

T.C.
SİNOP ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DISİPLİNLERARASI NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ
SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI



KAMU BİNALARINDA GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMİ DİZAYNI VE
MALİYET HESABI

HELİN TAŞKIN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
DOÇ. DR. HASAN OĞUL

SİNOP- 2022

TEZ KABUL

HELİN TAŞKIN tarafından hazırlanan “**KAMU BİNALARINDA GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMİ DİZAYNI VE MALİYET HESABI**” başlıklı bu çalışma, **21.06.2022** tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak, jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS tezi** olarak kabul edilmiştir.

Başkan	Doç. Dr., Hasan OĞUL Sinop Üniversitesi / Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi	İmza
Üye	Doç. Dr., Hüseyin Turan ARAT Sinop Üniversitesi/ Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi	İmza
Üye	Doç. Dr., Kamuran DİLSİZ Bingöl Üniversitesi / Fen-Edebiyat Fakültesi	İmza

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Erkal ARSLANOĞLU

ETİK BEYANI

Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Helin TAŞKIN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KAMU BİNALARINDA GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMİ DİZAYNI VE MALİYET HESABI

HELİN TAŞKIN

**SİNOP ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DİSİPLİNLERARASI NÜKLEER ENERJİ VE ENERJİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI**

DANIŞMAN: Doç. Dr. HASAN OĞUL

Artan nüfus ve enerji ihtiyacıyla beraber çevre kirlilikleri de artış göstermiştir ve bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi de her geçen gün artmaktadır. Günümüzde, güneş enerjisinden enerji üretimi de bu kapsamda en çok tercih edilen veya sahip olunmak istenen enerji türlerinden bir tanesidir. Güneş panelleri ilk başta hesap makinesi, radyo, saat vb. düşük akıma ihtiyaç duyulan elektronik cihazlarda kullanılmıştır. Bunların dışında sokak aydınlatma sistemlerinde ve trafik ışıklarında da kullanılması öngörülmüştür. Son yıllarda, güneş enerjisini kullanım çeşitliliğini arttırabilmek için küçük ve büyük çaplı birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Özellikle çeşitli güneş panelleri üzerinde yapılan çalışmalar her gün artmakta, verimleri açısından çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Kamu binaları için örneklem olarak, bu tez çalışmasında güneşten elektrik elde edilerek Şırnak Belediyesi'nin elektrik ihtiyacını karşılayacak 10 MW'lık sistemin projelendirilmesi yapılmıştır. Bu çalışma ile kamu binalarında, gelecek için en avantajlı enerji üretme yöntemleri arasında yer alan güneş enerjisi tüm dünya ve canlılar için çok fazla önem arz ettiği vurgulanmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Alternatif Enerji Kaynakları; Fotovoltaik Güneş Sistemleri;
Kamu binaları

Haziran 2022, 65 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

SOLAR ENERGY SYSTEM DESIGN AND COST CALCULATION IN PUBLIC BUILDINGS

HELİN TAŞKIN

**SINOP UNIVERSITY INSTITUTE OF GRADUATE PROGRAMS
DEPARTMENT OF INTERDISCIPLINARY NUCLEAR ENERGY AND
ENERGY SYSTEMS**

SUPERVISOR: Assoc. Prof. Dr. HASAN OĞUL

With the increasing population and energy need, environmental pollution has also increased, and in this context, the interest in renewable energy sources is increasing day by day. Today, energy production from solar energy is one of the most preferred or desired energy types in this context. Solar panels were originally used as calculators, radios, clocks, etc. It is used in electronic devices that need low current. Apart from these, it is foreseen to be used in street lighting systems and traffic lights. In recent years, many small and large-scale studies have been carried out in order to increase the variety of use of solar energy. In particular, studies on various solar panels are increasing day by day, and various studies are carried out in terms of their efficiency. As an example of public buildings, in this thesis, a 10 MW system was designed to meet the electricity needs of Şirnak Municipality by obtaining electricity from the sun. Thanks to this work, in public buildings, it emphasized that solar energy, which is among the most advantageous energy production methods for the future, is of great importance for the whole world and living things.

KEYWORDS: Alternative Energy Sources; Photovoltaic Solar Systems; Public Buildings

June 2022, 65 Page

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlamasında, araştırılmasında, yürütülmesinde, projenin geliştirilip tasarlanmasında engin bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, gerek lisans öğrenimimde gerekse yüksek lisans öğrenimimde bana yardımcı olan tez danışmanım Doç. Dr. Hasan OĞUL'a teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen, beni motive eden, varlıklarıyla beni mutlu eden aileme ve eşim Zübeyir TAŞKIN'a, abim Huzan TAŞKIN'a ve PVsyst programını kullanırken bana yardım eden Enerji Sistemleri Mühendisi M. Salih AKYÜZ'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Helin TAŞKIN

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL	ii
ETİK BEYANI.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. TEORİK BİLGİ	3
2.1. Enerji Kaynakları	3
2.1.1. Dünya’da Kullanılan Enerji Kaynakları	4
2.1.2. Türkiye’de Kullanılan Enerji Kaynakları	6
2.2. Güneş Enerjisi	13
2.3. Güneş Enerjisi Teknolojileri Ve Üretimi.....	14
2.4. Güneş Hücre Sistemleri	15
2.4.1. Güneş Pilleri.....	15
2.4.2. Güneş Pillerinin Yapısı.....	16
2.5. Güneş Panelleri Çeşitleri	19
2.5.1. Kristaline Paneller	19
2.5.2. İnce Film	20
2.5.3. Esnek Panel	21
2.6. Güneş Enerjisinin Kullanıldığı Alanlar	22

2.6.1. Isıtma İşlemlerinde	22
2.6.2. Sıcak Su Elde Etme Ve Soğutmada	23
2.6.3. Elektrik Üretiminde	23
2.6.4. Güneş Bacası	24
2.6.5. Güneş Ocaklarında	24
2.6.6. Hesap Makineleri Ve Kol Saatlerinde	24
2.6.7. Trafik Ve Sokak Lambalarında	25
2.8. Güneş Enerji Sistemlerinin Avantajları	26
2.9. Güneş Enerji Sistemlerinin Dezavantajları	26
2.10. Güneş Enerjisi İle Elektrik Üretimi Elemanları	26
2.10.1. Güneş Panelleri	27
2.10.2. Şarj Regülatörleri	28
2.10.3. Eviriciler (Inverter)	29
2.10.4. Akü (Akümülatör)	30
2.11. Güneş Panellerinde Off Grid ve On Grid Bağlantı Sistemleri	32
2.11.1. Off Grid Bağlantı	32
2.11.2. On Grid Bağlantı	33
3. GÜNEŞ POTANSİYELLERİ	34
3.1. Dünya'nın Güneş Potansiyeli	34
3.2. En Fazla Güneş Alan Bölgeler ve Ülkeler	34
3.3. Güneş Enerjisi Üretimi Bakımından Dünyada Öne Çıkan Ülkeler	34
3.4. Türkiye'nin Güneş Potansiyeli	35
4. MATERYAL VE METOD	39
4.1. Şırnak Bölgesinin Yıl Boyunca İklimi ve Hava Durumu	39
4.1. Şırnak İlının Güneş Enerjisi Potansiyeli	39
4.3. PVsyst Simülasyon Programı	42
4.4. Fotovoltaik Sistem Tasarımı	42

4.4.1. Uygun Projenin Seçilmesi ve Coğrafi Konum Bilgilerinin Programa Girişi	42
4.4.2. Güneş PV Şebekesinin Sistem Tanımı	44
4.4.3. Fotovoltaik (PV) Sistemin Yönlendirmesi	45
4.4.4. Sistem için PV Modül Seçimi	46
4.4.5. Sistem için Uygun Evirici (İnverter)Seçimi	46
5. BULGULAR	47
6. SONUÇ VE TARTIŞMA	60
KAYNAKÇA	63
ÖZGEÇMİŞ	65



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1: 2021 Kasım ayı sonu itibariyle Türkiye'nin birincil kaynaklara göre kurulu gücü ve elektrik enerjisi üretim verileri	8
Tablo 2.2: 2021 Ekim ayının sonu itibariyle Türkiye'nin birincil kaynaklara göre kurulu gücü ve elektrik enerjisi üretim verileri.	9
Tablo 2.3: Güneş Enerjisinin 2021'deki toplam elektrik enerjisindeki payı.....	10
Tablo 2.4: 2020 yılında Türkiye'de üretilmiş olan güneş enerji değerleri ve toplam üretimdeki payları	11
Tablo 2.5: 2021 yılında Türkiye'de üretilmiş olan güneş enerji değerleri ve toplam üretimdeki payları	11
Tablo 2.6: Yenilenebilir enerji kaynakları ve yakıtları.	13
Tablo 3.1: Türkiye'nin toplam güneş enerji potansiyelinin aylara göre dağılımı	36
Tablo 3.2: Türkiye'nin güneş enerji potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.....	37
Tablo 5.1: Sistem için panel ve alan bilgileri.	54
Tablo 5.2: Sistemin aylık üretim değerleri.	54
Tablo 5.3: Sistem için fiyat listesi.....	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1: Enerji kaynakları.....	3
Şekil 2.2: Dünya'da kullanılan enerji kaynakları dağılımı.....	4
Şekil 2.3: 2019-2020 arasında ilk çeyrekte yenilenebilir enerji kapasite Artışı	5
Şekil 2.4: Ülke ve bölgelere göre yenilenebilir enerji kapasite artışı.....	6
Şekil 2.5: Türkiye için 2018 yılı primer enerji arzında kaynakların payı.....	7
Şekil 2.6: 2021 Kasım ayının sonu itibariyle Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisinin üretim grafikleri.....	10
Şekil 2.7: 2021 Kasım ayının sonu itibariyle Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisinin üretim grafikleri.....	12
Şekil 2.8: Parabolik çanak kolektörleri.....	15
Şekil 2.9: Güneş pili çalışma ilkesi	15
Şekil 2.10: Güneş pili çalışma prensibi	16
Şekil 2.11: PV Hücrenin Yapısı	17
Şekil 2.12: PV sistemlerinde hücre-modül-dizi tasarımı	18
Şekil 2.13: Hücre, modül ve dizi tasarımları uygulamaları	18
Şekil 2.14: Monokristal panel	19
Şekil 2.15: Polikristal Panel	20
Şekil 2.16: İnce film tabaka	21
Şekil 2.18: Türkiye PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (kWh-Yıl).....	22
Şekil 2.20: Çatı kolektörleri ile sıcak suyun elde edilmesi	23
Şekil 2.21: Fotovoltaik sistemlerde soğutma	23
Şekil 2.22: Güneş bacası	24
Şekil 2.23: Güneş ocağı	24
Şekil 2.24: Güneş enerjisi ile çalışan hesap makineler.....	25
Şekil 2.25: Trafik işaretlerinde ve sokak lambalarında güneş enerji uygulamaları	25
Şekil 2.26: Fotovoltaik sistem elektrik üretim şeması.....	27
Şekil 2.28: PWM Regülatörler	28
Şekil 2.29: MPPT tipi şarj regülatörleri.....	29
Şekil 2.30: Şebeke içi evirici çeşitleri.....	29
Şekil 2.31: Şebeke dışı evirici çeşitleri.....	30
Şekil 2.33: Jel akü tipi.....	31

Şekil 2.36: On Grid bağlantı şeması.....	33
Şekil 3.1: Dünyanın güneş enerji potansiyeli haritası	35
Şekil 3.2: Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli atlası	36
Şekil 3.3: Türkiye'nin global radyasyon değerleri (kWh/m ² .gün).....	37
Şekil 3.4: Türkiye'nin aylık güneşlenme süreleri (saat)	38
Şekil 3.5: Ülkemizde PV tipi alan üretilebilecek enerji (kWh-Yıl)	38
Şekil 4.2: Güneşlenme sürelerinin karşılaştırılması	40
Şekil 4.3: Şırnak ili için sıcaklık ve bağıl nem değerleri	41
Şekil 4.4: Şırnak ili için güneş enerji atlası.....	41
Şekil 4.5: PVsyst proje sistem seçimi.....	42
Şekil 4.6: Coğrafi koordinatlar için giriş penceresi.....	43
Şekil 4.7: Coğrafi koordinatların yer aldığı pencere.	44
Şekil 4.8: Şebeke bağlantılı PV sistem.	45
Şekil 4.10: PV modül seçme ekranı.....	46
Şekil 4.11: İnverter seçme ekranı.	46
Şekil 5.1: Simülasyon rapor ara yüzü.	47
Şekil 5.2: Proje özet sayfası.	48
Şekil 5.3: Genel parametre sayfası.	49
Şekil 5.4: Sistem ve AC kablolama kayıpları.	49
Şekil 5.5: Performans oranı aylık değişim grafiği.....	50
Şekil 5.6: Normal üretim ve kayıp faktörleri.	50
Şekil 5.7: Genel Sonuçlar.....	51
Şekil 5.8: Tüm yıl için kayıp diyagramı.	52
Şekil 5.9: Özel grafik değerleri.	53
Şekil 5.10: Sistem çıkış gücü dağıtım verileri.....	53
Şekil 5.11: Sistemin aylık üretim grafiği.	55

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

CIS	: Bakır İndiyum Diseleneid
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
EJ	: Eksa Joule
GW	: Gigawatt
GWh	: Gigawatt Saat
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt Saat
mm	: Milimetre
m²	: Metrekare
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Megawatt
°C	: Santigrat
°K	: Kelvin
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol

Kısaltmalar

DEK-TMK	: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GEPA	: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	: Güneş Enerji Santrali
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
LCD	: Liquid Crystal Display
LED	: Işık Yayan Diyot
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gaz
MPPT	: Maximum Power Point Tracker
OPzS	: Tüplü Sabit Tesis
PV	: Fotovoltaik
PWM	: Pulse Width Modulation
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

1. GİRİŞ

Enerji kısaca iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Enerji direkt ölçülme imkânı bulunmayan bir değerdir. Bir sistemin fiziksel özelliğe sahip olduğu mevcut durumu değiştirmesi için gereken iş gücü yeteneğine denir. Anlamsal olarak enerji işe dönüştürülen bir kavramdır (Nejat, 1993).

Günümüzde enerji, insan yaşamını ilgilendiren en önemli faktörlerden bir tanesidir. Fosil yakıtlarının tüketimindeki büyük artış, küresel ısınmaya ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu nedenle, alternatif yenilenebilir enerji kaynakları, günümüzde bilimsel topluluklarda araştırmaların ve sürdürülebilir kalkınmanın merkezindedir. Bilim insanları, güneş, rüzgâr, gelgitler ve jeotermal ısı gibi doğal kaynaklardan üretilen yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi üzerine çalışmaları her geçen gün artırmakta ve geliştirmektedir. Bu kaynaklar arasında güneş enerjisi çok büyük bir potansiyeldir. Üretimdeki kolaylık ve düşük maliyet sebebiyle güneş pilleri olarak ta adlandırılan fotovoltaiik cihazlar, diğer yenilenebilir kaynaklar arasında umut verici bir alternatif olarak yeni nesil fotovoltaiik modüllerin keşfinin de yolunu açmıştır (Goswami, 2003; Lior, 2008; Brabec ve ark., 2008; Sharma ve ark., 2014).

Güneş ışınları gerek çevreyi kirlilemediği gerekse kesintisiz olduğu için yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde son derece önemli bir yere sahiptir. Fotovoltaiik sistemler, çevre dostu olmalarından ziyade aynı zamanda modül şeklinde, ihtiyaç duyulan ve istenilen yere monte edilebilme özelliklerine sahiptirler. Artan bir enerji gereksiniminde sisteme kolay bir şekilde yeni fotovoltaiik modüller ilave edilerek ihtiyaç karşılanabilir. Bu işlem başka enerji üretim sistemleri için olası bir durum değildir. Ayrıca fotovoltaiik sistemler diğer enerji üretim sistemleriyle kıyaslandığında daha düşük bakım ve işletme giderlerine sahiptir. Ortalama olarak 8 ila 24 panelle kurulan bir sistem ile normal bir evin bütün elektrik ihtiyacı karşılanabilir, binlerce panelle de elektrik santralleri veya endüstri uygulamalarının enerji ihtiyaçları ücretsiz bir şekilde sağlanabilmektedir (Telli, 2010).

Bütün bu bilgiler ışığında, iş yapabilme yeteneğimizi arttırmak, temiz ve yenilenebilir enerji üretimini sağlamak gibi olgularla birlikte, ülkelerin hem şu anki hem de geleceğe yönelik planları arasına girmesi gerektiği kolayca ifade edilebilir. Bilindiği üzere artan teknoloji ve sanayi uygulamaları enerji arzını da hızlı bir şekilde artırmaktadır. Buradan

ortaya çıkan enerji ihtiyacını ülkeler enerji çeşitliliğini sağlayarak ve hali hazırda sahip olunan enerji üretim çeşitlerinin yaygınlığını arttırarak sağlayabilmektedirler. Ayrıca artan global ekonomik krizde kamu binalarından başlayarak tasarruf etkinliğini maksimum düzeye getirebilmek için de güneş enerjisi ve sistemleri önem arz etmektedir. Bu kapsamda, bu tez çalışması kamu binalarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının altını çizmekte ve seçilen örneklem bina için sistem dizaynı ve maliyet hesabı sunmaktadır. Seçilen kamu binasının konumu, Türkiye'nin güneş enerjisi bakımından önemli bir potansiyele sahip Şırnak ili olmuştur. Diğer iller içinde örnek model olarak literatürde kendisine yer bulacaktır.

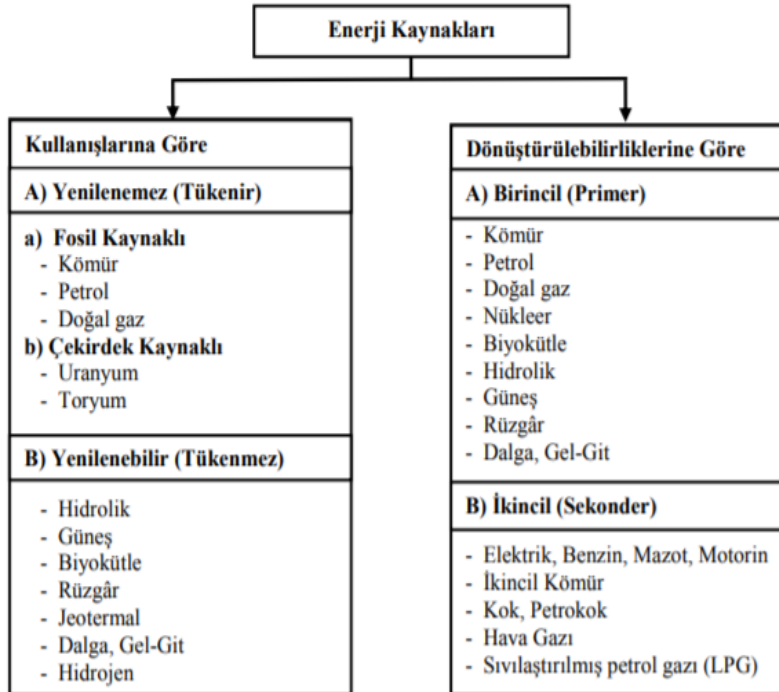


2. TEORİK BİLGİ

2.1. Enerji Kaynaklar

Enerji kaynakları kullanışlarına göre (yenilenebilir ve yenilenemez) ve dönüştürülebilirliklerine (birincil ve ikincil) göre ikiye ayrılmaktadır. Herhangi bir dönüşümden geçmemiş yani başka enerji kaynaklarından elde edilmemiş birincil kaynaklar (primer) ve bu kaynakların dönüştürülmesiyle elde edilenler de ikincil (sekonder) kaynaklar olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2.1). Birincil kaynaklara örnek olarak doğalgaz, kömür, linyit ve petrol gibi fosil kaynaklı yakıtlar, güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları son olarak hidro ve nükleer dediğimiz yeni kaynaklar örnek verilebilirken ikincil kaynaklara sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), hava gazı, ikincil kömür, kok kömürü, motorin, mazot, benzin, elektrik örnek verilebilir (TMMOB, 2014).

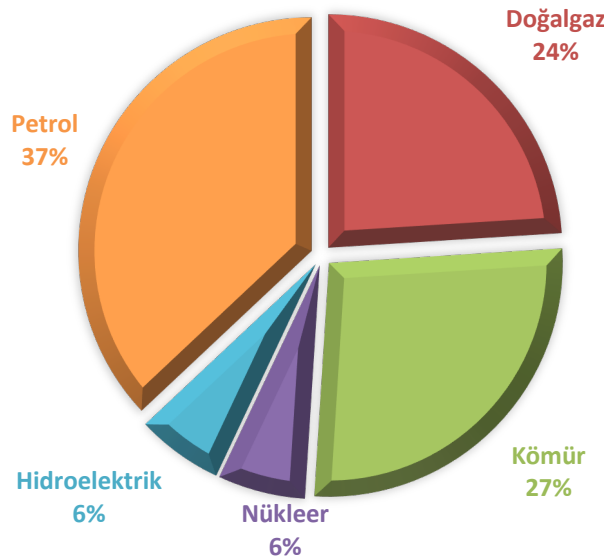
Doğal kaynaklardan elde edilen, kendi kendine yenilenebilen ve tükenmeyen kaynaklara yenilenebilir enerji, tükenen ve sınırsız rezervi olmayan kaynaklara ise yenilenemez kaynaklar denmektedir (TMMOB, 2014).



Şekil 2.1: Enerji kaynakları (Koç ve ark., 2018).

2.1.1. Dünya’da Kullanılan Enerji Kaynakları

Dünya geneline bakıldığında zaman kullanılan enerji kaynakları arasında ilk sırada primer (birincil) enerji kaynakları yer almaktadır. 2013 yılında buna yönelik yapılan veri çalışmalarına göre dünya genelinde kullanılan primer enerji kaynağı kullanımı 12.476,6 MTEP olarak alınmıştır. Şekil 2.2’de kullanım oranına göre enerji kaynaklarına sırasıyla bakılacak olursa ilk sırada %37 oranla petrol, %27 oranla kömür ve bunları takip eden %24’ lük bir oranla doğalgaz yer almaktadır. Geriye kalan orana bakıldığında ise yenilenebilir enerjiye düşen payın çok az olduğu görülmektedir (Arora ve ark., 1982). Ancak 2022 yılına gelindiğinde yenilenebilir enerjinin önemi artmış ve toplam elektrik üretimdeki payı büyük ölçüde artmıştır.



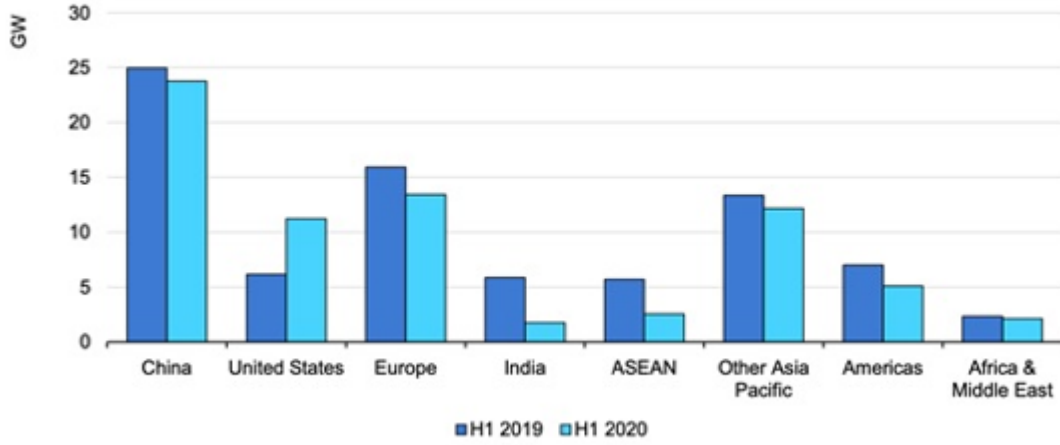
Şekil 2.2: Dünya’da kullanılan enerji kaynakları dağılımı (Koç ve ark., 2018).

2020 Yenilenebilir Enerji Raporu

2020 Mayıs ayında IEA (Uluslararası Enerji Ajansı)’nın yayınlamış olduğu rapora göre COVID19 Krizi’nin alternatif enerji sektörünü yavaşlatacağını ancak durdurmayacağını ayrıca pandemi sürecinde yükselerek çıkış yapacak sektörün yenilenebilir enerji sektörü olacağını öngörmüştü. IEA Raporu, Mayıs ayında Yenilenebilir Enerji sektörünün pandemide öngörülenden çok daha güçlü gelişmeye devam ettiğini tespit etmiştir (DEK-TMK, 2020).

Pandemi sürecinde diğer tüm enerji kaynaklarının, elektriğin üretimindeki payı azalırken yenilenebilir enerjinin payı artmıştır. IEA Mayıs ayı raporunda, 2020 yılında

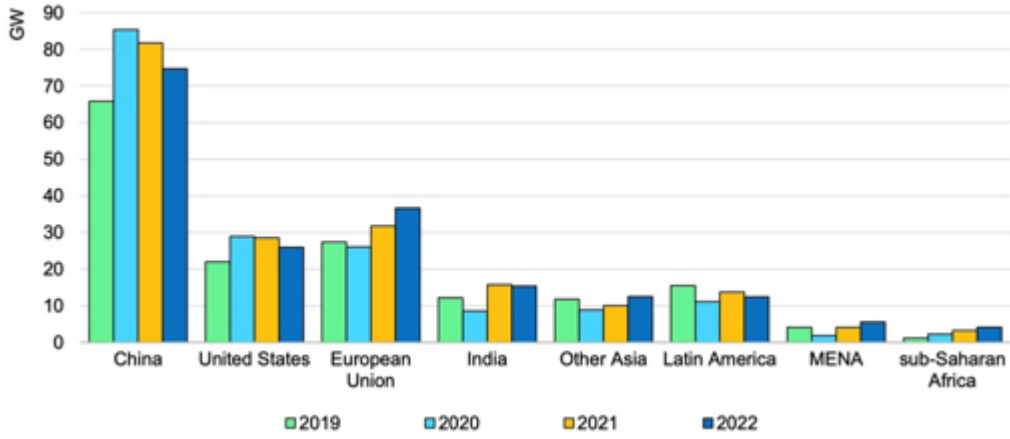
yenilenebilir enerji kaynaklarının %7 artış yapılacağı beklenirken bu oranın %18 artacağı sonucuna varılmıştır (DEK-TMK, 2020).



Şekil 2.3: 2019-2020 arasında ilk çeyrekte yenilenebilir enerji kapasite artışı (DEK-TMK, 2020).

Pandemi sürecinde küresel enerji talebinde %5’lik bir oranda düşüş yaşanırken son 50 yılda beklenmedik bir duraksama yaşanmıştır. Bu sürecin dünya ekonomisinde yarattığı daralmaya rağmen, yatırımcılar alternatif enerji kaynaklarındaki yatırımlarına devam ederek bu zorlu test sürecini başarılı bir şekilde tamamlamıştır. 2020’nin Ocak- Ekim ayları arasında önceki yıla kıyasla %15 daha fazla alternatif enerji ihalesi tamamlanmıştır. 2020’nin Ekim ayında dünya borsasındaki güneş enerji şirketlerinin bir önceki yıla göre piyasa değerleri iki kat artış göstermiştir (DEK-TMK, 2020).

Çin ve ABD başı çekmek üzere 2020 yılında, yenilenebilir enerji kapasite oranı %4 artış yapmış ve 2020 için 200GW’lık kapasite artışı yaşanmıştır (Şekil 2.3) (DEK-TMK, 2020). 2022 yılında yenilenebilir enerji kapasitesinin 271 GW artması beklenmekte ve önümüzdeki 2 yıl içerisinde Çin’in yenilenebilir enerjideki kapasitesinin %30 oranında artış göstermesi beklenmektedir. 2025 yılına gelindiğinde ise yenilenebilir enerjinin yapılacak olan ilave elektrik kapasitesinin %95 artışla karşılanması beklenmektedir (Şekil 2.4) (DEK-TMK, 2020).

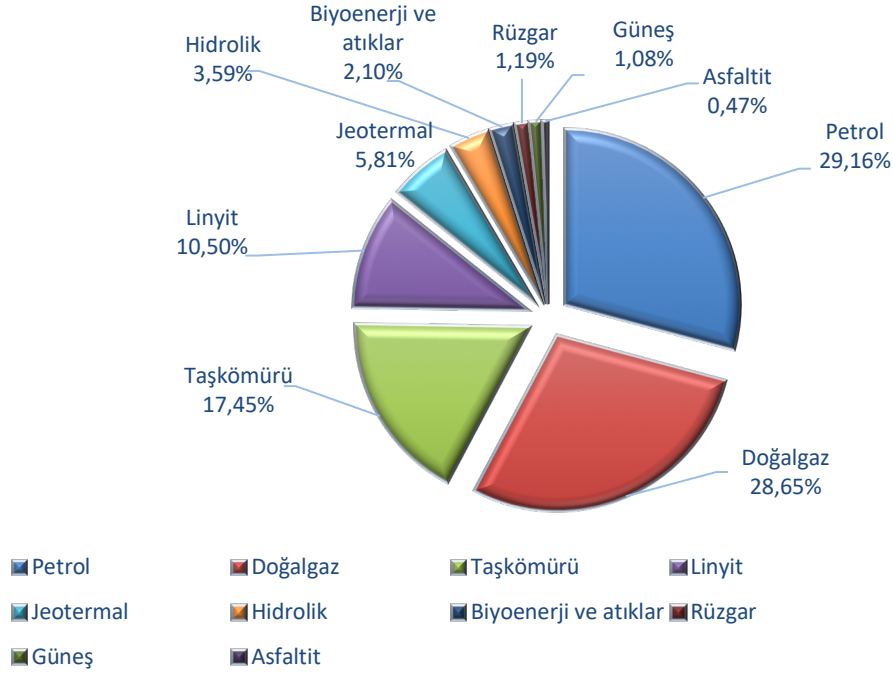


Şekil 2.4: Ülke ve bölgelere göre yenilenebilir enerji kapasite artışı (DEK-TMK, 2020).

2.1.2. Türkiye’de Kullanılan Enerji Kaynakları

Türkiye bulunduğu mevcut coğrafi konumundan ve stratejisinden dolayı enerji kaynakları bölgelerde farklılık göstermektedir. Bundan dolayı kullanılan enerji kaynağının sahip olduğu nitelik özellikleri de değiştirmektedir. Türkiye’nin iklim özelliklerine bağlı olarak çıkarılan yer altı kaynakları bölgelere göre farklılık göstermektedir. Bu farklıklar bölgelerin güneşli olması, fazla yağmurlu olması gibi coğrafik yapılarına göre kullanım amaçlarını da beraberinde değiştirmektedir (Kamil ve ark., 2006).

Türkiye’nin enerji kaynaklarına bakıldığında ilk sırada primer (birincil) enerji kaynakları yer almaktadır. Şekil 2.5’te 2018 verilerine göre Türkiye’nin toplam enerji arzı 143,66 milyon TEP olarak tespit edilmiştir. Bu arzın kaynaklara göre dağılımına bakıldığında ise ilk sırada %29,16 oranında petrol gelmektedir. Ardından %28,65 doğalgaz, %28,56 kömür, %13,63 yenilenebilir enerji kaynakları yer almaktadır. Türkiye verilerine bakıldığında dünyada da olduğu gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına düşen payın az olduğu görülmektedir (Kamil ve ark., 2006).



Şekil 2.5: Türkiye için 2018 yılı primer enerji arzında kaynakların payı (Koç ve ark., 2018).

2021 Yılı Kasım Ayı Türkiye Elektrik Enerji Üretim İstatistikleri:

2021 Kasım ayının sonu itibariyle Türkiye'nin Birincil Kaynaklara göre Kurulu Gücü ve Elektrik Enerjisi Üretim verileri aşağıda verilen Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de listelenmiştir. Bu listeye göre ilk üç sırada doğalgaz, hidrolik ve yenilenebilir enerji kaynakları yer almaktadır. Doğalgazın fosil kaynaklı olduğu için petrol gibi yanma olayı gerçekleşmesi gerekmektedir. Sonuç olarak çevreye zararlı gaz salınımı yapma ihtimali bulunmaktadır. Hidrolik santrallerinde birçok dezavantajı ise literatürde kendisine yer bulmaktadır. Ülkemizin yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru yönelimi bu kapsamda beklenmektedir (Sağır, 2021).

Tablo 2.1'de Kasım ayının sonu itibariyle üretilen toplam elektrik enerjisi 302.310 GWh iken kurulu gücü ise toplamda 99.050 MW olarak tespit edilmiştir (Sağır, 2021).

Tablo 2.1: 2021 Kasım ayı sonu itibariyle Türkiye'nin birincil kaynaklara göre kurulu gücü ve elektrik enerjisi üretim verileri (GÜYAD, 2021).

KAYNAKLAR	2020 YILI KASIM AYI SONU ÜRETİMLER (GWh)	2021 YILI KASIM AYI SONU ÜRETİMLER (MW)	ARTIŞ (%)
Sıvı Yakıtlar	292	310	6,16
Taş Kömürü	3441	3587	4,26
Linyit	34327	39298	14,48
İthal Kömür	55995	48636	-13,14
Asfaltit	2067	2201	6,51
Doğalgaz	61793	99316	60,72
Hidrolik	74134	52008	-29,85
Jeotermal	9084	9160	0,84
Rüzgâr	22376	27883	24,61
Güneş	10366	13088	26,26
Atık Ve Çöp	5207	6823	31,03
TOPLAM	279079	302310	8,32

Tablo 2.2: 2021 Ekim ayının sonu itibariyle Türkiye'nin birincil kaynaklara göre kurulu gücü ve elektrik enerjisi üretim verileri (GÜYAD, 2021).

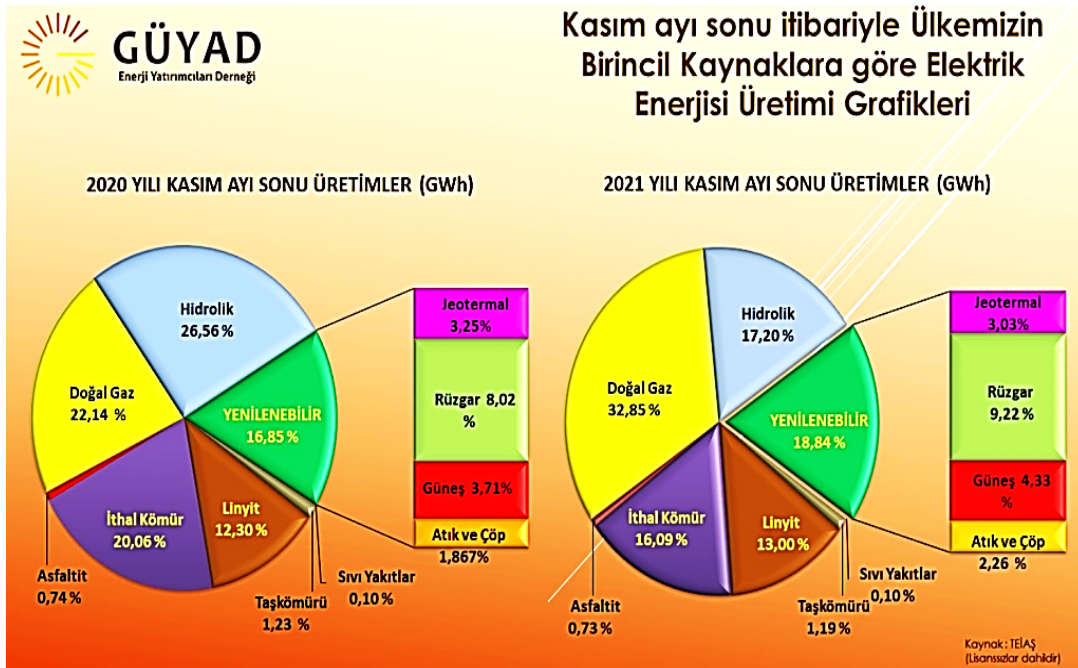
KAYNAKLAR	2020 YILI EKİM AYI SONU KURULU GÜÇ (MW)	2021 YILI EKİM AYI SONU KURULU GÜÇ (MW)	ARTIŞ (%)
Sıvı Yakıtlar	314	260	-17,2
Taş Kömürü	811	811	0
Linyit	10097	10120	0,23
İthal Kömür	8987	8994	0,08
Asfaltit	405	405	0
Doğalgaz	25634	25531	-0,4
Hidrolik	29916	31469	5,19
Jeotermal	1580	1650	4,43
Rüzgâr	8330	10253	23,09
Güneş	6454	7659	18,67
Atık Ve Çöp	1391	1898	36,45
TOPLAM	93919	99050	5,46

Kurulu güç değerleri yüzdelik olarak göz önüne alındığında ve 2020 yılı değerlerine göre karşılaştırıldığında bu değer değişimlerinin çok az olduğu gözlemlenmiştir (GÜYAD, 2021). Şekil 2.6'da verilen 2021 Kasım sonu kurulu güç değerleri MW olarak ele alındığında kaynak bazında sıralama aşağıda verilen şekilde olmuştur:

1. Doğalgaz: 32,85
2. Yenilenebilir (güneş, rüzgar, jeotermal, çöp ve atık): 18,84
3. Hidrolik: 17,2

4. Kömür: 16,09

5. Linyit: 13



Şekil 2.6: 2021 Kasım ayının sonu itibariyle Türkiye'nin Birincil Enerji Kaynaklarına göre Elektrik Enerjisinin Üretim Grafikleri (GÜYAD, 2021).

Ayrıca Şekil 2.6'nın devamına bakıldığında 2020 yılı Kasım ayı sonunda üretilmiş olan güneş enerjisinin, üretilen toplam elektrik enerjisine olan payı %3,71 iken 2021'de bu pay %4,33'e çıkmıştır. Yani bir yılda yaklaşık olarak %0,62 oranında artış göstermiştir. Bu değer az olarak görünse de ülkemizin geleceği açısından önemli olduğu aşikârdır (GÜYAD, 2021). 2021'in kasım ayının sonları itibariyle güneş enerjisinin kurulu gücü, toplamda üretilen elektrik enerjisine olan payı %7,73 olmuştur (Tablo 2.3) (GÜYAD, 2021). Bu kapsamda gözlemlene artışlar gelecek açısından pozitif olarak değerlendirilirken, artış hızını arttırabilmek için güneş enerjisinin özellikle kamu binalarında uygulamasının kamu binalarına adapte edilmesi bu rakamları daha da iyileştirecektir.

Tablo 2.3: Güneş Enerjisinin 2021'deki toplam elektrik enerjisindeki payı (GÜYAD, 2021).

2021	ÜRETİM (GWh)	KURULU GÜÇ (MW)
GÜNEŞ	13088,2	7,659
TOPLAM	302310	99,05
%	4,33	7,73

Güneş Enerjisinin 2020-2021 yılları arasında üretilmiş olan toplam elektrik enerjisindeki payı Tablo 2.4 ve Tablo 2.5’te verilmiştir. 2020 Kasım ayında üretilmiş olan güneş enerjisinin toplam elektrik enerjisindeki payı %2,81 iken 2021’de bu değerin %3,49’a yükseldiği görülmektedir (GÜYAD, 2021).

Tablo 2.4: 2020 yılında Türkiye’de üretilmiş olan güneş enerji değerleri ve toplam üretimdeki payları (GÜYAD, 2021).

2020 YILI	GÜNEŞ	TOPLAM	%
OCAK	514,1	27131,9	1,89
ŞUBAT	554,9	25010,2	2,22
MART	817,9	24754,1	3,3
NİSAN	982,3	20363,3	4,82
MAYIS	1113,9	20937,8	5,32
HAZİRAN	1137,6	23537,4	4,83
TEMMUZ	1246	28650,8	4,41
AĞUSTOS	1242,6	29343,5	4,23
EYLÜL	1068,9	27743	3,85
EKİM	940,7	25675	3,66
KASIM	728,6	25931,7	2,81
ARALIK	584,6	27624,3	2,12
TOPLAM ÜRETİM (GWh)	10950,2	306703,1	3,57

Tablo 2.5: 2021 yılında Türkiye’de üretilmiş olan güneş enerji değerleri ve toplam üretimdeki payları (GÜYAD, 2021).

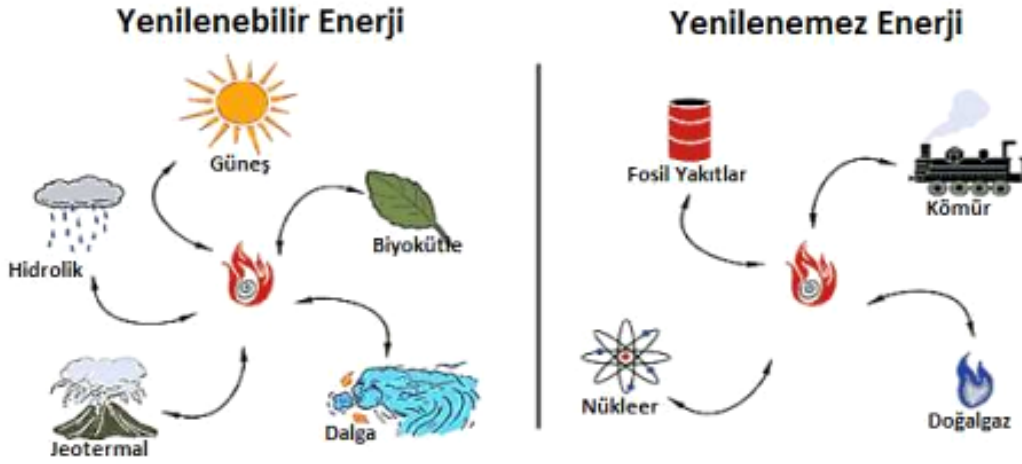
2021 YILI	GÜNEŞ	TOPLAM	%
OCAK	744,3	27018	2,75
ŞUBAT	910,4	24425,4	3,73
MART	1036	27997,5	3,7
NİSAN	1146,3	26019,4	4,41
MAYIS	1498,7	25260,8	5,93
HAZİRAN	1367	26913,2	5,08
TEMMUZ	1454,2	31038,1	4,69
AĞUSTOS	1438,1	32784,6	4,39
EYLÜL	1320,9	27918,9	4,73
EKİM	1245,5	26344,8	4,73
KASIM	926,8	26589,2	3,49
ARALIK	-	-	-
TOPLAM ÜRETİM (GWh)	13088,2	302310	4,33

Yenilenemez (Tükenir) Enerji Kaynakları:

Bu enerji kaynakları Türkiye’deki elektrik ihtiyacının üretimi için rezervler halinde bulunmaktadır. Bu kaynaklar yerin altından çıkartılarak işlenir ve mevcut kullanıma elverişli duruma getirilir. Yenilenemez enerji kaynakları Türkiye’nin birkaç bölgelerinde yer altı madeni biçiminde çıkarılır. Bu kaynaklar tek kullanımlık, dışarıdan insan gücü yardımı olmadan kullanılamayan ve kendilerini yenileyemeyen enerji kaynaklarıdır. Yenilenemez enerji kaynakları çeşitleri; doğalgaz, linyit, taş kömürü, petrol ve nükleer enerji olarak sıralanabilir (YEGM, 2016).

Yenilenebilir (Tükenmez) Enerji Kaynakları:

Yenilenebilir enerji, doğada bulunan doğal kaynakların kullanılmasıyla elde edilen enerji türüdür. Ayrıca bu enerji sürdürülebilir enerji kaynakları olarak da bilinmekte olup çevreye zararı olmayan bir enerji türüdür. Yenilenebilir enerji kaynakları çeşitleri; rüzgâr, güneş, hidroelektrik enerji, jeotermal vb. olarak sıralanabilir (Şekil 2.7) (YEGM, 2016). Aşağıda gösterilen Tablo 2.6’da yenilenebilir enerji kaynakları ve bu enerjinin kaynakları gösterilmiştir.



Şekil 2.7: 2021 Kasım ayının sonu itibariyle Türkiye’nin Birincil Enerji Kaynaklarına göre Elektrik Enerjisinin Üretim Grafikleri (YEGM, 2016).

Tablo 2.6: Yenilenebilir enerji kaynakları ve yakıtları (YEGM, 2016).

	Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Kaynak veya Yakıtı
1	Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler
2	Biyo-kütle Enerjisi	Biyolojik artıklar
3	Hidrolik Enerji	Nehirler
4	Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler
5	Güneş Enerjisi	Güneş
6	Jeotermal Enerji	Yer altı suları
7	Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr

2.2. Güneş Enerjisi

Yaklaşık olarak küre şeklinde olan güneş, enerjisini her yönde ışıma yoluyla homojen olarak yayar. Güneşin sahip olduğu ısıtım enerjisi, atmosferde ve yeryüzünde bulunan biyolojik ve fiziksel etkileşimleri yönlendiren en önemli enerji kaynağıdır. Güneş, sıcak bir gaz küresi olmasının yanı sıra kütlesi $1,99 \cdot 10^{30}$ kg'dır. Yüzey sıcaklığı ise yaklaşık olarak 6000 K'dır (Kelvin). Güneşin merkezindeki sıcaklık değeri $8 \cdot 10^6$ K – $40 \cdot 10^6$ K değerleri arasında değişmektedir. Güneşin sahip olduğu bu yüksek değerdeki sıcaklıkta bir saniye boyunca yaydığı ışıma enerjisi ise $4 \cdot 10^{23}$ kW'tır. Güneş, $1,392 \cdot 10^6$ km çapındadır. Güneş ile gezegenimiz arasındaki uzaklık yaklaşık $1,496 \cdot 10^8$ km kadardır. Güneşten dünyaya gelen enerji, uzak mesafeyi 8 dk.' da aşar ve yerküre 40 dakikada dünyamızın üzerinde bir yılda tüketilen enerjiye eş değer enerjiyi güneşin ışınlarından soğurur (İlhan ve ark., 2018).

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde bulunan füzyon ile yani hidrojenin helyuma dönüştürülmesi sonucu ortaya çıkan ışıma enerjisidir. Hidrojenin helyuma çevrilmesi esasında saniyede $4 \cdot 10^6$ ton kütle enerjiye çevrilerek yaklaşık olarak $386 \cdot 10^6$ EJ (Eksa Joule) ($1 \text{ EJ} = 22,7 \text{ MTEP}$) değerinde enerji ışıınımı olarak uzaya dağılır. Sonuç olarak bu işlem milyonlarca yıl süreceğinden güneş, gezegenimiz için tükenmez-sonsuz bir enerji kaynağıdır (İlhan ve ark., 2018).

Atmosfere gelen %17,5'lik güneş radyasyonu atmosferi ısıtmak için kullanılır. %35'lik oranı yerden yansıyarak ve bulutlardan tekrar uzaya gitmektedir. Geriye kalan %47,5'lik oran ise yeryüzüne düşmekte ve ısıya dönüşmektedir. Güneş enerjisinin, dünya atmosferi dışında ki değeri 1370 W/m^2 'dir. Buna karşılık olarak yeryüzüne ulaşan miktar atmosferden kaynaklı sadece 0 ila 1100 W/m^2 değerleri arasındadır. Dünyaya gelen bu enerjinin küçücük bir miktarı bile dünyadaki bulunan enerji tüketiminden çok daha fazladır (YEGM, 2016).

2.3. Güneş Enerjisi Teknolojileri ve Üretimi

Güneş enerji teknolojileri; üretiminde kullanılan malzemeye, uygulanacak olan metoda ve teknolojik yapıya göre çeşitlilik gösterse de iki temel türde gruplandırılır. Bunlardan ilki, ısı güneş teknolojileridir. İkincisi ise PV (fotovoltaik) güneş teknolojileridir. Birinci gruptaki sistemler, güneş enerjisi yardımıyla ısı üretirler; bu ısı doğrudan veya elektrik üretimi için kullanılabilir. Elektrik üretiminde güneş enerjisi, farklı yoğunlaştırıcı sistemler yardımıyla odaklanır ve daha sonra elde edilmiş kızgın buhardan da klasik yöntemlerle enerji üretimi işlemi gerçekleştirilir. İkinci gruptaki sistemler ise yarı iletken malzemelerden oluşur ve güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirirler (ETKB, 2015).

Güneş enerjisinden ısı üretmek için kullanılan uygulamalar kendi içerisinde üç gruba ayrılır. Bunlardan ilki düşük, orta ve son olarak da yüksek sıcaklıktaki uygulamalardır. Düşük sıcaklık uygulamalarından olan düzlemsel güneş kolektörleri sık olarak rastlanılan örneklerdendir. Çizgisel yoğunlaştırma yapan (parabolik oluk) sistemler orta sıcaklık, noktasal yoğunlaştırma yapan (merkezi alıcılar ve parabolik çanak) sistemler ise yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılır. Yüksek sıcaklık uygulamalarına ait olan parabolik çanak sistemler Şekil 2.8'de gösterildiği gibidir (YEGM, 2015).

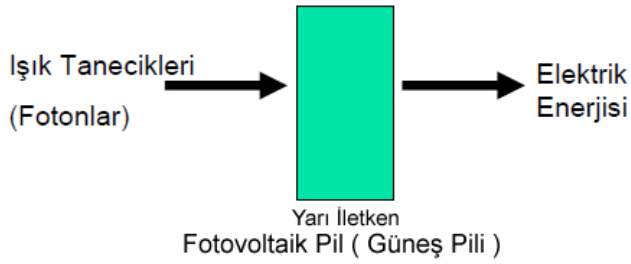


Şekil 2.8: Parabolik çanak kolektörleri (Öztürk, 2017).

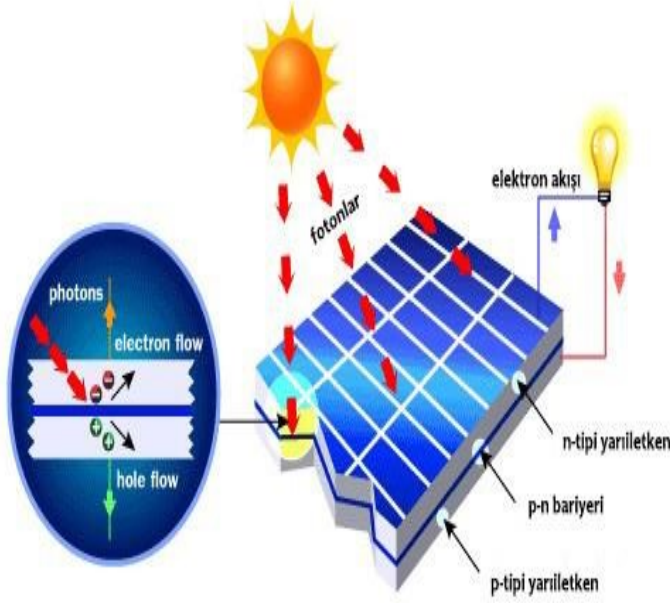
2.4. Güneş Hücre Sistemleri

2.4.1. Güneş Pilleri

Güneş enerjisi bilindiği üzere hem ısıtma da hem de elektrik üretiminde kullanılabilir. Elektrik üretimi için güneşten gelen ışığı elektrik enerjine dönüştüren aygıtlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu aygıtlara fotovoltaik hücreler ya da piller ismi verilir. Güneş pilleri (fotovoltaik piller) yüzeyine gelen güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. Şekil 2.9'da basitçe bir güneş pilinin nasıl çalıştığı gösterilmiştir.



Şekil 2.9: Güneş pili çalışma ilkesi (Öztürk, 2017).



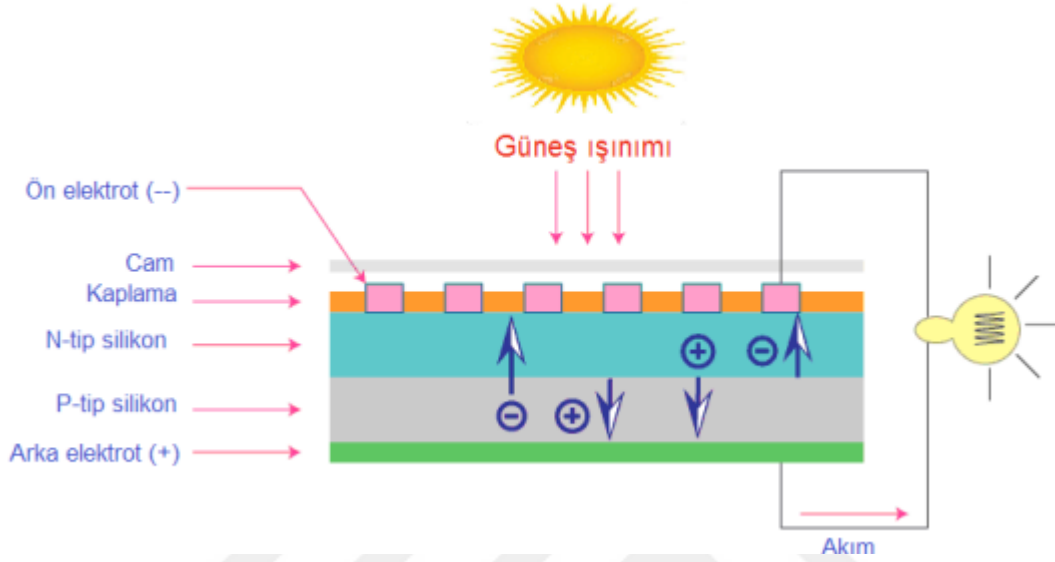
Şekil 2.10: Güneş pili çalışma prensibi (Öztürk, 2017).

Silisyum elementi yarı iletken özelliğe sahiptir. Güneş hücrelerinin üretiminin temelini iki katman oluşturur. Bunlar ‘p tipi’ ve ‘n tipi’ yarı iletken silisyumdur. Güneş hücresinin yüzeyine gelen güneş ışınları hücreye çarptığı zaman p tipi silisyum tabakasında yer alan elektronlarının enerjisinin yükselmesine daha sonra üst enerji düzeyine çıkmasına neden olmaktadır. Böylelikle elektronlar yarı iletken maddeden geçmek için gerekli olan enerji düzeyine erişmiş olurlar. Bu sayede p tipi silisyumda bulunan elektronlar n tipi silisyum tabakasına geçecektir. P tipi silisyum tabakasında ise elektron boşlukları oluşmaktadır. Bu iki tabaka arasına iletken madde konulduğunda elektronlar p tipi silisyum tabakasında yer alan boşluklar nedeniyle o tarafa doğru yönelmek isteyecekler ve n tipi silisyum tabakasından p tipi tabakaya doğru bir elektron akışı olur. Güneş’ten gelen ışınlar hücreye çarptığı her saniyede elektronların gerçekleştirdiği bu hareketlilik devam edecektir ve bu vesileyle elektrik enerjisini elde etmiş oluruz (Şekil 2.10). N tipi ve P tipi katman arasındaki sistem bağlantısı elektronik sistem elemanları desteğiyle şebekeyle bağlandığında açığa çıkan enerjiyi şebekelerde elektrik enerjisi olarak kullanılmaktadır (Şenay, 2011).

2.4.2. Güneş Pillerinin Yapısı

Fotovoltaik (PV) hücreler, fotovoltaik etkiye bağlı bir şekilde çalışırlar. Bu etki, PV bir hücre vasıtasıyla alınan güneş ışınımının doğrudan elektrik enerjisine dönüştürüldüğü fiziksel bir işlemdir. Güneş ışınımındaki fotonlar, silikon gibi yarıiletken bir

malzemenin yüzeyine çarptıktan sonra atomlardan elektronları kopararak serbest hale geçmesiyle ortaya çıkar. Yunancada fotovoltaiik, ışık anlamındaki photo ile elektrik anlamındaki voltaic kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Fotovoltaiik hücreleri (güneş hücreleri), 1839 yılında ilk kez Becquerel tarafından araştırılmıştır (Öztürk, 2012, 2017).

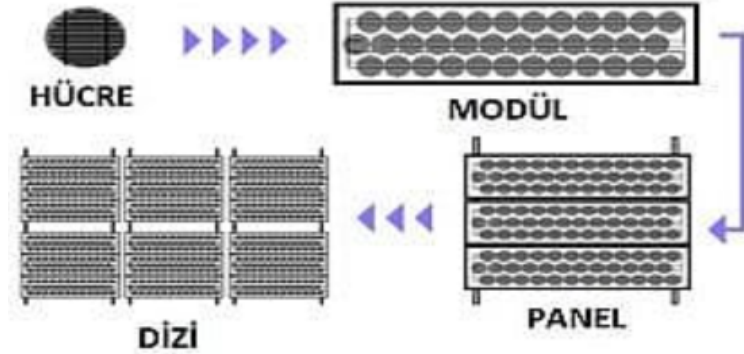


Şekil 2.11: PV Hücresinin Yapısı (Öztürk, 2017).

Şekil 2.11’de kesit alanı gösterilmiş bir PV hücresinden elektriksel gücün elde edilmesi için, güneşten alınan fotonların PV malzeme tarafından soğurulup foto gerilim ve akımın üretilmesi gerekir. Güneşten gelen ışınlar, enerjiyi taşıyan fotonlardan oluşur. Bu fotonlar yarı iletken malzemenin yüzeyine çarparak, atomlardan negatif yüklü elektronları serbest bırakır. PV hücresinin üzerine çarpan fotonların bir kısmı hücreler tarafından soğurulurken bir kısmı yansıtılmaktadır. Kalan kısım ise hücrelerin içerisinden geçer. PV hücreyle soğurulan fotondan elektrik üretilir. Fotondaki enerji, yarıiletken malzemedeki atomun elektronuna transfer edilir. Elektron, yeni kazanmış olduğu bu enerjiyle bir elektrik devresindeki akımın parçası olabilmek için, yarı iletken malzemedeki bir tek atoma ilişkin normal pozisyonundan kurtulabilme yeteneği kazanır (Öztürk, 2017) .

Fotovoltaiik güneş hücreleri daha fazla güç, akım veya gerilim değerleri elde edebilmek için elektriksel olarak paralel veya seri bağlanırlar. Fotovoltaiik modüler fotovoltaiik hücrelerden oluşur ve bu hücreler çevre koşullarına karşı sızdırmazlığı sağlar. Fotovoltaiik paneller, elektrik kablolarıyla birbirlerine bağlanmış iki ya da daha fazla

fotovoltaik modülün bir araya gelmesiyle oluşur. Belli sayılarda fotovoltaik panel ya da modülü içeren enerji üretim ekipmanları ise fotovoltaik diziler olup Şekil 2.12 ve Şekil 2.13'te verilmiştir (Öztürk, 2017).



Şekil 2.12: PV sistemlerinde hücre-modül-dizi tasarımı (Öztürk, 2017).



Şekil 2.13: Hücre, modül ve dizi tasarımları uygulamaları (Öztürk, 2017).

Güneş hücreleri yüzey çeşitlerine bakacak olursak dikdörtgen, kare ve daire şeklindedirler. Ayrıca yüzey alanları genel olarak 100cm^2 dolaylarında ve kalınlıkları da 0,2-0,4 mm aralıklarındadır (Baş, 2016). Güneş hücreleri farklı maddeler kullanılarak üretimi yapılabilir. Bu maddelerden en çok tercih edilenleri ise şunlardır;

1. Amorf silisyum
2. Kristal silisyum
3. Bakır indiyum diselenid (CuInSe_2)
4. Kadmiyum tellurid (CdTe)
5. Galyum arsenit (GaAs)
6. Optik yoğunlaştırıcı hücreler

PV sistemleri, yerleşim yerlerinden uzak, elektriğin olmadığı yerlerde, jeneratöre yakıt taşımının pahalı ve zor olduğu durumlarda kullanılır. Ayrıca, hava gözlem istasyonlarında, metal yapıların korozyondan korunmasında, kırsal radyo, telefon ve telsiz sistemlerinde, haberleşme istasyonlarında, aşı ve ilaç soğutma işlemlerinde kullanılır. Ek olarak deniz fenerleri, orman gözetleme kuleleri, tarımsal sulama alanları, buzdolabı, radyo, TV gibi elektrikli aletlerin çalıştırılması, bina içi ya da bina dışı aydınlatmaları ve daha birçok alanda kullanımları mevcuttur (Baş, 2016).

2.5. Güneş Panelleri Çeşitleri

2.5.1. Kristaline Paneller

Endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılan panellerdir. Ömürleri yaklaşık olarak 90 yıldır. İki çeşidi mevcuttur. Bunlar; monokristal ve polikristal güneş panelleridir.

Monokristal Güneş Panelleri:

Bu güneş pilleri yüksek verimli olan mono kristalin hücrelerinden oluşmuştur. Malzemelerinin atomik yapısı homojendir. Monokristal güneş pillerinin verimleri %25 olup diğer güneş pillerine göre en yüksek verime sahiptir. Üretimlerinde kullanılan teknoloji nedeniyle üretim süreçleri uzun sürer bu da diğer güneş pillerine göre fiyatlarının daha yüksek olmasına sebebiyet verir. Ancak kullanım ömürlerine bakıldığında çok uzun süre verim ve dayanıklılık sağlar (Navruz, 2018). Monokristal paneller Şekil 2.14'te gösterildiği gibidir.



Şekil 2.14: Monokristal panel (Navruz, 2018).

Polikristal Güneş Panelleri:

Bu güneş pillerinin atomik yapıları homojen değildir ve malzemeleri çok fazla sayıda monokristalden oluşur. Verimleri %16 olup CIS güneş pillerinden daha yüksek verimde, monokristal güneş pillerinden ise daha düşük verimdedir. Bu güneş pillerine kolay ulaşılır ve uygun fiyatta piyasa satışı yapılır. Verimle maliyet oranı daha yüksek olduğu için bu güneş pillerine olan tercih daha fazladır (Navruz, 2018). Polikristal paneller Şekil 2.15'te gösterilmiştir.



Şekil 2.15: Polikristal Panel (Navruz, 2018).

2.5.2. İnce Film

Işık yutma oranları yüksek, verimleri düşük olduğundan pazar payında küçük bir bölüm oluşturur. Bu malzemeler genellikle çok kristalli malzemeler olur. Bu panellerin verimleri %7 ila 14 arasında değişmektedir ve ince film tabakalar aşağıda Şekil 2.16'da gösterildiği gibidir (Navruz, 2018).



Şekil 2.16: İnce film tabaka (Navruz, 2018).

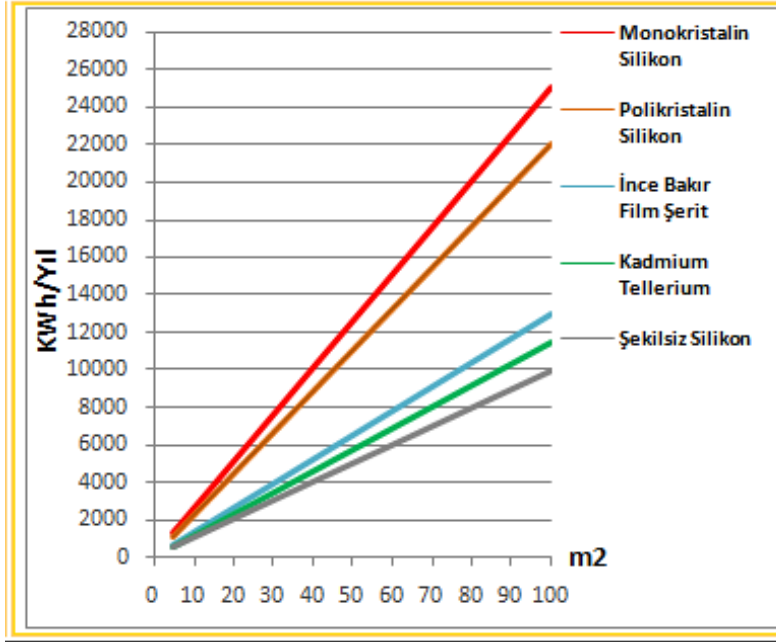
2.5.3. Esnek Panel

Diğer güneş panellerine alternatif olması için üretilen ve özellikle de çatı uygulaması için geliştirilmiş panellerdir. Çoğu uygulamada enerji üretmenin yanında çatı membranları olarak da kullanılırlar. İnce film ve kristal hücrelerinden oluşan güneş panelleri çeşitleri de mevcuttur. İnce film hücrelerinden meydana geldiği için bu paneller çok esnek olup serme tipte uygulanabilmektedirler. Konstrüksiyon ihtiyaçları yoktur. İçerisinde cam bulunmadığı için kırılma tehlikesi yaratmaz ve taşınabilir olmaları en büyük avantajlarından (Navruz, 2018). Esnek paneller Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



Şekil 2.17: Esnek panel (Navruz, 2018).

Şekil 2.18’de Türkiye PV tipi alan üretilbilecek enerji (kWh-yıl) olarak verilmiştir. Bu grafiğe bakarak hangi panel tipinin seçilmesi gerektiği belirlenebilir. Verilen grafiğe göre monokristal tipi panellerin daha avantajlı olduğu yorumu yapılabilmektedir.



Şekil 2.18: Türkiye PV Tipi-Alan-Üretilbilecek Enerji (kWh-Yıl) (GEPA, 2015).

2.6. Güneş Enerjisinin Kullanıldığı Alanlar

2.6.1. Isıtma İşlemlerinde

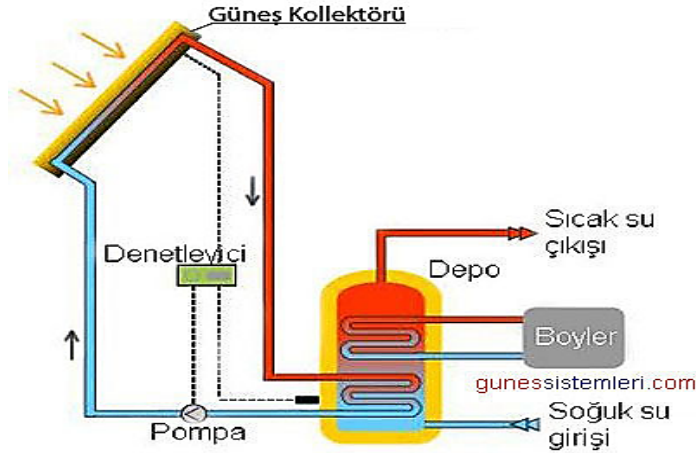
Güneş enerjisinden ısıtma eldesi güneş kolektörleri yardımıyla sağlanır. Güneş kolektörleri güneş ışınımını ısıya dönüştürmede kullanılır. Oluşan ısıyı ise fan coil, radyatör, duvardan ısıtma, yerden ısıtma vb. ısıtma cihazlarına başka yardımcı cihazlar ile transfer eder (Şekil 2.19) (Öztürk, 2012).



Şekil 2.19: Isıtma sisteminde kullanılan cihazlar (Öztürk, 2012).

2.6.2. Sıcak Su Elde Etme Ve Soğutmada

Çatıya kurulacak olan kolektörler sayesinde evlerde sıcak su ihtiyacı karşılanır. Sistematik olarak güneş kolektörlerinin kurumu ve çalışması Şekil 2.20’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.20: Çatı Kolektörleri ile Sıcak Suyun Elde Edilmesi (Öztürk, 2012).

İlk başta buharlaştırma işlemi yapıp ardından yoğuşurma ve ısı soğurma işlemleri yapılarak soğutma elde edilir (Öztürk, 2012). Soğutma sistemlerinin çalışma ilkesi Şekil 2.21’de gösterilmiştir.



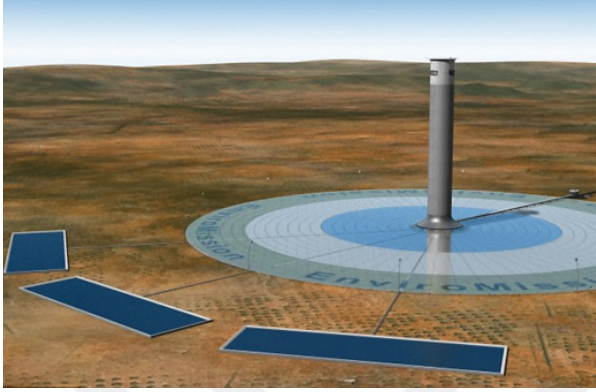
Şekil 2.21: Fotovoltaik Sistemlerde Soğutma (Öztürk, 2012).

2.6.3. Elektrik Üretiminde

Güneş enerjisinden elektrik üretmek için farklı metotlar kullanılır. Bu metotlardan en fazla kullanılan fotovoltaik (güneş paneli) sistemlerdir. Bu sistemler çatılara, teraslara, binaların yüzeylerine yani güneşin gördüğü her yere (gölge almayan) kurularak ihtiyaç duyulan elektrik enerjisini karşılar (Öztürk, 2012).

2.6.4. Güneş Bacası

Bu yöntemde güneş ısısı sonucunda oluşan sera etkisinden faydalanılır. Oluşacak olan hava hareketlerinden yararlanılarak rüzgâr türbinleri yardımıyla elektrik enerjisi üretilmektedir (Öztürk, 2012). Şekil 2.22’de basit bir güneş bacası örneği verilmiştir.



Şekil 2.22: Güneş bacası (Öztürk, 2012).

2.6.5. Güneş Ocaklarında

Güneşten faydalanarak yemek pişirmek için tasarlanan güneş ocakları yemekleri bedava pişirme olanağı sağlar (Öztürk, 2012). Ayrıca güneş ocakları piyasada mevcut bulunmakta ve fiyatları uygundur. Şekil 2.23’te bir güneş ocağı gösterilmiştir.



Şekil 2.23: Güneş ocağı (Öztürk, 2012).

2.6.6. Hesap Makineleri ve Kol Saatleri

Güneş enerjisi eski yıllardan beri hesap makinelerinde ve kol saatlerinde kullanılmaktadır. Bu kol saatlerinin içine yerleştirilmiş güneş pilleri bulunmaktadır. Bu

piller elektrik üretip kendi güçlerini karşılayabilmektedirler. Aynı mekanizma hesap makinelerinde de bulunmakta olup uzun yıllar boyunca pilleri değiştirilmeden kullanma imkânı sağlamaktadır (Öztürk, 2012). Güneş enerjisi ile çalışan hesap makinesi Şekil 2.24’te verilmiştir.



Şekil 2.24: Güneş enerjisi ile çalışan hesap makineler (Öztürk, 2012).

2.6.7. Trafik Ve Sokak Lambalarında

Yollarda yer alan trafik lambalarının çalışmalarını sürdürebilmeleri için güneş enerjisi kullanılır (Öztürk, 2012). Ayrıca sokak lambaları ve işaret lambaları da güneş enerjisi yöntemiyle çalışmaktadırlar. Şekil 2.25’te uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 2.25: Trafik işaretlerinde ve sokak lambalarında güneş enerji uygulamaları (Öztürk, 2012).

2.8. Güneş Enerji Sistemlerinin Avantajları

- Güneş enerjisi sistemlerinde yakıt olarak kullanılan güneş tamamen doğal ve tükenmeyen bir kaynaktır.
- Güneş enerjisi tamamen temiz ve çevreye zararlı gaz atığı (karbon monoksit, gaz, kükürt, duman) bulunmayan bir enerji türüdür.
- Enerjiye ihtiyaç duyulan her alanda kullanıma uygundur.
- Enerjide dışa bağımlılığı azaltır.
- Karmaşık bir teknolojiye ihtiyaç duyulmaz.
- Sistemin bakım maliyeti yok denecek kadar azdır.
- Kullanım alanları oldukça geniştir.
- Kurulumları oldukça kolaydır ve yaklaşık 1-9 ay arasında sistem kurulumunu yapmak mümkündür.
- Güneş enerji sistemlerinin amortisman süreleri yaklaşık 5 ila 6 yıl arasındadır.
- Boş duran çatılarda kurularak işlev kazandırır.

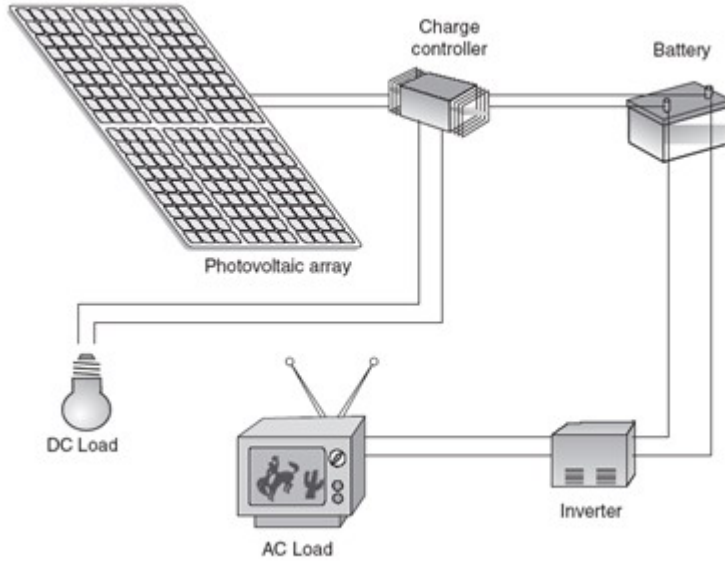
2.9. Güneş Enerji Sistemlerinin Dezavantajları

- Güneş ışınları her zaman bulunmadığından depolanması gerekir.
- Enerjiye ihtiyaç duyulan kış aylarında güneş ışınımının az olmasından ve geceleri hiç olmamasından dolayı gerekli enerji ihtiyacını karşılayamamaktadır.
- Birim yüzeye düşen güneş ışınları az olduğu için büyük yüzeyler kullanmayı gerektirir. Türkiye'deki bu değer yaklaşık olarak 1300 W/m^2 'dir.
- Yatırım maliyetleri oldukça yüksektir.
- Depolama yapmak için kullanılan akü gruplarının ömürleri kısa ve dayanıklı olmadığından kısa zamanda bozulabilir.
- Güneş santrallerinin kurulacağı alanda panellerin güneş ışınlarını alabilmesi için çevrenin açık olması gerekmektedir.

2.10. Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi Elemanları

Güneş enerji sistemlerinde güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirmek için kullanılan ekipmanlar; akü, güneş panelleri, sistemin fonksiyonel ve opsiyonel ihtiyacına göre

inverter ve şarj regülatörleri yer almaktadır (Dinçer ve ark., 2020). Ekipmanların bağlantıları Şekil 2.26’te verilmiştir.



Şekil 2.26: Fotovoltaik sistem elektrik üretim şeması (Dinçer ve ark., 2020).

2.10.1. Güneş Panelleri

Güneşten aldığı ışığı direkt olarak elektrik enerjisine çeviren elemandır. Yarıiletken özelliğine sahip hücreler, güneş ışığının ilettiği enerjiyi iç fotoelektrik tepkiden yararlanarak direkt olarak elektrik enerjisine çevirir (Dinçer ve ark., 2020). Şekil 2.27’de GES’ten bir görünüm verilmiştir.



Şekil 2.27: GES’ten bir görünüm (Dinçer ve ark., 2020).

2.10.2. Şarj Regülatörleri

Güneş panellerinden gelen akım ve gerilim değerlerini düzenleyerek aküye iletilmesini sağlamak amacıyla kullanılır. Bu sayede regülatörden aküye daima sabit voltajda elektrik iletilecektir. Ayrıca şarj regülatörü akünün tam dolmasını ve aşırı kullanımlardadeşarj olmasını engeller (Öztürk ve ark., 2008).

Güneş enerjisiyle üretilen gerilim değeri havanın bulutlu olması veya güneşin gün içerisindeki konumuna bağlı olarak farklılık göstereceğinden güneş paneli ile akü grupları arasına kesinlikle şarj regülatörü bağlanmalıdır (Öztürk ve ark., 2008). Şarj regülatörlerinin iki çeşidi bulunur. Bunlar, MPPT tipi şarj regülatörleri ile PWM tipi şarj regülatörleridir (Öztürk ve ark., 2008).

PWM Şarj Regülatörleri:

PWM şarj regülatörlerinin üzerinde yer alan LED'ler veya LCD ekran sayesinde akünün durumu, şarj seviyesi vb. bilgiler görülmektedir. Kapalı ve açık kurşun akülerinin optimum seviyede dolmasını sağlar. 24V ve 12V'luk her türlü akünün veya akü gruplarının şarj edilmesini sağlar. Şase bir DIN rayına veya duvara monte edilebilir. PWM regülatörlerinin verimleri MPPT regülatörlere göre düşüktür (Öztürk ve ark., 2008). PWM şarj regülatörleri Şekil 2.28'de gösterildiği gibi farklı tiplerde olabilir.



Şekil 2.28: PWM Regülatörler (Öztürk ve ark., 2008).

MPPT Şarj Regülatörleri:

Profesyonel olarak çalışan şarj denetleyicileri, MPPT şarj regülatörlerinin tekniğine göre çalışırlar. Bu regülatörlerin verimleri, uygun gerilim değerleri aralıklarındaysa %98'e kadar çıkabilir. Aküye uygun olarak çalıştığı için akünün ömrünü %50 uzatır. Sistemin ömrünü uzattığı için de sistemdeki maliyet düşer (Öztürk ve ark., 2008). Bu şarj regülatörlerinin de farklı tipleri mevcut olup Şekil 2.29'da gösterildiği gibidir.



Şekil 2.29: MPPT tipi şarj regülatörleri (Öztürk ve ark., 2008).

2.10.3. Eviriciler (Inverter)

İnverter, güneş enerji kaynaklarının ürettiği doğru akımı şebeke akımına (alternatif akıma) çeviren cihazdır.

Şebeke İçi (On-Grid):

Güneş panellerinin ürettiği doğru akımı şebeke akımına dönüştürerek şebekeye satışta bulunan veya şebekeye ileten invörterlerdir. Şekil 2.30’da verildiği gibi farklı renk, boyut ve tiplerde şebeke içi eviriciler bulunmaktadır (Öztürk ve ark., 2019).



Şekil 2.30: Şebeke içi evirici çeşitleri (Öztürk ve ark., 2019).

Şebeke Dışı (Off-Grid):

Güneş panellerinin ürettiği doğru akımla aküleri şarj eder ve akülerden aldığı doğru akımı da alternatif akıma dönüştüren invertörlerdir. Şekil 2.31’de gösterildiği gibi şebeke dışı eviricilerinde farklı tiplerde modelleri bulunmaktadır (Öztürk ve ark., 2019).



Şekil 2.31: Şebeke dışı evirici çeşitleri (Öztürk ve ark., 2019).

2.10.4. Akü (Akümülatör)

Aküler elektrik enerjisinin kimyasal enerji olarak depolandığı ve ihtiyaç durumlarında bu enerjinin elektrik enerjisi olarak verildiği cihazlardır. Güneş enerjisinden yararlanılarak üretilen enerji en çok kuru akü, jel akü ve OPzS akülerle depolanır (Küçük, 2019).

OPzS Akü:

OPzS (Tüplü Sabit Tesis) akümülatörleri sisteme sürekli enerji kaynağı olarak bağlanması için üretilen standby (sabit tesis) akülerdir. Bu akülerin bakımları azdır ve enerji maliyetleri düşüktür. Antimonlu kurşun alaşımlarının düşük olması özelliğiyle kendi kendine deşarj olma durumunu azaltır ve su kayıpları oranını önemli derecede düşürür. Şarj-deşarj kabiliyetleri ile aktif madde tutuşu aynı seviyededir. OPzS akü tipleri kullanılacakları yere göre farklı boyutlarda olabilirler (Küçük, 2019). Farklı boyuttaki OPzS akü tipleri Şekil 2.32’de verilmiştir.



Şekil 2.32: OPzS akü tipi (Küçük, 2019).

Jel Akü:

Silikon jel teknolojisiyle üretilen bu akülerin soğuk ortam sıcaklıklarında kullanım ömürleri daha uzun ve performansları daha iyidir. Bu akü modelleri özel seperatörlerle donatılmış, tam kapalı ve bakım gerekmeyen akülerdir. Yüksek kalite ve güvenilirliğe sahip olup Şekil 2.33'te jel akü tipi gösterilmiştir (Küçük, 2019).



Şekil 2.33: Jel akü tipi (Küçük, 2019).

Kuru Akü:

Kuru aküler, yüksek akım kapasiteli (TPD ve TP) modelleri sayesinde performansın iyi olması ve fiyatın uygun olmasıyla yaygın bir kullanım sağlamaktadır. Bakımları olmayıp tamamen kapalı tip akülerdir. Oldukça geniş ısı yelpazesinde çalışırlar. Emniyet valfiyle teçhizleri yapılır. Sağlam ve uygun dizayn yapısına sahip olduklarından ömürleri oldukça uzundur. Dikey veya yatay herhangi pozisyonda çalışabilmektedirler. Ters yöne çevrildiklerinde bile asit sızdırmazlar. Performansları oldukça yüksektir. Şekil 2.34'te kuru akü çeşidi verilmiştir (Küçük, 2019).



Şekil 2.34: Kuru akü tipi (Küçük, 2019).

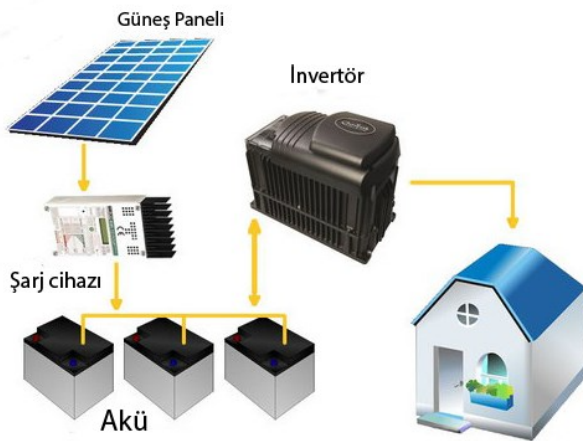
2.11. Güneş Panellerinde Off Grid ve On Grid Bağlantı Sistemleri

Off grid ve on grid bağlantı, güneş enerjisi ile elektrik üretimi yapılan bağlantı türlerindendir. Off Grid sistem, şebekeden bağımsız sistemlerdir. Bu sistemler şebekeye bağlı değildir ve bu sebeple üretilen elektrik enerjisinin aküler aracılığıyla depolanması gerekmektedir (Atalay ve ark., 2019).

2.11.1. Off Grid Bağlantı

PV sistemlerinin merkez şebekeden bağımsız olduğu ve bu sebeple üretilen elektrik enerjisinin depolanması gerektiği sistemlerdir (Şekil 2.35). Şebekeye bağlı sistemlere göre daha karmaşık bir sisteme sahiptirler.

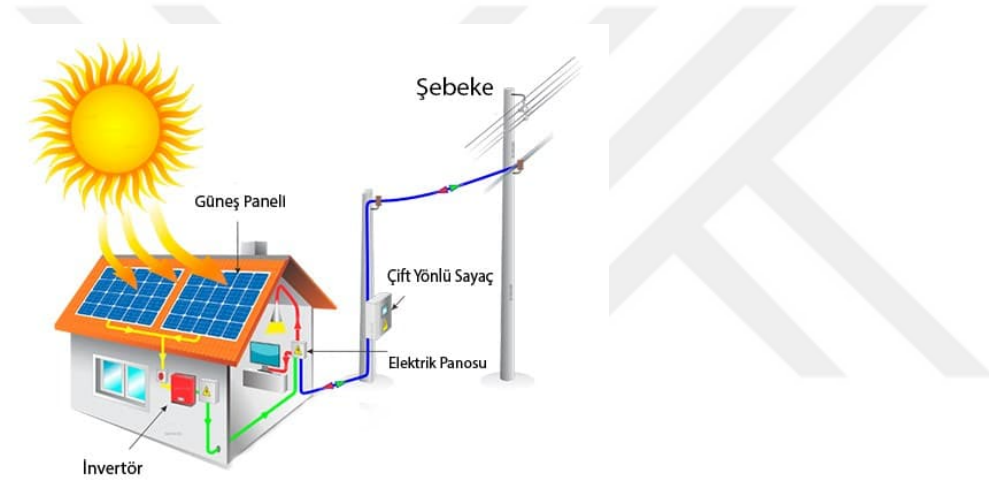
Off Grid sistemler genellikle şebeke hattının bulunmadığı yerlerde, şehir merkezinden uzak yayla ya da dağ evlerinde, şebeke hattına bağlanmanın mümkün olmadığı ya da ekonomik olmadığı durumlarda tercih edilmektedir. Bu sistemlerde ayrıca akü kullanılır. Güneşin fazla olmadığı kış aylarında veya gece ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacını karşılamak için gündüz üretilen elektrik enerjisi akülerde depolanır. Sisteme bağlanılacak yükleri (lamba, televizyon, klima vb.) karşılamak için yeteri sayıda akü kullanılmalıdır. Bir Off Grid sistem temel olarak güneş paneli, inverter (evirici), şarj kontrol cihazı, akü ve solar kablolardan oluşmaktadır (Atalay ve ark., 2019).



Şekil 2.35: Off Grid bağlantı şeması (Atalay ve ark., 2019).

2.11.2. On Grid Bağlantı

On Grid sistemler, merkezi elektrik şebekesine bağlı olup üretilen elektriğin direkt kullanılması prensibine dayanmaktadır. Burada üretilen elektrik hiçbir ilave depolamaya (batarya, akü vb.) ihtiyaç duyulmadan direkt kullanılabilmekte ve ihtiyaçtan fazla üretilen enerji şebekeye aktarılmaktadır (Şekil 2.36). Şebeke bağlantılı On Grid sistemler, GES santrallerinde kurulacağı gibi konut ihtiyaçlarında düşük güçte enerji üretiminde kullanılabilir. Bu bağlamda konut cephelerinde veya çatılarında kurulacak olan güneş panelleri ile şebekeden elektrik kullanımı azaltılarak elektrik faturalarını büyük ölçüde azaltacaktır (Atalay ve ark., 2019).



Şekil 2.36: On Grid bağlantı şeması (Atalay ve ark., 2019).

3. GÜNEŞ POTANSİYELLERİ

3.1. Dünya'nın Güneş Potansiyeli

Yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma açısından dünyanın coğrafi konumu çok fazla rol almaktadır. Dünya da bulunan bazı ülkelerin sahip olduğu güneşlenme süreleri, coğrafi konumları ve ışınlam şiddetlerinden dolayı büyük bir avantaj sağlamaktadır. Dünya genelinde güneş enerjisinden en çok yararlanan ülkelerin başında Çin, Avrupa ülkeleri ve ABD yararlanmada ilk sıralardadır. Birtakım ülkeler sahip oldukları güneş ışın potansiyelleriyle ön plandayken birtakım ülkelerde geliştirdikleri teknoloji ve enerji ilişkileri sayesinde ön plana çıkmaktadırlar (Cuce, 2013).

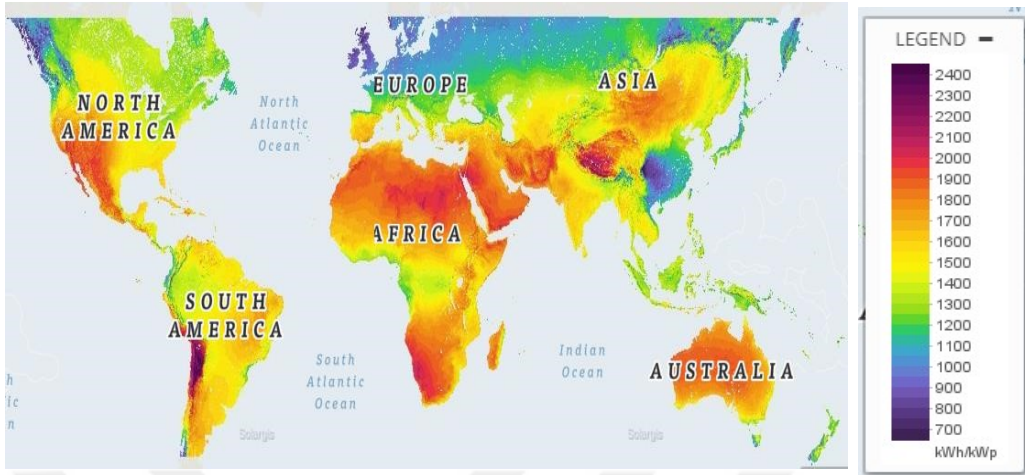
3.2. En Fazla Güneş Alan Bölgeler ve Ülkeler

Amerika ile Avustralya'nın orta bölgelerinde ve Afrika'nın büyük bir kısmı güneşin en çok ulaştığı yerler olarak dünyada bulunan diğer bölgelere kıyasla daha avantajlıdır. Bu haritadaki ölçeklere göre Türkiye'de m^2 başına yıllık olarak 1500 ila 2000 kWh civarında güneş ışınlamı düşer. Türkiye bu değer ortalamasının çok üzerinde olduğu için dünyada şanslı ülkeler arasında yer almaktadır (Cuce, 2013).

3.3. Güneş Enerjisi Üretimi Bakımından Dünyada Öne Çıkan Ülkeler

Avrupa'da güneş enerjisi üretiminde ve teknoloji konusunda öncü olan ülkelerin başında İspanya, Danimarka ve Almanya gibi ülkeler gelmektedir. Özellikle Almanya küresel bir güç oluşturma yolunda ilerleyen ve güneş enerjisi konusunda oldukça dikkat çeken bir ülkedir. Danimarka güneş pillerinin üretiminde oldukça hızlı bir şekilde ilerleme göstererek öne çıkmaktadır. Avrupa'nın mineral yakıt konusunda fakir olan ülkelerinden İspanya'da ise enerji üretme alanlarında dikkat çekici çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca dünyadaki en büyük barajlar İspanya'da bulunur. İspanya güneş enerjisi alanında da çalışmalar yaparak çaba sarf etmektedir. Güneş enerji üretimi alanında Amerika dünyanın en önemli ülkesi konumundadır. Amerika'nın izlediği enerji politikası, coğrafi çeşitlilik ve büyüklük, teknoloji gelişimi vb. konularda gösterdiği faaliyetler sayesinde dünyanın öncüsü konumundadır. Çinliler de sahip oldukları taklit kabiliyetleriyle ABD ve Avrupa'da üretilen teknolojileri hızlıca takip ederek kendilerine uygun bir şekilde tasarlayıp, ucuz iş gücü avantajlarını kullanarak

güneş sektörüne girmişlerdir. Dünya'nın güneş enerji potansiyel haritası Şekil 3.1'de verilmiştir (Sharma, 2014).

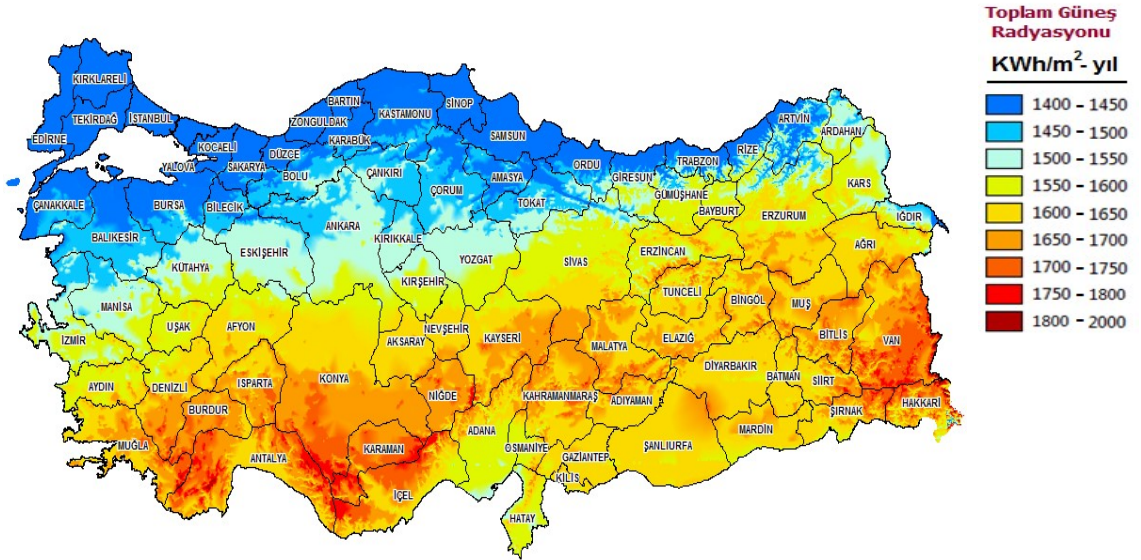


Şekil 3.1: Dünyanın güneş enerji potansiyeli haritası (Baş, 2016).

3.4. Türkiye'nin Güneş Potansiyeli

Türkiye Kuzey Yarım Küre'de yer alıp 26-45° doğu boylamları ile 36-42° kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Türkiye yer aldığı mükemmel coğrafi konumu sayesinde güneş enerji potansiyeli açısından çoğu ülkeye göre çok daha avantajlıdır. Ülkemiz güneş kuşağında yer almaktadır fakat güneş enerjisinin kullanımı ve enerji eldesi öngörülenden daha az durumdadır. Bu yüzden gelecekte enerji ihtiyacının karşılanmasında, güneş enerjisi çok önemli bir alternatif olarak değerlendirilip sürdürülebilir enerji olarak hayata geçirilmelidir (GEPA, 2015).

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YGEM), güneş enerjisini verimli ve etkin bir şekilde kullanmak ve enerji üretiminde gerekli değerlendirmeleri yaparak potansiyel belirleme çalışmalarında katkı sağlamak için bir Güneş Enerji Potansiyel Atlası (GEPA) hazırlamıştır. Hazırlanan bu atlasa göre Türkiye'nin yıllık olarak toplam güneşlenme süresi 2737 saat (günlük 7,5 saat), yıllık olarak gelen toplam güneş enerji ise 1527 kWh/m².yıl (günlük 4,2 kWh/m²) olarak belirlenmiştir (ETKB, 2015). Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyel Atlası aşağıda Şekil 3.2' de verildiği gibidir (GEPA, 2015).



Şekil 3.2: Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli atlası (Baş, 2016).

Türkiye yaklaşık olarak yıllık 110 gün kadar yüksek bir güneş enerji potansiyeline sahip bir ülke olup gerekli yatırımların yapılması sonucunda yılda birim m^2 başına ortalama 1100 kWh'lık bir güneş enerjisi üretilebilir. Türkiye'nin aylara göre toplam güneş enerji potansiyelleri ile güneşlenme süreleri Tablo 3.1' de gösterilmiştir (TMMOB, 2014).

Tablo 3.1: Türkiye'nin toplam güneş enerji potansiyelinin aylara göre dağılımı (TMMOB, 2014).

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kcal/cm ² ay) (kWh/m ² -ay)		Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103.0
Şubat	5,44	63,27	115.0
Mart	8,31	96,65	165.0
Nisan	10,51	122,23	197.0
Mayıs	13,23	153,86	273.0
Haziran	14,51	168,75	325.0
Temmuz	15,08	175,38	365.0
Ağustos	13,62	158,40	343.0
Eylül	10,60	123,28	280.0
Ekim	7,73	89,90	214.0
Kasım	5,23	60,82	157.0
Aralık	4,03	46,87	103.0
Toplam	112,74	1311.00	2640
Ortalama	308.0 Cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

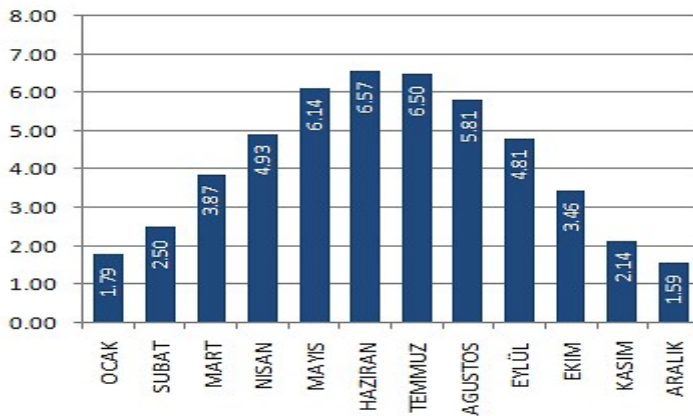
Ülkemizin güneş enerji potansiyelinin bölgelere göre dağılımına baktığımızda ilk sırada Güneydoğu Anadolu Bölgesi gelmektedir. İkinci olarak Akdeniz bölgesi ve onu da sırasıyla Doğu Anadolu Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi takip etmektedir (Kılıç, 2011).

Karadeniz Bölgesi ise ülkemizde güneş enerjisi açısından en düşük potansiyele sahip bölgedir (Kılıç, 2011). Türkiye'nin bölgelere göre güneş enerji potansiyeli dağılımı Tablo 3.2 'de gösterilmiştir (TMMOB, 2014).

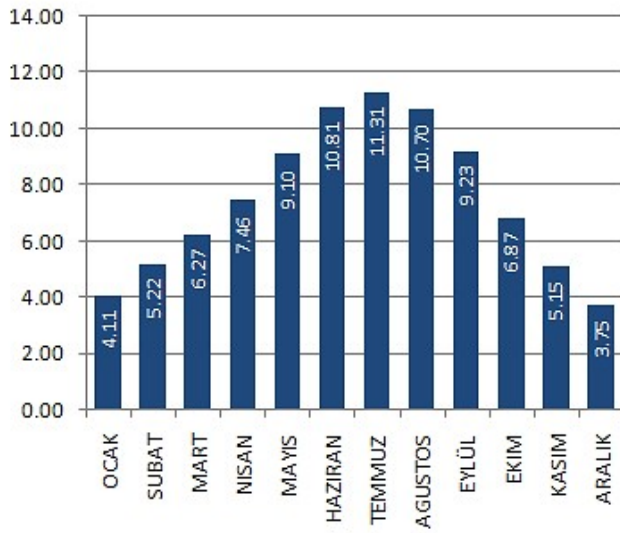
Tablo 3.2: Türkiye'nin güneş enerji potansiyelinin bölgelere göre dağılımı (TMMOB, 2014).

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

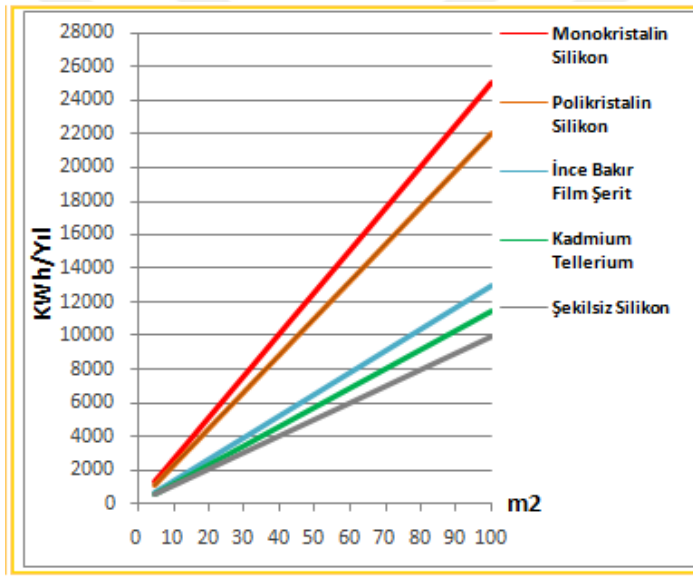
Ayrıca, Türkiye'nin global radyasyon değerleri Şekil 3.3'te ve Türkiye'nin güneşlenme süreleri Şekil 3.4'te verilmiştir (GEPA, 2015).



Şekil 3.3: Türkiye'nin global radyasyon değerleri (kWh/m².gün) (GEPA, 2015).



Şekil 3.4: Türkiye'nin aylık güneşlenme süreleri (saat) (GEPA, 2015).



Şekil 3.5: Ülkemizde PV tipi alan üretilbilecek enerji (kWh-Yıl) (GEPA, 2015).

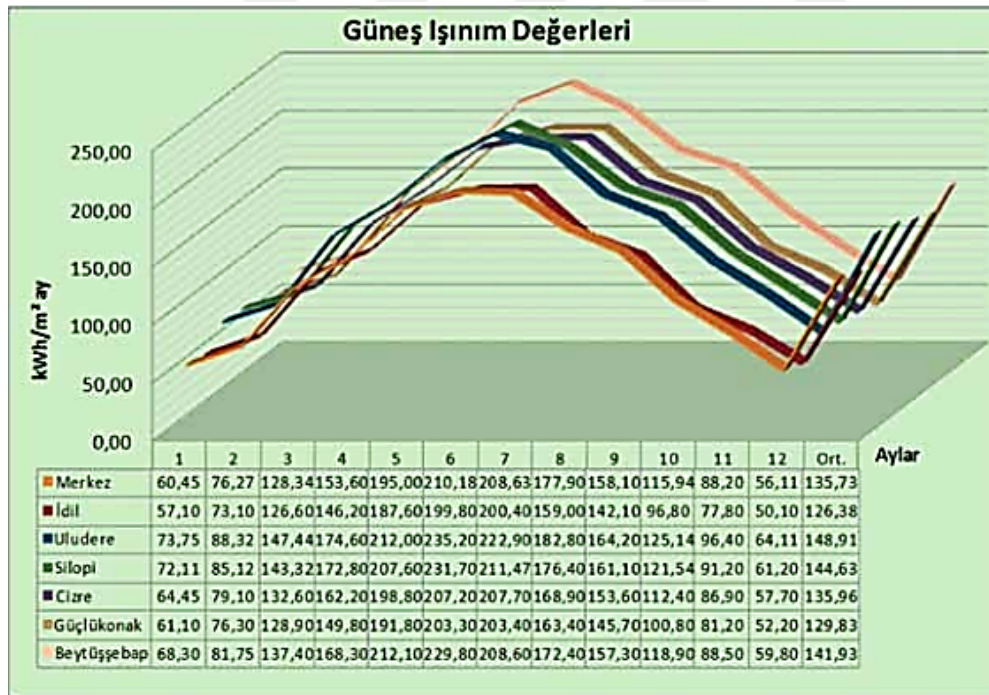
4. MATERYAL VE METOD

4.1. Şırnak Bölgesinin Yıl Boyunca İklimi ve Hava Durumu

Şırnak ili Ülkemizin Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan ve 537.762 nüfusuna sahip gelişmekte olan iller arasındadır. Şırnak ili bölgesinde karasal iklim görülmektedir. Kış ayları uzun, karlı ve çok sert yazları ise kurak ve sıcak bir şekilde geçmektedir. Yıl boyunca sıcaklık ortalama -2°C ile 34°C aralığında değişiklik gösterirken nadiren -6°C ile 37°C üzerinde olur. Güneş enerjisi santrali kurulumu açısından verimli bölgeler arasındadır.

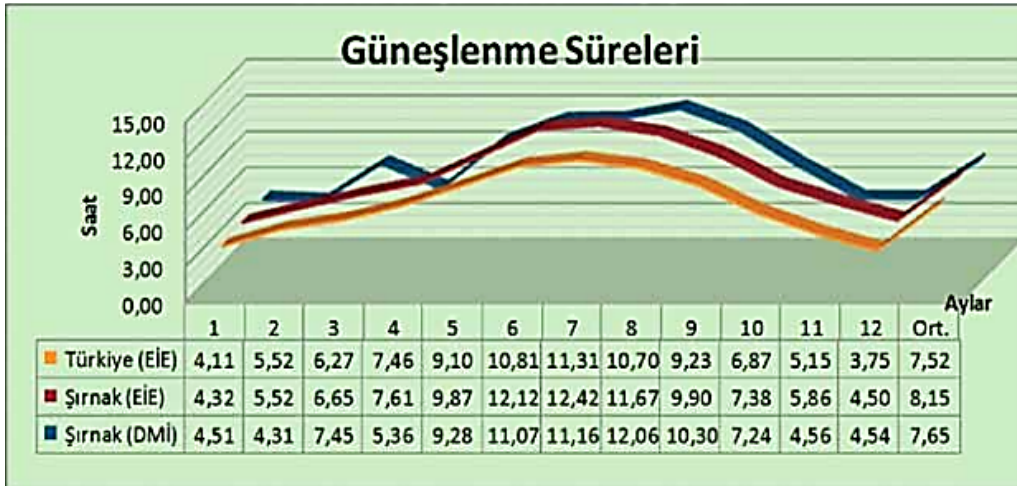
4.2. Şırnak İlinin Güneş Enerji Potansiyeli

EİE'nin raporlamış olduğu verilere göre Türkiye için güneş ışınlam değerleri Haziran ayında 6.57 kWh/m^2 gün ile en yüksek değerdeyken Aralık ayında ise 1.59 kWh/m^2 gün ile en düşük değer olarak ölçülmüştür (Polat, 2012).



Şekil 4.1: Şırnak ilinin güneş ışınlam değerlerinin ilçelerle karşılaştırılması ($\text{kWh/m}^2\text{gün}$) (Polat, 2012).

YEK (Yenilenebilir Enerji Kaynakları)'in araştırmalarına göre Şırnak ilinin merkez ve ilçelerinin aylık olarak güneş ışınlam değerleri Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.2: Güneşlenme sürelerinin karşılaştırılması (Polat, 2012).

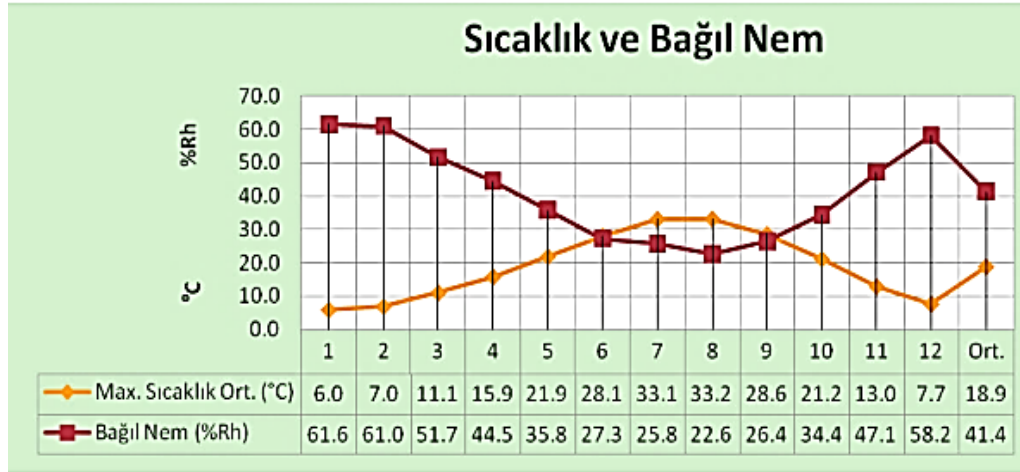
Yukarıda verilen Şekil 4.2'ye göre; EİE'nin ülke geneli için tespit ettiği verilere göre en düşük güneşlenme süre değeri Aralık ayında 3,75 saat olarak ölçülürken iken en yüksek değer ise Haziran ayında 10.81 saat olarak tespit edilmiştir. EİE'nin Şırnak ili için yapmış olduğu araştırmada ise güneşlenme süresi en düşük Ocak ayında 4,32 saat olarak hesaplanırken en yüksek değer ise Haziran ayında 12,12 saat olarak tespit edilmiştir (Polat, 2012).

Şırnak ili için yapılmış olan bir diğer araştırma ise Devlet Meteorolojisi İşleri (DMİ) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmaya göre ise Şırnak ilinde en düşük güneşlenme süresi Şubat ayında 4,31 saat iken en yüksek değer ise Ağustos ayında 12,06 saat olarak tespit edilmiştir (Polat, 2012).

DMİ ve EİE verilerine göre ortalama en düşük ve en yüksek güneşlenme süreleri baz alındığında Türkiye ortama değerlerinin üstünde yer almıştır. Ortalama değerleri açısından EİE'nin raporlamış olduğu verilere göre ülkemizdeki güneşlenme süresi 7,52 saat Şırnak ili için ise bu değer 7,32 saat olduğu tespit edilmiştir. Şırnak ili için DMİ'nin yayınlamış olduğu verilere göre ise güneşlenme süresi 7,65 saat olarak tespit edilmiştir (Polat, 2012).

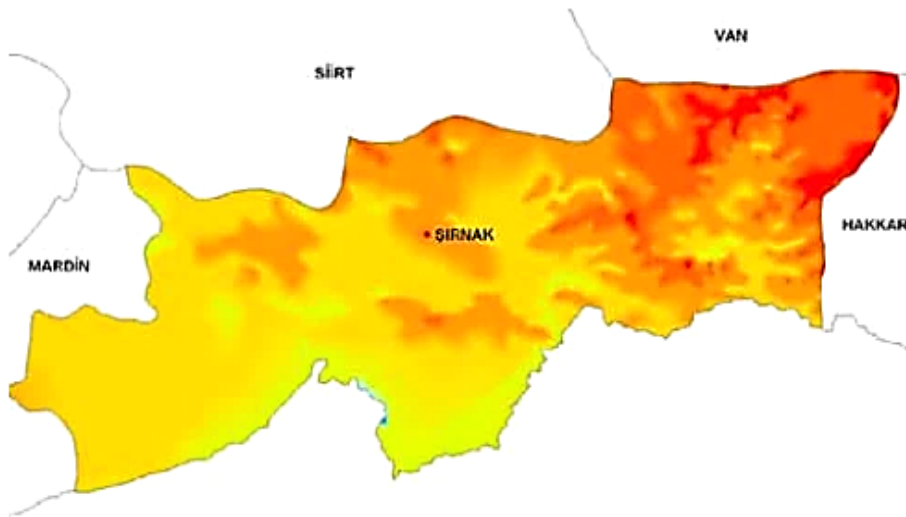
Güneş enerji sistemlerinin kurulacağı yerlerde sıcaklık değerleri ile beraber bağıl nem değerleri de önem taşımaktadır. Bağıl nem ve sıcaklık değerleri malzemeler üzerinde yıpranma ve değişim meydana getirmektedir. Bu da malzemelerin kullanım ömürlerini olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bundan dolayı güneş sisteminin kurulacağı yerde

bağıl nem değerinin düşük olması malzemeler için daha uzun kullanım olanağı sağlayacaktır. Şekil 4.3'te Şırnak ili için bağıl nem ve sıcaklık değerleri grafik şeklinde verilmiştir. Bu grafiğe göre Şırnak ilinde kurulacak olan güneş santralinin kullanım ömrünün bağıl nem değerinin yüksek olduğu illere göre daha uzun olacağı muhtemeldir. Örnek olarak Antalya ilinde bağıl nem oranı yüksek olduğu için burada kurulacak güneş sisteminin ömrünün daha kısa olması beklenir (Polat, 2012).



Şekil 4.3: Şırnak ili için sıcaklık ve bağıl nem değerleri (Polat, 2012).

EİE'nin Şırnak'ın il ve ilçeleri için toplam güneş radyasyon harita verileri Şekil 4.4'te verilmiştir (Polat, 2012).



Şekil 4.4: Şırnak ili için güneş enerji atlası (Polat, 2012).

4.3. PVsyst Simülasyon Programı

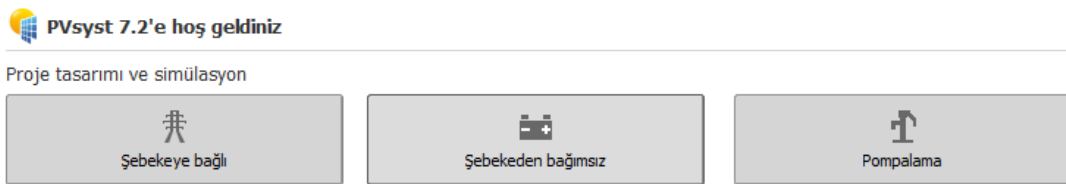
İsviçre Cenevre Üniversite'sinde geliştirilen PVsyst programı, PV sulama sistemlerinde, şebekeden bağımsız veya şebeke bağlantılı PV sistemlerinin tasarımlarının yapılarak sonuçlarının incelenmesinde kullanılan bir simülasyon programıdır. PVsyst programı benzerleri ile karşılaştırıldığında daha detaylı hesaplamalar yapmakta ve farklı parametrelerin kullanımına olanak sağlamaktadır (Akcan ve ark., 2020). Programın 1 aylık deneme sürümü, programı öğrenmek isteyenler için web sitesinde herkese erişilebilir bir şekilde bulunmaktadır (www.pvsyst.com).

4.4. Fotovoltaik Sistem Tasarımı

Şebekeye bağlı 10 MW'lık fotovoltaik sistemin, PVsyst programıyla gerçekleştirilmesi aşağıda adım adım olarak verilmiştir.

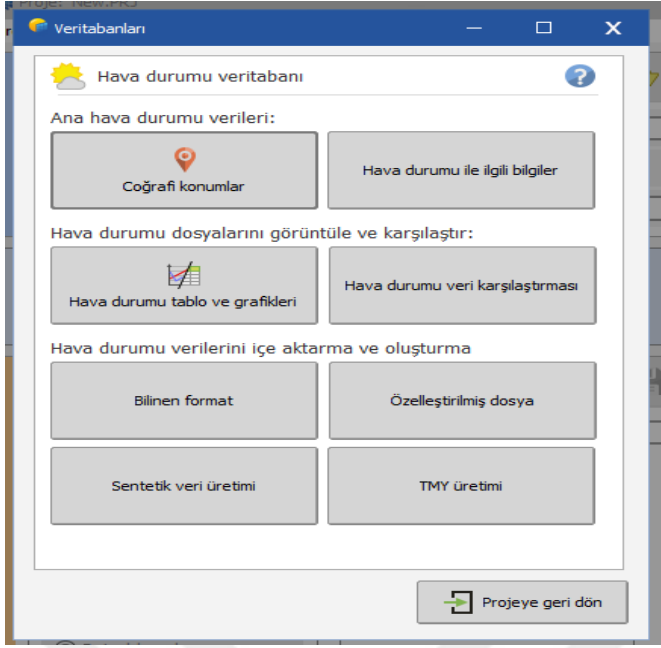
4.4.1. Uygun Projenin Seçilmesi ve Coğrafi Konum Bilgilerinin Programa Girişi

Programın girişinde üç farklı proje sistem seçimi bulunmaktadır. Bunlar şebeke bağlantılı (On Grid) sistem, şebekeden bağımsız (Off Grid) sistem ve pompalama sistemidir (Akcan ve ark., 2020). Yapılan proje türüne göre uygun bir sistem seçilir. Şırnak Belediyesi için düşünülen 10 MW'lık şebekeye bağlı proje için uygun olan 'şebekeye bağlı' butonu seçilir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: PVsyst proje sistem seçimi.

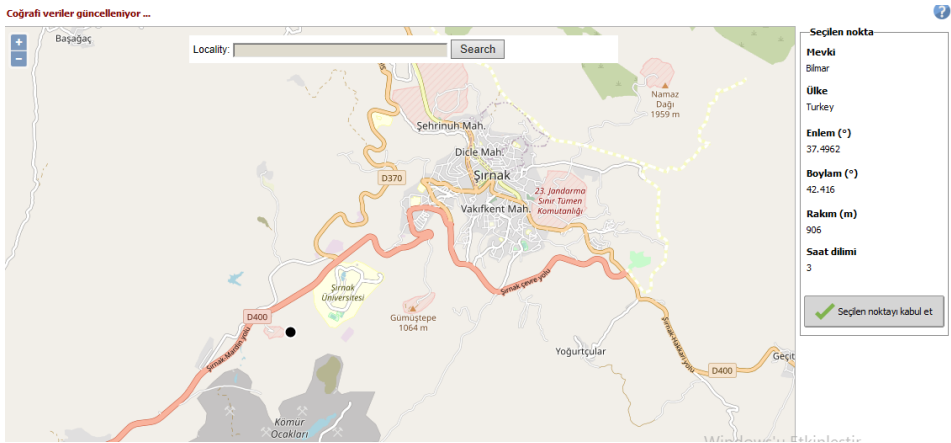
Coğrafi konuma ait veriler aşağıdaki sıraya göre girişleri yapılır (Şekil 4.6).



Mevcut coğrafi konum: Bilmar_MN80.SIT

Ara

Dosya adı	Şehir	Ülke	Veri kaynağı
Bilmar_MN80.SIT	Bilmar	Türkiye	Meteonorm 8.0 (1985-2000), Sat=% 100
Burdur	Burdur	Türkiye	MeteoNorm 8.0 stasyon
Gaziantep	Gaziantep	Türkiye	MeteoNorm 8.0 stasyon
Isparta	Isparta	Türkiye	MeteoNorm 8.0 stasyon
Izmir/Candibi	Izmir/Candibi	Türkiye	MeteoNorm 8.0 stasyon
Kayseri/Arançık	Kayseri/Arançık	Türkiye	MeteoNorm 8.0 stasyon
Kayseri/Erkelet	Kayseri/Erkelet	Türkiye	MeteoNorm 8.0 stasyon
Muğla/Dirlivan	Muğla/Dirlivan	Türkiye	MeteoNorm 8.0 stasyon
Niğde/Kumluca	Niğde/Kumluca	Türkiye	MeteoNorm 8.0 stasyon
Sinop/Bostanlı	Sinop/Bostanlı	Türkiye	MeteoNorm 8.0 stasyon
Şırnak MN80.SIT	Şırnak	Türkiye	Meteonorm 8.0 (1985-2000), Sat=% 100



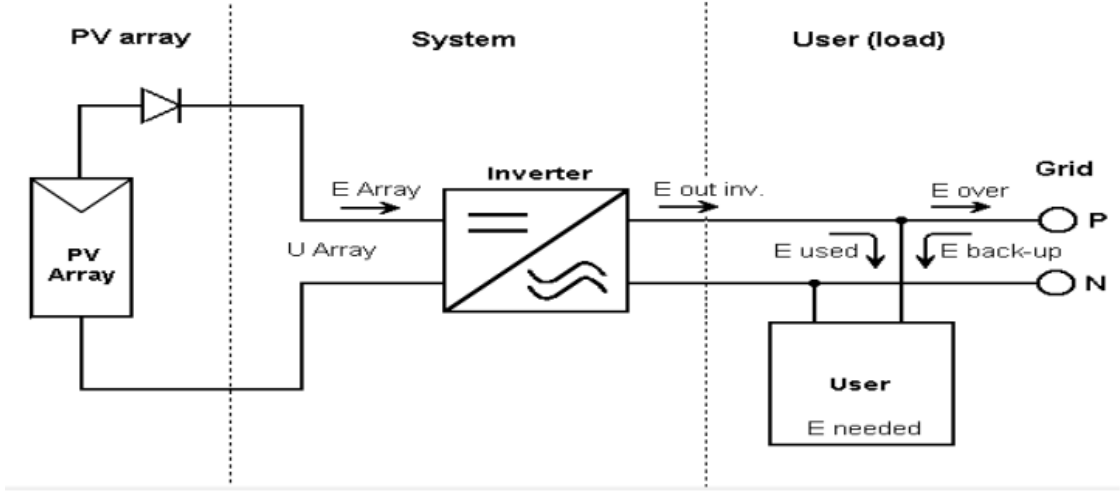
Şekil 4.6: Coğrafi koordinatlar için giriş penceresi.

İstenilen konum, Şekil 4.7’de gösterildiği gibi belirlendikten sonra OK işaretine basılarak coğrafi konum bilgileri girilmiş olur.

Şekil 4.7: Coğrafi koordinatların yer aldığı pencere.

4.4.2. Güneş PV Şebekesinin Sistem Tanımı

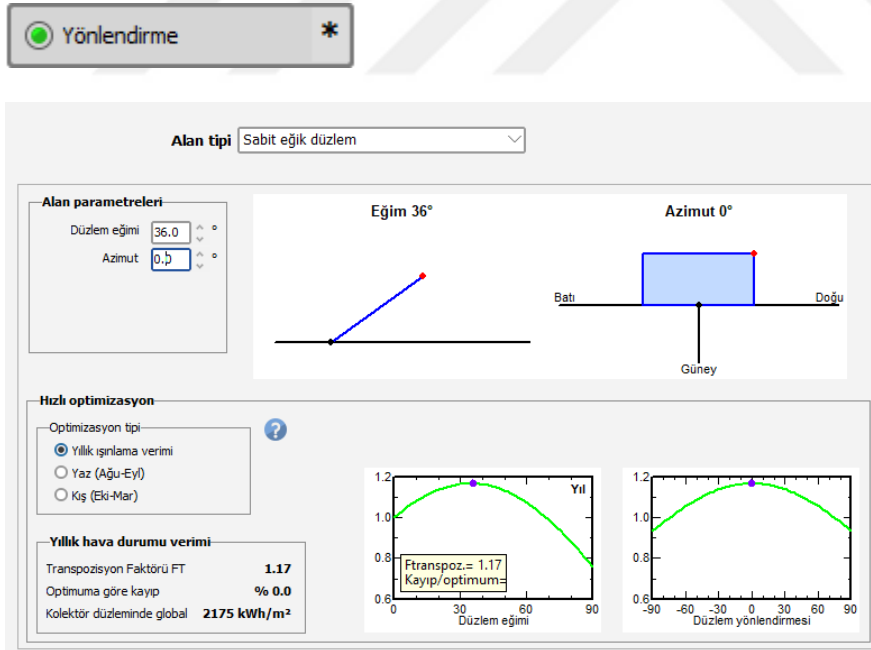
Şebeke bağlantılı PV sistemleri; şebeke bağlantı ekipmanı, güç koşullandırma ünitesi, inverter ve güneş panelinden oluşmaktadır. Enerjiyi depo etmek için kayıplar oluşmayacağından dolayı güneşten elde edilen güç etkin bir şekilde kullanılabilir. Projelendirdiğimiz sistem Şekil 4.8’deki gibi PV sistem yazılımıyla gösterilmiştir (Akcan ve ark., 2020).



Şekil 4.8: Şebeke bağlantılı PV sistem.

4.4.3. Fotovoltaik (PV) Sistemin Yönlendirmesi

Yönlendirme butonuna basılarak fotovoltaik sistemin yönlendirmesi yapılır (Şekil 4.9). Şırnak ilinin coğrafi konum bilgileri girildikten sonra azimut değeri sıfır olana kadar düzlem eğimi değiştirilir (Akcan ve ark., 2020). Şırnak ili için uygun eğim ise 36° 'dir.

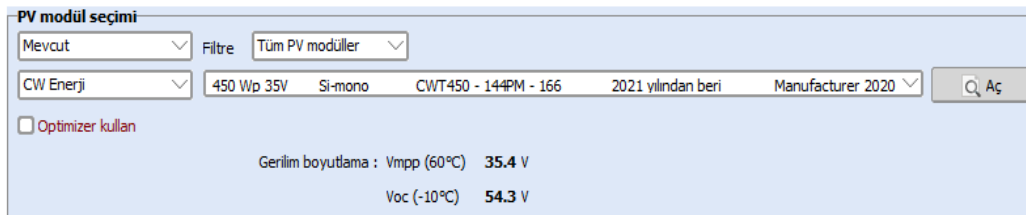


Şekil 4.9: PV sistem yönlendirme ekranı.

Arapça kökenli olan ve “yön” anlamına gelen azimut açısı, bir cismin güney kaynağından olan açısal uzaklığın bir ölçüsüdür. Batı konumunda 90°, güney konumunda ise 0°’ye tekabül eder (Akcan ve ark., 2020).

4.4.4. Sistem için PV Modül Seçimi

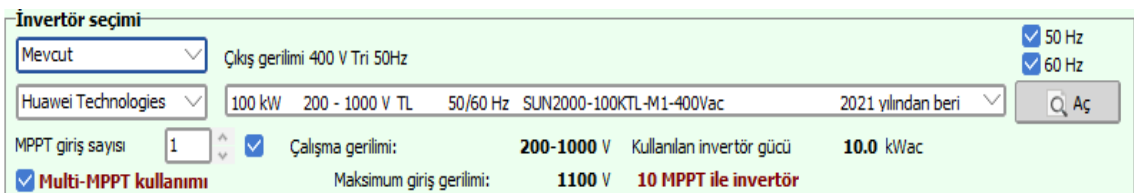
PVsyst programı ile tasarlanması düşünülen sistem için PV modüllerin yerleştirileceği alan ya da planlanmış olan güç üzerinden hesaplama yapılabilmektedir. Şırnak Belediye’si için düşünülen sistem için ise 10 MW’lık güç değeri dikkate alınarak panel seçimi yapılmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: PV modül seçme ekranı.

4.4.5. Sistem için Uygun Evirici (İnverter)Seçimi

PV panellerin kullanılarak enerji elde edilmesinde inverter, güneş panellerinden üretilen DC akımı AC akıma çevirmeye yarar. Program yazılımında uygun inverter seçimi çok önemli olmakla beraber seçilen inverterin uygun olmaması durumunda yazılım hata vermektedir. Uygun inverter seçimi Şekil 4.11’deki gibi seçilmiştir.



Şekil 4.11: İnverter seçme ekranı.

5. BULGULAR

PVsyst programının ara yüzünden görseller paylaşarak verilerin nasıl elde edildiği ve elde edilen bulguların ilgili programda nasıl bulunacağı adım adım bu tez kapsamında gösterilmiştir. Program dilinin İngilizce olarak kullanıldığı burada belirtilmelidir. PVsyst programından elde edilen veriler ışığında tam bir değerlendirme yapılmaktadır.

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: ŞIRNAK BELEDİYE

Variant: New simulation variant

No 3D scene defined, no shadings

System power: 10.00 MWp

Ceffane - Turkey

Şekil 5.1: Simülasyon rapor ara yüzü.

Şekil 5.1’de simülasyon raporunun ara yüzü yer almaktadır. Burada hangi sistem kullanıldığı (On-Grid), sistemin ne kadar güce sahip olduğu, projenin hangi ülkede yapılacağına dair bilgiler yer almaktadır.

Şekil 5.2’de proje özeti, sistem özeti, özet sonuçları ve içindekiler kısmı yer almaktadır. Proje özet sayfasında PVsyst programı kullanılarak Şırnak ili için ilgili coğrafi alan ve konum bilgileri, proje ayarları, hava durumu verileri gibi bilgilere yer verilmiştir.

Sistem özetinde ise proje ile ilgili sistemin özet bilgilerine yer verilmiştir. Burada alan oryantasyonu, PV alan yönlendirmesi, gölgelendirmenin olmadığı, kullanıcıların ihtiyaçları gibi bilgiler yer almaktadır.

Project summary			
Geographical Site	Situation	Project settings	
Ceffane	Latitude	37.48 °N	Albedo
Turkey	Longitude	42.45 °E	0.20
	Altitude	945 m	
	Time zone	UTC+3	
Meteo data			
Ceffane			
Meteonorm 8.0 (1985-2000), Sat=100% - Synthetic			

System summary			
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings		
PV Field Orientation	Near Shadings	User's needs	
Fixed plane	No Shadings	Unlimited load (grid)	
Tilt/Azimuth	25 / 0 °		
System information			
PV Array		Inverters	
Nb. of modules	22224 units	Nb. of units	77 units
Pnom total	10.00 MWp	Pnom total	7700 kWac
		Pnom ratio	1.299

Results summary			
Produced Energy	18920 MWh/year	Specific production	1892 kWh/kWp/year Perf. Ratio PR
			79.61 %

Table of contents	
Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	5
Loss diagram	6
Special graphs	7

Şekil 5.2: Proje özet sayfası.

Şekil 5.3'te genel parametreler, PV dizi özellikleri ve dizi kayıpları ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Genel parametre kısmında PV alan yönlendirmesi, yakın gölgelendirme, horizon ve kullanıcıların ihtiyaçları gibi bilgilere yer verilmiştir.

PV dizi özellikleri bölümünde ise kullanılacak olan PV modülün ve inverterin gücü, akımı ve yapı özellikleri hakkında bilgiler yer almaktadır. Son olarak dizi kayıpları bölümünde ise dizi kirlenme kayıpları, DC kablolama kayıpları, modül uyumsuzluğu, termal kayıp faktörü ve ışık kaynaklı bozulmalar hakkında verilere yer verilmiştir.

General parameters		
Grid-Connected System	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation		
Orientation	Sheds configuration	Models used
Fixed plane	No 3D scene defined	Transposition Perez
Tilt/Azimuth	25 / 0 °	Diffuse Perez, Meteonorm
		Circumsolar separate
Horizon	Near Shadings	User's needs
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics			
PV module		Inverter	
Manufacturer	CW Enerji	Manufacturer	Huawei Technologies
Model	CWT450 - 144PM - 166	Model	SUN2000-100KTL-M1-400Vac
(Original PV/syst database)		(Original PV/syst database)	
Unit Nom. Power	450 Wp	Unit Nom. Power	100 kWac
Number of PV modules	22224 units	Number of inverters	770 * MPPT 10% 77 units
Nominal (STC)	10.00 MWp	Total power	7700 kWac
Modules	1389 Strings x 16 In series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>30°C)	110 kWac
Pmpp	9111 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.30
U mpp	592 V		
I mpp	15384 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	10001 kWp	Total power	7700 kWac
Total	22224 modules	Nb. of inverters	77 units
Module area	48375 m²	Pnom ratio	1.30
Cell area	43844 m²		

Array losses								
Array Soiling Losses		Thermal Loss factor		DC wiring losses				
Loss Fraction	1.0 %	Module temperature according to irradiance		Global array res.	0.43 mΩ			
		Uc (const)	20.0 W/m²K	Loss Fraction	1.0 % at STC			
		Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s					
LID - Light Induced Degradation		Module Quality Loss		Module mismatch losses				
Loss Fraction	2.0 %	Loss Fraction	-1.0 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP			
Strings Mismatch loss								
Loss Fraction	1.0 %							
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): User defined profile								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	1.000	0.990	0.956	0.856	0.755	0.597	0.363	0.024

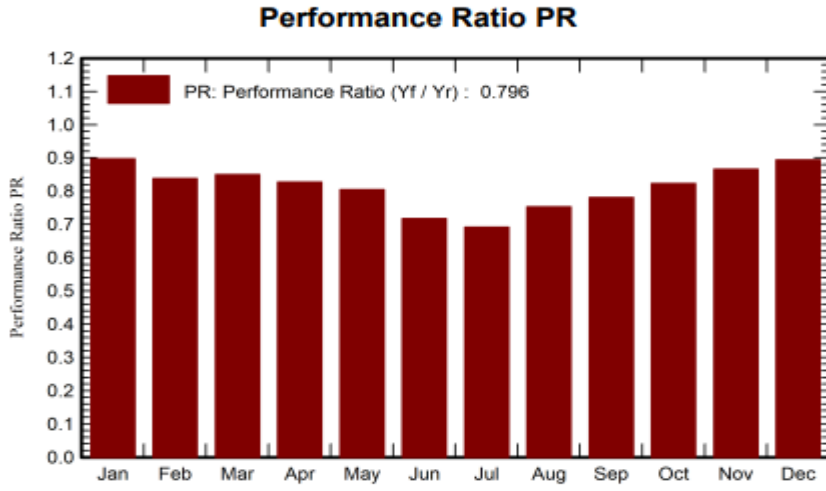
Şekil 5.3: Genel parametre sayfası.

System losses	
Unavailability of the system	
Time fraction	2.0 %
	7.3 days,
	3 periods
AC wiring losses	
Inv. output line up to injection point	
Inverter voltage	400 V _{ac} tri
Loss Fraction	0.31 % at STC
Inverter: SUN2000-100KTL-M1-400Vac	
Wire section (77 Inv.)	Copper 77 x 3 x 120 mm²
Average wires length	25 m

Şekil 5.4: Sistem ve AC kablolama kayıpları.

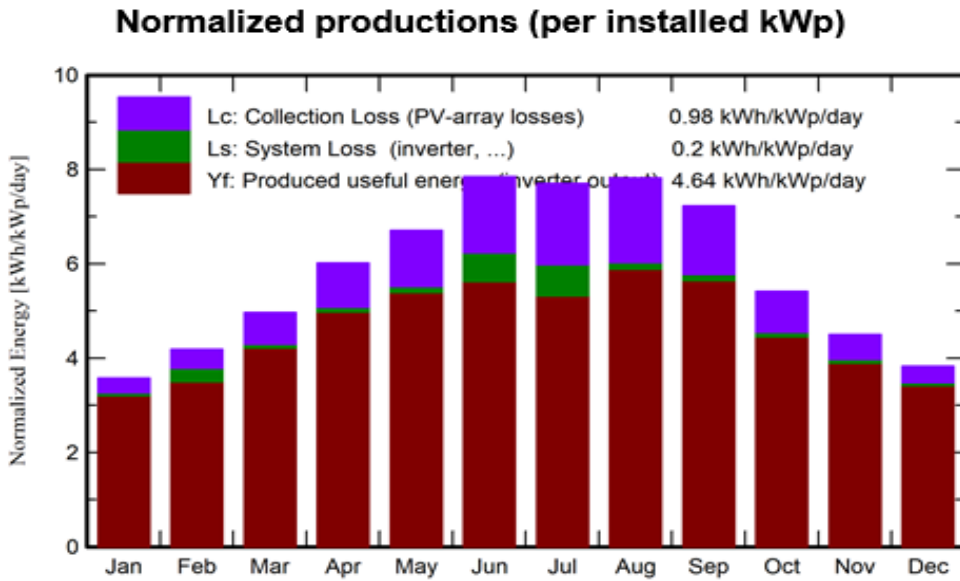
Şekil 5.4'te sistem kayıpları ve AC kablolama kayıpları hakkında veriler yer almaktadır.

Şekil 5.5'te bir yıl içerisinde her ay için olay enerjisinin PR (Performans Oranı) değerlerinin yer aldığı grafik verilmiştir. Ortama oran değeri 0.796'dır.



Şekil 5.5: Performans oranı aylık değişim grafiği.

Şekil 5.6'ya göre yıl boyunca toplam enerji çıkışı 4,64 kWh/gün, PV dizi kayıpları 0.98 kWh/gün, sistem ya da inverter kayıpları ise 0.2 kWh/gün olarak sonuçlanmıştır.



Şekil 5.6: Normal üretim ve kayıp faktörleri.

Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
January	73.7	28.87	3.26	110.7	107.2	1013	994	0.898
February	88.0	39.52	5.44	117.1	113.6	1060	981	0.838
March	128.7	54.91	10.34	153.9	148.5	1334	1308	0.849
April	168.5	71.77	14.91	180.5	174.1	1525	1494	0.827
May	208.0	69.12	20.92	207.9	200.4	1713	1674	0.805
June	246.1	54.88	27.35	235.3	226.7	1872	1689	0.718
July	244.5	58.45	31.51	238.8	230.1	1857	1651	0.691
August	229.7	43.79	30.90	242.5	234.1	1872	1825	0.753
September	183.4	38.54	25.45	216.9	209.6	1735	1693	0.781
October	127.2	37.47	19.33	167.7	162.7	1412	1381	0.823
November	88.6	26.29	10.54	135.0	131.1	1193	1169	0.866
December	73.7	24.22	5.06	118.6	115.3	1081	1060	0.894
Year	1860.1	547.83	17.15	2125.1	2053.4	17668	16920	0.796

Legends

GlobHor Global horizontal irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T_Amb Ambient Temperature

GlobInc Global incident in coll. plane

GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

EArray Effective energy at the output of the array

E_Grid Energy injected into grid

PR Performance Ratio

Şekil 5.7: Genel sonuçlar.

Şekil 5.7 de ise tasarlanan sisteme dair gene veriler verilmektedir. Şebeke bağlantılı (On-Grid) bir sistemin üreteceği enerji ve kayıplar birden çok faktöre bağlanabilmektedir. Burada sistemin işletilmesi sırasında oluşabilecek arızalar, kurulumun yapılacağı alan etrafında bulunan yapılar, sistemin coğrafi konum özellikleri, sistem konfigürasyonu ve sistemi meydana getiren bileşenlerin nominal karakteristik değerleridir (Deniz, 2013).

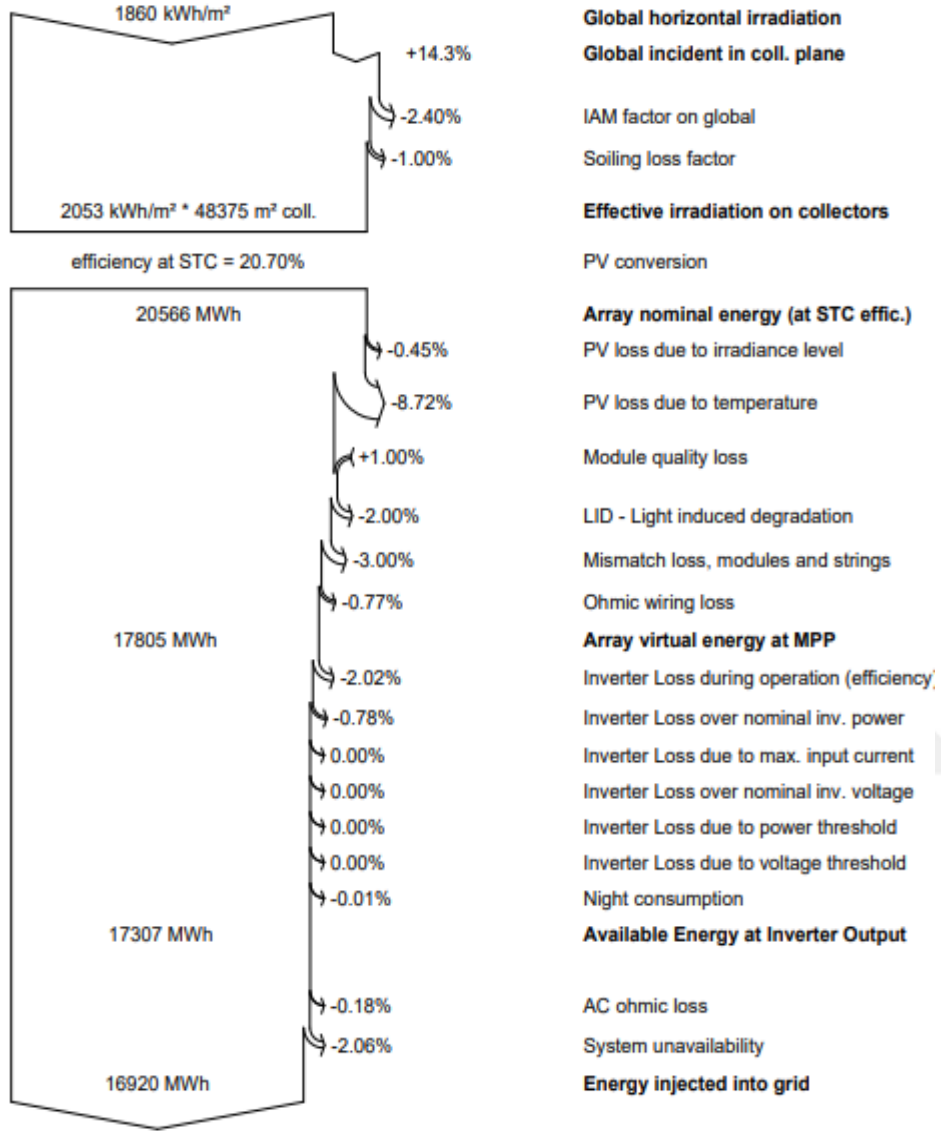
Bir fotovoltaik sistemin performansı Performance Ratio - PR (Performans Oranı - PO) diye adlandırılan parametreyle değerlendirilmektedir. On Grid bir sistemin PO değeri sistemin alternatif akım çıkışında üretilmiş olan enerjinin Standart Test Koşulları (AM-Air Mass 1.5 güneş spektrumu, 25°C solar hücre sıcaklığı ve 1000 W/ m² ışınım değeri) altında sistem içerisindeki fotovoltaik paneller tarafından üretilmiş olan enerjiye oranıdır (Deniz, 2013). Denklem 5.1 ve 5.2 matematiksel ifadelerini vermektedir.

$$PO = \frac{\text{Üretilen Enerji (Şebeke Çıkışındaki)}}{\text{Referans Enerji}} \quad (5.1)$$

$$PO = \frac{\text{Üretilen Enerji (Şebeke Çıkışındaki)}}{\text{Solar Işınım x Üreteç Alanı x STK'daki Modül Verimi}} \quad (5.2)$$

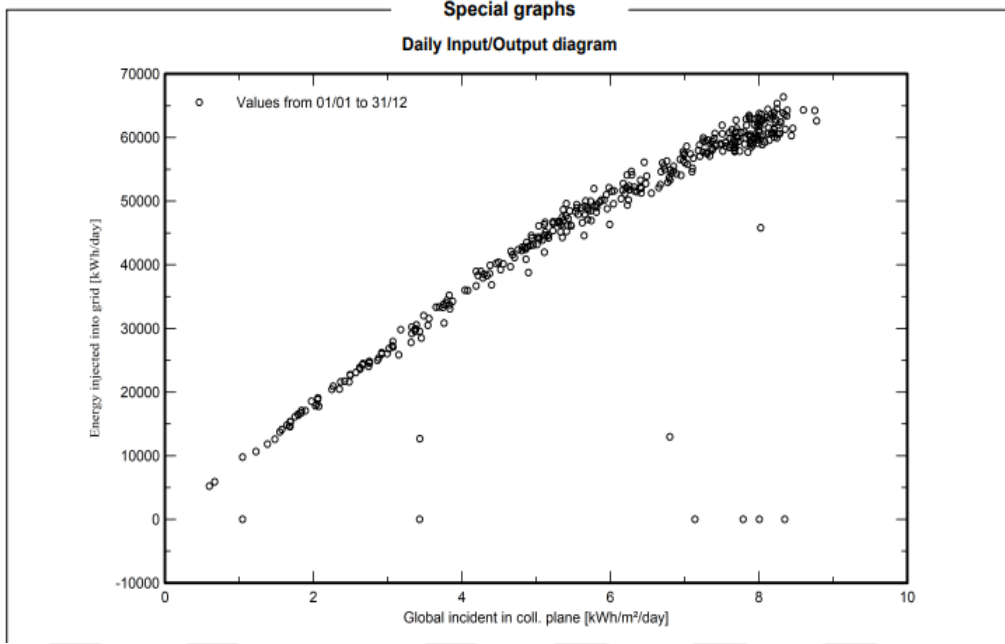
Şebeke çıkışındaki fotovoltaik sistem enerjisi, Standart Test Koşulları altında sistemdeki güneş modülleri tarafından üretilen enerjiden sistem kayıplarının düşürülmesi ile elde edilmektedir. Yani bir fotovoltaik sistemde kayıplar ne kadar

düşükse PO değeri o kadar yüksek olmuş olur. Bir fotovoltaik sistemde yer alan kayıplar Şekil 5.8’ teki gibi sınıflandırılmaktadır (Deniz, 2013).

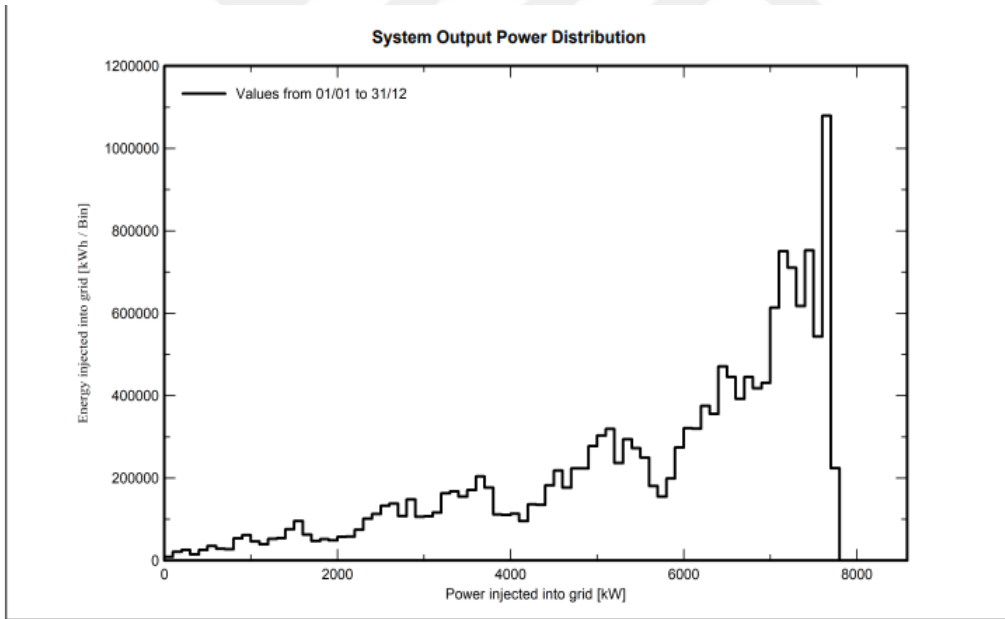


Şekil 5.8: Tümü yıl için kayıp diyagramı.

Şekil 5.9 ve 5.10 ise elde edilen özel grafiklerden günlük grid sisteme giriş/çıkış diyagramını ve sistemden çıkan güç dağılımını göstermektedir.



Şekil 5.9: Özel grafik değerleri.



Şekil 5.10: Sistem çıkış gücü dağıtım verileri.

Tablo 5.1’de sistemde kullanılacak toplam panel sayısı, bir panelin kapladığı alan ve toplam panellerin kapsayacağı alan bilgileri verilmiştir. Bu bilgilere göre toplam 22.223 adet panel kullanılacak ve toplamda 44.446 m^2 ’lik alan kullanılacaktır.

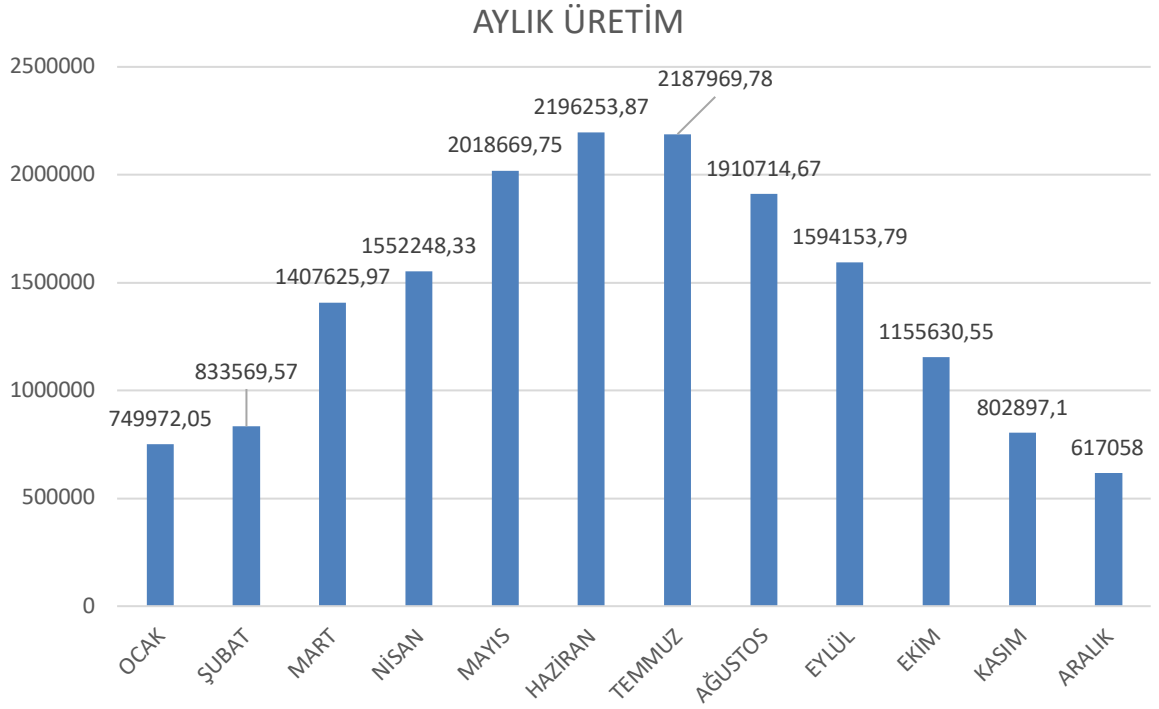
Tablo 5.1: Sistem için panel ve alan bilgileri.

	MİKTAR	BİRİM
TOPLAM PANEL ALANI	44446	m^2
1 PANELİN ALANI	2	m^2
TOPLAM PANEL SAYISI	22223	AD.
1 PANEL GÜCÜ WP	450	Wp
TOPLAM GES GÜCÜ KWP	10000,35	KWp
ŞEHİR	ŞIRNAK	m^2

Tablo 5.2’de sistemin aylara göre kWh cinsinden değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre bir yılda toplam 17026763,4 kWh enerji üretilecektir. Şekil 5.11 de aylık üretimin grafikleştirilmiş hali bulunmaktadır.

Tablo 5.2: Sistemin aylık üretim değerleri.

AYLAR	GÜN	GÜNEŞLENME SÜRESİ	KURULU AC GÜÇ	KAYIPLAR (kWh)	GÜNLÜK KAYIP (kWh)	GÜNLÜK ÜRETİM (kWh)	GÜNLÜK NET ÜRETİM (kWh)	AYLIK ÜRETİM (kWh)
OCAK	31	2,494	10000,35	300,01	748,23	24940,87	24192,65	749972,05
ŞUBAT	28	3,069	10000,35	300,01	920,73	30691,07	29770,34	833569,57
MART	31	4,681	10000,35	300,01	1404,35	46811,64	45407,29	1407625,97
NİSAN	30	5,334	10000,35	300,01	1600,26	53341,87	51741,61	1552248,33
MAYIS	31	6,713	10000,35	300,01	2013,97	67132,35	65118,38	2018669,75
HAZİRAN	30	7,547	10000,35	300,01	2264,18	75472,64	73208,46	2196253,87
TEMMUZ	31	7,276	10000,35	300,01	2182,88	72762,55	70579,67	2187969,78
AĞUSTOS	31	6,354	10000,35	300,01	1906,27	63542,22	61635,96	1910714,67
EYLÜL	30	5,478	10000,35	300,01	1643,46	54781,92	53138,46	1594153,79
EKİM	31	3,843	10000,35	300,01	1152,94	38431,35	37278,4	1155630,55
KASIM	30	2,759	10000,35	300,01	827,73	27590,97	26763,24	802897,1
ARALIK	31	2,052	10000,35	300,01	615,62	20520,72	19905,1	617058
TOPLAM					17026763,4 kWh			



Şekil 5.11: Sistemin aylık üretim grafiği.

Tablo 5.3 te tasarlanan sistem için fiyat listesi detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 5.3: Sistem için fiyat listesi.

SIRA NO	MALZEME BİLGİSİ	MARKA	MODEL	MALZEME SEÇİMİ				ADET/ TON METRE/SET	BİRİM FİYAT	1. FİYAT	2. FİYAT	3. FİYAT	4. FİYAT
				1. SEÇ.	2. SEÇ.	3. SEÇ.	4. SEÇ.		\$	\$	\$	\$	\$
1	PV PANEL	ÖDÜL	450 W	X				10.000.000,00	0,390 \$				
		HT	450 W			X			0,390 \$				
		PEKİNTAŞ	450 W		X				0,380 \$				
		CW	450 W				X		0,420 \$	3.900.000,00 \$	3.800.000,00 \$	0,00 \$	4.200.000,00 \$

Tablo 5.3'ün devamı.

2	İNVERTÖR	SUNGROW	110 KW	X					4.234,00 \$	330.252,00 \$	370.968,00 \$	407.160,00 \$	403.447,98 \$
		HUAWEİ	100KW		X				4.756,00 \$				
		SMA	100KW			X			5.220,00 \$				
		ABB	100KW				X	78,00	5.172,41 \$				
3	ÇELİK KONSTRÜKSİYON		TAMAMI ÇELİK	X		X			80.000,00 \$	800.000,00 \$	1.050.000,00 \$	800.000,00 \$	1.050.000,00 \$
			ALTI ÇELİK AŞIK KISMI AL.		X		X	10,0000	105.000,00 \$				
4	DC KABLÖLAR	NEXSANS	1x6 mm2	X					1,08 \$	324.000,00 \$	246.000,00 \$	246.000,00 \$	324.000,00 \$
		HES	1x6 mm2		X	X			0,82 \$				
		PRYZMIAN	1x6 mm2				X	300.000,00	1,08 \$				
5	AC KABLÖLAR	YAXV (NA2XY)	3x95+50 AL	X		X		6.000,00	1,49 \$	68.523,90 \$	174.243,90 \$	68.523,90 \$	174.243,90 \$
		YXZ2V (N2XRY)	3x95+50 CU		X		X	6.000,00	10,72 \$				
			3x120+50 AL.	X		X		1.400,00	2,00 \$				
			3x120+50 CU		X		X	1.400,00					
			3x150+70 AL.	X		X		1.800,00	2,16 \$				
			3x150+70 CU		X		X	1.800,00	19,18 \$				
			3x185+95 AL.	X		X		1.800,00	3,00 \$				
			3x185+95 CU.		X		X	1.800,00					
			3x240+120 AL.	X		X		1.000,00	3,50 \$				
			3x240+120 CU		X		X	1.000,00	31,41 \$				
			1X240 CU	X	X	X	X	400,00	31,41 \$				
			1X150 XLPE CU	X	X	X	X	1.400,00	22,46 \$				

Tablo 5.3'ün devamı.

6	MC4	MULTİCONTACT		X			X		3,50 \$				
		F. MULLER			X				2,10 \$				
		EKİNLER				X		5.500,00	2,60 \$	19.250,00 \$	11.550,00 \$	14.300,00 \$	19.250,00 \$
7	ELEKTRİK PANOLARI	AG PANO	GES AG PANO	X	X	X	X	5,00	40.000,00 \$	200 000,00 \$	200.000,00 \$	200.000,00 \$	200.000,00 \$
8	KABLO GEÇİŞ TAVALARI			X	X	X	X	5,00	1.025,64 \$	5 128,21 \$	5.128,21 \$	5.128,21 \$	5.128,21 \$
9	TOPRAKLAM A	ŞERİT+KAZIK+ APARATLAR	30X3,5 GAL. ŞERİT	X	X	X	X	3.000,00	1,60 \$				
			TOP. KAZ. GALVANİZ	X	X	X	X	100,00	14,00 \$				
			TOP. KAZ. CU	X	X	X	X	50,00	55,00 \$				
			1X25 NYAF	X	X	X	X	500,00	3,00 \$	14.942,00 \$	14.942,00 \$	14.942,00 \$	14.942,00 \$
			1X150 ÖRG BAKIR NYY	X	X	X	X	200,00	22,46 \$				
10	SCADA SİSTEMİ VE DATA LOGGER	YÖNETİME-LİĞE UYGUN		X	X	X	X	1,00	10.000,00 \$	10.000,00 \$	10.000,00 \$	10.000,00 \$	10.000,00 \$

Tablo 5.3'ün devamı.

11	ÇELİK KONSTRÜKSİYON İŞÇİLİK	ÇELİK KONSTRÜKSİYON, ELEKTRİK İŞÇİLİĞİ, EPC MÜH. HİZMETİ	ÇELİK KONSTRÜKSİYON, ELEKTRİK İŞÇİLİĞİ, EPC MÜH. HİZMETİ	X	X	X	X	1,00	536.500,00 \$	536.500,00 \$	536.500,00 \$	536.500,00 \$	536.500,00 \$
12	BETON KÖŞK	ulusoy	7x20 köşk	X	X	X	X	5,00	7.000,00	35.000,00 \$	35.000,00 \$	35.000,00 \$	35.000,00 \$
13	OG HÜCRE	ulusoy	1 ADET GİRİŞ ÇIKIŞ	X	X	X	X	7,00	4.307,69	50.607,69 \$	50.607,69 \$	50.607,69 \$	50.607,69 \$
		ulusoy	1 ADET ÖLÇÜ	X	X	X	X	1,00	4.153,85				
		ulusoy	1 ADET TRAFO KORUMA	X	X	X	X	5,00	1.700,00				
		ulusoy	1 ADET OTOP.	X	X	X	X	1,00	7.800,00				
14	CCTV SİSTEMİ		1 ADET	X	X	X	X	1,00	3.000,00	3.000,00 \$	3.000,00 \$	3.000,00 \$	3.000,00 \$
15	TRAFO	ulusoy	1600	X	X	X	X	5,00	20.000,00	100.000,00 \$	100.000,00 \$	100.000,00 \$	100.000,00 \$
16	KABLO PAPUCU	PAPUÇ	PAPUÇ	X	X	X	X	1,00	2.000,00	2.000,00 \$	2.000,00 \$	2.000,00 \$	2.000,00 \$
17	RÖLE AYARI	RÖLE AYARI	RÖLE AYARI	X	X	X	X	1,00	512,82	512,82 \$	512,82 \$	512,82 \$	512,82 \$
18	AYDINLATMA	AYDINLATMA LAMBASI	AYDINLATMA LAMBASI					1,00	1.205,64	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$
19	PARATONER SİSTEMİ	PARATONER	PARATONER					1,00	512,82	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$	0,00 \$

Tablo 5.3'ün devamı.

20	HAFRİYAT	HAFRİYAT	HAFRİYAT					1,00	15.000,00	10.200,00 \$	10.200,00 \$	10.200,00 \$	10.200,00 \$
		JCB	JCB	X	X	X	X	1,00	10.200,00				
21	İNŞ KALEMLERİ	TEL ÇİT	TEL ÇİT					1,00	2.564,10	9.924,00 \$	9.924,00 \$	9.924,00 \$	9.924,00 \$
		MİL KUMU+ BİMS	MİL KUMU+ BİMS	X	X	X	X	1,00	8.900,00				
		BETON KÖŞK BETONU + DEMİR	BETON KÖŞK BETON U + DEMİR	X	X	X	X	1,00	1.024,00				
22	DİĞER GİDERLER	ÇAKMA MAKİNASI	ÇAKMA MAKİNASI	X	X	X	X	1,00	10.000,00	40.000,00 \$	40.000,00 \$	40.000,00 \$	40.000,00 \$
		HIRDAVAT MALZEME İSG	HIRDAVAT MALZEME İSG	X	X	X	X	1,00	5.000,00				
		GENEL NAKLİYE	GENEL NAKLİYE	X	X	X	X	1,00	15.000,00				
		GÖRÜNMEYEN GİDERLER		X	X	X	X	1,00	10.000,00				
23	HARÇ GİDERLERİ	HARİTA APLİKASYON	HARİTA APLİKASYON	X	X	X	X	1,00	512,82	4.871,79 \$	4.871,79 \$	4.871,79 \$	4.871,79 \$
		PROJE ONAY HARC	PROJE ONAY HARC	X	X	X	X	1,00	1.538,46				
		GECİCİ KABUL HARC	GECİCİ KABUL HARC	X	X	X	X	1,00	2.307,69				
		PROJE ÇİZİM İNŞ+ELEK	PROJE ÇİZİM İNŞ+EL EK	X	X	X	X	1,00	512,82				
GENEL TOPLAM									6.464.712,405 \$	6.675.448,405 \$	2.558.670,405 \$	7.193.628,385 \$	
WP FİYATI									0,646 \$	0,668 \$	0,256 \$	0,719 \$	

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Enerji ihtiyacı dünyada giderek büyüyen bir sorun haline gelmiştir. Bu sorunu, fosil yakıtlar dışında yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ihtiyaç duyulan enerjiyi çevreye herhangi bir zarar vermeden çözmek mümkündür. Üstelik ülkemiz alternatif enerji kaynakları açısından yüksek bir potansiyele sahiptir. Özellikle konumu bakımından birçok ülkeye göre avantajlı durumdadır. Dünya da üretilen enerjiye göre ülkemizde üretilen yenilenebilir enerji kaynaklarının kayda değer bir payı olmasa da kendi için yaptığı kaynaklardan ciddi sayılabilecek ölçüde verim almaktadır (Yakıncı ve ark. Kök, 2017).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisi temiz, doğal ve sonsuz bir güç kaynağı olmakla beraber gelecek için çok önem arz eder. Çünkü yaşanan çevre kirlilikleri, küresel ısınma gibi sorunlar dünyamızı çok büyük tehlikelere sokmaktadır. Bu bağlamda geliştirilen ve hala araştırmaları devam eden güneş teknolojileri dünyamızı daha yaşanabilir hale getirecektir (Yakıncı ve ark. Kök, 2017).

Tez çalışması olarak düşünülen kamu binalarında güneş enerji sistemi gerek dünya açısından gerekse ülkemiz açısından yenilenebilir enerji kaynaklarına önemli derecede katkı sağlayacaktır. Güneş enerji santrallerinin kurulmasında en önemli parametrelerden biri santralin kurulacağı alanın coğrafi özellikleri ve iklim koşullarıdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde Şırnak ili güneş enerji potansiyeli açısından yüksek bir potansiyele sahiptir.

Şırnak ili Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan 42°28 doğu boylamı ve 37°31 kuzey enlemi üzerinde yer alan ve iklim özellikleri açısından ise yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlı olarak geçen karasal iklim içerisinde yer alan bir ildir. Kışları düşük sıcaklıklar görüldüğü için bulutlu gün sayısı ve yağışlı gün sayısı fazladır. Yıllık ortalama en düşük sıcaklık 11°C'dir. Ortalama yağışlı gün ise 85 gündür. Bununla birlikte aylık toplam yağış miktarı 712 mm'yi bulmaktadır.

Yaz mevsiminde sıcaklıklar artarak karasal iklimin getirisi olan kuraklık yaz ortasında belirginleşir. Şırnak'ın ortalama sıcaklığı 15,2°C'dir. Ortalama en yüksek sıcaklık ise 19,4°C 'dir. Sıcaklıklar Haziran ayından Eylül ayına kadar ortalama 29°C'nin üstünde değerler göstermektedir. Güneşlenme süresi en fazla Haziran, Temmuz, Ağustos, aylarında en yüksek olup ortalama 7,3 saattir.

Şırnak Belediyesi için düşünülen On Grid bağlantılı sistem bu tez kapsamında Pvsyst programı kullanılarak proje oluşturulmuştur. Bu proje kapsamında Şırnak Belediyesi için düşünülen sistemin belediyenin elektrik ihtiyacını karşılaması amaçlamaktadır. Aylık olarak yaklaşık 800.000 TL elektrik maliyeti olan belediyemizin böylelikle hem elektrik enerji ihtiyacı karşılanmış olacak hem de maliyet açısından belediyeye büyük bir kazanç sağlanmış olacaktır.

Tez kapsamında Şırnak ili için düşünülen GES'te toplamda 22.223 adet panel kullanılarak 44.446 m²'lik alanda şebeke bağlantılı (On-Grid) 10 MW'lık sistem projelendirilmiş olup dört farklı fiyat listesi oluşturulmuştur. Birinci maliyet hesabında kullanılması düşünülen Ödül markalı 450W PV paneller ve Sungrow tipi 110 kW'lık inverter çeşididir. Bunlara göre yapılan hesaplamada toplam maliyet 6.464.712,405 dolar olarak hesaplanmıştır. İkinci maliyet hesabında ise kullanılması düşünülen Pekintaş markalı 450 kW'lık PV paneller ve Huawei 100 kW'lık inverter çeşidi olarak seçilmiştir. Bunlara göre yapılan hesaplamada toplam maliyet 6.675.448,405 dolar olarak hesaplanmıştır. Üçüncü maliyet hesabında kullanılması düşünülen HT tipi 450W PV paneller ve SMA 110 kW'lık inverter çeşidi olarak seçilmiştir. Bunlara göre yapılan hesaplamada toplam maliyet 2.558.670,405 dolar olarak hesaplanmıştır. Dördüncü maliyet hesabında kullanılması düşünülen CV tipi 450W PV paneller ve ABB 100 kW'lık inverter çeşididir. Bunlara göre yapılan hesaplamada toplam maliyet 7.193.628,385 dolar olarak hesaplanmıştır.

Yaklaşık olarak aylık 800.000 TL elektrik masrafı olan Şırnak Belediyesi için düşünülen proje maliyetlerini 21.06.2022 tarihli Dolar–TL kurundan (1 Dolar=17,3162 TL) hesaplandığında;

- 1.Maliyet; 111.939.727,65 TL olarak hesaplanmış ve amortisman süresi 139,924 ay bu da 11,66 yıla denk gelmektedir.
- 2.Maliyet; 115.588.726,86 TL olarak hesaplanmış ve amortisman süresi 144,4859 ay bu da 12,04 yıla denk gelmektedir.
- 3.Maliyet; 44.306.448,47 TL olarak hesaplanmış ve amortisman süresi 55,38 ay bu da 4,61 yıla denk gelmektedir.
- 4.Maliyet; 124.566.307,84 TL olarak hesaplanmış ve amortisman süresi 155,7 ay bu da 12,97 yıla denk gelmektedir.

Bir güneş enerji santralının ömrü yaklaşık olarak 20 yıldır. Bu bağlamda elde edilen veriler değerlendirildiğinde en uygun maliyet hesabının 3. Maliyet olduğu görülmektedir. Yaklaşık olarak kendisi 5 yılda amort ecek sistemin 15 yıllık kar elde etmesi beklenmektedir. Bütün bilgiler ışığında, bu çalışma ile kamu binalarında, gelecek için en avantajlı enerji üretme yöntemleri arasında yer alan güneş enerjisi tüm dünya ve canlılar için çok fazla önem arz ettiğı düşünölmektedir.



KAYNAKÇA

- Akcan, E., Kuncan, M., & Minaz, M. R. (2020). PVsyst yazılımı ile 30 kW şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin modellenmesi ve simülasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 248-261.
- Arora, N.D., Hauser, J.R. 1982. Temperature dependence of silicon solar cell characteristics. *Sol. Energy Mater.*, 6, pp. 151–158.
- Atalay, Ö., Yorgun, B., Enerji, P., Erdem, R. 2019. Fotovoltaik (PV) Güneş Enerjisi Sistemleri Ve Çatı Uygulamaları.
- Baş, H. C. 2016. Fotovoltaik Sistemlerin Performans Değerlendirmesi, Karabük, 83 s.
- Brabec, C., Scherf, U., Dyakonov, V. 2008. Organic Photo Voltaics: Materials, Device Physics, and Manufacturing Technologies; Eds.; Wiley-VCH.
- Cuce, E., Cuce, P. M., Bali, T. 2013. An experimental analysis of illumination intensity and temperature dependency of photovoltaic cell parameters. *App. Energy*, 111, pp. 374–382.
- DEK-TMK (2020). “2020 Yenilenebilir enerji raporu,” Erişim: 22 Nisan 2022 <https://www.dunyaenerji.org.tr/2020-yenilenebilir-enerji-raporu>.
- Dinçer, İ., Ezan, M. A. 2020. Tüba Enerji Depolama Teknolojileri Raporu. *Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları*.
- Deniz, E. (2013). Güneş Enerjisi Santrallerinde Kayıplar.
- ETKB Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2015). “Güneş,” Erişim: 22 Nisan 2022, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>.
- GEPA (2015). Erişim: 28 Nisan 2022, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>,
- Goswami, D. Y. 2003. *Advances in Solar Energy: An Annual Review of Research and Development*; 15.
- GÜYAD (2021). “Türkiye elektrik enerjisi üretim istatistikleri,” Erişim: 23 Nisan 2022, <https://www.enerjiportali.com/turkiye-elektrik-enerjisi-uretim-istatistikleri-kasim>.
- İlhan C. , Ali G. 2018. Güneş Enerjisi ve Sistemleri, Dara Yayınları, Bursa, 42-114 s.
- Kamil B., M Talha G. 2006. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığının araştırılması, *UGHEK*, 270-275
- Kılıç, Ç. F. 2011. “Türkiye’deki Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerindeki Son Gelişmeler,” *Mühendis ve Makine Dergisi*, cilt 52, sayı 614, s. 103-115.
- Kılıç, Ç. F. 2011. “Türkiye’deki Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerindeki Son Gelişmeler,” *Mühendis ve Makine Dergisi*, cilt 52, sayı 614, s. 103-
- Kınal, A. 2013. Teorik Kimya ve Bilgisayar Yazılımları ile Kozmetik Ürün Tasarımı. *Kozmetik Kongresi*, Antalya, Türkiye.
- Koç, A. Yağlı, H., Koç, Y., Uğurlu, İ. 2018. Dünyada ve Türkiye’de enerji görünümünün genel değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 59(692), 86-114.
- Küçük, S. 2019. *OFF GRID Güneş sistemleri için yeni bir projelendirme aracı tasarımı* (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).
- Lior, N. 2008. *Energy*, 33, 842.

- Navruz, T.S. 2008. Arabant yapılı güneş pillerinde verim optimizasyonu. Doktora, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-143 s.
- Nejat, V. 1993. Güneş Enerjisi s.100-120, İletişim yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Öztürk, H. H. 2017. Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi Ve Etkili Etmenler. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri, 11-14.
- Öztürk, H.H. 2012. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsan Yayınevi, İstanbul, 203-204 s.
- Öztürk, H.H., Kaya, D. 2008. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi: Fotovoltaik Teknoloji, Umutepe Yayınları, Yayın No: 97, ISBN:978-605-5100-00-1.
- Öztürk, H.H., Kaya, D. 2019. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi: Fotovoltaik Teknoloji, Umutepe Yayınları, Yayın No: 97, İstanbul, 417 s.
- Polat, E. 2012. Şırnak İli Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Araştırılması Sonuç Raporu, Altınkalem Yayınları, Şırnak, ISBN:978-605-4536-12-2.
- Sağır, İ. H. 2021. Türkiye’de Enerji Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yeri (Doctoral dissertation, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- Sharma, S.K., Im, H., Kim, D.Y., Mehra, R.M. 2014. Review on Seand S-doped hydrogen a tedomorphous silicon films. Indian J. PureAppl. Phys., 52, pp, 293– 313.
- Şenay, G. 2011. Çok Eklemlı Güneş Pillerinde Detaylı Denge Modeli İle Verim Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Müh. Anabilim Dalı, Ankara, 20 s.
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası. (2014). “Türkiye’nin Enerji Görünümü,” Yayın No: MMO/2014/616, Ankara
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası. 2014. “Türkiye’nin Enerji Görünümü,” Yayın No: MMO/2014/616, Ankara
- Yakıncı Z. D., Kök, M. 2017. Yenilenebilir Enerji Ve Toplum Sağlığı. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi, 5(1), 43-55.
- YEGM (2015). “Enerji verimliliği, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Güneş Enerjisi, Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri,” Erişim: 22 Nisan 2022, <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/ yogunlastiricilar.html>.
- YEGM (2016). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Erişim: 24 Nisan 2022, http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Helin TAŞKIN

Eğitim Durumu

Lise : Cumhuriyet Anadolu Lisesi, 2014

Lisans : Sinop Üniversitesi – Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi –
Enerji Sistemleri Mühendisliği, 2019

Yüksek Lisans : Şırnak Üniversitesi – İş Sağlığı ve Güvenliği – Tezsiz Yüksek
Lisans, 2021

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Ciner Enerji GSD Holding – Stajyer, 2017

İş Yeri : Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş. – Stajyer, 2018