirling motorlarının öncülüğünü yapmıştır. Motorun en önemli özelliği kolay çalıştırılabilmesi ve çeşitli yakıtlar kullanabilmesidir. Görülen bazı problemler giderilerek düzenli bir çalışma sağlanmıştır (Koca, 1997).

Bazı diğer şirketlerin (New Machine, Sanden, Allbon Saunders, Wm olds ve Sons, Leybold-Heraeus ve Cussons) ürettiği Stirling motorlarına ait karakteristikler Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Çalışma gazı hava olan bazı stirling motorlarına ait karakteristikler (Koca, 1997)

FİRMA ADI	MODEL	AĞIRLIK (Kg)	GÜÇ (W)	DEVİR (Rpm)	MOTOR TİPİ	GÜÇ KAYNAĞI
Engines	Model 1	0.65	1	1000	Γ	Katı-Sıvı
Engines	Model 2	2	2	1000	B	Güneş,Katı-Sıvı
Engines	Model 4	2	2	2000	B	Güneş,Katı-Sıvı
Engines	Model 5	0.7	6	500	B	Katı-Sıvı
Engines	Model 6	1.5	3	360	B	Katı-Sıvı
Ellen Schmidt	Kramer 1	0.8	2	1300	B	Katı-Sıvı
	Model 7	-	1.5	1500	Γ	Katı-Sıvı
	Model 8	-	2	1000	Γ	Katı-Sıvı
	Schi-1	2	2	1000	Γ	Katı-Sıvı
	K 1	1.7	7	1000	B	Katı-Sıvı
	Rü 1	15	1		B	Katı-Sıvı- Elektrik
	Wi 1	-	1	1000	Γ	Katı-Sıvı
New Machine	Ring 1	1	-	60	Ringbom	Sıcak Su
Sun Power	B-10	1.5	5	1800	Serbest Pistonlu	Katı-Sıvı- Elektrik, Gaz
						Katı-Sıvı-

Sanden	Se-45	4.3	6	1500	Γ	Elektrik, Gaz
Allbon Saunders	Mistral	2	-	1000	Γ	Katı-Sıvı
Wm olds and Sons	Huxtable	2.65	-	800	B	Güneş,Katı-Sıvı
Leybold- Heraeus	388.18	-	12	-	B	Elektrik
Cussons	P 5688	8	3	500	Γ	Elektrik
Cussons	P 5691	20	3	500	Γ	Elektrik

4.8. Stirling Motorlarının Kullanım Alanları

4.8.1. Deniz motorları olarak

Soğutma imkânının yeterli olduğu denizcilikte stirling motorlarının kullanılması çok uygun görülmektedir. 5 kW'lık bir motor elektrik üretimi için ve ya yatlarda yardımcı motor olarak kullanılabilir. Devirleri düşük olduğundan havanın kullanılmasına imkân vermektedir

4.8.2. Su altı güç sistemlerinde

Nükleer yakıtla çalışmayan denizaltıları için oldukça elverişlidir. Sessiz çalışmaları, bu uygulamada dizel motorlarına göre üstünlük sağlamaktadır.

4.8.3. Sunî (Yapay) kalplerde

Amerika milli kalp enstitüsü, izotop yakıtla çalışan yapay kalp geliştirmek için finansman sağlamaktadır. 1973 yılında bir buzağı üzerinde denenmiştir.

4.8.4. Nükleer reaktör güç istasyonlarında (elektrik santrallerinde)

Büyük kapasiteli nükleer santrallerin termik dönüştürücüleri, muhtemel bir

uygulama alanı sunmaktadır. Bu uygulama alanları için öne sürülen avantajlar: Basitlik; motor soğutmanın bir bölümünü oluşturur. Verim; buhar ve ya gaz türbininden yüksektir. Yüksek sıcaklık farkı; çalışma maddesi ve nükleer yakıt elemanları doğrudan temas halinde olabilir. Çevrimde tek çalışma maddesi; kapalı bir gaz türbini de tek çalışma maddesine sahiptir. Ancak nispeten verim düşük ve kompleks bir rejenaratöre sahiptir. Motor gücü düzenlemesi (ayarlaması), sistemdeki çalışma maddesi kütlesinin değişimi, verimi etkilemeden gücü düzenler (Aksoy, 2011).

4.8.5. Kriyojenik soğutucularda

Stirling motoru, laboratuvar özelliklerinde sıvı hava oluşturmada en önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Minyatür kriyojenik soğutucuya olan ihtiyaç, daha değişik alanlarda da kendini göstermektedir. İnfrared teknikleri, süper geçirgen malzemeler, mikrodalga ışınları gibi çok düşük sıcaklık ortamında üzerinde çalışılabilen durumlar için kullanılmaktadır. Atmosferik şartlara yakın stirling çevrim soğutucusuna pek rastlanmamakla beraber basit üniteli kompakt bir stirling çevrim soğutucusu uygulanabilmektedir (Aksoy, 2011).

4.8.6. Güneş enerjili motorlar

Güneş enerjisi ile motor çalıştırma fikri yeni değildir. John Ericsson 1872 yıllarında bunu gerçekleştirmiştir. Motor, güneş enerjisi ile çalışacaksa motora ilave olarak parabolik ve ya dış bükey mercek yapısında odaklayıcılar da gerekmektedir (Koca,1997).

4.9 Gerçek Stirling Motorlarında Çalışma Karakteristikleri

4.9.1. Güç ve motor verimi

Stirling motoru kullanılan enerji türüne bağımlı olmadığı için birçok büyük kuruluş üniversite ve araştırma enstitüsü çalışmalarını bu alanda yoğunlaştırmıştır. Bu kuruluşlardan biri olan Hollanda'nın Philips firması da

stirling motoru üzerinde araştırma yapan en eski firmalardandır. Motor, tek silindirli piston, yer değiştirme pistonu tip ve çalışma maddesi hidrojenidir. Motorun silindir çapı 88 mm ve güç pistonunun kursu 60 mm'dir. Sıkıştırma oranı $P_{max} / P_{min} = 2$, maksimum basınç 13.7 MN/m^2 , ısıtıcıda maksimum sıcaklık 700°C , soğutucu akışkanın giriş sıcaklığı 15°C ve motor gücü neredeyse lineer bir artış göstermektedir. Motor termik verimi bütün denemelerde başlangıçta artmış, 1200 d/d civarında en yüksek değerine ulaşmış ve ilerleyen devirlerde düşüş göstermiştir (Koca, 1997).

4.9.2. Motor torku ve devri

Motor devrine bağlı olarak motor torku birden artma veya azalma şeklinde değil, düzgün bir değişim göstermektedir. Stirling motorunda devire bağlı olarak torkun düzgün değişim göstermesi, özellikle bu motorun otomotiv alanında kullanımı için çok elverişlidir. Düşük hızlarda elde edilen yüksek tork otomotiv uygulamalarında iyi ivme kazandırmak için arzulanan bir özelliktir. Stirling motoru bu özelliği ile içten yanmalı motorlarla karşılaştırıldığında çok basit bir transmisyon gerektirir (Aksoy, 2011).

4.9.3. Periyodik tork değişimi

Stirling motoru düzgün tork değişiminin yanında uygun periyodik tork karakteristiğine sahiptir. Stirling motorunda tork aynı güçteki içten yanmalı motora göre çok daha az değişim gösterir. Philips stirling motorundaki tork değişimi % 5'tir. Dikkat edilmesi gereken bir nokta stirling motorunda bir devirde bütün silindirlerin çevrimini tamamlamış olmasıdır. Oysa dört zamanlı benzin motorunda bir devirde ancak 2 silindir iş üretebilmiştir. Karşılaştırılan benzin motorunda her çevrim için büyük aralıklarda basınç değişimi olur. Basınç, 0.08 'den 5 MN/m^2 ye kadar değişir. Stirling motorunda $P_{max} / P_{min} = 2$ olduğundan basınçta çok küçük değişimler meydana gelir (Koca, 1997).

4.9.4. Çalışma maddesi

Stirling motoru uygulamalarında genellikle şimdiye kadar 3 değişik çalışma maddesi kullanılmıştır. Bunlar; hava, helyum ve hidrojen dir. Helyum ve hidrojen termofiziksel özelliklerden dolayı yüksek oranda ısı transferine imkân vermektedirler ve aero dinamik akış kayıpları azdır. Aynı motor şartlarında hidrojen, helyumdan daha iyi motor performansı sağlar. Bununla birlikte Stirling motorların da sızdırmazlık probleminin olması şarj basınçlı helyum ya da hidrojen gazı kullanımında motor yapımını daha karmaşık hale getirir ve maliyetin artmasına sebep olur. Sistemde çalışma maddesi olarak hava kullanıldığı zaman, hidrojen ve helyum gibi yüksek oranda ısı transferi geçmesi mümkün değildir. Çalışma maddesi hava olan Stirling motorları diğerlerine göre daha ağır, daha büyük, özgül güç çıkışı ve termik verimi daha azdır.

4.9.5. Stirling motorlarında sızdırmazlık problemi

Stirling motorlarının en önemli problemi sızdırmazlık ve ölü hacimler olarak gösterilmektedir. Stirling motorlarında ölü hacim ısıtıcı, soğutucu, birleştirme portları ve rejenaratör boşluklarının toplamı olarak tarif edilmektedir. Bu hacimlerin gereğinden büyük olması motor gücünün düşmesine neden olmaktadır. Bu yüzden hesaplamalar yapılırken bu hacimlerin minimize edilmesi gerekmektedir. Ayrıca soğutucu ve ısıtıcıda kullanılacak malzemenin boru et kalınlıklarının az, ısı iletim kat sayılarının yüksek, paslanmaya ve oksitlenmeye karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Rejenaratör malzemesi ısı geçişlerinin iyi olabilmesi için ısı depolama kapasitesi yüksek ve ısı iletim kat sayısının iyi olması gerekmektedir. Bu belirtilen hususlar ölü hacmin azaltılması için oldukça önemlidir.

Sızdırmazlık problemi Stirling motorlarında en çok çalışılan konulardan biridir. Stirling motorlarında, içten yanmalı motorlarda olduğu gibi enerji silindirin içerisinde açığa çıkmaz. Çalışma maddesine enerji dışarıdaki bir kaynaktan sağlanır. Silindir içerisindeki çalışma maddesi piston çevresinden ve yer değiştirme pistonunun rodunun çevresinden kaçması motor gücünün ve

veriminin azalmasına sebep olmaktadır. Bazı stirling motorlarında bu sorunu ortadan kaldırmak için silindire çalışma maddesi takviyesi yapacak yardımcı sistemler kullanılmıştır. Kaçaklar önlenmediği takdirde birkaç çevrim sonunda silindir içerisinde çalışma maddesi kalmayacağından motorun çalışması durur. Eğer motor krank muhafazasına basınçlı çalışma maddesi doldurulacaksa sabit sızdırmazlık elemanlarının yanı sıra dinamik sızdırmazlık elemanlarının da kullanılması gerekmektedir. Buna alternatif olarak eğer motor elektrik jeneratörü olarak kullanılacaksa jeneratör krank muhafazası içerisine yerleştirilebilir ve budurumda yalnızca statik sızdırmazlık elemanlarının kullanılması yeterli olacaktır.

Büyük motorlar için basınçlı krank muhafazası yapısı ve boyutlarından dolayı basınca dayanımı da göz önünde bulundurularak daha kalın ve dolayısıyla daha ağır parçalar gerektirir. Bu nedenle daha az tercih edilirler. Bu durumda piston üzerindeki sızdırmazlık elemanları basınç farkını ($p_{max} - p_{atm}$) ile ($p_{min} - p_{atm}$) aralığında tutmaları gerekmektedir. Burada p_{atm} atmosferik basıncı temsil etmektedir.

Yüksek basınç uygulanan bazı motorlarda piston rodu ile krank muhafazası arasındaki çalışma maddesi kaçaklarını önlemek için yuvarlak diyafram conta denilen bir sızdırmazlık elemanı geliştirilmiştir. Bu contanın bir ucu hareketli rodu zerine, diğer ucu ise roda yataklık eden yuvaya sabitlenmiştir. Yüksek esnekliğe sahip bu eleman alt tarafından motor yağı ile desteklenmektedir. Esnek kısım genellikle lastikten yapılmaktadır. Yağ ile desteklendiği zaman 100 atmosfere kadar olan basınçlarda çalışabileceği belirtilmiştir (Laka, 2011).

5. GÜNEŞ PANELLERİ

5.1. Güneş Panellerinin Tanımlanması

Güneş panelleri (fotovoltaikler) üzerine güneş ışınları düştüğünde doğrudan doğruya elektrik enerjisi üretebilen yapılardır. Yunanca, ışık anlamına gelen “photo” ve elektrik akımını geliştiren makineyi tasarlayan Alessandra Volt“tan esinlenerek voltaj anlamına gelen “voltaic” kelimelerinin birleşmesinden türetilmiştir. Kısaca PV olarak adlandırılırlar. Sistemin en küçük birimi güneş hücreleridir. Şekil 5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Tipik bir silisyum güneş pilinin ön yüzü (Iğdir, 2018)

Güneş hücrelerinin güç çıkışını artırmak amacıyla birden fazla sayıda hücre seri ya da paralel bağlanabilir. Güneş hücrelerinin birbirine bağlanmasıyla oluşan en küçük yapı modüllerdir. Eğer modüller birbirine bağlanırsa panelleri oluşturur. Paneller uygun şekilde birbirine bağlanır ise dizi meydana gelir.

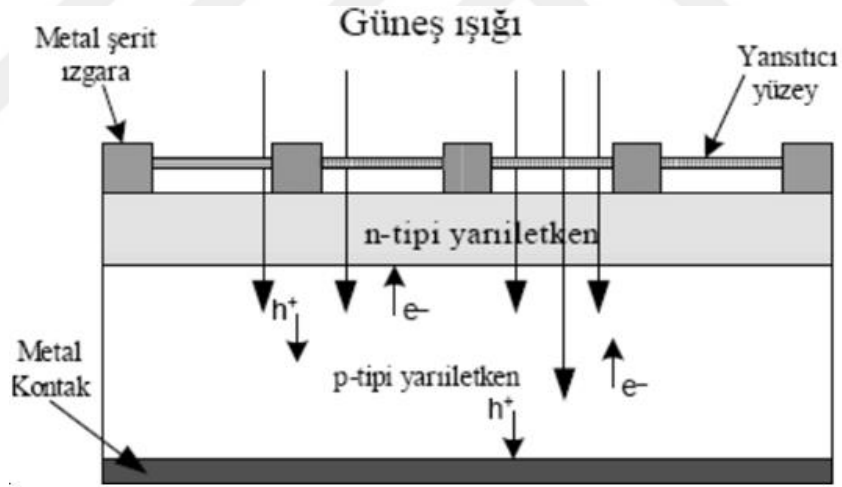
5.2. Güneş Hücrelerinin Tarihçesi

Becquerel 1839 yılında elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğu gözlemleyerek Fotovoltaik olayını bulmuştur. Katı cisimlerde ise benzer bir olay ilk olarak

selenyum kristalleri üzerinde 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day tarafında gösterilmiştir. 1914 yılında fotovoltaik gözelerin verimliliği % 1, değerine ulaşmış ise de gerçek anlamda güneş enerjisini %6 verimlilikle elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik gözeler ilk kez Chapin, Fuller ve Pearson tarafından 1954 yılında silikon kristali üzerine gerçekleştirilmiştir (Wolf, 1972).

5.3. Fotovoltaik Teknoloji

Fotovoltaik hücreler, güneş ışınlarının yarıiletken malzeme üzerinde etkileşime girmesi sonucunda elektrik üretimi gerçekleşir. FV yapımında en çok tercih edilen yarıiletken malzemeler kabaca silisyum ve silisyum alaşımlarıdır (Haouari vd., 2005). Şekil 5.2' de Güneş panelinde kullanılan hücrelerin iç yapısına ait görüntü verilmiştir.



Şekil 5.2. Solar hücrenin iç yapısı (Haouari vd., 2005)

Güneş pillerinin çalışması; fotovoltaik olaya dayanır. Üzerine düşen ışık sonucunda, uçların arasında elektrik gerilimi oluşur. Bir dış devreye bağlanırlarsa devreden akım geçer.

5.4. Güneş Pili Çeşitleri

Günümüzde fotovoltaik pil teknolojisi oldukça gelişmiştir. Fotovoltaik pil için uygun malzeme seçiminde hem ekonomiklik hem de yüksek verim baz alınmaktadır.

Güneş pili üretiminde kullanılan başlıca malzemeler şunlardır (Küpeli, 2005):

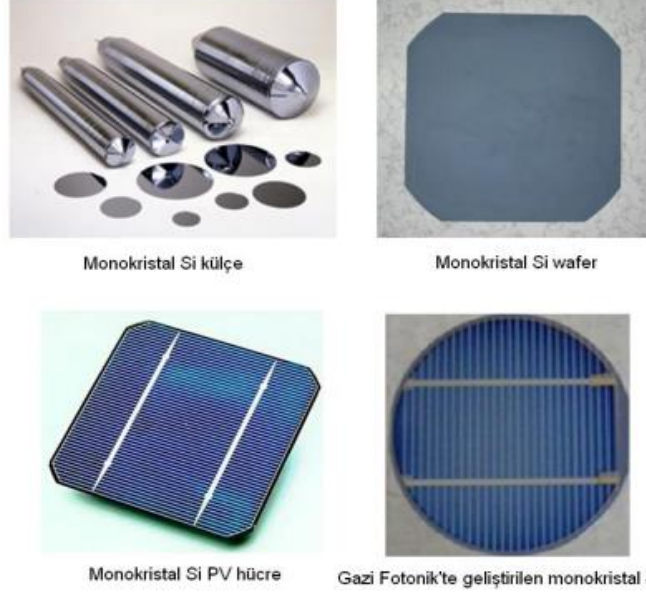
- Kalın kristal malzeme: Kristal silisyum, galyum arsenik (GaAs).
- İnce film malzeme: Amorf silisyum, kadmiyum sülfür (CdS), kadmiyum tellür (CdTe), bakır indium diselenoid (CuInSe₂)

5.4.1. Monokristal güneş panelleri

Ticari olarak geliştirilen güneş pilleridir. Oldukça büyük bir pazara sahiptir. Üretim maliyetinin fazla olması diğer panellere eğilimi artırmıştır. Oldukça yüksek verime sahiptir.

Çekirdekler, çok düşük hızla ergimiş silisyum banyosundan çekilirler. Böylece tek kristalli tabakanın büyümesi sağlanır. Yaklaşık olarak 0,5 mm kalınlığında üretilirler.

Pillerin üretiminde malzeme kaybının olması bu pillerin bir dezavantajıdır. Renkleri koyu mavi olup yaklaşık olarak ağırlığı 10 gramdan azdır. Şekil 5.3' te oluşum aşamaları gösterilmiştir.

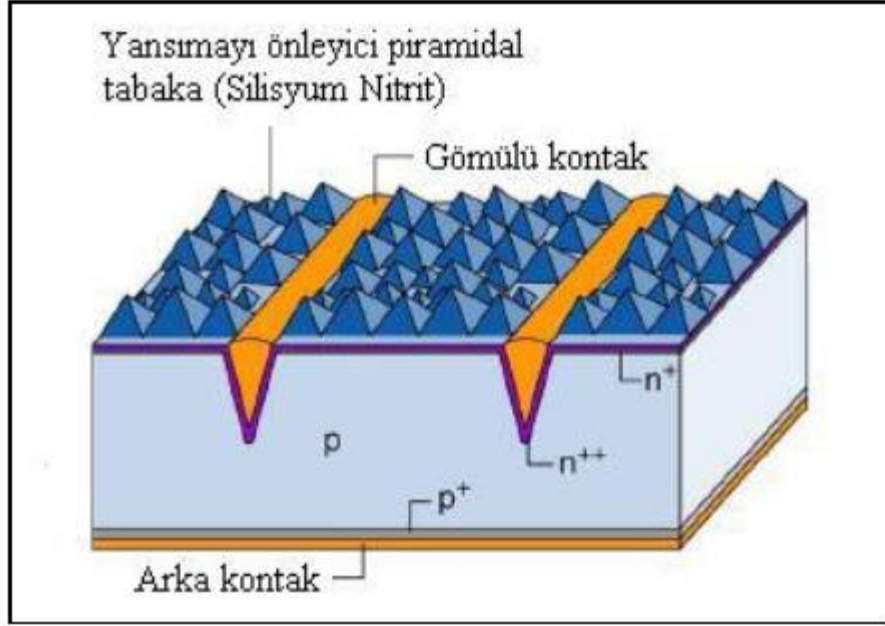


Şekil 5.3. Monokristal güneş paneli aşamaları (TMMOB, 2018)

Monokristal silisyum güneş pili üst yüzeyinde ön kontaklar bulundurulur. Ön kontaklar bakırdan üretilip, pilin ürettiği akımı toplarlar. Pilin ön yüzeyi ışığı maksimum seviyede yakalamak için piramit, konik şekillerde bulunur.

Kontakların altında yaklaşık 150 mm kalınlığında, yansıtıcı özelliği olmayan, ışığın büyük oranda soğuran bir kaplama tabakası vardır. Bu tabaka olmazsa; silisyum, üzerine düşen ışınım miktarının çoğu geri yansıtacaktır ve bu da pil verimini olumsuz etkiler.

Yansıtıcı olmayan kaplamanın altında, pildeki elektrik akımının oluştuğu p-n eklemi bulunur. n-bölgesi, pilin negatif tarafını; p-bölgesi ise, pilin pozitif tarafını oluşturur. Pilin arka yüzeyinde, elektronların girdiği pozitif kontak görevi gören arka kontak yer alır. Şekil 5.4'te Yansımayı önleyici piramit yapılı tabaka görülmektedir.



Şekil 5.4. Yansımayı önleyici piramit yapılı tabaka (TMMOB, 2018).

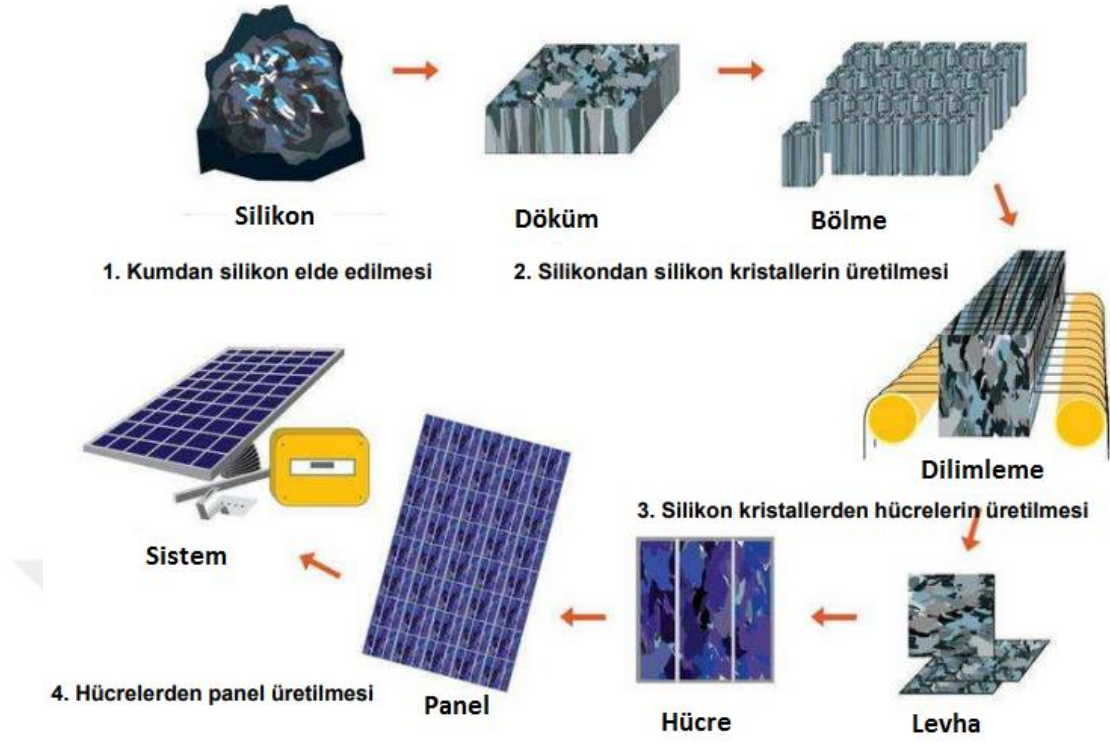
Monokristal ya da polikristal silisyum güneş pillerinin, çalışma kararlılığı ve verimi gün geçtikçe artmaktadır.

Monokristal silisyum güneş pillerinde laboratuvar şartlarında % 24 verim sağlar. Ticari modullerde ise % 15 ila 18 arasında değişmektedir. Oldukça yüksek verime sahip olduğundan dolayı uzun vadeli yatırımlarda tercih edilir. Maliyetini amorti etme süresi 4-6 yıldır.

5.4.2. Polikristal güneş panelleri

Üretiminde kullanılan başlangıç maddesi monokristal silisyum panelleri aynıdır. En fazla kullanılan yöntem olan dökme yöntemini kullanılır. Her ikisinde de istenilen saflık aynıdır (% 99.99999). Eriyik haldeki silisyum, uygun kalıplara dökülerek soğutulur. Sonrasında elde edilen yapı bloklara ayrılır ve böylece döküm tekniği ile polikristal silisyum elde edilmiş olur. Şekil 5.5'te üretim safhaları görülmektedir (Oktik, 2001).

Elektriksel, optik ve yapısal özellikleri monokristal pillerle aynıdır. Damarların büyüklükleri kristallerin kalitesi ile doğru orantılıdır.



Şekil 5.5. Polikristal güneş paneli üretim safhaları (TMMOB, 2018).

Monokristal ya da polikristal silisyum güneş pilleri, verimlilikleri ve kararlılıkları ile 1950'li yıllardan bu yana dikkat çekicidir. Son yıllarda geliştirilen teknolojiler ile fotovoltaik dönüşüm verimlilikleri ise gitgide arttırılmaktadır. Üretim süreçleri monokristallere göre daha ucuzdur. Polikristal silisyum güneş pillerinden laboratuvar şartlarında % 18, ticari modüllerde ise % 14 civarında verimler elde edilmektedir (Boz, 2011). İlk yatırım maliyetini geri ödeme süresi 2 ile 4,5 yıl arasındadır.

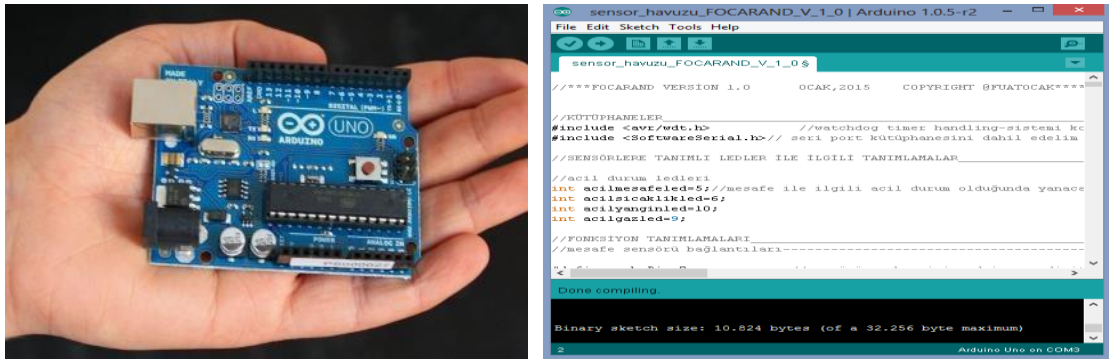
5.4.3. Thin film güneş panelleri

Thin film güneş pilleri yapımında, ışınları absorbe etme özelliği çok olan malzemeler daha ince şekilde kullanılır. Bu sayede amorf yapılı güneş pillerinde daha az malzeme kullanılır ve montaj kolaylığı nedeniyle de bir avantaj sağlar.

6. ARDUİNO

Arduino, İtalyan mmühendisler tarafından geliştirilen üzerinde yeterli sayıda giriş çıkışları bulunan, açık kaynaklı kodlu olması sayesinde herkes tarafından geliştirilen istenildiğinde baskı devresi hazır olarak kullanılarak kendimize uygun şekilde kartımızı basabileceğimiz donanım ve yazılım özelliklerini tümleşik olarak barındıran akıllı teknoloji kartıdır. (Nedir, 2018).

Arduino takımı Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino ve David Mellis'den oluşur. (Direnc, 2018). Geliştirilen bu kart yalnız başına uygun işlevleri yerine getirebileceği gibi geliştirilecek yazılımlar ile (bilgisayar, mobil) bağlantılı şekilde çalışıp daha büyük sistemlerde görev alabilir. Üzerinde barındırdığı mikroişlemci sayesinde programlanabilir şekilde tasarlanmıştır. Arduino processing/wiring dilini içeren programlanır bir yapıdadır. Programlanan yazılımın yüklenebilmesi için Processing tabanlı Arduino Yazılım Geliştirme Ortamı (IDE) kullanılır(Nedir, 2018).



Şekil 6.1. Arduino Uno ve IDE yazılım geliştirme ortamı (Nedir, 2018)

6.1. Arduino Temel Donanım Özellikleri

Arduino temel özellerini modele farklılık gösterebilecek temel yapı özellikleri şu şekildedir (Nedir, 2018):

- ATmega8, ATmega168, ATmega328 mikroişlemci
- 5 voltluk regüle entegresi
- 16MHz kristal osilator ya da seramik rezonatör
- Flash memory
- SRAM
- EEPROM

6.2. Arduino ile Neler Yapılabilir?

- Çevresiyle etkileşim kurarak kolay şekilde projeler üretilebilir.
- Open Source geliştirme platformudur. Açık kaynaklı programlama yapısına sahip olmasından dolayı kullanıcı özgür şekilde programından ekleme çıkarma yapabilir.
- Arduinonun kendine ait kütüphaneleri kullanılarak mikrodenetleyiciler rahat bir şekilde programlanabilir.
- Bulunan girişler sayesinde (analog ve dijital) sayesinde gelen veriler işlenebilir.
- Arduino sensörlerle uyumlu şekilde çalışır.
- Dış dünya ile etkileşimli şekilde çalışabilir. Ürünler üretebilir.(ses, ışık vb.)
- Arduino ile akıllı elektronik cihazlar programlanabilir.
- Arduino'da açık kaynak kod kullanması ve programlama dilinin popüler olarak kullanılmasından dolayı çok sayıda proje örnekleri ve kaynak bulunabilir.
- Her türlü işletim sistemine platformuna program ücretsiz olarak kurulabilmektedir. (Nedir, 2018)

6.3.Arduino eşitleri (Arduino Boards)

Günümüzde arduino eşitleri oldukça fazladır. Bunlardan en popüler olarak kullanılanları: (Nedir, 2018):

- Arduino Uno
- Arduino Mega ADK
- Arduino Mega 2560
- Arduino Mini
- Arduino Nano
- Arduino Pro Mini
- Arduino Pro

Geliştirilecek olan projeye uygun arduino modelinin belirlenmesi için bazı özelliklerin bilinmesi gerekmektedir. Yapılacak olan projede doğru arduino seçimi oldukça önemlidir. Yaptığım tez çalışmasında Arduino Uno modeli kullanılmıştır. Tablo 6.1’de bazı arduino modelleri karşılaştırılmıştır:

Çizelge 6.1. Arduino modellerinin karşılaştırılması (Roboweb, 2018)

		İşlemci			
	Family	SRAM	Flash Memory	EEPROM	Saat Hızı
Arduino Due	AT91SAM3X8E	96 KB	512 KB	N/A	84MHz
Arduino Uno (R3)	ATmega328	2 KB	32 KB	1 KB	16 MHz
Arduino Lenoardo	ATmega32U4	2.5 KB	32 KB	1 KB	16 MHz
Arduino Mini 05	ATmega328	2 KB	32 KB	1 KB	16 MHz
Arduino Mega R3	ATmega2560	8 KB	256 KB	4 KB	16 MHz
Arduino Fio	ATmega328	2 KB	32 KB	1 KB	8 MHz
Arduino Micro	ATmega32U4	2.5 KB	32 KB	1 KB	16 MHz
Arduino Nano	ATmega328	2 KB	32 KB	1 KB	16 MHz
Arduino Mega ADK	ATmega2560	8 KB	256 KB	4 KB	16 MHz
Arduino Mega Pro 5V	ATmega2560	8 KB	256 KB	4 KB	16 MHz
Arduino Pro 5V/16MHz	Atmega328	2 KB	32 KB	1 KB	16 MHz
Arduino Pro 3.3V/8MHz	ATmega328	2 KB	32 KB	1 KB	8 MHz
Arduino Pro Mini 328 - 5V/16MHz	ATmega328	2 KB	32 KB	1 KB	16 MHz
Pro Mikro - 5V/16MHz	ATmega2560	8 KB	32 KB	4 KB	16 MHz

6.4. Arduino İle İlgili Temel Kavramlar

µP (Mikroişlemci): Arduino'nun en önemli parçasıdır yani beyndir. Kendine has Atmega serisi işlemci ile yeterli hızda işlem yapma kapasitesine sahiptir.

Programlama Arayüzü: USB giriş sayesinde Arduino ile bilgisayarın iletişimini sağlar. Bazı kartlarda FTDI desteği bulunur. Bu tür durumlarda FTDI kablosu bağlanarak program yüklenir. (Roboweb, 2018).

Flash Memory: Taslakların depolanabileceği maksimum mevcut hafızadır. Hafızanın tamamı kullanıma uygun değildir.

Giriş Voltajı: Arduino'nun düzgün şekilde çalışması gereken voltaj aralığıdır. Uygun besleme gerilimi 7- 12 V DC olarak belirlenmiştir.

Saat Hızı: Komut çalıştırma hızıyla bağlantılı şekilde belirlenen frekans aralığıdır. ATmega mikroişlemci 5V'ta iken saat hızı 16 MHz kaldırırken 3V'ta 8 MHz'de çalışır.

Bootloader: Seri port sayesinde Arduino programının yükleme yapılmasını sağlar. Arduino modeline göre değişkenlik gösterir.

Dijital I/O: Arduinodaki dijital Giriş/Çıkış'ların sayısıdır.

Analog Giriş: Arduinoda ki kullanılabilir analog girişlerin toplam sayısıdır. Analog pinler "A" harfi ve yanındaki numaralarla isimlendirilir ve bu da ATmega yonga içindeki Analog to Digital Converter(ADC) aracılığıyla analog değerleri okumayı sağlar.

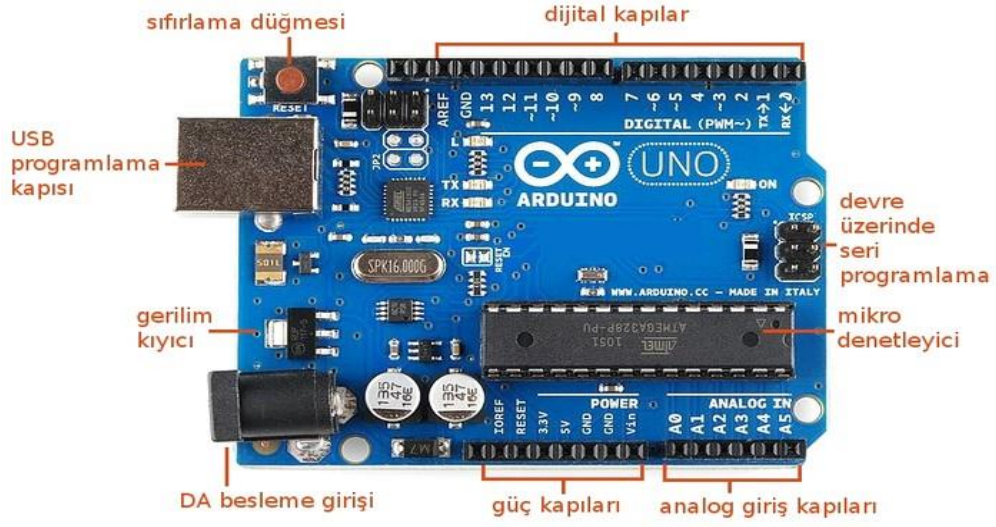
PWM: PWM sinyal üretebilme kapasitesi olan dijital Giriş/Çıkış'ların sayısıdır.

UART: Arduinonun desteklediği, birbirinden ayrı seri bağlantı çizgileri sayısıdır.

Sistem Voltajı: Mikroişlemcinin çalışacağı voltajı belirler. Belirlenen gerilim voltajı 5 V'tur.

6.5. Arduino Uno

Arduino Uno, üzerinde ATmega 328 tabanlı mikroişlemci bulunan bir geliştirme kartıdır. Kart, 14 adet dijital giriş/çıkış pinine, 6 analog girişe, 16 Mhz kristal osilatöre, USB bağlantısına, güç bağlantısına, ICSP bağlantısına ve reset tuşuna sahiptir. Kart USB portuna bağlanarak kolayca çalıştırılabilir. İstenilirse dışardan beslemeyle de kullanılabilir (Robotiksystem, 2018). Şekil 6.2.'de Arduino Uno modeli ve elemanları görülmektedir.



Şekil 6.2. Arduino Uno ve temel birimleri (Direnc, 2018)

Teknik özellikleri ise Çizelge 6. 2.'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. Arduino Uno teknik özellikleri (Robotiksystem, 2018)

Mikroişlemci	ATmega328
Çalışma Voltajı	5V
Besleme Voltajı (önerilen)	7-12V
Besleme Voltajı (limit)	6-20V
Dijital G/Ç bağlantıları	14 (6 tanesi PWM çıkışı sağlayabilir)
Analog Giriş Bağlantıları	6
G/Ç bağlantısı başına DC Akım	40 mA
3.3V bağlantısı için DC Akım	50 mA
Flash Bellek	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Hızı	16 MHz

Arduino Uno, USB bağlantısı tarafından, pil ya da güç kaynağı tarafından beslenebilir. Güç beslemesi, besleme soketinden yapılabileceği gibi Gnd ve V_{in} soketleri ile de sağlanabilir.

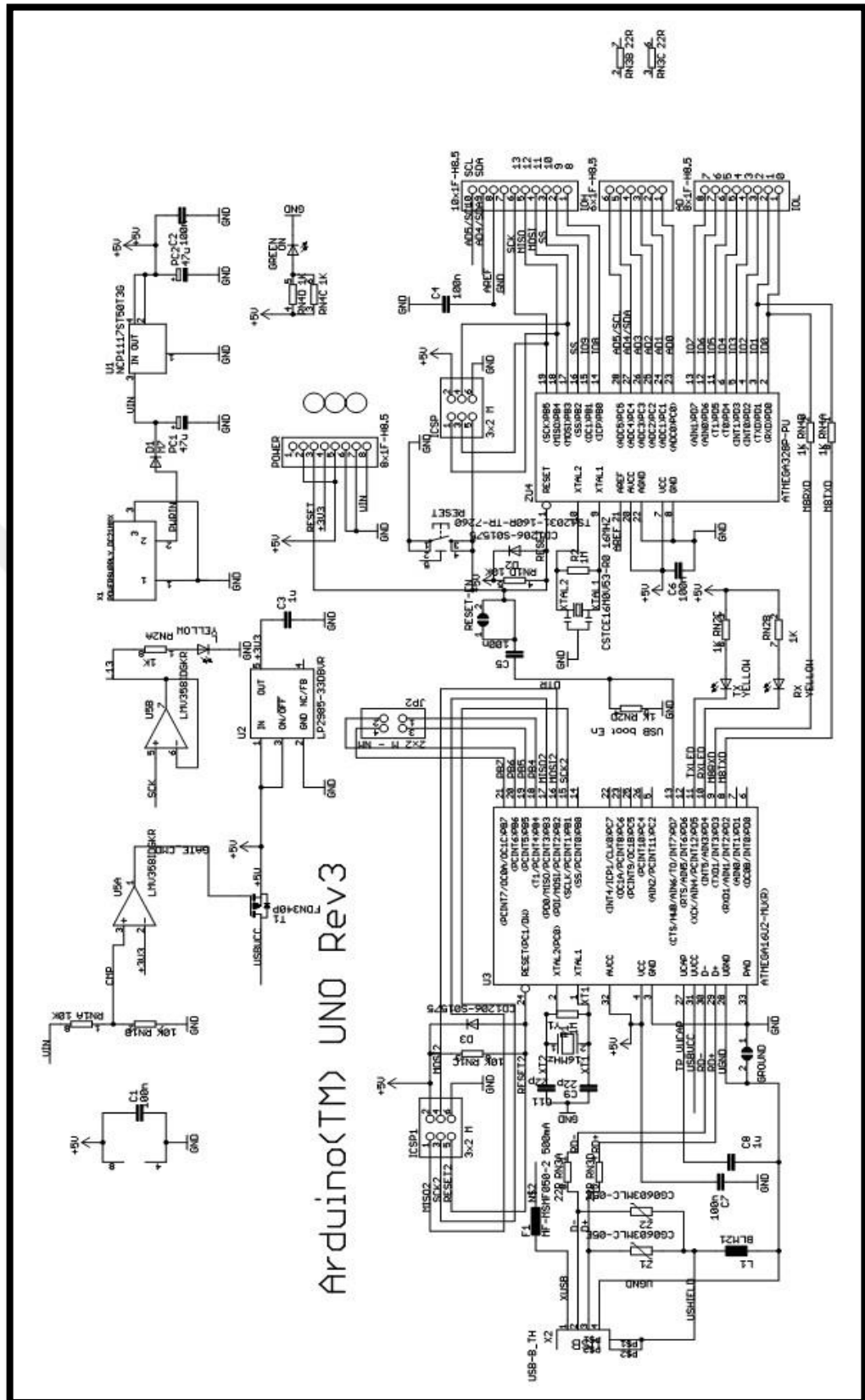
6.6. Arduino Uno R3

Tez çalışmamda kullandığım Arduino R3 modeli Şekil 6.3'te görülmektedir.



Şekil 6.3. Arduino Uno R3 önden ve arkadan görünüşü (Roboweb, 2018)

Arduino Uno'nun son sürümü olan R3, öncesinde bulunan tüm özelliklere sahip olup daha hızlı veri iletişimine sahiptir. Bellek kapasitesi daha fazladır. Kullanılan yeni çip (Atmega16U2) sayesinde USB daha hızlı veri iletişimi sağlanmaktadır. İşletim sistemi platformundan olan Linux ve Mac için sürücü yazılımı gereksinimi yoktur. Windows'ta ise inf dosyası sayesinde driver yüklemesi tamamlanır. Bu dosya Arduino IDE içerisinde otomatik olarak yüklenmektedir. Yüklemeden sonra dış çevre birimleriyle kolaylıkla haberleşebilir (Roboweb, 2018).

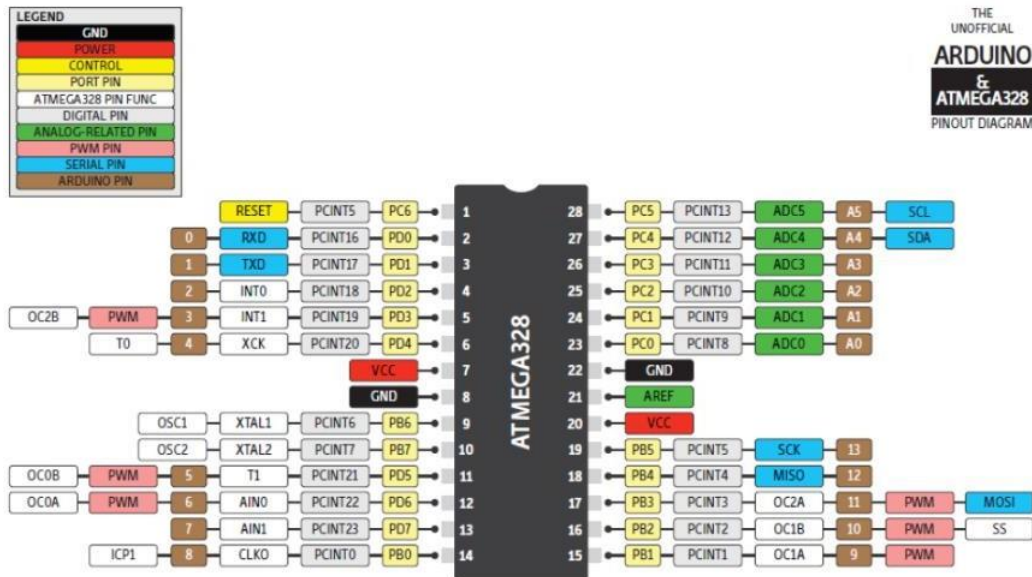


Şekil 6.4. Arduino Uno R3 şematığı (Roboweb, 2018)

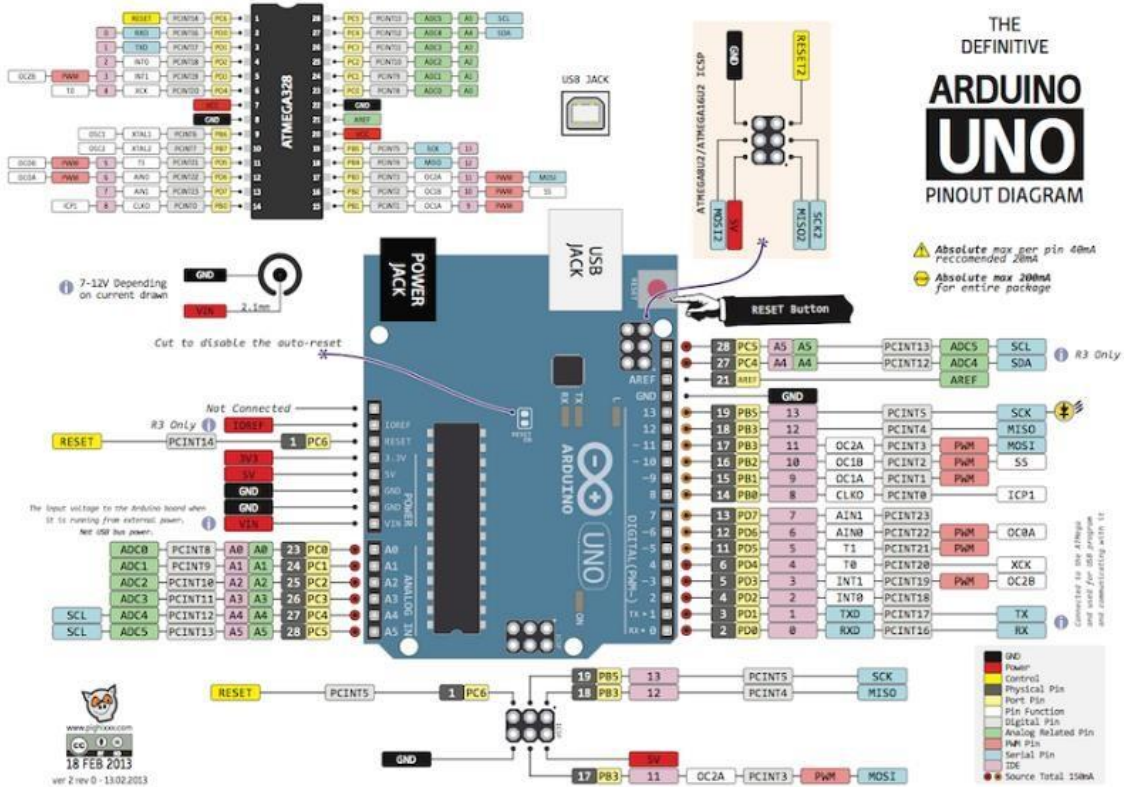
6.7. Atmega328 Mikrodenetleyici

Çalışmada kullanılan Arduino Uno R3 modeli yapısında Atmega328 mikrodenetleyicisini barındırmaktadır. Atmel firması tarafından üretilen ATmega328 çipi, 8 bit işlemciye sahiptir ve 28 pin DIP paketlidir. Atmega168 de olduğu gibi, 2 KB flash hafıza ve 32 KB program hafızasına sahiptir. 6 tanesi 10 bit ADC için olmak üzere 23 adet giriş/çıkış hattına sahiptir. Harici kristal ile 20 MHz e kadar çalışabilir. Çalışma voltajı 1,8V - 5V aralığıdır. Çip devre üzerinde programlanabilir (Roboweb, 2018).

Şekil 6.5.'te ATmega328 mikrodenetleyicisinin pin diyagramı görülmektedir. Şekil 6.6.'da de Arduino Uno R3 ile birlikte çizilen diyagramdan daha detaylı olarak yararlanılabilir (Roboweb, 2018).



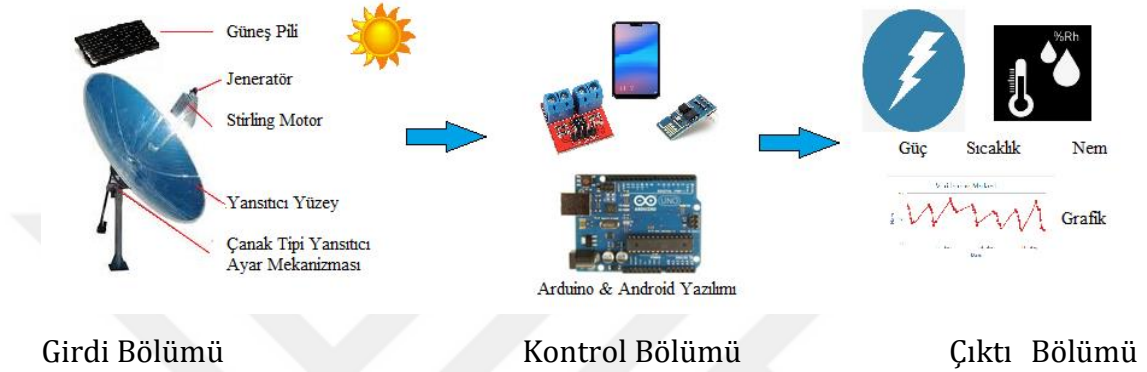
Şekil 6.5. ATmega 328 pin diyagramı (Bolubeyi, 2018)



Şekil 6.6. ATmega328 pin diyagramı ve Arduino Uno R3 (Metehanemlik, 2018)

7. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması donanım ve yazılım boyutu olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Donanım boyutunda; Çanak tipi yansıtıcı, arduino malzemeleri, stirling motor başlıca elemanlardır. Yazılım boyutunda ise Arduino, Android programlama dilleri kullanıldı. Şekil 7.1' de Sistem çalışma yöntemi görülmektedir.



Şekil 7.1. Sistemin çalışma yöntemi

Sistemin altyapısını detaylı olarak açıklanmaktadır. Kullanıcıyı bilgilendirme kısmında üç farklı şekilde yapılmaktadır. Grafik oluşturma, ortalama değer bulma, elde edilen verileri kıyaslama, matlab kodları ile grafik oluşturma birinci bilgilendirme yöntemidir. Tüm bunlar için nesnelerin interneti amacıyla kurulmuş web sitesi kullanılmaktadır. Web sitesi; arayüz, kullanım kolaylığı, matlab desteği vb. özelliklerinden dolayı tercih sebebi olmuştur. Kullanıcıyı bilgilendirme amaçlı yapılan ikinci yöntem ise akıllı telefon yazılımı (android) kullanılmaktadır. Akıllı telefon için geliştirilen veri tabanı sayesinde veriler saatlik olarak saklanmaktadır. Kullanıcının ihtiyacı olan başlıca verilerden saat, sıcaklık, nem, panelden ve motordan üretilen güç bilgileri istenildiğinde ulaşılmak üzere kullanıma sunulmaktadır. Üçüncü bilgilendirme yöntemi ise arduino bilgilendirme ekranı kullanılmaktadır. Lcd ekran üzerinden üretilen güç bilgileri anlık olarak gösterilmektedir. Donanımsal olarak sistem için gerekli sistem elemanlarını aşağıda sunulmuştur.

7.1. Güneş Paneli ve Paneli Konumlandırma

Bu tez çalışmasında güneş pili kullanmaya karar verdim. Veri toplama kolaylığına sahip bir ürün olması çalışmanın sürdürülebilirliğine önemli ölçüde destek vermektedir. Direk olarak güneş panelinden elde edilen veriler, güç sensörü sayesinde yazılımsal olarak takip edilmektedir.

Çalışmada 6V, 1 Watt'lık güneş paneli kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında güç yeterli boyuttadır. Şekil 7.2'de kullanılan güneş pili görülmektedir.



Şekil 7.2. Güneş paneli

Türkiye'nin dünya üzerindeki coğrafi konumu 36° - 42° kuzey enlem, 26° - 45° doğu boylamları arasındadır. Bu konum sayesinde yıllık güneş ışınımı 1303 kWh/m^2 yıl civarındadır, yıllık güneşlenme zamanı ise 2623 saat (1 yıl=365 gün=8760 saat) civarındadır. Türkiye genelinde güneş enerjiden 10 ay boyunca yararlanma potansiyeli vardır. Bu potansiyelden doğru faydalanmak için güneş paneli sehпасının doğru konumlandırılması gerekir. Güneş pili üzerine güneşin doğuşundan batışına kadar en uzun süre, ışınların dik açıyla gelmesi sağlanır. Doğru konumlandırma sayesinde farklı yöntemlerde kullanılarak en fazla miktarda elektrik üretimi sağlanır.

Güneş sehpa kurulumu ülkemizin enlem ve boylam derecelerine göre yapılmalıdır. Mevsim şartlarına da göz önüne alınarak özellikle yaz ve kış mevsimlerinde öğle saatinde ışınların dik açıyla alması sağlanır. Bu gibi durumlar göz önüne alınmazsa verimde düşüş yaşanır.

Örnek olarak Burdur'un Kemer İlçesinde yapılacak çalışmada güneş paneli konumu belirlenirken enlem açısının 37° olduğu bilinmektedir. Basit şekliyle sehpa açıları Çizelge 7.1' de görülmektedir.

Çizelge 7.1. Sehpa açısı bilgileri

Yaz ve Kış Kullanılacaksa	Sadece Yaz Mevsiminde	Sadece Kış Mevsiminde
37°	$37^\circ - 15^\circ = 22^\circ$	$37^\circ + 15^\circ = 52^\circ$

Bu tez çalışmasının yapıldığı konum göz önüne alındığında enlem açısı 37° olarak belirlenmiştir. Literatür bilgilerinden yola çıkarak, yaz-kış aktif olacak sistemde Burdur ilinde güneş paneli sehpa uygun açıyla konumlandırıldı.

7.2. Çanak Tipi Yansıtıcının ve Stirling Motorun Tasarımı

Kullanılan parabolik yapının temel amacı, üzerine dik gelen güneş ışınlarını parabolik çanağın tepe noktasından (*vertex*) odak uzaklığı (f) kadar uzaklıkta noktasal olarak odaklamaktır. Ekseni z ekseni ile kesişen bir parabolik çanağın kartezyen koordinatlarda ifadesi,

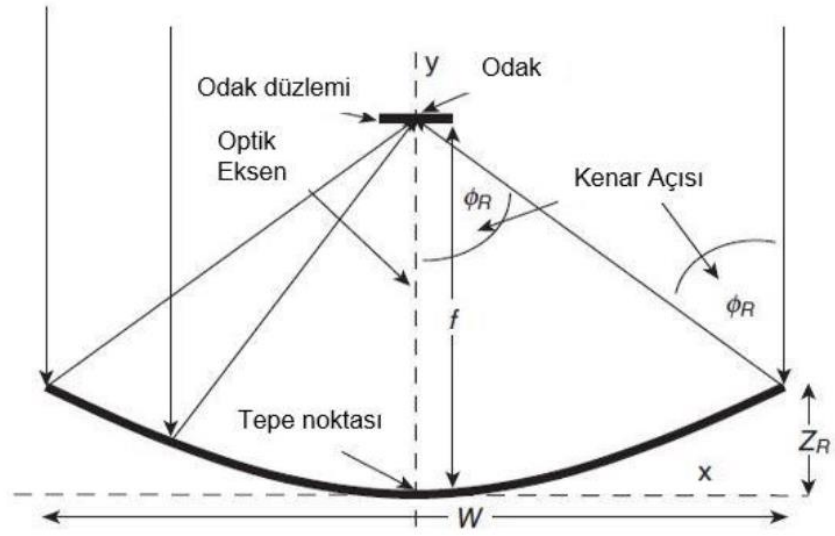
$$z = \frac{r^2}{4f} = \frac{x^2 + y^2}{4f} \quad [7.1]$$

eşitliği ile verilir. Şekil 7.3'de bir parabolik çanak kesiti görülmektedir (Goswami ve Kreider, 2000). Şekilden de görüldüğü gibi, kenar açısı (rim angle), Φ_R , optik eksen ve parabolün fiziksel kenarından odak noktasına doğru çizilecek doğru arasında kalan açıdır. Odak uzaklığı ve kenar açısı kullanılarak

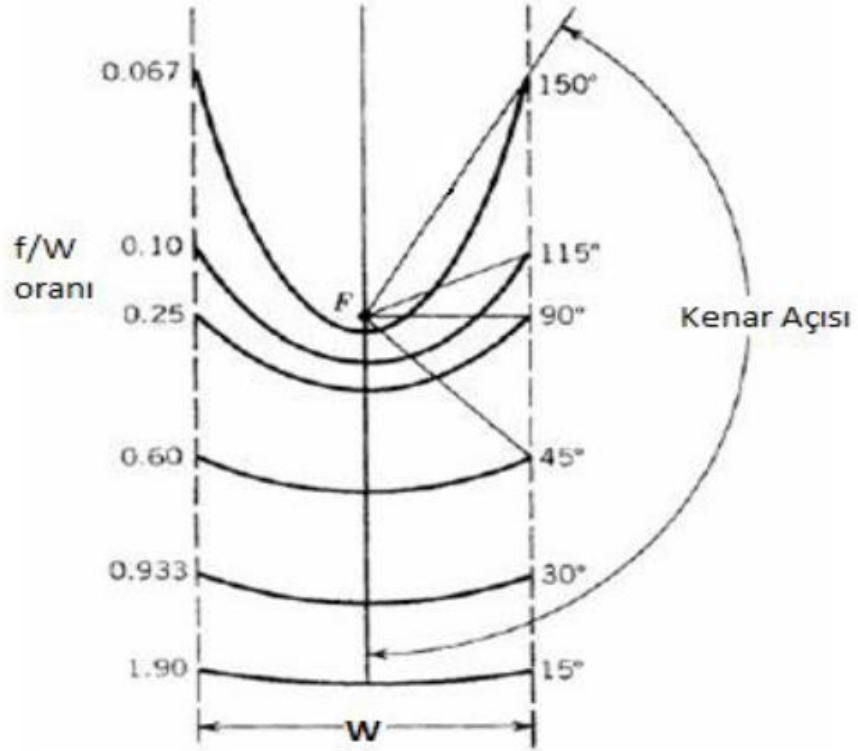
parabolik çanağın kesit geometrisi hakkında tam bilgi sahibi olunabilir. W genişlik/çap, Z_R ise derinlik olmak üzere, parabolik çanağın kenar açısı,

$$\tan\phi_R = \frac{W/2}{f - Z_R} = \frac{4fW/2}{4f^2 - (W/2)^2} \quad [7.2]$$

eşitliği ile verilir (Goswami ve Kreider, 2000). Şekil 7. 4'te aynı odak noktası için farklı kenar açı değerlerine sahip parabolik çanak kesitleri görülmektedir.



Şekil 7.3. Parabolik çanak kesiti /parabol



Şekil 7.4. Ortak bir odak noktası için kenar açısı değişimleri

Güneş ışınımının yoğunlaştırılması, yoğunlaştırıcı açıklık alanına (A_a) gelen güneş ışınımının daha küçük alana sahip bir alıcı/soğurucu (A_r) üzerine, ışığı kırarak veya yansıtılarak düşürülmesi ile gerçekleştirilmektedir. Optik yoğunlaştırma oranı (YO_{optik}); alıcıdaki güneş akısının (I_r), açıklık alanına gelen akıya (I_a) oranı olarak tanımlanır ve

$$YO_{optik} = \frac{I_r}{I_a} \quad [7.3]$$

eşitliği ile ifade edilir (Goswami ve Kreider, 2000). Geometrik yoğunlaştırma oranı ise,

$$YO_{geometrik} = \frac{A_a}{A_r} \quad [7.4]$$

bağıntısı ile verilir (Goswami ve Kreider, 2000).

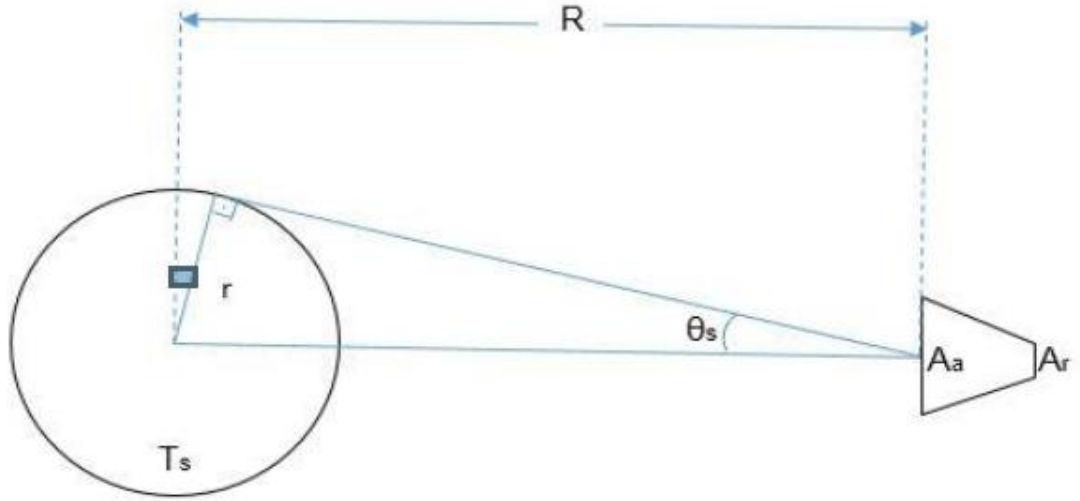
Yoğunlaştırıcı/yansıtıcı açıklık alanı, A_a , yoğunlaştırıcının performansının tahmini için önemli bir parametre olduğundan, tasarım sırasında ele alınacak en önemli kriterlerden biridir. Basit olarak açıklık, çapı W olan dairesel bir alan olarak düşünüldüğünde, açıklık alanı

$$A_a = \frac{\pi W^2}{4} \quad [7.5]$$

olarak hesaplanır. Parabolik çanağın açıklık alanı, aynı zamanda odak uzaklığı ve kenar açısı terimleri cinsinden de ifade edilebilir (Goswami ve Kreider, 2000).

$$A_a = 4\pi f^2 \frac{\sin^2 \phi_R}{(1 + \cos \phi_R)^2} \quad [7.6]$$

Literatürde, çanak üzerine gelen güneş ışınımının yoğunlaştırmasının üst limitinin belirlenmesinde basit bir kriter geliştirilmiştir. Rabl tarafından açıklanan bu maksimum yoğunlaştırma oranı, termodinamiğin 2. yasasının, güneş ve alıcı arasındaki ışınma değişimine uygulanmış halini temel almaktadır. Şekil 7.5'te güneşten açıklık alanı A_a olan yoğunlaştırıcı yüzey aracılığıyla açıklık alanı A_r olan alıcıya yapılan ışınım transferi gösterilmiştir (Goswami ve Kreider, 2000). Şekilde, yüzey sıcaklığı T_s olan bir siyah cisim benzeri ışınma yapan ve yarıçapı r olan küresel bir kaynak olarak kabul edilen Güneş, kendisinden R kadar uzaklıktaki yoğunlaştırıcı yüzey ve yoğunlaştırıcı tarafından yoğunlaştırılan ışınımın düştüğü daha küçük yüzey olan alıcı ele alınmıştır. Burada görsel sadelik açısından alıcı yüzeyi yoğunlaştırıcı yüzeyin arkasında gösterilmiştir.



Şekil 7.5. Yoğunlaştırıcı yüzey vasıtasıyla, güneşten alıcıya yapılan ışınlım transferinin şematik gösterimi

Güneş bir siyah cisim olmamasına karşın, yaklaşık analiz söz konusu olduğunda T_s sıcaklığında bir siyah cisim olduğu kabulü yapılarak, güneşten alıcıya ulaşan enerji miktarı Q_{s-r} ,

$$Q_{s-r} = A_a \frac{r^2}{R^2} \sigma T_s^4 \quad [7.7]$$

eşitliği ile ifade edilir (Goswami ve Kreider, 2000). Burada σ , Stefan Boltzmann sabitidir. Siyah cisim gibi mükemmel bir alıcı, $\sigma A_r T_r^4$ 'e eşit enerji yayacağından ve bu enerjinin E_{r-s} kesri güneşe ulaşacağından, yüzey sıcaklığı T_r olan alıcının yaydığı enerji miktarı Q_{r-s} ,

$$Q_{r-s} = A_r \sigma T_r^4 E_{r-s} \quad [7.8]$$

bağıntısı ile verilir (Goswami ve Kreider, 2000).

Alıcıda kayıpların olmadığı düşünüldüğünde, alıcı, kaynak sıcaklığına eşit oluncaya kadar ısınacaktır. T_r ve T_s sıcaklıkları eşit olduğunda, termodinamiğin 2. yasasına göre Q_{r-s} ve Q_{s-r} eşit olmalıdır.

$$\frac{A_a}{A_r} = \frac{R^2}{r^2} E_{r-s} \quad [7.9]$$

E_{r-s} 'nin maksimum değeri 1 olduğundan yoğunlaştırma oranı,

$$\frac{A_a}{A_r} = \frac{R^2}{r^2} = \frac{1}{\sin^2 \theta_s} \quad [7.10]$$

$$YO_{max,3D} = \frac{1}{\sin^2 \theta_s} \quad [7.11]$$

olarak bulunur (Goswami ve Kreider, 2000).

Termodinamiğin ikinci yasası, yalnız yoğunlaştırmanın geometrik limitlerini değil, aynı zamanda yoğunlaştırıcının çalışma sıcaklığını da belirlemede önemlidir. T_s Güneş'in etkin yüzey sıcaklığı, τ alıcının geçirgenliği ve α_s alıcının soğurma katsayısı olmak üzere; Güneş'in yaydığı ve yoğunlaştırıcının alıcısı tarafından soğrulan ışınım,

$$q_{soğrulan} = \tau \alpha_s A_a \sin^2 \theta_s \sigma T_s^4 \quad [7.12]$$

eşitliği ile verilir (Goswami ve Kreider, 2000).

Taşınım ve iletim ile kayıplar göz ardı edilebilirse, ε_{ir} alıcının kızılötesi yayıcılığı olmak üzere, ışıma ile ısı kaybı,

$$q_{ışıma} = \varepsilon_{ir} A_r \sigma T_r^4 \quad [7.13]$$

olarak yazılır (Goswami ve Kreider, 2000).

Alıcıdaki enerji dengesi verilmektedir. Burada η_c alıcı tarafından soğrulan ve çalışma akışkanına iletilen enerji kesridir.

$$q_{soğrulan} = q_{ışılma} + \eta_c q_{soğrulan} \quad [7.14]$$

Enerji dengesinde, alıcı sıcaklığı,

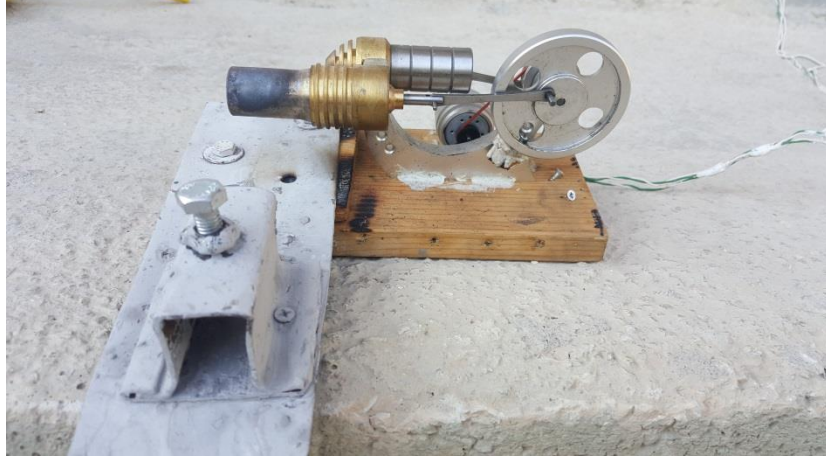
$$T_r = T_s \left[(1 - \eta_c) \tau \frac{a_s Y O_{geometrik}}{\varepsilon_{ir} Y O_{max}} \right]^{1/4} \quad [7.15]$$

bağıntısı ile bulunabilir (Goswami ve Kreider, 2000).

Tez çalışmasında çanak tipi güneş yansıtıcı sistem uygun şekilde kurulmaktadır. Çanağın ağırlığından dolayı devrilmesi önlemek için uygun alt sehpa hazırlandı. Yüzeyin güneş enerjisini çok iyi şekilde yansıtması gerekmektedir. Bu nedenle yansıtıcı yüzey polimer filmle kaplatıldı. Şekil 7.6'da filmle kaplanmış çanak tipi yansıtıcı görülmektedir. Yansıtılan güneş enerjisinin odak noktasına Stirling motor yerleştirildi. Yüksek yansıtma oranına sahip film sayesinde güç pistonun yeterli derecede ısınması sağlandı. Isınan Stirling motor alternatör sayesinde hareket enerjisinden elektrik enerjisi üretmektedir. Bu işlemi yaparken herhangi bir yakıt kullanmadan, doğal ve hiç bitmeyecek olan güneş enerjisini kullanmaktadır. Şekil 7.7'de Stirling motor görüntüsü verilmiştir.



Şekil 7.6. Çanak tipi yansıtıcı tasarımı



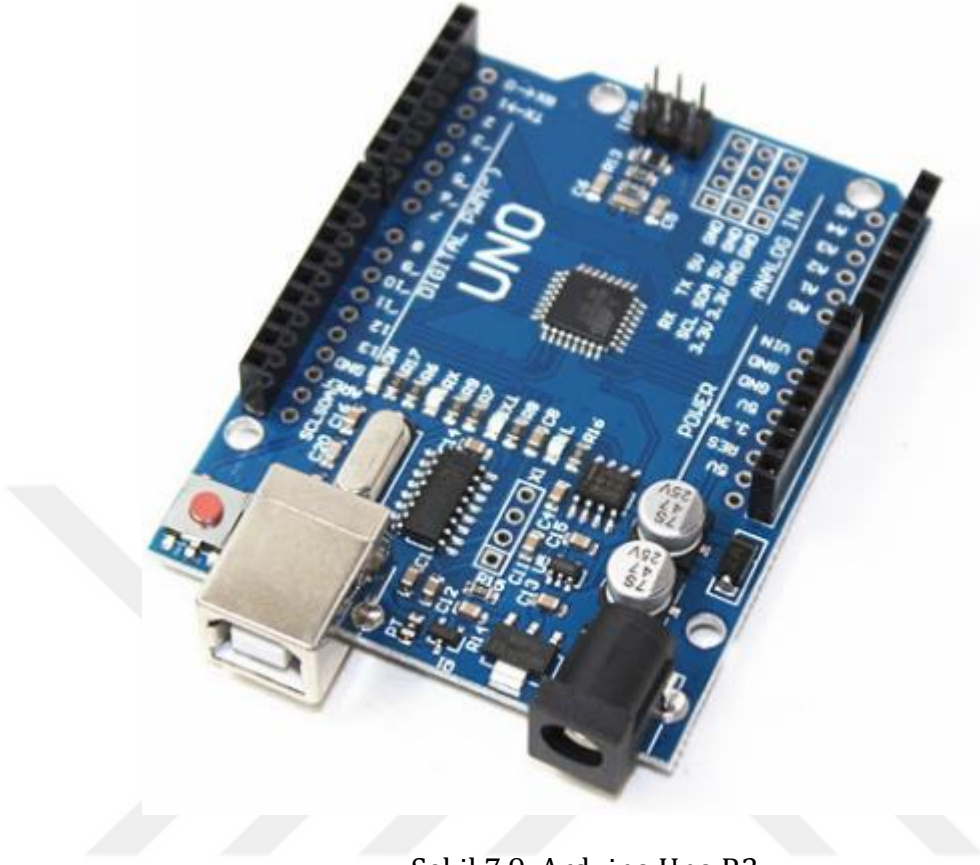
Şekil 7.7. Stirling motor yandan görünümü

Sistemin verimli çalışmasını sağlamak amacıyla literatür bilgilerine uygun şekilde odak noktasına stirling motor konumlandırıldı. Şekil 7.8.'de odak noktasına konumlandırılan Stirling motor görülmektedir.



Şekil 7.8. Odak noktasına konumlandırılan Stirling motor

7.3. Kullanılan Devre Elemanları



Şekil 7.9. Arduino Uno R3

Bu tez için, teknik özelliklerinden daha önce bahsettiğim Arduino Uno kullanıldı. Giriş çıkış sayısı ve kullanılan mikrodenetleyici projem için yeterli olduğu için tercihim bu yönde kullanıldı. Şekil 7.9'da Arduino Uno R3 modeli görülmektedir.

Max471 Modülü akımı ve voltajı test etmek için kullanılır. Şekil 7.10'da Max471 sensörü görülmektedir. Dirençli gerilim bölücü tasarım prensibine dayanan voltaj ölçümü ve kendine seri bağlı direnç sayesinde akım ölçümünü gerçekleştirir.

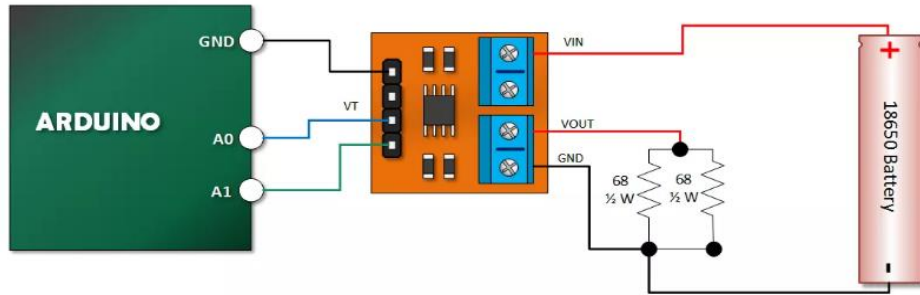


Şekil 7.10. Max471 sensörü

Teknik özellikleri incelendiğinde,

- Ölçülebilen gerilim aralığı:
5V kullanılan Arduino kartları için: 3-25V DC
3.3V kullanılan Arduino kartları için: 3-16.5V DC
- Ölçülebilen akım aralığı: 0-3A DC şeklindedir.

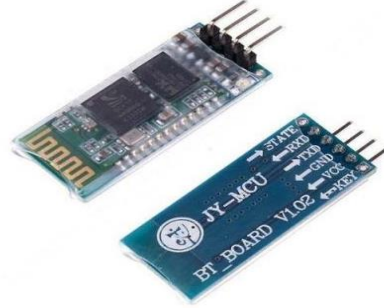
Bu ölçüm aralıkları tez için oldukça elverişlidir. Şekil 7.11'de max471 devre şeması verilmiştir.



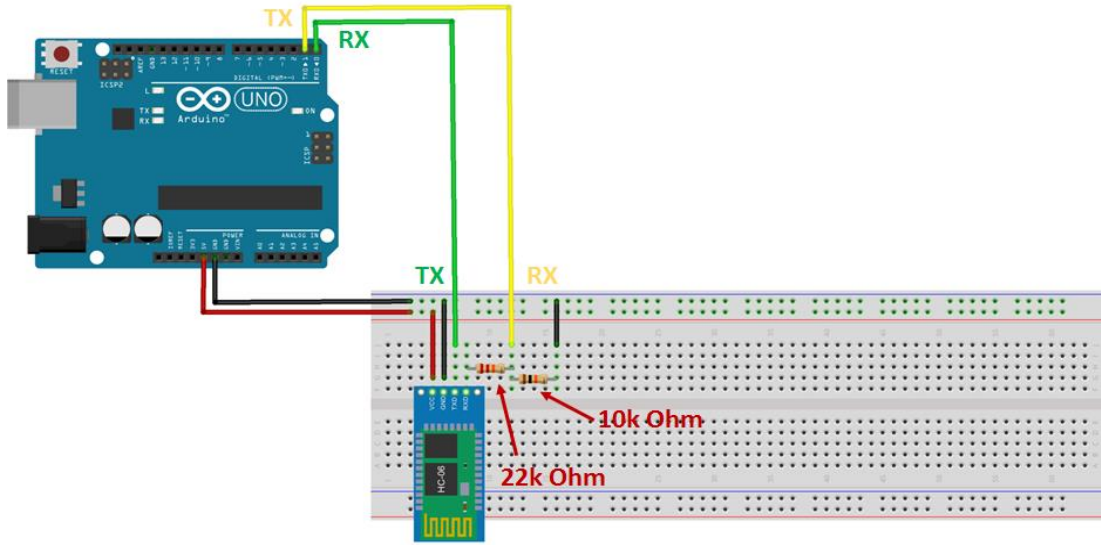
Şekil 7.11. Max471 devre şeması

Modülün kullanımı yukarıdaki gibidir. Bu tez çalışmasında bu modulden 2 tane olması gerekmektedir. İçerisinde dâhiliye anten ve 9 metreye kadar veri gönderme olanağına sahip Bluetooth modülü sayesinde anlık olarak akıllı cihazlardan güç takibi yapmayı amaçlandı.

Android programlama ile yazılan uygulama sayesinde bu module uzaktan bağlanıp verileri almakta ve her saat başı akıllı cihazın veritabanına gerekli bilgileri yazmaktadır. Şekil 7.12’de Hc-06 modülü ve 7.13’de devre şeması verilmiştir.

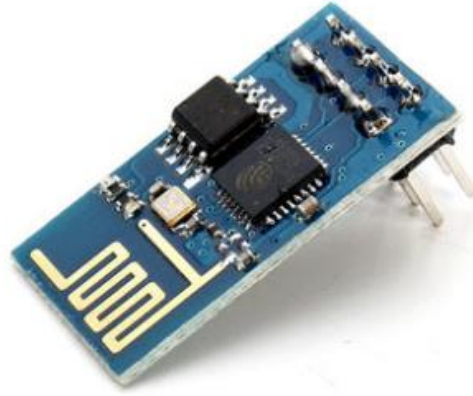


Şekil 7.12. HC06 Bluetooth modülü



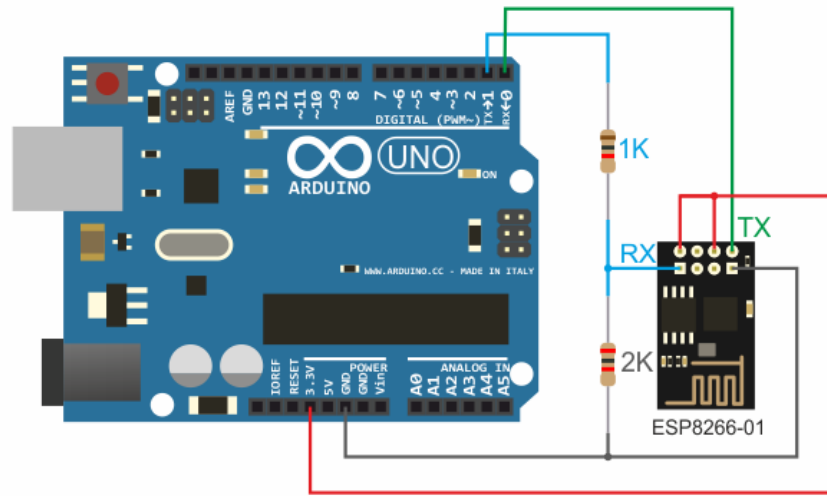
Şekil 7.13. HC-06 modülü devre şeması

Arduinonun internet üzerinden veri göndermesini sağlayan Esp8266 Wifi modulüdür. 802.11 b/g/n yerel ağ standırdını desteklemesi, bulunan ağa bağlanabilmesi, gerekirse kendisi ağını yaynlaması gibi özelliklerinin olması oldukça avantajlıdır. Şekil 7.14’de Esp8266 Wifi modülü görülmektedir.



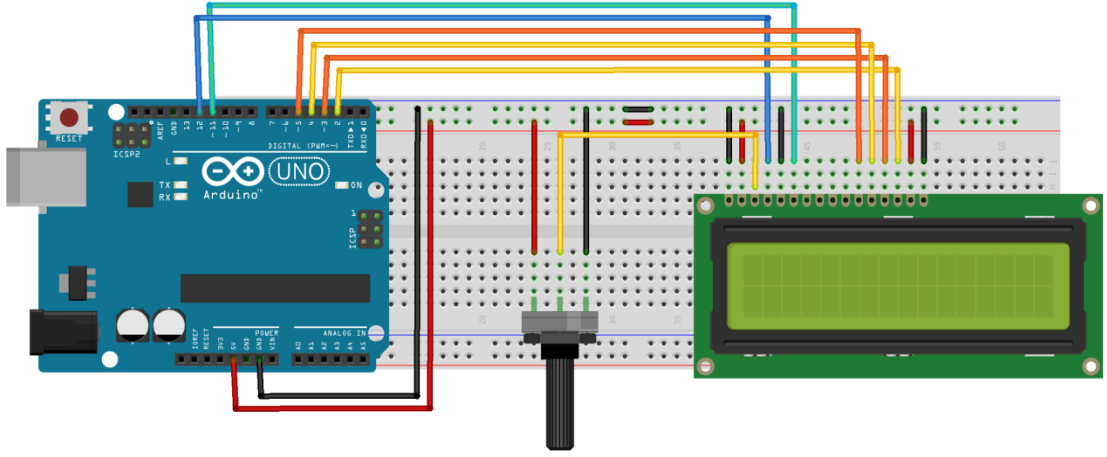
Şekil 7.14. Esp8266 Wifi Modülü

Esp8266 Modülünün daha uzun ömürlü kullanımı sağlamak için 3.3V üzerinden beslenmesi uygundur. Bunun için aşağıdaki devrede olduğu gibi gerilim bölücü veya arduionun uygunsa 3.3V gerilim çıkış portu üzerinden beslenmesi uygundur. Şekil 7.15’de Esp8266 devre şeması verilmiştir.



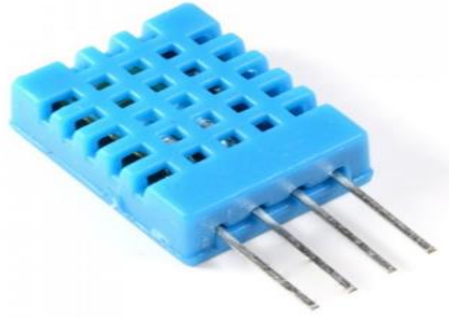
Şekil 7.15. Esp8266 Wifi Modülü devre şeması

Sıcaklık nem ve üretilen güç bilgilerinin anlık olarak sistem üzerinden görüntülenmesi için LCD ekran kullanıldı. Sistem hakkında elde edilen veriler anlık olarak bu ekran üzerinden görüntülenmektedir. Kullanıcı ister bu alandan, isterse de kablosuz iletişim araçlarıyla bu bilgilere ulaşabilecektir. Şekil 7.16’da LCD ekranın devre bağlantı şeması verildi.



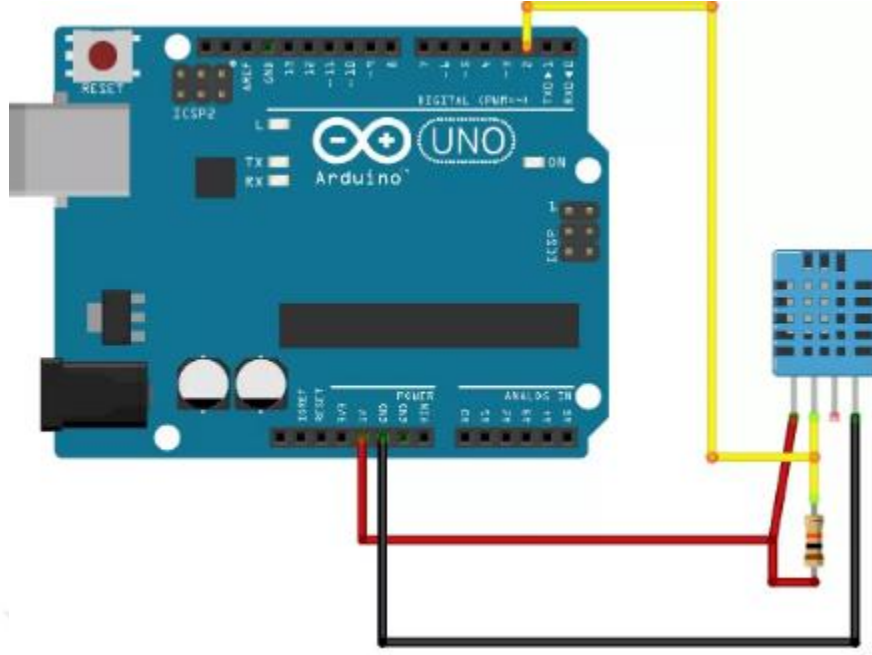
Şekil 7.16. LCD ekranın devreye bağlantı şeması

DHT11 sıcaklık ve nem sensörleri uygun fiyatlı ve birçok alanda kullanılacak bir sensördür. Bu tez çalışmasında ortam sıcaklık nem bilgilerinin tutulması önemlidir. Anlık olarak alınan veriler uygun şekilde saklanıp üretilen güç konusunda yorum yaparken kullanılacaktır. Şekil 7.17’de sıcaklık ne sensörü görülmektedir.



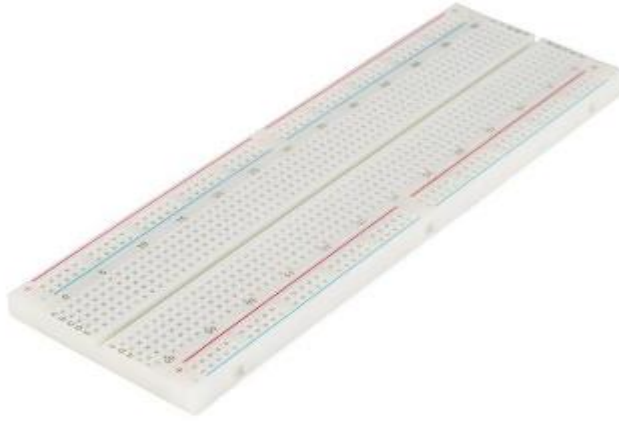
Şekil 7.17. DHT11 Sıcaklık-nem sensörü

Şekil 7.18’ de DHT11 Sıcaklık nem sensörü devre şeması görülmektedir.



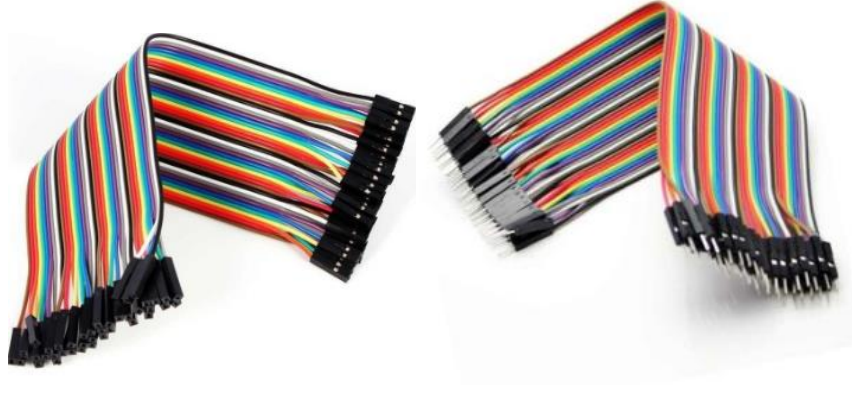
Şekil 7.18. DHT11 Sıcaklık nem sensörü devre şeması

Elektronik devre için kullanılan elemanların düzenli olarak bağlantılarının yapılması gerekmektedir. Bu konuda elemanların birbiriyle bağlantısını breadboardlar yapmaktadır. Şekil 7.19' da Breadboard görülmektedir.



Şekil 7.19. Breadboard

Arduinonun devre elemanlarıyla bağlantılarını sağlamak amacıyla jumper kablolar kullanılır. Yapılan tezin ihtiyacına göre uygun sayıda kablo kullanılır. Şekil 7.20'de Jumper kablo görülmektedir.

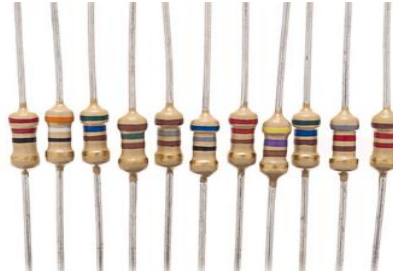


Şekil 7.20. Jumper kablo

Elektrik akımına karşı gösterilen zorluğa direnç denir. Şekil 7.21'de Dirençler görülmektedir.

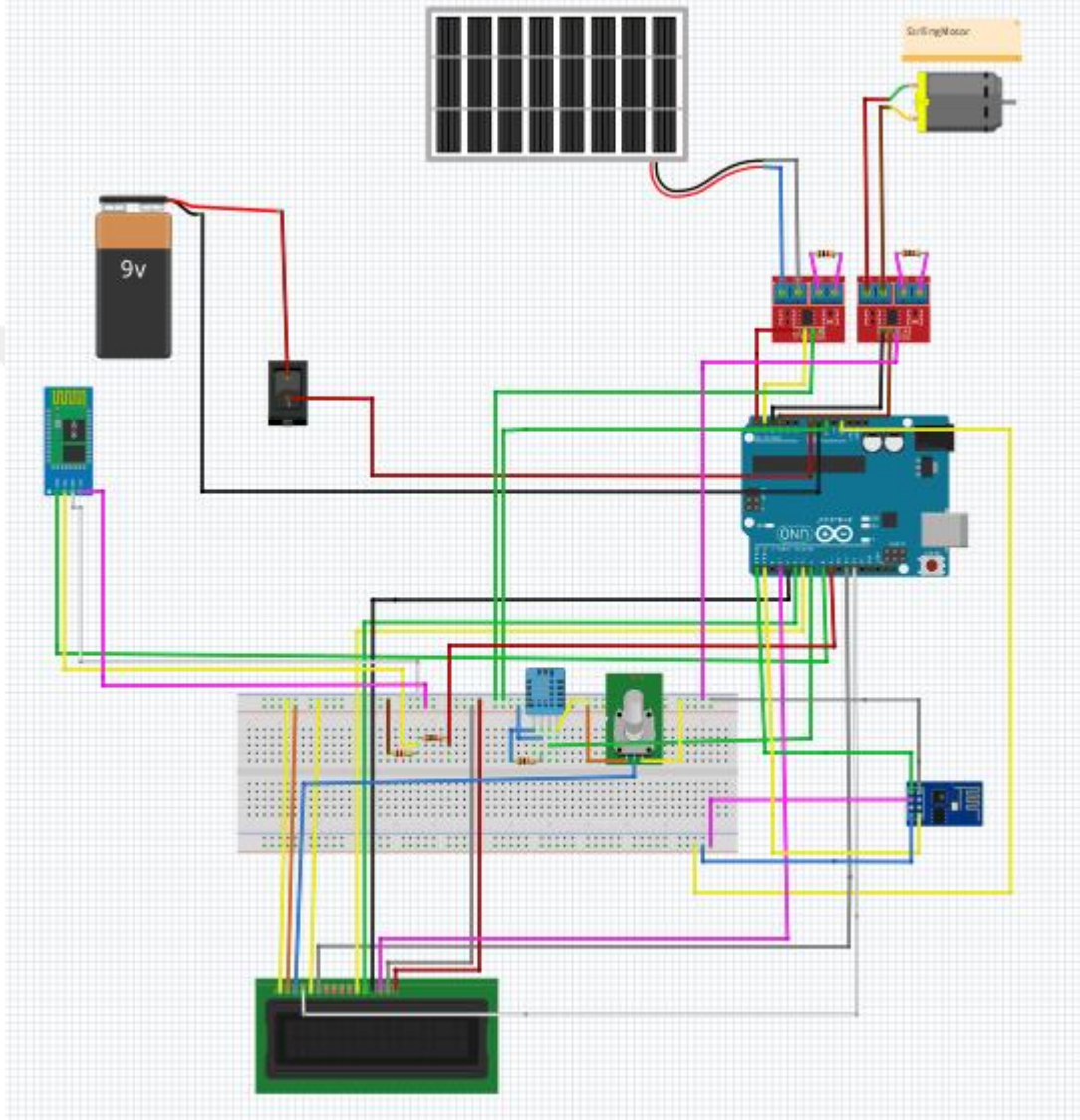
Tez çalışmasında dirençler:

- Gerilim bölücü olarak,
- Kullanılan modulün zarar görmesini engellemek,
- Sensörlerin düzgün çalışmasını sağlamak amacıyla kullanıldı.



Şekil 7.21. Dirençler

Tüm devre elemanlarının bağlantısı yapıldıktan sonra tez için kullanılan devrenin görüntüsü aşağıdaki şekilde olacaktır. Şekil 7.22'de tez çalışmasının kullanılan elemanların fritzing simülasyon programında çizilmiş görseli verilmiştir.



Şekil 7.22. Devrenin bağlantıları tamamlanmış hali

7.4. Kullanılan Yazılımlar ve IoT Uygulaması

Arduino'nun programlama kısmından ve yazılımından daha önce bahsettim. Şimdi programlama kısmından kullanılan kodlardan ve akış diyagramlarından

bahsedilmektedir. Çizelge 7.1'de tez çalışmasında kullanılan komutlar açıklanmaktadır.

Çizelge 7.2.Tez çalışmasında kullanılan komutlar ve açıklamaları

Komutlar	Açıklama
#include	Projeye yeni kütüphane ekle
#define	Değişken tanımla
Veri tipleri int float	Değişkenin tutacağı veri türünü belirler Tamsayı Ondalıklı sayı
delay	Gecikme kodu
setup	Program ilk çalıştıktan bir seferlik çalışacak kodların bulunduğu bloktur
loop	Programın sürekli olacak yürüteceği kod bloğudur.
Serial.begin	Seri port açıp dinlemeye yarar.
pinMode	Pinlerin giriş-çıkış ayarını yapan komuttur.
AT	Wifi modülü komutlarını kapsar.
analogRead	Analog değer oku
Lcd	Lcd ekran komutlarını barındırır.
digitalWrite	Dijital olarak girişi-çıkışı lojik 0 veya 1 konumuna getir.
attachInterrupt	Interrupt kontrol et

Arduino IDE kullanılarak hazırladığım kodların bir kısmı Şekil 7.23'te görülmektedir.

```

tezsonArduino §
#include<LiquidCrystal.h> //LCD ekran kütüphanesi ekleme komutu kullanıldı
#include <DHT.h> //DHT sıcaklık nem sensörü kütüphanesi eklendi
#include <SoftwareSerial.h> //Bluetooth modülü kütüphanesi eklendi
SoftwareSerial bt_iletisim(9,8); //Bluetooth modülü pinleri belirlendi
#define DHTPIN 7 //DHT sıcaklık nem sensörü pini belirlendi
#define DHTTYPE DHT11 //DHT sıcaklık nem sensörü tipi belirlendi

#define ssid "TurkTelekom_Z9V44" //Esp8266 Modülü için ağ adı belirlendi
#define password "4FcAble9a108d" //Ağ şifresi belirlendi
#include <ThingSpeak.h> //ThingSpeak kütüphanesi projeye eklendi
#include <Wire.h> //Wifi haberleşme kütüphanesi projeye eklendi
String apiKey = "OSNQXYS7QWBR28EE"; //ThingSpeak platformuna veri yazma api key değişkene alındı

LiquidCrystal lcd(12,11,6,5,4,3); //LCD ekran pinleri belirlendi

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //Sıcaklık nem sensörü kurucu metodu tetiklendi

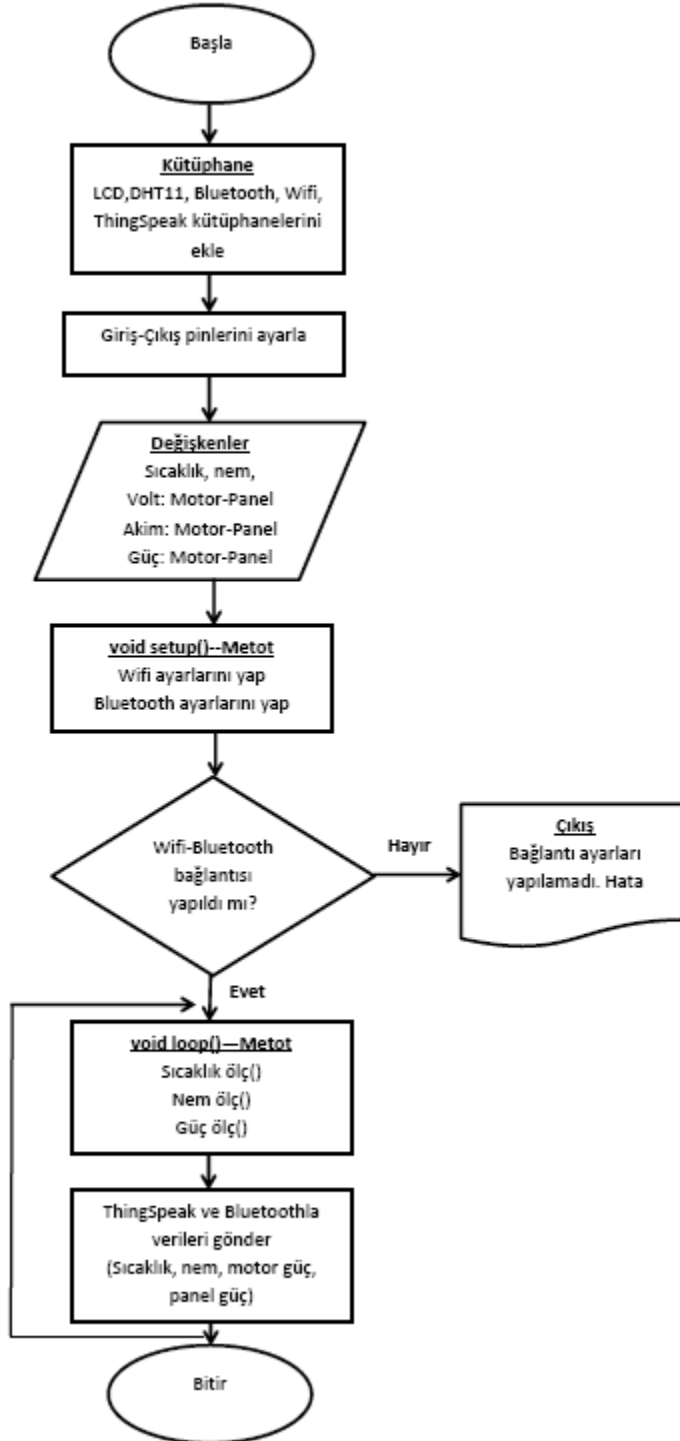
//motordan ve panelden gelen güç hesaplamaları için değişkenler tanımlandı.

float Akim1,Akim2;
float V1,V2;
float P1,P2;

```

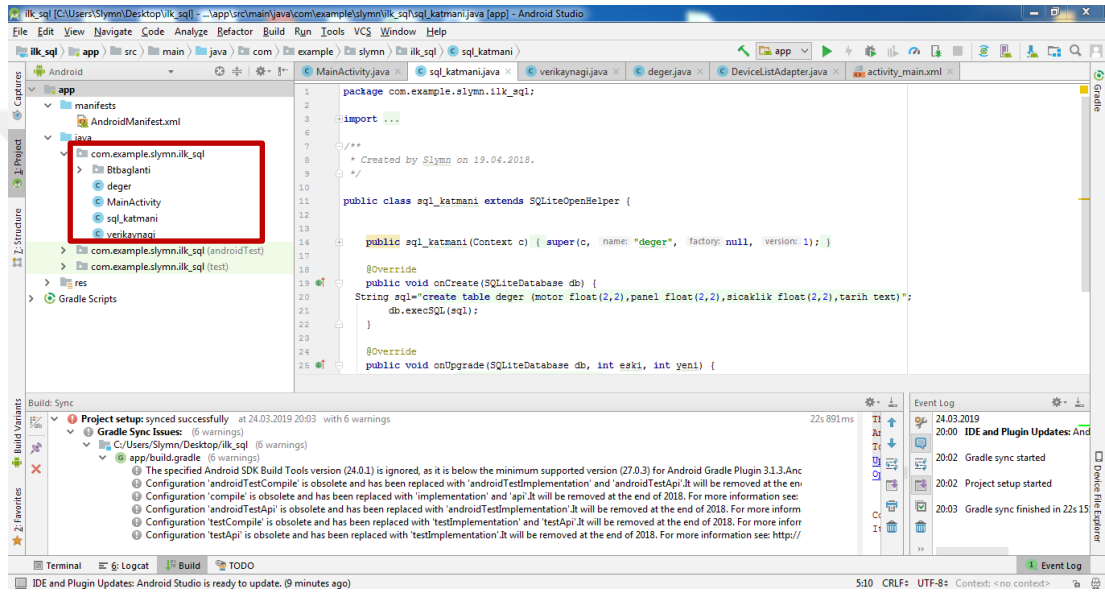
Şekil 7.23. Arduino Kodları

Programın akış diyagramını Şekil 7.24.'te verilmiştir.



Şekil 7.24. Programın akış diyagramı

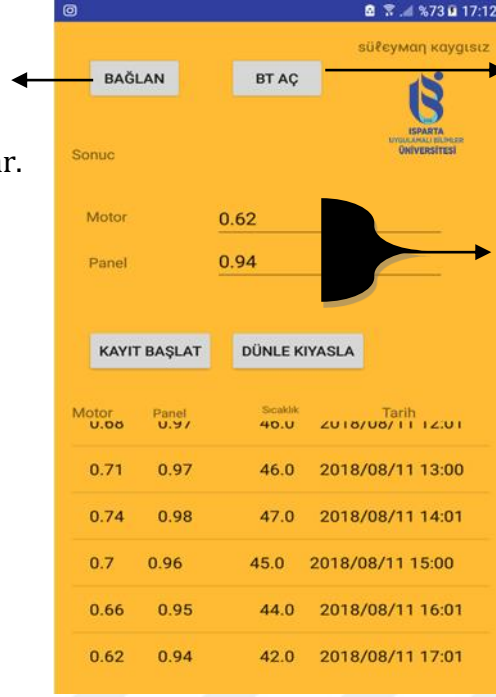
Tez çalışmasında verilerin akıllı telefonlardan da takibi için uygulama geliştirildi. Bluetooth üzerinden arduino verileri göndermektedir. Alıcı cihaz bluetooth'a bağlanarak anlık olarak üretilen güç bilgilerini almaktadır. Bu yazılım class (sınıf) yapısı kullanılarak yazılmaktadır. Bluetooth bağlantısı için; aygıtların görüntülenmesi ve bağlantısı için iki class kullanılmaktadır. Programı oluşturan ana yapı ise dört class kullanılmaktadır. Bu classlar; verikaynağı, sql_katmanı, deger ve MainActivity şeklindedir. Şekil 7.25'te. Programlama ekranı ve classlar görülmektedir.



Şekil 7.25. Programlama ekranı ve classlar

Programın tasarımından da anlaşılacağı üzere, ilk olarak akıllı cihazın bluetooth bağlantısının açılması gerekmektedir. Şekil 7.26'da görülmektedir. Sonrasından arduino bağlantı sağlamak için bağlan butonu kullanılır. Eğer bağlantı gerçekleştiyse güç verileri ekrana gelmeye başlayacaktır.

Arduino Hc-05
modülüne
bağlantıyı sağlar.



Telefonun Bluetooth
bağlantısı ve
görünürlüğünü açar

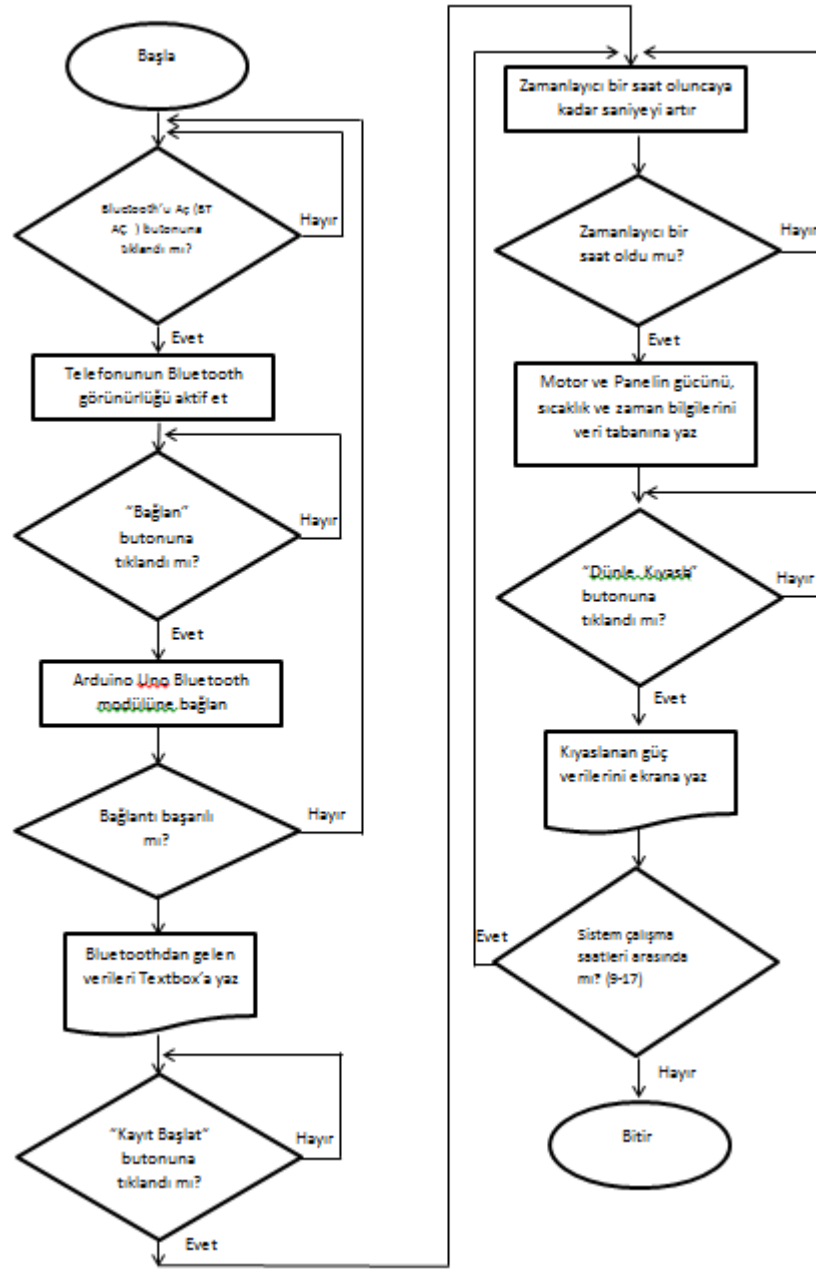
Bağlantı sağlandıktan
sonra veriler ekranda
görüntülenmektedir.

Şekil 7.26. Akıllı cihazlar için veri izleme programı

Program otomatik olarak gün içerisinde her bir saatte bir verileri kaydetmektedir. Bu kaydın başlaması için Kayıt Başlat butonu kullanılmalıdır. Buton aktif edildikten sonra program sıcaklık, nem, motorun ürettiği gücü, panelin ürettiği gücü, kayıt zamanını android veri tabanına kaydetmektedir. Veriler saat 9.00 ile 17.00 arasında kaydedilmektedir.

Verilerin kıyaslanması kısmında ise; verim durumları hesaplanarak kullanıcıya bilgi vermektedir. Gerekirse kullanıcı alttaki bilgilendirme ekranından verileri görüntüleyebileceği gibi buton sayesinde de bir gün önce aynı saat aralığındaki veriyle kıyaslama yapmaktadır. Panelden gelen ve motordan gelen güç verileri bir gün önceye göre kıyaslayarak yüzde kaç verimle çalıştığının bilgisini kullanıcıya sunar.

Şekil 7. 27'de Akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 7.27. Programın akış diyagramı

İnternetin sınırlarının genişlemesi ve günlük hayatımızda kullandığımız birçok cihazın ve nesnenin kablosuz iletişim gibi yeni özellikler kazanmasıyla birbirinden farklı platformdaki aygıtların İnternete bağlanması, Nesnelerin İnterneti (Internet of Things - IoT) diye tabir edilir. Akıllı ev sistemlerinde,

sağlık, sanayi, ulaşım vb. sektörlerde kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasından Nesnelerin İnterneti yerine IoT ifadesi kullanılacaktır.

Toplanan veriler bir IoT platformuna gönderilir ve kaydedilir. Bu sistem tasarımında tercih edilen IoT platformu, algılayıcılarla toplanan verilerin bulutta depolanmasını, analiz edilmesini, görselleştirilmesini ve çeşitli IoT uygulamalarının geliştirilmesini sağlayan ThingSpeak platformudur.

ThingSpeak, algılayıcı gibi cihazlar ile bulut arasında bir köprü işlevini görerek, toplanan verilerin analizi ve herhangi bir yazılım ortamına çekilmesini kolaylaştırmaktadır. ThingSpeak platformunun temel unsuru; veri, konum ve durum alanlarını içeren bir kanal'dir. Bir ThingSpeak kanalı oluşturulduktan sonra, bu kanala veriler kaydedilebilir, MATLAB koduyla işlenebilir ve grafikler halinde görüntülenebilir veya bu verilere dayalı çeşitli uygulamalar geliştirilebilir.

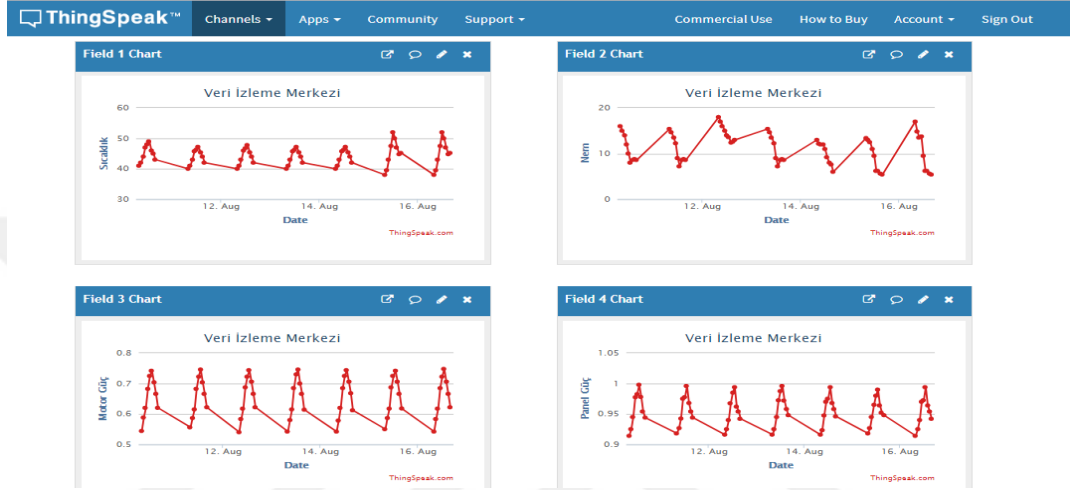
Bu çalışmada güneş paneli kurulumu ve çanak tipi yansıtıcı ile stirling motorun tasarımı yapılarak Burdur ilinde günlük üretilen güçlerin kayıt altına alınması, kıyaslanması, görüntülenmesi, grafiksel gösterimi işlemlerini kapsamaktadır.

Gerçekleştirilen tez, büyük sistemlerde veri akışlarının hangi yollardan olabileceği, kesintisiz veri akışının sağlanabilmesi için dizayn edilmesi gereken sistemler hakkında yol gösterici rol üstlenmektedir. Verilerin takibi için uygun yazılımlar şu şekildedir: grafiksel gösterim için MATLAB kodları, uzak mesafeden verilerin takibi için web sayfası, üretilen güç bilgilerin kesintisiz ölçümü için Arduino devre ekipmanları, yakın mesafeden verilerin takibi içinse Android mobil yazılımı kullanılmaktadır. Tasarlanan veri takip elemanları ve programları tüm sistemlerde uyumlu şekilde çalışabilmektedir.

Bu çalışmada güneş panelinden 0.9 Watt, Stirling Motordan ise 0.7 Watt güç üretilmektedir. Sistemin girişinde bulunan bu iki eleman sayesinde enerji üretimi sağlanmaktadır. Sistemin gelişmelere açık olduğunu ve üretilen güçlerin

artırılması için daha güçlü motor ve panel kullanılmasının yeterli olacağı ön görülmektedir.

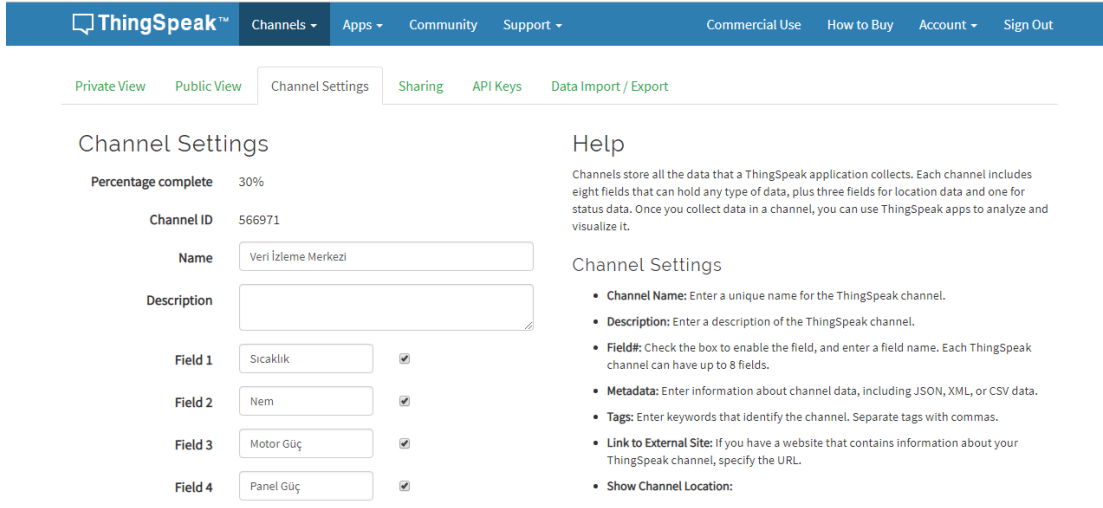
Şekil 7.28’de tez çalışmam için gerekli olan kanallar ve elde edilen veriler grafikler olarak gösterilmektedir. Bu kanallar; motorun ürettiği güç, panelin ürettiği güç, ortam sıcaklık ve nem bilgileri şeklindedir.



Şekil 7.28. ThingSpeak platformunda verilerin görüntülenmesi

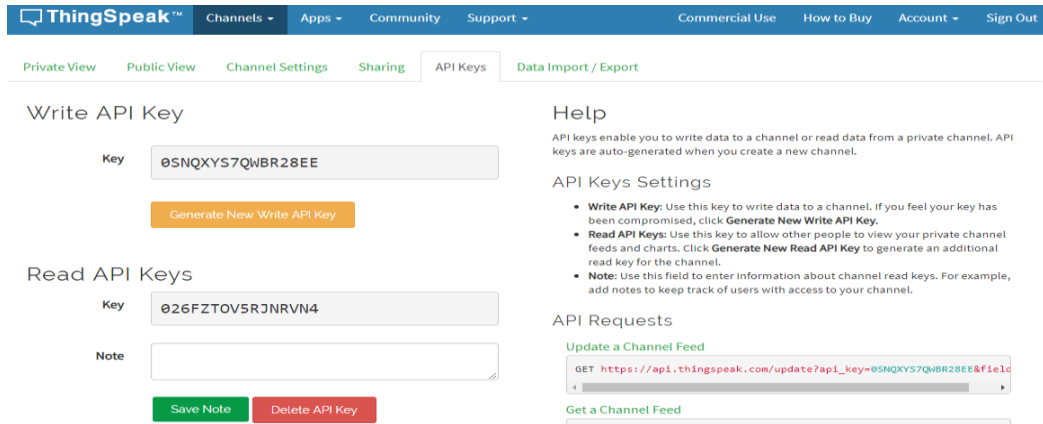
ThingSpeak platformunda, kanal ve çizelgeler oluşturma, kanal feed'i güncelleme, kanal yayını temizleme ve kanalı silme gibi işlemler için HTTP üzerinden iletişim kuran bir istek/yanıt modeli olarak tasarlanmış olan REST API çağruları kullanılmaktadır. İletişim arayüzünde, bir istemci sunucuya REST çağrılarını kullanarak istekte bulunur, sunucu da istemciye yanıt gönderir. REST API çağruları ayrıca, çeşitli ThingSpeak Uygulamaları ile kullanılarak, sosyal medya, web hizmetleri ve diğer cihazlarla etkileşim kurmak için de kullanılabilir (Webcition, 2019).

ThingSpeak'te kanal ayarlarının yapıldığı sayfa Şekil 7.29'da görülmektedir. Bu sayfada kanalda tutulmasını istediğimiz veriler belirlenmektedir. Tutulan bu verilere göre de grafik oluşmaktadır. Bu çalışmada ihtiyaç duyduğumuz veriler sıcaklık, nem, motor gücü ve panel gücü olduğu için ilgili Field alanlarına bunlar girildi.



Şekil 7.29. ThingSpeak'te kanal ayarı ekranı

Verilerin ThingSpeak platformuna yazılması ve okunması için API Anahtarların bilinmesi gerekmektedir. Şekil 7.30'da API anahtarı ekranı görülmektedir. Bilinen bu keyler ile platforma bu çalışmada olduğu yazma işlemi yapılacaksa Yazma API Anahtarı (Write API Key) kullanılmadadır. Eğer değer okuma işlemi yapılacaksa da Okuma API Anahtarı (Read API Keys) kullanılmalıdır. Arduino tarafından platforma yazma işlemi "0SNQXYS7QWBR28EE" şeklinde belirtilen anahtar kullanılarak gerçekleştirildi.

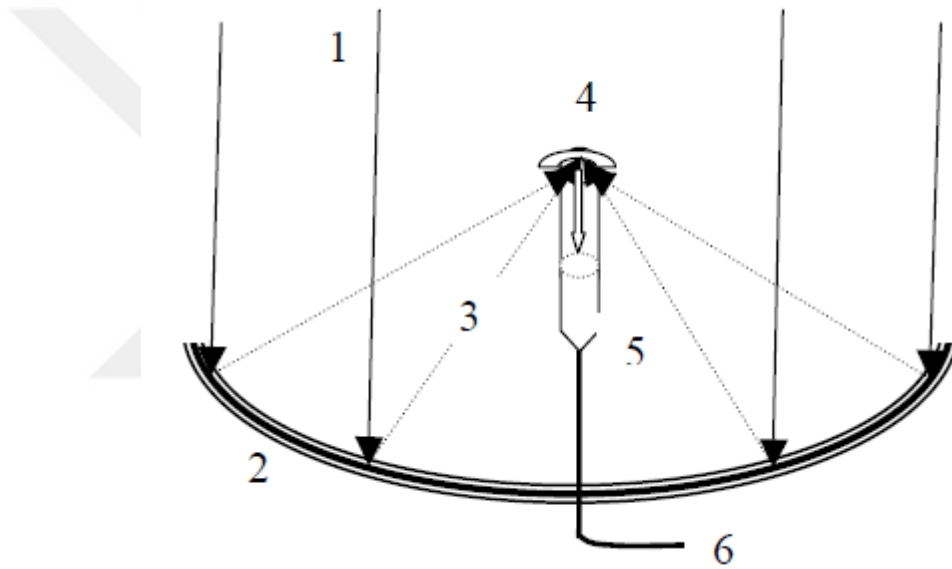


Şekil 7.30. API key anahtarı

8. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışmasının amacı yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisini kullanarak Stirling motor ve güneş pili ile güç üretmektir. Üretilen güç değerleri anlık olarak kayıt altına alınıp sistemin daha verimli çalışması sağlanacaktır. Hazırlanacak tez örnek olarak sunulmuştur. Büyük ölçekli proje tasarımına katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Şekil 8.1'de Güneşten gelen ışınların tek odak noktasına gün boyu nasıl yansıtılması gerektiğini anlatan görsel bulunmaktadır.



Şekil 8.1. Güneşten gelen ışınların tek odak noktasından yansıtılması

1. Gelen güneş ışınları
2. Işın odak merkezi ve yansıtma yüzeyi
3. Çanak tipi ayna vasıtasıyla bir merkeze yansıtılan ışınlar
4. Toplayıcı motor
5. İnceltici ve paralelleştirici mercek takımı
6. Odaklanmanın merkez bölgesi

Güneşten gelen ışınların büyük bir bölümünün tek bir noktada odaklanması amaçlanmaktadır. Fakat burada nokta şeklinde belirttiğimiz odak, uygulamada noktadan çok, küçük bir alandır. Şekil 8.2’de deney düzeneğinde odak noktasına gelen güneş ışınlarının toplandığı nokta görülmektedir. Çanak tipi yansıtıcılarda odaklanma önem arz etmektedir.



Şekil 8.2. Odak noktasına gelen güneş ışınlarının toplanması

8.1. Parabolik Çanak Kollektörü İçin Hesaplama

Kollektörler üzerine düşen toplam radyasyon miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$TRA = DİR \times DİRRAF + DİF \times DİFAF + YYRA \times YAO \times YAF \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{gün}} \quad [8.1]$$

TRA: Kollektör üzerine gelen toplam radyasyon miktarı (kcal/m²gün)

DİR: Direkt radyasyon miktarı (kcal/m²gün)

DİRRAF: Direkt radyasyon aç faktörü

DİF: Difüz radyasyon miktarı (kcal/m²gün)

DİFAF: Difüz radyasyon aç faktörü

YYRA: Yeryüzü radyasyonu (kcal/m²gün)

YAO: Yansıtma oranı

YAF: Yansıtılmış aç faktörü

Hesaplama 11 Ağustos Cumartesi Saat: 13.00 için geçerlidir.

Güneşlenme verileri: Burdur için Ağustos ayı ortalama radyasyon değeri 5569, atmosfer öncesi radyasyon değeri 8747 kcal/m²gun olarak bulunur.

Bulanıklık Faktörü (*BUF*)

$$BUF = \frac{YYRA}{AORA} = \frac{5569}{8747} = 0.632 \quad [8.2]$$

Difuz ve direk radyasyon miktarları tespit edilir.

$$DİF = (1 - 1.097 \times BUF) \times YYRA \quad [8.3]$$

$$DİF = (1 - 1.097 \times 0.632) \times 5569 = 1709,683$$

$$DİR = YYRA - DİF \quad [8.4]$$

$$DİR = 5569 - 1709,683 = 3859,317$$

Direkt radyasyon aç faktoru (*DİRAF*) tespit edilir.

Kollektor eğim acısında yaz şartlarına göre alınacaktır. *DİRAF*= 1.028 alınmıştır.

DİFAF = 0.96 ve *YAF* = 0.04 olarak bulunur.

Kollektör üzerine düşen toplam radyasyon miktarı;

$$\begin{aligned} TRA &= 3859,317 * 1,028 + 1709,683 * 0,96 + 5569 * 0,5 * 0,04 \quad [8.5] \\ &= 5720,054 \end{aligned}$$

Deney düzeneği 85 cm çapında parabolik çanak kollektörden oluştuğu için kollektörün üzerine gelen toplam radyasyon miktarı 5720.054 kcal/m² gündür. Bu değer Burdur şartları için çok iyi bir değerdir. Bu değer 5700 kcal/m² olarak kabul edilirse, toplam radyasyon değerini W/m² cinsinden hesaplamak için 4.185 ile çarpılacaktır. Böylece;

$$TRA = 5700 \times 4.185 = 23854,5 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^2\text{h}} \text{ 'dir.} \quad [8.6]$$

Ölçüm aralığı günde 10 saat;

$$TRA = 23854,5 / 10 = 2385 \text{ kJ/m}^2 \text{ 'dir} \quad [8.7]$$

$$TRA = 2385 / 3600 = 0.6625 \text{ kW/m}^2 \text{ 'dir.} \quad [8.8]$$

TRA = 663 W/m² olarak hesaplanmıştır. Yaklaşık olarak bu değeri 670 W/m² (*Q*) kabul edilebilir. Fakat bu değer her saatte elde edilmemektedir. Bu yüzden ortalama olarak bu değerinin yarısı olan 335 W/m² alınabilir.

85 cm çapındaki parabolik çanağın alanı;

$$A_1 = \pi \times r^2 \quad (\pi = 3) \quad A_1 = 3 \times 0.42 \times 0.42 = 0.54 \text{ m}^2 \quad [8.9]$$

olarak hesaplanır.

Odak noktasının alanı ise;

$$A_2 = a \times a \quad A_2 = 0.10 \times 0.10 = 0.01 \text{ m}^2 \text{ olarak hesaplanır.} \quad [8.10]$$

Bu iki alanı birbirine oranlarsak (C);

$$C = A_1 / A_2 \quad C = 0.54 / 0.01 = 54 \text{ olarak hesaplanır.} \quad [8.11]$$

Parabolik çanağa gelen enerjinin 54 kat fazlası odak noktasına yansiyarak odaktaki enerji bulunmaktadır. Bulunması için gerekli formül;

$$N = A_1 \times Q \times C \quad N = 0,5(\text{m}^2) \times 335(\text{W}/\text{m}^2) \times 54 = 9045 \text{ W enerji} \quad [8.12]$$

Ayrıca odaktaki verim % 50 olduğunu kabul edilirse bulunmuş olan 9045 W değerinin yarısı olan 4522 W değeri odak noktasındaki tam gücü vermektedir.

Böylece odaktaki güç değeri bulunmuştur.

10-16 Ağustos tarihleri arasında yapılan ölçümlerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Çizelge 8.1'de hesaplanan değerler görülmektedir.

Çizelge 8.1 Hesaplanan değerler

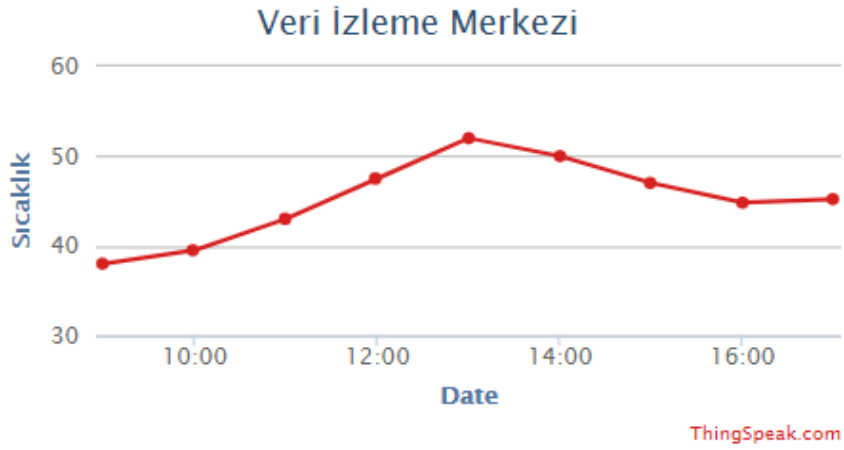
Tarih	11 Ağustos Cumartesi Saat: 13.00	
Güneşlenme verileri	<i>Ayı Ortalama Radyasyon Değeri</i>	<i>Atmosfer Öncesi Radyasyon Değeri</i>
	5569 kcal/m ²	8747 kcal/m ²
BUF	0,632	
DİF	1709,683	
DİR	3859,317	
DİRAF	1.028	
TRA	5720,054 kcal/m ²	
N	Kabul %50 Verimli	Değeri
	4522 W	9045 W

Şekil 8.3'te Haftalık bazda sıcaklık değişimi görülmektedir. DHT11 sıcaklık nem sensörü tarafından ölçülen değerler aşağıdaki grafikte görülmektedir.



Şekil 8.3. Haftalık zamana bağlı sıcaklık değişimi

Şekil 8.4'te günlük sıcaklık değişimini gösterir grafik bulunmaktadır.



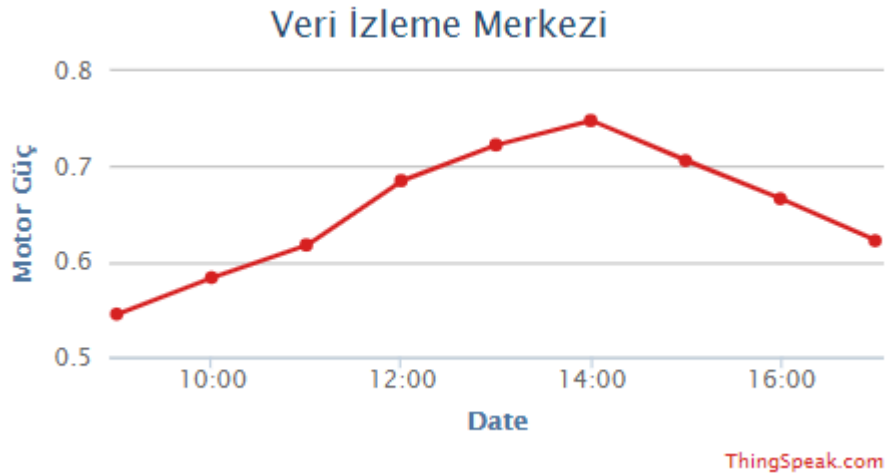
Şekil 8.4. Günlük sıcaklık değişimi

Şekil 8.5'te Motorun ürettiği güç değerlerinin haftalık gösterimi bulunmaktadır. Değerler MAX471 akım voltaj ölçüm modülü ile hesaplanarak oluşturulmuştur.



Şekil 8.5. Motor gücünün haftalık gösterimi

Şekil 8.6'da Motorun ürettiği güç değerlerinin günlük gösterimi bulunmaktadır.

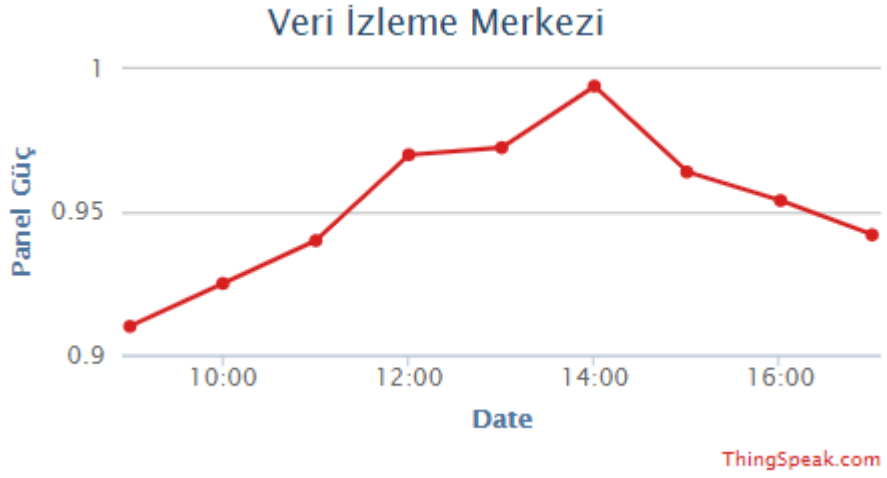


Şekil 8.6. Motor gücünün günlük gösterimi



Şekil 8.7. Panel gücünün haftalık gösterimi

Şekil 8.7’de ve Şekil 8.8’de Motorun güç değerleri bulunurken kullanılan MAX471 modülü ile güneş panelinden elde edilen güç değerleri kayıt altına alındı. Grafiği ilgili şekilde bulunmaktadır.



Şekil 8.8. Panel gücünün günlük gösterimi

9. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Güneş enerji sistemleri doğa dostu ve tehlike arz etmeyen enerji kaynakların en başında yer alır. Ülkemiz konum itibariyle güneşten yararlanma süresi olarak çok iyi bir bölgededir. Geliştirilen ve geliştirilmekte olan projeler sayesinde güneş enerjisinden yüksek verim elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bu projeler sayesinde enerjide milli üretim artmakta, çağın gereği olan çevre dostu enerji üretimi yapılmakta ve elektriğin ulaştırılması mümkün olmayan yerleşim birimlerine de enerji sağlanmaktadır.

Bu çalışma güneş paneli kurulumu ve çanak tipi yansıtıcı ile stirling motorun tasarımı yapılarak Burdur ilinde günlük üretilen güçlerin kayıt altına alınması, kıyaslanması, görüntülenmesi, grafiksel gösterimi işlemlerini kapsamaktadır.

Gerçekleştirilen tez, büyük sistemlerde veri akışlarının hangi yollardan olabileceği, kesintisiz veri akışının sağlanabilmesi için dizayn edilmesi gereken sistemler hakkında yol gösterici rol üstlenmektedir. Verilerin takibi için uygun yazılımlar şu şekildedir: grafiksel gösterim için MATLAB kodları, uzak mesafeden verilerin takibi için web sayfası, üretilen güç bilgilerin kesintisiz ölçümü için Arduino devre ekipmanları, yakın mesafeden verilerin takibi içinse Android mobil yazılımı kullanılmaktadır. Tasarlanan veri takip elemanları ve programları tüm sistemlerde uyumlu şekilde çalışabilmektedir.

Bu çalışma sonucunda güneş panelinden 0.9 Watt, Stirling Motordan ise 0.7 Watt güç üretilmektedir. Sistemin girişinde bulunan bu iki eleman sayesinde enerji üretimi sağlanmaktadır. Üretilen güçlerin düzenli olarak web tabanlı sistem üzerinden görüntülenmesi kullanıcıya uzaktan bağlantıyla anlık takip olanağı sunmaktadır. Sistemin gelişmelere açık olduğunu ve üretilen güçlerin artırılması için daha güçlü motor ve panel kullanılmasının yeterli olacağı ön görülmektedir.

Sistemin ileride geliştirilerek bu çalışmaya dâhil edilmesini planladığım sistemler bulunmaktadır. Bunlar: akıllı güneş takip sisteminin eklenmesi, yüzey

temizlik sistemlerinin otomatik olarak çalışması, üretilen enerjinin depolanması olarak belirlendi. Bu tür sistemlerin eklenmesi projenin etkin olarak kullanılmasına olanak sağlayacağı bilinmektedir.



KAYNAKLAR

- Akova, İ., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Nobel Yayın Dağıtım, 224s, Ankara.
- Aksoy F., 2011. Bir Stirling Motoruna Güneş Enerjisi Uygulanması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 206s, Ankara.
- Alaphilippe, M., Bonnet, S., Stouffs, P., 2007. Low power thermo dynamic solar energy conversion: coupling of a parabolic trough concentrator and an ericsson engine. *Int. J. of Thermodynamics*, 10 (1), 37-45.
- Alexopoulos, S., Hoffschmidt B., 2010. Solar towerpowerplant in Germany and future perspectives of the development of the technology in Greece and Cyprus. *RenewableEnergy*, 35 (7), 1352-1356.
- Altıntaş, A., 2013. Dünya'da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Elektrik Üretimi Açısından Ekonomik Etkileri, Avrupa Birliği ve Türkiye Uygulamaları. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 209s, İstanbul.
- Aydınöz, H.İ., 2016. Model Bir Çanak/Stirling Motor Tipi Güneş Santralin Tasarımı ve Performans Değerlendirmesi. Güç Sistemleri Konferansı, 15-16 Kasım 2016, İstanbul, 1-5.
- BAKA, 2018. Türkiye'nin toplam güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı. Erişim Tarihi: 15.06.2018. <http://baka.org.tr>
- Bernardes, M.A., Valle, R.M., Cortez, M.F., 1999. Numericalanalysis of natural laminar convection in a radial solar heater. *Int. Journal of ThermalScience*, 38, 42-50.
- Beyoğlu, F., 2011. Balıkesir ilinde çift eksenli güneş takip sistemi ile sabit eksenli pv sistemin verimlerinin karşılaştırılması. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s, Balıkesir.
- Bilgen, E, Rheault J., 2005. Solar chimney power plants for high latitudes. *Solar Energy*, Volume 79, 449-458.
- Bolubeyi.net, 2018. Erişim Tarihi:22.06.2018 <http://bolubeyi.net/wp-content/uploads/Ekran-Görüntüsü14.4.2013-02.18.57.png>
- Boz, O., 2011. Günümüzün alternatif enerji kaynağı güneş pilleri. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 104s, Balıkesir.
- Caldes, N., Varela, M., Santamaria, M., Saez, R., 2009. Economic impact of solar thermal electricity deployment in Spain. *EnergyPolicy*, 37 (5), 1628-1636.

- Direnc.net, 2018. Erişim Tarihi: 26.08.2018 <http://blog.direnc.net/arduinonun-dogusu/>
- Diyot.net, 2018. Erişim Tarihi: 26.06.2018 <http://diyot.net/arduino>
- E-Coğrafya, 2018. Coğrafi Koordinat Sistemi. Son Erişim Tarihi: 15.08.2018. <http://www.e-cografya.org>
- EİGM, 2016a. Enerji Denge Tabloları. Erişim Tarihi: 03.06.2018. <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari>
- EİGM, 2016b. Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu. Erişim Tarihi: 13.06.2018. www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2f1%2fDocuments%2fEİGM%20Ana%20Rapor%2fTürkiye%20Elektrik%20Enerjisi%20Talep%20Projeksiyonu%20Raporu.pdf
- Enerji Enstitüsü, 2017. Erişim Tarihi:19.01.2018. <https://enerjienstitusu.org/2017/09/05/turkiyenin-ilk-parabolik-oluklu-konsantre-gunes-santrali-balikesirde-kuruluyor/>
- Engin, R., 1995. Güneş Pilleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi Fizik Bölümü Yayınları, 8 (3), 151.
- Erkul, A., 2010. Monokristal, polikristal, amorf silisyum güneş panellerinin verimliliğin incelenmesi ve aydınlatma sistemine uygulanması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 30s, Ankara.
- ETKB, 2018. Güneş. Erişim Tarihi: 15.06.2018. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>
- Farret, F. A., GodoySimões, M., 2006. Integration of Alternative Sources of Energy. A John Wiley&SonsInc. Publication, 504p, New Jersey.
- Fernandez Garcia, A., Zarza, E., Valenzuela, L., Perez, M. 2010. Parabolic-Trough Solar Collectors and their Applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14 (17), 1695–1721.
- Fujita, T., Bowyer, J.M., Gajanana, B.C., 1980. Comparison of advance dengines for parabolic dish solar thermal power plants. 15th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, Washington, August 18-22, 1474-1482
- Goswami, D.Y., Kreider, J.F., 2000. Principles of Solar Engineering. Taylor & Francis, 765p, New York.
- Goswami, Y., 2008. Survey of Solar Energy Resources. World Energy Council Publish, 618p, London.

- Gupta, R.K., Deshpande, A.M., Brave, K.M., 1978. Development of 1 kW solar powered reciprocating engine for rural applications. International Solar Energy Congress, January 1978, 2016-2020, New Delhi .
- Haouari, M.M., Belhamel, M., Tobias, I., Ruiz, J. M., 2005. Extraction and analysis of solar cell parameters from the illuminated current-voltage curve. Solar Energy Materials and Solar Cells, 87, 225-233.
- Igdir Edu, 2019. Erişim Tarihi: 01.02.2019. <http://www.igdir.edu.tr/Addons/Resmi/eventfiles/185/G%C3%9CNE%C5%9E%20ENERJ%C4%B0S%C4%BONDEN%20ELEKTR%C4%B0K%20%C3%9CRET%C4%B0M%C4%B0%20%C4%B0%C3%87%C4%B0N%20TEK%20VE%20%C3%87OK.pdf>
- IRENA, 2012. Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Concentrating Solar Power, 1, 2-5.
- Ismael, A., 2012. Monokristal güneş pili sistemlerinde elektrik enerji analizi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 70s, Ankara.
- Jaffe, L.D., 1989. Test result on parabolik dish concentrators for solar thermal power systems. Solar Energy, 42 (2), 173-187.
- Kadırgan, F., 2007. Güneş Enerjisi Teknolojileri, İTÜ' de Yapılan Çalışmalar ve Binalarda Uygulamaları. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 25-28 Ekim 2007, 245-250.
- Kaushika, N.D., Reddy, K.S., 2000. Performance of a lowcost solar paraboloidal dish steam generating system. Energy Conversion & Management, 41, 713-726.
- Koca, A., 1997. V-Tipi Bir Stirling Motorunun Tasarımı ve İmalı. Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 49s, Ankara.
- Koryürek, E., 2008. Fotovoltaik sistemlerin binalarda kullanımı. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 159s, İstanbul.
- Koyun, A., 2006. Güneş bacası ile enerji üretiminin incelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 126s, Isparta.
- Köklü, T., 2017. Fotovoltaik sistemlerin uzaktan izlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s, İzmir.
- Köroğlu T., Teke A., Bayındır K.Ç., Tümay M., 2010. Güneş Paneli Sistemlerinin Tasarımı. Elektrik Mühendisliği, 439, 98-104.

- Köse, S., 1986. Yarıiletken güneş pilleri ve verimlilikleri. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Eskişehir.
- Küpeli, A.Ö., 2005. Güneş pilleri ve verimleri. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s, Eskişehir.
- Laka, S., 2011. Çanaklı güneş yansıtıcılarıyla çalışan stirling güç üretme sisteminin termodinamik analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102s, Isparta.
- Lista, P., 1991. Commercial Stirling Machine Models. Technical Data and Availability, 5th International Stirling Engine Conference (ISEC), May. 8-10, Dubrovnik, 399-410.
- Livatyalı H., Yıldırım T., 2012. Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Teknolojisindeki Gelişmeler. Mühendis ve Makine, 53(633), 16-17.
- Lovegrove, K., Stein, W., 2012. Concentrating Solar Power Technology: Principles, developments and applications. Woodhead Publishing, 704p, Cambridge.
- Mancini, R. T., 1997. Solar-Electric Dish Stirling System Development. Sandia National Labs., 10p, Albuquerque.
- Mariyappan, J., 2001. Solar Thermal Thematic Review. Draft Report for Global Environmental Facility, 4-10, Washington.
- MEGEP, 2019. Erişim Tarihi:07.02.2019. http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yap%C4%B1larda%20G%C3%BCne%C5%9F%20Panel%20Sisteminin%20Kurulmas%C4%B1.pdf
- Metehanemlik Blog, 2018. Erişim Tarihi:22.06.2018. http://www.metehanemlik.com/wp-content/uploads/2014/04/ARDUINO_V2.png
- Michels, A. P. J., 1976. The Philips Stirling Engine: A Study of its Efficiency As a Function of Operating Temperatures and Working Fluids. 11th IECEC, 12- 17 September, Nevada, 25-33.
- Mouser Electronics, 2018. Erişim Tarihi:22.06.2018 <http://tr.mouser.com/ProductDetail/Atmel/ATMEGA328-PU/?qs=lwdSMh1/oYJT8tfltQpQtA==>
- Nedir.com, 2018. Erişim Tarihi:25.08.2018 <http://arduino.nedir.com>
- Nepveu, F., Ferriere, A., Bataille, F., 2009. Thermal model of a dish/stirling systems. Solar Energy, 83 (1), 81-89.

- OF Week, 2014. Erişim Tarihi: 01.01.2017. <http://en.ofweek.com/news/Qnergy-captures-world-record-for-solar-thermoacoustic-power-generation-11577>
- Oktik, S., 2001. Güneş elektrik dönüşümleri fotovoltaik güneş gözeleri ve güç sistemleri. Temiz Enerji Vakfı Yayınları, 40s, Ankara.
- Öztürk, H., 2008. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları. Birsen Yayınevi, 354s, Adana.
- Pasumarthi, N., Sherif, S.A., 1998. Experimental and theoretical performance of a demonstration solar chimney model Part I: Mathematical model development. International Journal Energy Research, 22, 277-288.
- Power-eng.com, 2019. Erişim Tarihi: 20.03.2019. <https://www.power-eng.com/articles/2016/10/largest-solar-power-farm-in-the-world-set-for-nevada.html>
- Pretorius, J.P., Kröger, D.G., 2006. Critical evaluation of solar chimney power plant performance. Solar Energy, 80, 535-544.
- Reader, G.T., 1982. Stirling Engines. SponPress, 424p, U.S.A.
- Robotiksystem.com, 2018. Erişim Tarihi: 26.06.2018. http://www.robotiksystem.com/arduino_uno_ozellikleri.html
- Roboweb.net, 2018. Erişim Tarihi: 26.06.2018. <http://www.roboweb.net/arduino-uno-r3-rw-el-66.html>
- Roboweb.net, 2018. Erişim Tarihi:21.06.2018. <http://www.roboweb.net/haberler/arduino-satin-alim-kilavuzu>
- Roboweb.net, 2018. Web Sitesi:26.06.2018 <http://www.roboweb.net/rw-el-48.html>
- Saylan, L., Şen, O., Toros, H., Arısoy, A., 2002. Solar energy potential for heating and cooling systems in big cities of Turkey, Energy Conversion and Management, 43 (14), 1829-1837.
- Solar Power, 2018. Erişim Tarihi: 19.02.2019. <http://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2018/09/Global-Market-Outlook-2018-2022.pdf>
- TEİAŞ, Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2016-2020), 2016. Erişim Tarihi:13.06.2018. www.teias.gov.tr/YayinRapor/apk/projeksiyon/Kapasite%20Projeksiyonu_5%20Y%C4%B1ll%C4%B1k_30_12_2016.pdf

- TEİAŞ, Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri, 2016. Erişim Tarihi: 13.06.2018. <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-2016-yili-istatistikleri>
- TMMOB, 2018. Erişim Tarihi: 02/01/2019
http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/ba5492f3bc2f401_ek.pdf?tipi
- Topaloğlu, N., 2006. Mikroişlemciler ve Assembly Dili. Seçkin Yayınları, 311s, Ankara.
- Trukhov, V.S., Tursunbaev, I.A., 1993. Stirling Engine for Energy Conversion in Solar Energy Units. 29,2, 25-31, Özbekistan
- Türkoğlu, İ., 2012. Ymt216 Mikroişlemciler ve Programlama. 143s, Elazığ.
- Walker, G., 1973. Stirling Cycle Machines. Clarendon Press, 156p, Oxford.
- Webcitation.org, 2019. Erişim Tarihi: 17.01.2019. http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fwww.mathworks.com%2Fhelp%2Fthings_peak&date=2017-01-30
- Wolf, M., 1972. Historical development of solar cells. Power Sources Symposium 25 th, 23-25 May, England, 110-124.
- Yavuzcan, G., 1994. Enerji Teknolojisi. 383s, Ankara.
- YEGM, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası, 2018. Erişim Tarihi:13.06.2018. <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Süleyman KAYGISIZ
Doğum Yeri ve Yılı : Antalya, 1990
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : suleymankaygisiz@msn.com

Eğitim Durumu

Lise : Antalya Anadolu Teknik Lisesi, 2009
Lisans :Marmara Üni., Teknik Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Kontrol Öğretmenliği
: SDÜ, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Marmara Üniversitesi	2011-2013
Milli Eğitim Bakanlığı	2014-halen

Yayınlar

Kaygısız, S. Karaduman O. vd, 2014. Developing a Security Software for Android-based Systems (Secand). Kamlaraj, 17(1), 37-43.