



T.C.  
GAZİANTEP İSLAM BİLİM VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

SOLAR KOJENERASYON SİSTEMLERİNDE ISININ GÜNEŞ  
PANELLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İsmail ERTÜRK

Danışman  
Prof. Dr. Osman BİLGİN

GAZİANTEP  
2024



T.C.  
GAZİANTEP İSLAM BİLİM VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

SOLAR KOJENERASYON SİSTEMLERİNDE ISININ GÜNEŞ  
PANELLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İsmail ERTÜRK

Danışman  
Prof. Dr. Osman BİLGİN

GAZİANTEP  
2024

## TEZ ONAYI

İsmail ERTÜRK tarafından, Prof. Dr. Osman BİLGİN danışmanlığında hazırlanan “Solar Kojenerasyon Sistemlerinde Isının Güneş Panelleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından ...../...../2024 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Unvanı, Adı/Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Prof. Dr. Osman BİLGİN		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye Doç. Dr. İpek ATİK		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye Doç. Dr. Hakan AÇIKGÖZ		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

..... / ..... / 2024

Dr. Öğr. Üyesi Adnan AKALIN

Lisansüstü Enstitü Müdürü

## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI**

Hazırlamış olduğum yüksek lisans yeterlilik tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara uyduğumu ettiğimi, çalışmada dolaylı olarak veya doğrudan kullanmış olduğum her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve faydalandığımı eserlerin Kaynaklar 'da gösterilenlerden meydana geldiğini, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun olarak yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde açıklanan durumlara aykırılık teşkil etmediğimi taahhüt ve beyan ederim.

26/6/2024

İsmail ERTÜRK

## ÖZET

### SOLAR KOJENERASYON SİSTEMLERİNDE ISININ GÜNEŞ PANELLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

İsmail ERTÜRK

Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans, Haziran / 2024

Danışman: Prof. Dr. Osman BİLGİN

Haziran 2024, 80 Sayfa

Günümüzde teknolojiye hızlı gelişmeler, sanayileşme, nüfus artışı ve küreselleşme gibi nedenlerden dolayı enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Buna bağlı olarak artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla bilim adamları farklı kaynak arayışlarına ve mevcut sistemlerdeki verimliliğin artırılması üzerine çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Yenilenebilir enerji kaynakları, doğaya zararlarının minimum olması karbon emisyon değerlerinin sıfıra yakın olması nedeniyle enerji üretiminde tercih sebebi olmuşlardır. Yapılan bu çalışmada özellikle konut, hasta hane, otel, gıda ve tekstil fabrikaları gibi hem sıcak su hem de elektrik enerjisinin birlikte kullanıldığı yerler için bir solar kojenerasyon sistemi tasarlanmış ve pratik uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda ihtiyaç duyulan sıcak su temininin yanında ısının güneş panellerindeki olumsuz etkileri incelenmiş ve verimlerinin iyileştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda birinci sıcaklık aralığına göre (35-25 °C) günlük panelden elde edilen sıcak suyun ortalama sıcaklığı 28.13 °C, 218.50 lt elde edilmiştir. Elde edilen sıcak suyu ısıtmak için gerekli olan 2,698 kWh elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmıştır. Soğutmalı panelden elde edilen toplam enerji 0,762 kWh, klasik panelden elde edilen toplam enerji 0,675 kWh olarak ölçülmüştür. Soğutmalı panelin ürettiği enerjinin klasik panelle göre %12,82 daha fazla olduğu görülmüştür. Soğutma uygulanan panelin toplam ürettiği enerji 3,46 kWh olduğu hesaplanmış ve buna göre toplam panel veriminin % 44,94 olduğu görülmüştür. Klasik güneş paneli 0,675 kWh üretim ile ortalama % 8,77 verimde çalışmıştır. Yapılan çalışma sonucunda ikinci sıcaklık aralığına göre (35-30 °C) günlük panelden elde edilen sıcak suyun ortalama sıcaklığı 34,44 °C, 100.50 lt elde edilmiştir. Elde edilen sıcak suyu ısıtmak için gerekli olan 2,10 kWh elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmıştır. Soğutmalı panelden elde edilen toplam enerji 0,788 kWh, klasik panelden elde edilen toplam enerji 0,700 kWh olarak ölçülmüştür. Soğutmalı panelin ürettiği enerjinin klasik panelle göre %12,51 daha fazla olduğu görülmüştür. Soğutma uygulanan panelin toplam ürettiği enerji 2,888 kWh olduğu hesaplanmış ve buna göre toplam panel veriminin % 37,50 olduğu görülmüştür. Klasik güneş paneli 0,675 kWh üretim ile ortalama % 9,09 verimde çalışmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Solar Kojenerasyon, Fotovoltaik sistem, GES, Güneş enerjisi

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF HEAT ON SOLAR PANELS IN SOLAR COGENERATION SYSTEMS

İsmail ERTÜRK

Gaziantep İslan Science and Technology University

Institute of Graduate Studies

Department of Electrical Electornics Engineering

Master's Thesis, June/2024

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Osman BİLGİN

June 2024, 80 Pages

Today, the need for energy is increasing day by day due to reasons such as rapid developments in technology, industrialization, population growth and globalization. Accordingly, in order to meet the increasing energy need, scientists have concentrated on searching for different resources and increasing the efficiency of existing systems. Renewable energy sources have become preferred in energy production due to their minimal harm to nature and their carbon emission values being close to zero. In this study, a solar cogeneration system was designed and its practical application was carried out, especially for places where both hot water and electrical energy are used together, such as residences, hospitals, hotels, food and textile factories. In experimental studies, in addition to the required hot water supply, the negative effects of heat on solar panels were examined and studies were carried out to improve their efficiency. As a result of the study, according to the first temperature range (35-25 °C), the average temperature of the hot water obtained from the daily panel was 28.13 °C, 218.50 lt. 2,698 kWh of electrical energy required to heat the resulting hot water was saved. The total energy obtained from the cooled panel was measured as 0.762 kWh, and the total energy obtained from the classical panel was measured as 0.675 kWh. It has been observed that the energy produced by the cooled panel is 12.82% more than the classical panel. The total energy produced by the cooled panel was calculated to be 3.46 kWh and accordingly, the total panel efficiency was found to be 44.94%. The classic solar panel operated at an average efficiency of 8.77% with a production of 0.675 kWh. As a result of the study, according to the second temperature range (35-30 °C), the average temperature of the hot water obtained from the daily panel was 34.44 °C, 100.50 lt. 2.10 kWh of electrical energy required to heat the resulting hot water was saved. The total energy obtained from the cooled panel was measured as 0.788 kWh, and the total energy obtained from the classical panel was measured as 0.700 kWh. It has been observed that the energy produced by the cooled panel is 12.51% more than the classical panel. The total energy produced by the cooled panel was calculated to be 2,888 kWh and accordingly, the total panel efficiency was found to be 37.50%. The classic solar panel operated at an average efficiency of 9.09% with a production of 0.675 kWh.

**Keywords:** Solar Cogeneration, Photovoltaic System, SPP, Solar Energy

## TEŐEKKÜR

Bu tez kapsamında birlikte çalıŐtıđım, desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Osman BİLGİN' e teŐekkürlerimi sunarım.

Bu Tez alıŐması esnasında her zaman bana destek olan baŐta Birecik Nizip HES İŞletme M¼d¼rl¼đ¼nde birlikte alıŐtıđım Makine M¼h. Mehmet KUBAT'a, Makine Teknisyeni Ahmet AKALIN'a, Elektrik Teknikeri Zeki ÇİÇEK'e ve t¼m Birecik Nizip HES İŞletme M¼d¼rl¼đ¼ çalıŐanlarına teŐekk¼rlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve s¼rekli beni destekleyen annem Őemse ERT¼RK ve babam aynı zamanda ilkokul ¼đretmenim olan Mehmet Nuri ERT¼RK'e, hayatıma anlam veren kıymetli eŐim Zeynep ERT¼RK' e ve yanında olmam gerekirken tez çalıŐmam için uzak kaldığım oğlum Miraç Halil ERT¼RK' e en kalbi Ő¼kranlarımı sunarım.

İsmail ERT¼RK  
Elektrik Elektronik M¼hendisi  
GAZİANTEP-2024



# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
KISALTMALAR VE SİMGELER .....	viii
ŞEKİLLER .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1 Güneş Enerjisi .....	3
2.1.1 Güneş Enerjisinin Tarihçesi .....	3
2.1.2 Dünyada Güneş Enerjisi.....	4
2.1.3 Türkiye’de Güneş Enerjisi .....	4
2.1.4 Güneş Enerjisinin Avantajları Nelerdir.....	10
2.1.5 Güneş Enerjisinin Dezavantajları Nelerdir .....	11
2.1.6 Güneş Paneli .....	12
2.1.7 Güneş Panelleri Nasıl Çalışır .....	13
2.1.8 Güneş Paneli Çeşitleri Nelerdir.....	13
2.1.8.1 Polikristal Güneş Panelleri.....	14
2.1.8.2 Monokristal Güneş Panelleri .....	14
2.1.8.3 İnce Film Güneş Panelleri.....	15
2.1.8.4 Esnek Güneş Panelleri .....	16
2.1.8.5 Saydam Güneş Panel .....	16
2.1.8.6 Hibrit Güneş Panelleri .....	17
2.2 Kojenerasyon Sistemi.....	17
2.3 Solar Kojenerasyon .....	18
2.3.1 Solar Kojenerasyon Tarihçesi .....	18
2.3.2 Kullanım Alanlarına Göre Kojenerasyon Sistemleri .....	19
2.3.3 Solar Kojenerasyon Sisteminin Avantajları.....	20
2.3.4 Solar Kojenerasyon Sisteminin Dezavantajları.....	22
2.3.5 Solar Kojenerasyon Uygulama Örnekleri .....	22
2.3.6 Solar Kojenerasyon İle İlgili Türkiye’deki Çalışmalar.....	23
2.3.7 Solar Kojenerasyon İle İlgili Dünyadaki Çalışmalar .....	25
2.4 Güneş Açıları.....	26
2.4.1 Enlem Açısı (Latitude aç) ( $\Phi$ ).....	27
2.4.2 Deklinasyon Açısı (declination) ( $\delta$ ).....	27
2.4.3 Saat Açısı (hour angle) ( $\omega$ ) .....	28
2.4.4 Zenit Açısı ( $\psi$ ).....	28

2.4.5	Yükseklik Açısı (solar elevation angle) ( $\alpha$ )	29
2.4.6	Güneş Azimut Açısı ( $\gamma_s$ )	30
2.4.7	Yüzey Azimut Açısı ( $\beta$ )	31
2.4.8	Güneş Geliş Açısı ( $\theta$ )	31
2.4.9	Eğim Açısı(slope) ( $\beta$ )	31
2.5	IEC 61724 Standart Performans Parametreleri	31
2.5.1	Güneş Paneli Verimi ( $Y_a$ )	31
2.5.2	Spesifik Üretim	32
2.5.3	Referans Verimi (Zirve Güneş Saatleri)	32
2.5.4	Performans oranı (PR)	32
2.5.5	Kapasite faktörü (Yük faktörü) ( $C_f$ )	32
2.5.6	Güneş Paneli Verimliliği $\eta_{PV}$	33
2.5.7	Sistem Verimliliği $\eta_{sis}$	33
2.5.8	Panel Kayıpları $L_c$	33
2.5.9	Sistem Kayıpları ( $L_s$ )	33
<b>3.</b>	<b>LİTERATÜR TARAMASI</b>	<b>34</b>
<b>4.</b>	<b>METARYEL VE METOD</b>	<b>38</b>
4.1	Klasik Güneş Paneli	38
4.2	Solar Kojenerasyon	38
<b>5.</b>	<b>PROJE TASARIMI</b>	<b>40</b>
5.1	Birinci Metot	43
5.2	İkinci Metot	44
5.3	Üçüncü Metot	45
5.4	Dördüncü Metot	46
<b>6.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	<b>60</b>
<b>7.</b>	<b>KAYNAKÇA</b>	<b>63</b>

## KISALTMALAR VE SİMGELER

### Simgeler

$\delta$	: Declination(Deklinasyon) Açısı
$^{\circ}C$	: Santigrat Derece
$\omega$	: Hour Angle (Saat) Açısı
$\psi$	: Solar Zenith (Zenit) Açısı
$\alpha$	: Solar Elevation Angle (Yükseklik) Açısı
$\theta$	: Güneş Geliş Açısı
$\gamma_s$	: Güneş Azimut Açısı
$\Phi$	: Latitude (Enlem) Açısı
$\gamma_a$	: Güneş Paneli verimi
$\eta_{sis}$	: Sistem Verimliliği
$\eta_{PV}$	: Güneş paneli Verimliliği
$L_c$	: Panel Kayıpları
$L_s$	: Sistem Kayıpları
$\eta_{tem}$	: Sıcaklık Kayıpları
$T_c$	: Hücre Sıcaklığı
$T_a$	: Ortam Sıcaklığı
$Y_r$	: Referans Verim
$P_R$	: Performans Oranı
$\beta$	: Eğim Açısı
$C_F$	: Kapasite Faktörü

### Kısaltmalar

HES	: Hidro Elektrik Santrali
GEPA	: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	: Güneş Enerji Santrali
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
DC	: Doğru Akım
AC	: Alternatif Akım
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
PNL-1	: Normal Panel
PNL-2	: Bakır Boru Kurulmuş Panel
He	: Helyum
GRD	: Global Radyasyon Değeri
GS	: Güneşlenme Süresi
Max	: Maksimum
CHP	: Kombine Isı ve G�
GEP	: Güneş Enerji Potansiyeli
T <sub>K</sub>	: Sıcaklık Kelvin
T <sub>C</sub>	: Sıcaklık Santigrat



## ŞEKİLLER

Şekil 2.1 Eski Güneş Panelleri .....	3
Şekil 2.2 Türkiye'nin Solar Enerji Potansiyeli [13] .....	5
Şekil 2.3 Türkiye'de GRD (kWh/m <sup>2</sup> -gün) [13] .....	5
Şekil 2.4 Türkiye'de GS (Saat) [13].....	6
Şekil 2.5 Türkiye PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (kWh-Yıl)[13].....	6
Şekil 2.6 2024 Yılı Şubat Sonu İtibariyle Lisanslı Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Bazında Dağılımı (%) [14].....	7
Şekil 2.7 Şanlıurfa ili Solar Enerji Potansiyeli[13] .....	8
Şekil 2.8 Şanlıurfa İli GRD'si (kWh/m <sup>2</sup> -gün) [13].....	8
Şekil 2.9 Şanlıurfa İli GS'si (Saat)[13] .....	9
Şekil 2.10 Şanlıurfa ili PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl)[13] .....	9
Şekil 2.11 Birecik GRD'si (kWh/m <sup>2</sup> -gün)[13] .....	10
Şekil 2.12 Birecik GS'si (Saat)[13].....	10
Şekil 2.13 Deklinasyon Açısı (Declination) ( $\delta$ ).....	27
Şekil 2.14 Saat Açısı (hour angle) ( $\omega$ ).....	28
Şekil 2.15 Zenit Açısı ( $\psi$ ).....	28
Şekil 2.16 Zenit Açısı ( $\psi$ ).....	29
Şekil 2.17 Yükseklik Açısı ( Solar Elevation Angle ) .....	29
Şekil 2.18 Güneş Azimut Açısı ( $\gamma_s$ ) .....	30
Şekil 2.19 Güneş Geliş Açısı ( $\theta$ ) .....	31
Şekil 4.1 Klasik Güneş Paneli .....	38
Şekil 4.2 Solar Kojenerasyon Uygulaması .....	39
Şekil 5.1 Kullanılan Panel Özellikleri .....	40
Şekil 5.2 Proje Çizimi .....	40
Şekil 5.3 Bakır Borunun Panele Montajı Öncesi Levha Üzerinde Hazırlanışı .....	41
Şekil 5.4 Bakır Borunun Panelin Arka Kısımına Montajı .....	41
Şekil 5.5 Birinci Metot Uygulama Aşaması .....	43
Şekil 5.6 Birinci Metot Uygulama Aşaması .....	43
Şekil 5.7 İkinci Metot Uygulaması.....	44
Şekil 5.8 Üçüncü Metot Uygulaması.....	45
Şekil 5.9 Dördüncü Metot Uygulaması .....	46
Şekil 5.10 Kurulumu Yapılan Panellerin Yandan Görünümü .....	47
Şekil 5.11 Kurulumu Yapılan Panellerin Önden Görünümü .....	47
Şekil 5.12 Kurulumu Yapılan Panellerin Arkadan Görünümü .....	48
Şekil 5.13 Kurulumu Yapılan Panellerin Alttan Görünümü .....	48
Şekil 5.14 Ölçüm görüntüleri-1 .....	49
Şekil 5.15 Panel Sıcaklık ölçümü .....	49
Şekil 5.16 Ölçüm görüntüleri-2 .....	50
Şekil 5.17 Paneller Arası Güç(Wh) Farkları .....	54
Şekil 5.18 Panellerin Güç Zaman Grafiği .....	54
Şekil 5.19 Paneller Arası Sıcaklık Farkları .....	55
Şekil 5.20 Güneşten Gelen Enerji ve Panel Üretimi.....	55
Şekil 5.21 Güneşten Gelen Enerjiye Göre Panel Verimlikleri .....	56
Şekil 5.22 Paneller Arası Güç(Wh) Farkları .....	57
Şekil 5.23 Panellerin Güç Zaman Grafiği .....	57
Şekil 5.24 Paneller Arası Sıcaklık Farkları .....	58
Şekil 5.25 Güneşten Gelen Enerji ve Panel Üretimi.....	58
Şekil 5.26 Güneşten Gelen Enerjiye Göre Panel Verimlikleri .....	59

## TABLolar

Tablo 2.1 Türkiye’de yıllık GEP’in Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı .....	6
Tablo 2.2 2024 Yılı Şubat Ayı Sonu İtibariyle Lisanslı Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Bazında Dağılımı (MW-%)[14] .....	7
Tablo 5.1 Birinci Sıcaklık Aralığına Göre Alınan Veriler.....	51
Tablo 5.2 İkinci Sıcaklık Aralığına Göre Alınan Veriler .....	52



## 1. GİRİŞ

Dünyadaki nüfusun hızla çoğalması, teknolojik çalışmaların artması, sanayileşmenin büyümesi gibi birçok faktörün etkisiyle enerji gereksinimi her geçen gün daha da çok artış göstermektedir. Enerjinin önemli bir kaynak olmasının yanı sıra yaşam standartlarının daha da arttırılması için ihtiyaç duyulan önemli kaynaklardan biridir. Enerji, farklı çeşitleri ile günlük yaşantımızın her alanında vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) doğal çevreden tekrarlamalı bir şekilde sürekli olarak ulaşılan ve insanlığın menfaatine sunulan kaynaklardır. Başlıca YEK kaynakları güneş, rüzgâr, hidrojen, biyokütle, jeotermal, hidrolik ve dalga enerjisi olarak sıralanabilir.[1]

Güneş enerjisi, güneşten tabii yolla elde edilen enerji kaynağıdır. YEK arasında yer alan güneş enerjisi karbon salınımı yaymaz, çevreci ve doğaldır. Güneşin yaklaşık olarak %90'ı hidrojen gazından oluşmaktadır. Güneşin iç kısmında bulunan hidrojenlerin birleşerek He(helyuma) dönüşmesi ve dönüşmesi esnasında kütle kaybı karşılığı enerji meydana gelmesi ile güneş enerjisi meydana çıkar. Farklı reaksiyon üzerinden ortaya çıkan güneş ışınları, belirli bir oranda atmosfer sayesinde yeryüzüne yansır. İnsan sağlığını hiçbir şekilde tehdit etmeyecek noktada dünyaya ulaşan güneş ışınları, özel PV paneller yardımıyla elektriğe dönüşmesi yenilenebilir bir kaynak olan güneş enerjisi kaynağını hayatımıza dâhil etmiştir. Güneş enerji sistemleri, güneşten aldığı kaynak ısıyı enerjiye dönüştürebilen sistemlerdir. Dünyaya yansıyan güneş ışınlarından yararlanmak amacıyla oluşturulan düzenekler olarak da tanımlayabileceğimiz güneş enerjisi sistemleri petrol ve doğalgaz gibi kaynaklara göre daha az maliyetlidir. Solar enerji olarak da bilinen güneş enerjisinden bu sistemler sayesinde faydalanılabilir. Güneş enerji sistemlerinde elektrik enerjisi üretiminde baş etken güneş ışınlarıdır. Güneş enerjisi sistemlerinin çalışma prensibi şu şekildedir: "Foton" adı verilen ve enerji yüklü olan güneş ışınları güneş paneline çarpar. Fotonların taşımış oldukları enerji ısı ve elektrik ve enerjisine dönüştürülmektedir. Silikondan üretilen güneş hücreleri sayesinde panele çarpan fotonlar elektriksel bir voltaj oluşturarak elektrik enerjisini ortaya çıkarır. Özellikle panellerde voltaj oluşumu alt ve üst kısımlarında sağlanır. Bu sayede elektrik devresi yardımıyla elektrik malzemeleri üzerinden enerji akışı gerçekleşmektedir. Bu akış ve sistem ise "PV" olarak adlandırılırlar.[2]

Kojenerasyon sistemi enerjinin elektrik ve ısı formlarında tek sistemden üretilmesidir. İki enerji formunun da kendi başlarına iki ayrı yerde üretilmesinden daha çok ekonomiktir.[15]

Solar kojenerasyon, güneş enerjisinin hem elektrik hem de ısı üretimi için kullanılmasını sağlayan son dönemlerde fazlalaşan bir enerji üretim sistemidir. Amacı, güneş enerjisinden daha çok verim almak ve daha etkili şekilde kullanılması amaçlanmaktadır.





## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Güneş Enerjisi

#### 2.1.1 Güneş Enerjisinin Tarihçesi

İnsanlar güneş ışığını binlerce yıl boyunca ısı ve ışık kaynağı olarak kullanmışlardır. Antik uygarlıklar, güneş enerjisini binaların ısınması için pasif bir şekilde kullanmışlardır. Örneğin, Roma İmparatorluğu'nda bazı binaların güneş ışığını daha etkili bir şekilde absorbe etmek için tasarlandığı bilinmektedir.

Güneş enerjisinin modern kullanımını ise 19. yüzyılın sonlarına doğru başladı. 1839'da Alexandre Edmond Becquerel, fotovoltaiik etkiyi keşfetti, bu da güneş ışığının doğrudan elektrik akımına dönüştürülebileceği anlamına geliyordu. Bu keşif, güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesindeki temel adımdı.

Yirminci yüzyıl boyunca güneş enerjisi teknolojisi gelişmeye devam etti. Özellikle petrol krizleri ve çevresel endişeler, güneş enerjisinin önemini artırdı. Fotovoltaiik panellerin ticari kullanımı 1950'lerde başladı ve o zamandan beri sürekli olarak gelişti.

Bugün güneş enerjisi dünya genelinde elektrik üretimi için önemli bir kaynak haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminin artmasıyla birlikte, güneş enerjisi teknolojileri sürekli olarak iyileştirilmekte ve yaygınlaşmaktadır. Ancak güneş enerjisinin yaygın kullanım alanı termal uygulamalar ve elektrik üretimidir.[12]



Şekil 2.1 Eski Güneş Panelleri

### 2.1.2 Dünyada Güneş Enerjisi

Dünya genelinde güneş enerjisi santralleri giderek daha fazla yaygınlaşmaktadır ve çoğu ülke güneş enerjisi teknolojisine yatırım yapmaya başlamıştır. GES, güneş panelleri aracılığıyla güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürerek elektrik üretirler. Bu santraller, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olarak dünyada önemli bir rol oynamaktadır. Dünya üzerinde bazı ülkelerin güneş enerji santralleri hakkında genel bilgiler;

Çin: Dünya üzerindeki en büyük GES kapasitesine sahip ülkelerden bir tanesidir. Ülke, çok büyük ölçekli güneş enerjisi projeleri ve güneş panelleri üretimi konusunda öncüdür. Toplam GES kapasitesi 470 GW tır.

ABD: GES konusunda iyi bir pazar ve yatırım alanıdır. Ülke genelinde büyük güneş enerjisi santrali bulunmaktadır. Toplam GES kapasitesi 153 GW tır.

Hindistan: güneş enerjisi alanında hızla büyüyen bir pazar haline gelmiştir. Ülkede birçok büyük güneş enerjisi santrali ve projeleri bulunmaktadır. Toplam GES kapasitesi 82 GW tır.

Avrupa Birliği: Avrupa Birliği ülkeleri, GES konusunda çok önemli yatırımlar yapmaktadır. Özellikle Almanya, İspanya, İtalya ve Fransa gibi ülkelerde büyük GES bulunmaktadır.

Japonya: Güneş enerjisi teknolojileri konusunda önemli bir pazar ve araştırma merkezi olmuştur. Ülkede birçok güneş enerjisi santrali bulunmaktadır.

Arap Yarımadası Ülkeleri: Bazı Arap Yarımadası ülkeleri, özellikle Suudi Arabistan ve Birleşik Arap Emirlikleri gibi, büyük güneş enerjisi santrali projeleriyle dikkat çekmektedirler.

Bu ülkelerin yanı sıra, dünya genelinde birçok farklı ülkede güneş enerjisi santralleri(GES) bulunmakta ve bu santrallerin kapasitesi ve sayısı sürekli olarak artmaktadır. Bu durum, güneş enerjisi teknolojilerinin giderek daha yaygın ve ekonomik hale gelmesiyle ilişkilidir.

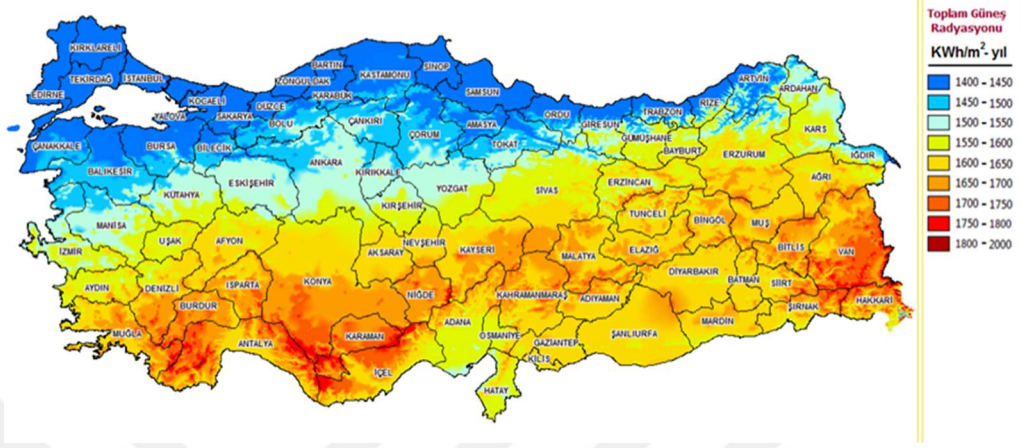
### 2.1.3 Türkiye’de Güneş Enerjisi

Türkiye, coğrafi konumu 36–42° Kuzey enlemleri ve 26–45° Doğu boylamları arasında olduğundan GEP bakımından çoğu ülkeye göre avantajlı konumdadır.

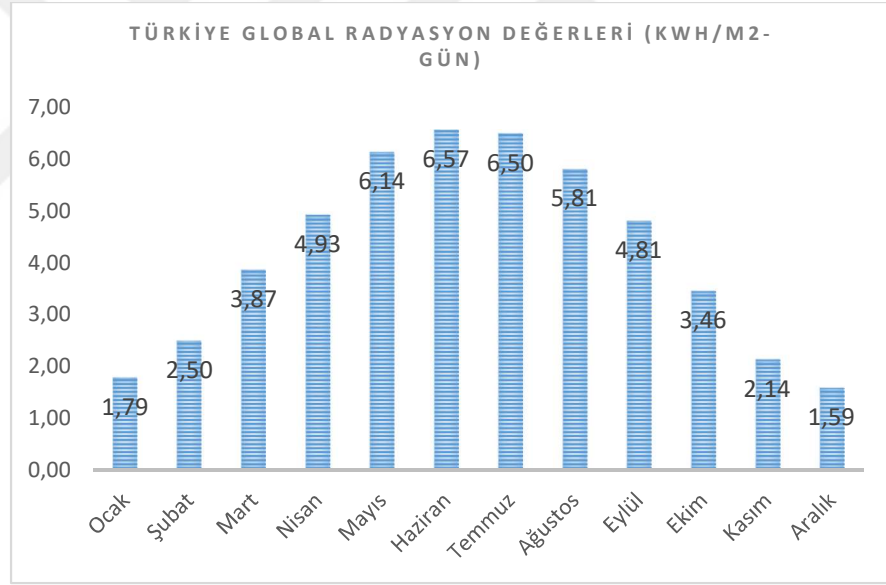
Türkiye, mevcut konumu itibari ile güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça iyi bir ülkedir. Enerji Bakanlığı tarafından oluşturulan, GEPA’ya göre, senelik

toplam GS 2741 saat, yaklaşık senelik toplam ışıının miktarı 1527,46 kWh/m<sup>2</sup> dir.

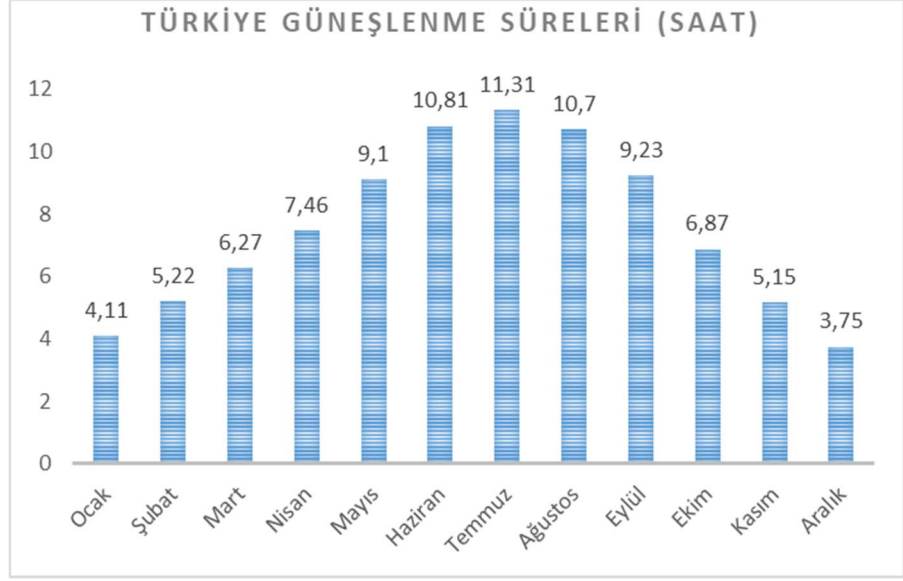
[13]



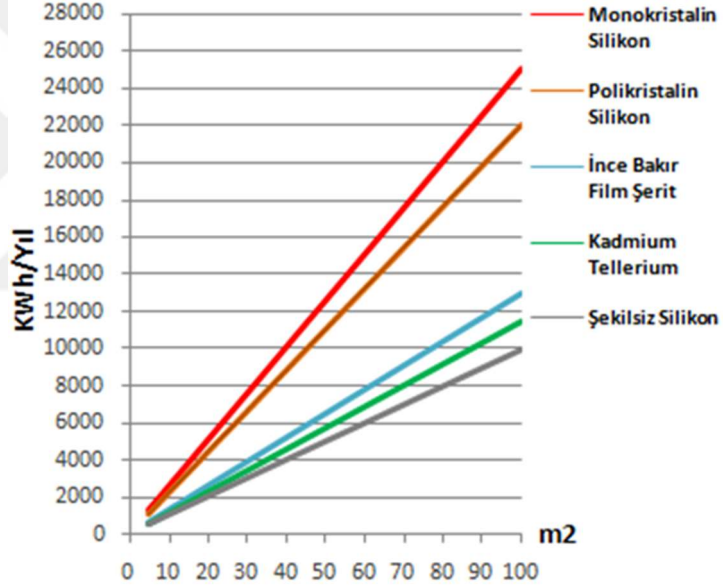
Şekil 2.2 Türkiye'nin Solar Enerji Potansiyeli [13]



Şekil 2.3 Türkiye'de GRD (kWh/m<sup>2</sup>-gün) [13]



Şekil 2.4 Türkiye’de GS (Saat) [13]

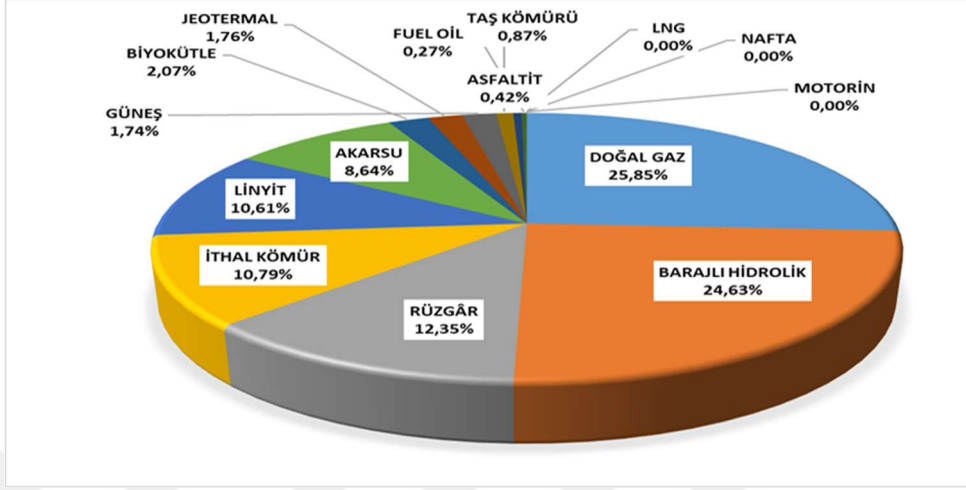


Şekil 2.5 Türkiye PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (kWh-Yıl)[13]

Tablo 2.1 Türkiye’de yıllık GEP’in Coğrafi Bölgelere Göre Dağılımı

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

Tablo 2.1. de Türkiye’de bölgelerin senelik güneş enerjisi potansiyeli verilmiştir. Bu tabloya göre Şanlıurfa’nın da bulunduğu Güneydoğu Anadolu Bölgesi en fazla güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgedir.



Şekil 2.6 2024 Yılı Şubat Sonu İtibariyle Lisanslı Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Bazında Dağılımı (%) [14]

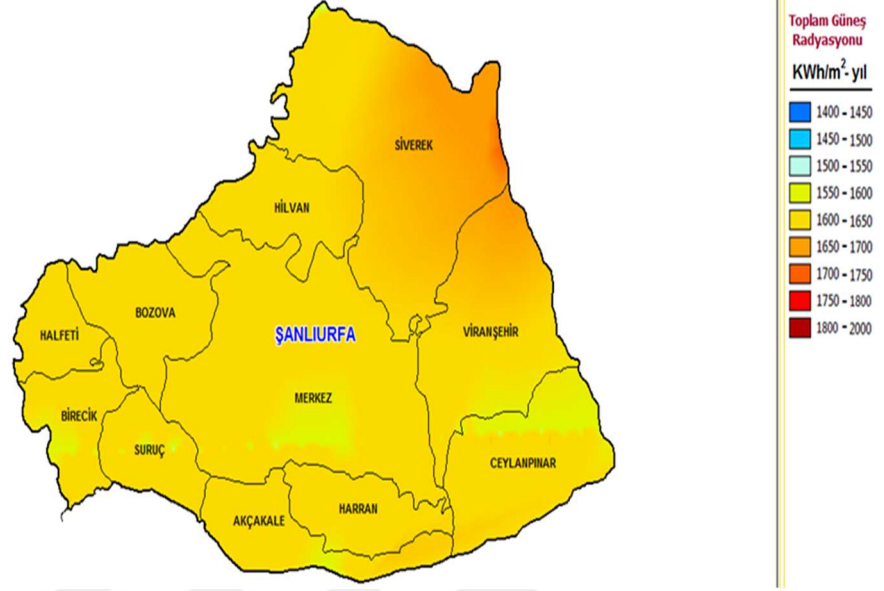
Güneş enerji santrallerinin (GES) Şekil 2.6 da belirtildiği gibi 2024 Şubat sonu itibari ile Türkiye’de lisanslı elektrik kurulu gücünün oranı % 1,74 tür.

Tablo 2.2 2024 Yılı Şubat Ayı Sonu İtibariyle Lisanslı Elektrik Kurulu Gücünün Kaynak Bazında Dağılımı (MW-%) [14]

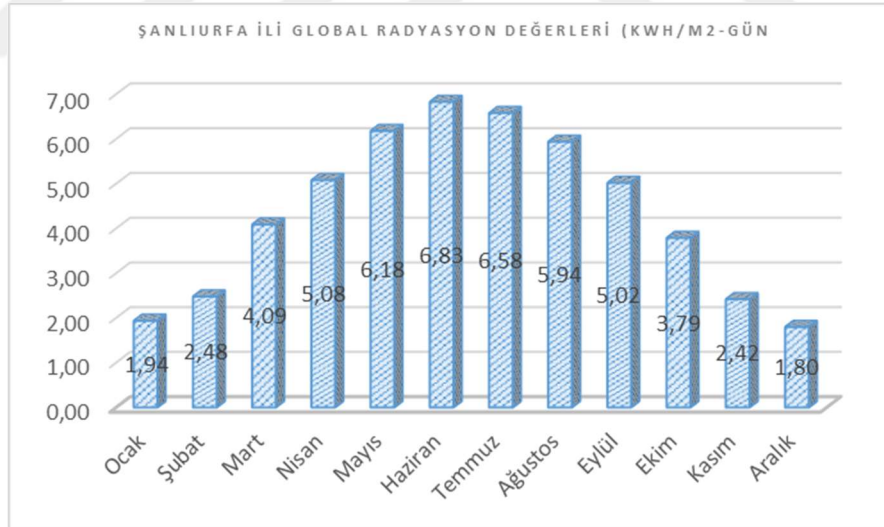
KAYNAK TÜRÜ	2024 ŞUBAT	
	KURULU GÜÇ (MW)	ORAN (%)
DOĞAL GAZ	24.847,71	25,85
BARAJLI HİDROLİK	23.670,82	24,63
RÜZGÂR	11.867,82	12,35
İTHAL KÖMÜR	10.373,80	10,79
LİNYİT	10.193,96	10,61
AKARSU	8.303,61	8,64
BİYOKÜTLE	1.993,82	2,07
JEOTERMAL	1.691,34	1,76
GÜNEŞ	1.668,81	1,74
TAŞ KÖMÜRÜ	840,77	0,87
ASFALTİT	405	0,42
FUEL OİL	257,13	0,27
NAFTA	4,74	0
LNG	1,95	0
MOTORİN	1,04	0
<b>TOPLAM</b>	<b>96.122,31</b>	<b>100</b>

Güneş enerji santrallerinin (GES) Tablo 2.6 da belirtildiği gibi 2024 Şubat sonu itibari ile Türkiye’de lisanslı elektrik kurulu gücünün oranı 1.668,81 MW tır.

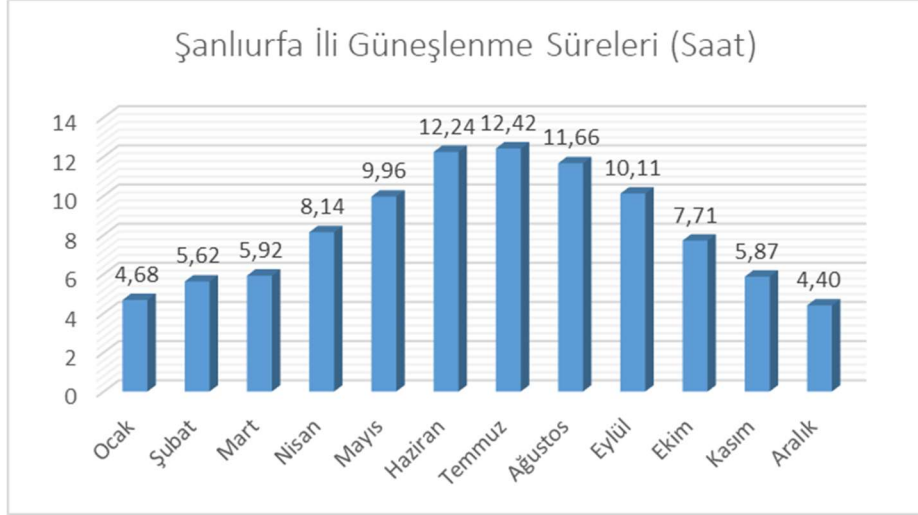
Enerji Bakanlığı tarafından oluşturulan, GEPA'ya göre, Şanlıurfa ilinin senelik toplam GS yaklaşık 3056 saat olup yaklaşık senelik ışınımın miktarı 1587,13 kWh/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.[13]



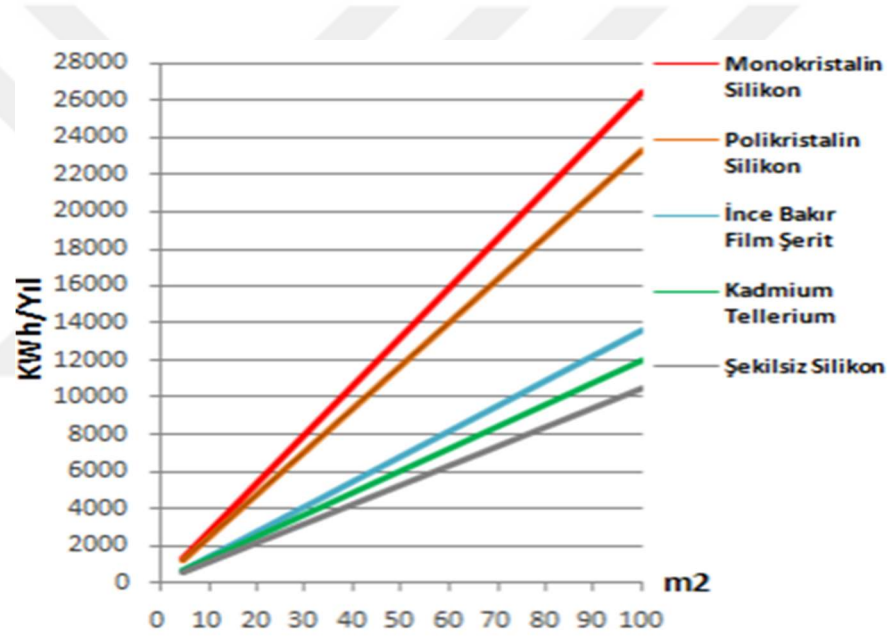
Şekil 2.7 Şanlıurfa ili Solar Enerji Potansiyeli[13]



Şekil 2.8 Şanlıurfa İli GRD'si (kWh/m<sup>2</sup>-gün) [13]

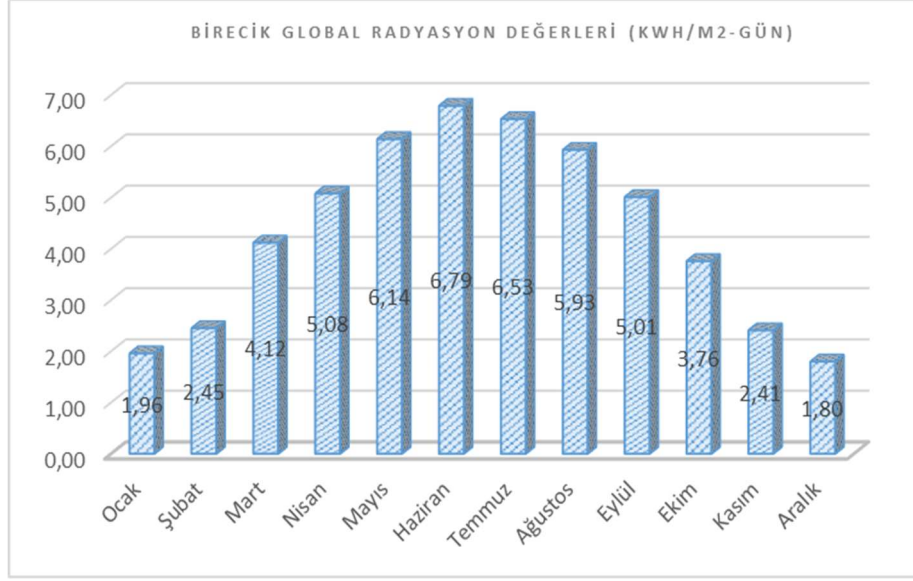


Şekil 2.9 Şanlıurfa İli GS'si (Saat)[13]

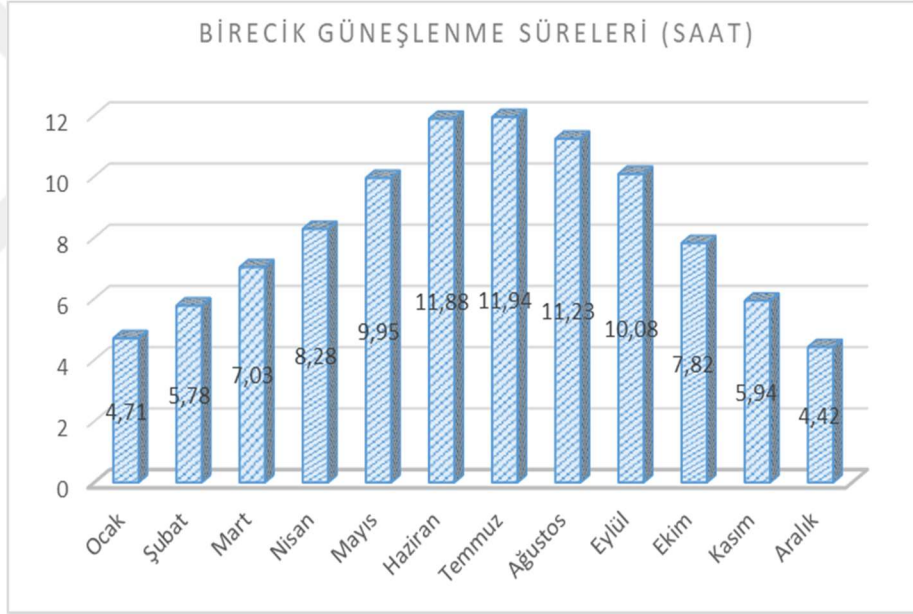


Şekil 2.10 Şanlıurfa ili PV Tipi-Alan-Üretililecek Enerji (KWh-Yıl)[13]

Enerji Bakanlığı tarafından oluşturulan, Birecik GEPA'ya göre, senelik toplam GS yaklaşık 3018 saat olup yaklaşık senelik ışınımın miktarı 1584,74 kWh/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.[13]



Şekil 2.11 Birecik GRD'si (kWh/m<sup>2</sup>-gün)[13]



Şekil 2.12 Birecik GS'si (Saat)[13]

#### 2.1.4 Güneş Enerjisinin Avantajları Nelerdir

Güneş enerjisi, birçok avantajı olan temiz, sürdürülebilir ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. İşte güneş enerjisinin bazı önemli avantajları:

**Çevre Dostu:** Güneş enerjisi, fosil yakıtların aksine çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Güneş panellerinin işletilmesi sırasında sera gazları salınımı neredeyse yoktur ve çevreye zarar vermez.

**Sürdürülebilir ve Yenilenebilir:** Güneş enerjisi, sonsuz miktarda ve sürekli olarak yenilenebilir bir kaynaktır. Güneş her gün doğar ve kaynak tükenmez.



**Enerji Maliyetlerini Düşürür:** Güneş enerjisi, güneş ışığından ücretsiz olarak elde edilir. Bir güneş enerjisi sistemi kurulduğunda, işletme maliyetleri düşer ve elektrik faturalarında büyük tasarruflar sağlanır.

**Enerji Bağımsızlığı Sağlar:** Güneş enerjisi, bireysel evlerden büyük enerji santrallerine kadar her ölçekte kullanılabilir. Bu, enerji bağımsızlığı sağlar ve enerji arzının daha güvenli hale gelmesini sağlar.

**Yatırım Getirisi ve Ekonomik Faydalar:** Güneş enerjisi sistemleri, uzun vadede yatırım getirisi sağlayabilir. Elektrik üretimi için güneş enerjisi kullanmak, enerji maliyetlerini azaltmanın yanı sıra, bazı bölgelerde hükümet teşvikleri, vergi indirimleri ve net metreleme gibi ekonomik teşviklerden de faydalanabilir.

**Altyapı Gelişimi:** Güneş enerjisi, elektriğe erişimi olmayan veya altyapıya erişimin sınırlı olduğu bölgelerde kullanılabilir. Bu, kırsal alanlarda ve gelişmekte olan ülkelerde enerji erişimini artırabilir.

**İstihdam Olanakları:** Güneş enerjisi endüstrisi, iş yaratma potansiyeline sahiptir. Güneş panellerinin üretimi, kurulumu, bakımı ve diğer ilgili alanlarda istihdam fırsatları yaratabilir. Uzun ömürlü ve sınırsızdır.[8] İşletme maliyetleri yok denecek kadar azdır.[9] Tükenmeyen enerji kaynağıdır. Sera gazı salınımı yapmazlar.[10] Uzun ömürlü, genelde yirmi beş otuz yıl kullanılabilirler.[11]

Bu avantajlar, güneş enerjisinin giderek daha popüler hale gelmesini sağlamakta ve dünya genelinde daha geniş bir kullanımı teşvik etmektedir.

### **2.1.5 Güneş Enerjisinin Dezavantajları Nelerdir**

- 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. Kullanımı az olduğundan henüz toplum arasında bilincin ve bilgilendirmenin yetersiz olması da başka bir önemli faktördür.[8]
- Güneş enerjisi birçok avantaj sunmasına rağmen, bazı dezavantajları da bulunmaktadır. İşte güneş enerjisinin bazı dezavantajları:
- **Yerine Göre Değişen Verimlilik:** Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği, güneş ışığının yoğunluğuna, bulut örtüsüne, mevsimlere ve günün saati gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Yağmurlu ve bulutlu günlerde, güneş enerjisi üretimi azdır.

- **Yüksek Başlangıç Maliyetleri:** Güneş enerjisi sistemlerinin kurulum maliyetleri yüksektir. Güneş panellerinin satın alınması ve kurulumu, ev sahipleri veya işletmeler için önemli bir yatırım gerektirebilir. Ancak, bu maliyetler zamanla azalmaktadır.
- **Depolama ve Dağıtım Zorlukları:** Güneş enerjisi, güneş ışığının mevcut olmadığı zamanlarda elektrik üretemez. Bu nedenle, güneş enerjisi sisteminin depolanması ve gerektiğinde kullanılabilmesi için güçlü bir depolama çözümüne ihtiyaç vardır. Ayrıca, güneş enerjisi üretim yerlerinin elektrik talebi olan bölgelere olan uzaklığı, dağıtım zorluklarına neden olabilir.
- **Yer Kaplama ve Çevre Etkileri:** Güneş panelleri, genellikle büyük alanlar gerektirir ve kırsal alanlarda tarım veya doğal yaşam alanlarının yerini alabilir. Ayrıca, güneş paneli üretimi ve bertarafı sırasında çevresel etkiler de göz önünde bulundurulmalıdır.
- **Güneşin Sıcaklık Etkisi:** Güneş panelleri, aşırı sıcak hava koşullarında verimliliklerini kaybedebilir veya zarar görebilir. Aşırı sıcaklıklar, güneş panellerinin ömrünü kısaltabilir ve performanslarını olumsuz etkileyebilir.
- **Güneş Enerjisi Depolama Teknolojisi Zorlukları:** Güneş enerjisi depolama teknolojisi, hala gelişmekte olan bir alandır ve etkili, verimli ve ekonomik depolama çözümleri geliştirme sürecinde bazı zorluklarla karşılaşmaktadır.

Bu dezavantajlar, güneş enerjisinin daha geniş bir şekilde benimsenmesini engelleyebilir veya kısıtlayabilir. Ancak, teknolojiye sürekli gelişmeler ve yeniliklerle, birçok bu dezavantajlar üzerinde çalışılmakta ve azaltılmaktadır.

### **2.1.6 Güneş Paneli**

Güneş paneli, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bir cihazdır. Genellikle fotovoltaiik (PV) hücrelerden oluşur ve güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılır. Güneş panelleri, güneş enerjisi sistemlerinin temel bileşenlerinden biridir ve çatılara, arazilere veya diğer uygun alanlara monte edilerek güneş ışığını yakalar ve elektrik üretir.

Güneş paneli, birden fazla fotovoltaiik hücreden oluşur. Bu hücreler, genellikle silikon gibi yarı iletken malzemelerden yapılmıştır. Güneş ışığı hücrelere ulaştığında, hücrelerdeki elektronlar hareket eder ve elektrik akımı oluşturur. Bu elektrik akımı, DC (doğru akım) olarak adlandırılan bir formdadır.

Güneş panelleri genellikle bir dizi halinde bağlanır ve birleştirilerek daha yüksek güç üretebilecek şekilde dizayn edilir. Bu dizi, bir evin veya işletmenin elektrik ihtiyacını karşılayacak kadar güç üretebilir.

Güneş panellerinin performansı, güneş ışığının yoğunluğuna, panelin eğimine ve konumuna, hava koşullarına ve panelin teknik özelliklerine bağlıdır. İyi bir güneş paneli, yüksek verimlilikle güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürebilir ve uzun ömürlü olabilir.

Güneş panelleri, çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak giderek daha fazla popüler hale gelmektedir. Hem evlerde hem de ticari işletmelerde elektrik üretmek için güneş panelleri kullanılarak, enerji maliyetleri azaltılabilir ve çevresel etki en aza indirilebilir.

### **2.1.7 Güneş Panelleri Nasıl Çalışır**

Bir güneş enerjisi paneli; kabaca silikon hücreleri, metal çerçeve, cam muhafaza ünitesi ve panel üzerinden üretilen elektrik akımını aktarmak için kullanılan doğrusal akım ve alternatif akım kablolarından oluşur. [4]

Güneş panelleri, fotovoltaik (PV) etki prensibiyle çalışır. PV etkisi, güneş ışığının yarı iletken bir malzeme yüzeyine çarptığında, malzemenin atomlarının elektronlarını hareketlendirerek bir elektrik akımı oluşturmasıdır.

Güneş panelleri, genellikle silikon gibi yarı iletken malzemelerden yapılmış fotovoltaik hücrelerden oluşur. Bu hücreler, güneş ışığına maruz kaldıklarında, malzemenin atomlarından elektronlar serbest bırakılır. Bu serbest bırakılan elektronlar, bir elektrik alanı tarafından yönlendirilir ve bir akım oluşturmak için bir devre boyunca hareket ederler.

Güneş panelleri, bu akımı doğru yönde kanalize etmek ve kullanmak için bir bağlantı ağına sahiptir. Bu bağlantı ağı, panelleri bir araya getirir ve elektrik enerjisini toplar, birleştirir ve taşır. Toplanan elektrik enerjisi, bir inverter aracılığıyla doğru akımdan alternatif akıma dönüştürülür ve elektrik şebekesine veya bir depolama sistemine beslenir.

### **2.1.8 Güneş Paneli Çeşitleri Nelerdir**

Güneş enerji panel çeşitleri aşağıda detaylı şekilde anlatılmaktadır.

### **2.1.8.1 Polikristal Güneş Panelleri**

Polikristal güneş panelleri, güneş enerjisi üretiminde yaygın olarak kullanılan bir tür güneş panelidir. İşte polikristal güneş panelleri hakkında bazı özgün bilgiler;

- Polikristal güneş panelleri, kristal yapıya sahiptir ancak bu kristaller tek bir büyük kristal yerine birçok küçük kristalden oluşur. Bu, üretim sürecinde daha az malzeme israfı sağlar ve maliyetleri azaltır.
- Polikristal güneş panelleri, eritilmiş silikonun bir kalıba dökülmesi ve ardından soğutulmasıyla üretilir. Bu işlem, silikonun kristal yapısının oluşmasını sağlar ve sonuç olarak polikristal silikon blokları elde edilir. Bloklar daha sonra ince dilimlere kesilir ve fotovoltaik hücreler oluşturmak için işlenir.
- Monokristal güneş panellerine kıyasla polikristal panellerin tipik olarak biraz daha düşük bir verimliliği vardır. Bu, daha küçük kristallerin daha fazla sınır yüzeyine sahip olmasından kaynaklanır. Ancak, polikristal paneller hala etkili bir şekilde güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürebilirler.
- Polikristal güneş panelleri, monokristal panellere kıyasla genellikle daha uygun fiyatlıdır. Bu, üretim sürecinde kullanılan malzeme miktarının daha az olmasından kaynaklanır. Dolayısıyla, daha düşük maliyetli bir seçenek arayanlar için tercih edilebilirler.
- Polikristal güneş panelleri, genellikle birçok küçük kristalin varlığı nedeniyle mavi bir renge sahiptir. Monokristal panellerin aksine, tek bir kristal yapısının homojenliği olmadığı için daha çeşitli bir görünüme sahiptirler.
- Polikristal güneş panelleri, uygun maliyetleri ve iyi performanslarıyla güneş enerjisi sistemlerinin popüler bir seçeneğidir. İyi bir güneş paneli seçerken, güneş enerjisi sistemlerinin bütçesi, yerleşim ve verimlilik gereksinimleri gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

### **2.1.8.2 Monokristal Güneş Panelleri**

Monokristal güneş panelleri, tek bir büyük silikon kristalinden yapılan fotovoltaik hücrelerden oluşan güneş panelleridir. Bu panellerin özelliği, kristal yapının homojenliğidir; yani her hücre, tek bir kristal yapısından üretilir.

Monokristal güneş panelleri, yüksek derecede saflaştırılmış silikon kristallerinden üretilir. Bu kristaller, özel bir işlemle geçirilerek tek bir büyük kristal

yapısı oluşturulur. Bu homojen kristal yapısı, elektronların serbestçe hareket etmesini sağlar ve bu da panelin daha yüksek verimliliğe sahip olmasını sağlar.

Monokristal panellerin dikkat çeken özelliklerinden biri, estetik açıdan hoş bir görünüme sahip olmalarıdır. Tipik olarak siyah renkte olan monokristal paneller, kurulum yapıldığı alanda daha düzenli ve şık bir görünüm sağlar.

Monokristal güneş panelleri, yüksek verimlilikleri nedeniyle tercih edilir, özellikle alanı sınırlı olan uygulamalarda veya yüksek performans gerektiren ticari ve endüstriyel uygulamalarda kullanılırlar. Yaklaşık olarak 0,5 mm kalınlığında üretilirler.[5] Renkleri koyu mavi olup yaklaşık olarak ağırlığı 10 gr.dan azdır. [5]

### **2.1.8.3 İnce Film Güneş Panelleri**

İnce film güneş panelleri, geleneksel silikon tabanlı panellere kıyasla daha ince bir yapıya sahip olan ve genellikle esnek veya hafif malzemelerden yapılan fotovoltaik (PV) hücrelerden oluşan güneş panelleridir. Bu paneller, genellikle cam veya metal plakalar gibi katı substratlara yerleştirilen ince bir film tabakasından oluşur.

İnce film güneş panelleri, amorf silikon, kadmium tellür, bakır indiyum galyum diselenid (CIGS) veya organik polimerler gibi çeşitli malzemelerden yapılmış olabilir. Bu malzemeler, geleneksel silikon tabanlı güneş panellerinden daha esnek, hafif ve daha düşük maliyetlidir.[6]

Bu paneller, fotovoltaik etkiyi kullanarak güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. İnce film tabakası, güneş ışığını yakalayıp içerisindeki yarı iletken malzeme üzerinde elektronların hareket etmesini sağlar. Bu hareket, bir elektrik alanı tarafından toplanarak ve kanalize edilerek elektrik akımı oluşturulur.

İnce film güneş panelleri, çeşitli avantajlara sahiptir. Daha esnek ve hafif olmaları, farklı şekil ve yüzeylere uyum sağlayabilirler ve bu da daha esnek kurulum seçenekleri sunar. Ayrıca, üretim sürecinde daha az malzeme kullanıldığı için üretim maliyetleri daha düşüktür.

Ancak, ince film güneş panellerinin genellikle daha düşük bir verimliliği vardır ve yaşlanma sürecinde daha hızlı performans kaybı yaşayabilirler. Bununla birlikte, teknolojiye gelişmelerle birlikte, ince film güneş panellerinin verimliliği ve dayanıklılığı artmaktadır, bu da onları giderek daha popüler bir seçenek haline getirmektedir.

#### **2.1.8.4 Esnek Güneş Panelleri**

Esnek güneş panelleri, geleneksel güneş panellerinden farklı olarak bükülebilir ve esnek bir yapıya sahip olan fotovoltaik (PV) hücrelerden oluşur. Bu paneller, genellikle ince film teknolojisi kullanılarak üretilir ve çeşitli uygulamalarda daha esnek ve çevik bir güneş enerjisi çözümü sunarlar.

Bu paneller, esnek substratlara (temel tabaka) monte edilmiş ince film güneş hücrelerinden oluşur ve genellikle silikon tabanlı panellere kıyasla daha hafif ve taşınabilirdir. Bu esneklik, panellerin birçok farklı yüzeye veya eğri yüzeylere uyum sağlamasını sağlar, böylece çatılar, araçlar, giyilebilir teknolojiler ve diğer alanlarda kullanılabilirliğini sağlar.

Esnek güneş panelleri, geleneksel panellerin kullanılmadığı veya uygun olmadığı uygulamalarda özellikle değerlidir.[6] Örneğin, bir binanın kavisli çatısına veya bir aracın yüzeyine monte edilebilirler. Ayrıca, seyyar uygulamalar için idealdir, çünkü hafif ve taşınabilirlerdir.

Esnek güneş panelleri, mobil cihazlar, kamp ekipmanları, deniz araçları ve açık hava etkinlikleri gibi alanlarda güç kaynağı olarak kullanılabilirler. Ayrıca, felaket durumlarında veya afet bölgelerinde acil güç ihtiyaçlarını karşılamak için de kullanılabilirler. Bu nedenle, esnek güneş panelleri, güneş enerjisinin daha geniş bir kullanımını teşvik eden ve enerji ihtiyaçlarını daha esnek ve çevik bir şekilde karşılayan önemli bir teknolojik ilerlemedir.

#### **2.1.8.5 Saydam Güneş Panel**

Saydam güneş panelleri, geleneksel güneş panellerinden farklı olarak cam veya plastik gibi saydam malzemelerden yapılan fotovoltaik (PV) hücrelerden oluşur. Bu paneller, güneş enerjisini toplarken aynı zamanda ışık geçirgenliğine sahip oldukları için iç mekanlarda veya şeffaf yüzeylerde kullanılabilirler.[6]

Bu saydam paneller, geleneksel cam yüzeylere uygulanabilir veya binaların pencereleri gibi şeffaf yüzeylerin yerini alabilir. Bu sayede, güneş enerjisinden yararlanılırken aynı zamanda doğal ışığın içeri girmesi ve manzaranın görünmesi sağlanabilir.

Saydam güneş panelleri, estetik açıdan hoş bir görünüme sahiptir ve modern mimariye entegre edilebilirler. Binaların cephe kaplamaları, çatıları veya güneşlikler gibi birçok farklı uygulamada kullanılabilirler. Bu paneller, hem elektrik üretimi hem

de binaların enerji verimliliğini artırma potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisinden yararlanırken aynı zamanda iç mekanlara daha fazla doğal ışık girmesini sağlayarak aydınlatma maliyetlerini azaltabilirler.

Saydam güneş panelleri, modern mimari tasarımda çevre dostu ve sürdürülebilir bir yaklaşımı teşvik ederken, aynı zamanda enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yenilikçi bir çözüm sunarlar. Bu nedenle, şeffaf güneş panelleri, gelecekteki yeşil binaların önemli bir bileşeni olabilirler.

#### **2.1.8.6 Hibrit Güneş Panelleri**

Hibrit güneş panelleri, geleneksel fotovoltaik (PV) hücrelerin yanı sıra termal emici yüzeyleri de içeren ve hem elektrik hem de ısı enerjisi üreten yenilikçi bir güneş enerjisi teknolojisidir.[7] Bu paneller, güneş ışığını hem elektrik enerjisine dönüştüren PV hücreleriyle hem de ısı enerjisine dönüştüren termal kolektörlerle donatılmıştır.

Hibrit güneş panelleri, güneş ışığını iki farklı şekilde kullanarak daha yüksek bir enerji verimliliği sağlar. PV hücreleri, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürürken, termal kolektörler güneş ışığını absorbe ederek sıcak su veya ısıtma sistemleri için termal enerji üretir.

Bu hibrit sistemler, aynı zamanda mevsimsel ve iklimsel değişkenliklere daha iyi uyum sağlar. Örneğin, bulutlu günlerde güneş ışığının PV hücrelerine ulaşma miktarı azalabilir, ancak termal kolektörler hala güneş ışığını absorbe ederek ısı enerjisi üretebilir.

Hibrit güneş panelleri, enerji maliyetlerini azaltırken aynı zamanda enerji verimliliğini artırır ve enerji ihtiyaçlarını karşılamak için daha çeşitli bir enerji kaynağı sağlar. Ayrıca, bu paneller, geleneksel güneş panellerine kıyasla daha fazla alan verimliliği sağlayabilirler, çünkü aynı alanda hem elektrik hem de ısı enerjisi üretebilirler. Hibrit güneş panelleri, sürdürülebilir enerji üretimi ve enerji verimliliği açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle, bu teknoloji, hem ticari hem de evsel uygulamalarda giderek daha fazla ilgi çekmektedir ve güneş enerjisi sistemlerinin gelecekteki gelişiminde önemli bir rol oynaması beklenmektedir.

## **2.2 Kojenerasyon Sistemi**

Kojenerasyon sistemi, elektrik ve ısı veya soğuk üretimi için aynı enerji kaynağını kullanarak enerji verimliliğini artıran bir enerji üretim yöntemidir. Bu

sistem, genellikle sanayi tesisleri, hastaneler, oteller, ofis binaları ve belediye tesisleri gibi büyük binalarda kullanılır.

Kojenerasyon sistemleri genellikle bir elektrik üreten jeneratörle birlikte bir ısı geri kazanım sistemi içerir. Jeneratör, genellikle doğal gaz, biyogaz, biyokütle veya kömür gibi bir yakıt kaynağından enerji üretir. Bu süreç sırasında ortaya çıkan atık ısı, bir ısı eşanjörü aracılığıyla yakalanan ve binanın ısıtma, soğutma veya sıcak su ihtiyacını karşılamak için kullanılan bir ısı geri kazanım sistemi tarafından değerlendirilir.

### **2.3 Solar Kojenerasyon**

Solar kojenerasyon, güneş enerjisini kullanarak elektrik ve ısı üreten bir enerji üretim sürecidir. Bu sistemler, geleneksel güneş panelleri ve termal kolektörlerin birleşimiyle çalışır. Geleneksel fotovoltaik paneller, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürmek için PV hücrelerinden oluşur. Bu paneller çoğu zaman çatılara veya açık arazilere monte edilir ve güneş ışığını alarak doğrudan elektrik üretirler. Termal kolektörler ise güneş ışığını termal enerjiye dönüştürmek için kullanılır. Bu kolektörler, güneş ışığını emen ve bir akışkanın (genellikle su veya antifriz) ısınmasını sağlayan borulardan oluşur. Isınan akışkan, bir ısı değiştirici aracılığıyla kullanıcının ihtiyacına bağlı olarak sıcak su üretmek veya ısıtma sistemlerini beslemek için kullanılabilir.

Solar kojenerasyon sistemlerinde, hem güneş panelleri hem de termal kolektörler bir arada kullanılarak güneş enerjisi verimliliği artırılır. Bu sistemler, tek başına fotovoltaik sistemlerden veya termal sistemlerden daha verimli olabilirler, çünkü aynı alanı kullanarak hem elektrik hem de ısı üretebilirler.

#### **2.3.1 Solar Kojenerasyon Tarihçesi**

Solar kojenerasyon, güneş enerjisinin hem elektrik hem de ısı üretimi için kullanılmasını sağlayan bir enerji sistemidir. Bu sistem, güneş enerjisinin çok daha verimli ve daha etkili bir biçimde kullanılmasını amaçlamaktadır. Kojenerasyonun tarihçesi;

1970'ler: Solar kojenerasyon fikri, 1970'lerin enerji krizleri sırasında ortaya çıkmıştır. Bu dönemde, fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla ilgili arayışlar artmıştır. 1980'ler: 1980'lerde, güneş enerjisi teknolojilerinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Fotovoltaik (PV)



panellerin gelişimi ve termal kolektörlerin kullanımıyla, güneş enerjisi sistemleri daha yaygın hale gelmiştir. 1990'lar: 1990'lar, solar kojenerasyon teknolojilerinin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi için önemli bir dönem olmuştur. Bu dönemde, birçok ülke ve şirket, solar kojenerasyon sistemlerini araştırmak ve uygulamak için çalışmalar yapmıştır. 2000'ler: 2000'lerin başında, solar kojenerasyon teknolojileri daha da gelişmiş ve çeşitlenmiştir. İleri teknoloji panellerin ve termal kolektörlerin kullanımıyla, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği artmıştır. 2010'lar ve Sonrası: Son yıllarda, solar kojenerasyon sistemleri dünya genelinde daha fazla ilgi görmeye başlamıştır. Özellikle enerji dönüşümü ve sürdürülebilirlik konularının önem kazanmasıyla birlikte, solar kojenerasyonun potansiyeli daha fazla araştırılmış ve uygulanmıştır. Bugün solar kojenerasyon, çeşitli endüstriyel tesislerden konutlara kadar çeşitli uygulama alanları bulmaktadır. İleri teknoloji ve enerji verimliliği odaklı çalışmalarla, solar kojenerasyon sistemlerinin gelecekte daha yaygın bir şekilde kullanılması ve güneş enerjisi kaynaklarının daha etkili bir şekilde değerlendirilmesi beklenmektedir.

### **2.3.2 Kullanım Alanlarına Göre Kojenerasyon Sistemleri**

Kojenerasyon sistemleri, birincil enerji kaynağının aynı anda elektrik ve ısı üretmek için kullanıldığı enerji üretim sistemleridir. Bu sistemlerin farklı kullanım alanları vardır ve genellikle aşağıdaki şekilde sınıflandırılırlar;

- Endüstriyel Uygulamalar: Fabrikalar, rafineriler, kimya tesisleri gibi endüstriyel tesisler, kojenerasyon sistemlerini genellikle ürettikleri ısıyı ve elektriği kullanarak işletme maliyetlerini azaltmak ve enerji verimliliğini artırmak için kullanırlar.
- Konut ve Ticari Binalar: Büyük binalar, hastaneler, oteller ve konut kompleksleri, kojenerasyon sistemlerini binanın ısıtma, soğutma ve elektrik ihtiyaçlarını karşılamak için kullanabilirler. Bu tür uygulamalar, hem enerji tasarrufu sağlar hem de çevresel etkiyi azaltır.
- Isı ve Güç İhtiyacı Olan Yerler: Kojenerasyon sistemleri, birçok yerde ısı ve elektrik ihtiyacının yüksek olduğu durumlarda kullanılır. Örneğin, büyük alışveriş merkezleri, spor tesisleri ve eğlence kompleksleri gibi yerlerde kojenerasyon sistemleri yaygın olarak kullanılabilir.

- Bina Isıtma ve Soğutma: Bazı kojenerasyon sistemleri, binaların ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılır. Bu tür sistemler, binaların enerji verimliliğini artırabilir ve enerji maliyetlerini düşürebilir.
- Tarım ve Seracılık: Tarım tesisleri ve sera kompleksleri, kojenerasyon sistemlerini hem elektrik hem de ısı üretmek için kullanabilirler. Bu sistemler, sera içindeki iklim koşullarını kontrol etmek ve tarımsal üretkenliği artırmak için kullanılabilir.
- Kombine Isı ve Güç (CHP) Santralleri: Kojenerasyon sistemleri, genellikle CHP santralleri olarak bilinen tesislerde kullanılır. Bu santraller, elektrik üretimi sırasında ortaya çıkan atık ısıyı yakalar ve ısıtma veya proses amaçları için kullanır, bu da sistemlerin toplam verimliliğini artırır.
- Kojenerasyon sistemleri, farklı kullanım alanlarına göre farklı ölçeklerde tasarlanabilir ve uygulanabilir. Bu sistemlerin ana avantajları arasında enerji verimliliğinin artması, işletme maliyetlerinin azalması ve çevresel etkilerin azaltılması yer alır.

### **2.3.3 Solar Kojenerasyon Sisteminin Avantajları**

- Hem elektrik hem de ısı üreten sistemler, kaynakların kullanımını optimize ederek enerji verimliliğini artırır.
- Güneş enerjisi temiz enerji kaynağıdır. Fosil yakıtlara kıyasla daha düşük karbon emisyonlarına sahiptir.
- Hem elektrik hem de ısı üreten bir sistem, ayrı ayrı kurulmuş iki farklı sistemden daha düşük maliyetli olabilir.
- Isı ve elektrik kombinasyonu, farklı kullanım alanları için çeşitli uygulamaları destekler, bu da sistemlerin esnekliğini artırır.
- Elektrik ve ısı kombinasyonu, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesine ve enerji güvenliğinin artırılmasına katkıda bulunur.
- Hem elektrik hem de ısı üreten bir sistem, güneş enerjisinden maksimum fayda sağlar ve enerji verimliliğini artırır.
- Güneş enerjisinin hem elektrik hem de ısı olarak kullanılması, sistemlerin kullanım alanını genişletir.

- İki farklı enerji üretim sisteminin bir arada kullanılması, maliyetleri düşürebilir.
- Genel olarak, solar kojenerasyon sistemleri, enerji verimliliği ve kaynakların kullanımı açısından önemli avantajlara sahip olabilir, ancak kurulum ve işletme maliyetleri gibi bazı zorluklarla da karşılaşabilir. Bu sistemler, özellikle ısı ihtiyacının yüksek olduğu endüstriyel veya ticari tesislerde veya konutlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

Solar kojenerasyon sistemi verimliliğini artırmak için aşağıda belirtilen stratejiler uygulanabilir;

- Yüksek Verimli Panellerin Kullanımı: Daha yüksek verimli fotovoltaik (PV) paneller ve termal kolektörlerin kullanılması, sistemin genel verimliliğini artırabilir. Teknolojik gelişmeleri takip ederek ve en son panelleri ve kolektörleri seçerek, güneş enerjisi kaynaklarından daha fazla enerji elde etmek mümkün olabilir.
- Optimum Panel Yerleşimi ve Açısı: Güneş panellerinin optimum(uygun değer) açıda ve yönde yerleştirilmesi, güneş ışığını maksimum düzeyde yakalayıp verimliliği artırabilir. Panellerin konumlandırılması, güneş ışığının yıl boyunca en iyi şekilde kullanılmasını sağlayacak şekilde planlanmalıdır.
- Isı Depolama ve Kullanımı: Solar kojenerasyon sisteminde üretilen fazla ısı enerjisinin depolanması ve kullanılması, verimliliği artırabilir. Termal depolama sistemleri, fazla ısıyı depolayarak güneş ışığının bulunmadığı zamanlarda bile ısı enerjisinin kullanılmasını sağlar.
- Entegrasyon ve Sistem Optimizasyonu: Elektrik ve ısı üretimi arasındaki entegrasyonun(uyumunun) optimize edilmesi, sistemin verimliliğini artırabilir. Akıllı kontrol sistemleri ve sensörler kullanarak, elektrik ve ısı üretimini güneş koşullarına göre otomatik olarak ayarlamak mümkündür.
- Bakım ve Temizlik: Güneş panellerinin düzenli olarak temizlenmesi ve bakımının yapılması, verimliliği artırabilir. Kirli veya tozlu paneller, güneş ışığını daha az etkin bir şekilde absorbe eder ve verimliliği düşürebilir.
- Finansal ve Yasal Destekler: Solar kojenerasyon sistemlerinin kurulumu ve işletilmesi için finansal ve yasal desteklerden faydalanmak, sistemlerin yaygınlaşmasını teşvik edebilir. Devlet teşvikleri, vergi indirimleri ve net metreleme

gibi politikalar, solar kojenerasyon projelerinin ekonomik olarak daha çekici hale gelmesine yardımcı olabilir.

#### **2.3.4 Solar Kojenerasyon Sisteminin Dezavantajları**

- **Başlangıç Yatırımı:** Hem elektrik hem de ısı üreten bir sistem kurmak, geleneksel güneş paneli sistemlerinden daha yüksek başlangıç yatırımı gerektirebilir.
- **Bakım Gereksinimleri:** İki farklı enerji üretim sisteminin birleşimi, daha fazla bakım gerektirebilir ve bu da işletme maliyetlerini artırabilir.
- **Uygulama Alanı Kısıtlamaları:** Solar kojenerasyon sistemleri, optimum(Uygun Değer) performans için belirli uygulama alanları ve iklim koşullarında çalışabilir.

#### **2.3.5 Solar Kojenerasyon Uygulama Örnekleri**

Solar kojenerasyon sistemleri, hem elektrik hem de ısı üreten bir enerji sistemidir. Bu sistemlerin uygulanabileceği çeşitli alanlar vardır ve endüstriyel tesislerden konutlara kadar geniş bir yelpazede kullanılabilirler. İşte solar kojenerasyon uygulama örneklerinden bazıları;

- **Konutlar ve Ticari Binalar:** Güneş enerjisi sistemleri, konutlar ve ticari binalar gibi yapılar için elektrik ve ısı sağlayabilir. Bir solar kojenerasyon sistemine sahip bir konut veya işyeri, hem elektrik hem de sıcak su ihtiyaçlarını karşılayabilir. Örneğin, güneş panelleri çatıya monte edilebilir ve hem elektrik hem de ısı üretmek için kullanılabilir.
- **Endüstriyel Tesisler:** Büyük endüstriyel tesisler, solar kojenerasyon sistemlerini enerji maliyetlerini düşürmek ve çevresel etkilerini azaltmak için kullanabilirler. Bu tesislerde, güneş enerjisi hem elektrik hem de ısı üretmek için kullanılabilir ve üretim süreçlerinde sıcak su veya buhar sağlamak için kullanılabilir.
- **Sera ve Tarım İşletmeleri:** Sera ve tarım işletmeleri, solar kojenerasyon sistemlerini ısıtma, sulama ve diğer tarımsal süreçler için kullanabilirler. Güneş enerjisi, sera ve tarım alanlarını ısıtmak ve suyu ısıtmak için kullanılabilir, bu da tarımsal verimliliği artırabilir.
- **Termal Santraller:** Solar kojenerasyon sistemleri, termal santrallerde elektrik üretmek için kullanılabilir. Güneş enerjisi, termal kolektörler aracılığıyla ısı üretir ve bu ısı, bir buhar türbiniyle birleştirilerek elektrik üretmek için kullanılabilir.

- Isıtma ve Soğutma Sistemleri: Solar kojenerasyon sistemleri, ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılabilir. Güneş enerjisi, ısı pompaları aracılığıyla binaları ısıtmak veya soğutmak için kullanılabilir, bu da enerji maliyetlerini düşürebilir ve çevresel etkilerini azaltabilir.

Bu örnekler, solar kojenerasyon sistemlerinin çeşitli uygulamalarını göstermektedir. Bu sistemler, enerji verimliliğini artırabilir, enerji maliyetlerini düşürebilir ve çevresel etkileri azaltabilir, bu da sürdürülebilir enerji üretimi için önemli bir çözüm olabilir.

### **2.3.6 Solar Kojenerasyon İle İlgili Türkiye'deki Çalışmalar**

Türkiye'de solar kojenerasyon (güneş kojenerasyon) ile ilgili bir dizi araştırma ve geliştirme çalışması yürütülmektedir. Bu çalışmalar, güneş enerjisi kaynaklarının daha etkili ve verimli bir şekilde kullanılmasını amaçlamaktadır. İşte Türkiye'deki solar kojenerasyon ile ilgili bazı çalışma alanları ve örnekler:

- Teknolojik Gelişim ve Entegrasyon: Türkiye'deki araştırma kuruluşları ve üniversiteler, solar kojenerasyon sistemlerinin teknolojik gelişimine odaklanmaktadır. Fotovoltaik panellerin ve termal kolektörlerin entegrasyonu(uyumuyla) ilgili çalışmalar, güneş enerjisinden hem elektrik hem de ısı üreten sistemlerin geliştirilmesini amaçlamaktadır.
- Endüstriyel Uygulamalar ve Pilot Projeler: Türkiye'de birçok endüstriyel tesis, güneş enerjisi kullanımını artırmak için solar kojenerasyon sistemlerini değerlendirmektedir. Bu tesislerde pilot projeler yürütülerek güneş enerjisi kaynaklarının endüstriyel proseslerde nasıl kullanılabileceği araştırılmaktadır.
- Eğitim ve Bilinçlendirme: Türkiye'deki birçok üniversite, solar kojenerasyon teknolojileriyle ilgili eğitim ve bilinçlendirme faaliyetleri yürütmektedir. Bu faaliyetler, mühendislik ve enerji sektöründe çalışan profesyonellerin ve öğrencilerin bu yenilikçi teknolojilere aşina olmalarını sağlar.
- Politika ve Düzenleme Çalışmaları: Türkiye'de enerji politikaları ve düzenlemeleri, solar kojenerasyon teknolojilerinin benimsenmesini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden politika ve teşvikler, solar kojenerasyon sistemlerinin daha geniş çapta benimsenmesini desteklemektedir.
- Ekonomik Değerlendirmeler ve Maliyet Analizleri: Türkiye'deki araştırma kuruluşları ve danışmanlık firmaları, solar kojenerasyon sistemlerinin ekonomik ve

maliyet etkinliğini değerlendiren çalışmalar yapmaktadır. Bu analizler, güneş enerjisi kaynaklarının ticari ve endüstriyel uygulamalarda nasıl kullanılabilceğini belirlemeye yardımcı olur.

- Akademik Araştırmalar: Üniversitelerde ve araştırma kuruluşlarında solar kojenerasyon ile ilgili akademik çalışmalar yürütülmektedir. Bu alışmalar, güneş panelleri ve termal kolektörlerin entegrasyonu(uyumu), yeni malzemelerin ve teknolojilerin geliştirilmesi, enerji depolama çözümleri ve sistem optimizasyonu gibi konuları kapsamaktadır.
- Endüstriyel Uygulamalar: Bazı endüstriyel tesisler, kendi enerji ihtiyaçlarını karşılamak ve enerji maliyetlerini azaltmak için solar kojenerasyon sistemlerini kullanmaktadır. Özellikle büyük çaplı fabrikalar ve sanayi tesisleri, güneş enerjisi sistemlerini ısı ve elektrik üretimi için kullanarak enerji verimliliğini artırmaktadır.
- Ar-Ge Projeleri: Kamu ve özel sektör kuruluşları tarafından desteklenen Ar-Ge projeleri, solar kojenerasyon teknolojisinin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi üzerine odaklanmaktadır. Bu projeler, yeni teknolojilerin ve yenilikçi çözümlerin geliştirilmesini, sistem performansının artırılmasını ve maliyetlerin düşürülmesini amaçlamaktadır.
- Yenilenebilir Enerji Politikaları: Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları çerçevesinde solar kojenerasyon, stratejik bir öneme sahiptir. Hkmetin desteklediği teşvikler ve finansal destekler, güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaşmasını ve solar kojenerasyon projelerinin hayata geçirilmesini teşvik etmektedir.
- Eğitim ve Farkındalık alışmaları: Solar kojenerasyon konusunda eğitim ve farkındalık çalışmaları da yürütülmektedir. Bu alışmalar, kamuoyunu güneş enerjisi ve kojenerasyon sistemlerinin faydaları konusunda bilgilendirmeyi, sektördeki uzmanların yetişmesini ve teknik kapasitenin artmasını hedeflemektedir.

Türkiye'deki solar kojenerasyon ile ilgili çalışmaların sayısı ve kapsamı giderek artmaktadır. Bu alışmalar, Türkiye'nin enerji dönüşümünde güneş enerjisi kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılmasını ve sürdürülebilir enerji üretimine geçişini desteklemektedir.

### 2.3.7 Solar Kojenerasyon İle İlgili Dünyadaki Çalışmalar

Dünya genelinde solar kojenerasyon (güneş kojenerasyon) konusunda birçok araştırma ve geliştirme çalışması yürütülmektedir. Bu çalışmalar, güneş enerjisi kaynaklarının daha verimli ve etkili bir şekilde kullanılmasını amaçlamaktadır. İşte solar kojenerasyon ile ilgili dünyadaki bazı çalışma alanları ve örnekler:

- **Yüksek Verimli Panellerin Geliştirilmesi:** Yüksek verimli fotovoltaik panellerin ve termal kolektörlerin geliştirilmesi, solar kojenerasyon sistemlerinin performansını artırmak için önemli bir alanı oluşturur. Güneş enerjisini hem elektrik hem de ısı enerjisine daha etkili bir şekilde dönüştüren panellerin ve kolektörlerin tasarımı ve üretimi üzerine yoğun araştırmalar yürütülmektedir.
- **Entegrasyon Teknolojileri:** Solar kojenerasyon sistemlerinin elektrik ve ısı üretimini entegre(bütünleşmiş) etmek için yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Bu, güneş enerjisi kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar ve enerji sistemlerinin esnekliğini artırır.
- **Enerji Depolama Çözümleri:** Güneş enerjisinin değişken doğası nedeniyle, solar kojenerasyon sistemlerinde enerji depolama çözümleri önemlidir. Gelişmiş batarya teknolojileri ve termal depolama sistemleri, güneş enerjisinin depolanması ve istenildiğinde kullanılması için araştırılmaktadır.
- **Uygulama Alanları ve Entegrasyon:** Solar kojenerasyon sistemlerinin endüstriyel tesislerden konutlara kadar çeşitli uygulama alanları bulunmaktadır. Araştırmalar, farklı sektörlerde ve farklı ölçeklerde solar kojenerasyon sistemlerinin entegrasyonu(uyumu) üzerine odaklanmaktadır.
- **Ekonomik ve Çevresel Değerlendirme:** Solar kojenerasyon sistemlerinin ekonomik ve çevresel etkileri üzerine yapılan değerlendirmeler, bu teknolojilerin benimsenmesini teşvik etmek için önemlidir. Maliyet etkinliği analizleri ve yaşam döngüsü değerlendirmeleri, solar kojenerasyon sistemlerinin potansiyelini değerlendirmeye yardımcı olur.

Dünya genelindeki araştırma ve geliştirme faaliyetleri, solar kojenerasyon teknolojisinin daha yaygın bir şekilde benimsenmesini ve güneş enerjisi kaynaklarının daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamak için önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmaların sonuçları, güneş kojenerasyon teknolojilerinin gelecekteki gelişimini şekillendirecek ve enerji dönüşümünde önemli bir rol oynayacaktır.

Solar kojenerasyon, dünya genelinde giderek daha fazla ilgi gören bir enerji üretim teknolojisi olmasına rağmen, henüz çok yaygın bir şekilde uygulanmamaktadır. Ancak bazı ülkeler solar kojenerasyon sistemlerini araştırma, geliştirme ve uygulama konusunda öncü olmuştur. İşte bazı solar kojenerasyon yapılan veya bu alanda önemli adımlar atan ülkeler:

- **Almanya:** Almanya, güneş enerjisi teknolojileri konusunda önde gelen ülkelerden biridir. Solar kojenerasyon sistemlerinin araştırılması ve uygulanması konusunda önemli çalışmalar yapılmaktadır.
- **ABD:** ABD, güneş enerjisi alanında yoğun Ar-Ge çalışmaları yapan bir ülkedir. Birçok kuruluş ve üniversite, solar kojenerasyon teknolojileri üzerine araştırmalar yürütmektedir.
- **İspanya:** İspanya, güneş enerjisi teknolojilerinin kullanımı konusunda öncü ülkelerden biridir. Ülkede birçok güneş enerjisi santrali bulunmakta ve solar kojenerasyon sistemlerine de ilgi gösterilmektedir.
- **İtalya:** İtalya, güneş enerjisi sektöründe Avrupa'nın önde gelen ülkelerinden biridir. Ülkede birçok solar kojenerasyon projesi hayata geçirilmiştir.
- **Japonya:** Japonya, yenilenebilir enerji teknolojileri konusunda önemli yatırımlar yapmaktadır. Güneş enerjisi sistemleri, ülkenin enerji dönüşümüne önemli bir katkı sağlamaktadır.
- **Çin:** Çin, güneş enerjisi alanında hızla büyüyen bir pazar haline gelmiştir. Ülkede birçok güneş enerjisi santrali bulunmakta ve solar kojenerasyon sistemleri de geliştirilmektedir.

Bu ülkeler, solar kojenerasyon teknolojilerini araştırmak, geliştirmek ve uygulamak için çeşitli politikalar ve teşvikler geliştirmişlerdir. Ancak dünya genelinde solar kojenerasyon, henüz daha fazla yaygınlaşmamış olsa da, gelecekte önemli bir rol oynaması beklenmektedir.

## **2.4 Güneş Açıları**

Güneş enerjisi sistemlerinde güneş açısı, güneş panellerinin en uygun şekilde güneş ışığından faydalanmasını sağlayacak şekilde belirlenir. Bu, güneş ışığının panel üzerinde en etkili şekilde düşmesini sağlar ve dolayısıyla daha fazla enerji üretimine katkıda bulunur. Güneş panellerinin güneşe dik olarak yerleştirilmesi, genellikle maksimum verimliliği sağlar. Ancak, güneş ışığının açısı gün içinde ve yıl boyunca değişir, bu nedenle ideal güneş açısı da değişebilir. Genellikle, güneş panellerinin



dünya yüzeyine dik olarak yerleştirilmesi, belirli bir konumda en yüksek güneş enerjisi üretimini sağlar. Bu açı, güneşin gökyüzündeki konumuna, mevsimlere ve konumun coğrafi enlemine bağlı olarak değişir. Güneş panelinin açısı, bulunduğu coğrafi konuma göre optimize edilmelidir. Bu en uygun şekle sokma, belirli bir yerin coğrafi enlemine ve güneş ışığının yıllık ve günlük değişimlerine dayanır. Örneğin, Kuzey yarımküredeki bir konumda güneş panelleri tipik olarak güneye doğru yönlendirilirken, Güney yarımküredeki bir konumda kuzeye doğru yönlendirilir. Güneş açısı, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğundan, sistemlerin kurulumunda ve tasarımında dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Bu nedenle, güneş enerjisi sistemlerinin en uygun performansını sağlamak için güneş açısının doğru bir şekilde hesaplanması ve ayarlanması önemlidir.

#### 2.4.1 Enlem Açısı (Latitude açısı) ( $\Phi$ )

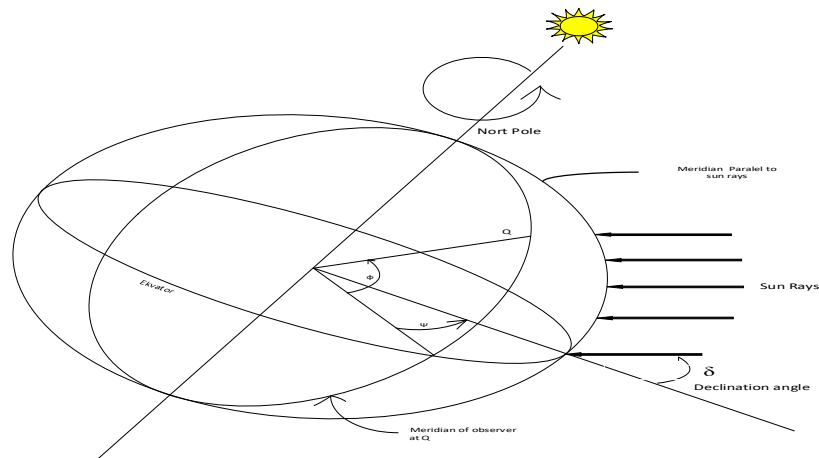
Ekvatorun dünyanın merkezine olan radyal çizgi arasındaki açıya latitude açısı denir. Enlem kuzey, güney yarım küreler için sırası ile artı-eksi değerli olup +90(doksan) ve -90(doksan) aralığında değişim gösterir.

#### 2.4.2 Deklinasyon Açısı (declination) ( $\delta$ )

Güneş doğrultusunun ekvator ile arasında olan açıya declination açısı denir. Declination açısı  $-23,45^\circ$  ile  $+23,45^\circ$  arasında değişir. 21 Mart (İlkbahar ekinoksu) ve 21 Eylül (Sonbahar ekinoksu) deklinasyon (declination) açısı 0 olur. 1 Ocaktan itibaren gün sayısı n olmak üzere;

$$\delta = 23,45 \sin [360 \cdot ((284 + n) / 365)] \quad [2.1]$$

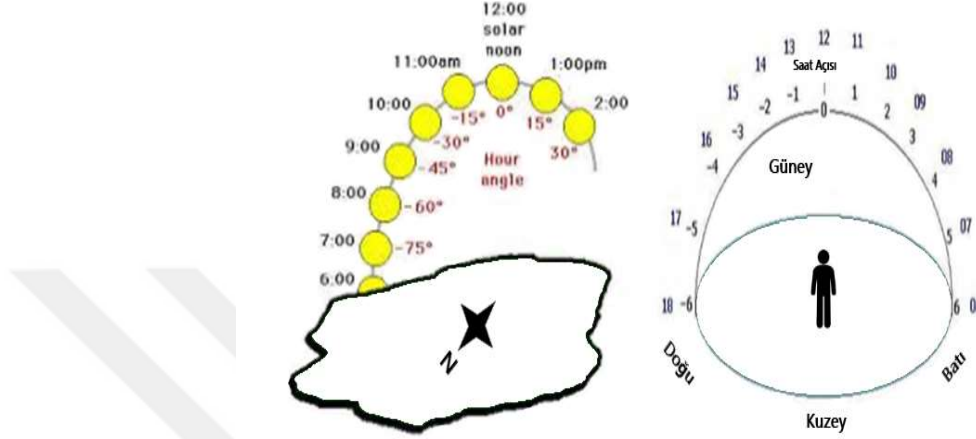
ampirik Cooper formülü ile bulunur.



Şekil 2.13 Deklinasyon Açısı (Declination) (  $\delta$  )

### 2.4.3 Saat Açısı (hour angle) ( $\omega$ )

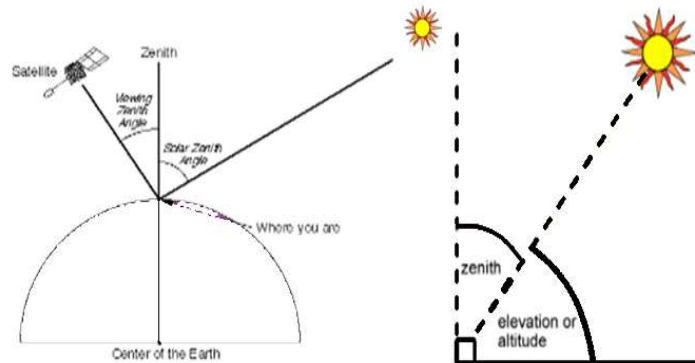
Zamanın açısal ölçüsüdür. 1(Bir) derece( $^{\circ}$ ) boylam 4(dört) dakikaya dolayısıyla 1(Bir) saat  $15^{\circ}$  boylama eşittir. Saat onikiden(12.00) önce açı artı(+) onikiden(12.00) sonra açı eksi(-) değer alır. Örneğin saat 10.00 için  $+30^{\circ}$  saat 17.00 için  $-75^{\circ}$  olur.



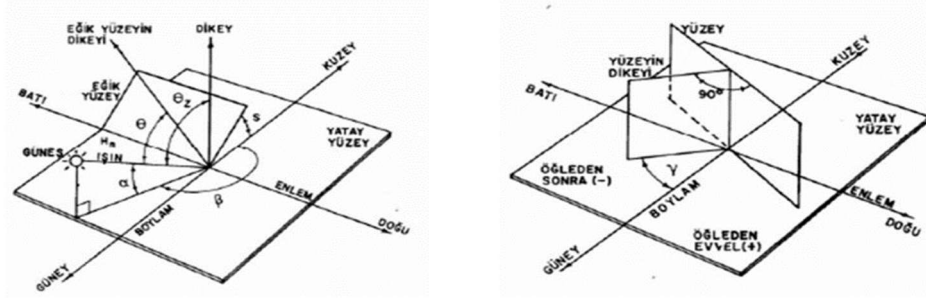
Şekil 2.14 Saat Açısı (hour angle) ( $\omega$ )

### 2.4.4 Zenit Açısı ( $\psi$ )

Güneşin doğrultusu ile dikey eksen arasındaki açı miktarına Zenit Açısı (solar zenith angle) denmektedir. Başka bir tanımlama ile güneş ışınlarının yatay düzleme gelme açısıdır. Yatay düzlemde, güneşin doğuşu ve batışı sırasında zenit açısı(solar zenith angle)  $90^{\circ}$  ve öğle saatinde (12:00) ise zenit açısı(solar zenith angle)  $0^{\circ}$ 'dir.



Şekil 2.15 Zenit Açısı ( $\psi$ )



Şekil 2.16 Zenit Açısı (  $\psi$  )

$$\cos(\psi) = \sin(\varphi) * \sin(\delta) + \cos(\delta) * \cos(\omega) \quad [2.2]$$

$$\Psi = 90 - \alpha$$

Burada  $\psi$  zenit açısı(solar zenith angle),  $\Phi$  enlem açısı(Latitude açısı),  $\delta$  deklinasyon açısı(declination),  $\alpha$  güneş yükseklik açısı,  $\omega$  saat açısını(hour angle) ifade etmektedir.

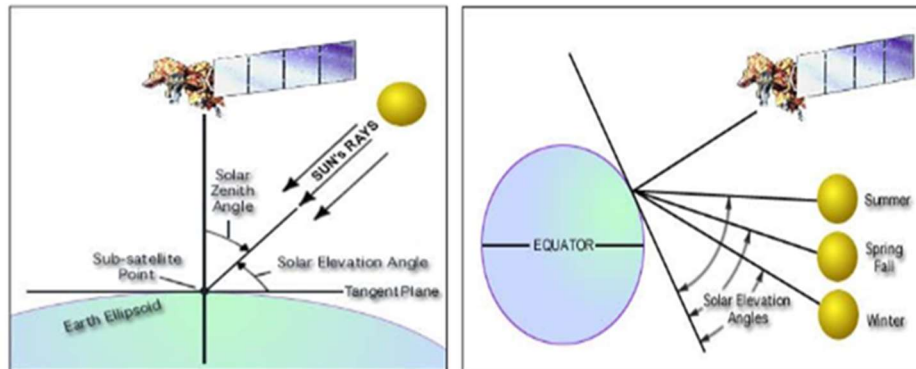
#### 2.4.5 Yükseklik Açısı (solar elevation angle) ( $\alpha$ )

Güneş ışınımı ile yatayın oluşturduğu açıya solar elevation angle açısı denir. Zenit (solar elevation angle) açısıyla trigonometrik ilişkisi olup doksan(90) dereceye ( $^{\circ}$ ) tamamlar.

Güneş yükseklik açısı(solar elevation angle) en yüksek değeri mevsimlerin tamamı içinde tam öğle vaktinde almaktadır. Güneş yüksekliği (solar elevation angle) en düşük değerini 21 Aralık'ta  $26,5^{\circ}$  ile alır, en fazla değerini ise 21 Haziran'da  $73,5^{\circ}$  şeklinde olmaktadır. Güneş yükseklik (solar elevation angle) açısının hesaplanması aşağıdaki formül ile yapılmaktadır.

$$\alpha = \sin^{-1} [ (\cos(\delta) * (\cos(\Phi) * (\cos(\omega)) + (\sin(\delta) * (\sin(\Phi) ) ] \quad [2.3]$$

Burada  $\alpha$  Yükseklik açısı(solar elevation angle),  $\delta$  Deklinasyon açısı(declination),  $\Phi$  Enlem açısı(Latitude),  $\omega$  Saat açısını (hour angle) ifade eder.



Şekil 2.17 Yükseklik Açısı ( Solar Elevation Angle )

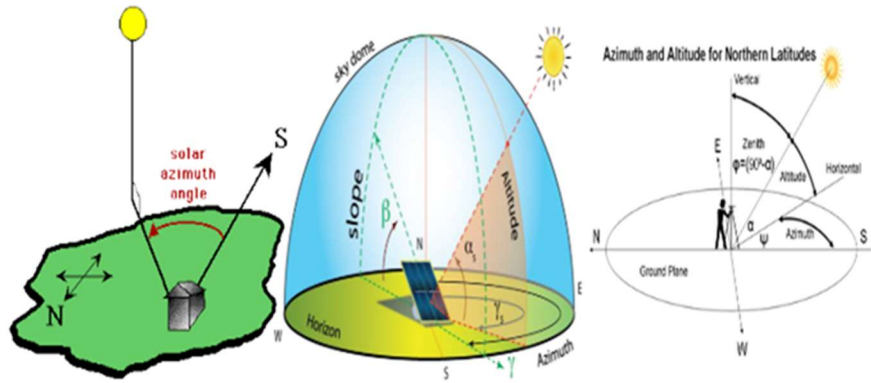
## 2.4.6 Güneş Azimut Açısı ( $\gamma_s$ )

Güneş azimut açısı, güneşin gökyüzünde bir noktanın yönüne göre yatay düzlemdeki açısını ifade eder. Yani, güneşin doğuya veya batıya ne kadar açıyla yöneldiğini belirler. Bu açı, güneşin yatay düzlemde hangi yöne baktığını gösterir ve genellikle kuzeyden doğuya veya batıya doğru pozitif veya negatif değerlerle ifade edilir.

Güneş azimut açısı, belirli bir konum ve belirli bir zamanda güneşin yönünü belirlemek için kullanılır. Örneğin, güneş ışığını en iyi şekilde yakalamak veya güneş panellerini optimal bir şekilde yönlendirmek için güneş azimut açısı hesaplanabilir. Bu açı, güneşin gökyüzündeki hareketine ve mevsimlere bağlı olarak sürekli olarak değişir. Öğle vakti güneşin doğrudan güneye baktığı bir noktada güneş azimut açısı 0 derecedir. Sabah ve akşam saatlerinde, güneş doğu veya batıya yönelirken, bu açı pozitif veya negatif değerler alır.

Güneş azimut açısı, özellikle güneş enerjisi sistemlerinin ve konumların tasarımında ve planlanmasında önemlidir. Bu açı, güneş ışığını maksimum verimlilikle yakalamak için panellerin veya güneş kolektörlerinin doğru şekilde konumlandırılmasını sağlar. Güneye doğru azimut açısı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır

$$\sin \gamma = \frac{\cos \delta \cdot \sin \omega}{\sin \psi} \quad [2.4]$$



Şekil 2.18 Güneş Azimut Açısı (  $\gamma_s$  )

### 2.4.7 Yüzey Azimut Açısı ( $\beta$ )

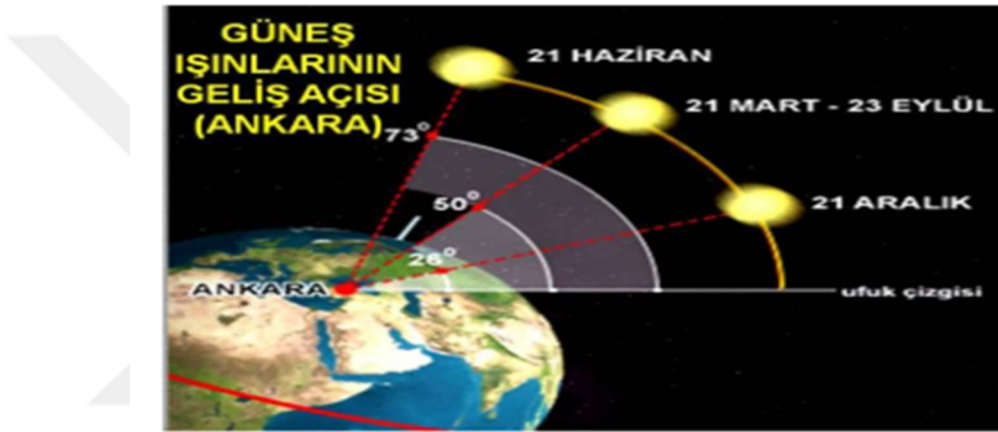
Eğik yüzeyin normalin yatay düzlemdeki mürtesemin (izdüşümü) güneyle doğrultusu ile yaptığı açığa denir. Güneyden batıya doğru artı (+), doğuya doğru eksi (-) olarak alınır.

### 2.4.8 Güneş Geliş Açısı ( $\theta$ )

Eğik yüzeye gelen ışının güneş doğrultusu ile yüzeyin dikeyi arasındaki açıdır.

$$\theta = \cos^{-1} [ (\cos(\delta) * \cos(\Phi - \beta) * \cos(\omega)) + (\sin(\delta) * \sin(\Phi - \beta)) ] \quad [2.5]$$

Burada  $\beta$ = Dikkate alınan yüzeyin yatay düzlemle yaptığı eğim açısı,  $\delta$ = Declination açısı,  $\gamma$  =Azimut açısı,  $\omega$  = Hour açısı,  $\phi$  = Latitude açısını ifade etmektedir.



Şekil 2.19 Güneş Geliş Açısı (  $\theta$  )

### 2.4.9 Eğim Açısı(slope) ( $\beta$ )

Eğik olan yüzeyin yatayla yaptığı açıdır. Eğim açısı (slope)  $0 \leq \beta \leq 180^\circ$  derece arasındadır.

## 2.5 IEC 61724 Standart Performans Parametreleri

IEC; merkezi Cenevre (İsviçre)'de bulunan, 82 ülkenin üyesi olduğu, uluslararası standart organizasyonudur.[31] IEC 61724 standardı, fotovoltaik enerji sistemlerinin izlenmesi ve performansının değerlendirilmesi için genel bir standarttır. Bu standardın altında, fotovoltaik sistemlerin performans parametrelerinin izlenmesi ve raporlanması için çeşitli yöntemler ve kriterler belirtilmiştir.

### 2.5.1 Güneş Paneli Verimi ( $Y_a$ )

Güneş paneli verimi (  $Y_a$  ), güneş panelinden enerji çıktısının bir PV panelin saymaca(nominal) gücüne bölünerek bulunur ve hesaplaması şu şekildedir:

$$Y_a = \frac{E_{DC}}{P_{pv,anma}} \quad [2.6]$$

Dolayısıyla  $E_{DC}$ , PV modülünün direk güç (kWh) tarzındaki enerji çıkışıdır.

### 2.5.2 Spesifik Üretim

Spesifik üretim, yıllık, aylık veya günlük olarak bir şebekeye verilen enerjidir. Üretilen AC enerjisinin panelin nominal gücüne bölünmesiyle hesaplanır. Bu, sistemi karşılaştırmak için hayati bir parametredir. Burada EAC, inverterin çıkış enerjisidir.[31]

$$Y_{f,d} = \frac{E_{AC,d}}{P_{pv,anma}} \quad [2.7]$$

### 2.5.3 Referans Verimi (Zirve Güneş Saatleri)

Referans verim (Zirve güneş saatleri), küresel güneş ışığının güneş fotovoltakin referans ışınımına bölünerek bulunur

$$Y_r = \frac{Ht(kW /m^2)}{Hr} \quad [2.8]$$

Burada  $Hr = kWh/m^2$  dir.

### 2.5.4 Performans oranı (PR)

Performans oranı (PR) için başka bir terim olan tesis kalite faktörü, dünyanın farklı bölgelerinde bulunan güneş enerji santralinin(GES) performansını mukayese için kullanılan asıl performans göstergesidir. Performans oranı(PR), enerji dönüşümleri ve kablolardan kaynaklanan kayıplar nedeniyle fotovoltaiik sisteminde bulunan kayıplara bağlıdır. Ortam sıcaklığı gibi diğer özellikler de dikkate alınır.

Performans oranı (PR), sistemin nihai(son) veriminin sistemin referans verimine bölünmesiyle hesaplanır.

$$P_R = \frac{Y_R}{Y_F} \quad [2.9]$$

### 2.5.5 Kapasite faktörü (Yük faktörü) (Cf)

Kapasite faktörü ( $C_f$ ) (Yük faktörü), üretilen gerçek alternatif akım(AC) enerjisinin, tesisin günde yirmi dört(24) saat en fazla oranda çalıştırılması durumunda üretilecek olan enerjiye bölünerek tanımlanır.

$$C_f = \frac{E_{AC}}{P_{PV,rated} * 8760} \quad [2.10]$$

### 2.5.6 Güneş Paneli Verimliliği $\eta_{PV}$

Alınan güneş enerjisinin ne kadarının elektriğe dönüştürüldüğünü ölçer. S (m<sup>2</sup>) fotovoltaik panel tarafından kapsanan bir yer olduğunda, H<sub>t</sub> küresel güneş radyasyonu ve EDC güneş paneli tarafından üretilen enerjinin yüzdelik gösterimidir.

$$\eta_{PV} = \frac{100 * E_{DC}}{H_t * S} (\%) \quad [2.11]$$

### 2.5.7 Sistem Verimliliği $\eta_{sis}$

Solar fotovoltaik yapısının verimliliği, panelin inverter verimliliği ( $\eta_{inv}$ ) ve güneş paneli verimliliğinin ( $\eta_{PV}$ ) çarpımının bir ürünüdür.

$$\eta_{sis} = \eta_{PV} * \eta_{inv} \quad [2.12]$$

### 2.5.8 Panel Kayıpları L<sub>c</sub>

Fotovoltaik panel kaybı (L<sub>c</sub>) kısaltması ile gösterilir. Bu şekilde formülize edilir.

$$L_c = Y_r - Y_a \quad [2.13]$$

### 2.5.9 Sistem Kayıpları (L<sub>s</sub>)

(L<sub>s</sub>) kısaltması ile adlandırılan sistem kayıpları(L<sub>s</sub>), evirici kayıplarıdır. Hesaplaması bu şekildedir.

$$L_s = Y_a - Y_f \quad [2.14]$$

Kısaltması ( $\eta_{tem}$ ) sembolü olan sıcaklık kayıp katsayısı ( $\eta_{tem}$ ) aşağıdaki gibi bulunur.

$$\eta_t = 1 + \beta * (T_c - 25) \quad [2.15]$$

Formüldeki kısaltmalar; panelin hücre sıcaklığı (T<sub>c</sub>), ortam sıcaklığı(T<sub>a</sub>) ve güneş panelinin sıcaklık faktörüdür  $\beta$ .

### 3. LİTERATÜR TARAMASI

Solar kojenerasyon ve güneş enerji santrallerinde sıcaklığın verime etkisi için yapılan araştırmalar ile birlikte bu çalışmaya yardımcı olabilecek literatür taraması aşağıdaki gibi yapılmıştır.

Kumar ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada panel sıcaklığındaki her bir °C'lik sıcaklık artışında panel verimliliğinin yaklaşık olarak % 0,5 düştüğünün sonucuna ulaşımlarıdır. [17]

Skoplaki, E. ve Palyvos J.A. yazmış oldukları makalede sıcaklığın güneş panellerinin elektriksel performanslarına olan alakasını incelemiştir. İnceleme sonucuna göre güneş paneli çalışma sıcaklığının fotovoltaiik dönüşüm sürecinde en kritik faktör olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıyeten panellerin montaj edilme biçimleri ve kullanılmış oldukları yerlere göre de panele sıcaklık etkisinin değiştiği dile getirilmiştir.[24]

V. B. Omubo-Pepple ve çalışma grubunda bulunan arkadaşları yayınladıkları (2009) makalede güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi sırasında fotovoltaiik panellerde güneş ışık şiddeti, bağıl nem ve sıcaklığın tesirini incelemiştir. Makalede ortam sıcaklığının güneş paneli veriminin üzerinde doğrudan etkisinin olmadığını amma velakin bağıl nemin ve panel sıcaklığının panel verimini etkilediği belirtmişlerdir.[23].

Uğur YILMAZ ve birlikte çalıştığı arkadaşları tarafından 2010 yılında yayımlanan Gökçeada'da YEK ile Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyelinin Araştırılması isimli çalışmaları sonucunda panelin bulunduğu yerde ortam sıcaklığı arttıkça fotovoltaiik modüllerin veriminin azaldığı sonucuna ulaşımlardır.[22].

Hosseini yaptığı araştırmada panel ön kısmına su püskürtmesi yaparak panelden güç üretiminin hangi miktarda arttırabileceklerini gözlemlemiştir. Yaptıkları çalışmada suyu direk ısınmış olan panel ön yüzüne püskürtüldüğünden dolayı buharlaşmadan kaynaklı su kaybı yaşanmıştır. Panele yapılan püskürtme ile soğutma sayesinde max. 18,7 °C'lik sıcaklık kadar düşüş olmuştur. Yapılan soğutma işleminde çıkış gücünde max. % 33'lük artma gözlemlenmiştir.[18].

Farhana ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada 1 kontrol grubu 1 soğutuculu PV panel kurmuşlar. Soğutuculu PV panele ham maddesi alüminyumdan yapmış hava akışı için akış kanalları monte ederek daha fazla soğutma elde etmeye çalışılmışlar.



0,035 kg/s'lik bir hava akışı uygulanan soğutmalı panelde sıcaklık en max 12 °C düşürülme gerçekleşmiş ve çıkış gücü % 8,9 arttırılmış.[27].

Bahaidarah, icra ettiği çalışmada panelin arka kısmına eklediği boş 1 tabaka içinden soğuk su geçirerek PV paneli soğutmuştur. Günlük vasati 37,8 °C olan PV panel sıcaklığını icra ettiği yöntemle % 19,3 oranında düşürmeyi başarmış ve max. % 34 oranında PV panel sıcaklığını düşürmüştür. Panel çıkış gücünü % 15,8 arttırmayı başarmıştır.[20].

Dorobanțu yaptığı çalışmada güneş panelinin başından itibaren sona kadar monte ettiği tüpe 25 delik açmış. 24 °C'de olan suyu bu tüpten akıtarak dakikada iki(2) lt su akacak biçimde bir sistem tasarlanmıştır. Panelin arka kısmında yapılan sıcaklık ölçmelerinde 48 °C'den 35,5 °C'ye kadar düşürüldüğü hesaplanmıştır. Panelin arka ve ön kısımlarındaki sıcaklık farkı ise ortalama 7 °C olmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda panel çıkış gücünün % 8,4 oranında artışı tespiti yapılmıştır.[21].

Hernandes ve takım arkadaşları etkin ve pasif soğutma sistemlerini bir sistemde birleştirmişlerdir. Bununla aralarındaki farklılıkları gözlemlemişlerdir. Çalışmada aktif soğutma yapılan panelde dört m/s hız ile bir hava akışı sağlamayı başarmışlar. Bu oluşan soğuk hava akışı ile PV panel sıcaklığı 7°C düşmüştür. Sıcaklığı düşürülen PV panelin % 2,5 daha çok enerji ürettiği gözlemlemişlerdir.[26].

Moharram Mısır'da yapmış olduğu çalışmada çıkış gücünü arttırmak için PV paneli su soğutma yöntemi kullanmıştır. PV Panel ön kısmında üst kısmındaki kendi yaptığı su püskürtücü deliklerden her on beş dakikada püskürtülen su ile panel sıcaklığı düşürülmüştür. Lakin sıcak yüzeyle temas ederek suyun buharlaşmasına maruz kalmak zorunda olan soğutma su kapasitesi ayda % 5 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Panel üstünde ısınan su 250 lt'lik yer altına konulmuş su tankına aktararak toprak sayesinde soğutma işlemi yapılarak 25 °C'de sabitlenmiştir. Panel verimi % 12 oranında azalmış nedeni panel sıcaklığının 10 °C'den 45 °C'ye yükselmesi. Beş dakikalık soğutma işlemine tabi kılınan panelin çıkış gücünün % 12,5 oranında arttırıldığı gözlemlenmiştir.[28].

Lıwei Wang, Anthony Paul Roskilly ve Ruzhu Wang yapmış oldukları çalışmada. Yenilenebilir bir kaynak olarak güneş enerjisi son yıllarda giderek daha fazla ilgi görmektedir. Güneş enerjisi, 70-100°C sıcaklık aralığında kolayca verimli bir şekilde ısı sağlayabilir. Bu enerji kaynağının kullanımı için kademeli bir çevrim

tasarlanmış ve tartışılmıştır. Sırasıyla birinci ve ikinci aşama enerji dönüşüm döngüsünü sağlamak için bir organik Rankine çevrimi (ORC) ve bir adsorpsiyonlu soğutma çevrimi birleştirildi. Analizde, ORC için çalışma sıvısı olarak R600 kullanıldı ve adsorpsiyonlu soğutma çevrimi için bir silika jel, su çalışma çifti analiz edildi. 78-97°C sıcaklık aralığındaki bir ısı kaynağı ile 30°C ortam sıcaklığı için 0,1-0,14 enerji verimliliği ile 0,7-1 kW elektrik üretilebilir. Ekserji etkinliği 0.84-0.89 olarak bulunmuştur. Adsorban olarak RD silika jel kullanan adsorpsiyonlu soğutma döngüsü için teorik COP 0.8 kadar yüksek olabilir. Ekserji etkinliği 0.32 ile 0.46 arasında değişmektedir. Kojenerasyon çevrimi için genel ekserji verimliliği 0.56-0.74 ve genel enerji verimliliği yaklaşık 0.48 olarak bulunmuştur. Tek bir ORC ile karşılaştırıldığında, enerji verimliliği yaklaşık 3-4 kat arttı ve bir adsorpsiyon döngüsü ile karşılaştırıldığında ekserji verimliliği yaklaşık% 70 arttı. Elektrik ve soğutma kojenerasyonu için Kalina döngüsüne dayanan kojenerasyon için Goswami döngüsü ile karşılaştırıldığında, ekserji verimliliği %10 ile %40 arasında iyileştirildi. 97°C ısıtma sıcaklığına sahip tipik çalışma koşullarında, yaklaşık 15 kW ısıtma gücü için 1 kW elektrik ve 6,4 kW soğutma üretilebilir. [33]

Nizetic ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarda PV panelin ön ve arka yüzeyine su püskürtme metodu uygulamışlar. İşlem yapılmayan PV panel sıcaklığı 53 °C'lere çıkarken iki yönlü soğutma işlemi uygulanan panelde püskürtülen sular ile PV sıcaklığı 22 °C'ye kadar düşmüştür. PV çıkış gücü % 15,9'a kadar yükselmiş.[19].

Popovici ve birlikte çalıştığı arkadaşları yaptıkları çalışmada panelin arka kısmına delik açtıkları alüminyum kanatçıklar montaj etmişler ve havada oluşan rüzgâr, kanatçıklardan geçerek panelde gelen ışıklardan dolayı oluşan ısıyı açmış oldukları delikler sayesinde ortama aktarmayı sağlayarak PV paneli soğutmuşlardır. Farklı açılarla yerleştirilen kanatçıklarla uygun değer(optimum) açı değerini hesaplamaya çalışmışlar. dörtyüzelli ve dokuz yüz açılarında sırasıyla % 6,97 ve % 7,55 de daha çok enerji ürettiğini saptamışlardır.[25] .

Yuchen Song ve arkadaşları yazmış oldukları makalede entegre bir elektrik ve ısıtma sistemi modeli oluşturmaktadır. Güneş enerjisi sistemde ısı ve güç üreticisi olarak kabul edilmektedir. Elektrik talebi ve ısı talebinin karşılanması şartıyla tüm gün işletme maliyeti araştırılmıştır. Tüm gün boyunca minimum işletme maliyetini elde etmek için bu makalede ısı depolama (HS) ve ısı piyasasını dikkate alan yeni bir

entegre elektrik ve ısıtma sistemi (IEHS) optimum çalışma stratejisi önerilmiş ve analiz edilmiştir.[30]

Zeyad El-Ghussain, Hanibal Al-Najjar ve Wisam Sakallah Gazze’de yaptıkları çalışmada yirmi (20) konut dairesi içeren bir konut binası için hibrit PVT kolektörleri içeren bir fotovoltaik termal güneş enerjisi sisteminin termal ve elektriksel performansını analiz etmişlerdir. Isıl ve elektriksel talepleri karşılamak için gerekli olan paralel bağlı PV/T kolektör sayısı, toplam 10kWp için elli PVT kolektör olarak bulunmuştur. Sıcak su depolama tankının büyüklüğü de günlük 4000 litre kullanım suyu deposu olarak belirlendi. DC/AC invertör ve akü bankası kapasitesinin boyutları da C/10'da 10 kVA ve 96 kWh olarak hesaplanmıştır. Bina asansörüne ve su pompasına güç sağlamak için kullanılacaktır. Sera gazı (GHG) emisyon azaltım miktarı da yılda 900 kg olarak kaydedilmiştir.[32]

Sehii ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, PVT'yi 20°C'den 80°C'ye ısıtırken, HSPP'nin verimliliği ve ürettiği güç %12-14 azalır. Ancak PVT'nin 20°C ile 50°C arasındaki sıcaklıklarında bu göstergeler azalma daha yavaş (%5'e kadar) olur ve PVT'nin 50°C ile 80°C arasındaki sıcaklıklarında azalma yoğunlaşır.(%5'ten %12-14'e). Dolayısıyla bir sıcak su sistemi oluşturmak için HSPP temelinde besleme yapmak ve panelin elektrik verimliliğini artırmak için, PVT'yi soğutan ısı taşıyıcının sıcaklığı, bu amaçlar için yeterli olan 50°C'yi aşmamalıdır.[29].

## 4. METARYEL VE METOD

Bu tez çalışmasında, Şanlıurfa'nın Birecik ilçesi sınırlarında bulunan Birecik Nizip HES İşletme Müdürlüğünde 2 adet 170 Wp güneş paneli kullanılarak Yapılmıştır. Birinci güneş paneli hiçbir işlem yapılmadan, ikinci güneş paneli de panelin arka kısmına bakır borular yerleştirilerek solar kojenerasyon sistemi uygulanıp hem bakır borular içerisinden geçirilen soğuk suyun ısıtılması hem de panelin soğutulması veriminin artırılması tasarlanmıştır.

### 4.1 Klasik Güneş Paneli

Klasik güneş paneli şekil 4.1 görüldüğü gibidir. Bu panele herhangi bir işlem uygulanmadan olduğu gibi üretime başlanmıştır.



Şekil 4.1 Klasik Güneş Paneli

### 4.2 Solar Kojenerasyon

Solar kojenerasyon paneli şekil 4.2 de görüldüğü gibidir. İlk olarak alınan panel boyunda portatif bir alüminyum bir levha hazırlanmıştır, daha sonra hazırlanmış olan levha içerisine bakır boruların yerleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Portatif levha üzerinde hazırlanmış olan bakır boruyu güneş panelinin arka kısmına daha önceden hazırlanmış olduğum tutturma aparatları ile yerine montajını gerçekleştirildi. Daha sonra ilk olarak bakır borunun alt kısmına suyun sıcaklığını ölçmek için borunun üstüne sıcaklık sensörü bağlanmıştır. Bakır borunun çıkışına su istenilen sıcaklığa

geldiği zaman sıcak su boşaltma işlemi gerçekleşsin diye valf bağlanmıştır. Aynı zamanda her iki panelden de sıcaklıkları ölçülsün diye panellerin arka kısmına sıcaklık sensörü bağlantısı yapılmıştır.



Şekil 4.2 Solar Kojenerasyon Uygulaması

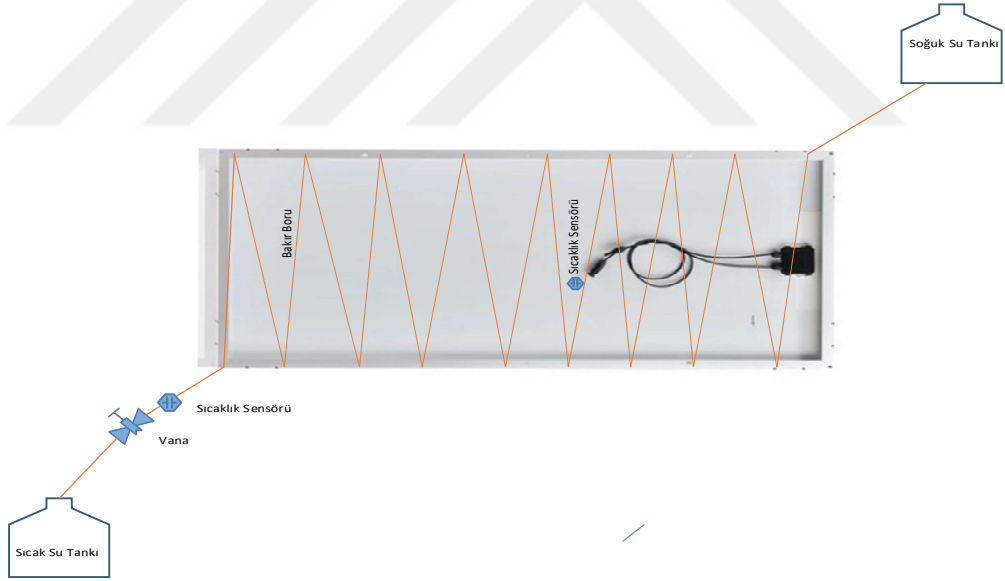
Solar kojenerasyon sistemi ile klasik güneş paneli arasındaki fark solar kojenerasyon uygulanan sistemde panelin arka kısmına bakır borular yerleştirilerek panelin verimini arttırmak ve elektrik enerjisi kullanmadan sıcak su elde etmektir.

## 5. PROJE TASARIMI

Kullanılan panellerinin teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Panel Teknik Özellikleri	
Ürün Kodu	LXR-170
Marka	LEXRON
Sertifikalar	CE, IEC
Güç	170 Watt
Hücre Sayısı	36
Açık Devre Voltajı (Voc)	22,32 Volt
Maks. Voltaj (Vmp)	18,60 Volt
Kısa Devre Akımı(Isc)	9,64 A
Maks. Akım (Imp)	9,14 A
Maks. Sistem Voltajı	1000 V
Modül Ölçüleri	1505*679*30
Ağırlık	11,90 kg
Standart Test Koşulları: Am=1.5 E=1000W/m <sup>2</sup> Tc=25 °C	

Şekil 5.1 Kullanılan Panel Özellikleri



Şekil 5.2 Proje Çizimi



Şekil 5.3 Bakır Borunun Panel Montajı Öncesi Levha Üzerinde Hazırlanışı

İlk olarak alınan panel boyunda portatif bir alüminyum bir levha hazırlanmıştır, daha sonra hazırlanmış olan levha içerisine bakır boruların yerleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. (Şekil 5.3)



Şekil 5.4 Bakır Borunun Panelin Arka Kısımına Montajı

Portatif levha üzerinde hazırlanmış olan bakır boruyu güneş panelinin arka kısmına daha önceden hazırlanmış olduğum tutturma aparatları ile yerine montajını gerçekleştirildi. (Şekil 5.4) Daha sonra ilk olarak bakır borunun alt kısmına suyun sıcaklığını ölçmek için borunun üstüne sıcaklık sensörü bağlanmıştır. Bakır borunun çıkışına su istenilen sıcaklığa geldiği zaman sıcak su boşaltma işlemi gerçekleşsin diye valf bağlanmıştır. Aynı zamanda her iki panelden de sıcaklıkları ölçülsün diye panellerin arka kısmına sıcaklık sensörü bağlantısı yapılmıştır. Tasarım sonrasında iki farklı sıcaklıkta ölçümler alınmaya başlanmıştır. Bu aşamadan sonra farklı metotlar deneyerek verimli metodu bulana kadar çalışma yapmaya başlanmıştır.

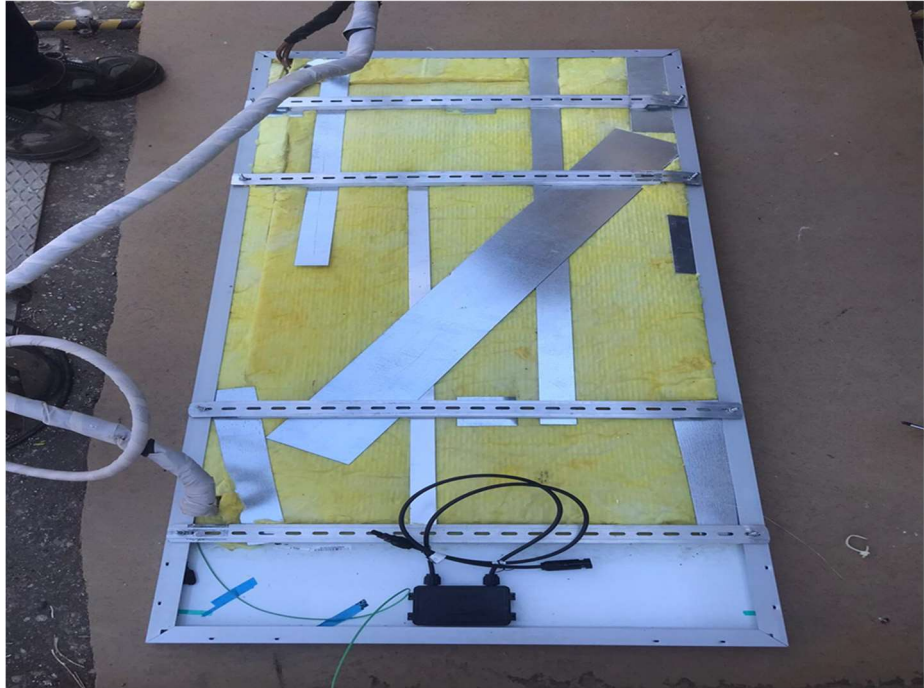




## 5.1 Birinci Metot



Şekil 5.5 Birinci Metot Uygulama Aşaması



Şekil 5.6 Birinci Metot Uygulama Aşaması

Uyguladığım metotlardan birincisi panelin arka kısmında montajı yapılmış olan bakır boruların üstüne ısı geçirmeyen malzemeyi panelin bakır boru geçen arka kısmınının tamamına montaj gerçekleştirildi. (Şekil 5.6) Bu işlem sonucunda iki panelden boş panelin sıcaklığı, solar kojenerasyon uygulanan panelin sıcaklığından çok daha düşük kaldığını kayıt altına alınmıştır. Sıcaklığın artması panel verimini düşürdüğü için, bu yapılan uygulamanın verimi arttırması ve sıcak su elde etme yani solar kojenerasyon için uygun olmadığı sadece sıcak su elde edebileceği anlaşıldı ve başka denemeler yapmaya başlandı.

## 5.2 İkinci Metot



Şekil 5.7 İkinci Metot Uygulaması

Uyguladığım metotlardan ikincisi panelin arka kısmında montajı yapılmış olan bakır boruların üzerine alüminyum levha yerleştirerek suyun soğukluğundan hem paneli soğutup hem de alüminyum levhanın soğuyacağı sonrada hem levhanın soğukluğundan da yararlanıp bakır boruların daha fazla soğuk kalıp güneş panelinin

ısınısını almak hedeflendi. (Şekil 5.7) Fakat bu şekilde yapınca da levhanın çok çabuk ısındığı, beklendiği gibi soğutma olmadı. Bu işlem sonucunda iki panelden boş panelin sıcaklığı, solar kojenerasyon uygulanan panelin sıcaklığından daha düşük kaldığı kayıt altına alındı. Sıcaklığın artması panel verimini düşürdüğü için, bu yapılan uygulamanın verimi arttırması ve sıcak su elde etme yani solar kojenerasyon için uygun olmadığı sadece sıcak su elde edebileceği anlaşıldı ve başka denemeler yapmaya başlandı.

### 5.3 Üçüncü Metot

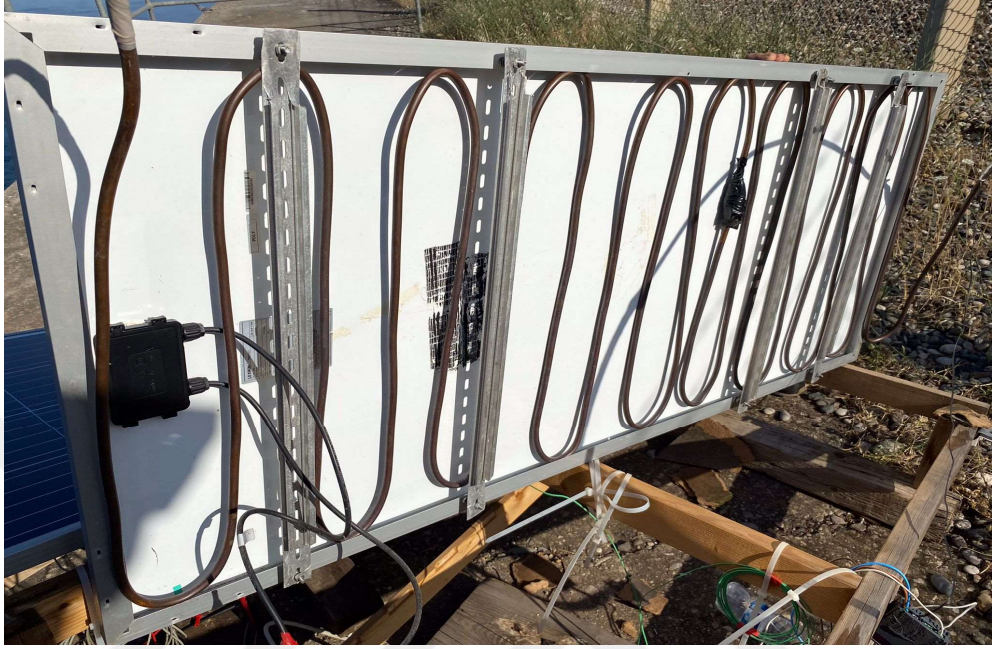


Şekil 5.8 Üçüncü Metot Uygulaması

Uyguladığım metotlardan üçüncüsü panelin arka kısmında montajı yapılmış olan bakır boruların üzerine sabitlemenin daha iyi olması için bazı noktalara alüminyum levha yerleştirerek suyun soğukluğundan hem paneli soğutup hem de alüminyum levhanın olduğu yerlerin soğuyacağı sonrada hem levhanın soğukluğundan yararlanıp bakır boruların daha fazla soğuk kalarak panelin ısınısını alması hedeflendi. Daha önceki denemelerde olduğu gibi ilk başlarda panel sıcaklığının kısa bir süre düştüğü bakır boru ısınmaya başladığı andan itibaren bakır borunun soğuması üstünde bulunan alüminyum levhalardan dolayı çok uzun sürmeye başladı ve buda panelin daha fazla ısınmasına, ısınması ile beraber panel verimini

düşürdü. Bu yapılan işlemden de amaçlanan solar kojenerasyon sistemi kurulma amacına ulaşamadığı için başka metot denemeye karar verilmiştir.

#### 5.4 Dördüncü Metot



Şekil 5.9 Dördüncü Metot Uygulaması

Uyguladığım dördüncü metot ise Şekil 5.9 da görüldüğü gibi bakır borular düşmesin diye sadece dört noktadan sabitlenmiştir. Son yapılan metottan verim almaya başlayınca bu metot üzerinden çalışmaya devam edildi ve sonuçlar alınmaya başladı. Bu metodu uygularken ilk olarak bakır borunun alt kısmına suyun sıcaklığını ölçmek için borunun üstüne sıcaklık sensörü bağlanmıştır.

Birinci sıcaklık aralığı; Su sıcaklığı  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  ye geldiği zaman çıkışından alınan bilgi ile valfin önünü açarak ısınmış olan su sıcak su tankına boşaltıldı. Boşaltma işlemi suyun sıcaklığı  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  ye gelene kadar devam ettirilmiştir. Bu işleme ait alınan sonuçlar Tablo5.1.'de gösterilmiştir.

İkinci sıcaklık aralığı; Su sıcaklığı  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye geldiği zaman çıkışından alınan bilgi ile valfin önünü açarak ısınmış olan suyu sıcak su tankına boşaltmaya başlandı. Boşaltma işlemi suyun sıcaklığı  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ye gelene kadar devam ettirilmiştir. Bu işleme ait alınan sonuçlar Tablo5.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.10 Kurulumu Yapılan Panellerin Yandan Görünümü

Kurulumu yapılan iki panelinde yandan görüntüsü şekil 5.10 gösterilmiştir. Paneller 35 derecelik bir açı olacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 5.11 Kurulumu Yapılan Panellerin Önden Görünümü

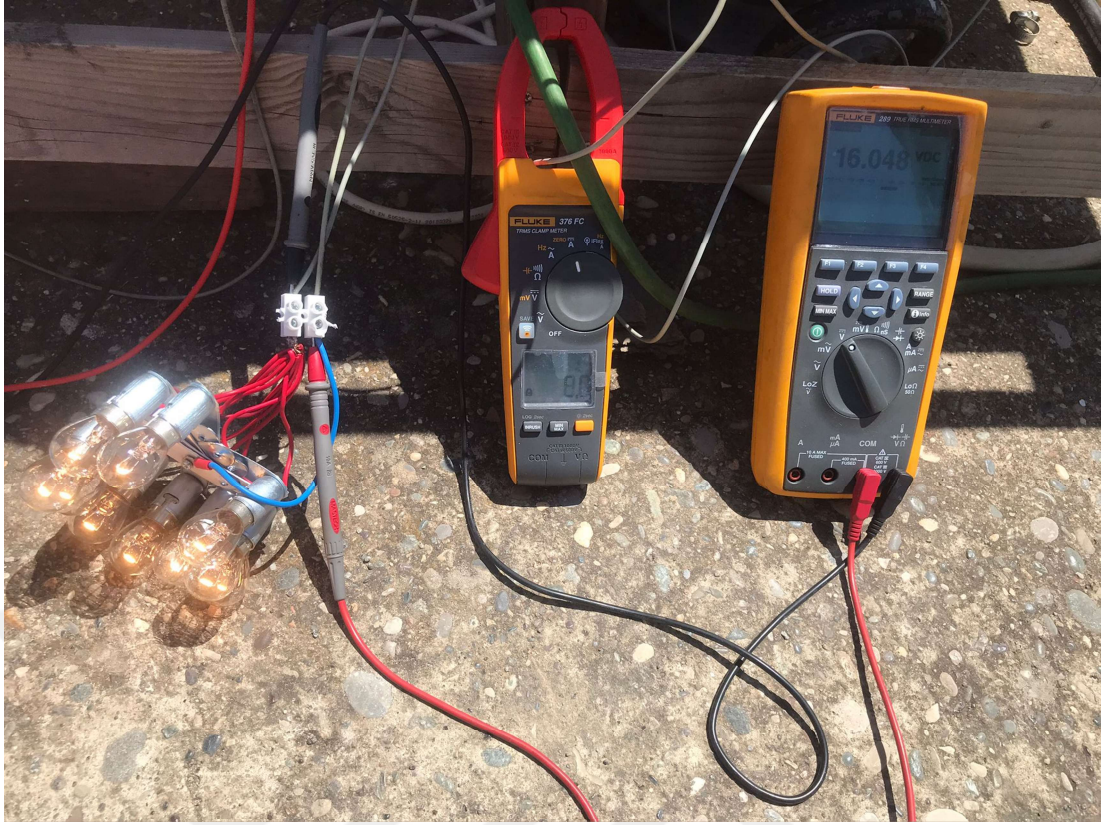


Şekil 5.12 Kurulumu Yapılan Panellerin Arkadan Görünümü

Solar kojenerasyon işlemi yapılan panelin alttan görünümü şekil 5.13 de gösterilmiştir.



Şekil 5.13 Kurulumu Yapılan Panellerin Alttan Görünümü

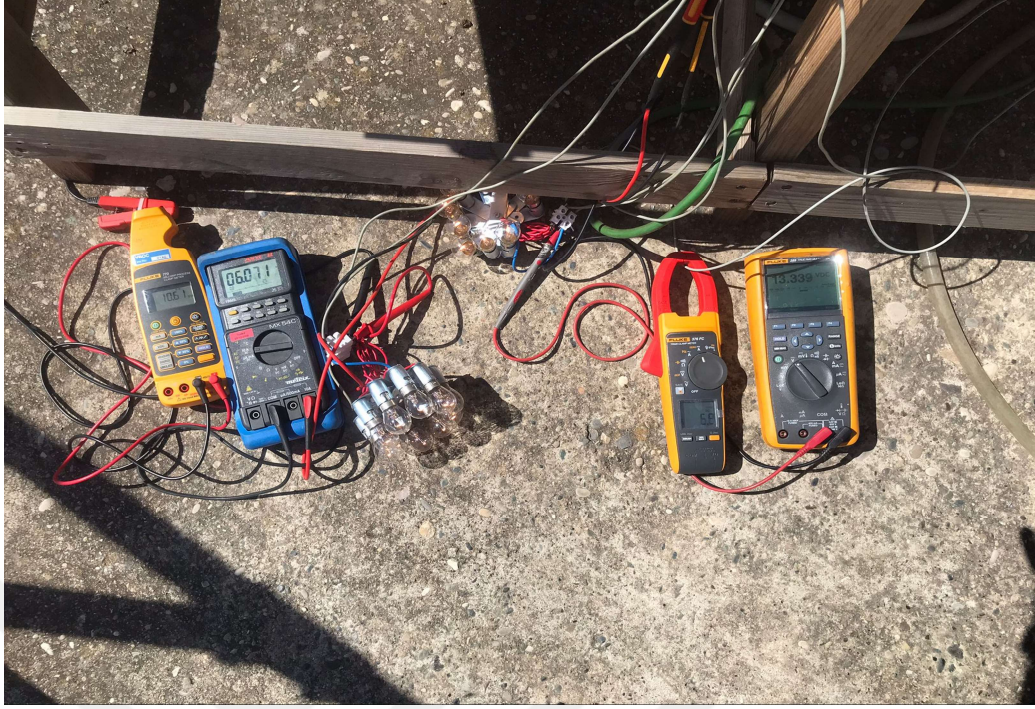


Şekil 5.14 Ölçüm görüntüleri-1

Alınan ölçümlere ait resimler şekil 5.14 ve şekil 5.15 te gösterilmiştir. Aynı zamanda panellerin arka kısmına montajı yapılan sıcaklık sensörlerinin değerini ölçen sıcaklık cihazını gösteren resimde şekil 5.15 gösterilmiştir.



Şekil 5.15 Panel Sıcaklık ölçümü



Şekil 5.16 Ölçüm görüntüleri-2



Tablo 5.1 Birinci Sıcaklık Aralığına Göre Alınan Veriler

Saat	Boş Panel Akımı (A)	Boş Panel Voltajı(V)	Soğutmalı Panel Akımı (A)	Soğutmalı Panel Voltajı (V)	Boş Panel Sıcaklığı (°C)	Soğutmalı Panel Sıcaklığı (°C)	Boş Panel Gücü Anlık (W)	Soğutmalı Panel Gücü Anlık (W)	Boş Panel Gücü (Wh)	Soğutmalı Panel gücü (Wh)	İki Panel Arasındaki Güç Farkı (%)	Paneller Arası Sıcaklık Farkı (°C)
09:40	5,92	11,83	7,00	12,18	50,80	47,40	70,03	85,26	11,67	14,21	21,74	3,40
09:50	6,90	13,40	7,20	13,50	46,10	45,00	92,46	97,20	15,41	16,20	5,13	1,10
10:00	7,00	14,14	7,40	14,26	49,20	48,00	98,98	105,52	16,50	17,59	6,61	1,20
10:10	7,10	14,30	7,60	14,13	53,00	49,80	101,53	107,39	16,92	17,90	5,77	3,20
10:20	7,20	14,65	7,80	15,06	54,60	50,90	105,48	117,47	17,58	19,58	11,37	3,70
10:30	7,20	15,00	7,80	15,08	54,30	50,90	108,00	117,62	18,00	19,60	8,91	3,40
10:40	7,20	14,68	7,90	15,28	56,60	51,50	105,70	120,71	17,62	20,12	14,21	5,10
10:50	7,30	15,08	8,00	15,75	55,80	51,70	110,08	126,00	18,35	21,00	14,46	4,10
11:00	7,30	15,03	8,00	15,70	58,10	52,90	109,72	125,60	18,29	20,93	14,47	5,20
11:10	7,50	15,14	8,10	15,78	57,20	51,50	113,55	127,82	18,93	21,30	12,57	5,70
11:20	7,40	15,52	8,10	16,15	56,80	51,90	114,85	130,82	19,14	21,80	13,90	4,90
11:30	7,50	15,76	8,20	17,07	54,10	51,60	118,20	139,97	19,70	23,33	18,42	2,50
11:40	7,50	15,73	8,10	16,40	53,90	50,50	117,98	132,84	19,66	22,14	12,60	3,40
11:50	7,50	15,73	8,00	16,45	53,50	51,60	117,98	131,60	19,66	21,93	11,55	1,90
12:00	7,80	16,55	8,10	17,23	46,60	43,00	129,09	139,56	21,52	23,26	8,11	3,60
12:10	7,60	16,63	8,10	17,26	48,50	45,00	126,39	139,81	21,06	23,30	10,62	3,50
12:20	7,60	16,43	8,10	17,11	50,00	47,20	124,87	138,59	20,81	23,10	10,99	2,80
12:30	7,40	15,80	8,00	16,55	56,40	52,70	116,92	132,40	19,49	22,07	13,24	3,70
12:40	7,40	15,65	7,90	16,32	57,30	52,80	115,81	128,93	19,30	21,49	11,33	4,50
12:50	7,30	15,53	7,90	16,20	56,50	51,60	113,37	127,98	18,89	21,33	12,89	4,90
13:00	7,30	15,32	7,90	16,13	57,10	51,30	111,84	127,43	18,64	21,24	13,94	5,80
13:10	7,30	15,25	7,90	15,92	54,20	50,10	111,33	125,77	18,55	20,96	12,97	4,10
13:20	7,20	15,20	7,80	15,76	54,30	49,80	109,44	122,93	18,24	20,49	12,32	4,50
13:30	7,20	15,01	7,80	15,64	52,70	48,60	108,07	121,99	18,01	20,33	12,88	4,10
13:40	7,20	14,86	7,80	15,58	51,80	47,30	106,99	121,52	17,83	20,25	13,58	4,50
13:50	7,30	15,05	8,00	16,04	50,80	48,10	109,87	128,32	18,31	21,39	16,80	2,70
14:00	7,30	15,23	8,00	16,03	50,70	48,40	111,18	128,24	18,53	21,37	15,35	2,30
14:10	7,20	15,01	8,00	15,83	50,20	48,00	108,07	126,64	18,01	21,11	17,18	2,20
14:20	7,20	14,70	7,90	15,51	49,30	47,80	105,84	122,53	17,64	20,42	15,77	1,50
14:30	7,20	16,69	7,90	15,29	48,90	46,90	120,17	120,79	20,03	20,13	0,52	2,00
14:40	7,10	14,40	7,80	15,04	48,00	46,50	102,24	117,31	17,04	19,55	14,74	1,50
14:50	6,90	12,02	7,00	12,90	47,40	45,50	82,94	90,30	13,82	15,05	8,88	1,90
15:00	6,10	10,77	6,90	11,49	48,00	46,70	65,70	79,28	10,95	13,21	20,68	1,30
15:10	6,70	13,20	7,30	13,53	47,30	46,10	88,44	98,77	14,74	16,46	11,68	1,20
15:20	6,40	11,92	7,20	12,42	47,90	46,20	76,29	89,42	12,71	14,90	17,22	1,70
15:30	6,10	11,00	7,10	11,87	46,70	44,55	67,10	84,28	11,18	14,05	25,60	2,15
15:40	5,90	10,13	6,80	10,74	46,90	44,20	59,77	73,03	9,96	12,17	22,19	2,70
15:50	5,60	9,04	5,90	9,60	45,70	42,90	50,62	56,64	8,44	9,44	11,88	2,80
16:00	4,80	6,69	5,20	6,83	45,70	42,90	32,11	35,52	5,35	5,92	10,60	2,80
16:10	5,10	7,72	5,40	7,87	43,50	43,00	39,37	42,50	6,56	7,08	7,94	0,50
16:20	5,05	7,42	5,50	7,85	44,10	42,80	37,47	43,18	6,25	7,20	15,22	1,30
16:30	5,03	7,30	5,50	7,77	44,00	42,30	36,72	42,74	6,12	7,12	16,38	1,70

Tablo 5.2 İkinci Sıcaklık Aralığına Göre Alınan Veriler

Saat	Boş Panel Akımı (A)	Boş Panel Voltajı (V)	Soğutmalı Panel Akımı (A)	Soğutmalı Panel Voltajı (V)	Boş Panel Sıcaklığı (°C)	Soğutmalı Panel Sıcaklığı (°C)	Boş Panel Gücü Anlık (W)	Soğutmalı Panel Gücü Anlık (W)	Boş Panel Gücü (Wh)	Soğutmalı Panel Gücü (Wh)	İki Panel Arasında ki Verim (%)	Paneller Arası Sıcaklık Farkı (°C)
09:40	6,90	13,00	6,90	13,14	45,40	44,00	89,70	90,67	14,95	15,11	1,08	1,40
09:50	6,90	13,80	6,90	14,20	46,00	46,00	95,22	97,98	15,87	16,33	2,90	0,00
10:00	6,90	14,35	7,40	14,74	45,00	43,30	99,02	109,08	16,50	18,18	10,16	1,70
10:10	7,10	14,76	7,50	15,24	48,50	46,50	104,80	114,30	17,47	19,05	9,07	2,00
10:20	7,20	14,98	7,60	15,52	48,50	46,50	107,86	117,95	17,98	19,66	9,36	2,00
10:30	7,20	15,12	7,50	15,38	49,80	47,20	108,86	115,35	18,14	19,23	5,96	2,60
10:40	6,90	13,85	7,90	14,28	52,50	49,90	95,57	112,81	15,93	18,80	18,05	2,60
10:50	7,30	15,31	8,00	15,75	52,50	49,30	111,76	126,00	18,63	21,00	12,74	3,20
11:00	7,30	15,25	8,00	15,72	54,40	51,20	111,33	125,76	18,55	20,96	12,97	3,20
11:10	7,30	15,25	8,20	15,83	56,40	52,80	111,33	129,81	18,55	21,63	16,60	3,60
11:20	7,30	15,21	8,40	15,84	58,00	53,40	111,03	133,06	18,51	22,18	19,83	4,60
11:30	7,30	15,32	8,20	15,98	58,40	53,70	111,84	131,04	18,64	21,84	17,17	4,70
11:40	7,40	15,55	8,10	16,13	55,00	50,80	115,07	130,65	19,18	21,78	13,54	4,20
11:50	7,30	15,41	8,00	15,96	57,40	53,40	112,49	127,68	18,75	21,28	13,50	4,00
12:00	7,40	15,53	7,90	16,15	56,10	52,80	114,92	127,59	19,15	21,26	11,02	3,30
12:10	7,40	15,54	7,90	16,19	56,10	52,30	115,00	127,90	19,17	21,32	11,22	3,80
12:20	7,30	15,37	7,90	16,05	59,30	55,30	112,20	126,80	18,70	21,13	13,01	4,00
12:30	7,40	15,56	7,90	16,15	56,80	53,50	115,14	127,59	19,19	21,26	10,80	3,30
12:40	7,40	15,49	7,90	16,07	57,90	54,00	114,63	126,95	19,10	21,16	10,75	3,90
12:50	7,40	15,42	8,00	16,13	58,70	54,60	114,11	129,04	19,02	21,51	13,09	4,10
13:00	7,40	15,54	8,00	16,16	56,50	52,50	115,00	129,28	19,17	21,55	12,42	4,00
13:10	7,40	15,42	7,90	16,05	57,70	54,40	114,11	126,80	19,02	21,13	11,12	3,30
13:20	7,40	15,52	8,00	16,17	55,70	52,10	114,85	129,36	19,14	21,56	12,64	3,60
13:30	7,32	15,31	7,90	15,91	57,50	54,30	112,07	125,69	18,68	20,95	12,15	3,20
13:40	7,24	15,16	7,80	15,52	56,30	52,30	109,76	121,06	18,29	20,18	10,29	4,00
13:50	7,30	15,10	7,90	15,98	54,50	52,90	110,23	126,24	18,37	21,04	14,53	1,60
14:00	7,30	15,14	7,90	15,78	56,30	54,00	110,52	124,66	18,42	20,78	12,79	2,30
14:10	7,20	15,03	7,90	15,68	57,10	54,30	108,22	123,87	18,04	20,65	14,47	2,80
14:20	7,30	15,07	7,90	15,63	55,10	52,60	110,01	123,48	18,34	20,58	12,24	2,50
14:30	7,20	14,90	7,90	15,41	54,60	52,80	107,28	121,74	17,88	20,29	13,48	1,80
14:40	7,20	14,60	7,80	15,14	55,50	53,40	105,12	118,09	17,52	19,68	12,34	2,10
14:50	7,10	13,30	7,20	13,90	53,80	52,10	94,43	100,08	15,74	16,68	5,98	1,70
15:00	6,60	12,71	7,40	13,30	54,40	51,10	83,89	98,42	13,98	16,40	17,33	3,30
15:10	7,00	14,01	7,90	14,55	52,90	50,00	98,07	114,95	16,35	19,16	17,21	2,90
15:20	6,90	13,57	7,70	13,98	53,80	51,20	93,63	107,65	15,61	17,94	14,97	2,60
15:30	6,50	12,45	7,60	13,08	54,30	51,90	80,93	99,41	13,49	16,57	22,84	2,40
15:40	6,50	12,07	7,30	12,50	53,00	50,20	78,46	91,25	13,08	15,21	16,31	2,80
15:50	6,40	11,24	6,90	12,30	49,50	48,40	71,94	84,87	11,99	14,15	17,98	1,10
16:00	5,70	9,60	6,10	9,90	49,10	48,30	54,72	60,39	9,12	10,07	10,36	0,80
16:10	5,60	9,26	6,00	9,65	48,30	47,40	51,86	57,90	8,64	9,65	11,66	0,90
16:20	5,60	9,33	5,90	9,54	49,60	48,70	52,25	56,29	8,71	9,38	7,73	0,90
16:30	5,50	9,30	5,90	9,53	48,20	48,00	51,15	56,23	8,53	9,37	9,93	0,20

Elde Edilen Sıcak Su Hesabı

$$Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1) \text{ (Wh-Cal)} \quad [5.1]$$

$Q$  = Isı Miktarı, (Cal-Wh)

$m$  = Su Miktarı (kg)

$c$  = Suyun özgül Isısı (Wh/kg.K)

$T_2$  = Isıtılmış Su Sıcaklığı

$T_1$  = Suyun İlk Sıcaklığı

$c = 1.163 \text{ Wh/kg.K}$

$$1 \text{ kJ} = 0.28 \text{ Wh} \quad [5.2]$$

$$0 \text{ }^\circ\text{C} = 273.15 \text{ K} \quad [5.3]$$

$$T_K = T_{^\circ\text{C}} + 273.15 \quad [5.4]$$

$$E \text{ (kWh)} = P \text{ (W)} \times t \text{ (saat)} / 1000$$

Su sıcaklığının 35 °C'ye geldiğinde valfin önünün açılıp 25 °C'ye geldiğinde kapandığı zaman alınan değerler için( 7 saatlik sonuca göre) ;

$$Q = 218,50 \cdot 1000 \cdot 1,163 \cdot (28,13 - 19) \quad [5.5]$$

$$Q = 2320074,5 \text{ Cal}$$

$$Q = 2320074,5 / 1000 \quad [5.6]$$

$$Q = 2320,07 \text{ kCal.}$$

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kCal.} \quad [5.7]$$

$$Q = 2320,07 / 860 \quad [5.8]$$

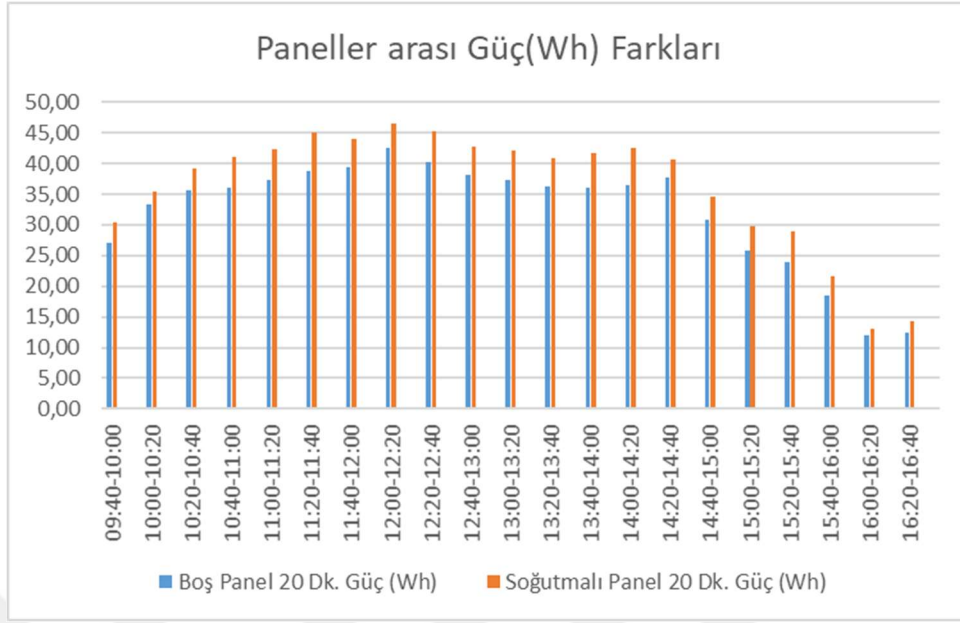
$$Q = 2,698 \text{ kWh}$$

35-25 dereceleri arası yapılan çalışmada 7 saatte ortalama sıcaklığı 28,13 °C olan 218,50 litre sıcak su elde edilmiştir. Normal şartlarda bu suyu ısıtmak için 2,698 kWh elektriğe ihtiyaç vardır.

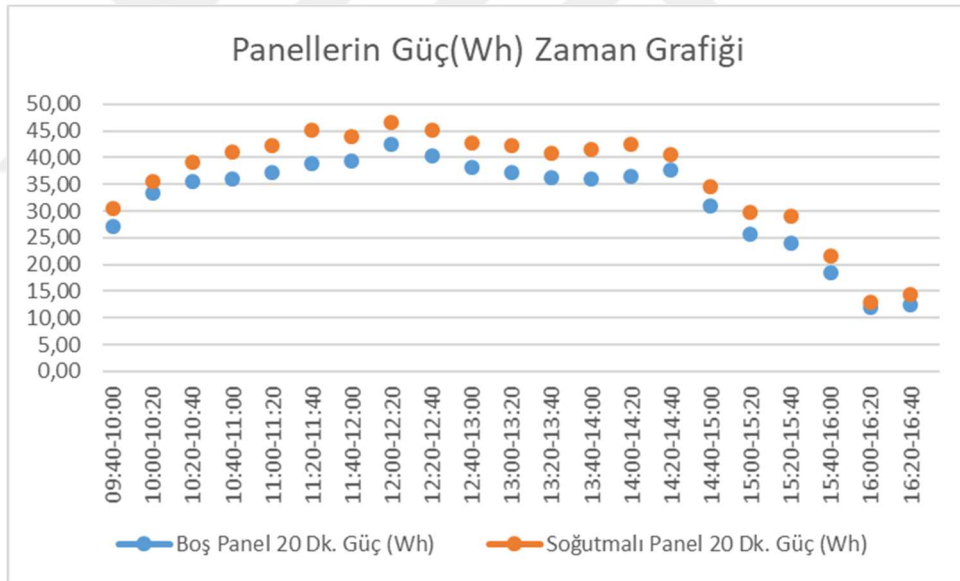
35-25 dereceleri için alınan sonuçlara göre soğutma yapılan panelin verimi % 12,82 oranında artmıştır.

35-25 dereceleri için alınan sonuçlara göre soğutma yapılan panelin sıcaklığı boş panele göre ortalama 3,2 °C azalmıştır.

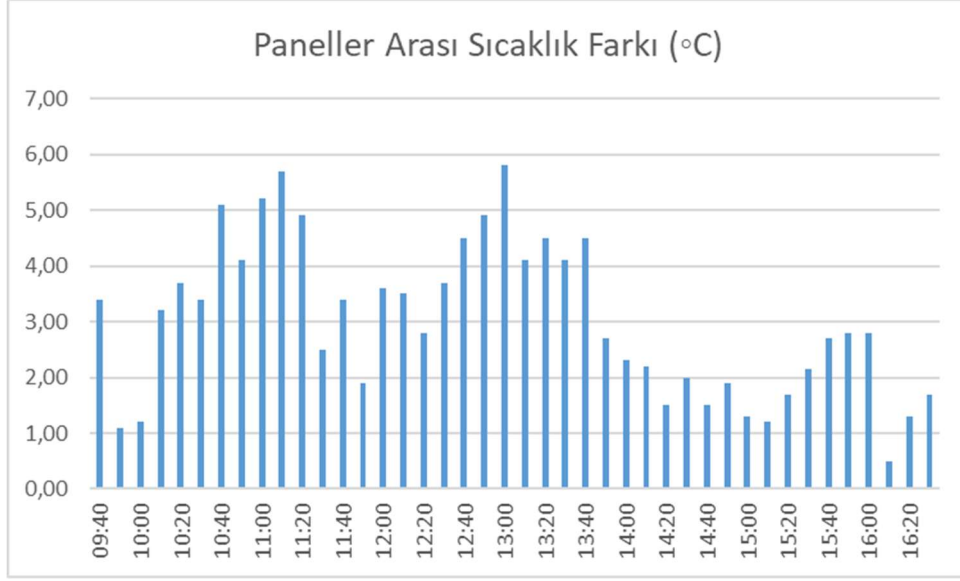
Birinci sıcaklık aralığına göre alınan değerlere göre oluşturulan grafiklere ait resimler aşağıdaki gibidir.



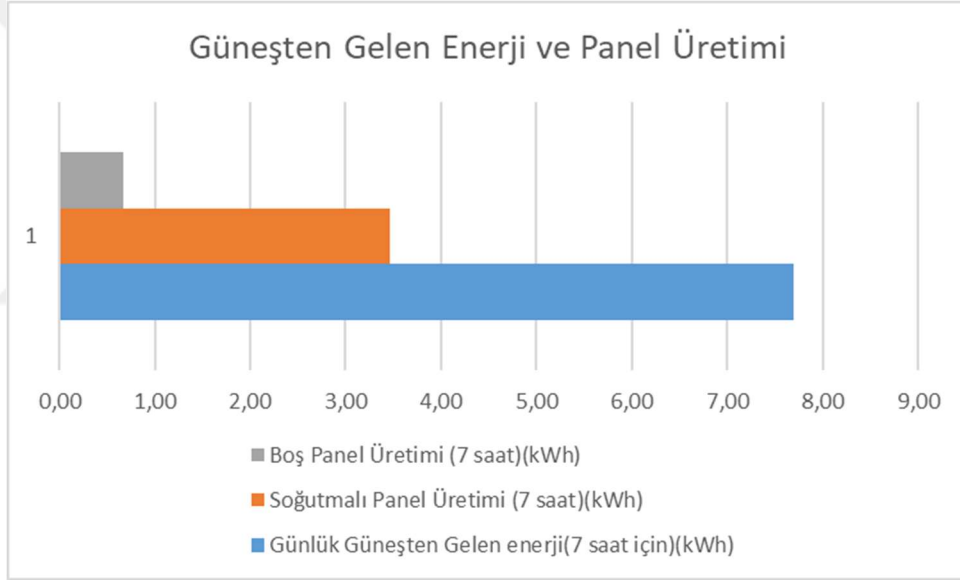
Şekil 5.17 Paneller Arası Güç(Wh) Farkları



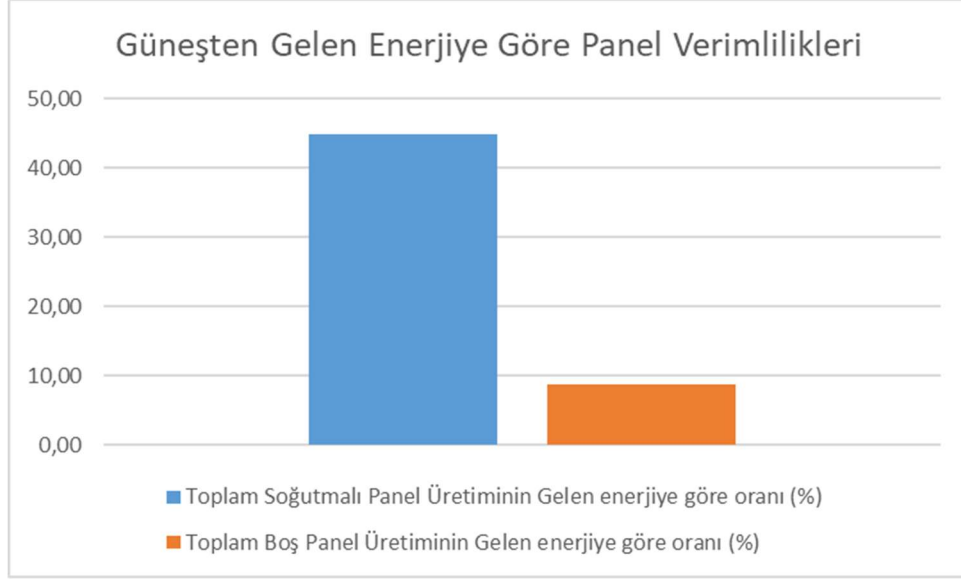
Şekil 5.18 Panellerin Güç Zaman Grafiği



Şekil 5.19 Paneller Arası Sıcaklık Farkları



Şekil 5.20 Güneşten Gelen Enerji ve Panel Üretimi



Şekil 5.21 Güneşten Gelen Enerjiye Göre Panel Verimlilikleri

Su sıcaklığının 35 °C'ye geldiğinde valfin önünün açılıp 30 °C'ye geldiğinde kapandığı zaman alınan değerler için;

$$Q = 100,5 \cdot 1000 \cdot 1,163 \cdot (34,44 - 19) \quad [5.9]$$

$$Q = 1804650,36 \text{ Cal}$$

$$Q = 1804650,36 / 1000 \quad [5.10]$$

$$Q = 1804,65 \text{ kCal.}$$

$$1 \text{ kWh} = 860 \text{ kCal} \quad [5.11]$$

$$Q = 1804,65 / 860 \quad [5.12]$$

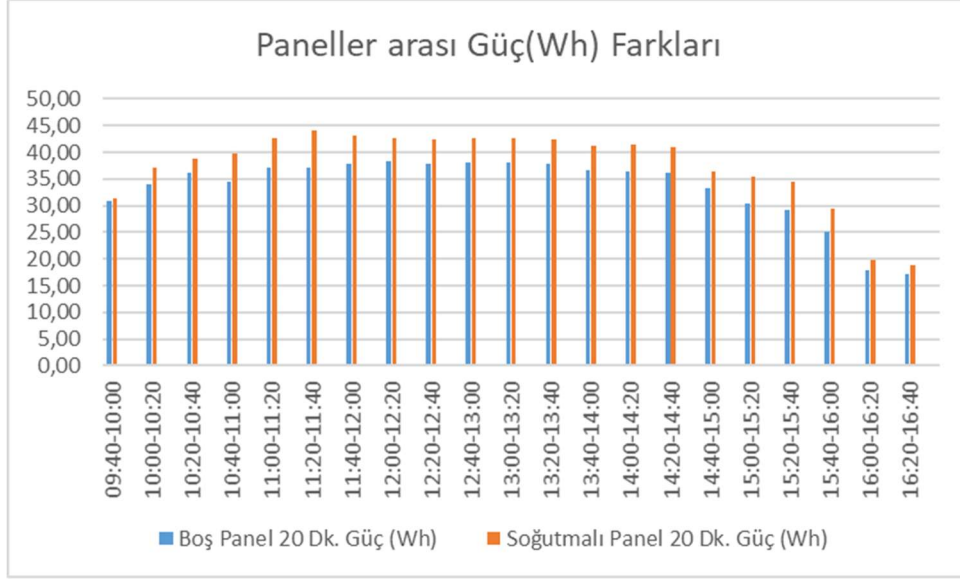
$$Q = 2,10 \text{ kWh} \quad [5.13]$$

35-30 dereceleri arası yapılan çalışmada 7 saatte ortalama sıcaklığı 34,44 °C olan 100,5 litre sıcak su elde edilmiştir. Normal şartlarda bu suyu ısıtmak için 2,10 kWh elektriğe ihtiyaç vardır.

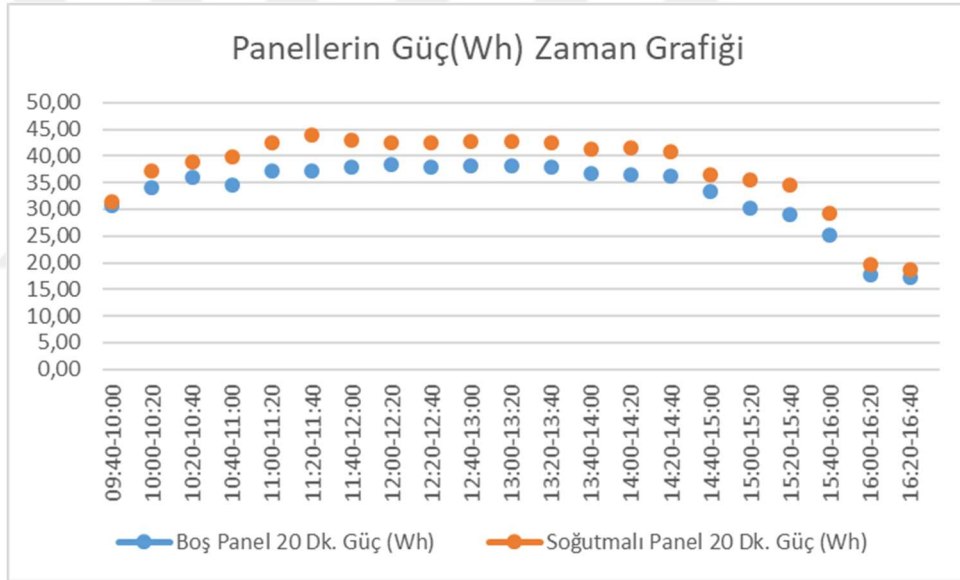
35-30 dereceleri için alınan sonuçlara göre soğutma yapılan panelin çıkış gücü verimi % 12,51 oranında artmıştır.

35-30 dereceleri için alınan sonuçlara göre soğutma yapılan panelin sıcaklığı boş panele göre ortalama 2,69 °C azalmıştır.

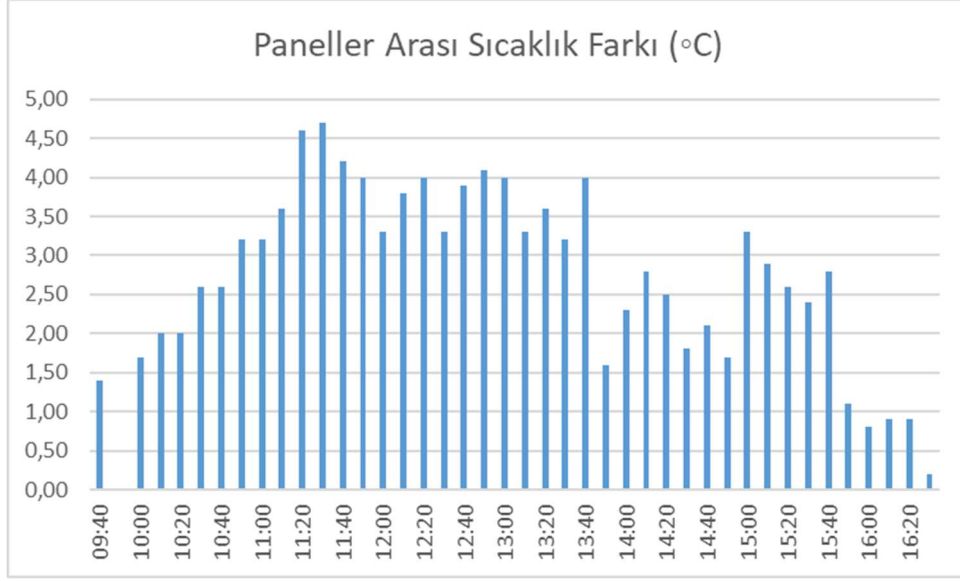
İkinci sıcaklık aralığına göre alınan değerlere göre oluşturulan grafiklere ait resimler aşağıdaki gibidir.



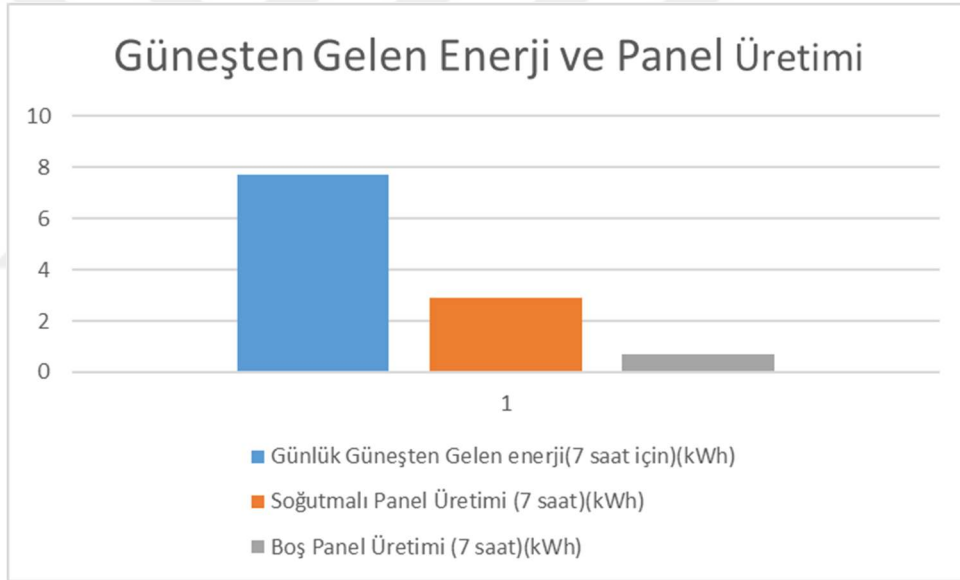
Şekil 5.22 Paneller Arası Güç(Wh) Farkları



Şekil 5.23 Panellerin Güç Zaman Grafiği

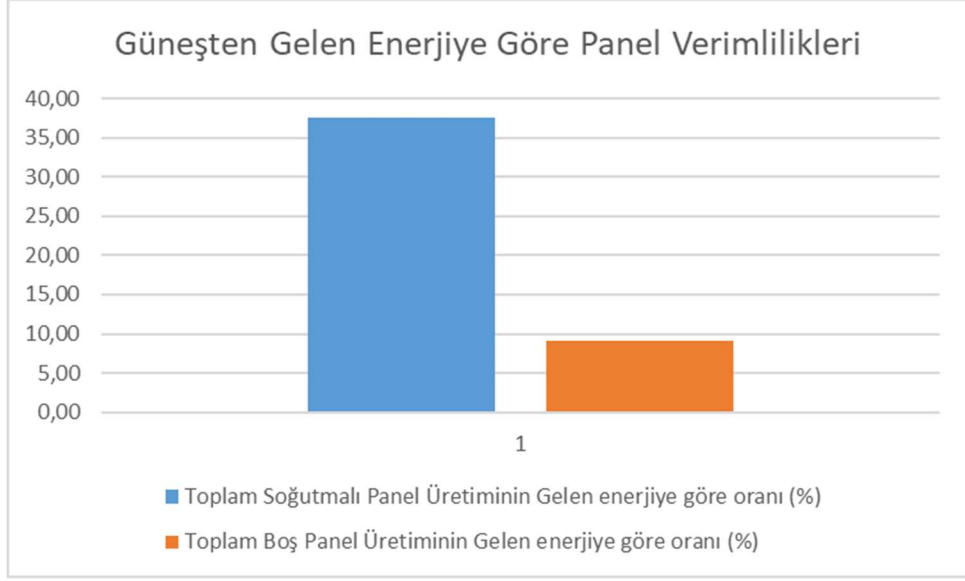


Şekil 5.24 Paneller Arası Sıcaklık Farkları



Şekil 5.25 Güneşten Gelen Enerji ve Panel Üretimi





Şekil 5.26 Güneşten Gelen Enerjiye Göre Panel Verimlilikleri

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler, sanayileşme, nüfus artışı ve küreselleşme gibi nedenlerden dolayı enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Böylece artan enerji ihtiyacını karşılamak için farklı kaynak arayışları çok daha fazla önem kazanmıştır. YEK kaynakları temiz ve tükenmemesinden dolayı özellikle daha çok tercih edilmektedir. Her geçen gün enerjiye olan ihtiyacın artması ve fosil yakıtlardan elde edilen enerjinin azaltılması, yeşil mutabakata olan katkının artırılması amacı ile bir solar kojenerasyon sistemi tasarlanmış ve yapılan pratik çalışmalarla olumlu neticeler elde edilmiştir. Pratik çalışmaların sonucunda hem panel verimi artırılmış hem de sıcak su elektrik tüketilmeyerek elde edilmiştir.

Birinci sıcaklık aralığına göre (Tablo5.1 35-25 °C) günlük 7 saat (09:40-16:30) arasında ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda ortalama sıcaklığı 28.13 °C, 218.50 lt sıcak su elde edilmiştir. Soğutmalı panelin ürettiği elektrik enerjinin 0,762 kWh olduğu görülmüştür. Klasik panelin ürettiği elektrik enerjisi 0,675 kWh olduğu görülmüştür. Buna göre Soğutmalı panelin %12,82 daha fazla enerji ürettiği hesaplanmıştır. Soğutmalı panelde 218.50 litre suyu ısıtmak için gerekli olan 2,698 kWh elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmıştır.

Birinci Sıcaklık aralığına göre iki panel arasındaki güç farkı 0,086 kWh olarak bulunmuştur. Soğutmalı paneldeki elektrik enerjisi üretimi 0,762 kWh olarak bulunmuştur. Panelin toplam ürettiği enerji 3,46 kWh olarak hesaplanmıştır.

Saatte güneşten gelen enerjinin yaklaşık 1,1 kWh olduğu kabul edilmektedir. Buna göre günlük 7 saat ölçüm yapıldığı için güneşten gelen enerji 7,7 kWh olacaktır. Birinci Sıcaklık aralığına göre 7 saatlik toplam üretim 3,46 kWh olduğuna göre sistem verimi % 44,94 olduğu görülmüştür. Klasik panelde 7 saatlik toplam üretim 0,675 kWh olmuştur. Bu panel ortalama % 8,77 verim ile çalışmıştır.

İkinci sıcaklık aralığına göre (Tablo5.2 35-30 °C) günlük 7 saat (09:40-16:30) arasında ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda ortalama sıcaklığı 34.44 °C 100.5 lt sıcak su elde edilmiştir. Soğutmalı panelin ürettiği elektrik enerjinin 0,788 kWh olduğu görülmüştür. Klasik panelin ürettiği elektrik enerjisinin 0,700 kWh olduğu görülmüştür. Buna göre Soğutmalı panelin % 12,51 daha fazla enerji ürettiği

hesaplanmıştır. Soğutmalı Panelde 100,5 litre suyu ısıtmak için gerekli olan 2,10 kWh elektrik enerjisi tasarrufu sağlanmıştır.

İkinci sıcaklık aralığına göre iki panel arasındaki güç farkı 0,087 kWh olarak bulunmuştur. Soğutmalı paneldeki elektrik enerjisi üretimi 0,788 kWh olarak bulunmuştur. Panelin toplam ürettiği enerji 2,888 kWh olarak hesaplanmıştır.

Saatte güneşten gelen enerjinin yaklaşık 1,1 kWh olduğu kabul edilmektedir. Buna göre günlük 7 saat ölçüm yapıldığı için güneşten gelen enerji 7,7 kWh olacaktır. İkinci Sıcaklık aralığına göre 7 saatlik toplam üretim 2,888 kWh olduğuna göre sistem verimi % 37,50 olduğu görülmüştür. Klasik panelde 7 saatlik toplam üretim 0,700 kWh olmuştur. Bu Panel ortalama % 9,09 verim ile çalışmıştır.

Çalışmanın yapıldığı Şanlıurfa'nın Birecik ilçesinin ortalama güneşlenme süresi (GS) yıllık bazda günlük ortalama 8 saattir.[13]. Yıllık olarak 28,13 °C sıcaklığında yaklaşık 91145,71 litre sıcak su elde edilebilir. Bu sıcak suyu elde etmek için elektrik enerjisi kullanmayacağımızdan dolayı 984,77 kWh enerjisi tasarrufu sağlanacaktır. (Birinci sıcaklık aralığına göre (Tablo5.1 35-25 °C)

İkinci sıcaklık aralığına göre (Tablo5.2 35-30 °C) yıllık olarak 34,44 °C sıcaklığında 41922,86 litre sıcak su elde edilebilir. Bu sıcak suyu elde etmek için elektrik enerjisi kullanmayacağımızdan dolayı 766.50 kWh enerjisi tasarrufu sağlanacaktır.

Yukarıdaki yapılan ölçümlerden de görüldüğü gibi sıcak suyun tamamı güneş enerjisinden elde edilmiştir. Tez çalışmasında da bahsedildiği gibi hastane, gıda ve tekstil fabrikalarında bu sıcak su doğalgazdan elde edilmektedir. Yapılan bu çalışmada su ısıtmak için doğalgaza olan bağımlılığın büyük ölçüde azalacağı gösterilmiştir. Bu tip çalışmaların yaygınlaştırılması ile doğalgaza olan ihtiyaç azalacak ve yeşil mutabakata pozitif katkılar sağlanacaktır.

Yapılan bu çalışmada amatör yöntemler ile sıcak su borularının panele yerleştirilmesi üzerinde çalışılmıştır. Yapılan çalışmalarla sistem veriminde klasik panellere göre büyük oranda verim artışı sağlanmıştır. Bu tip ürünler henüz ticarileşme aşamasında olduğundan ısı transferi konusunda uzman mühendisler ile yapılacak ortak çalışmalar ile sistem verimi çok daha fazla arttırılabilecek düzeydedir. Bu tez

alışmasının amaçlarından bir tanesi de günümüzde enerji ihtiyaçlarına alternatif bir zm olarak solar kojenerasyonun bir zm olacağını göstermektir.



## 7. KAYNAKÇA

- 1-YEK ve iklim değişikliği (Mayıs 2023). <https://www.ilbank.gov.tr>
- 2-Güneş Enerjisi Nedir (Mayıs 2023) <https://plus.alarko-carrier.com.tr/gunes-enerjisi-nedir>
- 3-GEZGİN, Ç.D.(2023) Güneş Panellerinde, Güneş Takip Sistemlerinin Ve Panel Kirliliğinin Panel Verimliliğine Etkisinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı Edirne
- 4-Güneş Panelleri Nedir(Nisan 2023 ) <https://tureco.com.tr/blog/gunes-panelleri-nedir>
- 5-TAŞÇIOĞLU, A.(2015) Monokristal Ve Polikristal Güneş Panellerinin Bursa Koşullarındaki Güç Performansı Üzerine Bir Araştırma Yüksek Lisans Tezi Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Bursa
- 6-ISMSSES Güneş Enerjisi Sistemlerinde Yenilikçi ve Akıllı Bakım Onarım Innovative and Smart Maintenance in Solar Energy Systems 2020-1-TR01-KA202-093257
- 7-Hibrit Paneller(Mayıs 2023) <https://www.isosenerji.com/sistemler/hibrit-sebekeye-bagli-sistemler>
- 8-BAŞ, H.C.(2016) Fotovoltaik Sistemlerin Performans Değerlendirmesi Yüksek Lisans Tezi Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Karabük
- 9-DOĞAN, M.(2019) Güneş Enerjisi Santrallerinin İncelenmesi Ve Verimlilik Analizi Yüksek Lisans Tezi Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Sakarya
- 10-Güneş Enerji Avantajları (Mayıs 2023) <https://www.enerjibes.com/> Güneş Enerji Avantajları
- 11-Hamza ALAHMAD Enerji Bilimi ve Teknolojileri, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Şırnak Üniversitesi, Türkiye; ORCID: 0000-0002-6261-3449 Received: 25 July 2023; Accepted: 24 September 2023
- 12-ORAL, M. Solar Energy Potential Of Turkey And Evaluation Of Pv1 Applications In Local Scale: Case Of Karabük Province Makale 2020 Karabük
- 13-(GEPA)Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası <https://gepa.enerji.gov.tr> (Ocak 2024)
- 14-EPDK(Mart 2024) <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-23/aylik-sektor-raporu>
- 15-TOPAL, O.(2007) Bir Demir-Çelik Fabrikasının Kojenerasyonu Matlab İle Modellenmesi Yüksek Lisans Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü İstanbul
- 16-T.C Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Verimliliği Ve Çevre Dairesi Başkanlığı Proje Destekleri Daire Başkanlığı Kojenerasyon Değerlendirme Raporu Şubat 2020
- 17-Kumar, K., Sharma, S., Jain, L., Al Khaimah, R. (2007), Standalone Photovoltaic (PV) module outdoor testing facility for UAE climate, Submitted to CSEM UAE Innovation Center LLC.)
- 18-Hosseini, R., Hosseini, N., Khorasanizadeh, H. (2011), An Experimental Study of Combining a Photovoltaic System with a Heating System, World Renewable Energy Congress, Sweden

- 19-Nizetic, S. Coko, D. Yadav, A. Grubišić-Cabo, F. (2015), Water spray cooling technique applied on a photovoltaic panel: The performance response, *Energy Conversion and Management* 108, 287-296.
- 20-Bahaidarah, H. (2013), Performance Evaluation Of a PV (Photovoltaic) Module By Back Surface Water Cooling For Hot Climatic Conditions, *Energy* 59, 445- 453.
- 21-Dorobanțu, L. (2013), Experimental Assessment of PV Panels Front Water Cooling Strategy, *Renewable Energy and Power Quality Conference*.
- 22-Yılmaz, U., Demirören, A., Zeynelgil, H.L., (2010). Gökçeada'da Yenilenebilir Enerji Kaynakları ile Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyelinin Araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 13(3), 215-223.
- 23-Pepplev. B. O., Cooney C. I., Alaminokuma G. I., (2009). Effects of Temperature, Solar Flux and Relative Humidity on the Efficient Conversion of Solar Energy to Electricity, *European Journal of Scientific Research*, ISSN 1450-216X Vol.35 No.2, 173-180.
- 24-Skoplaki, E., Palyvos J.A., (2008). On The Temperature Dependence Of Photovoltaic Module Electrical Performance: A Review Of Efficiency/Power Correlations, *Solar Energy*, Volume 83, ISSN: 0038-092X, 614–624.
- 25-Popovici, G. (2016), Efficiency improvement of photovoltaic panels by using air cooled heat sinks, *Energy Procedia* 85,425 – 432
- 26-Hernandes, R. (2013), Improving the Electrical Parameters of a Photovoltaic Panel by Means of an Induced or Forced Air Stream, *International Journal of Photoenergy* Volume, ID 830968, 1-10.
- 27-Farhana, Z. (2012), Experimental Investigation of Photovoltaic Modules Cooling System, *IEEE Symposium on Computers & Informatics*.
- 28-Moharram, K.A. Abd-Elhady, M.S. Kandil, H.A. El-Sherif, H. (2013) Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling, *Ain Shams Engineering Journal* 4, 869–877
- 29-Serhii Halko, Olena Suprun , Oleksandr Miroshnyk (2021) Influence of Temperature on Energy Performance Indicators of Hybrid Solar Panels Using Cylindrical Kojenerasyon Photovoltaic Modules 978-1-6654-1205-6/21/2021 IEEE
- 30-Yuchen Song, Weihao Hu, Xiao Xu, Qi Huang - A Novel Optimal Operation of Integrated Electrical and Heating System with Photovoltaic and Solar Thermal System- 978-1-7281-3520-5/19/ 2019 IEEE
- 31-TÜLÜ, B.(2022) Hidroelektrik Santral Baraj Gölü Üzerine 2 Mw'lık Yüzer Fotovoltaik Sistem Kurulumunun Ekonomik Analizi Yüksek Lisans Tezi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Kahramanmaraş.
- 32-Ghussain, Z.E Design of a kojenerasyon solar energy system utilizing photovoltaic thermal PV/T hybrid collectors: A case study for a domestic residential building in the Gaza Strip 2019
- 33-WANG, L. Solar Powered Cascading Kojenerasyon Cycle with ORC and Adsorption Technology for Electricity and Refrigeration 2013

# ÖZGEÇMİŞ

## **Eğitim Durumu:**

2020-2024 Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Elektrik Elektronik Müh. (Yüksek Lisans)

2020-2022 Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Enerji Planlaması ve Yönetimi (YL) (Tezsiz) (Yüksek Lisans)

2011-2015 Munzur Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği (Lisans)

## **İş Deneyimleri:**

2017- Halen : Birecik Nizip HES İşletme Müdürlüğü, Elektrik Bakım Mühendisi

## **Sertifikalar:**

Microsoft (Excel)

## **Yabancı Diller:**

İngilizce (Başlangıç)

## **Bilgisayar Bilgileri:**

Tia Portal (Orta)

Microsoft Word, Excel, Power point (İyi)

