

T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ



FOTOVOLTAİK SİSTEMLERİN PERFORMANS
DEĞERLENDİRMESİ

BİTİRME TEZİ

Hazırlayanlar

Hüseyin Can BAŞ 2011010226068

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr. Aytül BOZKURT

KARABÜK-2016

KABUL VE ONAY

Hüseyin CAN BAŞ...tarafından hazırlanan "Fotovoltaik Sistemlerin Performans Değerlendirmesi" başlıklı bu tezin Lisans Bitirme Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.
16/06/2016



Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında Lisans Bitirme Tezi olarak kabul edilmiştir. 16/06/2016

Tez Jürisi

Başkan: Doç Dr. Ahmet DEMİR



Üye : Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT



Üye : Amir Gök Eme SÖZER



KBÜ Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Mezuniyet Komisyonu ve Bölüm Başkanlığı bu tezi Lisans Bitirme Tezi olarak onamıştır. 16./06/2016

Doç.Dr. Ahmet DEMİR
Mekatronik Müh. Bölüm Bşk. V.



İçindekiler

ÖN SÖZ.....	x
BÖLÜM 1.....	1
1.GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	3
2. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ DURUMU	3
2.1. DÜNYA'DA KULLANILAN ENERJİ KAYNAKLARI.....	3
2.2 TÜRKİYE'DE KULLANILAN ENERJİ KAYNAKLARI	4
BÖLÜM 3.....	5
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ NEDİR?	5
BÖLÜM 4.....	6
4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	6
4.1. HİDROELEKTRİK ENERJİSİ	6
4.1.1 TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİSİNİN DURUMU	7
4.2. JEOTERMAL ENERJİ	7
4.2.1. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİNİN DURUMU	8
4.2.2. ÜLKEMİZDE JEOTERMAL KAYNAKLARIN KULLANIMI VE HEDEFLER....	9
4.3. RÜZGÂR ENERJİSİ	10
4.4.OKYANUS ENERJİSİ.....	12
4.4.1.DALGA ENERJİSİ	12
4.4.1.1.TÜRKİYE'DE DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİ	13
4.4.1.2.OKYANUS ISISI ENERJİSİ	13
4.4.1.3.GEL-GİT ENERJİSİ.....	13
4.5.GÜNEŞ ENERJİSİ	14
4.5.1.TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU	14
4.6.HİDROJEN ENERJİSİ.....	15
4.6.1.HİDROJEN ENERJİSİNİN TÜRKİYE'DEKİ DURUMU	16

4.6.2.YAKIT PİLLERİ.....	16
4.7.BİYOKÜTLE ENERJİ.....	17
4.7.1.TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİSİ KULLANIMI	18
BÖLÜM 5.....	19
5. GÜNEŞ ENERJİSİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI	19
5.1.FOTOVOLTAİK(GÜNEŞ ENERJİSİ) SİSTEMLERİN AVANTAJLARI	19
5.2.FOTOVOLTAİK(GÜNEŞ ENERJİSİ) SİSTEMLERİN DEZAVANTAJLARI.....	20
BÖLÜM 6.....	21
6.FOTOVOLTAİK SİSTEMİN KULLANIM ALANLARI.....	21
6.1.ISITMA, PIŞIRMA.....	21
6.2.SOĞUTMA	22
6.3.SICAK SU ELDE ETME.....	22
6.4.SOLAR AYDINLATMA	22
6.5. ELEKTRİK ENERJİSİ.....	22
6.6 ELEKTRİK ÜRETİMİ.....	23
6.7.TERMAL YÖNTEM.....	23
BÖLÜM 7.....	27
7.1. FOTOVOLTAİK YÖNTEM.....	27
7.2.1.KRİSTALİNE PANELLER	27
7.2.1.1. MONOKRİSTALİN.....	27
7.2.1.2. POLİKRİSTALİN	28
7.2.2. İNCE FİLM	29
7.2.3.ESNEK PANEL	30
7.3.GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ ELEMENLARI.....	31
7.3.1.GÜNEŞ PANELLERİ.....	31
7.3.2. ŞARJ REGÜLATÖRLERİ.....	32
7.3.2.1.PWM ŞARJ REGÜLATÖRLERİ	33

7.3.2.2.MPPT ŞARJ REGÜLATÖRLERİ	34
7.3.3.EVİRİCİLER(INVERTER)	34
7.3.3.1. GERİLİM KAYNAKLI EVİRİCİLER	35
7.3.3.2.AKIM KAYNAKLI EVİRİCİLER	38
7.3.3.3.ÇOK KATLI EVİRİCİLER.....	38
7.3.4.AKÜLER	39
7.3.4.1.OPzS AKÜ	39
7.3.4.2.JEL AKÜ	40
7.3.4.3.KURU AKÜ	40
BÖLÜM 8.....	41
8.GÜNEŞ PİLLERİNİN PERFORMANSI.....	41
8.1. GÜNEŞ PİLLERİ ÇALIŞMA PRENSİBİ	41
8.2.GÜNEŞ PİLLERİNİN ÇEŞİTLİLİĞİ VE VERİMLERİ.....	41
8.2.1.MONOKRİSTAL SİLİKON HÜCRELİ GÜNEŞ PİLLERİ	41
8.2.2.POLİKRİSTAL SİLİKON HÜCRELİ GÜNEŞ PİLLERİ.....	42
8.2.3.AMORF İNCE TABAKA GÜNEŞ PİLLERİ.....	43
8.2.4.CIS(Copper Indium) GÜNEŞ PİLLERİ.....	44
8.2.5.GALYUM ARSENİT(GaAs).....	44
8.3.GÜNEŞ PİLLERİNİN IŞINIM ALTINDA PERFORMANSI	44
BÖLÜM 9.....	46
9.1.GÜNEŞ PİLİ TEKNİK ÖZELLİKLERİ.....	46
9.1.1.MONOKRİSTAL SOLAR HÜCRE VERİLERİ	46
9.1.2.POLİKRİSTAL SOLAR HÜCRE VERİLERİ.....	47
BÖLÜM 10.....	48
10.FOTOVOLTAİK SİSTEMİN GENEL PERFORMANSI	48
10.1.KONUM	48
10.2. YÖNLENDİRME VE YÜZEY AÇISI.....	49

10.3.GÖLGELENME.....	49
10.4.PANEL TİPİ.....	50
Tablo 1: Farklı Malzemelerle Üretilen Güneş Hücrelerinin Performansı	50
10.5. MODÜLLERİN ARASINDA OLUŞAN SICAKLIK	50
Tablo 2: Havalandırma Durumuna Göre Panel Verimliliği	51
10.6. PANEL TEMİZLİĞİ	51
BÖLÜM 11	53
11.MEVCUT FOTOVOLTAİK UYGULAMALARIN ANALİZİ	53
11.1. UPTON ZED TERRACE.....	53
11.2.Lİ FUNG CENTRE	53
11.3. KİPA MARMARİS	54
Tablo 3: PV Panel Uygulamaları Analiz Sonuçları.....	55
BÖLÜM 12	55
12.İŞİĞA YÖNELEN GÜNEŞ PANELİ PROJESİ.....	55
12.1.MEKANİZMA TASARIMI	55
12.1.1.PANEL DİŞLİ	56
12.1.2.SERVO2 DİŞLİ.....	57
12.1.3. DİKEY KONUM DİŞLİ	57
12.1.4.SERVO1 DİŞLİ.....	58
12.1.5.SERVO2	58
12.1.6.SERVO1	59
BÖLÜM 13	60
13.KULLANILAN PARÇALAR.....	60
13.1.GÜNEŞ PANELİ.....	60
13.2.ARDUINO UNO	60
13.3.LDR IŞIK SENSÖRÜ	64
Tablo 4: LDR Işık Sensörü Özellikleri.....	64

13.4.SERVO MOTOR.....	64
13.5.BAKIR PLAKET	66
BÖLÜM 14.....	67
14.1.PROJE DEVRE ŞEMASI	67
BÖLÜM 15.....	68
15.1.PROJE PROGRAM KODLARI.....	68
BÖLÜM 16.....	71
SONUÇ.....	71
KAYNAKÇA	72

Şekil 1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	2
Şekil 2: 2013 Yılı Küresel Birincil Enerji Kaynaklarının Tüketimi.....	3
Şekil 3: 2013 Yılı Türkiye Birincil Enerji Tüketim Oranları	4
Şekil 4: Hidroelektrik Santrali Akış Şeması.....	6
Şekil 5: Jeotermal Enerji Kaynağı	7
Şekil 6: Türkiye Jeotermal Kaynak Haritası	8
Şekil 7: Jeotermal Enerji Isı Artış Grafiği	9
Şekil 8: Jeotermal Enerji Arama Haritası	10
Şekil 9: Türkiye Rüzgar Enerjisi Atlası (REPA).....	11
Şekil 10: Türkiye Rüzgar Enerjisi Santrali Haritası (RES)	11
Şekil 11: Aylara ve Bölgelere Göre Türkiye'nin Yıllık Güneşlenme Süresi	14
Şekil 12: Türkiye Güneş Atlası	15
Şekil 13: Biyokütle Enerji Döngüsü	18
Şekil 14: İç Bükey Isıtıcı	21
Şekil 15: İç Bükey Isıtıcı	21
Şekil 16: Fotovoltaik Soğutma Sistemi	22
Şekil 17: Çatı Kollektörleriyle Sıcak Su Elde Etme.....	22
Şekil 18: Fotovoltaik Sistem Sokak Lambası Uygulaması	23
Şekil 19: Fotovoltaik Sistem Sokak Lambası Uygulaması 2	23
Şekil 20: Termal Yöntem 1	24
Şekil 21: Termal Yöntem 2	25
Şekil 22: Termal Yöntem 3	25
Şekil 23: Elektrik Üretimi	26
Şekil 24: Fotovoltaik Panel Elektrik Üretimi	27
Şekil 25: Monokristalin Panel	28
Şekil 26: Polikristal Panel	28
Şekil 27: İnce Film Tabaka.....	29
Şekil 28: İnce Film Tabaka 2.....	29
Şekil 29: Esnek Panel	30
Şekil 30: Fotovoltaik Sistem Elektrik Üretim Şeması.....	31
Şekil 31: GES'ten Bir Görünüm.....	31
Şekil 32: PWM Regülatörler	33
Şekil 33: MPPT Regülatörler	34

Şekil 34: Bir Fazlı Tam Dalga Köprü Evirici Devresi	34
Şekil 35: Üç Fazlı Evirici Devresi	35
Şekil 36: Yarım Köprü Evirici Devresi	36
Şekil 37: Yarım Köprü Evirici Devresi Çıkış Sinyali	36
Şekil 38: Tam Köprü Evirici Devresi	37
Şekil 39: Tam Köprü Evirici Devresi Çıkış Sinyali	37
Şekil 40: Fotovoltaik Sistemdeki Enerjiyi Depo Eden Aküler.....	39
Şekil 41: OPzS Akü.....	39
Şekil 42: Jel Akü	40
Şekil 43: Kuru Akü.....	40
Şekil 44: Güneş Pilinde Fotovoltaik Güç Oluşumu	41
Şekil 45: Fotovoltaik Sistemin Kazanç Değerleri	45
Şekil 46: Monokristal Panel	46
Şekil 47: Polikristal Hücre.....	47
Şekil 48: Yıllık Güneşlenme Süreleri	49
Şekil 49: Fıskiye ile Panel Temizliği.....	52
Şekil 50: Fırça İle Panel Temizliği	52
Şekil 51: UPTON ZED TERRACE	53
Şekil 52: Lİ FUNG CENTRE.....	54
Şekil 53: Kipa Marmaris	54
Şekil 54: Hareketli Panel Mekanizması	56
Şekil 55: Panel Dişlisi	56
Şekil 56: Servo2 Dişlisi	57
Şekil 57: Dikey Konum Dişlisi.....	57
Şekil 58: Servo1 Dişlisi	58
Şekil 59: Servo2	58
Şekil 60: Servo1	59
Şekil 61: 7cm Güneş Paneli.....	60
Şekil 62: Arduino UNO.....	61
Şekil 63: Arduino Program Arayüzü	62
Şekil 64: LDR Işık Sensörü	64
Şekil 66: Servo Motor Bileşenleri	66
Şekil 67: Delikli Bakır Plaket.....	66

Şekil 69: Proje Devre Şeması	67
------------------------------------	----

ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında fotovoltaik sistemin çalışma prensibi ve performansını incelenip, performansını etkileyen faktörler göz önüne alınarak yapılan bir proje ile performansı olumsuz etkileyen faktör ortadan kaldırılması incelenmek istenmiştir. Performansı olumsuz etkileyen durumlara göre proje üzerinde iyileştirmeler yapılarak veya daha farklı çalışmalar ile fotovoltaik sistemin performansı artırılabilir.

Öncelikle tez konumu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup bana yardımcı olan, tez yazma süreci boyunca eksiklerimi düzelten ve beni tez konum ışığında yönlendiren tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Aytül BOZKURT hocama ve lisans eğitimim boyunca bizden desteklerini esirgemeyen bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Tüm eğitim öğretim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini eksik etmeyen aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Hüseyin Can BAŞ

BÖLÜM 1

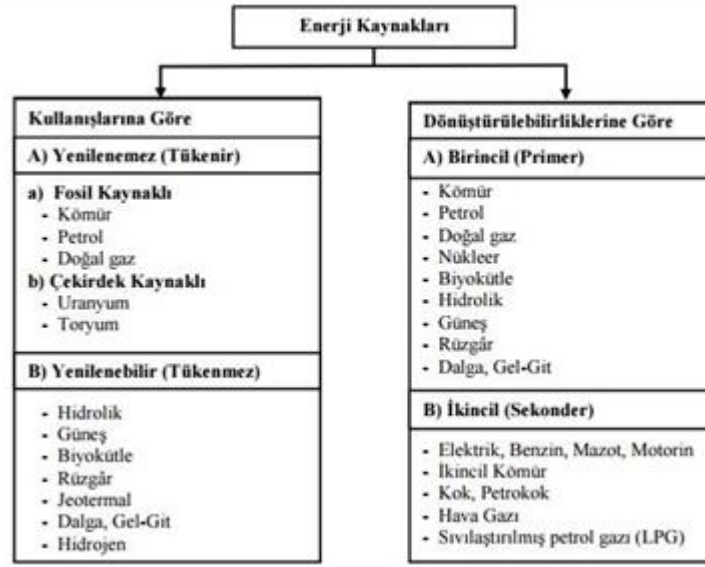
1.GİRİŞ

Son yıllarda enerji, dünyada çok önemli bir konuma gelmiştir. Günlük yaşamda her aşamada kullanım alanı bulan enerji; kimyasal, nükleer, mekanik (potansiyel ve kinetik), termal (ısı), jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgar, elektrik enerjisi gibi değişik şekillerde bulunabilmekte ve uygun yöntemlerle birbirine dönüştürülebilmektedir. Kullanışlarına göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde incelenmektedir.[Şekil 1]

Yenilenemez enerji kaynakları, kısa bir gelecekte tükenebileceği öngörülen enerji kaynakları olup fosil kaynaklılar ve çekirdek kaynaklılar olmak üzere iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise; oldukça uzun sayılabilecek bir gelecekte tükenmeden kalabilecek, kendisini yenileyebilen kaynakları ifade etmektedir.

Yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımının önemli ölçüde artmasıyla birlikte bu enerji kaynaklarının hızla azalması bütün dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının önemine dikkat çekmektedir. Ayrıca kullanılan yenilenemez enerji kaynakları doğada onarılması imkânsız zararlara yol açmaktadır. Temiz hava, temiz enerji ve kirliliğe bariz çözüm güneş, rüzgâr, jeotermal vb. gibi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en fazla potansiyele sahip olan güneş enerjisidir. Yeryüzündeki ortalama güneş enerjisi kaynağı 36 Milyar Watt'tır ($3,6 \times 10^6$ TW), rüzgâr enerjisi kaynağı 72 TW, jeotermal enerji kaynağı 9,7 TW ve insan gücü kullanımı 15 TW olarak saptanmıştır.

Sunulacak olan çalışmada; enerji türlerinin çeşitliliği, Dünya'da ve Türkiye'de kullanılan enerjilerin hangi tür enerji kaynaklarından elde edildiği, yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği ve verimliliği ve yenilenemez enerji kaynaklarına göre avantaj ve dezavantajları, bu enerji kaynakları arasında fotovoltaiik sistemin önemi, Dünya'da ve Türkiye'de fotovoltaiik sistemlerin kullanım alanları, ve nedenleri bulunmaktadır. Bunların haricinde bir fotovoltaiik sistemin güneş ışığının enerjisi ile elektrik üretimini nasıl sağladığı, güneş ışığının yoğunluğu ile elektrik üretimine etkileyen performansı, bu performansla alakalı çalışmalar ve radyasyon çeşitleriyle birlikte solar radyasyon üzerindeki çalışmalar bulunmaktadır.



Şekil 1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

BÖLÜM 2

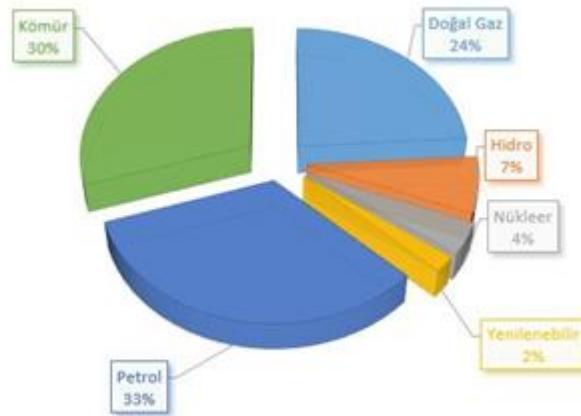
2. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ DURUMU

Dünya'da ve Türkiye'de birincil enerji kaynakları en çok kullanılan ve en fazla enerji üretilen kaynaklardır. Kullanılan enerji kaynakları fosil yakıt türü olduklarından doğayı tahrip etmekte ve bir çok sivil kuruluş tarafından bu durum tepkiyle karşılanmaktadır. Buna karşın Dünya üzerinde enerji tüketiminde önde gelen bazı ülkeler bu fosil yakıt tüketimini azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yoğunlaşmak için sempozyumlar düzenlemekte ve platformlar oluşturmaktadır.

2.1. DÜNYA'DA KULLANILAN ENERJİ KAYNAKLARI

Dünyada kullanılan enerji kaynaklarında ilk sırayı birincil enerji kaynakları almaktadır. 2013 yılında elde edilen verilere göre dünyada kullanılan birincil enerji kullanımı 12476,6 Mtep (milyon ton eşdeğer petrol) olarak gerçekleşmiştir[3]. Şekil 2' de birincil enerji kullanımında en büyük paya sahip olan yenilenemez enerji kaynakların sırasıyla; petrol(%33), kömür(%30) ve doğal gaz(%24) olduğu görülmektedir[şekil 2]. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ise ne kadar az miktarda olduğu da yenilenemez enerji kaynaklarının yanında ne kadar az bir yüzdeye sahip olduğu dikkat çekmektedir[1].

2013 YILI KÜRESEL BİRİNCİL ENERJİ TÜKETİM ORANLARI



Şekil 2: 2013 Yılı Küresel Birincil Enerji Kaynaklarının Tüketimi

2.2 TÜRKİYE’DE KULLANILAN ENERJİ KAYNAKLARI

Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de enerji kaynaklarının başında birincil enerji kaynakları gelmektedir. En son verilere göre Türkiye yıllık enerji tüketimi 126 Mtep (milyon ton eşdeğer petrol) olarak kaydedilmiştir. Bu kaynakların başında %34 ile kömür gelmektedir. Sırasıyla %33 doğalgaz, %26 petrol ve %7 yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır. Dünya genelinde olduğu gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının yüzdelik oranının diğer kaynakların yanında çok az olduğu görülmektedir.



Şekil 3: 2013 Yılı Türkiye Birincil Enerji Tüketim Oranları

BÖLÜM 3

3. YENİLENEBİLİR ENERJİ NEDİR?

Bütün ülkelerin imkanları dahilince geçmeye çalıştıkları enerji çeşidi diğer enerji türlerine karşı bazı avantajları ve dezavantajları vardır. En önemli avantajı ise uzun vadede dışa bağımlılığı azalttığı gibi çevre kirlenmesi ve diğer tehlikeleri de ortadan kaldırmış olmasıdır.

Yenilenebilir enerji kaynağı “ Doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı “ olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük özellikleri, karbondioksit emisyonlarını azaltarak çevrenin korunmasına yardımcı olmaları, yerli kaynaklar oldukları için enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve istihdamın artmasına katkıda bulunmaları ve kamuoyundan yaygın ve güçlü destek almalarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları ulaşılabilirlik, mevcudiyet, kabul edilebilirlik özelliklerinin hepsini taşımaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları 8 çeşit enerji olarak sınıflandırılır. Bunlar;

- Hidroelektrik Enerjisi
- Jeotermal Enerji
- Rüzgar Enerjisi
- Okyanus Enerjisi
- Güneş Enerjisi
- Hidrojen Enerjisi
- Biyokütle Enerjisi

BÖLÜM 4

4. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

4.1. HİDROELEKTRİK ENERJİSİ

Hidroelektrik santraller (HES) akan suyun gücünü elektriğe dönüştürürler. Akan su içindeki enerji miktarını suyun akış veya düşüş hızı tayin eder. Büyük bir nehirde akan su büyük miktarda enerji taşımaktadır. Ya da su çok yüksek bir noktadan düşürüldüğünde de yine yüksek miktarda enerji elde edilir. Her iki yolla da kanal ya da borular içine alınan su, türbinlere doğru akar, elektrik üretimi için pervane gibi kolları olan türbinlerin dönmesini sağlar. Türbinler jeneratörlere bağlıdır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler.



Şekil 4: Hidroelektrik Santrali Akış Şeması

Hidroelektrik santraller;

- Yenilenebilir kaynak olan sudan enerji elde etmeleri,
- Sera gazı emisyonu yaratmamaları,
- İnşaatın yerli imkanlarla yapılabilmesi,
- Teknik ömrünün uzun olması ve yakıt giderlerinin olmaması,
- İşletme bakım giderlerinin düşük olması,
- İstihdam imkanı yaratmaları,
- Kırsal kesimlerde ekonomik ve sosyal yapıyı canlandırmaları yönünden en önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Kurulu güçlerine göre HES'ler dörde ayrılır;

- Çok küçük (mikro) kapasiteli(<100 kW)
- Küçük(Mini) kapasiteli(100-1000 kW)
- Orta kapasiteli(1000-10000 kW)
- Büyük kapasiteli(>10000 kW)

4.1.1 TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİSİNİN DURUMU

Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yeri tutan hidrolik kaynaklarımız bakımından incelendiğinde Türkiye'de teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyar kWh, teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh olarak ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel 140 milyar kWh/yıl'dır. Türkiye hidrolik enerji potansiyelinin yüzde 37'lik kısmı işletmede, yüzde 15'lik kısmı (özel teşebbüs tarafından yapımı sürdürülen projeler dahil) ise inşa halindedir.

Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin %16'sıdır.

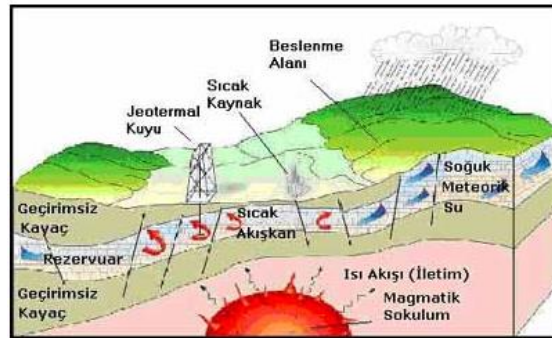
4.2. JEOTERMAL ENERJİ

Jeotermal enerji yerkürenin iç ısısidir. Bu ısı merkezdeki sıcak bölgeden yeryüzüne doğru yayılır. Jeotermal kaynakların üç önemli bileşeni vardır;

1. Isı kaynağı,
2. Isıyı yeraltından yüzeye taşıyan akışkan,
3. Suyun dolaşımını sağlamaya yeterli kayaç geçirgenliği.

Jeotermal alanlarda sıcak kayaç ve yüksek yeraltı suyu sıcaklığı normal alanlara göre daha sık yerlerde bulunur. Bunun başlıca nedenleri arasında:

- Magmanın kabuğa doğru yükselmesi ve dolayısıyla ısıyı taşıması,
- Kabuğun incelmesi yerlerde yüksek sıcaklık farkı sonucunda oluşan ısı akışı,
- Yeraltı suyunun birkaç kilometre derine inip ısındıktan sonra yüzeye doğru yükselmesi.



Şekil 5: Jeotermal Enerji Kaynağı

4.2.1. TÜRKİYE’DE JEOTERMAL ENERJİNİN DURUMU

MTA Genel Müdürlüğü ülkemizde jeotermal kaynak aramacılığını 1962 yılında başlatarak bugüne kadar getirmiştir. Bu aramalar 1990 lı yıllardan 2004 yılına kadar uygulanan politikalardan dolayı durma noktasına gelmiştir. 2005 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca başlatılan mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynak alanlarının aranması seferberliği nedeniyle, 2004 sonu itibarı ile 2730 Mwt olan kullanılabilir ısı kapasitesi 2005-2010 yılları arasında 70.000 m sondajlı jeotermal arama planlanarak 1000 Mw termal ısı enerjisi hedeflenmiş ve 2009 sonu itibarı ile 71.750 m sondajlı arama tamamlanarak, 1040 MWtısı enerjisi ilave edilmiş, ülkemiz görünür ısı kapasitesi %38 arttırılmış, 173 adet olan keşfedilmiş jeotermal saha sayısı da sondajlı aramalarla 190 sahaya çıkarılmıştır.

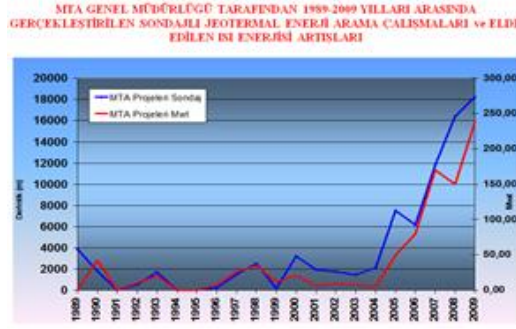
MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1962 yılında başlanan jeotermal enerji arama çalışmalarında 2010 yılı mart sonu itibarı ile 498 adet, 242.500 m sondajlı arama yapılarak 190 adet saha keşfedilmiş ve doğal çıkışlar hariç, açılan kuyularda 3881 MWt ısı enerjisi elde edilmiştir.

MTA Genel Müdürlüğü son dönemde artan çalışmalarıyla 2005 yılında 170 olan keşfedilmiş jeotermal saha sayısını günümüz itibarıyla 190’a ulaştırmıştır. Bunlardan 6 tanesi elektrik üretimine uygun olan Aydın-Umurlu (150 °C), Aydın-Sultanhisar (146 °C), Aydın-Bozköy (143 °C), Aydın-Atça (124 °C) and Aydın-Pamukören (188 °C), Nazilli-Bozyurt (127°C) jeotermal sahalarıdır. MTA Genel Müdürlüğü jeotermal enerji konusunda yaptığı çalışmaları hızla arttırarak devam ettirmektedir.

MTA Genel Müdürlüğü tarafından 2009 yılı içerisinde 19 adet kuyuda çalışmalar tamamlanmış olup toplam 18.231 m sondaj yapılmış, ülke potansiyeline 240 Mwt enerji ilave edilmiştir. Bu sahalardan Aydın-Pamukören rezervuarda 850 m’de 188 °C sıcaklık içeren sahası Türkiye’nin 4. en sıcak jeotermal enerji alanıdır.



Şekil 6: Türkiye Jeotermal Kaynak Haritası



Şekil 7: Jeotermal Enerji Isı Artış Grafiği

4.2.2. ÜLKEMİZDE JEOTERMAL KAYNAKLARIN KULLANIMI VE HEDEFLER

Türkiye’de elektrik üretimine uygun potansiyel içeren 17 adet saha bulunmaktadır ve bu sahaların tamamı Batı Anadolu’da yer almaktadır. Bu sahalarda üretim yapan kurulu güç 91,7 Mwe dir. Tüm bu sahaların geliştirme çalışmaları tamamlandığında bu kapasite 630 Mwe’ ye çıkarılabilecektir. Bugün için bu sahalardan Denizli-Kızıldere’de 15 Mw ve 5 Mw, Aydın-Salavatlıda 7,4 Mw ve 9,5 Mw, Aydın Germencikte 47,4 Mw ve Çanakkale’de 7,5 Mw kurulu güce sahip santralden elektrik üretilmektedir. Ayrıca MTA Genel Müdürlüğü tarafından keşfedilmiş diğer sahalardan Aydın-Umurlu, İzmir-Seferihisar, Aydın-Atça ve Aydın-Bozköy’de gerek sözleşme, gerekse ihale yolu ile yatırımcılara devredilmiş sahalarda santral inşa çalışmaları devam etmektedir.

Bugün için bilinen 17 adet jeotermal sahada teknik ve ekonomik olarak elde edilmeye hazır 630 MWe potansiyel mevcut olup bu sahaların geliştirilmesi ve yeni ilave edilecek sahalalar ile birlikte önümüzdeki 10 yıllık süreç içerisinde jeotermal kaynaklara dayalı elektrik üretim tesisleri kapasitesinin 1000 MWe ulaşabileceği değerlendirilmektedir.

Ülkemizde jeotermal enerjiden doğrudan kullanım olarak merkezi ısıtma, sera ısıtması ve termal turizmde yararlanılmaktadır. Ülkemizde 18 yerleşim birimimizde merkezi konut ısıtması (67700 konut eşdeğeri, 608 MWt), 15 sahada seracılık, (1579000 m2, 292 MWt) ve 200’ün üzerinde termal tesiste tedavi ve termal turizm amaçlı yararlanılmaktadır.

MTA Genel Müdürlüğü’nce önümüzdeki dokuzuncu 5 yıllık plan döneminde akışkanlarca taşınarak sığ derinliklerde (yaklaşık 1000 m civarı) geçirgen-gözenekli kayalara depolanmayla oluşmuş jeotermal sistemlerin geliştirilerek daha derin kısımlarının (1500-2000 m) araştırılması yanında; akışkan içermeyen çok daha derinlerde bulunan ve içerisinde ısı depolanmış kızgın kayaların keşfedilmesi amacıyla 3000-4000 m derinlere kadar sondajlı arama yapma planlanmış olup 2009 yılından itibaren bu projeler uygulamaya konulmuştur.

Bu kapsamda Kütahya ili Şaphane ilçesinde 3000 m olarak planlanmış olup sondaj çalışması devam etmektedir. Gelecek 10 yılda gelişen bilim ve teknoloji sayesinde kızgın kuru kayalardan elektrik ve ısı üretimi daha ekonomik hale gelecek ve böylece ticari bir anlam kazanacaktır. Bu amaçla ülkemiz yer kabuğu içerisindeki bu alanların tespit edilerek fizibiliteye esas fiziksel ve kimyasal tüm parametrelerinin belirlenmesi ve bunların harita ve envanterinin çıkarılması büyük önem taşımaktadır.



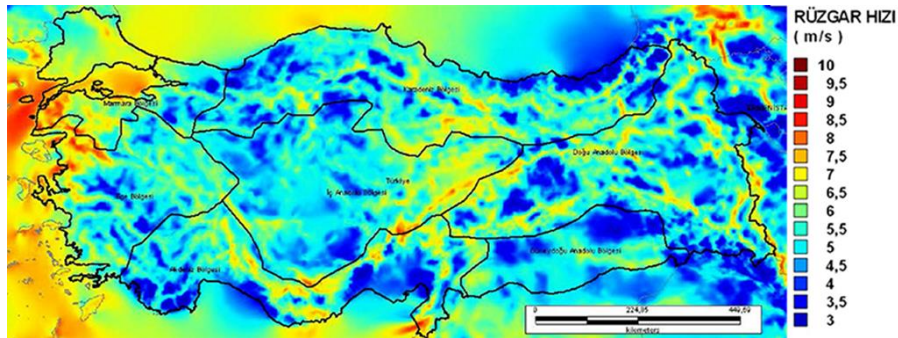
Şekil 8: Jeotermal Enerji Arama Haritası

4.3. RÜZGÂR ENERJİSİ

Rüzgâr enerjisi; doğal, yenilenebilir, temiz ve sonsuz bir güç olup kaynağı güneştir. Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin %1-2 gibi küçük bir miktarı rüzgâr enerjisine dönüşmektedir Güneşin, yer yüzeyini ve atmosferi homojen ısıtmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava akımı oluşur. Bir hava kütlesi mevcut durumundan daha fazla ısınırsa atmosferin yukarısına doğru yükselir ve bu hava kütlelerinin yükselmesiyle boşalan yere, aynı hacimdeki soğuk hava kütlesi yerleşir. Bu hava kütlelerinin yer değiştirmelerine rüzgâr adı verilmektedir. Diğer bir ifadeyle rüzgâr; birbirine komşu bulunan iki basınç bölgesi arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır. Rüzgârlar yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına akarken; dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi, yüzey sürtünmeleri, yerel ısı yayılımı, rüzgâr önündeki farklı atmosferik olaylar ve arazinin topografik yapısı gibi nedenlerden dolayı şekillenir. Rüzgârın özellikleri, yerel coğrafi farklılıklar ve yeryüzünün homojen olmayan ısınmasına bağlı olarak, zamansal ve yöresel değişiklik gösterir. Rüzgâr hız ve yön olmak üzere iki parametre ile ifade edilir.

Rüzgâr hızı yükseklikle artar ve teorik gücü de hızının küpü ile orantılı olarak değişir. Rüzgâr enerjisi uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek, kapasite faktörlerinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajları yanında üstünlükleri genel olarak şöyle sıralanabilir;

1. Atmosferde bol ve serbest olarak bulunur.
2. Yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır, çevre dostudur.
3. Kaynağı güvenilirdir, tükenme ve zamanla fiyatının artma riski yoktur.
4. Maliyeti günümüz güç santralleriyle rekabet edebilecek düzeye gelmiştir.
5. Bakım ve işletme maliyetleri düşüktür.
6. İstihdam yaratır.
7. Hammaddesi tamamıyla yerlidir, dışa bağımlılık yaratmaz.
8. Teknolojisinin tesisi ve işletilmesi göreceli olarak basittir.
9. İşletmeye alınması kısa bir sürede gerçekleşebilir.



Şekil 9: Türkiye Rüzgar Enerjisi Atlası (REPA)



Şekil 10: Türkiye Rüzgar Enerjisi Santrali Haritası (RES)

4.4.OKYANUS ENERJİSİ

Okyanus enerjisi 3 kısımda incelenir.

1. Dalga Enerjisi
2. Okyanus Isısı Enerjisi
3. Gel-git Enerjisi

4.4.1.DALGA ENERJİSİ

Okyanus dalgaları kirletici etkisi olmayan büyük bir enerji kaynağı oluşturur. Ancak bu enerji kaynağı uzun yıllar ihmal edilmiştir. 1970'li yıllarda birkaç araştırma projesi geliştirilmiştir ve ilk çalışmalar Japonya'da yapılmıştır. Dünya yüzeyinin farklı ısınması sonucu oluşan rüzgârların deniz yüzeyinde esmesi ile meydana gelen deniz dalgalarındaki gücün diğer yenilenebilir enerji kaynaklarındakinden daha kesif olduğu hesaplanmıştır (10-15 defa daha fazla). Kullanabildiği takdirde bol ve çoğu ülkenin elde edebileceği kadar yaygındır. Dalga enerjisinin önemli olumlu yönleri bulunmaktadır. Güç kaynağının sonsuz ve bol olması, fosil yakıtlara bağımlılığı, küresel ısınmayı, asit yağmurlarını, her türlü kirliliği dolaylı olarak azaltması, iş sahası açması, elektrik şebekesinin olmadığı uzak alanlara elektrik sağlaması, deniz ortamında yapılacak diğer çalışmalarda potansiyel teknolojinin kullanımına olanak tanınması, tuzlu suyun tatlı suya çevrilip ihtiyaç bulunan bölgeye pompalanması, deniz dibi zenginliklerinin 10 yüzeye pompalanması ve kıyıların korunması gibi alanlara yeni bir yaklaşım getirmektedir. Bununla birlikte; deniz dalgasının kullanılmasında birtakım sınırlamalar da bulunmaktadır. Her dalga boyutunun kullanılması için bir tasarımın oluşturulamaması, gemi rotalarının geçtiği yollar, askeri tatbikatlar, balık avlanma sahaları, su altı kabloları gibi kısıtlamalar büyük dalga enerjisi projelerine başlamadan önce dikkate alınması gereken hususlardır. (Sağlam ve Uyar, 2007). Sualtı dalgalarından enerji elde edebilmek için geliştirilen makinelerin suyun 40 metre altında kurulması planlanıyor. Bu yöntem için geliştirilmiş makineler, dalgaların düzensiz ve hızlı bir şekilde hareket etmelerinden yararlanarak elektrik üreten tulumbaları çalıştırıyorlar. 2010'da okyanus enerji kaynaklarından milyonlarca evin enerji ihtiyacını karşılayacak kadar elektrik üretilebilecektir (Ece, 2008). Bugüne kadar dalga enerjisinden elektrik üretim teknikleri geliştirilmiş, fakat kapasitenin çok altında enerji elde edildiği için ve birkaç olumsuz deneyim bu büyük enerji kaynağına ilgiyi azaltmıştır.

4.4.1.1.TÜRKİYE'DE DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİ

En iyi dalga gücü kaynaklarından olan Kalkan açıkları için yapılan tahminler ve istatistiksel analizlerle toplanan bilgiler dalga gücü yoğunluğunun 6,6 kW/m-7,6 kW/m arasında olduğunu göstermektedir. Dalga yükseklikleri 1,21 metreye varabilmekte ve dalga periyotları 6,09 saniyeye ulaşmaktadır. Bu bilgiler yılın büyük bir çoğunluğu için geçerlidir. Dalga enerjisi üretmek için tasavvur edilen en iyi yerler: Karadeniz'in batısında İstanbul Boğazı'nın kuzeyi ve Ege Denizi'nin güneybatı kıyıları açıkları; Marmaris ve Finike arasındadır. Başlangıç denemeleri için bu suların uygun olduğu değerlendirilmektedir. Yatırımcılar bu alanları tercih etmelidir.

4.4.1.2.OKYANUS ISISI ENERJİSİ

Okyanus ısısı enerji üretiminde, okyanusların güneşten topladığı ısıdaki enerji elektriğe dönüştürülüyor. Bu yöntemle elektrik elde etmek için yüzeydeki su sıcaklığı ile derindeki su sıcaklığı arasındaki farkın 20 derece olduğu yerler kullanılıyor. Bu iş için en elverişli bölgeler Avustralya, Endonezya, Güney Amerika ve Afrika kıyılarıdır. Eğer bu enerjinin sadece binde biri elektriğe dönüştürülebilseydi Amerika'nın enerji ihtiyacının 20 katı kadar elektrik elde edilebilecektir. Teknolojinin geliştirilmesine paralel olarak derin denizlerde enerji arama ve üretim çalışmaları başlatılmıştır. Bugün 2100 m. su derinliğine sondaj yapılmaktadır

4.4.1.3.GEL-GİT ENERJİSİ

Gel-git hareketi; ay, güneş ve dünyanın çekim kuvveti ve merkezkaç kuvvetleri arasındaki etkileşim sonucu oluşur. Gelgit olayında suyun hareketinden, iki yöntemle enerji elde edilebilir. Suyun bir haznede biriktirilerek hazne ile deniz seviyesi arasında yükselti farkı oluşturulması ve bu potansiyel enerjiden elektrik enerjisi elde edilmesi, birinci ve en eski yöntemdir. Bu yöntemin dezavantajı, maliyetinin yüksek olması ve çok yer kaplamasıdır. İkinci yöntem ise, suyun yükselme ve alçalması sırasında önüne konulan türbinleri döndürmesi ve bu türbinlerin döndüreceği jeneratörlerden de elektrik enerjisi elde edilmesidir. Bu yöntemin bu güne kadar uygulama alanı bulamamasının nedeni, çok büyük türbinlere ihtiyaç duyulmasıdır. İkinci yöntem ile enerji elde edilmesi, her yönüyle deniz akımlarından enerji elde edilmesine benzerdir .

4.5.GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir[10]. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

Dünya ile Güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'dir. Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır.

4.5.1.TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU

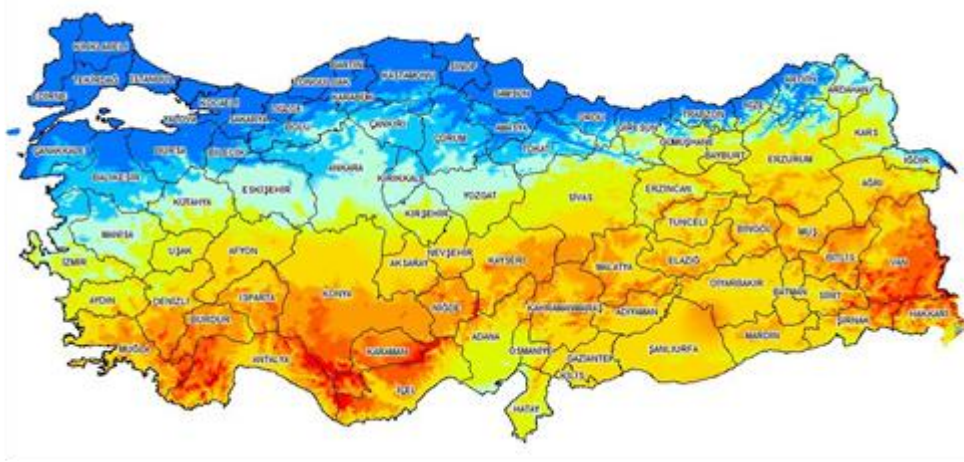
Yenilenebilir enerji kaynaklarının ülkeler ve devletler açısından oldukça önemli bir konuma geldiği günümüzde bu konuda yapılan çalışmalar da hızlanmış durumdadır. Özellikle son yıllarda ülkemiz enerji sektöründe büyük atılımlar gerçekleştirmekte ve sektörün iyileştirilmesi adına birçok çalışma yapılmaktadır. Çünkü Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Özellikle bu potansiyel güneş enerjisinde ön plana çıkmaktadır. Avrupa ve diğer dünya devletlerine göre ülkemizin yıllık güneşlenme süresi oldukça fazladır.

Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli			
Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü			
Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	(Saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103
Şubat	5,44	63,27	115
Mart	8,31	96,65	165
Nisan	10,51	122,23	197
Mayıs	13,23	153,86	273
Haziran	14,51	168,75	325
Temmuz	15,08	175,38	365
Ağustos	13,62	158,4	343
Eylül	10,6	123,28	280
Ekim	7,73	89,9	214
Kasım	5,23	60,82	157
Aralık	4,03	46,87	103
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı			
Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü			
BÖLGE	TOPLAM ENERJİSİ	GÜNEŞ GÜNEŞLENME	SÜRESİ (Saat/yıl)
	(kWh/m ² -yıl)		
G.DOĞU ANADOLU	1460		2993
AKDENİZ	1390		2956
DOĞU ANADOLU	1365		2664
İÇ ANADOLU	1314		2628
EGE	1304		2738
MARMARA	1168		2409
KARADENİZ	1120		1971

Şekil 11: Aylara ve Bölgelere Göre Türkiye'nin Yıllık Güneşlenme Süresi

Bölgelere göre değerlendirmek gerekirse ülkemizin yıllık bazda en fazla güneş alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir bunu Akdeniz bölgesi takip etmektedir. Ülkemizin yıllık elektrik üretimi Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi'nin (TEİAŞ) 2013 verilerine göre 255 milyar 337 milyon kilovatsaat (kWh) olarak belirlenmiştir[3]. Bu elektriğin çoğu doğalgaza dayalı elektrik üretim tesislerinde elde edilmektedir.



Şekil 12: Türkiye Güneş Atlası

4.6.HİDROJEN ENERJİSİ

Doğada bileşikler halinde bol miktarda bulunan hidrojen serbest olarak bulunmadığından doğal bir enerji kaynağı değildir. Bununla birlikte hidrojen birincil enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilebilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemleri kullanılmaktadır. Bu nedenle teknolojinin elektrikten neredeyse bir asır sonra geliştirdiği ve geleceğin alternatif kaynağı olarak yorumlanan bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojen, enerji yoğunluğu yüksek bir maddedir. Suyun elektroliziyle temiz bir şekilde elde edilebiliyor ve uygun şekilde yakıldığı takdirde, atık ürün olarak yalnızca su veriyor. Şimdiki üretimi ise petrol ya da kömüre dayalıdır. Temiz üretim yolu hidroliz. Fakat bunun için elektriğe gereksinim var ve eğer elektrik fosil yakıttan üretiliyorsa bir anlam ifade etmiyor. Bu sorunun çözümü de suyun, güneşli enerjisinden elde edilen elektrikle hidrolizinde yatıyor. Fotovoltaikler ucuzlar da bu mümkün olursa eğer, hidrojen, yeni bir yenilenebilir enerji formları zincirinin bir halkasını oluşturacak ve suyun elektroliziyle hidrojen elde edilip, hidrojenin yakılmasıyla da suya geri dönülecek. Öte yandan, temiz bir şekilde ve yüksek verimle yakılabilmesi için yakıt hücreleri teknolojisinin gelişmesine gereksinim var.

Hidrojen içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanı sıra katalitik yüzeylerde alevsiz yanmaya da uygun bir yakıttır. Ancak dünyadaki gelişim hidrojenin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusundadır.

4.6.1.HİDROJEN ENERJİSİNİN TÜRKİYE’DEKİ DURUMU

Türkiye’nin 7. Beş Yıllık Kalkınma Planı Genel Enerji Özel İhtisas Komisyonu Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu (1993) kapsamında, hidrojen teknolojisine kısaca değinmekle birlikte, resmîleşen kalkınma planında hidrojen enerjisinin adı geçmemektedir. Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu tarafından saptanan, 1993- 2003 yılı ulusal bilim ve teknoloji politikasında hidrojen yakıtına yer verilmemiştir. Hidrojen konusu üniversitelerimiz ve araştırma kuruluşlarımızda çok sınırlı bir biçimde ele alınmaktadır. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi’nde hidrojen alanında uluslararası enerji ajansı programları kapsamında çalışma başlatılmak istenmişse de, söz konusu işbirliği 1996 yılında kesilmiştir. Şimdi, Birleşmiş Milletler Endüstri Geliştirme Organizasyonu (UNIDO) desteği ile Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi (ICHET) projesi kapsamında, İstanbul’da Hidrojen Enstitüsü kurulması konusu gündemdedir. ICHET’in tasarlanan amacı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında hidrojen teknolojileri köprüsünü oluşturmak, hidrojen teknolojilerinin geliştirilmesini ve uygulamalı AR-GE çalışmalarını yapmaktır. ICHET’in işlevi; kısa ve uzun dönemli eğitim vermek, bilimsel toplantılar düzenlemek, danışmanlık hizmetleri sunmak ve benzeri kuruluşlarla işbirliği oluşturmak biçiminde belirlenmiştir. Merkezin çalışma konuları; hidrojen enerjisi politikaları, hidrojen ekonomisi, enerji ve çevre, hidrojen üretim teknolojileri, hidrojen depolama teknikleri, hidrojen uygulamaları ve demonstrasyonlar olacaktır. Türkiye, ilk 5 yıllık dönem için arazi, tesis, ilk yatırım ekipmanı ve işletme faaliyetlerini finanse etmek üzere 40 milyon USD verecektir. ICHET projesi Türkiye’nin hidrojen çağına tutarlı biçimde adım atmasını sağlayacak, Türkiye’ye avantaj kazandıracak önemli bir girişimdir.

4.6.2.YAKIT PİLLERİ

Yakıt pilleri, temiz, çevreye zarar vermeyen ve yüksek verime sahip enerji dönüşüm teknolojileridir. Bir buhar kazanı veya türbin kullanılmadan, sadece kimyasal reaksiyon ile elektrik enerjisi üretilir. Hidrojen (H₂) ve oksijen (O₂) arasındaki elektrokimyasal reaksiyon ile elde edilen ve toplam verimlilikleri % 80'lere kadar ulaşabilen yakıt pilleri, sürekli çalışan

pilller veya elektrokimyasal makineler olarak da bilinir. Yakıt pilleri, boyutlarının küçük olması, yüksek verimle çalışmaları ve atık ısılarının kullanılabilir olmasının yanı sıra aşağıdaki özellikleri nedeniyle de diğer güç sistemlerine göre daha üstündürler.

- Modüler olmaları,
- Kullanıcıya yakın inşa edilebilmeleri,
- Yakıt olarak saf hidrojenin yanı sıra doğal gaz, metanol veya kömür gazlarının kullanılabilmesi,
- Sessiz çalışmaları,
- Minimum seviyede kükürt oksit ve azot oksit emisyonları,
- İnşa edilecek alanda çok az çevre kısıtlamaları gerektirmeleri ve kısa sürede inşa edilebilmeleri,
- Katı atık problemlerinin olmaması.

4.7.BİYOKÜTLE ENERJİ

Hızlı bir artış gösteren nüfus ve sanayileşme enerji ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. Enerjinin çevresel kirliliğe yol açmadan sürdürülebilir olarak sağlanabilmesi için kullanılacak kaynakların başında ise biyokütle enerjisi gelmektedir.

Biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması, her yerde elde edilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Biyokütle için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) kaynak oluşturmaktadır. Petrol, kömür, doğal gaz gibi tükenmekte olan enerji kaynaklarının kısıtlı olması, ayrıca bunların çevre kirliliği oluşturması nedeni ile biyokütle kullanımı enerji sorununu çözmek için giderek önem kazanmaktadır.



Şekil 13: Biyokütle Enerji Döngüsü

Fotosentez yoluyla enerji kaynağı olan organik maddeler sentezleşirken tüm canlıların solunumu için gerekli olan oksijeni de atmosfere verir. Üretilen organik maddelerin yakılması sonucu ortaya çıkan karbondioksit ise, daha önce bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan, biyokütleden enerji elde edilmesi sırasında çevre, CO₂ salımı açısından korunmuş olacaktır. Bitkiler yalnız besin kaynağı değil, aynı zamanda çevre dostu tükenmez enerji kaynaklarıdır.

4.7.1.TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE ENERJİSİ KULLANIMI

Türkiye'de klasik biyokütle, yani odun ve tezek, enerji üretiminde önemli bir orana sahiptir. 2010 yılı verilerine göre odun yaklaşık %30 ve tezek %10 oranında enerji üretimi içinde pay almaktadır. Ancak, son yıllarda azalan ormanlar ve hayvancılıkta görülen gerileme ile doğal gaz kömür gibi ithal ürünlerin artması bu oranları azaltmaktadır. Modern biyokütle enerjisi kullanımına geçilmesi ülke ekonomisi ve çevre kirliliği açısından önem taşımaktadır. Birçok ülke bugün kendi ekolojik koşullarına göre en uygun ve en ekonomik tarımsal ürünlerden alternatif enerji kaynağı sağlamaktadırlar. Türkiye de bu potansiyele, ekolojik yapıya sahip ülkeler arasındadır.

BÖLÜM 5

5. GÜNEŞ ENERJİSİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

5.1.FOTOVOLTAİK(GÜNEŞ ENERJİSİ) SİSTEMLERİN AVANTAJLARI

Bir fotovoltaik sistem diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında daha kullanışlı ve verilere bakıldığında verimlidir. Her ülke için önemli olan istihdam olanakları fotovoltaik sistemler için ciddi bir üstünlük sağlamaktadır. Her ülkenin belirli bir güneşlenme süresi içinde fotovoltaik sistemden faydalanabilmesi hem kullanan ülke hem de Dünya ekonomisi için vazgeçilmezdir. Fotovoltaik sistem diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında enerji üretimi bakımından üstünlüğü verilerle sabittir. Bu ise bir ülkenin enerji sektöründeki bağımsızlığına ve enerji alanındaki tekelin kırılmasına katkı sağlamaktadır.

- Diğer enerji kaynakları ve yenilenemez enerji kaynaklarının arasında fotovoltaik sistemler sigorta şirketleri tarafından sigortalanabilmektedir.
- Merkezi bir enerji üretimi yerine dağıtılmış yerel enerji üretimi sağlanmaktadır.
- Enerji üretildiği yerde kullanıldığından dağıtım maliyetini ortadan kaldırmaktadır.
- Elektrik şebekesi olmayan yerlerde elektrikten yararlanabilmeyi sağlamaktadır.
- Sınırsız ve uzun ömürlüdür.
- Kurulum maliyeti dışında başka bir maliyetinin olmaması en önemli unsurlardandır.
- Sağlık ve risk açısından hiçbir toplumsal maliyet taşımamaktadır.
- Yakıt maliyeti yoktur.

5.2.FOTOVOLTAİK(GÜNEŞ ENERJİSİ) SİSTEMLERİN DEZAVANTAJLARI

Fotovoltaik sistemler güneş enerjisinden beslendiğinden bazı durumlarda yeterli verimliliği sağlayamayarak enerji üretiminde düşüş yaşanmakta veya enerji üretimi sıfıra inmektedir.

- Kış aylarında, yaz aylarına göre enerji üretimi yarı yarıya düşmektedir.
- Geceleri enerji üretememektedir.
- Bir fotovoltaik sistemin güneş enerjisinden verimi alabilmesi için düz bir arazide güneş ışığını en verimli alacak açıyla yerleştirilip üzerine gölge düşmemesi gerekir.
- Etrafında güneş ışığını engelleyecek baca dumanı gibi çevresel faktörler bulunmamalıdır.
- Devlet içi ve devletler arası enerji firmalarının kullandığı bazı mevzuat uygulamalarının devam etmesi fotovoltaik sistemin kullanılamamasında en önemli faktörlerdendir.
- Kullanımı az olduğundan henüz toplum arasında bilincin ve bilgilendirmenin yetersiz olması da başka bir önemli faktördür.

BÖLÜM 6

6.FOTOVOLTAİK SİSTEMİN KULLANIM ALANLARI

6.1.ISITMA, PİŞİRME

İçbükey yansıtıcılarla güneşten gelen ışığı belirli bir açıyla tek bir noktaya yoğunlaştırarak bütün enerjiyi belirlenen yere aktarılmasıdır.



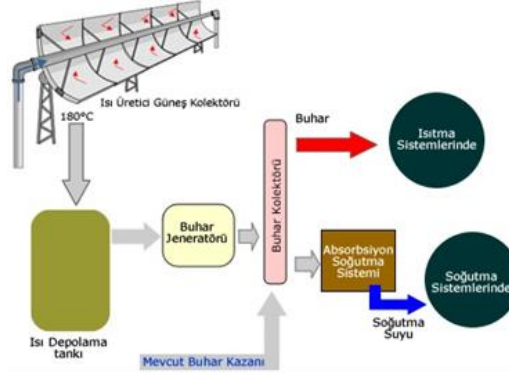
Şekil 14: İç Bükey Isıtıcı



Şekil 15: İç Bükey Isıtıcı

6.2.SOĞUTMA

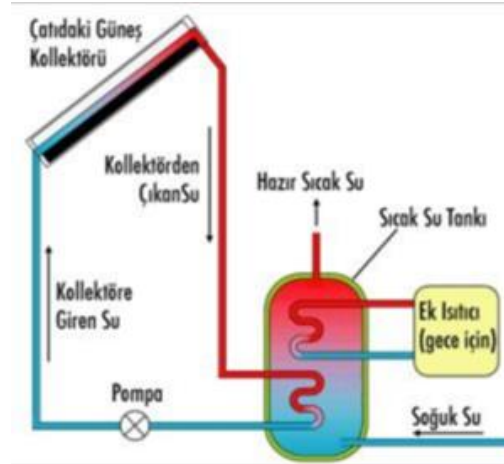
Buharlaştırma, yoğuşturma-ısı soğurma süreçleriyle soğutma ve sıcak su olarak kullanılması.



Şekil 16: Fotovoltaik Soğutma Sistemi

6.3.SICAK SU ELDE ETME

Çatı kolektörleriyle evsel sıcak su gereksiniminin karşılanması.



Şekil 17: Çatı Kolektörleriyle Sıcak Su Elde Etme

6.4.SOLAR AYDINLATMA

Sokak aydınlatmaları veya bahçe aydınlatmalarında güneş panelleri kullanarak kullanılan enerjiyi gün içerisinde güneşten elde ederek yapılan aydınlatma çeşididir.[şekil 17]

6.5. ELETRİK ENERJİSİ

Güneş pilleri sayesinde komple bir tesis veya şahıs kullanımı veya çevrede kullanılan ışıklı tabelaların enerjilerini kendileri üretmeleri için kurulan panelli sistemler de güneş enerjisinin en büyük yararadır.

6.6 ELEKTRİK ÜRETİMİ

Güneş enerjisinden termal ve fotovoltaik olarak iki çeşit yöntemle elektrik üretilir.



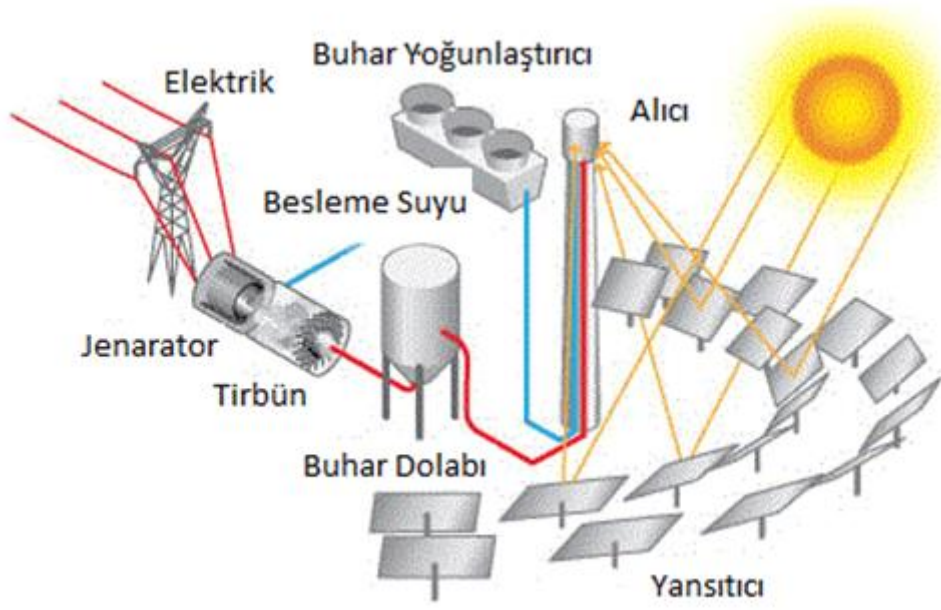
Şekil 18: Fotovoltaik Sistem Sokak Lambası Uygulaması



Şekil 19: Fotovoltaik Sistem Sokak Lambası Uygulaması 2

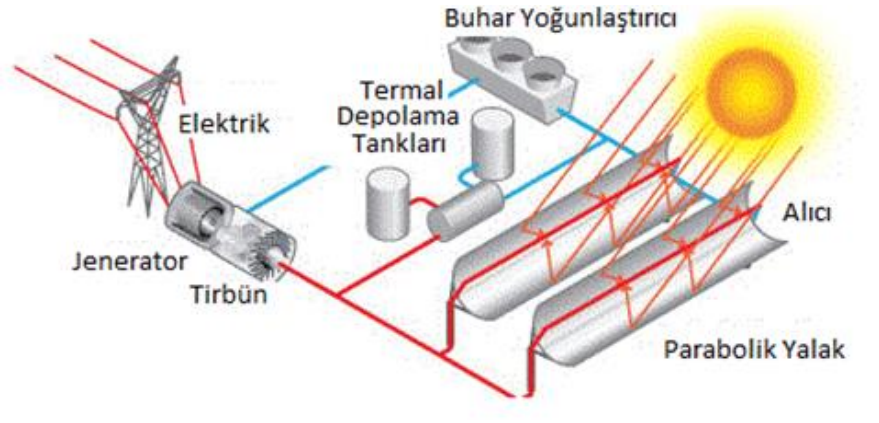
6.7.TERMAL YÖNTEM

Yoğunlaştırılmış termal güneş enerjisi santralleri (CST) yenilenebilir ısı enerjisi ya da elektrik enerjisi kaynağı olarak kullanılırlar. CST sistemleri aynalar ve bu aynalara bağlı güneşi izleme sistemleri vasıtasıyla geniş bir alana düşen güneş ışınlarını tek bir küçük alana odaklar[şekil 20]. Yoğunlaştırılmış gün ışığı daha sonra klasik enerji santrallerine gereken ısıyı üretmekte kullanılmış olur. Bunun yanı sıra, üretilen ısı enerjisi başka amaçlar için de kullanılabilir.



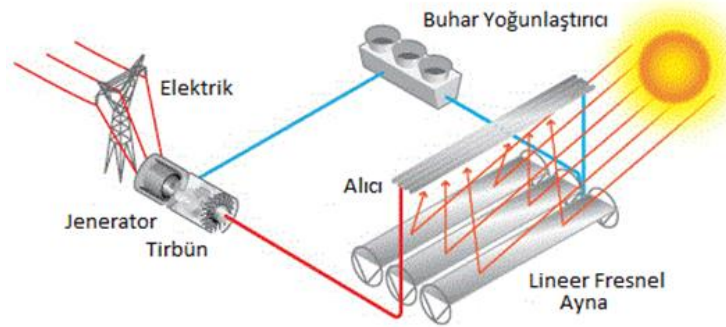
Şekil 20: Termal Yöntem 1

Konsantre güneş enerjisi teknolojileri geniş bir alanda, Dish Stirling motoru, solar enerji kulesi, CLFR, solar baca gibi örneklerle hayat bulmuştur. Her bir odaklama yöntemi yüksek sıcaklıkların elde edilmesini ve buna paralel olarak yüksek termodinamik verimliliği sağlamaktadır. Ancak, bu yöntemlerin güneşi takip mekanizmaları ve güneş enerjisinden faydalanma biçimleri birbirinden farklıdır. Teknolojide yaşanan ilerlemeler sayesinde, bu Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi yöntemleri günden güne uygun maliyetli hale gelmektedir. Parabolik oluklar, parabolik (çukur şeklindeki) yansıtıcıların, yansıtıcıların odak noktasına yerleştirilmiş bir alıcıda güneş ışığını toplamaları ile çalışır. Buradaki alıcı, yansıtıcıların odak noktaları doğrultusunda uzanan ve içinde çevrim akışkanının bulunduğu bir tüpten oluşur. Yansıtıcı, gün boyunca güneşi takip mekanizmaları ile takip eder. Çevrim akışkanı, alıcı içinde iletirilirken (erimiş tuz vb.) 150-350 °C civarında ısınır. Ardından, ısı enerjisi kaynağı olarak enerji üretim tesisinde kullanılır. Parabolik oluk sistemler, CSP teknolojileri arasında en gelişmiş olanıdır[şekil 21].



Şekil 21: Termal Yöntem 2

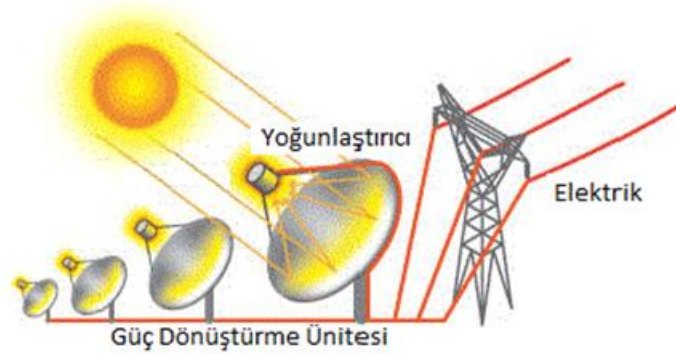
Yoğunlaştırılmış doğrusal Fresnel yansıtıcıları, güneş ışığını parabolik aynalarla yansıtmak yerine çok sayıda ince ayna dizileri kullanarak içinde çevrim akışkanı dolaşan bir çift tüpe yansıtan CSP santralleridir[şekil 22]. Bu sistem parabolik sisteme göre düz aynaların parabolik aynalara göre ucuz olmasından ötürü daha az maliyetlidir. Bunun yanı sıra, aynı büyüklükte bir alana parabolik sisteme nazaran daha çok yansıtıcı konulabilir. Bu da, aynı büyüklükte bir alandan daha fazla kullanılabilir gün ışığı toplamak manasına gelmektedir. Yoğunlaştırılmış doğrusal Fresnel yansıtıcıları, bu kerte geniş kapasiteli ve gelişmiş santrallerde kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 22: Termal Yöntem 3

Dish Stirling ya Stirling motoru sistemi tek başına bir parabolik yansıtıcı ile bu yansıtıcının odak noktasında bulunan bir alıcıdan oluşmaktadır. Yansıtıcı, bu sistemde, güneşi iki eksenden takip eder. Alıcı içerisinden geçen çevrim akışkanı 250-700 °C seviyesinde ısıtılır ve ardından Stirling motorunda enerji üretimi amacıyla kullanılır. Dish Stirling sistemleri CSP teknolojileri arasında güneş enerjisinden elektrik enerjisine

dönüşümde en yüksek verimliliği sağlayan sistemdir. Buna ek olarak, taşınabilir yapısı sistemin ölçeklenirliğini sağlar.



Şekil 23: Elektrik Üretimi

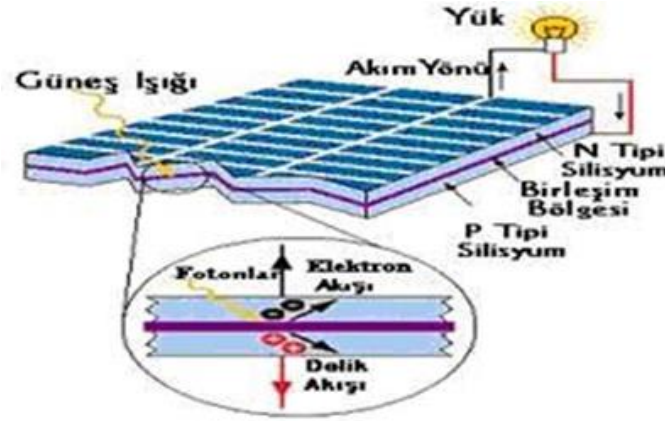
Güneş bacası, geniş saydam (genelde tamamen camdan) bir odadan oluşur. Güneş sera etkisine benzer biçimde oda içindeki havayı ısıtır ve ısınan havanın bacada yükselmesine neden olur. Hava yükselmesi sayesinde türbinler çalışır. Türbinler vasıtasıyla da elektrik üretimi sağlanmış olur. Güneş bacası, tasarımı bakımından gerçekten basittir ve bu nedenle dünyanın gelişme sürecinde yaşayabilir bir seçenek oluşturabilir.

Enerji kulesi, bir kulenin üzerinde bulunan merkezi bir alıcıdan ve bu alıcıya gün ışığını yansıtan bir dizi çift eksenli yansıtıcılardan (heliostat) oluşur. Kulenin tepesindeki alıcı, genelde deniz suyundan müteşekkil bir çevrim akışkanından bir depo bulundurur. Alıcı içindeki çevrim akışkanı 500-1000 °C seviyelerinde ısıtılır ve ardından enerji santralinde veya enerji depo sistemlerinde ısı enerjisi kaynağı olarak yararlanılır. Enerji kuleleri, parabolik oluk sistemlerden daha az gelişmiştir; ne var ki, daha yüksek bir verimlilik ve daha iyi bir enerji depolama kapasitesi sunmaktadır.

BÖLÜM 7

7.1. FOTOVOLTAİK YÖNTEM

Fotovoltaik hücreler daha yüksek akım, gerilim veya güç seviyesi elde etmek için elektriksel olarak seri veya paralel bağlanırlar. Fotovoltaik modüller çevre etkilerine karşı sızdırmazlık sağlayacak şekilde birbirine eklenmiş fotovoltaik hücreler içerirler. Fotovoltaik paneller elektrik kabloları ile birbirine bağlanmış iki veya daha çok sayıda Fotovoltaik modül içerirler. Fotovoltaik diziler ise belli sayıda Fotovoltaik modül veya panel içeren enerji üretim ekipmanlarıdır[Şekil 24].



Şekil 24: Fotovoltaik Panel Elektrik Üretimi

7.2.1.KRİSTALİNE PANELLER

Endüstriyel olarak kullanılan en yaygın panellerdir. Yaklaşık 90 yıl ömürleri vardır. Monokristal ve polikristal olarak vardır.

7.2.1.1. MONOKRİSTALİN

Kalite ve verimlilik açısından mono kristalin güneş pilleri yüksek verimli mono kristalin hücrelerden oluşmuşlardır. Bu Paneller aynı gücü üreten Polikristalin Panellere göre %1-2 daha küçük alana sahiptir. verimlilikle çalışmaktadır[8]. Buna karşın üretiminde kullanılan teknoloji sebebiyle üretim süreci uzun sürmektedir. Yinede Mono kristalin güneş pilleri uzun vadeli yatırım için en iyi seçenektir. Güneş pilinin mono kristalin olması demek tüm hücrenin sadece kristalinden oluşması ve materyalin atomal yapısının homojen olması

demektir. Doğada bulunan tüm kristalin bileşimler aslında polikristalindir, sadece elmas neredeyse mükemmel mono kristalin özelliğe sahiptir[şekil 25].



Şekil 25: Monokristalin Panel

7.1.2.2. POLİKRİSTALİN

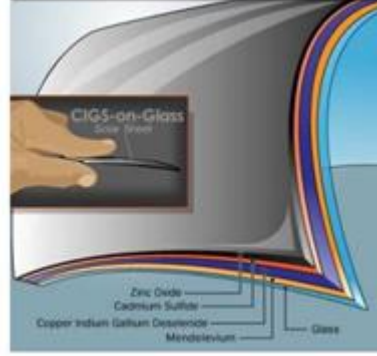
Kalite ve verimlilik açısından polikristalin güneş pilleri mono kristalin olanlardan biraz daha düşük verimli hücreler ile üretilmiştir. Ancak buna rağmen kullanım alanı daha yaygındır. Bunun en büyük nedeni ise daha kolay ulaşılabilir ve buna bağlı olarak daha uygun fiyatla bulunabilmesidir. Bu nedenle verimlilik/maliyet oranını hayli yüksektir. olmasıdır[8]. Polikristalin demek materyalin mono kristaline göre tek kristalinden oluşmaması, yani materyalin tam olarak homojen olmaması demektir[Şekil 26].



Şekil 26: Polikristal Panel

7.2.2. İNCE FİLM

Işık yutma oranı yüksek olan bu hücreler, düşük verimlilikleri nedeni ile pazar payının küçük bir bölümünü oluşturlar. İnce film fotovoltaik malzeme genellikle çok kristalli malzemelerdir. Başka bir deyişle ince film yarı-iletken malzeme, büyüklükleri bir milimetrenin binde birinden milyonda birine deyin değişen damarlardan oluşmaktadır[8]. Bu panellerin verimlilik oranları %7-14 arasında değişmektedir[Şekil 26].



Şekil 27: İnce Film Tabaka



Şekil 28: İnce Film Tabaka 2

7.2.3.ESNEK PANEL

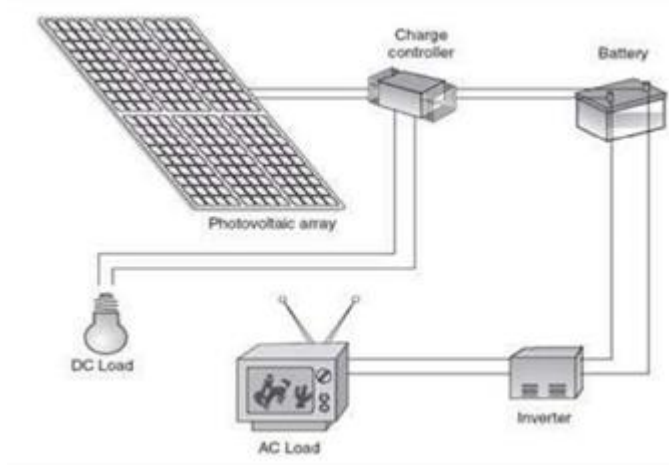
Geleneksel güneş panellerine alternatif olarak, özellikle çatı uygulamaları için geliştirilmiş bir teknolojidir. PV konstrüksiyonlarının çatıya entegresinin zor olduğu uygulamalarda çatı izolasyonuna zarar vermeden monte edilebilir. Birçok uygulamada enerji üretiminin yanında çatı membranı olarak da kullanılabilir. Kristal ve ince film hücrelerden oluşan güneş paneli çeşitleri mevcuttur. İnce film hücrelerden oluşan panellerin en önemli özelliği esnek olması ve serme tipte uygulanabilmesidir. Herhangi bir konstrüksiyon ihtiyacı yoktur. Ayrıca kristal yapıllı güneş panellerine göre ağırlık dağılımında avantaj sağlar. Cam içermediği için kırılma tehlikesi yoktur. En büyük özelliği ise taşınabilir olmasıdır[Şekil 29].



Şekil 29: Esnek Panel

7.3.GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİMİ ELEMANLARI

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminde temel olarak PV sistemleri de diğer elektrik üretim sistemlerine benzer olarak çalışır. Sadece kullandıkları ekipmanlar değişiktir. Sistemin opsiyonel ve fonksiyonel ihtiyaçlarına bağlı olarak DC-AC inverter, Akü, Şarj kontrol ünitesi, yedek güç kaynağı ve sistem kontrolörü gibi ekipmanlara ihtiyaç duyulabilir[Şekil 30].



Şekil 30: Fotovoltaik Sistem Elektrik Üretim Şeması

7.3.1.GÜNEŞ PANELLERİ

Güneş ışığı doğrudan elektrik akımına dönüştüren bir araçtır. Yarı iletken bir diyot olarak çalışan güneş hücresi, güneş ışığının taşıdığı enerjiyi iç fotoelektrik reaksiyondan faydalanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür.



Şekil 31: GES'ten Bir Görünüm

7.3.2. ŞARJ REGÜLATÖRLERİ

Şarj regülatörünün ana görevi aküleri şarj etmektir ve yüksek deşarjdan korumaktır. Aşırı şarjdan dolayı, elektrolit kaynar ve aküde hasar meydana gelir. Aşırı şarj da aküye zarar verebilir. Şarj regülatörü elektroniği çok hassastır ve istikrarlı bir fotovoltaiik sistemin çalışmasını garanti altına almak için çok önemlidir. Şarj regülatörünün bozulması akü değişimini gerektirebilir ve bakım maliyeti oldukça yüksektir. Şarj regülatörünün verimlilik yüzdesi dikkate alınması gereken önemli bir parametredir.

Şarj regülatörü fonksiyonları basit tip akü voltajını izlemek ve devre gerilimi belirli bir seviyeye ulaştığında şarj işlemini durdurmak için açılır. Eski şarj kontrolörleri devre açmak ve kapatmak için mekanik bir röle kullanmak suretiyle yapılmıştır. Günümüzde şarj kontrolörleri, darbe genişlik modülasyonu (PWM) kullanmaktadır. Pilin tam şarjlı duruma ulaştığı süreçtir, güç aktarılırken güç miktarı yavaş yavaş azalır. PWM pilin stressini azaltırken pil ömrünü daha fazla uzatır. Ayrıca pil tamamen şarj edilmiş konumda ya da süresiz olarak değişken olabilir[6]. PWM şarj daha karmaşıktır, ancak herhangi bir kırılabilir mekanik bağlantıları olmadığından daha dayanıklıdır. Solar şarj regülatörünün en son türü olan maksimum güç noktası takibini ya da MPPT kullanır. MPPT fazla voltajı ampere çevirir. Bu özelliği birkaç önemli avantajlarındanır.

Güneş enerjisi sistemlerinin büyük çoğunluğu, otomobillerde kullanılanların aksine 12 voltluk pil değildir, ancak gerilim ne olursa olsun bu özellikleri çalışır. Paneller pillere göre gerekenden daha voltaj sağlarlar. Aşırı voltaj ampere dönüştürüldüğünde, pilleri tamamen şarj etmek için gerekli süre azalır ve şarj voltajı, optimal düzeyde kalır. Bu tür şarj kontrolörü kullanan bir güneş enerjisi sistemi daha verimli bir performans gösterir.

Güç kaybı MPPT şarj kontrolörlerinin de verimini azaltır. Bir ev sisteminde güç tüm elektrik telleri boyunca cihazdan cihaza hareket eder ve bu işlem sırasında belirli bir miktarda güç kaybolur. Yüksek voltajlı elektrik akımı daha az kayıp görür. 12v akü ile kullanılan bir PWM şarj regülatörü tarafından kullanılan güç çoğu zaman 18v civarındadır. MPPT denetleyicisi, şarj reflektörünün o andaki mevcut en yüksek gerilimini kullanır. MPPT denetleyicileri, bu nedenle daha az güç kaybeder.

PWM denetleyicileri ile karşılaştırıldığında, MPPT şarj kontrolörleri biraz daha pahalıdır fakat MPPT performansı önemli ölçüde gelişmiştir. Bu nedenle, daha çok tavsiye edilir. Son çıkan bazı modern şarj kontrolörleri ile ters akım önlenir. Güneş panelleri güneş olmadığında elektrik üretmeyi durdurur, ve bu kez aküler elektrik göndermeye başlar. Güneş panellerinden elektrik göndermeyi durdurduğunda şarj regülatörü elektrik devresini

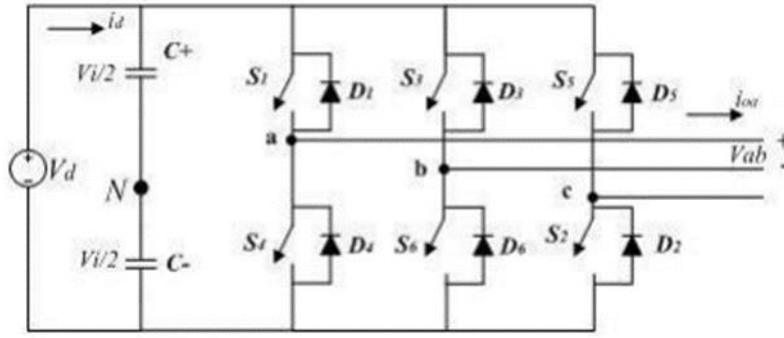
açarak herhangi bir ters akım akışını engeller. 12 voltluk bir solar şarj cihazı, maliyetleri ve emisyonları azaltmak ,yurt dışından enerji bağımlılığını ortadan kaldırmak isteyen bireyler için şaşırtıcı derecede basit ve kullanışlı bir alternatiftir.

7.3.2.1.PWM ŞARJ REGÜLATÖRLERİ

Basit şarj kontrolörleri bağımsız solar sistemleri için en uygun çözümdür. Üzerindeki LCD ekran veya LED'ler sayesinde akü durumu şarj durumu gibi bilgileri görebilmektesiniz. açık ve kapalı kurşun aküleri optimum biçimde doldurabilir. 12V ve 24V her türlü akü veya akü gruplarını şarj edebilir[6]. Şase hem duvara hem de bir DIN rayına monte edilebilir. Verimleri MPPT'lere göre düşüktür[Şekil 32].



Şekil 32: PWM Regülatörler



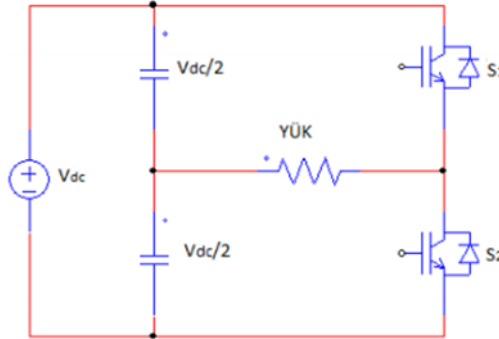
Şekil 35: Üç Fazlı Evirici Devresi

Eviricilerin çıkış gerilimlerinin sinüzoidal dalga olması beklenir. Düşük ve orta güçlü uygulamalarda kare dalgaya yakın çıkış formları kabul edilebilir, fakat büyük güçlerde mümkün olduğu kadar harmoniklerinden arınmış bir sinüs dalga formu gerekmektedir. Genel olarak eviricilerin kullanım alanları şöyledir: Değişken hızlı asenkron motor sürücü devreleri , Kesintisiz güç kaynakları , Yüksek gerilimde doğru akım iletim sistemleri , Endüksiyonla ısıtma sistemleri , AC gerilim regülatörleri Eviriciler, beslemede kullanılan kaynağın çeşidine göre 2'ye ayrılır. Gerilim kaynaklı eviriciler , Akım kaynaklı eviriciler Eviriciler ((inverterlerde); transistör, tristör, mosfet, IGBT gibi anahtarlar kullanılır. Bu anahtarlardan transistör ve mosfet düşük ve orta güç uygulamalarında daha çok tercih edilir. Mosfet ayrıca hızlı anahtarlama yapabildiğinden yüksek frekans uygulamalarında da kullanılır. Tristör büyük güçlerde kullanılır, bunların da anahtarlama hızları oldukça düşüktür. IGBT ise günümüzün en çok kullanılan elemanıdır[6]. Bu eleman mosfet ve transistörün iyi karakteristik özelliklerini almıştır. Günümüzde ise neredeyse tüm eviricilerde IGBT anahtarı kullanılmaktadır. Eviriciler basitçe hem tek fazlı sistemlerde hem de üç fazlı sistemlerde kullanılabilir. Akım beslemeli ya da gerilim beslemeli eviriciler arasında yapılacak seçim yükün özelliklerine göre değişir.

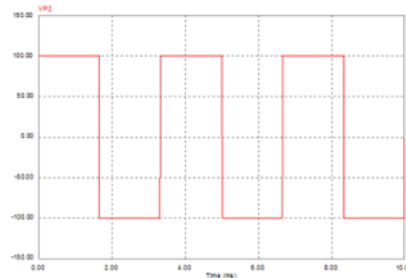
7.3.3.1. GERİLİM KAYNAKLI EVİRİCİLER

iletim sistemlerini (Flexible AC Transmission Systems – FACTS) gerçekleştirmekte kullanılır. FACTS güç elektroniği temelli sistemlerin ve/veya diğer statik ekipmanların, sistem üzerindeki kontrol yeteneğinin ve güç transfer birikiminin artması amacıyla AC elektrik 44 iletim sistem parametresi olarak entegre edilmesidir ve FACTS ekipmanlarının reaktif güç sistemlerini, sistem kararlılığını arttırarak kontrol etmek için yüksek gerilim ve yüksek güç kapasitesindeki gerilim kaynaklı eviricilerin kullanılması

gerekmektedir. Bu tip eviricilerde sistemi besleyen bir gerilim kaynağıdır. Gerilim beslemeli inverterlerde çıkış gerilim dalga biçimi, giriş doğru gerilimi ve anahtarlama yöntemi ile belirlenir. Yük bu dalga biçimine etki edemez. Eğer yük harmonik akımlara yüksek empedans gösteren bir özellik taşıyorsa, bu tip yükün gerilim beslemeli bir inverter ile sürülmesi daha uygundur. Gerilim beslemeli inverterlerde girişteki değişmez doğru gerilim, doğrultucu bir devre çıkışına paralel bağlanan çok büyük bir kapasite ile elde edilebilir. En basit evirici yapısı tek fazlı yarım köprü topolojisidir. Bu devre ile iki seviyeli kare dalga formunda bir çıkış üretilir. Bu tip bir topolojide orta uçlu bir gerilim kaynağı beslemesine ihtiyaç duyulur. Orta ucu oluşturmak için basitçe seri yerleştirilmiş iki kapasite ile doğru akım kaynağı ile beraber kullanılır. Bu iki seviyeli eviriciye ait devre şeması Şekil 4.3'te, çıkış geriliminin dalga formu ise Şekil 4.4'te verilmiştir. Tek fazlı yarım köprü eviricide Şekil 4.1'de de görüldüğü gibi yalnızca 2 anahtarlama elemanına ihtiyaç duyulur. Burada her iki anahtarın aynı anda kapatılmamasına dikkat edilmelidir. Yani bu anahtarlama elemanları mutlaka birbiriyle ters çalışmalı, birisi iletimdeyken diğeri mutlaka kesimde olmalıdır. İki eleman da iletimdeyse kaynak kısa devre olur ve evirici zarar görür.

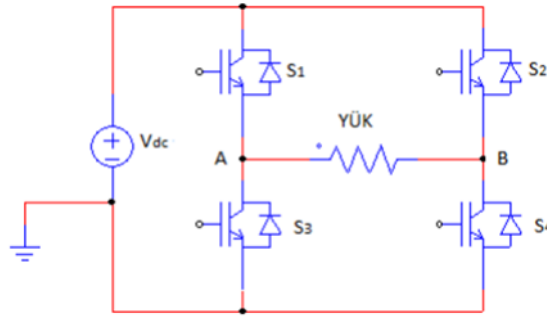


Şekil 36: Yarım Köprü Evirici Devresi

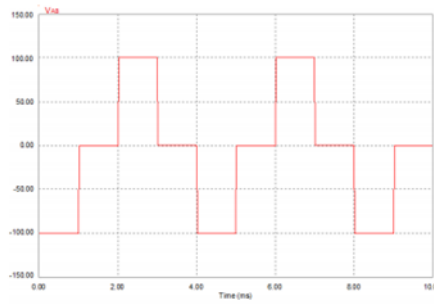


Şekil 37: Yarım Köprü Evirici Devresi Çıkış Sinyali

Üç seviyeli çıkış gerilimi elde etmek için tam köprü evirici topolojisi kullanılmaktadır. Bu tip eviricilerde yarım köprü yapının aksine çıkış olarak üç seviyeli kare dalga formu elde edilebilir. Yapı basit olarak yarım köprü eviriciye bir devre bacağı daha ilave edilmesi ve yükün bu bacaklar arasına yerleştirilmesiyle oluşturulur. Tek fazlı, gerilim kaynaklı tam köprü evirici devresi Şekil 4.5'te çıkış gerilimin dalga formu ise Şekil 4.6'da görülmektedir. Tam köprü konfigürasyonda 4 adet anahtarlama elemanı ve 4 adet diyot bulunmaktadır. Burada yük üzerindeki gerilim V_{AB} 'yi elde etmek için anahtarların çapraz çiftler halinde ilettime geçmesi ve kesime gitmesi gerekmektedir. S1 ve S4 anahtarları iletimde, S2 ve S3 kesimde iken A-B noktaları arasındaki gerilim $V_{AB} = V_{DC}$, S1 ve S4 anahtarları kesimde, S2 ve S3 iletimde iken $V_{AB} = -V_{DC}$ olur. Tam köprü evirici yapısında 0 seviyesini elde etmek için S1 ve S2 anahtarları iletimde iken S3 ve S4 anahtarları kesime getirilir veya tam tersi kombinasyon uygulanır.



Şekil 38: Tam Köprü Evirici Devresi



Şekil 39: Tam Köprü Evirici Devresi Çıkış Sinyali

7.3.3.2.AKIM KAYNAKLI EVİRİCİLER

Akım kaynaklı eviriciler, çok büyük güçlerde tercih edilen ve akımı evirmekte kullanı- lan yapılardır. İnverterin kaynaktan çektiği akımın sabit kalması, doğrultucu bir devrenin çıkışına seri bağlanacak çok büyük bir self (endüktans) ile sağlanabilir. Eğer inverter çıkışındaki yükün harmonik akımlara düşük empedans gösteren bir özelliği varsa, bu durumda akım beslemeli inverter kullanmak daha uygun olur

7.3.3.3.ÇOK KATLI EVİRİCİLER

İki seviyeli gerilim kaynaklı eviricilerde artan anahtarlama frekansı daha kaliteli bir dalga şeklinin oluşmasını sağladığından geleneksel eviricilerde genelde yüksek anahtarlama frekansları ve çeşitli darbe genlik modülasyon (PWM) stratejileri kullanılır. Fakat orta veya yüksek gerilim uygulamalarında geleneksel eviricilerin başlıca anahtarlama kayıpları ve anahtarların anma değerlerindeki kısıtlamadan dolayı yüksek frekansta çalışma için birkaç sınırlama vardır. Ayrıca orta ve yüksek güçlü uygulamalarda geleneksel eviricilerin verimleri düşüktür ve büyük transformatörler kullanılması nedeni ile fiyatın yükselmesi gibi dezavantajlara da sahiptir. Bu nedenle çok katlı eviriciler son yıllarda orta veya yüksek gerilimli uygulamalarda tercih edilmektedir. Çok katlı eviriciler, dağıtılmış enerji kaynakları alanında ilgi odağıdır. Çünkü fotovoltaik piller, yakıt hücreleri, rüzgar türbinleri, mikro türbinler gibi çeşitli farklı doğru akım kaynakları, çok katlı eviriciler yoluyla voltaj dengeleme sorunları olmadan bir yükü veya AC sistemi besleyebilir. Daha önce de belirtildiği üzere gerilim kaynağı eviricileri genelde esnek alternatif akım iletim sistemlerini gerçekleştirmekte kullanılır. 47 Çok katlı eviricilerin özgün yapısı transformatörlü ya da seri bağlı senkronize anahtarlama elemanları kullanılmadan düşük harmoniklerle yüksek gerilimlere ulaşabilmelerine imkân tanımaktadır. Çok katlı eviriciler, girişlerine uygulanan DC gerilimin birkaç seviyesinden anahtarlama yoluyla çıkışta en az şekilde bozuk olan bir sinüsoidal dalga şekline benzeyen bir merdiven dalga şekli meydana getirir. Her bir ilave DA gerilim katı, AA çıkış geriliminin dalga şekline bir basamak ekler. Çok katlı eviricilerin en büyük avantajı düşük anahtarlama frekansında eviricinin çıkış gücünde bir azalma olmadan, çıkış dalga şekillerinde bozulmaların az olmasıdır. Çok seviyeli eviriciler devre topolojileri açısından 3'e ayrılır. Bunlar;

- Diyot kenetlemeli çok katlı eviriciler (diode clamped-neutral point)
- Kapasitör kenetlemeli çok katlı eviriciler (capacitor clamped-flying capacitors)
- Kaskat çok katlı eviricilerdir

7.3.4.AKÜLER

Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo eden, istenildiğinde bunu elektrik enerjisi olarak veren cihazlardır. Güneş Enerjisi ile üretilen enerjinin depolanmasında OPzS akü, jel akü ve kuru akü kullanılır.



Şekil 40: Fotovoltaik Sistemdeki Enerjiyi Depo Eden Aküler

7.3.4.1.OPzS AKÜ

Az bakımlı, Tüplü Sabit Tesis (OPzS) Akümülatörleri sistemlere kesintisiz enerji kaynağı olarak bağlanmak üzere üretilmiş sabit tesis (standby) akülerdir. Kullanıcı için yüzdürme gerilimiyle çalışma sistemiyle minimum bakım gerektirir ve düşük enerji maliyetlidir[2]. Temel özelliği olan düşük antimonlu kurşun alaşımı, kendi kendine deşarjını azaltarak su kaybı oranını büyük ölçüde düşürür. Aktif maddeyi tutuşu ve şarj-deşarj kabiliyeti aynı seviyededir[Şekil 41].



Şekil 41: OPzS Akü

7.3.4.2.JEL AKÜ

Jel Akü modelleri; soğuk ortam sıcaklıklarında daha uzun kullanım ömrü ve daha iyi performans sağlayan silikon jel teknolojisi ile üretilmektedir. Jel Akü modelleri özel seperatör ile donatılmış olup, tam kapalı, bakım gerektirmeyen akülerdir. Jel Akülerin derin deşarj döngüsü AGM aküler ile kıyaslandığında %50 daha fazladır. Yüksek güvenilirlik ve kaliteye sahiptir[Şekil 42].



Şekil 42: Jel Akü

7.3.4.3.KURU AKÜ

Kuru aküler, TP ve TPD (yüksek akım kapasiteli) modelleriyle, performansı ve uygun fiyatlarıyla yaygın bir kullanıma sahiptir. Tamamıyla kapalı, bakımsız kuru tip akülerdir. Çok geniş bir ısı yelpazesinde çalışabilir. Emniyet valfleriyle teçhiz edilmiştir. Uzun ömürlü, sağlam ve uygun dizayn yapısına sahiptir. Çok döngülü çalışma imkânı. Yatay, dikey herhangi bir pozisyonda çalıştırılabilir. Ters çevrilse bile asit sızdırmaz[Şekil 43].



Şekil 43: Kuru Akü

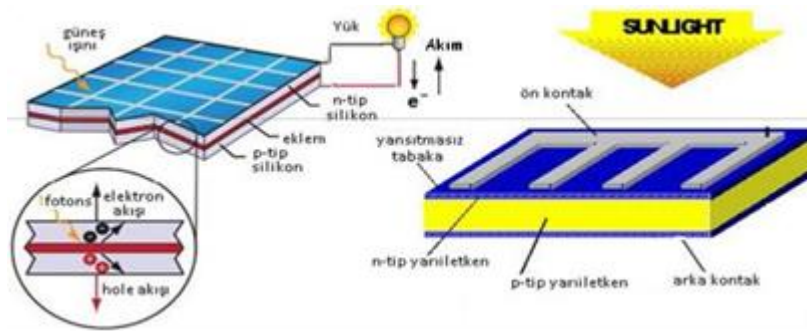
BÖLÜM 8

8.GÜNEŞ PİLLERİNİN PERFORMANSI

8.1. GÜNEŞ PİLLERİ ÇALIŞMA PRENSİBİ

Radyasyon etkisiyle polarize olan katkılı silisyum maddesi, fotonların enerjisi ile serbest hale gelen elekttronların sayesinde bir enerji kaynağına dönüşür.

Işınım etkisiyle bor katkılı potasyum(P) maddesinden ayrılan elektronlar, fosfor katkılı azot(N) maddesinde birikir. N tipi yarı iletkenin çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar dış devre yoluyla P maddesindeki çoğunluk taşıyıcısı boşluklara dönerken enerjilerini devredeki yük üzerine bırakırlar.



Şekil 44: Güneş Pilde Fotovoltaik Güç Oluşumu

Silikon hücre ışınlamı aldığı sürece döngü devam eder ve elektrik enerjisi üretimi de böylece gerçekleşmiş olur.

8.2.GÜNEŞ PİLLERİNİN ÇEŞİTLİLİĞİ VE VERİMLERİ

Gün güneş pillerinin üretiminde hammadde olarak yarı iletken madde olan ve hammadde olarak bolca bulunan silisyum kullanılmaktadır. Güneş pilleri çeşitlerinin üretilen maddelere göre verimleri de farklıdır.

8.2.1.MONOKRİSTAL SİLİKON HÜCRELİ GÜNEŞ PİLLERİ

Monokristal güneş panelleri'nde;

Yüksek verime ulaşabilen mono fotovoltaik hücreleri, düzgün moleküler dizilimli külçelerden kesilmektedir.

Mono ve polikristal güneş panelleri ayırmak için iyi bir yol polikristal solar hücreler yuvarlak kenarlı mı dikdörtgen kenarlı mı bakmaktır. Poly hücreler dikdörtgen kenarlıdır.

Avantajları;

Onlar yüksek dereceli silikondan yapılmıştır ve bu sebeple monokristal en yüksek verimlilik oranlarına ulaşabilir. Monokristal güneş panelleri verimlilik oranları genellikle% 15-20 oranındadır[12].

Solar Dükkan, paneller son kullanıcıya ulaşmadan önce gerekli verim testlerini uygulamaktadır. Düşük verimli güneş panellerini Solar Dükkan'da bulamazsınız.

Monokristal silikon güneş panellerine uzay verimli olarak adlandırılmaktadır. Monokristal güneş panelleri daha az güneşte daha çok üretim sağlayabilir. Akım, volt değerleri orantılaması farklıdır.

Monokristal ve polykristal güneş panelleri uzun ömürlüdür. Almanya'da şuan çalışan 50 senelik paneller mevcuttur (referans senesi= 2014). Çoğu güneş paneli üreticileri monocrystalline güneş panelleri üzerinde 25 yıl garanti sunmaktadır.

Düşük ışık koşullarında benzer puanlı polikristal güneş panellerine göre daha iyi performans eğilimindedir.

Dezavantajları;

Monocrystalline güneş panelleri pahalıdır.

Panel kısmen gölge veya kar ile kapalı ise, bu olumsuz durum tüm paneli üst düzeyde etkiler. Tüm paneli yıkmak gerekebilir.

Monocrystalline güneş panelleri, sıcak havalarda daha verimli olma eğilimindedir.

8.2.2.POLİKRİSTAL SİLİKON HÜCRELİ GÜNEŞ PİLLERİ

Polikristal silikon, aussi polysilikon (p-Si) ve multi-kristal silikon (mc-Si) olarak bilinen tüm dayalı ilk güneş panelleri, 1981 yılında pazara sunuldu. Monocrystalline-tabanlı güneş panelleri aksine, polikristal güneş panelleri yapmak Czochralski işlemi gerektirmez. Ham silikon eritilmiş ve mükemmel bir şekilde kare gofret haline getirilmiş ve kesildiği olan bir kare kalıp içine dökülür.

Avantajları;

Polikristalin silisyum yapmak için kullanılan yöntem daha basit ve daha az maliyetli. Atık silikon tutarı monokristalin ile karşılaştırıldığında daha düşüktür.

Polykristalli güneş panelleri; monokristal güneş panellerine göre daha düşük ısı toleransı gösterir.

Dezavantajları;

Polikristal-tabanlı güneş panelleri verimliliği genellikle 13-16% oranındadır. Düşük saflık silikon, polikristal güneş panelleri monocrystalline güneş panelleri gibi oldukça verimli değildir.

Monokristal güneş panellerine göre aynı güç üreten sistem alanı daha büyüktür (kalite ve markaya göre değişkenlik gösterir).

8.2.3.AMORF İNCE TABAKA GÜNEŞ PİLLERİ

Bir alt-tabaka üzerine bir ya da fotovoltaiik malzeme bir kaç ince tabakalar bırakılması, ince film solar hücre Prefabrik nasıl temel özü olduğunu. Onlar aussi ince film fotovoltaiik hücreler (TFPV) olarak bilinir. İnce film solar hücreleri, farklı türde fotovoltaiik malzeme alt-tabaka üzerine biriktirilmektedir ki tüm göre kategorize edilebilir:

Amorf silisyum (a-Si)

Kadmiyum tellür (CdTe)

Bakır indiyum galyum selenid (BDT / CIGS)

Organik fotovoltaiik hücreler (OPC)

Teknolojisine bağlı olarak, ince film modülü prototipler-var% 7-13 ve modüller yaklaşık % 9 çalışmasına çıktı Arasında Etkinlikleri Ulaştı. Gelecek Modül verimlilik yakın yaklaşık % 10-16 tırmanmaya bekleniyor. [4]

İnce film PV pazarı, 2011 yılında [5]. 2002-2007 60 yıllık% oranında büyüdü konut sektöründe ABD fotovoltaiik modül Gönderiler % 5 yakın ince film dayanmaktadır[1].

İnce film güneş panelleri

Avantajları;

Kütle-üretim basittir ve ucuzdur.

Onların homojen görünümü daha çekici görünmesini sağlar.

Yeni potansiyel ile birçok uygulamalar açılır, esnek üretimler sağlanabilir.

Yüksek sıcaklıklar ve gölgeleme-sahip güneş paneli performansı üzerinde daha az etkilidir.

Alan bir sorun olmadığı durumlarda, ince film güneş panelleri mantıklı olabilir.

Dezavantajları;

İnce film güneş panelleri ucuzdur ama çok alan gerektirir.

Verimleri düşüktür.

8.2.4.CIS(Copper Indium) GÜNEŞ PİLLERİ

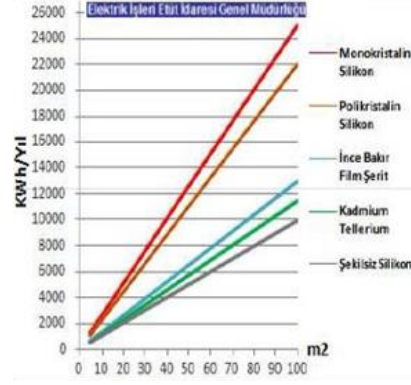
CIS (Copper-Indium-Diselenid - Bakır-İndiyum-Diselenid) güneş pilleri diğer güneş pillerine göre çok daha ince tabakalı ve verimlilik kapasitesi %10 civarında olan güneş pilleridir. CIS güneş pillerinin ince yapılı olması montajının kolay olması, maliyetinin düşmesi, geniş yüzeylerde uygulamasının kolaylaşması, hafiflik gibi birçok avantaj sağlamaktadır.

8.2.5.GALİYUM ARSENİT(GaAs)

Kızılötesi ışınlara aşırı duyarlı bir bileşiktir. CPV sistemlerle verimi %30'a kadar çıkmaktadır.

8.3.GÜNEŞ PİLLERİNİN IŞINIM ALTINDA PERFORMANSI

Bir yarı iletken maddenin ışığa, ışıma(radyasyon) karşı duyarlılık derecesi, o maddenin verimini ve modül performansını belirler.



Şekil 45: Fotovoltaik Sistemin Kazanç Değerleri

Sistem tasarımı yaparken verim-maliyet analizi için yukarıdaki verilerden yararlanılır.

BÖLÜM 9

9.1.GÜNEŞ PİLİ TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Fotovoltaik hücrelerden yararlanmak veya bu hücrelerden fotovoltaik modüller oluşturabilmek için hücrelerin teknik özelliklerinin bilinmesi gerekir.

9.1.1.MONOKRİSTAL SOLAR HÜCRE VERİLERİ

Verim	: %22.5
Güç	: 3.42 Wp
Maksimum Güç Akımı	: 6.28 A
Maksimum Güç Voltajı	: 0.58 V
Açık Devre Voltajı	: 0.68 V

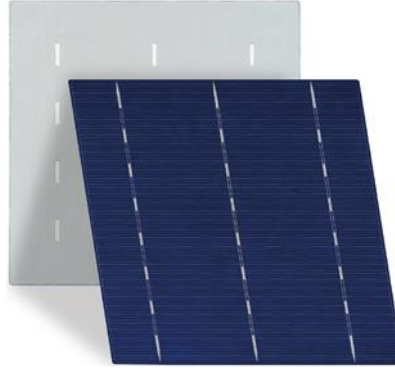


Şekil 46: Monokristal Panel

Hücre Ölçüleri	: 125mmX125mm
Çap	: Ø160 mm
Kalınlık	: $165 \times 10^{-6} \text{ m} + 40 \times 10^{-6} \text{ m}$
Test Şartları	: 1000 W/m^2 , 13:30 AM, 25 C

9.1.2.POLİKİKRİSTAL SOLAR HÜCRE VERİLERİ

- Hücre Tipi: polikristal
- Hücre Verimliliği: 17.95%'e kadar
- Ortalama Gücü: 4.33W'e kadar
- Boyutlar: formatı 156x156mm ± 0.5 mm, kalınlığı 200 μ m ± 20 μ m
- Ön tarafı (-): 1.4mm busbar (gümüş), mavi yansıma önleyici kaplama (silisyum nitrür)
- Arka tarafı (+): 1.8mm lehim yastıkları (gümüş), arka yüzey alanı (alüminyum)
- Veri sayfası: CSUN-M156-3BB-96



Şekil 47: Polikristal Hücre

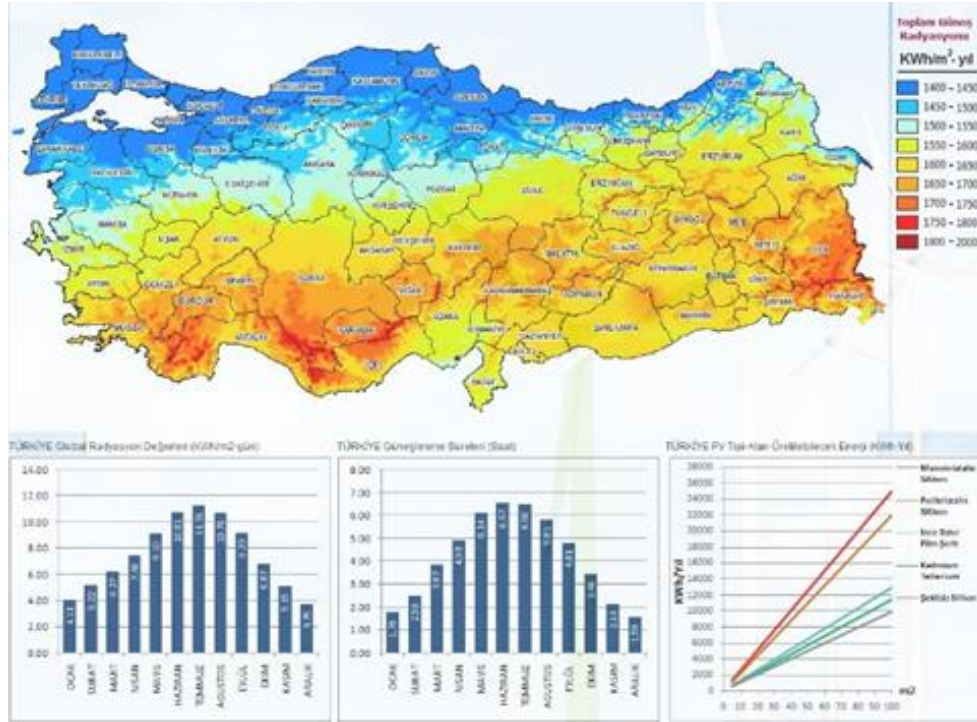
BÖLÜM 10

10.FOTOVOLTAİK SİSTEMİN GENEL PERFORMANSI

PV paneller bina kabuğu ile düşey (cephede) ya da yatay (çatıda) olarak birleştirilebilmektedir. Modül ebatları, formları ve renkleri, PV panellerin binalarda kullanımında tasarımı etkileyen özelliklerdir. Konum, yönlendirme ve yüzey eğim açısı, gölgelenme, panel tipi, bakım ve temizlik, modüllerin arkasında oluşan sıcaklık gibi etmenler ise PV panellerden sağlanacak performansı / verimi etkilemektedir.

10.1.KONUM

Dünyanın geoit şeklinde olmasından dolayı güneş ışınlarının yeryüzüne düşme açısı bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir. Bu nedenle kabuğunda PV panel tasarımı yapılacak olan bir binanın bulunduğu bölgenin yıllık güneşlenme değerleri, panelden elde edilecek enerjiyi doğrudan etkilemektedir. Türkiye güneşlenme haritasına göre; güneş açısından performansı en yüksek bölgelerin başında Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1460 kWh/m² -yıl ile birinci sırada yer almaktadır, Akdeniz Bölgesi ise 1390 kWh/m² -yıl ile onu takip etmektedir [Şekil 47]. Ülkemizin en düşük güneşlenme değerlerine sahip olan Karadeniz Bölgesi bile 1120 kWh/m² -yıl'lık potansiyeli ile dünya sıralamasında önemli bir yere sahiptir[8].



Şekil 48: Yıllık Güneşlenme Süreleri

10.2. YÖNLENDİRME VE YÜZEY AÇISI

Panelden elde edebileceğimiz enerji miktarı; binanın bulunduğu enleme ve panelin yüzey ile yaptığı eğim açısına göre değişmektedir . Panellerin uygulanması gereken yön güneydir. Ancak performans düşüklüğü göz önüne alınarak Güney-Doğu ve Güney-Batı yönlerinde de uygulama yapılabilir. Türkiye’de PV panellerin yaz ve kış ortalamasına göre optimum yerleştirme açısı 30 derece ’dir [8]. Farklı yön ve açılarda yerleştirilen PV panellerdeki performans düşüşü, modül tipine göre farklılıklar gösterir. Türkiye şartlarında 10 derece ile 30 derece arasındaki yıllık performans farkı %15’i geçmeyecektir.

10.3.GÖLGELENME

PV panellerin performansı bir çok etmenden etkilenebilir ama en önemlilerinden birisi gölgelemedir. Gölgelemeye sebep olabilecek etmenler; komşu binalar, ağaçlar ve çalılar, telefon direkleri olarak sayılabilir. Özellikle şehir ve kent merkezlerinde yakın konumlanmadan dolayı birbirlerinin üstüne gölge düşürmektedirler. Ya da bazen tasarımdan dolayı binanın kendi kendini gölgelemesi de mümkündür. Bu gibi durumlar panelin performansını düşüreceği için tasarım esnasında doğru kararlar verilmeli ve PV panel sistemi

doğru projelendirilmelidir. Gölgelemeye sebep olabilecek bir diğer etmen ise ağaçlardır. Tasarım esnasında çevredeki ağaçlar iyi analiz edilmeli ve hatta mümkünse kışın yaprak döken ağaçlar tercih edilmelidir. Böylelikle kışın daha düşük açıyla gelen güneş ışınlarının panel üzerine düşürülmesi kolaylaşmaktadır.

10.4.PANEL TİPİ

PV panelin modüler geometri açısından estetiği, özellikleri, ebatları, rengi ve montaj sistemi (çerçevesiz ya da çerçeveli) hem yapının görünüşünü hem de sistemden elde edilebilecek enerji değerlerini etkilemektedir . Güneş hücreleri genellikle mavi, lacivert ve siyah renklerde üretilirler. Gri, yeşil, kırmızı, sarı ve turuncu renkleri de üretilmektedir. Ancak bu renklerin standart üretimi olmadığından genellikle diğerlerine oranla biraz daha pahalıdırlar. Ayrıca hücre yapımında kullanılan malzeme de performansı etkileyen önemli etmenlerden birisidir. Tablo 1’de farklı malzemelerle üretilen güneş hücrelerinin performans değerleri ve alan gereksinimleri verilmiştir .

Panel Tipi	Performans (%)	Alan (m ² /kWp)
Yüksek Performanslı	17-18	6-7
Mono Kristal Silisyum	12-15	7-9
Poli Kristal Silisyum	11-14	7-10
İnce Film Bakır İndiyum Selenoid	9-11	9-11
İnce Film Kadmiyum Tellur	6-8	12-17
İnce Film AmorfSilisyum	5-7	14-20

Tablo 1: Farklı Malzemelerle Üretilen Güneş Hücrelerinin Performansı

10.5. MODÜLLERİN ARASINDA OLUŞAN SICAKLIK

Modül sıcaklığı arttıkça PV performansı düşmektedir. PV paneller güneş enerjisinin %5-25’ini elektrik enerjisine dönüştürürler. Bu nedenle güneş enerjisinin fazlası modüllerde ısınmaya sebep olur. Kristal silisyum hücreler bu sıcaklıktan amorf silisyum hücrelere oranla daha fazla etkilenirler. Bu nedenle daha fazla performans düşüklüğü gösterirler. PV ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı güneş ışığı yoğunluğuna göre değişir ve bazen 400C üzerine kadar çıkabilir. Yaz aylarında dış ortam sıcaklığı yüksek olduğundan PV sıcaklığı 70 -

750C'ye kadar yükselebilir. 250C modül sıcaklığında modüllerde oluşan her 10C artış %0.4 – 0.5 enerji düşüşüne neden olur. PV arkasında oluşan sıcaklık panellerin havalandırmasıyla doğrudan ilişkilidir. Eğer PV arka yüzeyinden havalandırma imkanı vermeyecek şekilde monte edilirse, arka yüzeyde oluşacak sıcaklık nedeniyle performans düşer. Bunun yerine, montaj yüzeyi ile PV panel arka yüzeyi arasında bir hava boşluğu bırakılarak doğal havalandırma sağlanırsa istenmeyen sıcaklık etkileri önlenmiş olur. Tablo 2'de kristal silikon modüllerden oluşan bir PV panelin çatı ve cephe sistemi ile bağlantılarında, arkasında havalandırma yapıp yapılmamasına bağlı olarak oluşan güç azalmalarına ilişkin bazı gösterge değerler verilmiştir. Bu değerler, çevreden 220C daha sıcak olan ve tamamen serbest duran bir PV sıranın güç çıktısı ile karşılaştırılarak belirlenmiştir. PV panel arkasında oluşan ortalama sıcaklık değeri tabloda da görüldüğü gibi, havalandırma yapılması halinde 290C iken, havalandırma yapılmaması durumunda 430C'a kadar yükselebilmektedir.

Havalandırma Durumu	Çatı	Cephe
İyi havalandırma	%2.1 (29 ⁰ C)	%3.9 (35 ⁰ C)
Zayıf havalandırma	%2.6 (32 ⁰ C)	%4.8 (39 ⁰ C)
Havalandırma olmadan	%5.4 (43 ⁰ C)	%8.9 (55 ⁰ C)

Tablo 2: Havalandırma Durumuna Göre Panel Verimliliği

10.6. PANEL TEMİZLİĞİ

Paneller belirli periyotlar ile temizlenmez ise ışımaları yeterli seviyede alamayarak istenilen performansa ulaşamayacaklardır. Panel temizliğinde ise uygun teknik ve malzemeler kullanılmalıdır. Temizlik ve bakım yapılırken yüksek gerilime dikkat edilmelidir. De İyonize Saf Su ve karbon fiber uzatma borularının iletkenliği çok azdır, daha verimli temizlik yapılmasını sağlar. Endüstriyel çatılarda bulunan santrallerin temizliği yapılırken yüksekte düşme riskine karşı uzatma boruları kullanılarak en uçtaki PV panelleri de kolaylıkla temizlik yapılmalıdır. PV paneller temizlenirken üzerine basılmamalı ve yürünmemelidir. Üzerine basılan panellerde gözle görülmeyen mikro çatlaklar oluşmaktadır. Oluşan bu çatlaklara giren yağmur veya temizlik suyu santrale ciddi zararlar verebilir. Oluşan bu mikro çatlakları termal kamera ile görmek mümkündür. Kuyu veya taşıma suyla yapılacak temizlik santralin korozyona uğramasına ve ömrünün kısalmasına neden olacaktır. GES'ler her mevsim başlangıcında De İyonize Saf Su ve uygun malzeme

ile temizlenmelidir. Paneller solar fırçaları ile temizlenmelidir. Temizlik ve bakım aynı zamanda yapılmalıdır. Aralıklı verilecek temizlik hizmet sürelerini kaçırmamak, zamanında verilmesine dikkat etmek gerekir.



Şekil 49: Fıskiye ile Panel Temizliği



Şekil 50: Fırça İle Panel Temizliği

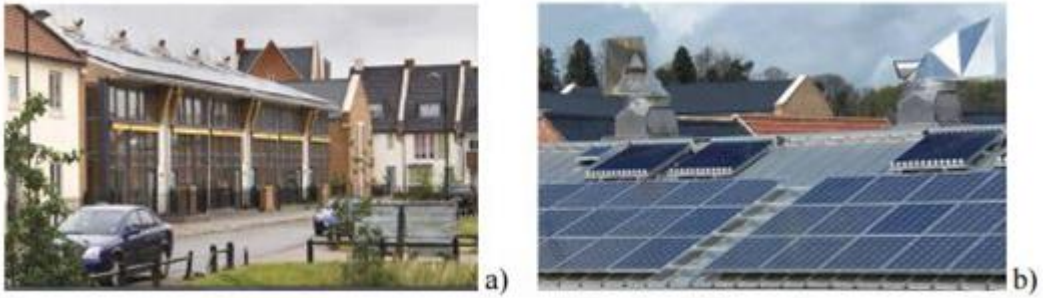
BÖLÜM 11

11.MEVCUT FOTOVOLTAİK UYGULAMALARIN ANALİZİ

Bu bölümde İngiltere ve Türkiye’den seçilmiş PV panel uygulamaları incelenecektir.

11.1. UPTON ZED TERRACE

İngiltere’nin Northampton bölgesinde yer alan Upton yerleşkesi toplam 350 birimden oluşmaktadır. Tüm birimler yerel mimarlar tarafından Zed (Zero Energy Development) standartlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Ayrıca 350 birimden 6 adet sıra ev (terrace), 2007 yılında sürdürülebilir konutlar için çıkartılan bir başka standarta (Code for Sustainable Homes: CfSH) göre tasarlanarak uygulanmış ve CfSH’ye uygun ilk tasarım olarak sertifika almıştır. Üç yatak odalı ve 100 m² taban alanına sahip 6 bağımsız bölümden oluşan bu konutların elektrik ihtiyacı ortalama 3208 kWh/y olarak belirlenmiştir. Güney yönündeki çatı alanında yer alan PV paneller, monokristalin silikon ve 180 Wp modüller ile oluşturulmuştur.

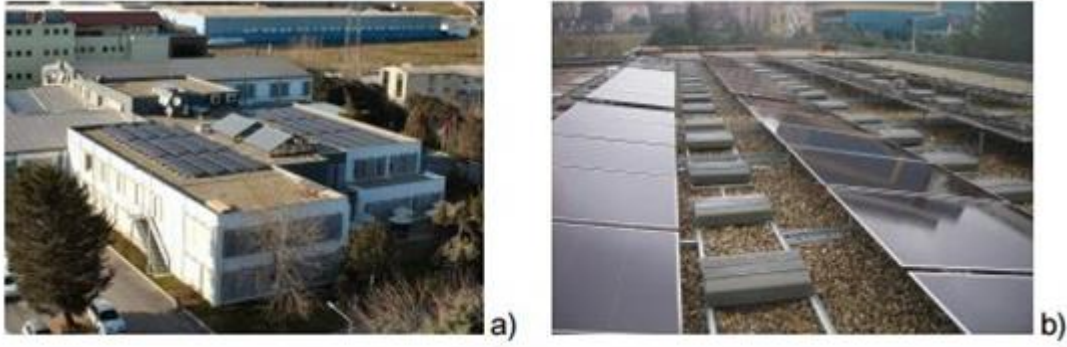


Şekil 51: UPTON ZED TERRACE

11.2.Lİ FUNG CENTRE

2011 senesinde yapımı tamamlanmış olan Li Fung Centre ofis binası İstanbul YeniBosna’da bulunmaktadır. Sürdürülebilir bir mimari anlayış ile tasarlanan ve 8000 m² kapalı alana sahip olan bina, Amerikan Yeşil Bina Konseyi (US Green Building Council) tarafından LEED Gümüş sertifikası ile ödüllendirilmiştir. 1982 yılında inşa edilmiş ve matbaa olarak kullanılan yapının mevcut strüktürel elemanları korunmuş ve binaya yeni bir işlev kazandırılarak ofis binasına dönüştürülmüştür. Çatısında 144 adet ince film panelden oluşan PV sisteme sahiptir ve her bir panel 120 Wp gücündedir. Paneller güneybatı yönünde 100 eğimle tasarlanmıştır. Uygulamada dikkat edilen en önemli nokta, panellerin çatı ile

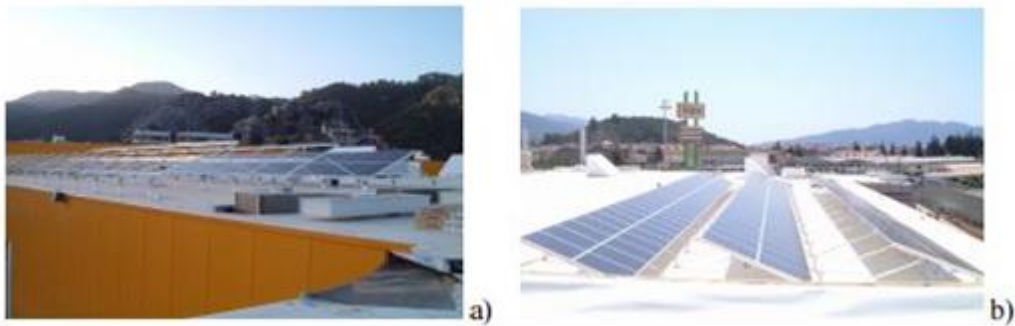
bağlantısında mevcut ısı ve su yalıtımının zarar görmemesidir. Panellerin yerleştiği yöne ve bina geometrisine göre hesaplanan rüzgar yüklerine karşı koyacak ağırlıktaki beton bloklar, taşıyıcı sistemde aşağı yönde kuvvet yaratacak şekilde yerleştirilmiştir ve çatı katmanlarında hiçbir delme işlemi yapılmasına gerek kalmamıştır.



Şekil 52: Lİ FUNG CENTRE

11.3. KİPA MARMARİS

Kipa (Kitle Pazarlama Ticaret ve Gıda Sanayi A.Ş.) Muğla'nın Marmaris ilçesinde 725 m2 kapalı alanıyla hizmet veren bir alışveriş merkezidir. 2007 yılında yapımı tamamlanan Marmaris Kipa mağazası ile birlikte ilk defa Kipa mağazalarında güneş enerjisi kullanılmaya başlanmıştır. Mağazanın çatısına yerleştirilen 30 kWp kurulum gücüne sahip PV sistem; günde ortalama 195 kWh elektrik üretirken, günde ortalama 130 kg. CO2 gazının atmosfere salımını da engellemektedir.



Şekil 53: Kipa Marmaris

İncelenen 4 binadaki PV panel uygulamalarına ilişkin analiz sonuçları, performansı etkileyen etmenlerle ilişkili olarak aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Bina Analiz Sonuçlarının Performansı Etkileyen Etmenlerle İlişkilendirilmesi.

Binanın Adı, Bulunduğu Yer	Konum		Panel Açısı ve Yönü	Gölgeleme	Panel Tipi	Modüllerin Arka Yüzeyinde Havalanma	Bakım ve Temizlik
	(Enlem-Boylam)	Yıllık Güneş Enerjisi kWh/m ² -yıl					
Upton Zed Terrace İngiltere, Upton	52°	751	19° Güney	Yok	Mono Kristal	Var	Var
Jubilee Campus İngiltere, Nottingham	53°	967	0°	Yok	Mono Kristal	*	*
Li Fung Centre Türkiye, İstanbul	41°	1168	10° Güney Batı	Yok	İnce Film	Var	*
Kipa Türkiye, Marmaris	37°	1390	30° Güney	Yok	Poli Kristal	Var	Var

Tablo 3: PV Panel Uygulamaları Analiz Sonuçları

BÖLÜM 12

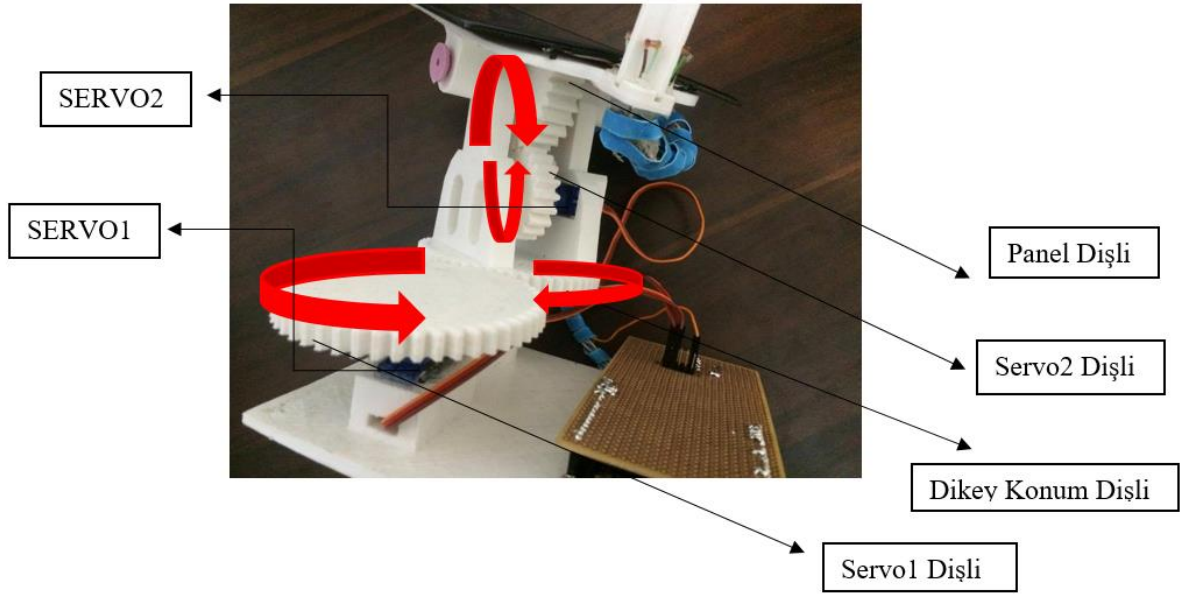
12.İŞIĞA YÖNELEN GÜNEŞ PANELİ PROJESİ

Gün içerisinde güneş ışınları panellere sürekli değişen açılarla gelmektedir. Bu açı farkları ise panel üzerindeki ışıma farkından dolayı performansı aşırı derecede etkilemektedir. Hareketli fotovoltaiik sistemde ise paneller güneş ışınları sürekli dik açıyla alarak maksimum enerji üretmeyi amaçlamaktadır.

Hareketli mekanizmayı tasarlarken iki eksen de istenilen açıya gelebilmesi için servo motorlar ve ışıma göre mekanizmayı döndürmek için LDR ışık sensörleri kullanılmaktadır.

12.1.MEKANİZMA TASARIMI

Hareketli panel sisteminde 4 adet dişli kullanılmaktadır. Bu dişliler panelin yatayda açısını ve dikeyde konumunu belirlemek için kullanılır.



Şekil 54: Hareketli Panel Mekanizması

12.1.1.PANEL DİŞLİ

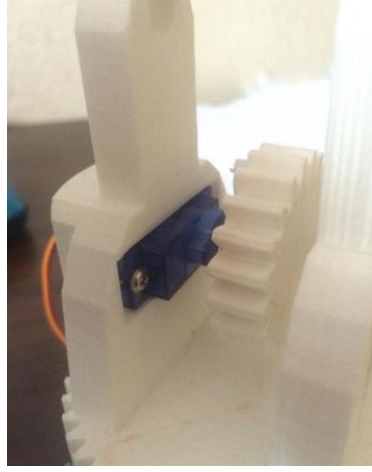
Bu dişli mekanizma panelin bağlı olduğu düzlemde paneli yatay eksende açısını ayarlayarak uygun konuma getirip güneş ışınlarını en uygun açıyla alacak dereceyi sağlayacak en son dişlidir.



Şekil 55: Panel Dişlisi

12.1.2.SERVO2 DİŞLİ

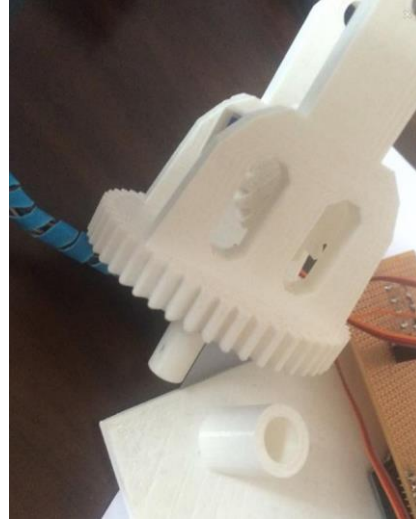
Servo dişli; iki numaralı servo motora direk bağlı dişli mekanizmadır. Bu mekanizma üst taraftaki panele bağlı dişli mekanizmasını harekete geçirerek panelin konumunu ayarlamaya yarar.



Şekil 56: Servo2 Dişlisi

12.1.3. DİKEY KONUM DİŞLİ

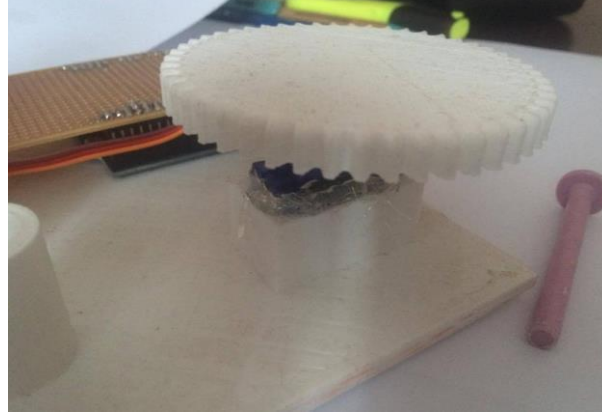
Komple panelin olduğu bölümün en altında bulunan dişlidir. Bu dişli panelin bulunduğu bölümü komple dikeyde derecesini ayarlayarak konumunu belirlemeye yarar.



Şekil 57: Dikey Konum Dişlisi

12.1.4.SERVO1 DİŞLİ

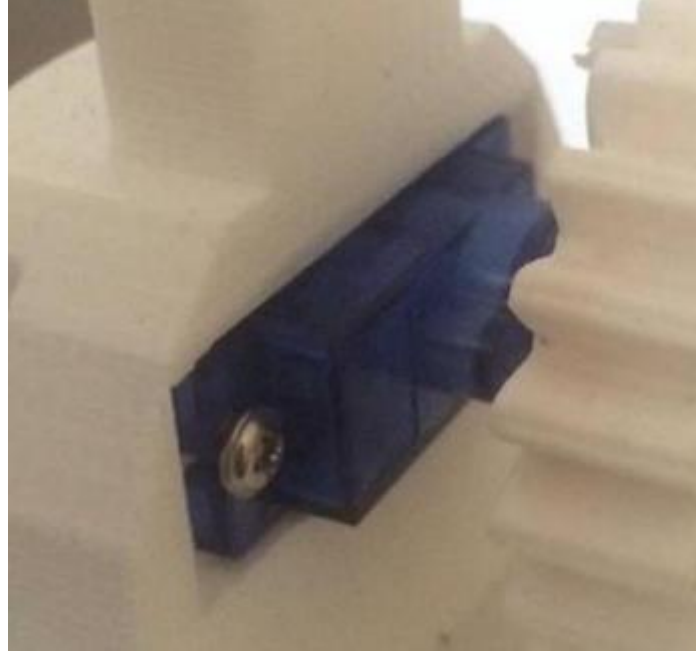
1 numaralı servo motora bağlı dişli mekanizmadır. Bu dişli mekanizmayı açısıl olarak kendi ekseninde döndüren servo motordun dişlisidir. Panel güneşi görececek açıya geldiğinde servo1 işlemini tamamlamış olur ve aktif durumdan pasif duruma geçer.



Şekil 58: Servo1 Dişlisi

12.1.5.SERVO2

Paneli açısıl olarak çeviren dişli mekanizmaya güç veren servo motordur.



Şekil 59: Servo2

12.1.6.SERVO1

Paneli kendi eksenini etrafında açısally olarak çevirmeye yarayan servo motordur.



Şekil 60: Servo1

BÖLÜM 13

13.KULLANILAN PARÇALAR

13.1.GÜNEŞ PANELİ

Bu sistemde 7cm güneş paneli kullanılmıştır. Bu güneş panelleri ; 12v 1.5W güneş paneli,dönüşüm oranı yüksek, yüksek verim çıkışı küçük çaplı projeler için ideal panellerdir.

Güç: 1.5W

Gerilim: 12v

Malzeme: polikristal

Boyutu: 115x85mm

Ağırlığı: 38g



Şekil 61: 7cm Güneş Paneli

13.2.ARDUINO UNO

Arduino, açık kaynak kodlu bir mikrodenetleyici kartıdır. Ana MCU Atmel tabanlıdır. (MCU'ya önceden bir mini program – bootloader yüklenmiştir). Kart ile robotik ve elektronik uygulamalarınızı kolayca gerçekleştirebilirsiniz.

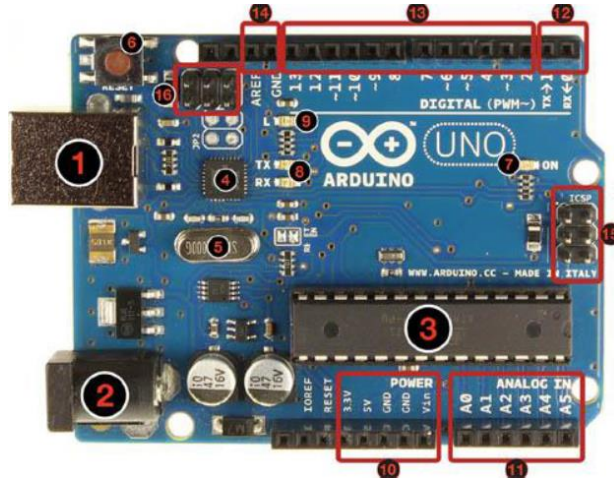
Bu kadar popüler olmasının bir kaç nedeni vardır. Bunlar:

- Açık kaynak kodludur. (Devre şemasından, programlama arayüzüne kadar...)
- Program geliştirmek basittir. Gerçekten çok basittir. Aynı kart üzerinden hem programlanır hem test edilebilir.
- Arduino'da kullanılan programlama dili de basittir. Bolca örneği mevcuttur.
- Ve bana göre en önemlisi çok yaygın kullanıcısı mevcuttur. Yani büyük olasılıkla yapmak istediğiniz projelerin benzerleri de önceden yapılmıştır. Diğer proje yapımcılarıyla daha kolay bilgi alışverişinde bulunabilirsiniz.

Arduino ya da herhangi bir mikrodnetleyici sistemi kullanmak için ilk olarak düzgün çalışma ortamını sağlamanız gerekir. Arduino grubu mikrodnetleyiciler için gerekenler:

- Arduino UNO, PRO Mini, Mega, Leonardo.. gibi bir Arduino kartınız.
- Karta uygun USB kablonuz. USB yazıcı kablosu ya da mikroUSB kablosu gerekecektir.
- Arduino IDE programı (Az sonra uzun uzun değineceğim)
- Ve tabi Arduino ile uyumlu çalışacak nazlanmayacak* bir bilgisayar

Arduino kartlarının eski modellerinde bilgisayarla uyumlu çalıştırmak biraz zor olabiliyordu. Özellikle Leonardo serisiyle bu sorun ortadan kalktı.



Şekil 62: Arduino UNO

- 1 : USB girişi
- 2 : Power girişi (7-12 V DC)
- 3 : Mikrodnetleyici ATmega328
- 4 : Haberleşme çipi
- 5 : 16 MHz kristal
- 6 : Reset butonu
- 7 : Power ledi
- 8 : TX / NX ledleri
- 9 : Led
- 10 : Power pinleri

11 : Analog girişler

12 : TX / RX pinleri : RX veriyi alır yaymak TX veriyi yayar. 13 : Dijital giriş / çıkış pinleri (yanında ~ işareti olan pinler PWM çıkışı olarak kullanılabilir.)

14 : Ground ve AREF pinleri

15 : ATmega328 için ICSP

16 : USB arayüzü için ICSP

Arduino IDE programı ile Arduino'ya yükleyeceğimiz yazılımları oluşturuyoruz. Program görüntüsü aşağıda yer almaktadır. Son derece basit bir arayüzü vardır.



Şekil 63: Arduino Program Arayüzü

Her programın temeli olan Led yakıp söndürme ile başlayalım. (Arduino IDE programı içinde bunun gibi bir çok program da hazır) File/ Examples/ Basics seçeneklerindenBlink programını seçiniz. Program yukarıda yer almaktadır. Dijital çıkışlardan 13 numaralı hazır olarak Led'e bağlanmış Pini 1 saniye yüksek (5V) yapıp 1 Saniye düşüğe (0V'a çekecektir). Arduino kartınıza programı yüklemeyen önce (Upload) Tools / Board seçeneğinden doğru kartı seçtiğinize emin olunuz.

Karta programın derlenip yüklenmesi için Yatay olan ok tuşuna basınız. Yatay ok'un yanındaki Tick butonu programınızı derler bu şekilde herhangi bir sorun olup olmadığını yüklemeyen önce görebilirsiniz. Upload ettikten sonrasında 13 numaralı pinin yanındaki led 1'er saniye aralıklarla yanıp sönmeye başlayacaktır. Delay sürelerini değiştirerek ledin yanma süreleriyle oynayabilirsiniz.

Arduino 'nun temel bileşenleri : Arduino geliştirme ortamı (IDE), Arduino bootloader (Optiboot), Arduino kütüphaneleri, AVR Dude (Arduino üzerindeki mikrodnetleyici programlayan yazılım) ve derleyiciden (AVR-GCC) oluşur.

Arduino yazılımı bir geliştirme ortamı (IDE) ve kütüphanelerden oluşur. IDE, Java dilinde yazılmıştır ve Processing adlı dilin ortamına dayanmaktadır. Kütüphaneler ise C ve C++ dillerinde yazılmıştır ve AVR-GCC ve AVR Libc. ile derlenmiştir..

Optiboot bileşeni Arduino 'nun bootloader bileşenidir. Bu bileşen, Arduino kartlarının üzerindeki mikrodnetleyicinin programlanmasını sağlayan bileşendir.

Arduino 'nun bu kadar çok tercih edilmesini sağlayan en önemli bileşen ise mikrodnetleyici konusunda detaylı bilgi sahibi olmayı gerektirmeden herkesin programlama yapabilmesini sağlayan Arduino kütüphaneleridir. Arduino kütüphaneleri, geliştirme ortamı ile birlikte gelmekte ve "libraries" klasörünün altında bulunmaktadır. Kodları inceleyerek mikrodnetleyicilerin nasıl programlandığını ve kütüphanelerin yapısını görmemiz mümkündür.

Son olarak AVR Dude bileşeni ise derlenen kodları programlamak için kullanılır.

Arduino kütüphaneleri ile kolaylıkla programlama yapabilirsiniz. Analog ve digital sinyalleri alarak işleyebilirsiniz. Sensörlerden gelen sinyalleri kullanarak, çevresiyeye etkileşim içerisinde olan robotlar ve sistemler tasarlayabilirsiniz. Tasarladığınız projeye özgü olarak dış dünyaya hareket, ses, ışık gibi tepkiler oluşturabilirsiniz.

Arduino 'nun farklı ihtiyaçlara çözüm üretebilmek için tasarlanmış çeşitli kartları ve modülleri mevcuttur. Bu kart ve modülleri kullanarak projelerinizi geliştirebilirsiniz.

Arduino tüm bu avantajlı özelliklerine rağmen, tüm projelerinizi sıfır elektronik ve yazılım bilgisi ile çabucak yapabileceğiniz bir araç değildir. Hazır kütüphaneleri ve örnekleri kullanarak belli bir yerden sonra tıkanmamak için Arduino ile birlikte elektronik ve yazılım da öğrenmeniz gerekir.

Arduino kartlarının getirdiği kolaylıkların bir götürüsü olarak Arduino kartlarda Atmega mikrodnetleyicilerin performansını %100 kullanamazsınız.

Arduino ile çalışmaya başlamadan önce Arduino hakkında temel bilgileri edinmeniz faydalı olacaktır. Sonrasında sizin için uygun olan Arduino kartını (Arduino Uno, Arduino

Mega 250, Arduino Leonardo... vs) seçip bir adet edinmelisiniz. Tüm Arduino kartları aynı şekilde programlanabilir, ancak farklı kartların farklı özellik ve fonksiyonları olur. Örneğin sıklıkla tercih edilen 2 Arduino kartı, Arduino Uno ve Arduino Mega;

13.3.LDR IŞIK SENSÖRÜ

Projede 4 adet LDR ışık sensörü kullanılmıştır. Hassasiyeti arttırmak için daha kaliteli ve daha fazla ışık sensörü kullanılabilir. Ne kadar fazla sensör kullanılırsa hassasiyet o kadar artacaktır.

Parametre/tipi	gl3516	gl3526	Gl3537-1	Gl3537-2	Gl3547-1
Max. Gerilim(VDC)			100		
Max. Güç(mw)			50		
spektrumtepeDeğeri(nm)			540		
ışık direnci(k ohm)	5-10	10-20	20-30	30-50	50-100
Koyu direnci(m ohm)	0.6	1	2	3	5
Ve gama; ¹⁰⁰ ₁₀	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8
Tepki süresi(artış)			30ms		
Tepki süresi(azalış)			50ms		
çalışma sıcaklığı(santigrat)			- 30- 70		

Tablo 4: LDR Işık Sensörü Özellikleri



Şekil 64: LDR Işık Sensörü

13.4.SERVO MOTOR

D.C servo motorları, genel olarak bir D.C. motoru olup, motora gerekli D.C. aşağıdaki metotlardan elde edilir.

- 1-Bir elektrik yükselteçten.
- 2- A.C. akımın doyumlu reaktörden geçirilmesinden.
- 3-A.C.akımın tristörden geçirilmesinden.
- 4- Amplidin, retotrol, regüleks gibi dönel yükselteçlerden elde edilir.

D.C. servo motorlar çok küçük güçlerden çok büyük güçlere kadar imal edilirler(0,05 Hp den 1000 Hp ye kadar). Bu motorlar klasik D.C. motorlar gibi imal edilirler. Bu motorlar

küçük yapılıdır ve endüvileri (yükseklik . uzunluk / Çap oranıyla) kutup atalet momentini minimum yapacak şekilde tasarlanırlar. Küçük çaplı ve genellikle içerisinde kompanzasyon sargısı olan, kuvvetli manyetik alanı boyu uzun doğru akım motorlarına da servo motor denir. D.C. servi motor çalışma prensibi açısından aslında, Statoru Daimi Mıknatıs bir D.C. motordur. Manyetik alan ile içinden akım geçirilen iletkenler arasındaki etkileşim nedeniyle bir döndürme momenti meydana gelir. Bu döndürme momenti manyetik alan vektörü ile sargı akım vektörü arasındaki açı 90° olduğunda maksimum değeri alır. Bir D.C. servomotorda fırçaların konumları, her iki dönüş yönü için de döndürme momenti açısının 90° olmasını sağlayacak şekilde belirlenmiştir. Kolektör segmentlerinin fazla olması neticesinde momentin sıfır bir noktada rotorun hareketsiz kalması engellenmiş olur.

Sanayide kullanılan çeşitli doğru akım motorları vardır. Servo sistemlerde kullanılan doğru akım motorlarına ise D.C. servomotorlar adı verilir. D.C. servomotorlarda rotor eylemsizlik momenti çok küçüktür. Bu sebepten piyasada çıkış momentinin eylemsizlik momentine oranı çok büyük olan motorlar bulunur.

Bazı D.C. Servomotorların çok küçük zaman sabitleri vardır. Düşük güçlü D.C. servomotorlar piyasada genellikle bilgisayar kontrollü cihazlarda (disket sürücüler, teyp sürücüler, yazıcılar, kelime işlemciler, tarayıcılar vs.) kullanılırlar. Orta ve büyük güçlü servomotorlar ise sanayide genellikle robot sistemleri ile sayısal denetimli hassas diş açma tezgâhlarında kullanılır. D.C. motorlarda alan sargıları rotor sargılarına seri veya paralel bağlanır. Endüvi sargılarından bağımsız olarak uyarılan alan sargılarının akısı Endüvi sargılarından geçen akımın fonksiyonu değildir. Bazı D.C. motorlarda manyetik akı sabittir. Uyarma sargıları endüviden bağımsız olan veya sabit mıknatısla uyarılan motorlarda hız kontrolü endüvi gerilimi ile yapılabilir. Bu tip kontrol yöntemine endüvi kontrol yöntemi denir.

Uyarma sargılarının yarattığı akı ile yapılan denetlemede ise endüvi akımı sabit tutulur. Statorda bulunan uyarım sargılarının yarattığı akının kontrolü ile hız ayarlanır. Bu tip motorlara alan kontrollü motorlar denir. Fakat rotor sargılarından geçen akımın sabit tutulabilmesi ciddi bir problemdir. Zira rotor akımı yükün ve kaynağın birer fonksiyonudur. Endüvi kontrollü motorlara göre alan kontrollü motorların alan sabitleri daha büyüktür. Büyük aralıklarda değişen hız ayarlarında rotor geriliminin değiştirilmesi; buna karşılık küçük aralıklarda hassas hız ayarı gereken yerlerde ise alan sargılarının yaratmış olduğu manyetik akı hız kontrolü yöntemi tercih edilir.

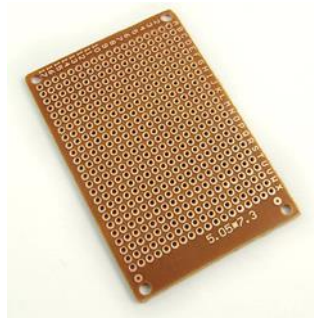
D.C. servo motorlar genellikle “elektronik hareketli denetleyiciler ” adı verilen servo sürücüler ile kontrol edilirler. Servo sürücüler servo motorun hareketini kontrol ederler. Kontrol edilen büyüklükler çoğu zaman noktadan noktaya konum kontrolü, hız kontrolü ve ivme programlamasıdır. PWM tekniği adı verilen darbe genişlik modülasyonu genellikle robot kontrol sistemlerinde, sayısal kontrol sistemlerinde ve diğer konum denetleyicilerinde kullanılırlar.



Şekil 65: Servo Motor Bileşenleri

13.5.BAKIR PLAKET

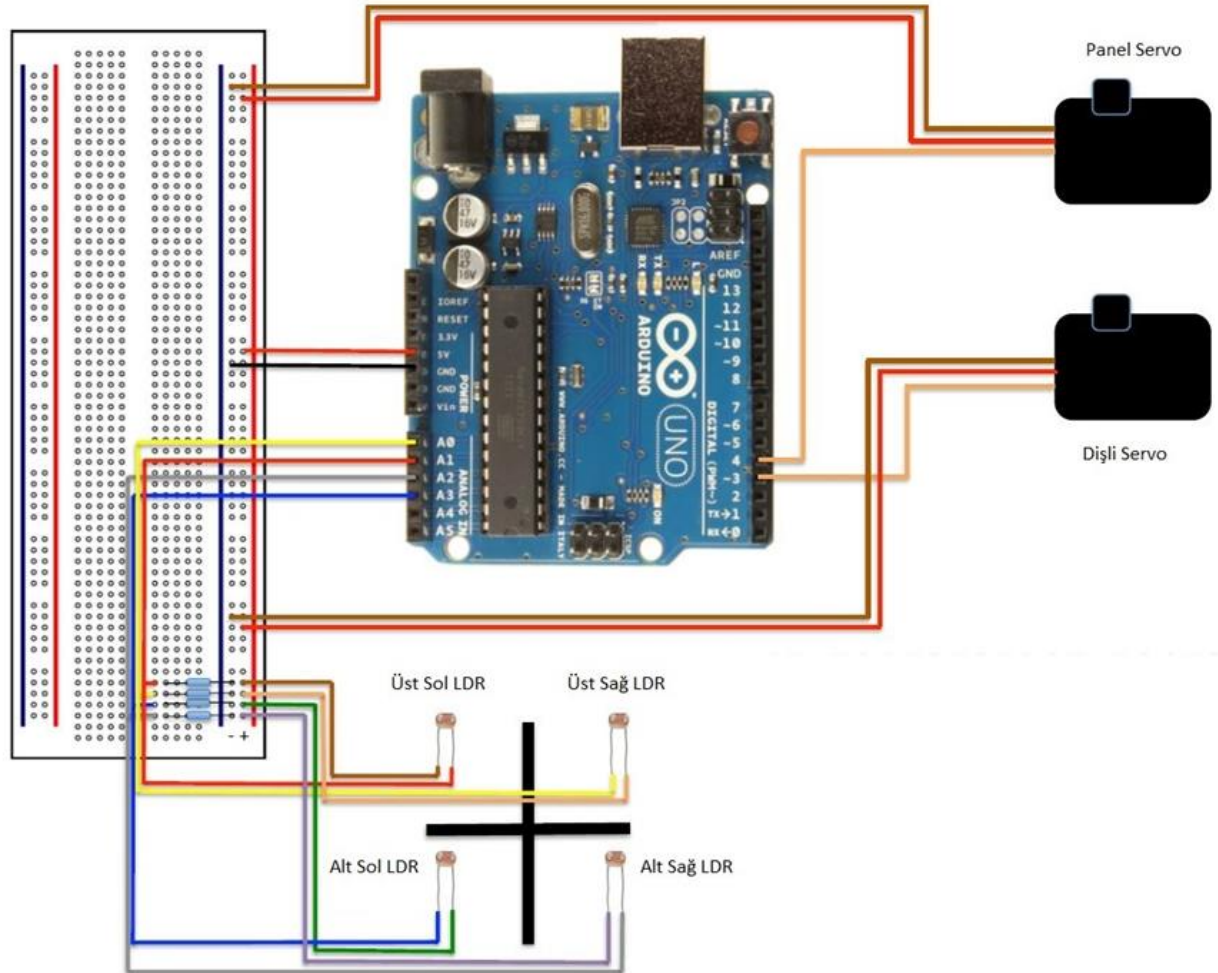
Bu projede delikli plaket kullanıldı fakat istenilirse baskı devre yapılarak devrenin kartı hazırlanılabilir.



Şekil 66: Delikli Bakır Plaket

BÖLÜM 14

14.1.PROJE DEVRE ŞEMASI



Şekil 67: Proje Devre Şeması

BÖLÜM 15

15.1.PROJE PROGRAM KODLARI

```
#include <Servo.h> // Servo kütüphane girdisi
Servo horizontal; // yatay servo
int servoh = 90; // dikey servo
Servo vertical; // yatay servo
int servov = 90; // dikey servo
// LDR pin bağlantısı
// name = analogpin;
int ldrlt = 0; // Sol üst LDR
int ldrrt = 1; // Sağ üst LDR
int ldrlld = 2; // Alt sol LDR
int ldrrd = 3 ; // Alt sağ LDR
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // servo bağlantısı
  horizontal.attach(3);
  vertical.attach(4);
}
void loop()
{
  int lt = analogRead(ldrlt); // üst sol LDR
  int rt = analogRead(ldrrt); // üst sağ LDR
  int ld = analogRead(ldrlld); // alt sol LDR
  int rd = analogRead(ldrrd); // alt sağ LDR
  int dtime = analogRead(4)/20; // potansiyometre okuması
  int tol = analogRead(5)/4;
  int avt = (lt + rt) / 2; // üst LDR ortalama değeri
  int avd = (ld + rd) / 2; // alt LDR ortalama değeri
  int avl = (lt + ld) / 2; // sol LDR ortalama değeri
  int avr = (rt + rd) / 2; // sağ LDR ortalama değeri
  int dvert = avt - avd; // yukarı ve aşağı hareket kontrolü
```

```

int dhoriz = avl - avr; // sağa ve sola hareket kontrolü
if (-1*tol > dvert || dvert > tol) // dikey açı kontrolü
{
if (avt > avd)
{
servov = --servov;
if (servov > 180)
{
servov = 180;
}}
else if (avt < avd)
{
servov = ++servov;
if (servov < 0)
{
servov = 0;
}}
vertical.write(servov);
}
if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol) // yatay açı kontrolü
{
if (avl > avr)
{
servoh = --servoh;
if (servoh < 0)
{ servoh = 0;
}}
else if (avl < avr)
{
servoh = ++servoh;
if (servoh > 180)
{servoh = 180;
}}
}

```

```
    else if (avl = avr)
    {}
    horizontal.write(servoh);
    }
    delay(dtime);
}
```

BÖLÜM 16

SONUÇ

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisi elektrik enerjisi üretiminde en büyük paylardan birine sahiptir. Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren fotovoltaik sistemlerin performansını etkileyen bazı unsurlar vardır. Bu unsurlar arasında panellerin güneşten gelen ışığı soğurabilmesi en büyük etkidir. Panellere gelen ışınlar dik açıya ne kadar yaklaşırsa panellerdeki ışığı soğurma olayı o kadar fazla olacaktır.

Bir fotovoltaik sistemin performansını etkileyen faktörler araştırılarak aralarında performansa en fazla etki eden güneş ışığının geliş açısının düşüklüğü enerji üretiminde büyük rol oynamaktadır. Yapılmış olan proje içerisinde tasarlanan mekanizma sayesinde fotovoltaik sistemin performansını etkileyen etmenlerden bir tanesi ortadan kaldırılma amaçlanmış ve büyük ölçüde başarı sağlanmıştır.

Eğer bu sistem bir güneş tarlası yani GES (Güneş Enerji Santrali) te komple panellerde kullanılırsa üretilecek enerjide büyük oranda artacak ve performans olarak sabit paneller ile olan kapasitesinin iki katına yaklaşacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Temiz-Enerji>
- [2] http://www.emmo.org.tr/ekler/8e692a34a5e564e_ek.pdf?dergi=610
- [3] <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>
- [4] Prof.Dr.Doğan İBRAHİM (2011) GÜNEŞ ENERJİSİ UYGULAMALARI Mavi Kitap, 2011, Enerji Tabii ve Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı ve İlgili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
- [5] http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/658f59af9b2b0ed_ek.pdf
- [6] <http://file.ttmd.org.tr/makale/68-1.PDF>
- [7] <http://web.firat.edu.tr/iats/cd/subjects/Electrical&Electronics/EAE-1.pdf>
- [8] <http://www.solar-academy.com/menus/Fotovoltaiik-Sistemler-ve-Uygulamalari.122101.pdf>
- [9] <http://www.solarnokta.com/fotovoltaiik/fotovoltaiikler-nasil-calisir.html>
- [10] http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx
- [11] <http://ne.com.tr/gunesten-elektrik-uretimi.html>
- [12] <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gunes-pilleri-nasil-calisir/10272#ad-image-0>
- [13] http://benkoltd.com/suyapo/temizenerji/gunes_elektrik/gunes_enerji1.a