

**T.C.  
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI  
2022-YL-087**

**AYDIN KOŞULLARINDA KONTROLLÜ VE  
KONTROLSÜZ ORTAMDA BAZI FOTOVOLTAİK  
PANELLERİN VERİMLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Buse Bahar DAYAR**

**Tez Danışmanı  
Prof.Dr. Ahmet KILIÇKAN**

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından ZRF-19031 proje numarası ile desteklenmiştir.

**AYDIN  
2022**

## KABUL VE ONAY

T.C. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Yüksek Lisans Programı öğrencisi Buse Bahar DAYAR tarafından hazırlanan “AYDIN KOŞULLARINDA KONTROLLÜ VE KONTROLSÜZ ORTAMDA BAZI FOTOVOLTAİK PANELLERİN VERİMLERİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı tez, başlıklı tez, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 14/10/2022

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan :	Prof. Dr. Ahmet KILIÇKAN	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye :	Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN	Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	
Üye :	Dr. Öğr. Üyesi Yüksel AYDOĞAN	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	

### ONAY:

Bu tez Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Fen Bilimleri Enstitüsünün ..... tarih ve ..... sayılı oturumunda alınan ..... numaralı Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Gönül AYDIN

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez çalışmamım bütün süreçlerinde bilimsel katkılarını esirgemeyen, çalışmamın yürütülmesi esnasında karşılaştığım sorunlarda her zaman yanımda olarak yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Ahmet KILIÇKAN' a,

Yüksek Lisans ve tez çalışmam süresince desteğini esirgemeyen her zaman kararlarımı destekleyerek yanımda olan canım eşim İsmail DAYAR' a,

Hayatım boyunca her kararımda yanımda olan hep destekleyen sevgili ailem Metin ELÇİN, Figen ELÇİN ve Mustafa ELÇİN' e teşekkürü borç bilirim.

Buse Bahar DAYAR

# İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
SİMGELER DİZİNİ .....	vii
KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
ÖZET .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Enerji Kaynakları.....	2
1.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	3
1.1.1.1. Biyokütle Enerjisi .....	3
1.1.1.2. Jeotermal Enerji .....	4
1.1.1.3. Rüzgar Enerjisi .....	5
1.1.1.4. Hidrojen Enerjisi.....	6
1.1.1.5. Dalga Enerjisi .....	7
1.1.1.6. Hidrolik Enerji .....	7
1.1.1.7. Güneş Enerjisi.....	8
1.1.1.7.1 Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli .....	9
1.1.1.7.2 Aydın İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli .....	10
1.2. Güneş Enerjisi Teknolojileri.....	11
1.2.1. Isıl Güneş Teknolojileri .....	11
1.2.2. Fotovoltaik Güneş Panelleri .....	13
1.2.2.1. Fotovoltaik Panellerin Yapısı ve Özellikleri .....	13
1.2.2.2. Fotovoltaik Sistemler.....	18

1.2.2.3. Fotovoltaik Panellerin Verimini Etkileyen Parametreler .....	19
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1 Materyal.....	25
3.1.1. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi .....	25
3.1.2. Fotovoltaik Paneller.....	25
3.1.3. Batarya.....	26
3.1.4. Ölçüm ve Kayıt cihazları .....	27
3.1.5. İklimlendirme cihazı.....	30
3.2. Yöntem .....	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	33
5. SONUÇ.....	39
KAYNAKLAR.....	42
BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	46

## SİMGELER DİZİNİ

**x** : Çarpım

**°** : Derece



## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>%</b>	: Yüzde
<b>°C</b>	: Santigrat Derece
<b>cm<sup>2</sup></b>	: Santimetrekaare
<b>HES</b>	: Hidroelektrik santral
<b>J</b>	: Joule
<b>km</b>	: Kilometre
<b>kW</b>	: Kilowaatt
<b>m</b>	: Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>V</b>	: Volt
<b>W</b>	: Watt

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Biyokütle Dönüşüm Süreçleri .....	4
Şekil 1. 2. Jeotermal Sistem .....	5
Şekil 1. 3. Rüzgar Türbin Yapısı .....	6
Şekil 1. 4. Dalga Enerjisi .....	7
Şekil 1. 5. Hidroelektrik Santral .....	8
Şekil 1. 6. Türkiye'nin Coğrafi Konumu.....	9
Şekil 1. 7. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası .....	10
Şekil 1. 8. Aydın İlinin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası .....	11
Şekil 1. 9. Düzlemsel Güneş Kollektörü ve Vakumlu Düzlemsel Güneş Kollektörü .....	12
Şekil 1. 10. Güneş Havuzu ve Güneş Ocağı.....	12
Şekil 1. 11. Fotovoltaik Hücre Yapısı .....	13
Şekil 1. 12. Monokristal ve Polikristal Panel .....	14
Şekil 1. 13. Monokristal Silisyum Güneş Panelleri.....	15
Şekil 1. 14. Polikristal Silisyum Güneş Paneli .....	16
Şekil 1. 15. Kadmiyum Tellür Güneş Panelleri Katmanları.....	16
Şekil 1. 16. Kadmiyum Tellür Güneş Panelleri.....	17
Şekil 1. 17. İnce Film Güneş Panelleri .....	17
Şekil 1. 18. Amorf Silisyum Güneş Panelleri.....	18
Şekil 1. 19. Off-Grid Sistem .....	18
Şekil 1. 20. On-grid Sistem .....	19
Şekil 1. 21. Güneş Işınım Şiddetinin Akım-Gerilim Eğrisine Yaptığı Değişim .....	20
Şekil 1. 22. Toz-kir Birikintisi.....	21
Şekil 1. 23. Sıcaklığın Akım Gerilim Eğrisine Yaptığı Değişim .....	22
Şekil 3. 1. Monokristal ve Polikristal Fotovoltaik Paneller.....	26
Şekil 3. 2. Batarya .....	27



Şekil 3. 3. Wattmetre .....	27
Şekil 3. 4. Fotovoltaik panel analiz cihazı.....	28
Şekil 3. 5. Radyasyon Ölçüm Cihazı.....	29
Şekil 3. 6. Sıcaklık ve Nem Ölçer .....	29
Şekil 3. 7. Lazerli termometre .....	30
Şekil 3. 8. İklimlendirme cihazı .....	31
Şekil 3. 9. Kontrollü Ortam ve Kontrolsüz Ortam .....	32
Şekil 4. 1. Polikristal Panellerde Işınım-Verim Grafiği .....	33
Şekil 4. 2. Kontrollü Ortamda Polikristal Panel Pmax-Sıcaklık-Verim Değerleri.....	34
Şekil 4. 3. Kontrollü Olmayan Ortamda(K.O.O) Polikristal Panel Pmax-Sıcaklık-Verim Değerleri.....	35
Şekil 4. 4. Monokristal Panellerde Işınım-Verim Grafiği .....	36
Şekil 4. 5. Kontrollü Ortamda Monokristal Panel Pmax-Sıcaklık-Verim Değerleri.....	37
Şekil 4. 6. Kontrollü Olmayan Ortamda(K.O.O) Pmax-Sıcaklık-Verim Değerleri .....	37

## ÇİZELGELER DİZİNİ

**Çizelge 1. 1.** Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması ..... 3

**Çizelge 1. 2.** Güneş Işınım Şiddetinin Bölgesel Dağılımı ..... 9



## ÖZET

### AYDIN KOŞULLARINDA KONTROLLÜ VE KONTROLSÜZ ORTAMDA BAZI FOTOVOLTAİK PANELLERİN VERİMLERİNİN BELİRLENMESİ

**Dayar B.B. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2022.**

**Amaç:** Bu çalışma, Aydın ilinde sıcaklığın ve ışınımın yüksek olduğu temmuz, ağustos, eylül aylarında monokristal ve polikristal panellerin kontrollü ve kontrolsüz ortamda verimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

**Materyal ve Yöntem:** Bu çalışmada monokristal panel, polikristal panel, panel analizatörü, batarya, şarj regülatörü, radyasyon ölçüm cihazı, iklimlendirme cihazı, lazerli termometre, sıcaklık ve nem ölçer kullanılmıştır. Fotovoltaik panellerin verimleri üzerinde sıcaklığın etkisini belirlemek için kontrollü ve kontrolsüz ortamlar oluşturulmuştur. Kontrollü ortamda iklimlendirme cihazı ile sıcaklık ortalama 23-27°C arasında tutulmaya çalışılmıştır. Kontrolsüz ortamda ise sıcaklık ortalama 38-46°C arasındadır. Panellerin verimlerinin belirlenmesi için saat başı ölçümler alınmıştır.

**Bulgular:** Sıcaklığın yüksek olduğu temmuz, ağustos, eylül aylarında alınan ölçümlerin ortalamasına bakıldığında ışınım ve sıcaklık değerleri en yüksek temmuz ayında, en düşük ise eylül ayında olduğu tespit edilmiştir.

**Sonuç:** Ölçümler boyunca elde edilen veriler doğrultusunda kontrollü ortamın sıcaklık değerleri daha düşük olduğu için kontrollü olmayan ortama göre verimi daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş, Fotovoltaik, Enerji, Verim.

## **ABSTRACT**

### **DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF SOME PHOTOVOLTAIC PANELS IN CONTROLLED AND UNCONTROLLED ENVIRONMENT IN AYDIN CONDITIONS**

**Dayar B. B. Aydın Adnan Menderes University, Institute of Science, Department of Agricultural Machinery, Master's Thesis, Aydın, 2022.**

**Objective:** This study was carried out to determine the efficiency of monocrystalline and polycrystalline panels in controlled and uncontrolled environments in July, August and September, when the temperature and radiation are high in Aydın.

**Materials and Methods:** In this study, monocrystalline panel, polycrystalline panel, panel analyzer, battery, charge controller, radiation measuring device, air conditioner, laser thermometer, temperature and humidity meter were used. Controlled and uncontrolled environments were created to determine the effect of temperature on the efficiency of photovoltaic panels. In a controlled environment, the temperature was tried to be kept between 23-27°C on average with the air conditioning device. In an uncontrolled environment, the temperature is between 38-46°C on average. Hourly measurements were taken to determine the efficiency of the panels.

**Results:** When the average of the measurements taken in July, August and September when the temperature is high, it was determined that the radiation and temperature values were highest in July and the lowest in September.

**Conclusion:** In line with the data obtained during the measurements, it was observed that the efficiency of the controlled environment was higher than the uncontrolled environment, since the temperature values were lower.

**Key Words:** Sun, Photovoltaic, Energy, Efficiency

# 1. GİRİŞ

Dünyada artan nüfus ile beraber enerji ihtiyacına olan talepte artmıştır. Enerji ihtiyacını fosil yakıtlardan karşılanması çevre kirliliğinde artışa neden olmuştur. Oluşan çevre kirliliği ile alternatif temiz enerji kaynaklarına arayışına gidilmiştir. Ayrıca artan nüfus ile fosil yakıtların tükeneceği düşünüldüğünde yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının bol miktarda olması, çevreye atığının az olması ile kullanımı da giderek artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını biyokütle, güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal, hidrojen, dalga enerjisi olarak sayabiliriz.

Güneş enerjisi temiz ve ulaşımının kolay olması ile yenilenebilir enerji kaynaklarının arasında önemli yere sahiptir. Güneş enerjisi birçok alanda kullanılmaktadır. Isıtma, iklimlendirme, gıda kurutulması ve elektrik enerjisi üretimi en çok kullanıldığı alanlardandır. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde fotovoltaik panellerden yararlanılmaktadır.

Fotovoltaik panellerde kullanılan yarı iletken malzemeler sayesinde güneş enerjisi doğrudan elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Yarı iletken malzeme teknolojisi gelişim göstermesine rağmen verimlilikleri düşüktür. Panellerin verimini etkileyen birçok faktör vardır. Panelin konumu ve yerleşimi, gölgelenme, toz ve kir, güneş ışınım şiddeti, sıcaklık ve kablolama kayıpları olarak sayılabilmektedir. Panel verimini en çok güneş ışınım şiddeti, panel sıcaklığı etkilemektedir. Fotovoltaik panelin yüzeyine gelen ışınım panellerin kurulduğu coğrafi konum ile gün içinde zamanlara göre değişim göstermektedir. Panellerin yüzeyine gelen güneş ışınım şiddeti panel gücünü doğrudan etkiler. Güneş ışınım şiddeti düşerse panel gücünde düşmektedir. Panel sıcaklığının artması da panel gücünü düşürmektedir yani aralarında ters orantı vardır.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında büyük önem taşıyan güneş enerjisine yatırımlar giderek artmaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üretmek için çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemlerden biri olan fotovoltaik panellerden maksimum güçte yararlanmak için verimini etkileyen parametreleri göz önünde bulundurmanız gerekmektedir. Fotovoltaik panellerin verimi güneşi ışınım yoğunluğu, toz-kir birikimi, panel yerleşimi ve sıcaklık gibi etmenler etkilemektedir. Bu çalışma ışınım ve sıcaklığın yüksek olduğu temmuz, ağustos, eylül

aylarında gerçekleşmiştir. Sıcaklık göz önünde bulundurularak kontrollü ve kontrolsüz ortamlar oluşturulmuştur.

Kontrollü ortamda iklimlendirme cihazı ile sıcaklık belli değerlerde tutulmaya çalışılmıştır. Kontrolsüz ortamda değişen hava şartları dikkate alınmıştır. Kontrollü ortam bir cam kabin içerisine paneller ve iklimlendirme cihazı yerleştirilerek oluşturulmuştur. Eşit şartlarda olması için kontrolsüz ortamdaki panellerinde üzerine cam konulmuştur. Fotovoltaik paneller çeşitli malzemelerden üretilmiştir. Denemede panel verimliliği yüksek olan monokristal ve polikristal paneller kullanılmıştır. Aydın ilinde kurulan denemede monokristal ve polikristal panellerin kontrollü ve kontrolsüz ortamlarda panel verimleri belirlenmeye çalışılmıştır.

### **1.1. Enerji Kaynakları**

Yaşamın her aşamasında kullanım alanı bulan enerji; kimyasal, nükleer, mekanik (potansiyel ve kinetik), termal (ısı), jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgar, elektrik enerjisi gibi farklı türlerde bulunur ve uygun yöntemle birbirlerine dönüştürülür. Ekonomik anlamda farklı yöntemle enerji elde edilebilen kaynaklar, enerji kaynakları olarak adlandırılır ve farklı şekilde sınıflandırılır. Kullanışına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır ve dönüştürülebilirliğine göre birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak incelenir (Koç ve Şenel 2013).

Enerji herhangi bir değişim ya da dönüşüme uğramamış şekline birincil (primer) enerji ve bu enerjinin dönüştürülmesi sonucu oluşan enerji de ikincil (sekonder) enerji olarak tanımlanır (Koç ve Şenel 2013).

Enerji kaynaklarının sınıflandırılması çizelge 1.1' de verilmiştir. Yenilenemez enerji kaynaklarını iki grupta sınıflandırılmaktadır. Petrol, doğal gaz ve kömür fosil kaynaklı yenilenemez enerji kaynağı grubunda, toryum ve uranyum da çekirdek kaynaklı yenilenemez enerji kaynağı grubundadır. Biyokütle, güneş, rüzgâr, jeotermal, dalga gelgit, hidrolik ve hidrojen enerjisi de yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadırlar. Birincil enerji kaynakları da petrol, kömür, doğal gaz, nükleer, hidrolik, biyokütle, dalga-gelgit, güneş ve rüzgardır. İkincil enerji kaynakları da elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazıdır (Çizelge 1.1).

**Çizelge 1. 1.** Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması (Koç ve Kaya, 2015)

<b>ENERJİ KAYNAKLARI</b>	
Kullanışlarına Göre Enerji Kaynakları	Dönüştürülebilirliklerine Göre Enerji Kaynakları
Yenilenemez Enerji Kaynakları	Birincil(Primer) Enerji Kaynakları
A)Fosil Kaynaklı -Kömür -Petrol -Doğalgaz B)Çekirdek Kaynaklı -Uranyum -Toryum	-Kömür -Petrol -Doğalgaz -Nükleer -Biyokütle -Hidrolik -Güneş -Rüzgar -Gelgit, Dalga
Yenilenebilir Enerji Kaynakları	İkincil(Sekonder) Enerji Kaynakları
-Biyokütle -Rüzgar -Jeotermal -Dalga, Gel-Git -Hidrojen -Hidrolik -Güneş	-Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin -İkincil Kömür -Kok, Petrokok -Hava Gazı -Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (Lpg)

Günümüzde enerji kaynaklarına olan ihtiyaç artarak devam etmektedir. Sanayi ve teknolojinin gelişmesi, nüfusun artması enerji kaynaklarının tüketimini arttırmıştır. Fosil enerji kaynaklarının çevreye zararlı olması, dışa bağımlı olması ve tükenbilir olmasından dolayı enerji kaynaklarına arayışına girilmiştir. Temiz, dışa bağımlılık gerektirmeyen yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında ülkelerin coğrafi konumları önemlidir.

### **1.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Yenilenebilir enerji kaynakları güneş enerjisi, biyokütle enerjisi, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, hidrojen enerjisi, hidrolik enerji ve dalga enerjisi olarak sınıflandırabiliriz. Yenilenebilir enerji kaynaklarının miktarları sınırlı olmaması, çevreye zararları olmaması birçok alanda kullanılması sebebiyle çok tercih edilmektedir.

#### **1.1.1.1. Biyokütle Enerjisi**

Biyokütle; bir tür veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli zamanda sahip olduğu toplam kütle miktarıdır. Orman alanlarındaki ağaç ve ağaççıkların kök, gövde ve dal odunuyla birlikte odunsu olmayan kabuk ve yapraklarından oluşan bütüne orman biyokütlesi denilmektedir.

Biyokütleden oluşan enerji ise biyokütle enerjisi olarak adlandırılır. Biyokütle enerjisini klasik ve modern olarak iki grup şeklinde ele alınabilir. Birinci olarak konvansiyonel ormanlardan oluşan yakacak odun ve yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan atıkları (tezek gibi) oluşturmaktadır. İkincisi olarak modern biyokütle enerjisi enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisindeki atıklar, tarım kesiminin bitkisel atıkları, kentsel atıkları, tarıma dayalı endüstri atıklarını sayabiliriz (Karayılmazlar ve ark., 2011).

Biyokütlenin kaynakları, çoğunlukla yapısı homojen değildir, yüksek su ve oksijen içerirler, yoğunlukları düşük, düşük ısı değerli olup bu özellikleri yakıt kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz özellikler fiziksel süreçler ve dönüşüm süreçleri ile ortadan kaldırılabılır (Kapluhan, 2014).



Şekil 1. 1. Biyokütle Dönüşüm Süreçleri (Anonim, 2022)

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreye olumsuz etkisinin az olması ve ekonomik olması ile yatırımlar artmaktadır. Biyokütle enerjisi de yenilenebilir enerji kaynağı olması, ulaşılabilirliği kolay olması yönünden tercih edilmektedir.

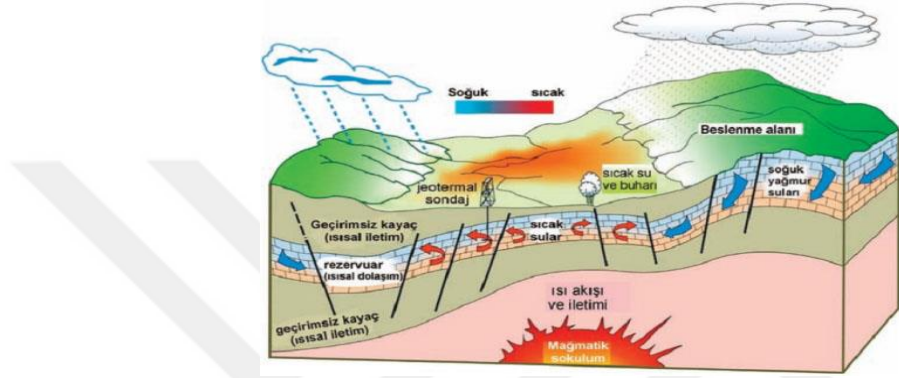
### 1.1.1.2. Jeotermal Enerji

Jeotermal; yerkabuğunun farklı derinliklerinde olan birikmiş ısının oluşturduğu sıcaklıkları, sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığının üzerinde olan ve çevresindeki yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gaz içerebilen basınç altındaki sıcak su ve buhardır. Jeotermal enerji ise yerkabuğunun derinliğinde soğumayan magma kütlelerindeki ısıdan oluşan enerjidir. Yeraltında sızabilen meteorik sular, hazne kayalarda toplanmaktadır. Hazne kayalarda geçirimsiz örtü kaya vardır. Isı böylelikle yerkabuğunda kırık ve çatlaklar boyunca dolaşan sular ile yeryüzüne aktarılabilir.



Yerkabuğu içinde doğal su dolaşacak şekilde kırık yoksa ve ısı birikimi oluyorsa oluşacak yapay kırıkların içinde dolaşacak akışkanlarında enerji elde edilebilir.

Bu sistemler “kızgın kuru kaya” olarak isimlendirilir. Jeotermal kaynakları akışkanın sıcaklığı ve taşıdığı ısı enerjisine göre sınıflandırabilir. Bunlar düşük ısı (entalpili) (akışkan sıcaklıkları 25°C’den küçük), orta entalpili (akışkan sıcaklıkları 125-225°C arasında) ve yüksek entalpili (akışkan sıcaklıkları 225°C’den büyük) olarak sınıflandırılabilir (Erkul, 2012).



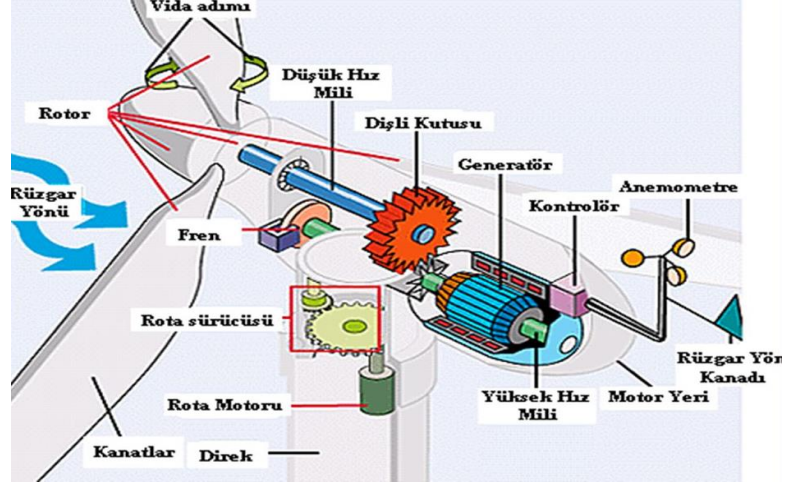
Şekil 1. 2. Jeotermal Sistem (Anonim, 2022a)

Hızla artan nüfus ile birlikte fosil yakıtların tükeneceği öngörülerek yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji de yatırımlar artmaktadır. Jeotermal enerjiden elektrik üretimi, ısıtma, kurutma gibi birçok alanda faydalanılmaktadır.

### 1.1.1.3. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar karalar, denizler ve atmosferin farklı özgül ısılarına sahip olup, sıcaklığın değişken olmasına bağlı olarak değişiklik ile basınç farklılıkları ortaya çıkmasıyla oluşmaktadır. Yüksek basınç alanından alçak basınç alanına hava akımının meydana gelmesi ile yer yüzünde rüzgarlar oluşmaktadır (İlkılıç, 2016).

Yenilenebilir, temiz enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Rüzgar enerjisini rüzgar türbinleri ilk önce mekanik enerjiye ve daha sonra mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür.



Şekil 1. 3. Rüzgar Türbin Yapısı (Anonim, 2022f)

Rüzgar türbini, rüzgarın kanatları gelmesi ile rüzgar enerjisinde kinetik enerjiyi hareket enerjisine dönüştürmesini sağlar. Kanatlara gelen enerji, rotorda mekanik enerjiye dönüşmektedir. Buradan rotorun dönü hareketi düşük hızla dişli kutusuna gelir. Şaft dönü hızı iyice yükseltilir ve buradan yüksek hızı şafta gelir. Yüksek hıza ulaşan şaft hareketini jeneratörle elektrik enerjisine dönüştürülerek trafoya iletilir.

#### 1.1.1.4. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, elementler arasında basit ve çok bulunabilen bir element olup renksiz, kokusuz, havadan hafif ve zehirsiz bir gaz olarak tanımlanabilir. Hidrojen güneş ve yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı ve temel enerji kaynağıdır (Ataman, 2007).

Hidrojen verimi çok yüksek yakıt olup, su ve fosil yakıtlardan üretilebilmektedir. Hidrojen temiz çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Yanması sonucu sadece su veya su buharı verebilen bir yakıttır. Hidrojen ve elektrik, birbirlerine dönüşebilen enerji türü olduklarından hidrojen enerjisi stratejik bir enerjidir. Hidrojen, içten yanmalı motorlar ve yakıt pillerinde ayrıca savunma sanayisinde de kullanılabilir. Hidrojen, suyun elektrolizinden, yosunlardan, güneş enerjisinden ve kimyasal yollarla oluşabilir. Hidrojen sıkıştırılmış gaz, sıvı, metal hibritler ile katı halde taşınabilir, yeraltı mağaralarında depolanabilir, boru hatları ile veya tankerler ile taşınabilmektedir (Keskin, 2017).

Giderek artan çevre sorunlarına hidrojenin çevre kirliliğini en aza indirileceği düşünülür. Hidrojen enerjisi fosil yakıtlara bağılılığı azaltması, veriminin yüksek olması ve sınırsız olması ile tercih edilmektedir.

#### 1.1.1.5. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi, dalga yüzeyinde direkt ya da yüzeyin altındaki dalga basınçları ile oluşan enerji türüdür. Rüzgârın denizde ve okyanus da sürekli dalga oluşturmasıyla dalga enerjisi sürekli dir. Dalgaların yüzey hareketleri ya da dalga basınçları, dalga enerjisi makineleri ile enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Dalgaların yüzey hareketleri makineler aracılığıyla, türbinlere aktararak enerji oluşmaktadır (Terzi ve Alkan, 2006).



Şekil 1. 4. Dalga Enerjisi (Anonim, 2022g)

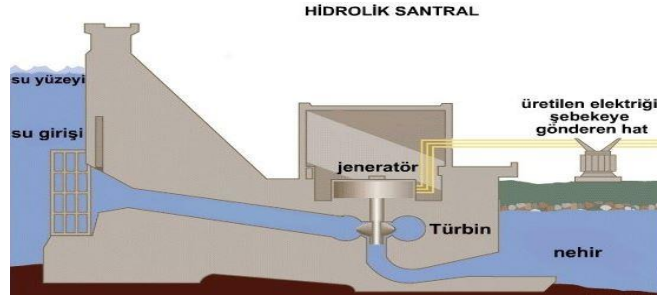
Dalga enerjisi yenilenebilir enerji kaynağı olması, ulaşımının kolay olması, bol miktarda bulunması çevreyi kirlenmemesi önemli avantajlarındandır.

#### 1.1.1.6. Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji yenilenebilir enerji kaynakları arasında yaygın olarak kullanılır. Hidrolik enerjiden nehirler üzerinde barajlar inşa edilerek suyu rezervuarda biriktirilmesi ve biriken suyun potansiyel enerjisinden yararlanılarak türbinlerde elektrik enerjisi üretmekte yararlanılmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde hidroelektrik santrallerden (HES) yararlanılmaktadır (Koç ve Kaya, 2015).

Hidroelektrik santrali akış halindeki suyun önündeki betondan setler çekilerek suyun yükselmesi sağlanır. Yükseklik sağlanan suyun potansiyeli de artar. Yüksekliği ile potansiyeli artan suyun önündeki beton setlerin içerisindeki ekipmanlar ile su türbinden geçerek kinetik enerji meydana gelir.

Böylece potansiyel enerji fazla bir kısmı kinetik enerjiye dönüşmektedir. Türbine bağlı jeneratörler rotoru dönmesiyle elektrik enerjisi oluşmaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1. 5. Hidroelektrik Santral (Anonim, 2022h)

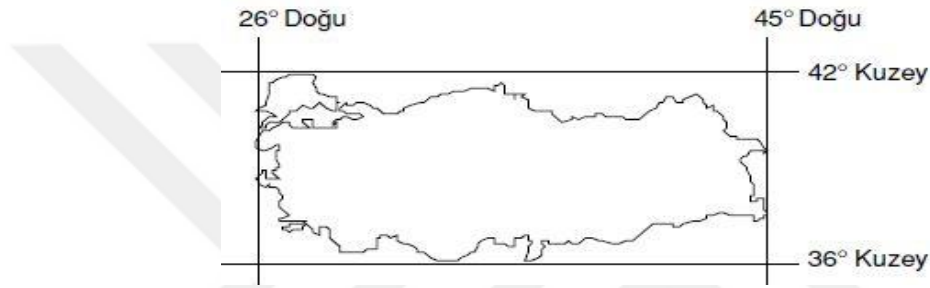
### 1.1.1.7. Güneş Enerjisi

Güneş 1,4 milyon km çapında dünyanın 110 katı büyüklüğünde ve dünyadan  $1,5 \times 10^{11}$  m uzaklıkta basıncı ve sıcaklığı yüksek bir yıldızdır. Toplam enerji rezervi  $1,785 \times 10^{47}$  J olan bu yıldız daha milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceğinden Dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Dünyanın çapına eşit bir dairesel alan üzerine çarpan güneş gücü, 178 trilyon kW düzeyindedir. Güneş enerjisi uzaya ve gezegenlere elektromanyetik ışınım (radyasyon) biçiminde yayılır. Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır (Varınca ve Gönüllü, 2006). Güneş enerjisinden iklimlendirilme (ısıtma-soğutma), yemek pişmesi, sıcak su eldesi gibi alanlarda faydalanılmaktadır. Güneş enerjisinden tarım alanında, sera ısıtılması ve tarım ürünlerde kurutulmasında faydalanılmaktadır. Güneş enerjisinden sanayi alanında güneş ocakları, güneş fırınları, pişiricileri, deniz suyunun tuz ve tatlı su üretimi, güneş pompaları, güneş pilleri, güneş havuzları, ısı borusu uygulamalarda ise ulaşım-iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik üretimde yararlanılmaktadır.

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında büyük önemi sahiptir. Güneş enerjisinin bol bulunması, temiz olması ve dışa bağımlı olmaması gibi özellikleri ve güneş enerjisi teknolojilerindeki ilerleme ile yatırımlarda artış görülmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinin teknolojik olarak ilerlemesi ve kurulduktan sonra çok maliyeti olmaması gibi özelliklerinden çok tercih edilmektedir.

### 1.1.1.7.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar ve artan talep ile tükenebilir olması yenilenebilir enerji kaynaklarına olan araştırmalara hız kazandırmıştır. Ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi ve yatırımların artması konusunda çalışmalar artarak devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi bol ve temiz olması ile yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir. Güneş enerjisinden yararlanmada ülkelerin bulunduğu coğrafi konum çok önemlidir. Türkiye coğrafi konum olarak 36° – 42° kuzey paralelleriyle 26° – 45° doğu meridyenleri arasındadır (Şekil 1.6). Ülkemiz güneş enerjisi bakımından büyük bir potansiyele sahiptir.



Şekil 1. 6. Türkiye'nin Coğrafi Konumu

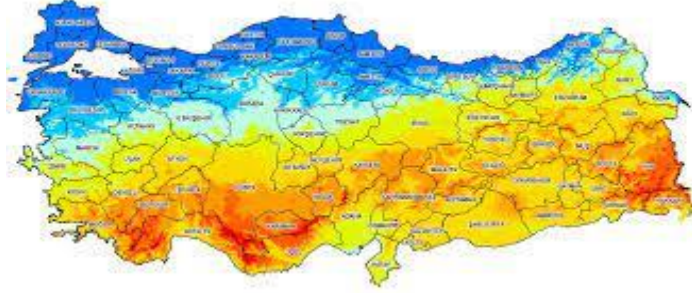
Güneş enerjisi potansiyelini güneşlenme süresi, güneş ışınlarının geliş açısı gibi etmenler etkilemektedir. Türkiye konumu ile birçok ülkeye göre yıllık ortalama güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi ile avantajlı durumdadır.

Çizelge 1. 2. Güneş Işınım Şiddetinin Bölgesel Dağılımı (Varınca ve Gönüllü, 2006)

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m <sup>2</sup> )	GÜNEŞLENME SÜRESİ (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Çizelge 1.2’de Türkiye’nin bölgelere göre ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi verilmiştir. Güneydoğu Anadolu bölgesinde 1460 kWh/m<sup>2</sup> ve 2993 saat/yıl güneşlenme süresi ile ilk sırada yer almaktadır.

Güneydoğu Anadolu bölgesinden sonra Akdeniz bölgesi 1390 kWh/m<sup>2</sup> ve 2956 saat/yıl güneşlenme süresi ile ikinci sıradadır. Doğu Anadolu bölgesinde 1365 kWh/m<sup>2</sup> ve 2664 saat/yıl güneşlenme süresi ile üçüncü sıradadır. Daha sonra İç Anadolu bölgesi, Ege bölgesi ve Marmara bölgesi sırayı takip etmektedir. Son olarak Karadeniz bölgesi 1120 kWh/m<sup>2</sup> ve 1971 saat/yıl güneşlenme süresi son sırada yer almaktadır.

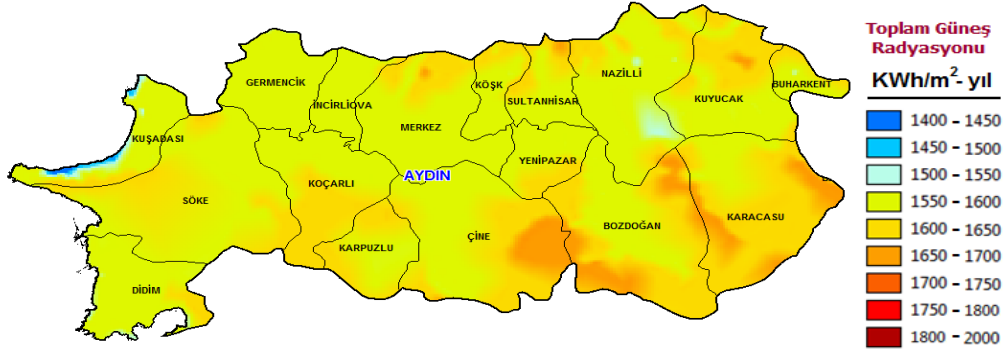


**Şekil 1. 7.** Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (Anonim, 2019a)

Şekil 1.7 incelendiğinde ülkemizde güneş enerjisi potansiyelinin Güneydoğu Anadolu bölgesi ve Akdeniz bölgesinde en yüksek olduğu Marmara ve Karadeniz bölgesinde en düşük olduğu görülmektedir. Türkiye kuzey yarımkürede olup yaz aylarında ışınım şiddeti ve güneşlenme süreleri yüksektir. Güneş enerjisinden maksimum seviyede yararlanmak için sistem kurulmadan önce araştırmalar yapıp kurulacak bölgedeki güneşlenme süreleri, ışınım şiddeti ve verimi etkileyecek faktörler bilinmelidir.

#### **1.1.1.7.2. Aydın İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli**

Türkiye 11,31 saat/gün ile en yüksek temmuz ayında, 3,75 saat/gün ile en düşük aralık ayında güneşlenme süresine sahiptir (Anonim, 2022c). Aydın ilinde 12,09 saat/gün ile en yüksek temmuz ayında, 4,45 saat/gün ile en düşük aralık ayında güneşlenme süresine sahiptir (Anonim, 2022d). Aydın ilinde güneşlenme süresi ortalaması Türkiye ortalamasının üzerindedir. Aydın ili bulunduğu konumundan dolayı güneş potansiyeli bakımından oldukça elverişli durumdadır.



Şekil 1. 8. Aydın İlinin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (Anonim, 2019b)

Şekil 1.8’de Aydın ilinin güneş enerji potansiyel atlasına bakıldığında ortalama 1550-1600 kWh/m<sup>2</sup>-yıl toplam güneş radyasyonu sahip olduğu görülmüştür.

Aydın ilinin Karacasu, Bozdoğan ve Çine ilçelerinde güneş enerjisi potansiyeli diğer ilçelerine göre yüksektir. Aydın ilinde güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olmasıyla birlikte yatırımlar her geçen gün artmaktadır.

## 1.2. Güneş Enerjisi Teknolojileri

Güneş enerjisi teknolojilerinde üretilirken kullanılan malzemeler, uygulanan yöntem, teknolojik yapısı olarak çeşitlilik vardır. Güneş enerji teknolojileri genel olarak iki grupta incelenmektedir. Birinci grup ısı güneş teknolojileri ve ikinci grup fotovoltaik güneş teknolojileridir. Birinci grupta güneş enerjisinden ısı elde edilir, ısı doğrudan olarak ve elektrik üretmek için kullanılabilir. Elektrik enerjisi üretiminde güneş enerjisi, çeşitli yoğunlaştırıcı sistemlerden yararlanılarak odaklanır ve oluşan yüksek sıcaklıkla kızgın buhardan klasik yöntemlerle enerji üretimi gerçekleşir. İkinci grup sistemlerde ise fotovoltaik güneş enerjisidir. Bu sistemler yarı iletken malzemelerden oluşmaktadır. Bu sistemler, güneş ışığını doğrudan elektriğe çevirirler (Kılıç, 2015).

### 1.2.1. Isıl Güneş Teknolojileri

Güneş enerjisi uygulamalarından ısı üretimi düşük, orta ve yüksek sıcaklıkta olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörleri düşük sıcaklık uygulamalarında sıklıkla kullanılır. Orta sıcaklık uygulamalarında çizgisel yoğunlaştırma sistemlerdir ve parabolik oluk sistemleri olarak bilinirler. Yüksek sıcaklık uygulamalarında noktasal yoğunlaştırma yapan (parabolik çanak ve merkezi alıcılar)sistemlerdir (Kılıç, 2015).



**Şekil 1. 9.** Düzlemsel Güneş Kollektörü ve Vakumlu Düzlemsel Güneş Kollektörü

Düzlemsel güneş kolektörlerinin içerisinde dolaşan akışkanın sıcaklığı 70-80°C kadar yükselir.

Konutların sıcak su ihtiyacı, bina ve tesislerin ısıtılmasında düzlemsel güneş kolektörleri kullanılmaktadır. Ayrıca, vakumlu düzlemsel toplayıcılarla da 120°C sıcaklık değerlerine ulaşılabilir.

Isıl güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş kolektörlerinin yanında farklı uygulamalarda vardır. Bu sistemlerden bazıları şöyle sıralanabilir: su arıtma sistemleri, ürün kurutma sistemleri, güneş havuzları, güneş mimarisi ve güneş ocakları (Kılıç, 2015).



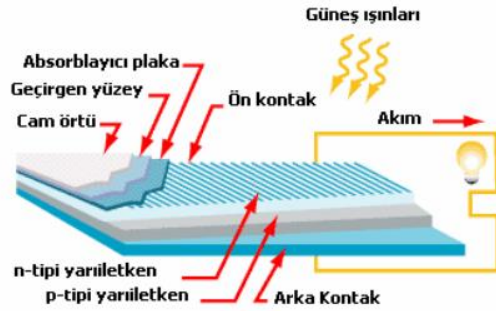
**Şekil 1. 10.** Güneş Havuzu (Anonim, 2022i) ve Güneş Ocağı (Anonim, 2022j)

Isıl güneş enerjisi uygulamalarını sınıflarken elektrik üretiminde kullanılan santrallerde vardır. Bunlar, parabolik oluk kolektörü, parabolik çanak kolektörü ya da merkezi alıcı tipte (güneş enerjisi yoğunlaştırıcıları) sistemlerinin kullanımına dayanmaktadır (Kılıç, 2015).



## 1.2.2. Fotovoltaik Güneş Panelleri

Güneş enerjisinden elektrik üretmede kullanılan fotovoltaik güneş teknolojilerindeki fotovoltaik hücreler yüzeyleri kare, dikdörtgen ve daire şekillerinde ve alanları çoğunlukla 100 cm<sup>2</sup> kadardır. Kalınlıkları ise 0.1mm-0.4 mm arasındadır. Fotovoltaik hücreler fotovoltaik prensibe göre çalışmaktadır. Fotovoltaik prensipte güneş ışığının fotovoltaik hücrelerin üzerlerine geldiğinde uçlarında elektrik gerilimi oluşturma prensibe dayanmaktadır. Fotovoltaik hücreler, güneş ışığını doğrudan elektrik akımına dönüştürebilirler. Güneş enerjisi, %5 ile %20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilmektedir. Güneş enerjisinin verimini fotovoltaik hücrenin yapısı belirlemektedir. Fotovoltaik hücreler birbirine paralel veya seri bağlanabilir. Böylece, birkaç Watt'tan, mega Watt değerine kadar güç değerleri ulaşılabilir ve güç çıkışının artırılması sağlanabilir. Bu da fotovoltaik modül olarak adlandırılır (Kılıç, 2015).



Şekil 1. 11. Fotovoltaik Hücre Yapısı (Anonim, 2022e)

Yarı iletken olan maddenin güneş pili olması için N ya da P tipi olarak katkılanmalıdır. Katkılanma saf yarı-iletken eriyik içerisinde katkı maddesinin ilavesiyle olmaktadır. N ve P tipi olması katkı maddesine bağlıdır. P ve N bir araya gelmeden nötrdür. PN eklem oluşumunda, N tipindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar, P tipine doğru akım oluşturmaktadır. Yük dengesi oluşana kadar devam ederek elektrik akımı oluşmaktadır (Kılıç, 2015).

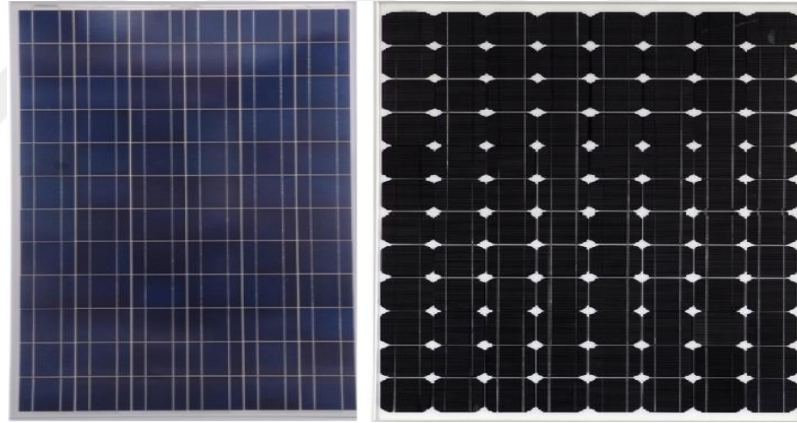
### 1.2.2.1. Fotovoltaik Panellerin Yapısı ve Özellikleri

Güneş enerjisinden fotovoltaik paneller ile elektrik enerjisi üretilmektedir. Fotovoltaik paneller güneş ışığını doğrudan elektrik akımına dönüştürürler. Fotovoltaik paneller farklı malzemelerden üretilebilmektedir. Malzeme yapısı ve özellikleri fotovoltaik panellerin verimi için çok önemlidir. Fotovoltaik panellerde yapısına göre sınıflara ayrılmaktadır.

Kristal silisyum güneş panelleri, semikristal güneş panelleri, kadminyum tellür ince film güneş panelleri, ince film güneş panelleri, amorf silisyum güneş panelleri ve bakır indiyum diselenoid güneş panelleri olarak sayabiliriz. Kristal silisyum güneş panelleri monokristal ve polikristal güneş panelleri olarak ikiye ayrılabilir.

#### ▪ **Kristal Silisyum Güneş Panelleri**

Silisyum kristal fotovoltaik hücrelerin önemli malzemesidir. Silisyum, oksijenden sonra yaygın olan ikinci elementtir ve sınırsız miktarda bulunabilmektedir. Doğada arı olarak bulunmaz, oksijen ile bağlı kuvars veya kum halindedir. Güneş ışınlarını yutma oranı düşük olmasına rağmen verimlerinin %12-16 arasında olması üreticiler için uygundur. Üretici firmalar tercih etmektedir, pazar payının %93'nü oluşturmaktadırlar, çoğunlukla 25 yıllık garanti ömrü sunulup Wafer denilen ince silikon dilimlerin kalınlıkları 0,17 mm'ye kadar düşmüştür. Monokristal (c-Si veya SIN) panel ve Polikristal (mc-Si) panel olarak ikiye ayrılabilirler (Taşcıoğlu, 2015).



**Şekil 1. 12.** Monokristal ve Polikristal Panel (Girgin, 2011)

Monokristal ve polikristal paneller panel yapımında sıklıkla kullanılmaktadır. Verimlerinin yüksek olması ve silisyumun bol bulunması nedeniyle genellikle tercih edilmektedir.

#### ▪ **Monokristal Silisyum Güneş Panelleri**

Güneş panel yapımında Monokristal silisyum güneş pili sıklıkla kullanılmaktadır. Polikristal güneş hücresine göre monokristal silisyum malzemesi daha pahalıdır. Bu yüzden polikristaller daha çok tercih edilebilmektedir. Silisyum maddesinin güneş pili yapımında tercih edilmesi elektriksel, optik ve yapısal özelliklerinin uzun sürede koruyabilmesinden kaynaklıdır.

Monokristali silisyum teknolojisinin pahalı olmasının yanında zordur. Dünyada oksijenden daha sonra silisyum elementi bulunmaktadır. Yaygın olarak silisyum elementinin kum ve kuvars biçimleri vardır. Kum saflık yapısının az olmasından dolayı tercih edilmez.

Kuvars maddesinin ise %90 kadarını silisyum oluşturmaktadır. Kuvars birçok işlemden geçmesiyle %99 gibi bir saflıkta silika oluşmuştur. Silikadan sonra silisyum elde edilmektedir. Daha sonra silisyum saflaştırılmış ve yarı iletken özelliğinde çok kristalli silisyum elde edilmektedir. Bu aşamaya kadar gelinmesi oldukça maliyetlidir.

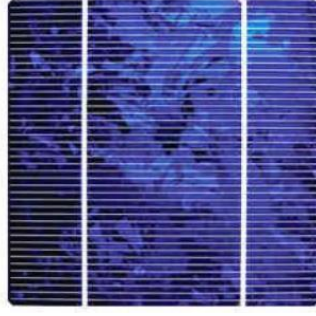
Yarı iletken özellikte olan saf çok kristalli silisyum eldesi için, çok kristalli silisyum bir daha eritilerek büyütülmektedir. Çekirdekler ise düşük hızlarla ergimiş silisyum banyosuna çekilmektedir. Böylelikle tek kristalli tabaka büyümesini sağlamaktadır (Arslan, 2018).



Şekil 1. 13. Monokristal Silisyum Güneş Panelleri (Girgin, 2011)

#### ▪ Polikristal Silisyum Güneş Panelleri

Monokristal paneller ile elektriksel, optik ve yapısal özellikleri aynıdır. Damarların büyüklükleri ile kristal kalitesi doğru orantılıdır. Damarlar arasındaki süreksizlik, elektriksel yük taşıyıcılarının aktarılmasında engelleyicidir. Çok kristalli malzemede elektriksel özelliklerin küçülen damar büyüklüğü ile orantılı şekilde bozulması; elde edilen verimin monokristal ile karşılaştırıldığında küçük olmasına sebep olur. Polikristal silisyum maddesi üretiminde dökme yöntemi uygulanmaktadır. Tek kristalli silisyum eldesindeki işlemlerin çoğunluğu uygulanmaktadır. Eriyen yarı iletken silisyumun, kalıplara dökülerek soğuduktan sonra kare şeklinde kesilmektedir. Bu yöntemle üretilen güneş pillerinin maliyeti düşük olup verimi de daha azdır. Polikristal güneş panellerinin verimlilikleri %14 ile %16 arasındadır (Boz, 2011).



Şekil 1. 14. Polikristal Silisyum Güneş Paneli (Çolak, 2010)

Polikristal panellerin monokristal panellere göre maliyeti daha düşük olduğu için üretimi daha fazladır. Maliyet yönünden de üretici tarafından daha fazla tercih edilmektedir.

- **Semikristal (Yarıkristal) Silisyum Güneş Panelleri**

Semikristal silisyum hücreler, sıvı silisyum soğutularak oluşan kümelenmiş küçük silisyum kristallerinden oluşmaktadır. Bu panel verimleri %14 civarındadır ve kümelenmiş silisyum tanecikleri sınırlarındaki kayıplara bağlı olmaktadır (Taşçıoğlu, 2015).

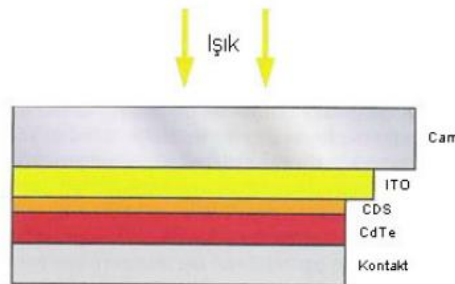
- **Ribbon Silisyum Güneş Panelleri**

Bu hücreler, malzeme kayıplarının azaltılmasıyla, levha halindeki silisyum tabakalardan yapılırlar. Farklı yöntemler kullanılmıştır ve gelişmektedir. Verimleri laboratuvar ortamında %13-16 arasındadır (Taşçıoğlu, 2015).

- **Kadmiyum Tellür İnce film Güneş Panelleri**

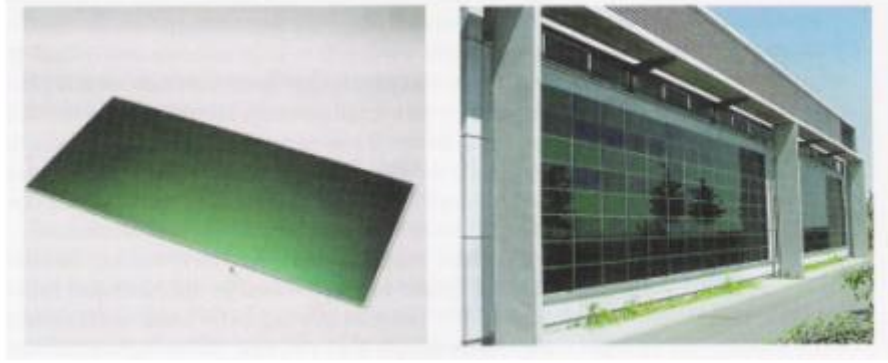
Kadmiyum tellür periyodik tablodaki ikinci gruptaki kadmiyum elementi ile altıncı gruptaki tellür elementinin bir araya getirilmesiyle oluşmaktadır.

Kadmiyum tellür güneş paneli yapısı incelendiğinde cam tabakasının alt kısmına ön koltak olarak saydam iletken tabaka kullanılmıştır. Sonra kadmiyum sülfür (CdS) tabakası ve CdTe tabakası yerleştirilmiştir (Şekil 1.15).



Şekil 1. 15. Kadmiyum Tellür Güneş Panelleri Katmanları (Girgin, 2011)

Kadmiyum Tellür güneş panellerinin Şekil 1.16’da görünüşü görülmektedir.



Şekil 1. 16. Kadmiyum Tellür Güneş Panelleri

#### ▪ İnce Film Güneş Panelleri

Çok az materyal gerektirerek ince film güneş panelleri oluşturulur. Üretim kolaylığı açısından ek üstünlükleri vardır (Taşçıoğlu, 2015).

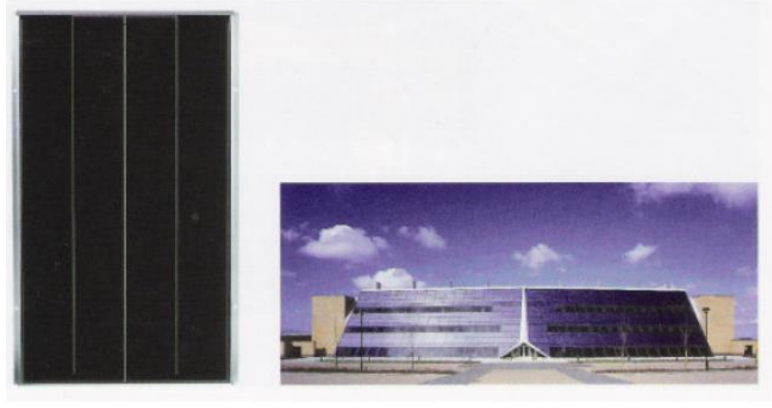
İnce film güneş panelleri üst üste yerleştirilen çok ince yarı iletken katmanlarından oluşmaktadır (Şekil 1.17).



Şekil 1. 17. İnce Film Güneş Panelleri

#### ▪ Amorf Silisyum Güneş Panelleri

Soğurma katsayısı olarak çok yüksek olan ve ince film güneş pilinin bir türü olan amorf silisyumun (a-si) rengi kırmızımsı kahverengidir. Bu panellerin güneş ışığı altında verimi kaybetmesinden dolayı küçük ölçekli enerji üretiminde kullanılmakta ve laboratuvar şartlarında verimi %15’lerdedir. (Sayın ve Koç, 2011).



Şekil 1. 18. Amorf Silisyum Güneş Panelleri

### Bakır İndiyum Diselenoid Güneş Panelleri

Periyodik tabloda birinci, üçüncü ve altıncı grupta olan bakır, indiyum ve selenyumdan üretilmektedir.

Bu panellerin verimlilikleri %18'lerde ulaşır fakat pil ömrü olarak 20 yıl süresinde verimliliği düşer ve %10 sınırlarını aşamazlar (Sayın ve Koç, 2011).

### 1.2.2.2. Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik sistemler off-grid (depolamalı sistemler) ve on-grid (şebeke bağlantılı) sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

- **Off-Grid Fotovoltaik Sistemler (Depolamalı Sistemler)**

Fotovoltaik sistemlerde, depolamalı sistemler olarak bilinen off-grid sistemler elektrik şebekesinden ayrı olarak kurularak elektriği akü sayesinde depolayıp invertörler ile elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir.



Şekil 1. 19. Off-Grid Sistem (Anonim, 2022b)

Off-Grid sistemler için güneş paneli, akü, şarj kontrol cihazı ve inverterler gereklidir (Şekil 1.19). Fotovoltaik panellerden üretilen elektrik enerjisi şarj kontrol cihazı ile düzenlenerek akülerde depolanmaya başlar ve enerji invertörler sayesinde dönüştürülerek kullanılır.

- **On-Grid Fotovoltaik Sistemler (Şebeke Bağlantılı Sistemler)**

Fotovoltaik sistemlerde şebeke bağlantılı sistemler olarak bilinen On-Grid sistemler güneş panelleri, sayaçlar, inverter ve veri kaydedici gereklidir (Şekil 1.20).



Şekil 1. 20. On-grid Sistem (Anonim, 2022k)

Bu sistem güneş panellerine üreten elektrik enerjisini şebeke bağlantılı inverterde düzenlenerek elektrik hattı kısmına aktarılır. Güneş panelinden üretilen elektrik enerjisi doğrudan kullanılır ve fazlası şebekeye aktarılır. Havanın güneşli olmadığı üretimin az olduğu gibi zamanlarda elektrik ihtiyacını karşılanır.

Sistem kurulmadan önce kapasite hesabı yapılmalıdır. Ayrıca malzeme kalitesine dikkat edilmelidir.

### 1.2.2.3. Fotovoltaik Panellerin Verimini Etkileyen Parametreler

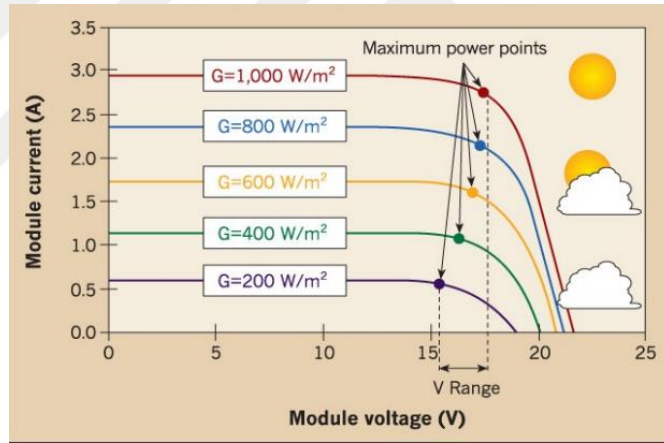
Fotovoltaik panellerin verimi birçok etmenden etkilenebilmektedir. Bu faktörler meteorolojik faktörler ve tasarımın kurulumundan kaynaklı faktörler olabilmektedir. Yapısında kullanılan malzeme türü, ışınım şiddeti, toz-kir birikimi, panel yerleşimi, gölgelenme ve sıcaklık bu etmenlere örnek verilebilmektedir. Bu faktörleri kontrol altında tutamazsak verim kayıplarına neden olmaktadır. Verim kayıplarına uğramamak için bu faktörleri minimum düzeyde tutmak gerekmektedir. Fotovoltaik panellerden yüksek verimde faydalanılması ekonomik olarak avantaj sağlamaktadır.

- **Gelen Güneş Işınımının Yoğunluğu**

Fotovoltaik sistemlerin verimini etkileyen önemli faktörlerden biri de gelen güneş ışınım yoğunluğudur. Güç ve akım değeri güneşten gelen ışınım ile artmaktadır. Gerilim değişikliği ise azdır. Işınım şiddeti coğrafi konum ile gün içindeki değişime bağlıdır.

Fotovoltaik paneller güneş ışınımı yüksek olduğunda akım artarak daha fazla elektriksel güç üretirler. Güneş ışınımı az olduğu zamanlarda veya bulutlu olduğu zamanlarda daha az akım oluşmasıyla daha az elektriksel güç üretirler. Fotovoltaik panelde üretilen akım güneş ışınımı ile doğru orandadır. Güneş ışınım yoğunluğu artmasıyla güç değeri de artmaktadır (Şekil1.21).

Sistem kurulmadan önce bölgedeki ışınım yoğunluğu araştırılarak panel yüzeyine gelen ışınımı engelleyecek faktörler dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 1. 21. Güneş Işınım Şiddetinin Akım-Gerilim Eğrisine Yaptığı Değişim (Anonim, 20221)

- **Fotovoltaik Panel Yerleşimi**

Fotovoltaik paneller kurulmadan önce verimi etkileyen panel yerleşimine dikkat edilmelidir. Panellerden elde edilen enerji miktarları binaların olduğu enlem ve panellerin yüzeyi ile oluşturduğu eğim açısına göre değişiklik göstermektedir. Panellerin yerleşim yönü güney olmalıdır. Bazı durumlarda performansını düşünerek Güney-Doğu ve Güney-Batı yönlerinde de olabilmektedir. Türkiye’de fotovoltaik panellerde yaz ve kış ortalamalarında optimum yerleştirme açısı 30° olmalıdır. Modül tiplerine göre değişik aç ve yönlerdeki panellerde performans düşüşleri modül tiplerine göre değişiklik göstermektedir. Türkiyede 10° ile 30° arasında yıllık performans farkı %15’i geçmemelidir (Turhan ve Çetiner, 2012).



Fotovoltaik panellerin yüzeyine düşen güneş radyasyonunun yüksek olması elektrik üretiminde yüksek olmasını sağlamaktadır. Bu yüzden sistem kurulmadan önce dikkat edilecek konulardan biri panellerin yerleşimidir. Elektrik üretimini olumsuz etkileyecek panel yerleşimlerinden kaçınılmalıdır.

- **Toz ve Kir Birikimi**

Fotovoltaik panellerin verimini düşüren etkenlerden biri de yüzeylerde oluşan toz ve kir birikimidir. Fotovoltaik panellerdeki toz ve kir birikimi gelen güneş ışınımı düşürmektedir. Fotovoltaik panel üzerine ışınımın düşmesi güçte azalmaya sebep olmaktadır. Gücün azalmasıyla verim de azalma meydana gelmektedir. Toz ve kir birikimini önlemek için panellerin belirli aralıklarda temizlenmesi gerekmektedir. Ayrıca sistem kurulmadan önce arazi yapısına, kurulacak bölgenin iklim özelliklerine dikkat edilmelidir.



**Şekil 1. 22.** Toz-kir Birikintisi

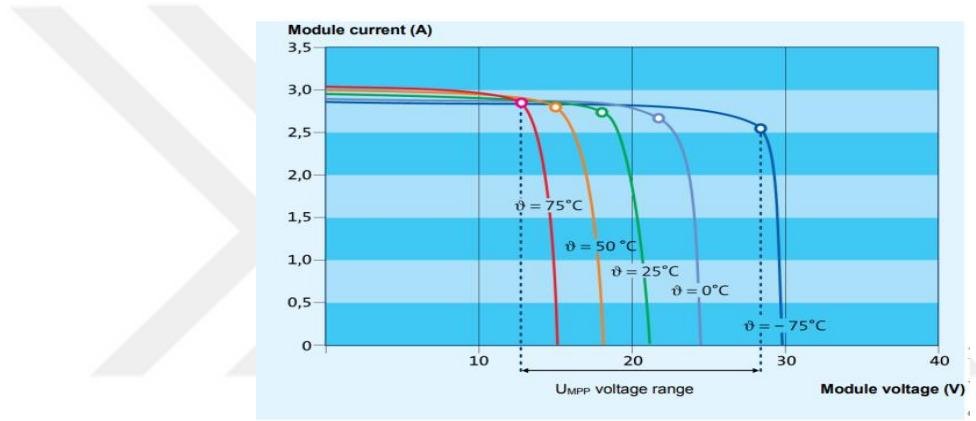
- **Gölgelenme Etkisi**

Fotovoltaik panellerin verimini düşüren etkenlerden biri gölgelenmedir. Fotovoltaik sistem kurulmadan alan iyi analiz edilmelidir. Çevre etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Sistemin kurulacağı bölgedeki ağaçlar, yakın binalar gölgelenme etkisi yaratabilmektedir. Ayrıca kurulan panellerinde birbirini gölgelendirmemesi gerekmektedir. Gölgelenmeden dolayı fotovoltaik paneller yüzeyine gelen ışınım düşmektedir. Işınım düşmesiyle beraber güç üretimi de düşmektedir. Güçte oluşan kayıplar verimi de düşürmektedir. Kurulan sistemlerde gölgeye sebep olan değişimler dikkate alınmalıdır.

- **Sıcaklık**

Fotovoltaik panellerin verimini etkileyen en önemli faktörlerden birisi sıcaklıktır.

Modül sıcaklığının artmasıyla fotovoltaik panellerde performans düşüklüğü olmaktadır. Fotovoltaik paneller güneş enerjisinin %5-25'ini elektrik enerjisine dönüştürebilmektedirler. Bu yüzden güneş enerjisinin fazla olduğu durumlarda modüller de ısınma meydana gelmektedir. Fotovoltaik paneller ile dış ortamın arasındaki oluşan sıcaklık farkları güneş ışığı yoğunluğuna bağlıdır ve bazen 40°C üzerine kadar çıkar. Yaz aylarında dış ortamın sıcaklığının yüksek olması fotovoltaik panel sıcaklığını 70 -75°C'ye kadar yükseltebilmektedir. 25°C modül sıcaklığında modüllerde oluşan her 10°C artış %0.4-0.5 enerji düşüşü meydana gelir. (Turhan ve Çetiner, 2012).



**Şekil 1. 23.** Sıcaklığın Akım Gerilim Eğrisine Yaptığı Değişim (Anonim, 20221)

Şekil 1.23'de görüldüğü gibi artan sıcaklık ile kısa devre akımını az artarken, açık devre gerilimini azaltmıştır. Fotovoltaik panelin gücü ile panel sıcaklığı ters orantılı olduğu görülmektedir. Panel sıcaklığının artması fotovoltaik panel gücü azalmaktadır. Alınan güç azaldıkça verimde de azalma meydana gelmektedir. Ortam sıcaklığının yükselmesi fotovoltaik panel sıcaklığını da yükseltmektedir. Yükselen sıcaklık üretilen enerjinin azalmasına neden olur. Sıcaklık yükseldikçe güç ve verim olumsuz etkilenmeye başlamaktadır. Fotovoltaik panelin verimi artırılması için yüzey sıcaklığının azalması gerekmektedir. Kayıpları aza indirmek için kurulacak bölgenin iklim verileri çok iyi bilinmelidir. Kurulacak bölge de fotovoltaik panelleri konumlandırmadan önce bölgedeki yıllık sıcaklık değerlerine ve güneşlenme sürelerine dikkat edilmelidir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Delibaş (2021) yenilikçi bir tasarım ile birlikte fotovoltaik panel verimliliğinin artırılması çalışmasında endüstriyel kullanıma uygun ağırlığını on katı kadar sıvıyı emerek ve yayacak selülozik baz süngerlerin tasarımı ile fotovoltaik panellerin arka yüzeyine yerleştirilmiştir. Bu süngere nozullar ile su aktarılarak buharlaşma entalpisi ile ısının fotovoltaik panelden uzaklaşmasını hedeflemiştir. Bu süngerin soğutucu akışkanı ile panelin arka yüzeyinde homojen dağılarak homojen bir sıcaklık dağılımı olduğunu ve su tüketiminin azaldığı görmüştür.

Arslan (2018) Tekirdağ koşullarında polikristal ve monokristal tip PV panellerinin verimlerinin karşılaştırılması çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinden faydalanılmıştır. Dünyada ve Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli incelenmiştir. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde kullanılan fotovoltaik panel yapısını ve çalışma prensibine değinilmiştir. Fotovoltaik panellerde kullanılan malzemelerden monokristal ve polikristal paneller tercih edilmiştir. Tekirdağ ilinin ortalama radyasyon değeri  $3,67 \text{ kWh/m}^2\text{gün}$ , ortalama güneşlenme süresi 7,14 olarak verilmiştir. Çalışmada 150 W gücündeki paneller kullanılmıştır. Yaz mevsiminde 30 ve 36 derece de hava sıcaklığı değişkenlik göstermektedir. Tekirdağ koşullarında polikristal panel verimi %14,9, monokristal panel verimi %15 olarak bulunmuştur.

Bilgin (2013) fotovoltaik panellerin verimine yüzey sıcaklığı etkisinin incelenmesi çalışmasında gücü en çok ışıınım değeri ve panel sıcaklığının etkilediği belirtilmiştir. Akım-gerilim değerleri buna bağlı güç değerleri için ışıınım ve panel sıcaklığı çok önemli olduğunu belirtmiştir. Yüzey sıcaklığı için iki dakikada bir ölçüm cihazları ile değerler bilgisayara kaydedilmiş olduğunu anlatmaktadır. 8 ay boyunca DC enerji değeri ile radyasyona bağlı olarak panel yüzeyine gelen güneş enerjisi değerleri tespit edilerek panel verimi hesabına gitmiştir. Panel verimi radyasyon değerinin yüksek panel sıcaklığının düşük olduğu mart ve nisan aylarında yüksek olduğunu belirtmiştir.

Boztepe (2017) fotovoltaik güç sistemlerinde verimliliği etkileyen parametreler ele alınıp önlemler incelenmiştir. Fotovoltaik paneller birçok faktörden etkilenebilmektedir. Gelen güneş ışıınımı, sıcaklık, gölgelenme ve sistem uyumuna dikkat edilmelidir.

Bu çalışmada panellerin üzerine gelen ışınımın maksimum yararlanacak şekilde yerleştirmek, gölge oluşturabilecek etkenlerden uzak durmak, panel evirici uyuma dikkat etmenin ve panel ve eviricinin yüksek verimde olması üzerinde durulmuştur.

Kabul ve Duran (2014) enerji tüketiminin artmasıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına önemin arttığını ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin sıcak su ve elektrik enerjisi üretiminde kullanılmasının yaygınlaşması sonucu verimi etkileyen sıcaklık parametresi üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada güneş enerjisinden elektrik üretilirken panellerdeki sıcaklık artışı sonucunda verimin azaldığı ve panelin verimini su ile soğutarak artırmışlardır. Fotovoltaik panelin arka yüzeyinde su borular ile geçirilerek soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Paneldeki ısıyı alarak sıcaklığı artan su bir depoda dolaşarak bünyesindeki ısı deposundaki suya aktarılmıştır. Hem sıcak su elde edilmiş hemde panel soğutulması sağlanmıştır. Soğutulan ve soğutulmayan paneller kıyaslandığında, soğutulanda elektrik üretimi yaklaşık %35'lik güç artışı ve %7'lik bir verim artışı olduğu gözlemlenmiştir.

Kerem ve Ark. (2020) fotovoltaik panellerin yüzeylerinin soğutulmasıyla elektriksel verime olan etkisi incelenmiştir. 80W gücünde özdeş iki tane fotovoltaik panel kullanılmıştır. Panellerin birisinin üstüne suyu homojen olarak gönderen bir boru sistemi yerleştirilerek belirli aralıklarda soğuk su göndererek panel yüzeyi soğutulmuştur. İki panelinde akım, gerilim ve güç değerlerini kayıt ederek karşılaştırma yapılmıştır. Panelin yüzey sıcaklığı 32°C'den 19°C'ye indirildiğinde üretilen elektriksel güç 5 günün sonunda ortalama 79,621W'tan 91,149W'a çıkarılarak %14,47 verim artışı olmuştur.

Erol (2021) Osmaniye'de fotovoltaik panellerin sıcaklıklarını soğutma düzenekleri ile azaltarak verim arttırılması üzerinde durulmuştur. Güneş enerjisini elektrik üretiminde kullanırken panellerin sıcaklığının artmasıyla verim düşmektedir. Fotovoltaik panelin ısınmasını panelin arka yüzeyine bakır plaka üzerine yerleştirilerek bakır boru sistemiyle düşürülmesi ve verimliliğin artması sağlanmıştır. Soğutmalı ve soğutmasız panel ısı ve elektriksel verimlilikleri karşılaştırılması yapılmıştır. Soğutmalı ve soğutmasız panel için aynı anda güneş ışınımı, hava/FV panel sıcaklığı, güç, akım ve gerilim gibi değerlerine bakılmıştır. Verimleri kıyaslandığında su soğutmalı panelin %5,9 ile soğutmasız panelden daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Materyal

#### 3.1.1. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Bu çalışma, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ana Bina çatısı üzerinde kurulmuştur. Kurulan sistemde enerji üretimini için monokristal ve polikristal paneller kullanılmıştır. Tüm sistemde enerji döngüsü sağlanabilmesi için şarj regülatörü ve batarya kullanılmıştır. Bununla birlikte panel etkinliğini belirlemeye yönelik veri alma işlemi panel analizatörü ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca radyasyon ölçüm cihazı, termometre, sıcaklık ve nem ölçer kullanılmıştır.

#### 3.1.2. Fotovoltaik Paneller

Fotovoltaik panellerin verimleri kullanılan malzemeye göre değişkenlik göstermektedir. Fotovoltaik paneller çeşitli malzemelerden üretilmektedir. Bu çalışmada verimleri göz önünde bulundurularak monokristal ve polikristal paneller kullanılmıştır. Monokristal panellerdeki malzemeler homojen yapıdadır. Monokristaller panellerin üretimlerinin zor olması ve zaman almasından dolayı fiyatı polikristale göre daha yüksektir. Monokristal panellerin verimi polikristallere göre daha yüksektir. Polikristal panellerde bunun sebebi daha düşük verimli hücreler kullanılmasıdır. Polikristaller de fiyatının düşük olması nedeniyle daha çok tercih edilebilmektedir.

Çalışmada kullanılan monokristal ve polikristal panellerin verim kıyaslaması için güçleri eşit seçilmiştir. Kontrollü ve kontrolsüz ortamlar için 2 adet polikristal güneş paneli ve 2 adet monokristal güneş paneli kullanılmıştır.

#### Polikristal panelin teknik özellikleri:

- Nominal Güç (  $P_{max}$  ): 40 Watt
- Açık Devre Gerilimi (  $V_{oc}$  ): 22.10 Volt
- Kısa Devre Akımı (  $I_{sc}$  ): 2.58 Amper
- Nominal Güç Voltajı (  $V_{mp}$  ): 18 Volt
- Nominal Güç (  $I_{mp}$  ): 2.22 Amper
- Hücre Sayısı: 36
- Boyut (  $Mm$  ): 430x670x25
- Ağırlık (  $Kg$  ): 3.8 Kg

- Maksimum Sistem Gerilimi: 1000 Volt

#### **Monokristal panelin teknik özellikleri**

- Nominal Güç (  $P_{max}$  ): 40 Watt
- Açık Devre Gerilimi (  $V_{oc}$  ): 22.90 Volt
- Kısa Devre Akımı (  $I_{sc}$  ): 2.23 Amper
- Nominal Güç Voltajı (  $V_{mp}$  ): 19.40 Volt
- Nominal Güç (  $I_{mp}$  ): 2.07 Amper
- Hücre Sayısı: 36
- Boyut ( Mm ): 452x667x25
- Ağırlık ( Kg ): 3.2 Kg
- Maksimum Sistem Gerilimi: 715 Volt



**Şekil 3. 1.** Monokristal ve Polikristal Fotovoltaik Paneller

#### **3.1.3. Batarya**

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretilmektedir. Elektrik enerjisi doğrudan kullanılabilir veya bataryalarda da depolanabilmektedir. Bataryalarda depolanan enerji elektrik enerjisinin üretilmediği zaman kullanılabilir. Bataryalar paralel veya seri bağlanabilirler. Böylece farklı kapasite ve gerilimde gruplar oluşturulabilmektedir. Fotovoltaik sistemlerde genelde kuru veya jel tipi bataryalar tercih edilmelidir. Bu bataryaların ömürlerinin uzun olması tercih sebepleri arasındadır.



Şekil 3. 2. Batarya

Çalışmamızda Lexron marka 12 V, 100 Ah 2 adet Jel Batarya kullanılmıştır.

- Marka : LEXRON
- Voltaj değeri : 12 V, DC
- Kapasite : 100 A
- Ağırlık : 30 kg
- Deşarj akımı : 17 A
- Şarj akımı : 25 A

### 3.1.4. Ölçüm ve Kayıt cihazları

Fotovoltaik sistemde kayıt cihazı olarak watt metre kullanılmıştır. Üretilen elektrik enerjisi değerleri ölçülerek kayıt cihaz ekranında anlık üretilen gücü (W), anlık gerilimi (V) anlık akım değerini (A), akım değerini (Ah), üretilen enerji miktarını (Wh), maksimum güç miktarını (Wp), maksimum akımı (Ap), maksimum gerilimi (Vp), gösterilmektedir. Çalışmamızda kullanılan monokristal ve polikristal paneller için dört ayrı wattmetre kullanılmıştır. Her saat başı wattmetrede değerler okunarak bilgisayara kaydedilmiştir.



Şekil 3. 3. Wattmetre

#### Wattmetre teknik özellikleri;

- Güç kaynağı : DC
- Voltaj : 60 V
- Akım : 0 – 100 A
- Güç : 0 – 6554 W

- Şarj : 0 – 65 Ah
- Enerji : 0 – 6554 Wh
- Çalışma akımı : 7 mA
- Yardımcı güç voltajı : 4,0 V ~ 60 V

Anlık elektrik miktarları PROVA fotovoltaik panel analizatörü ile ölçülmüştür. Ölçüm cihazı ekranında Maksimum Pmax'da voltaj (Vmaxp), Maksimum Pmax'da akım (Imaxp), açık devrede voltaj (Vopen), kısa devrede akım (Ishort), panel verimi (%) ve dolun faktörleri(FF) değerlerini göstermektedir. Ayrıca Fotovoltaik panel analizatörü ile Manuel tek nokta I-V testi, her veri noktasını görüntülemek için imleç ile I-V eğrisi değerlerine bakılmaktadır. Polikristal ve Monokristal Fotovoltaik panellerden saat başı ölçüm alınarak bilgisayara kaydedilmiştir.



**Şekil 3. 4.** Fotovoltaik Panel Analiz Cihazı

#### **Fotovoltaik panel analiz cihazı özellikleri;**

- Boyut: 257(L)X 155(W)X57(H), 10.1 (L)X6,1(W)X2,2(H)
- Ağırlık: 1160g/40.0 oz (Pil dahil)
- Pil tipi: şarj edilebilir,2500mAh
- Bellek boyutu:100 kayıt
- •Maks. Güneş paneli güç (Pmax) arama otomatik tarama: Prova200A:60V,6A
- Prova200A için en iyi çözünürlük 1mV,0.1mA

Anlık olarak birim alana gelen güneş enerjisini SM-206 radyasyon ölçüm cihazıyla ölçülmüştür. Ölçüm yapılırken bir m<sup>2</sup> üzerine gelen güneş enerjisi değeri W/m<sup>2</sup> olarak yüzey alana dik şekilde konumlandırılarak ölçülmüştür. Her saat başı ölçülen değerler kayıt altına alınarak bilgisayara aktarılmıştır.





Şekil 3. 5. Radyasyon Ölçüm Cihazı

**Radyasyon ölçüm cihazı teknik özellikleri:**

- Marka: Sinometer
- Çözünürlük:  $\pm 10 \text{ W/m}^2 / 3 \text{ Btu}/(\text{ft}^2 \cdot \text{h})$
- Hassasiyet:  $\% \pm 5$  okumada ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ )  $\pm 0,38 \text{ W/m}^2 / ^\circ\text{C}$
- Sıcaklık hatası:  $\pm 0,12 \text{ W/m}^2 / ^\circ\text{C} \pm 0,12 \text{ Btu}/(\text{ft}^2 \cdot \text{h})/^\circ\text{C}$
- Boyutlar: 60 mm x 132 mm x 38 mm

Fotovoltaik panellerin ortamının sıcaklık ve nem değerleri belirlenmesi için UNI-T UT333S ölçüm cihazıyla kullanılmıştır. Ölçüm cihazı ekranında sıcaklık ve nem değerleri okunabilmektedir. Her saat başı ölçülen değerler kayıt altına alınarak bilgisayara aktarılmıştır.



Şekil 3. 6. Sıcaklık ve Nem Ölçer

#### Sıcaklık ve nem ölçer teknik özellikleri:

- Güç: 1,5V Pil(R03)X3
- Görüntüle: 32mmx35mm
- Net ağırlık: 310g
- Ürün boyutu:110 mm x53 mmx26 mm

Fotovoltaik panellerin sıcaklıklarının belirlenmesi için GM320 lazerli termometre kullanılmıştır. Ölçüm cihazı ekranında sıcaklık değerleri okunabilmektedir. Her saat başı ölçülen değerler kayıt altına alınarak bilgisayara kaydedilmiştir.



Şekil 3. 7. Lazerli Termometre

#### Çalışmadaki lazerli termometre teknik özellikleri:

- Sıcaklık Ölçüm Aralığı: -50°C ~ +380°C
- Sıcaklık Ölçüm Hassasiyeti:  $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
- Tepki Süresi: 500 ms
- Ebatlar: 147 x 77 x 38 mm
- Ağırlık: 101 gr

#### 3.1.5. İklimlendirme cihazı

Çalışmada kontrollü ortamda sıcaklık belirli değerlerde kontrol altına alınması için iklimlendirme cihazı kullanılmıştır.

Kontrollü ortama monokristal ve polikristal paneller ile iklimlendirme cihazı konularak cam kabinin sıcaklık değerleri kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. İklimlendirme cihazı çalışma süreci boyunca açık kalmıştır.



Şekil 3. 8. İklimlendirme Cihazı

**İklimlendirme cihazı teknik özellikleri:**

- BTU (Isıtma Kapasitesi) : 2000
- Enerji Sınıfı: A
- Ses Seviyesi (dB) :54
- Türü : Mobil

### 3.2. Yöntem

Deneme Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ana Bina çatısında kurulmuştur. Ölçümler güneş radyasyon yoğunluğu ve sıcaklığın fazla olduğu temmuz, ağustos, eylül aylarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sıcaklığın panel üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla iki ortam oluşturulmuştur. Kontrollü ortamda sıcaklık etkilerinin belirlenmesi için üzeri cam bir kabin içine iklimlendirme cihazı yerleştirilerek sıcaklık değerleri belirli aralıklarda kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. Kontrolsüz ortamda ise açık hava şartları dikkate alınmıştır. Kullanılan malzemeye göre sınıflandırıldığında monokristal ve polikristal fotovoltaiik paneller kullanılmıştır. İki ortama da bir adet polikristal ve bir adet monokristal panel yerleştirilmiştir. Kontrollü ortam içine iklimlendirme cihazı, sıcaklık ölçer ve paneller yerleştirilmiştir. Kontrolsüz ortam içinde bir adet polikristal panel ve bir adet monokristal panel kullanılmıştır. Eşit şartlarda olabilmesi için kontrolsüz ortamdaki panellerin üzerine de cam konulmuştur. Deneme yapılan dönem içinde Aydın şartlarında fotovoltaiik paneller güneş ışınımı dik alacak şekilde 36° konumunda yerleştirilmiştir.



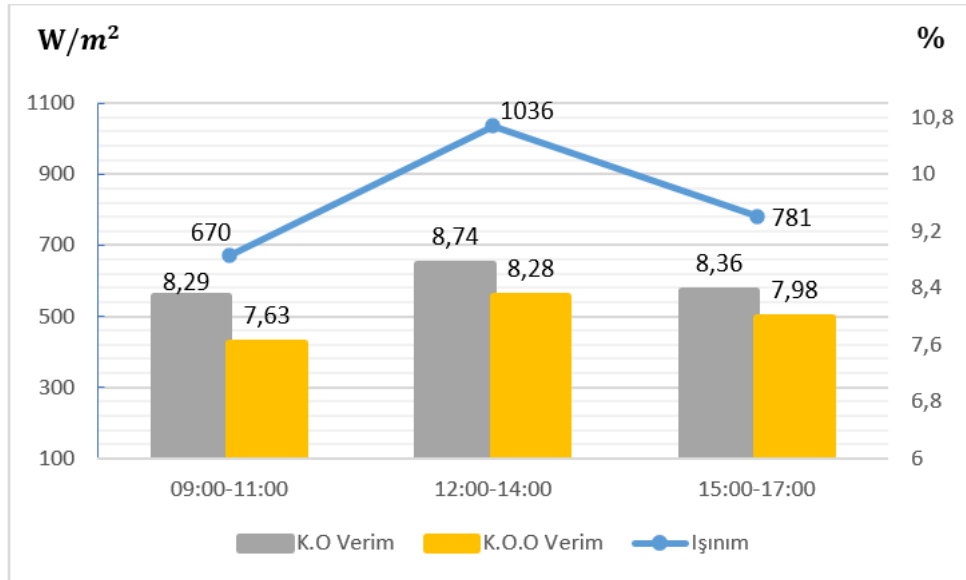
**Şekil 3. 9.** Kontrollü Ortam ve Kontrolsüz Ortam

Ölçümler 9:00 ile 17:00 saatleri arasında her saat başı alınmıştır. Fotovoltaik paneller tarafından üretilen kapalı devre akımı, açık devre gerilimi, güç, dolun faktörü ve panel verimi değerleri her saat başı fotovoltaik panel analizatörü ile ölçülmüştür (Şekil 3.4). Aynı anda güneşin ışınım değeri radyasyon ölçüm cihazıyla ölçülmüştür (Şekil 3.5). Sıcaklık ve nem değerleri sıcaklık ve nem ölçer ve termometre ile ölçülmüştür (Şekil 3.6). Elde edilen değerler günlük olarak bilgisayar ortamında excel dosyası olarak kaydedilmiştir. Daha sonra tüm veriler işlenerek çalışmanın sonuçları olarak grafiksel olarak belirlenmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

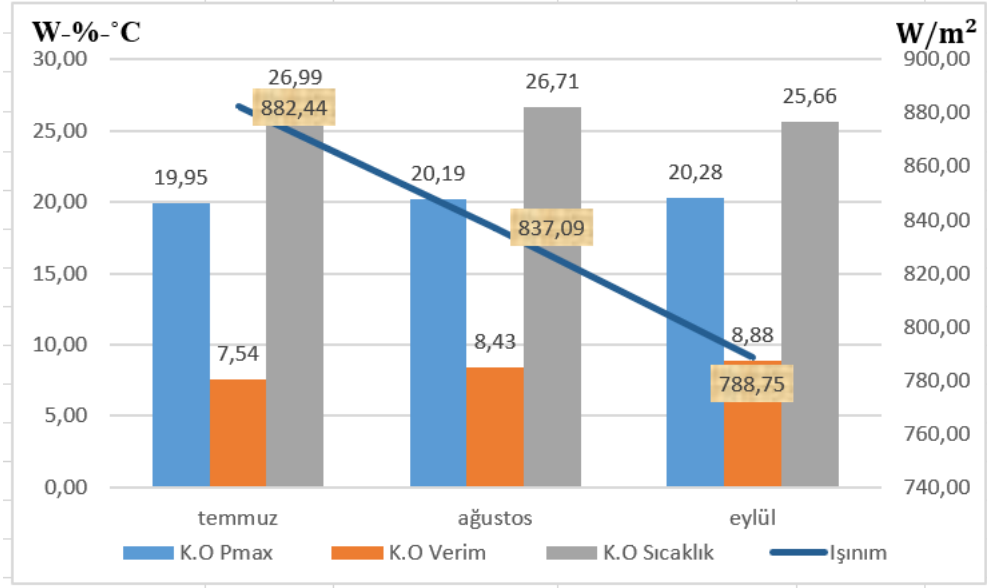
### • Polikristal Panellerden Elde Edilen Ölçüm Değerleri

Deneme Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ana Bina çatısında kurulmuştur. Denemede ölçümler sıcaklığın ve ışınımın yüksek olduğu yaz aylarında kayıt altına alınmıştır. Kontrollü ortamda iklimlendirme cihazıyla sıcaklık 23-27 °C arasında kontrol altına alınmaya çalışılmıştır. Kontrollü olmayan ortamda ise değişken hava şartlarıyla sıcaklık 38-46°C arasında ölçümler kayıt altına alınmıştır. Şekil 4.1’de kontrollü ortamda (K.O) ve kontrollü olmayan ortamda (K.O.O) 09:00-11:00, 12:00-14:00 ve 15:00-17:00 saatleri arasında ortalama panel verimi ve ışınım değerleri tespit edilmiştir. Işınımın yüksek olduğu 12:00-14:00 saatlerinde verimde en yüksek değerlerin üretildiği görülmüştür. Işınım arttıkça verimde artmış ışınım azaldıkça verimde azalmıştır. Fotovoltaik panellerde sıcaklık, verimi önemli derecede etkileyen etmenlerdendir. Hava sıcaklığı özellikle 25°C’nin üzerinde artmasıyla birlikte panel sıcaklığının da arttığı bununda panel verimini düşürdüğü gözlenmiştir. 09:00-11:00, 12:00-14:00 ve 15:00-17:00 saatleri arasında kontrollü ortamın panel verim değerleri kontrollü olmayan ortamdaki verimden daha yüksek çıkmıştır. Kontrollü ortamda sıcaklığın daha düşük olması panel veriminin daha yüksek olmasını sağlamıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1. Polikristal Panellerde Işınım-Verim Grafiği

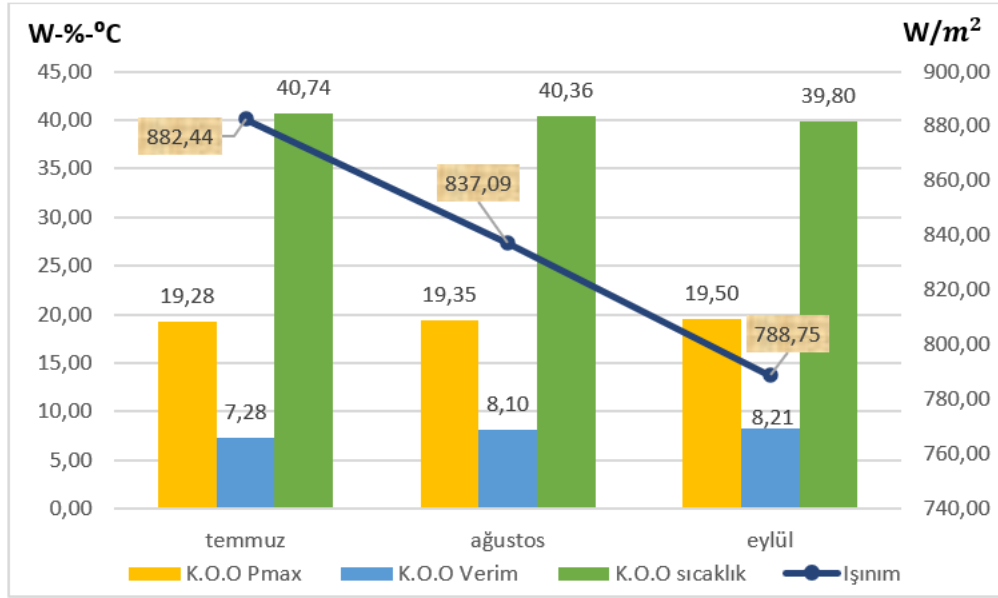
Şekil 4.2’de polikristal panellerde kontrollü ortamda temmuz-ağustos-eylül aylarında alınan ölçümlerin ortalaması verilmiştir.



**Şekil 4. 2.** Kontrollü Ortamda Polikristal Panel Pmax-Sıcaklık-Verim Değerleri

Temmuz ayında ışınım  $882,44 \text{ W/m}^2$  ile en yüksek değerindeyken eylül ayında  $788,75 \text{ W/m}^2$  en düşük değerindedir. Temmuz ayında maksimum güç  $19,95 \text{ W}$  ve panel verimi %7,54 olarak ölçülmüştür. Ağustos ayında maksimum güç  $20,19 \text{ W}$  ve panel verimi %8,43 olarak ölçülmüştür. Eylül ayında maksimum güç  $20,28 \text{ W}$  ve panel verimi %8,88 olarak ölçülmüştür. Fotovoltaik panellerde sıcaklık azaldıkça güç artmakta böylece panel verimi de artmaktadır. Temmuz ayında sıcaklık en yüksek değerinde eylül ayında en düşük değerindedir (Şekil 4.2).

Şekil 4.3'de kontrollü olmayan ortamda temmuz-ağustos-eylül aylarında alınan ölçümlerin ortalaması verilmiştir.



**Şekil 4.3.** Kontrollü Olmayan Ortamda(K.O.O) Polikristal Panel Pmax-Sıcaklık-Verim Değerleri

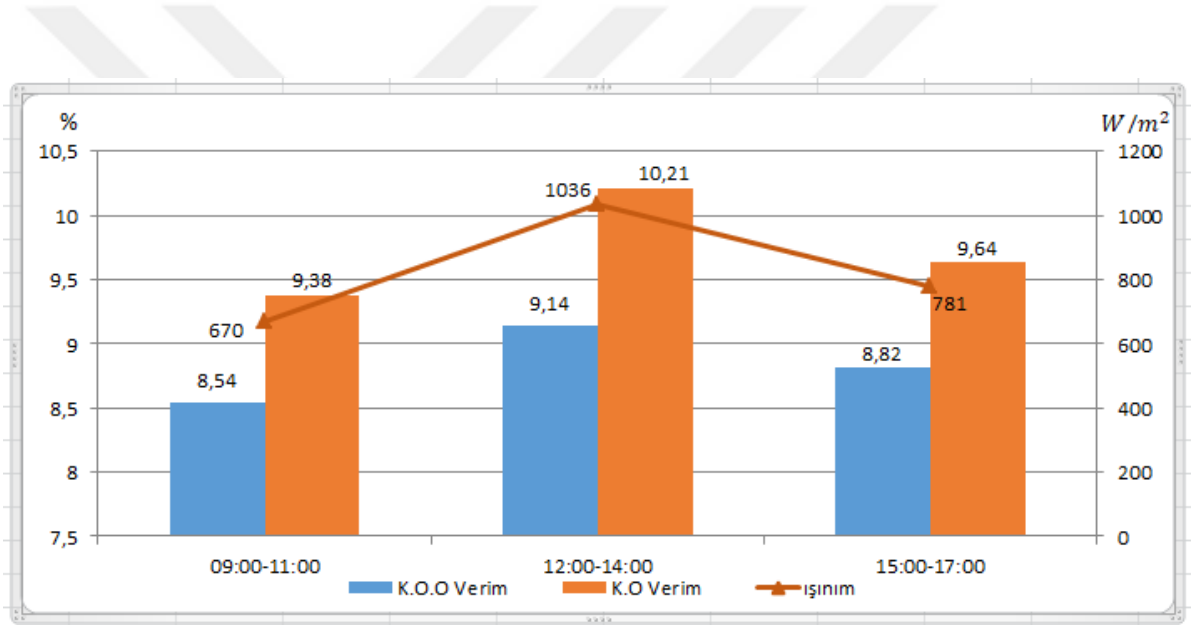
Temmuz ayında maksimum güç 19.28W ve panel verimi %7,28 olarak ölçülmüştür. Ağustos ayında maksimum güç 19,35W ve panel verimi %8,10 olarak ölçülmüştür. Eylül ayında maksimum güç 19,50W ve panel verimi %8,21 olarak ölçülmüştür. Kontrollü olmayan ortamda sıcaklığın yüksek olmasından dolayı kontrollü ortama göre panel verimi ve güç değerleri daha düşüktür (Şekil 4.3).

Kontrollü ortam ve kontrollü olmayan ortamda temmuz-ağustos-eylül verilerine bakarak verim sıcaklığın düşük olduğu gücün yüksek olduğu kontrollü ortamda eylül ayında en yüksek değere ulaşmıştır. Panel verimini etkileyen en önemli parametrelerden olan sıcaklığın yüksek olması panel sıcaklığını arttırarak gücü düşürmüş ve panel veriminde de düşüğe sebep olmuştur. Kontrollü ortamda sıcaklığın belirli değerler arasında sabit kalarak dış ortama göre düşük olması kontrollü olmayan ortama göre avantaj sağlayarak yaz aylarında panel verimini daha yüksek olduğunu göstermektedir.

- **Monokristal Panelden Elde Edilen Ölçüm Değerleri**

Monokristal panellerde kontrollü ortam ve kontrollü olmayan ortamda 09:00-11:00, 12:00-14:00 ve 15:00-17:00 saatleri arasında ortalama panel verimi, ışınım değerlerine ve temmuz, ağustos, eylül aylarında maksimum güç, sıcaklık, ışınım ve panel verimi değerlerine bakılmıştır. Şekil 4.4'de 09:00-11:00, 12:00-14:00 ve 15:00-17:00 saatleri arasında ışınım ve panel verimi değerleri görülmektedir.

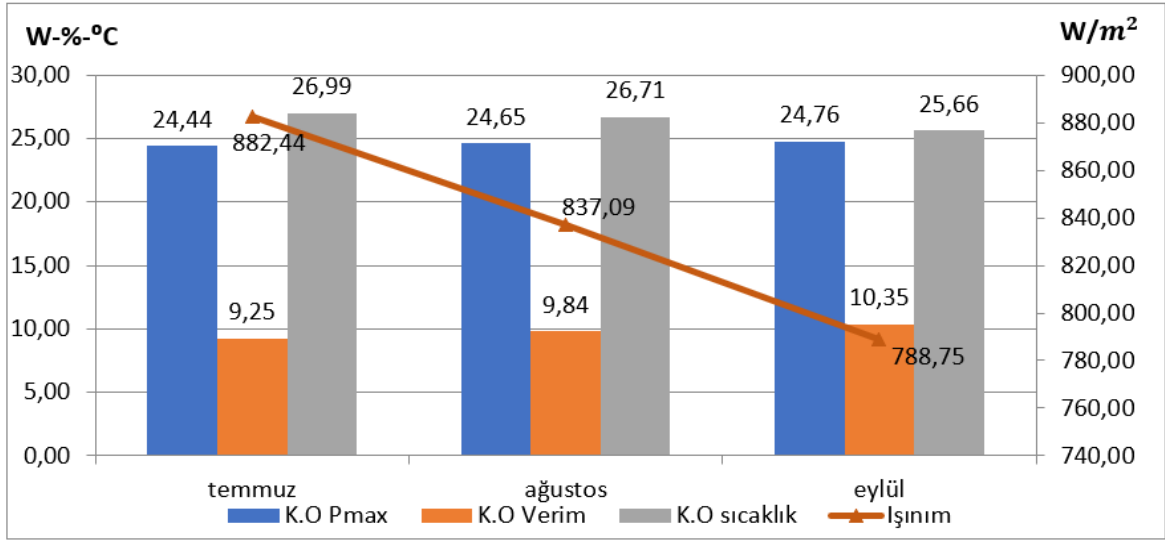
09:00-11:00 saatlerinde ışınlım  $670 \text{ W/m}^2$  , 12:00-14:00 saatlerinde ışınlım  $1036 \text{ W/m}^2$  , 15:00-17:00 saatlerinde  $781 \text{ W/m}^2$  değerindedir. 09:00-11:00 saatlerinde kontrollü ortamda monokristal panel verimi %9,38, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %8,54 değerinde, 12:00-14:00 saatlerinde kontrollü ortamda monokristal panel verimi %10,21, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %9,14 değerinde, 15:00-17:00 kontrollü ortamda monokristal panel verimi %9,64, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %8,82 değerindedir. Panel üzerine gelen ışınlım arttıkça verimde artmış ışınlım azaldıkça verimde azalma gözlemlenmiştir. Monokristal panelin kontrollü ortamda 09:00-11:00, 12:00-14:00 ve 15:00-17:00 saatleri arasında verim değerleri kontrollü olmayan ortama göre daha yüksektir. Kontrollü ortamda sıcaklığın daha düşük olması panel sıcaklığını da düşürerek verimin daha yüksek olmasını sağlamıştır.



**Şekil 4. 4.** Monokristal Panellerde Işınım-Verim Grafiği

Şekil 4.5’de monokristal panellerde kontrollü ortamda temmuz, ağustos, eylül aylarında alınan ölçümlerin ortalaması verilmiştir.

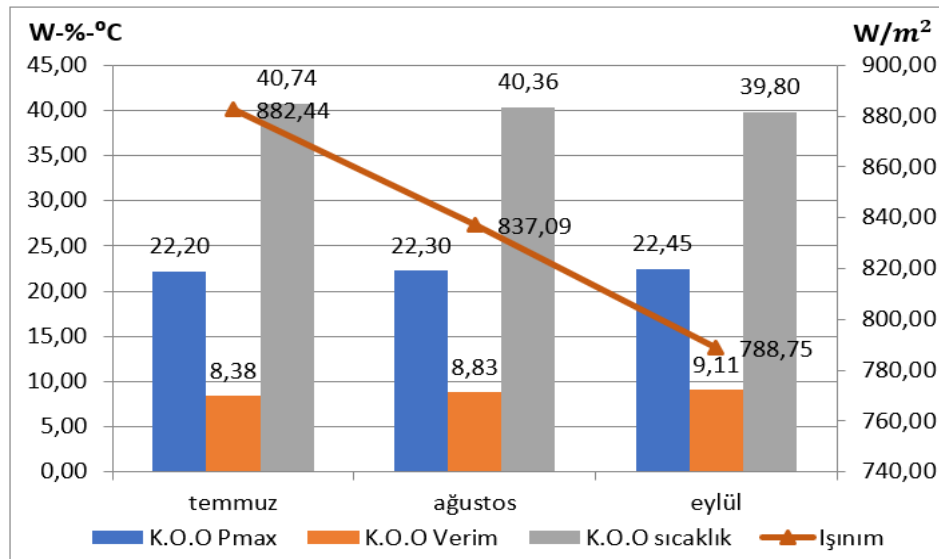




Şekil 4. 5. Kontrollü Ortamda Monokristal Panel Pmax-Sıcaklık-Verim Değerleri

Temmuz ayında maksimum güç 24,44W ve panel verimi %9,25 olarak ölçülmüştür. Ağustos ayında maksimum güç 24,65W ve panel verimi %9,84 olarak ölçülmüştür. Eylül ayında maksimum güç 24,76W ve panel verimi %10,35 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.5).

Kontrollü ortamda yaz aylarında sıcaklığın kontrol altına alınmasıyla panel sıcaklığı kontrol altına alınmış ve sıcaklığın kontrolsüz ortama göre düşük olması güç ve panel verimi değerlerinin yüksek olduğunu göstermiştir. Temmuz ayında sıcaklık en yüksek değerinde olduğu için panel verimi en düşük değerindedir. Eylül ayında sıcaklığın en az olması gücü artırarak panel verimini de arttırmıştır.



Şekil 4. 6. Kontrollü Olmayan Ortamda(K.O.O) Pmax-Sıcaklık-Verim Değerleri

Şekil 4.6'da kontrollü olmayan ortamda monokristal panelin temmuz, ağustos, eylül aylarında alınan ölçümlerin ortalaması verilmiştir. Temmuz ayında maksimum güç 22,20W ve panel verimi %8,38 olarak ölçülmüştür. Ağustos ayında maksimum güç 22,30W ve panel verimi %8,83 olarak ölçülmüştür. Eylül ayında maksimum güç 22,45W ve panel verimi %9,11 olarak ölçülmüştür.

Panellerde kullanılan silisyum maddesi elektriksel ve yapısal özelliklerini uzun süre koruyabilmektedir. Polikristal panellerde elektriksel özelliklerin küçülen damar büyüklüğüyle orantılı bir biçimde bozulması verimini etkilemektedir. Bu yüzden monokristal panellere göre verimleri daha düşüktür. Sıcaklığın yüksek olduğu zamanlarda monokristal panel yapısının ısınma dayanımının daha fazla olduğu için veriminin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

## 5. SONUÇ

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ana Bina çatısında gerçekleştirilen bu çalışmada, Aydın koşullarında bazı fotovoltaik panellerin kontrollü ve kontrolsüz ortamda verimlerinin belirlenmesi hedeflenmiş ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada; kontrollü ortam ve kontrollü olmayan ortam için iki adet 40 W polikristal panel ve iki adet 40 W monokristal panel kullanılmıştır. Kontrollü ortam için bir adet polikristal ve bir adet monokristal panel bir cam kabin içerisine iklimlendirme cihazı ile yerleştirilmiştir. İklimlendirme cihazı ile kontrollü ortamda sıcaklık 23-27°C arasında kontrol altına alınarak yaz aylarında panellerin aşırı ısınması önlenmiştir. Kontrollü olmayan ortamda da eşit şartlarda olması için bir adet polikristal ve bir adet monokristal panelin üzerine cam konularak değişen hava şartlarıyla ölçümler kayıt edilmiştir. Aydın ilinde sıcaklığın yüksek olduğu temmuz, ağustos, eylül aylarında ölçümler 09:00-17:00 saatleri arasında saat başı kayıt altına alınmıştır. Her saat başı radyasyon ölçüm cihazıyla radyasyon değerleri ölçülerek not edilmiştir. Her saat başı kontrollü ve kontrollü olmayan ortam için sıcaklık nem ölçer ve termometre ile ölçümler kayıt altına alınmıştır. Kontrollü ve kontrollü olmayan ortamdaki polikristal ve monokristal panellerin anlık elektrik miktarları PROVA fotovoltaik panel analizatörü ile ölçülmüştür. Ölçüm cihazında maksimum Pmax'da voltaj (Vmaxp), maksimum Pmax'da akım(Imaxp), açık devrede voltaj(Vopen), kısa devrede akım(Ishort), verim (%) ve dolum faktörleri (FF) değerlerini kayıt altına alınmıştır. Ayrıca çalışmamızda her panel için ayrı wattmetreler de kullanılmıştır. Wattmetre ile anlık üretilen gücü (W), anlık akım değerini (A), anlık gerilimi (V) de kayıt altına alınmıştır.

Aydın koşullarında polikristal ve monokristal panellerde sıcaklık etkisiyle verimlerinin belirlenebilmesi için kontrollü ve kontrollü olmayan ortam tercih edilmiştir. Çünkü fotovoltaik panellerin verimlerini en çok etkileyen faktörlerden biri de sıcaklıktır. Fotovoltaik panellerde sıcaklığın artmasıyla birlikte güç azalmaktadır. Gücün azalmasıyla birlikte verimde azalmaktadır. Fotovoltaik panellerin verimini etkileyen parametrelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Monokristal ve polikristal panellerin kontrollü ortam ve kontrollü olmayan ortamda 09:00-11:00, 12:00-14:00 ve 15:00-17:00 saatleri arasında ortalama ışınım ve panel verimi değerleri en yüksek 12:00-14:00 arasında yüksek olduğu görülmektedir.

09:00-11:00 arasında polikristal panellerde ışınım  $670 \text{ W/m}^2$  iken kontrollü ortamda panel verim %8,29, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %7,63 olarak tespit edilmiştir.12:00-14:00 arasında polikristal panellerde ışınım  $1036 \text{ W/m}^2$  iken kontrollü ortamda panel verimi %8,74, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %8,28 olarak tespit edilmiştir.15:00-17:00 arasında polikristal panellerde ışınım  $781 \text{ W/m}^2$  iken kontrollü ortamda panel verimi %8,36, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %7,98 olarak tespit edilmiştir.

09:00-11:00 arasında monokristal panellerde ışınım  $670 \text{ W/m}^2$  iken kontrollü ortamda panel verimi %9,83, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %8,54 olarak tespit edilmiştir.12:00-14:00 arasında monokristal panellerde ışınım  $1036 \text{ W/m}^2$  iken kontrollü ortamda panel verimi %10,21, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %9,14 olarak tespit edilmiştir.15:00-17:00 arasında monokristal panellerde ışınım  $781 \text{ W/m}^2$  iken kontrollü ortamda panel verimi %9,64, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %8,82 olarak tespit edilmiştir.

Temmuz, ağustos, eylül aylarında ışınım değerlerinin ortalamasına bakıldığında temmuz ayında  $882,44 \text{ W/m}^2$  ,ağustos ayında  $837,09 \text{ W/m}^2$ , eylül ayında  $788,75 \text{ W/m}^2$  olarak ışınım değerleri tespit edilmiştir.

Temmuz ayında polikristal panellerin kontrollü ortamda panel verimi %7,54, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %7,28 olarak tespit edilmiştir. Monokristal panellerin kontrollü ortamda panel verimi %9,25, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %8,38 olarak tespit edilmiştir.

Ağustos ayında polikristal panellerin kontrollü ortamda panel verimi %8,43, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %8,10 olarak tespit edilmiştir. Monokristal panellerin kontrollü ortamda panel verimi %9,84, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %8,83 olarak tespit edilmiştir.

Eylül ayında polikristal panellerin kontrollü ortamda panel verimi %8,88, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %8,21 olarak tespit edilmiştir. Monokristal panellerin kontrollü ortamda panel verimi %10,35, kontrollü olmayan ortamda panel verimi %9,11 olarak tespit edilmiştir.

Sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde fotovoltaik panel yüzey sıcaklığı da artarak verimi düşürmektedir. Kontrollü ortamın kontrollü olmayan ortama göre sıcaklık değerleri daha düşüktür. Kontrollü ortamdaki panellerin yüzey sıcaklıklarının düşük olmasından dolayı verimi daha yüksektir.



## KAYNAKLAR

- Anonim,2019a Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Erişim[<http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>]
- Anonim,2019b Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Erişim [<http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/9.aspx>]
- Anonim, 2022 Biyokütle Enerjisi. Erişim [<https://www.enerjiportali.com/biyokutle-enerjisi-nedir/>]
- Anonim,2022a Jeotermal Enerji. Erişim [<https://okimya.net/jeotermal-enerji/>]
- Anonim, 2022b Off-Grid Sistem. Erişim [<https://www.adensolar.com/tr/services/off-grid>]
- Anonim, 2022c Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. Erişim [<https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>]
- Anonim, 2022d Aydın Güneş Enerjisi Elektrik Üretimi.Erişim [<https://www.powerenerji.com/aydin-gunes-enerjisi-elektrik-uretimi.html>]
- Anonim, 2022e Fotovoltaik Güneş Hücreleri. Erişim [<http://www.bizimkasaba.com/? Syf=26&Syz=198040>]
- Anonim,2022f Rüzgar Türbinlerinin Temel Elemanları. Erişim [<https://limitsizm.com/ruzgar-turbinlerinin-temel-elemanlari-nelerdir/>]
- Anonim,2022g Dalga Enerjisi. Erişim [<https://maabir.com/dalga-enerjisi-nedir/>]
- Anonim,2022h Hidroelektrik Enerjisi. Erişim [<https://www.enerjiportali.com/hidroelektrik-enerjisi-hes-nedir-nasil-elektrik-uretir/>]
- Anonim,2022i Güneş Enerjisi Uygulamaları. Erişim [<https://www.biyobilim.ytukimtek.org/12/gunes-enerjisinin-pek-bilinmeyen-uygulamalari/>]
- Anonim,2022j Güneş Ocağı. Erişim [<http://www.alternaturk.org/gunesocagi.php>]
- Anonim,2022k On-Grid Sistem. Erişim [<https://www.aplasgroup.com.tr/urun/solar-on-grid-sebeke-destekli-sistemler/>]
- Anonim,2022l Güneş Pilleri ve Güneş Enerji Sistemleri. Erişim [<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ktemb.org/download-forms/tr/Gne%20Pilleri.pdf>]
- Arslan, İ. (2018) *Tekirdağ Koşullarında Polikristal ve Monokristal tip PV Güneş Panellerinin Verimliliklerinin Karşılaştırılması* Yüksek Lisans Tezi Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- Ataman, A, R. (2007) *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları* Yüksek Lisans Tezi Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Bilgin, M. (2013) *Fotovoltaik Panellerin Verimine Panel Yüzey Sıcaklığı Etkisinin İncelenmesi* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Boz, H.O. (2011) *Günümüzün Alternatif Enerji Kaynağı Fotovoltaik Güneş Pilleri* Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Boztepe, M. (2017). Fotovoltaik güç sistemlerinde verimliliği etkileyen parametreler. EMO İzmir Şubesi Aylık Bülteni, 321, 13-17.
- Çolak, Ş. (2010) *Fotovoltaik Paneller Yardımı İle Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi Ve Gelecekteki Projeksiyonu* Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Delibaş, H, M. (2021) *Yenilikçi Bir Tasarım ile Birlikte Fotovoltaik Panel Verimliliğinin Arttırılması* Yüksek Lisans Tezi Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği, Karabük.
- Erkul, H. (2012). Jeotermal Enerjinin Ekonomik Katkıları ve Çevresel Etkileri: Denizli- Kızıldere Jeotermal Örneği. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, Cilt 10, Sayı 19, Sayfa 1-30.
- Erol, H. (2021). Su Soğutmalı Fotovoltaik Sistemin Performans Analizi *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt 4, Sayı 2, Sayfa 142-148.
- Girgin, M, H. (2011) *Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi. Karaman Bölgesinde 5MW’lık Güneş Enerji Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirilmesi ve Ekonomik Analizi* Yüksek Lisans Tezi İstanbul Üniversitesi Enerji Entitüsü, İstanbul.
- İlkılıç, Z. (2016). Türkiye’de Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Enerji Sistemlerinin Gelişimi *Yaşam Bilimleri Dergisi*, Cilt 6, Sayı 2/2.
- Kabul, A, Fatih, D. (2014). Isparta İlin’de Fotovoltaik/Termal (PV/T) Hibrit Sistemin Performans Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi International Technologic Science Dergisi*, Cilt 6, Sayı 1, Sayfa 31-43.
- Kapluhan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyada ve Türkiye de Kullanım Durumu. *Marmara Coğrafya Dergisi*, Sayı 30, Sayfa 97-125.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R. (2011). Biyokütlenin Türkiye’de enerji üretiminde değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 63-75.
- Kerem, A., Atik, M., Bayram, A. (2020). Fotovoltaik Panel Sisteminde Yüzey Soğutma İşleminin Elektrik Üretimine Etkisinin Deneysel İncelenmesi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, Cilt12, Sayı2 Sayfa 565-578.

- Keskin, A, K. (2017) *Devletin Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Elektrik Enerjisini Arz Etme Yükümlülüğü* Yüksek Lisans Tezi, Özyeğin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kılıç, F. Ç. (2015). Güneş Enerjisi Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri. *Mühendis ve Makine Dergisi*, Cilt56, Sayı 671. Sayfa 28-40.
- Koç, E., Kaya, K. (2015). Enerji Kaynakları Yenilenebilir Enerji Durumu. *Mühendis ve Makine Dergisi*, Cilt 56, Sayı 668, Sayfa 36-47.
- Koç, E., Şenel, M. (2013). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makine Dergisi*, Cilt 54, Sayı 639, Sayfa 32-44.
- Sayın, S., Koç, İ.(2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. *Seçluk Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 26, Sayı 3, Sayfa 89-106.
- Taşcıoğlu, A. (2015) *Monokristal ve Polikristal Güneş Panellerinin Bursa Koşullarındaki Güç Performansı Üzerine Bir Araştırma* Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Terzi, Ümit K., Alkan, Murat, “Dalga Enerjisi Sistemleri, Ekonomisi, Çevresel Etkileri ve Ülkemiz için Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi”, Türkiye 10. Enerji Kongresi, Dünya’da ve Türkiye’de Enerji-Uygulamalar ve Sorunlar Cilt-II, 2730 Kasım 2006, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, İstanbul, 2006.
- Turhan, M.S., Çetiner, İ. (2012) Fotovoltaik Sistemlerde Performans Değerlendirilmesi. VI. Ulusal Çatı Cephe Sempozyumu.
- Varınca, K., Gönüllü, M. (2006). Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi.



**T.C.**

**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**

**BİLİMSEL ETİK BEYANI**

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

14/10/2022

Buse Bahar DAYAR

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Buse Bahar DAYAR

## EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Yüksek Lisans Öğrenimi : Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Yabancı Diller : İngilizce