

T.C.

KİLİS 7 ARALIK ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNİN İNCELENMESİ VE
VERİMLİLİK ANALİZİ

NUR EL AHMED

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Mikail ÖZÇİLOĞLU

KİLİS

ÖZET
GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNİN İNCELENMESİ VE VERİMLİLİK
ANALİZİ

Nur ELAHMED

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Kilis7 Aralık Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Mikail ÖZÇİLOĞLU

Sayfa:75

Yıl: 2024

Tüm dünya enerji kullanımında hızla doğal kaynaklara yönelirken Türkiye de bu alanda önemli yatırımlar yapan bir ülke konumundadır. Tükenebilir kaynakların artan nüfus ve üretimle birlikte tükenme noktasına gelmiş olması doğal kaynaklara yönelimi hızlandırırken Güneş enerjisi de bu alandaki başlıca kaynak olarak ön plana çıkmaktadır. Çalışma kapsamında öncelikli olarak yenilenebilir enerji başlığı altında hem dünyada hem de Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin incelemelerde bulunulmuş olup bu doğrultuda konuya ilişkin literatür taranarak kitap, makale, tez, dergi ve benzeri hem basılı hem de dijital kaynaklardan yararlanılmış sonrasında Güneş enerjisinin avantajlarından, dezavantajlarından, ekonomik etkilerinden ve çevresel koşullarından bahsedilmiştir.

Türkiye’de Güneş enerjisine yönelik SWOT analizi gerçekleştirilirken SWOT analizinde üzerinde durulan hususlar ele alınmıştır. Çalışmanın son bölümlerinde güneş enerji santrallerinin verilerine ilişkin incelemelerde bulunularak Kilis ilinde PVsyst uygulaması ile güneş enerjisiyle bir örnek gerçekleştirilerek çalışma tamamlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Güneş, kaynak, verimlilik, Türkiye

ABSTRACT

INVESTIGATION AND EFFICIENCY ANALYSIS OF SOLAR POWER PLANTS

Nur ELAHMED

Electrical Electronic Engineering

Kilis7 Aralik University, Graduate Education Institute

Supervisor: Assist. Prof. Mustafa Mikail ÖZÇİLOĞLU

Page:75

Year: 2024

While the whole world is rapidly turning to natural resources in energy use, Turkey is a country that makes significant investments in this field. While the fact that exhaustible resources have reached the point of depletion with the increasing population and production accelerates the trend towards natural resources, solar energy also stands out as the main resource in this field. Within the scope of the study, studies on solar power plants were made and in this direction, the literature on the subject was scanned and books, articles, theses, magazines and similar both printed and digital sources were used.

While conducting SWOT analysis for solar energy in Turkey, the issues emphasized in the SWOT analysis were addressed. In the last sections of the study, the data of solar energy plants were examined and the study was completed by implementing an example with solar energy in Kilis province with the PVsyst application.

Keywords: Sun, source, Turkey, productivity

TEŞEKKÜR

Çalışma s¼recinde her t¼rl¼ yol g¼sterici olan, olumlu tavrıyla beni cesaretlendiren, bilgi birikimiyle çalıőmama farklı a¼ıllardan bakmamı sağlayan beraber çalıőmaktan ve her zaman ¼ęrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Dr. ¼ęr. Üyesi Mustafa Mikail ÖZÇİLOğLU'na sonsuz teőekk¼r ederim.

Son olarak t¼m hayatım boyunca benim yanımda olan aldığım kararları her zaman destekleyen ,sadece bu çalışma s¼recinde değil t¼m hayatım boyunca beni cesaretlendiren ve moral veren aileme sonsuz ő¼kranlarımı sunar ve teőekk¼r ederim.

05/09/2024

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Nur EL AHMED

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
GÖRSELLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Yenilenebilir Enerji	3
2.2. Dünya’da Yenilenebilir Enerji Kaynakları	4
2.3. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji	9
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	13
3.1. Güneş Enerjisi Araştırmaları	13
3.2. Güneş Enerjisi Avantajları	13
3.3. Güneş Enerjisi Dezavantajları	18
3.4. Güneş Enerjisi Kullanımı İçin Çevresel Koşullar	19
3.4.1. Yasal gereklilikler	23
3.4.2. Güneş enerjisi teknolojileri ve üretimi	26
3.4.3. Güneş enerjisi santrallerinde elektrik enerjisi elde etme prosesi	28

3.5. Güneş Enerjisinin Ekonomik Etkileri	32
3.6. PVsyst Simülasyon Programı.....	35
3.6.1.Fotovoltaik sistem tasarımı.....	35
3.6.2. PV (Fotovoltaik) sistemin yönlendirmesi.....	37
3.6.3. İnverter (Evirici) ve PV panellerin belirlenmesi.....	38
3.6.4. Sistemde kullanılacak PV modülünün belirlenmesi.....	39
3.6.5. PVSyst simülasyon sonuçları.....	41
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	43
4.1.Türkiye’de Güneş Enerjisi Ve SWOT Analiz	43
4.2. SWOT Analizi	44
4.3. Güneş Enerjisi Üretiminde SWOT Analizi Önceliklerinin Belirlenmesi	47
4.4. Mevcut Güneş Enerjisi Santrallerinin Üretimi Verileri İle İncelenmesi	53
4.4.1. Güneş enerji santralinde invertör gücü seçiminin üretime etkisi	53
4.4.2 Optimum boyutlandırma oranının belirlenmesi	56
4.4.2.1 İteratif yöntem	56
4.4.2.2 Enerji üretim eğrisi yöntemi	61
4.4.3. Panel yönünün enerji üretimine etkisi	66
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	69
6. KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ.....	75

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Türkiye ve Dünya Karbon Salınım-Yenilenebilir Enerji Kaynağı Tüketimi (2023-Ocak-Temmuz)	11
Tablo 3.1. Türkiye'nin Güneş Enerji Santrallerine İlişkin Temel Bilgiler 2023	17
Tablo 3.2. Bazı Ülkelerin Kaynak Açısından Elektrik Tüketim Oranları 2020	20
Tablo 3.3. Güneş Enerjisi Santralleri Kurulumu İçin Alan Gereklilikleri	22
Tablo 3.4. Güneş Enerjisi Santrali Kurulumunda Yer Seçimini Etkileyen Yasal Düzenlemeler 2023	23
Tablo 4.1. Güneş Enerjisi Santrali Haritasında İlk 5 İl	49
Tablo 4.2. Güneş Enerjisi İhtiyaç Sıralamasına Göre İlk 10 İl	50
Tablo 4.3. Farklı DC/AC Oranları İçin Örnek Üretim Karşılaştırması	54
Tablo 4.4. DC/AC Oranının 2023 Yılı Enerji Üretimine Etkisi	55
Tablo 4.5. DC/AC Oranının Grup 1 Enerji Üretimine Etkisi	58
Tablo 4.6 . DC/AC Oranının Grup 2 Enerji Üretimine Etkisi	59
Tablo 4.7. DC/AC Oranı Güç Eğrisi Parametreleri	62
Tablo 4.8. Optimum DC/AC Oranının Tespiti İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması	63
Tablo 4.9. DC/AC Oranının Günlük Enerji Üretimine Etkisi	65
Tablo 4.10. Yön ve Eğim Açısının GES Enerji Üretimine Etkisi	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Dünyadaki enerji kullanımı-Kaynak Dağılımı (2023)	4
Şekil 2.2. Dünyadaki Genel Enerji Kullanımı - Genel Başlık Dağılımı (2023)	5
Şekil 2.3. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Tablo (2023)	5
Şekil 2.4. Dünyada GES'i (Güneş Enerji Santralleri) En Çok Barındıran Ülkeler (Aralık 2022)	6
Şekil 2.5. Dünyadaki Rüzgar Santrali Kapasite Oranları (2022)	7
Şekil 2.6. Dünya'daki Jeotermal Enerji Kapasite Oranları (Aralık 2022)	7
Şekil 2.7. Dünyada'ki Hidroelektrik Kurulu Gücünün Kapasitesi (2021)	8
Şekil 2.8. Türkiye'nin Genel Enerji Kaynağı Kullanımı (2022)	9
Şekil 2.9. Türkiye'deki Fosil Yakıt Tüketimi Oranları (2022)	10
Şekil 2.10. Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Oranı (2022)	10
Şekil 3.1. Dünyamızın Güneş Enerjisi Potansiyeli Diyagramı	21
Şekil 3.2. Parabolik Çanak Güneş Kollektörü Görseli	27
Şekil 3.3. Güneş Pili İle Elektrik Üretimi Akış Diyagramı	29
Şekil 3.4. Güneş Enerji Panelinin İç Kesiti	30
Şekil 3.5. Fotovoltaik (PV) Hücre Yapısı (2022)	30
Şekil 3.6. U Tipi Vakum Tüpü Çalışma Prensibi	31
Şekil3.7. Coğrafi koordinatlar giriş penceresi.....	36
Şekil 3.8. Coğrafi koordinatlar değerlerinin penceresi.....	36
Şekil 3.9.Coğrafi konum parametreleri.....	37
Şekil 3.10. PV Paneller için panel açısı ve Azimuth değer tablosu.....	38
Şekil 3.11. İnverter Seçim Ekranı.....	39

Şekil 3.12. İnverter Verimlilik Eğrisi.....	39
Şekil 3.13. PV Modül Seçim Ekranı.....	39
Şekil 3.14. Panel özellikleri.....	40
Şekil 3.15. PV Modül Karakteristik Eğrisi.....	40
Şekil 3.16. performans oranı aylık değişim grafiği.....	41
Şekil 3.17. PV Hücre Sıcaklık/Verim Grafiği.....	41
Şekil 3.18. Normal üretim ve kayıp faktörler.....	42
Şekil 3.19. Genel sonuçlar.....	42
Şekil 3.20. Tüm yıl boyunca kayıp diyagramı	43
Şekil 4.1. Monokristal Silikon PV ile Türkiye’de Yılda m^2 Başına Üretilen Enerji	48
Şekil 4.2. Güneş Enerjisi İhtiyaç Haritası	50
Şekil 4.3. PV Sistem İçin DC/AC Oranının Etkisi	54
Şekil 4.4. İnvertör Optimum Verim Akış Diyagramı	57
Şekil 4.5. İnvertör Verimi ile DC/AC Oranının İlişkisi	58
Şekil 4.6. Grupların İnvertör DC/AC Oranı ile Veriminin Değişim Eğrisi	60
Şekil 4.7. Güç Eğrisi ve Grupların Doğrusal Formülleri	62
Şekil 4.8. GES İçin İnvertör Gücü ile 2023 Yılı Enerji Üretimi Değişimi	64
Şekil 4.9. DC/AC Oranının 2023 Yılı Enerji Üretimine Etkisi	65
Şekil 4.10. DC/AC Oranının Günlük Enerji Üretimine Etkisi	65
Şekil 4.11. Güneş Enerji Santrali Sistem Şematiği	66
Şekil 4.12. Fotovoltaik Sistem Açılı ile Enerji Üretim Değişim Eğrisi	68

GÖRSELLER DİZİNİ

Görsel 3.1. Küresel Bazlı Yenilenebilir Enerji ve Güneş Enerjisi Kapasiteleri 32



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CSP	İçerik Güvenliği Politikası
DC	Doğru Akım
GES	Güneş Enerji Sistemleri
kWh	Kilowattsaat
LPG	Likit Petrol Gazı
MW	MegaWatt
PV	Fotovoltaik

1. GİRİŞ

Artan nüfus ve sanayileşme beraberinde enerji kullanımını artırırken mevcut tükenebilir kaynaklarla sağlanan arz talebi karşılamaz konuma gelmiş durumdadır. Bu durum doğal kaynaklardan enerji üretimine yönelik çalışmaları arttırken şüphesiz akla gelen ilk doğal kaynaklar rüzgar enerjisi ve Güneş enerjisi olmaktadır.

Tükenebilir kaynaklar olan kömürün kullanım alanı giderek azalırken, petrol ve doğalgaza olan ilgi de azalmaktadır. Bu durumun başlıca nedeni bu kaynakların tükenilebilirliğinin yanı sıra bu kaynaklara sahip olmayan ülkelerin bu kaynaklara olan bağılılıklarından kurtulma istekleridir. Öyle ki günümüzün birçok siyasi ilişkisinde dahi tükenebilir kaynaklara sahip olma ya da olmama durumu belirleyici olabilmektedir.

Araç kullanımının artması, fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonların atmosferi kirletmesine ve sera etkisine yol açmasına neden olmuştur. Bu nedenle hükümetler ve bilim insanları, fosil yakıtların yakılmasıyla ortaya çıkan gazın etkileri konusunda alternatif enerji kaynaklarını araştırmaktadır. Başlangıçta ve gelecekte kullanım açısından büyük potansiyele sahip olan kömür, petrol ve doğalgazın olumsuz etkileri ve yok olma tehlikesi, temiz su geçirimsizliği, küresel sıcaklık ve iklim değişikliği gibi faktörler doğal kaynaklara yönelimi bir tercihten çok aynı zamanda bir zorunluluğa sürüklemektedir.

Bu sayede insanoğlunun enerji ihtiyacını karşılayabilmek için uygun şekilde büyüeyebilen, tükenebilir ve temiz enerji kaynaklarına yönelim hızla artmaktadır. Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilirliğinin yanı sıra dünyanın her yerinde depolanması gerekmektedir. Bu nedenle alternatif enerji kaynakları arasında güneş enerjisinin sürdürülebilirlik, elde edilen enerji miktarı ve erişilebilirlik açısından önceliklendirilmesi gerekmektedir.

Güneş enerjisinin sonsuz bir potansiyele sahip olması gelişen teknolojilerle birlikte doğal kaynaklar açısından dezavantajlı konumdaki ülkelerin yoğun bir şekilde bu kaynaklara yönelmesine yol açmıştır. Her ne kadar ülkelerin güneşlenme süreleri ve güneşin etkileri farklılık gösterse de yapılan çalışmalar ve elde edilen gelişmelerle birlikte bu dezavantajların da minimize edilmesi adına önemli kazanımlar sağlanmış durumdadır. Günümüzde Güneş enerjisinden en çok faydalanan ülkelere bakıldığında bahsedildiğinde sürekli yağış alması gelen Almanya'nın bu alanda lider ülkeler arasında olması yaşanan

gelişmelerin somut bir göstergesi olarak ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla sahip olunan iklim koşullarındaki farklılıklar dahi Güneş enerjisinden faydalanabilmek adına tamamen bir sorun oluşturmamaktadır.

Dünya’da yaşanan bu gelişmelerle karşılaştırıldığında Türkiye’nin de kötü olmayan bir konumda olduğundan söz etmek mümkündür. Türkiye bu alanda hızla gelişme kaydeden ülkeler arasında yer alsada Türkiye’de konuya ilişkin başlıca sorun yapılan planlamaların plansız görünmesidir. Bu durum beraberinde verimliliğe ilişkin kaygıları ve tartışmaları da getirirken çalışma kapsamında da bu olgu özelinde incelemelerde ve önerilerde bulunulması amaçlanmaktadır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Yenilenebilir Enerji

Ham enerjinin hiçbir şekilde bir dönüşüme uğramamış hali birincil enerji olarak nitelendirilir. Primer enerji olarak da nitelendirilmektedir. Örnek olarak, nükleer, hidrolik, kömür ve petrol verilebilir. Enerji kaynakları, kullanım şekillerine göre enerji kaynakları ve dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynakları olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Enerjinin dönüşüme uğramış ve belirli proseslerden geçirilmiş bölümüne ise ikincil enerji denir. Literatürde sekonder enerji olarak da nitelendirilmektedir. LPG, Havagazı gibi örnekleri mevcuttur (Şahin, C. 2023; s.369).

Çağımızda tercih edilen bir diğer sınıflandırma yöntemi ise Enerji kaynakları, tükenebilirlik veya yenilenebilirlik özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre, doğal döngü sürecinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanıldığında, bu kaynaklar aynı kalır, azalmaz ve yok olmaz.

Kullanıldığında kendini yenileyemeyen enerji kaynaklarına yenilenemeyen enerji kaynakları denir. Yenilenemeyen enerji kaynakları, fosil bazlı ve çekirdeğe göre ikiye ayrılırlar. Petrol ve doğal gaz gibi kaynaklar yenilenemeyen fosil kökenli enerji kaynakları olarak kabul edilirken, uranyum ve toryum birincil enerji kaynakları olarak kabul edilmektedir. Bu kaynaklar, Yenilenemeyen enerji kaynakları grubuna aittir. Hidroelektrik, güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle, gelgit dalgaları ve hidrojen yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (Şahin, C. 2023; s.369).

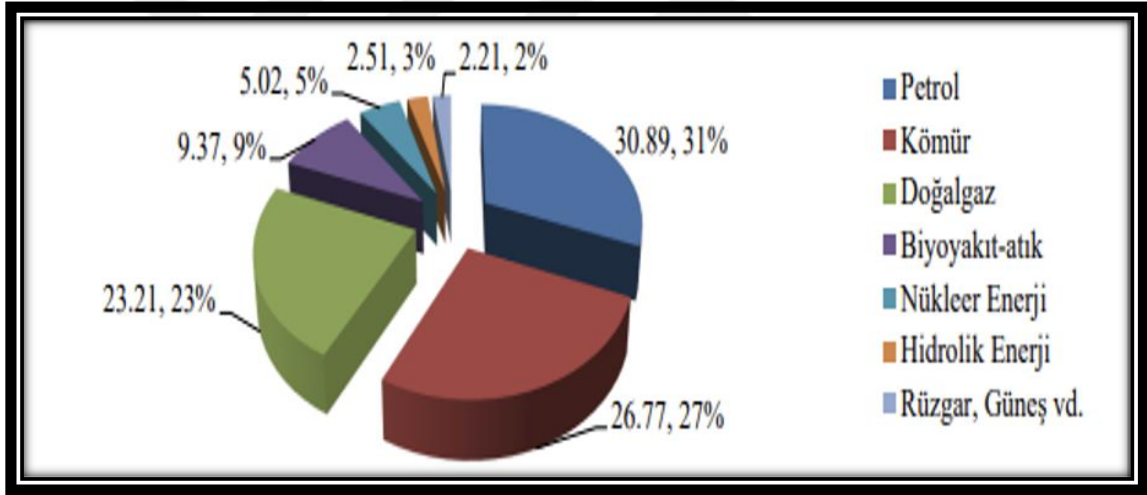
Çoğalan nüfus, toplumun refah düzeyinin artması ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak dünyanın enerji ihtiyacı artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için yenilenemeyen sınırlı rezervli enerji kaynakları bilinçli olarak kullanılabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarını daha fazla kullanımının yaygınlaştırılması bu noktada oldukça önemlidir. Enerji kaynaklarının Türkiye ve Dünyadaki durumu değerlendirildiğinde literatürde birçok çalışmaya rastlamak mümkündür (Taşova, M.,2018; s.11).

Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, su kaynaklı enerjiler, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi gibi çeşitli alanlara ayrılmaktadır. Bu kaynakların artışı, sürdürülebilirlik ve enerji tasarrufu açısından büyük bir öneme sahiptir.

Türkiye'de yaygın olarak kullanılan birincil enerji kaynaklarının rezerv durumu, üretimi ve tüketimi, elektrik enerjisinin Türkiye'deki durumu, sektör ve sanayiye göre enerji tüketiminin incelemeleri oldukça önemlidir. Mevcut literatürde bu kapsamda birçok çalışma mevcuttur. Bunun yanı sıra ülkelerin enerji üretim ve tüketimi, CO2 emisyonları, elektrik enerjisi tüketimi, kişi başına düşen enerji ve elektrik enerjisi tüketimleri analizleri de mevcuttur. (Taşova, M.,2018; s.11).

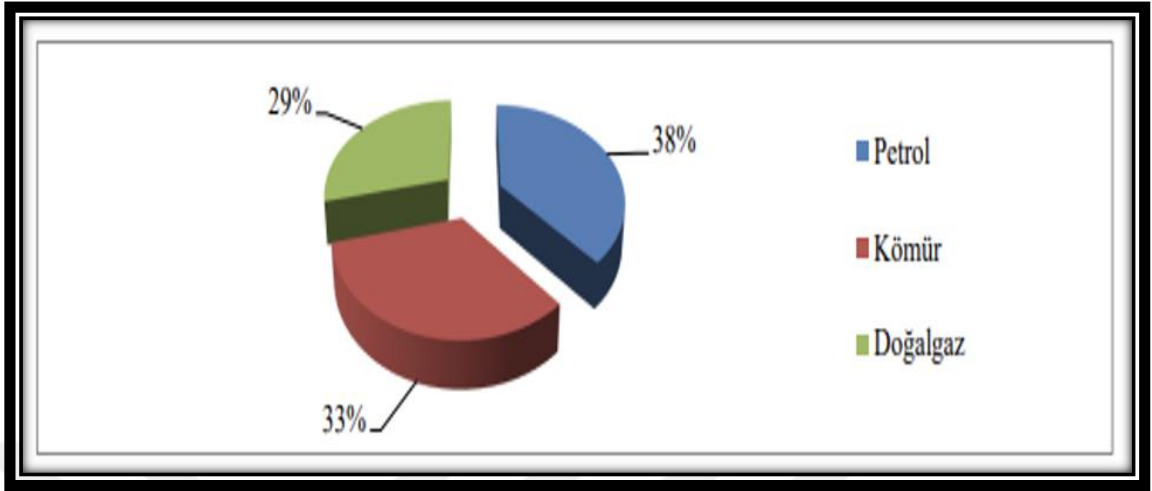
2.2. Dünya'da Yenilenebilir Enerji

Dünya'nın enerji görünümüne ışık tutulduğunda Şekil 2.1'de de görüldüğü üzere en çok enerji kullanımına sahip olan alanın fosil yakıtlar olduğu dikkat çekmektedir. Söz konusu yakıtlar içerisinde ise en çok %30,89 oranında petrol kullanıldığı tespit edilmiştir.



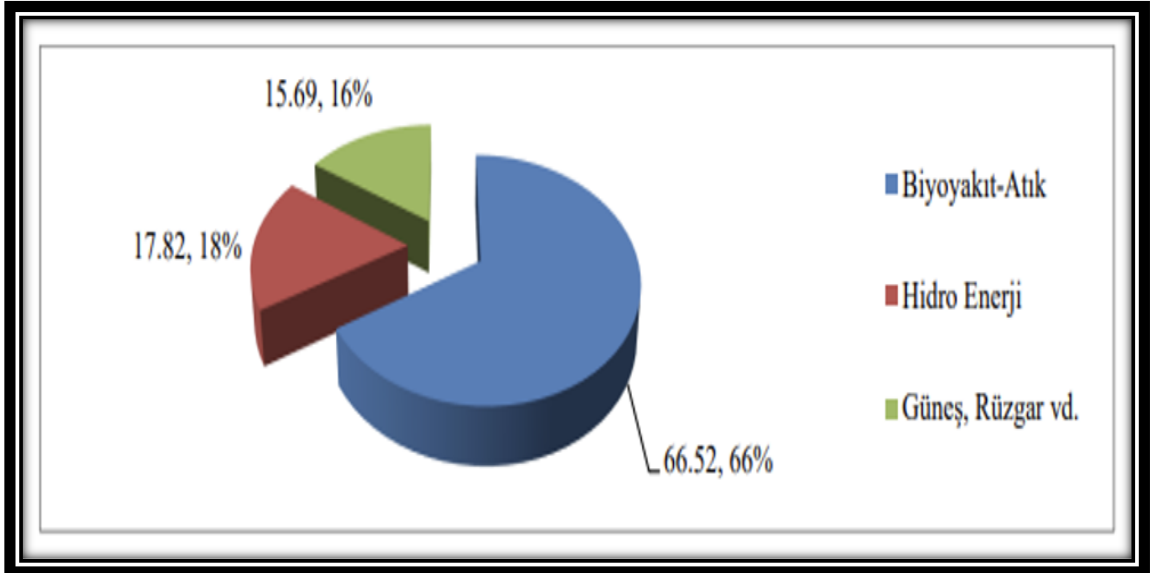
Şekil 2.1. Dünyadaki enerji kullanımı-Kaynak Dağılımı (2023)

Genel enerji kullanımının temel başlıklar altında incelenmesi ise nükleer enerji, yenilenebilir enerji ve fosil yakıtlar olarak üç gruba ayrılır. Bu grupta Dünya üzerinde en çok tercih edilen grup fosil yakıtlar grubudur. Fosil yakıtlar grubunu yenilenebilir enerji ve nükleer enerji takip etmektedir.



Şekil 2.2. Dünyadaki Genel Enerji Kullanımı - Genel Başlık Dağılımı (2023)

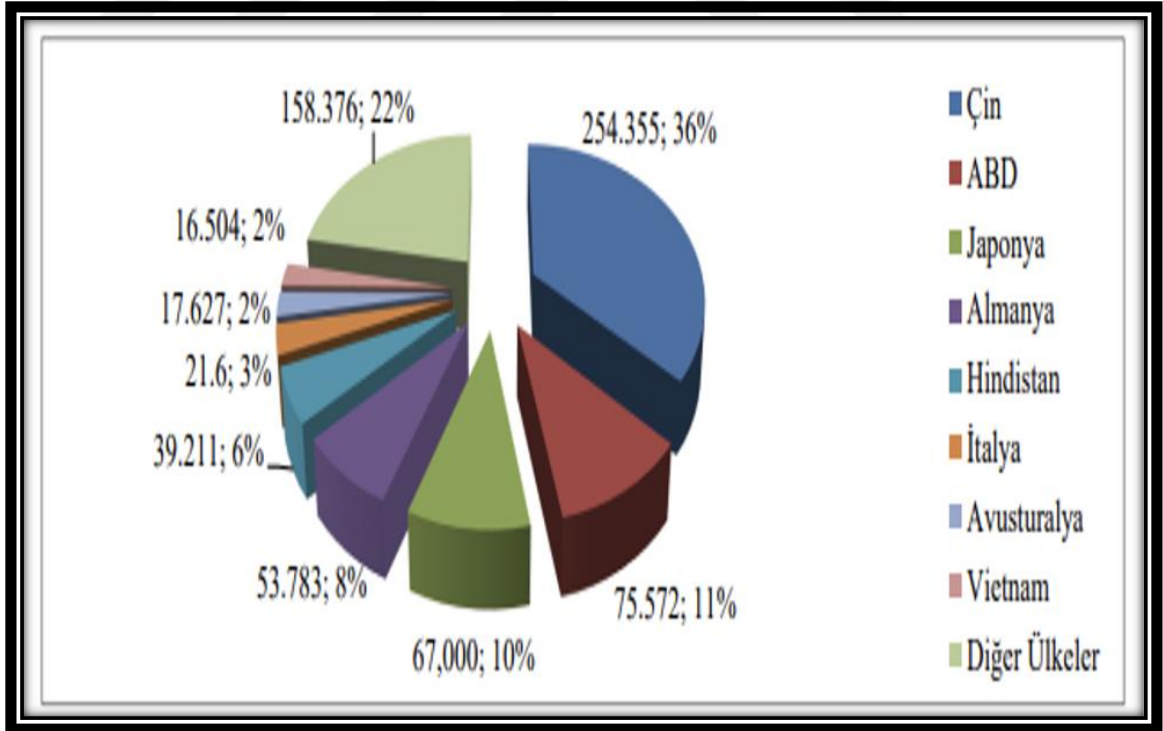
Yenilenebilir enerji kaynaklarının dünyada ortaya çıkışı incelenecektir. Öncelikle yenilenebilir enerji kaynaklarının temel başlıklar halinde görünümü aşağıdaki Şekil 2.3'te verilmiştir. Daha sonra dünya ülkelerine ve kurulu tedarikçi bazında başlıca enerji kaynakları güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve hidrolik enerji verileri ayrı tablolara işlenerek incelenmeye çalışılmıştır. Tablolar genel olarak incelendiğinde, Her ne kadar değişiklik gösterse de farklı ülkelerin üst sıralarda yer aldığı dikkat çekmektedir.



Şekil 2.3. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynakları Genel Tablo (2023)

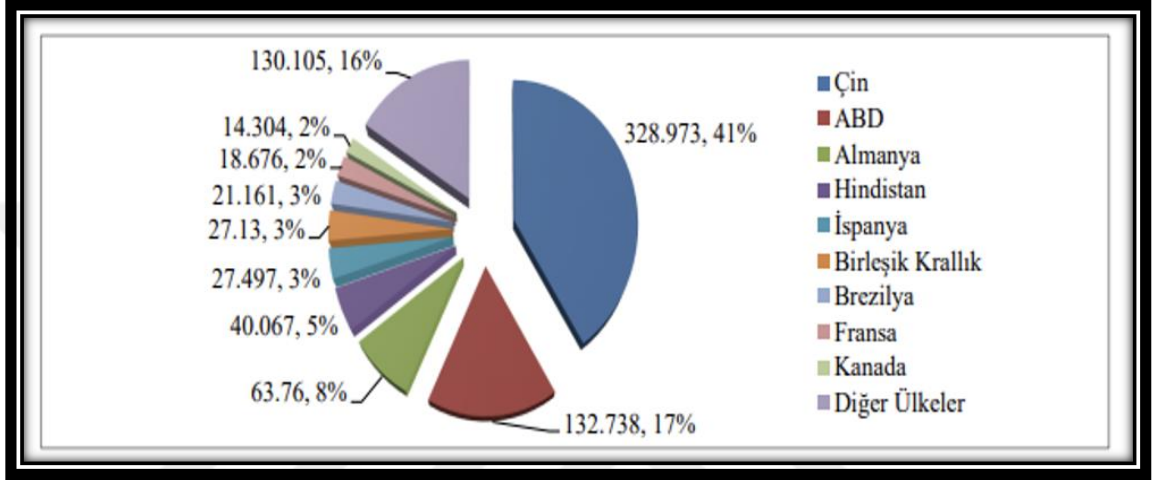
Şekil 2.3'te yer alan veriler incelendiğinde Dünya genelinde %66,52 oranı ile en çok Biyoyakıt-Atık alanında yenilenebilir enerji tüketimi mevcuttur. Biyoyakıt-Atık oranını, %17,82 ile Hidro Enerji takip etmektedir. Bu alanlarda oluşan açığı ise %15,69 oranı ile Rüzgar, Güneş gibi enerji türleri kapatmaktadır.

İklim değişikliği ve buna bağlı doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenen hususların önem kazandığı günümüz koşullarında fosil yakıtlardan nispeten temiz olan bir enerji kaynağı olarak tanımlanan yenilenebilir enerji, gelecek için kullanımı çevre ve enerji bağlamında değerlendirildiğinde kaynakları yalnızca %14 ile sınırlıdır. Bu sınırın endişe verici düzeyde olduğu söylenebilir. Bu bağlamda fosil yakıtlara alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ve özellikle bu kaynakların doğada bolluğu ve kolay ulaşılabilir olması Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının küresel ölçekte artırılması önemlidir. Bu noktada güneş enerji santralleri, rüzgar santralleri gibi sistemlerin veri incelemesini yapmak oldukça önemlidir.



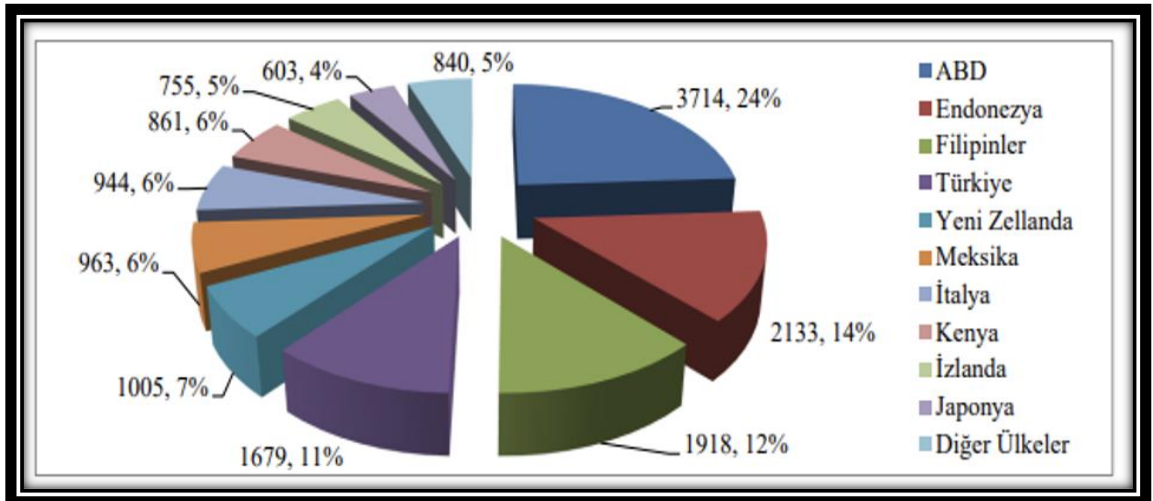
Şekil 2.4. Dünyada GES'i (Güneş Enerji Santralleri) En Çok Barındıran Ülkeler (Aralık 2022)

Dünyadaki Güneş Enerji Santralleri'nin ülkelere göre sıralaması MW (Mega Watt) cinsinden Şekil 2.4'te yer almaktadır. Bu konuda en yüksek kapasitenin 254.355 MW değeri ile %36 oranında Çin'e ait olduğu tespit edilmiştir. Güneş enerjisi ile ilgili detaylı incelemeler Bölüm 3'te yer alacaktır.



Şekil 2.5. Dünyadaki Rüzgar Santrali Kapasite Oranları (2022)

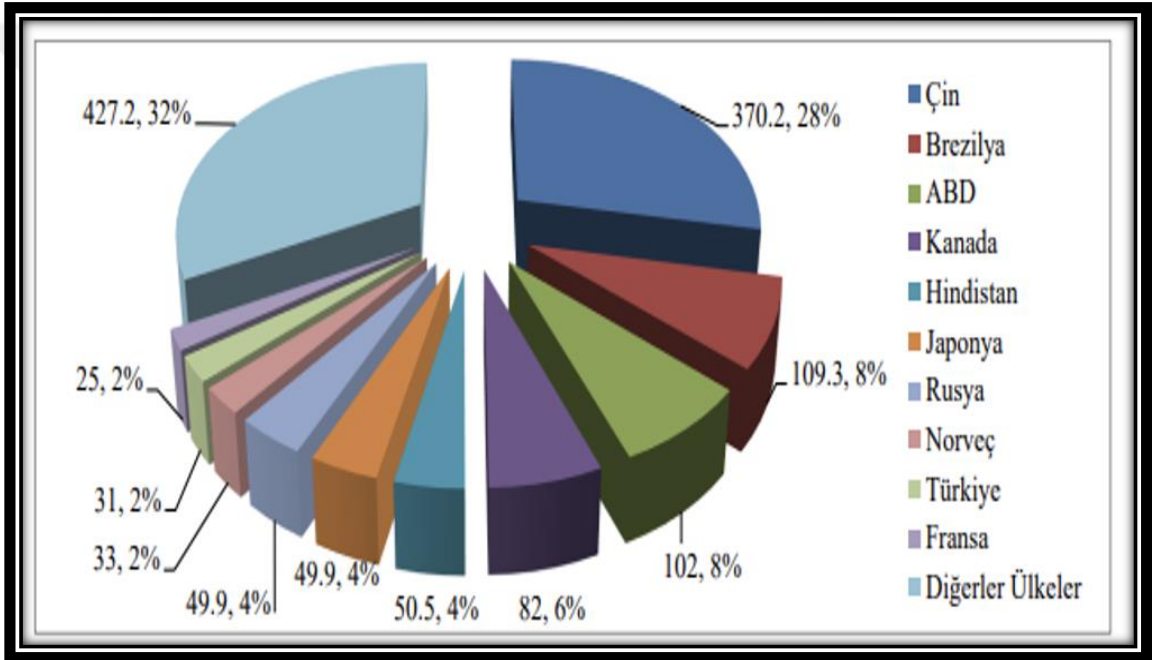
Şekil 2.5'te Dünya'da yer alan rüzgar santrallerinin ülke bazında dağılım ve kapasite oranları yer almaktadır. MW (Mega Watt) cinsinden hazırlanan bu çalışmada, en yüksek kapasite 328.973 MW değeri ve %41 oranı ile Çin'e aittir. Bu noktada Çin'i ABD (Amerika Birleşik Devletleri) ve Almanya izlemektedir. Rüzgar santrali kurulumu ve enerji eldesinin ilerleyen dönemlerde yükselen oranlara ulaşması öngörülmektedir.



Şekil 2.6. Dünya'daki Jeotermal Enerji Kapasite Oranları (Aralık 2022)

Şekil 2.6’da jeotermal enerji kurulu sistemlerinin kapasiteleri ve ülkelere göre oranları belirtilmiştir. Yine MW (Mega Watt) biriminde yapılan değerlendirmelerde, ilk sırada ABD %24 oranı ile yer almıştır. ABD’yi sırasıyla Endonezya ve Filipinler’in izlediği görülmektedir.

Türbin ve jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisi üretimini sağlayan jeotermal enerji üretim tesisleri, genelde ısıtma ve soğutma amacıyla ya da elektrik üretimi amacıyla kullanılır. ABD, Endonezya, Filipinler ve Türkiye bu alanda ilk dört sırada yer almaktadır.



Şekil 2.7. Dünyada’ki Hidroelektrik Kurulu Gücünün Kapasitesi (2021)

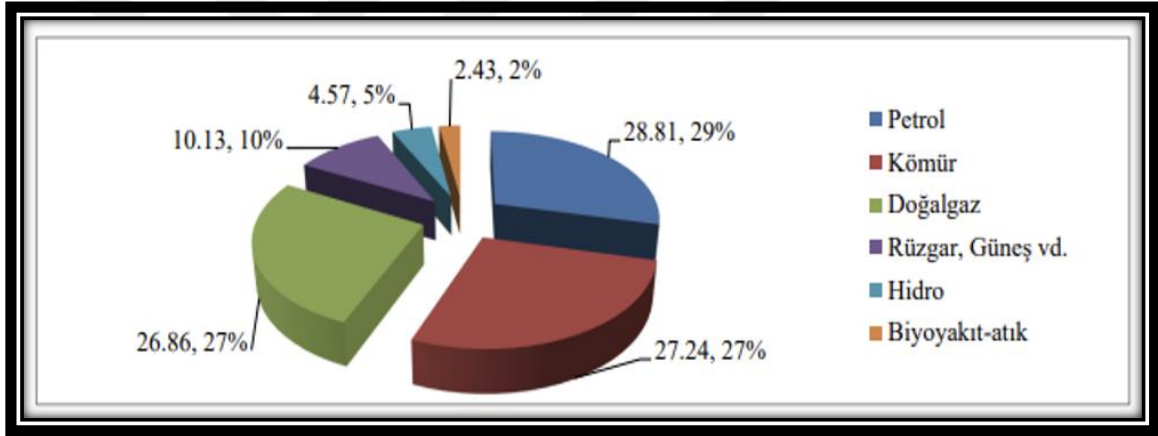
Şekil 2.7’de Dünyada Hidroelektrik kurulu gücünün kapasitesi yer almaktadır. Bu noktada ilk sırada %28 oranı ve 370.2 MW değeri ile Çin yer almaktadır. Brezilya (109.3,8 GW), ABD (102,8GW), Kanada (82,6GW) ve Hindistan (50.5,4 GW) ilk beşin geri kalanını oluşturmaktadır. Japonya ve Rusya Hindistan’ın hemen arkasında sonra Norveç (33,2 GW) ve Türkiye (31,2 GW) takip etmektedir.

Doğada yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran daha ulaşılabilir ve sınırsız olan enerji kaynakları, güneş ve rüzgar gibi bazı yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Fakat nispeten diğer kaynaklar ile kıyaslandığında Dünya’da düşük oranlarda mevcuttur.

Kullanımlarının oldukça sınırlı kaldığı açıktır. Fosil enerji kaynakları hızla tüketiliyor ve ömürleri azalıyor. Çeşitli nedenlerle küresel enerji krizlerinin yaşandığı günümüz dünyasında bazı noktalarda öncelikli yatırımlar yapılarak söz konusu enerji kaynakları artırılabilir.

2.3. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji

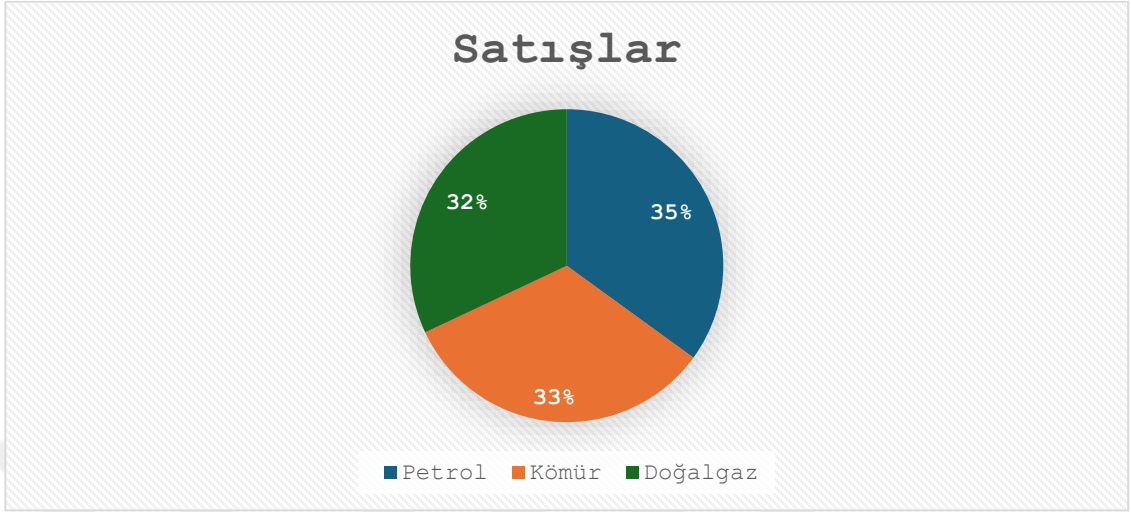
Bu başlık altında Türkiye’nin genel enerji tahmini yer alıyor. Enerji Kullanımının merkezi kaynaklara göre dağılımı incelenmiştir. Türkiye'deki enerji kaynaklarının rezerv durumuna ilişkin açıklamalar aşağıda yer almaktadır. Türkiye’nin fosil yakıt ve yenilenebilir enerji kullanım kaynakları da belirtilmeye çalışılmıştır.



Şekil 2.8. Türkiye’nin Genel Enerji Kaynağı Kullanımı (2022)

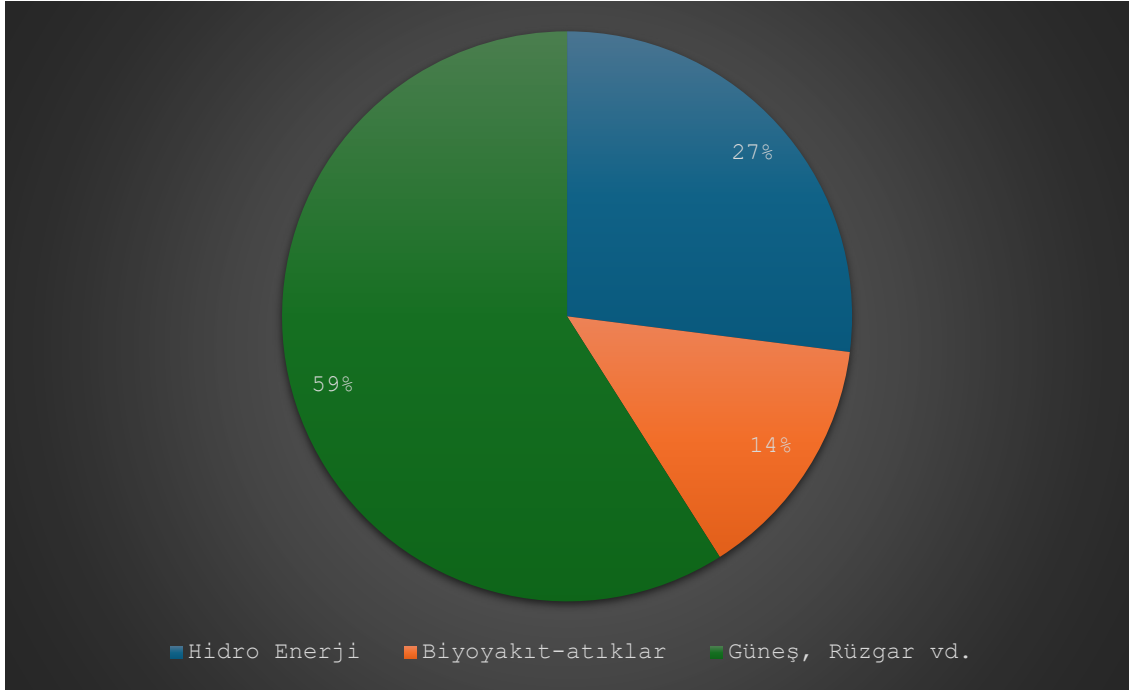
Türkiye’nin enerji kullanımının genel olarak ele alındığı ve yansıtılmaya çalışıldığı Şekil 8’de en çok kullanılan kaynakların %28,81 ve %27,24 olarak sırasıyla petrol ve kömür olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu kaynakları, doğalgaz, rüzgar ve güneş enerjisi kullanımları takip etmektedir. Ayrıca verilerde nükleer enerjinin de yer almaması dikkat çekmektedir. Türkiye, henüz nükleer enerji kullanımına başlamamıştır. En az enerji kullanımının ise %2 oranı ile Biyoyakıt-atık bölümünde olduğu tespit edilmiştir.

Türkiye genelinde %83 oranında fosil yakıt kullanımı hakimken, %13 oranında yenilenebilir enerji kullanıldığı tespit edilmiştir. Dünya’daki veriler incelenip, Türkiye oranı ile karşılaştırıldığında; Dünya’daki ve Türkiye’deki Fosil Yakıt-Yenilenebilir enerji tüketim oranlarının hemen hemen paralel olarak birbirini izlediği tespit edilmiştir.



Şekil 2.9. Türkiye’deki Fosil Yakıt Tüketimi Oranları (2022)

Şekil 2.9’da Türkiye’deki fosil yakıt tüketiminin görünümü yer almaktadır. Petrol, kömür ve doğalgaz verilerinin değerlendirmelerinin yer aldığı tabloda oranlar hemen hemen birbirlerine benzer çıkmıştır. İlk sırada %35 oranı ile petrol yer alırken, ikinci sırada kömür ve üçüncü sırada doğalgaz yer aldığı görülmektedir.



Şekil 2.10. Türkiye’deki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Oranı (2022)

Türkiye’deki yenilebilir enerji kaynağı kullanım oranları Şekil 2.10’da belirtilmiştir. Verilere göre en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı, %59 oranı ile güneş, rüzgar gibi kaynaklardır. İkincil olarak ise Hidro Enerji kaynağının kullanıldığı tespit edilmiştir. Hidro Enerji kaynağı kullanımının %27 oranında seyrettiği saptanmıştır. En az kullanım ise %14 oranı ile Biyoyakıt-atıklara aittir.

Türkiye’nin sahip olduğu coğrafi konum göz önüne alındığında dört mevsimin yaşanıyor olması, üç tarafın denizlerle çevrili olması, farklı bölgelerde yaşanan farklı iklim koşullarıyla birlikte hem güneşlenme süreleri, hem yağmur bakımından zengin olunması, rüzgar alınıyor olması ve denizlerden sağlanan dalga ile birlikte yenilenebilir enerji üretimi bakımından Türkiye’nin oldukça avantajlı olduğundan söz etmek mümkündür. Sahip olunan olanaklara nazaran bu potansiyelin kullanımında eksikliklerden söz etmek de mümkündür ancak artan farkındalık ve yatırımlarla birlikte bu potansiyele ulaşabilme adına kazanımlar da elde edilmeye başlanmış durumdadır.

Ülkelerin yarattığı karbon salınım miktarları, iklim değişikliğinin yönetilmesi ve kontrol altına alınabilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle karbon salınım değerlerinin de incelenip yorumlanması gerekli bulunmuştur.

Tablo 2.1. Türkiye ve Dünya Karbon Salınım-Yenilenebilir Enerji Kaynağı Tüketimi (2023)(Kaynak: Şahin, 2023: 370.)

	Dünya		Türkiye	
	CO ₂	Yenilenebilir	CO ₂	Yenilenebilir
2000	23641,2	2,85	205,7	0,003
2001	23966,3	2,99	186,1	0,0035
2002	24511,9	3,41	196,9	0,003
2003	25723,5	3,73	208,9	0,0024
2004	27064,9	4,27	216,4	0,0023

2005	28141,4	4,83	224,8	0,0019
2006	29026,7	5,53	248,0	0,0037
2007	30059,4	6,52	272,8	0,01
2008	30329,2	7,78	276,3	0,01
2009	29684,4	8,93	275,3	0,02
2010	31028,8	10,54	276,3	0,04
2011	31904,6	12,14	298,8	0,06
2012	32241,1	13,82	314,4	0,08
2013	32710,9	15,81	303,3	0,11
2014	32820,2	17,63	335,1	0,12
2015	32837,4	19,95	340,6	0,17
2016	33020,6	22,09	359,0	0,24
2017	33426,4	25,36	397,1	0,29
2018	34148,5	28,53	390,8	0,38
2019	34095,8	31,74	386,7	0,43
2020	32078,5	34,80	373,9	0,50
2021	33884,1	39,91	403,3	0,61

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Güneş Enerjisi Araştırmaları

Enerji günümüzde varlığını sürdüren medeniyetlerin temel taşlarından birisini oluşturur. Enerji kullanımı ve tasarrufu günümüzde gelişmişliğin bir yansıması olarak tabir edilmektedir. Fosil kaynaklar gibi yenilenemez enerji kaynaklarının kısıtlı mevcudiyeti ve kullanımında ortaya çıkan çevre kirliliğinin üst seviyede olması istenmeyen durumlardır. Bu nedenle Güneş Enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı daha caziptir. Güneş enerjisi, enerji üretim kabiliyeti, kullanım kolaylığı gibi avantajlarından dolayı son dönemde oldukça ön plana çıkmaktadır. Söz konusu enerjinin kullanımı, Türkiye’de de zaman geçtikçe artmakta ve tesis altyapıları güçlendirilmektedir. (Varınca,K.,B.; Gönüllü, M., T.,2006; s.270)

Literatürde, güneş enerjisini kapsayan birçok araştırma mevcuttur. Güneş enerjisini kullanma konusunda yapılan çalışmalar 1970’li yıllardan itibaren hız kazanmıştır. Zaman içerisinde bu enerjiden yararlanma fikri benimsenerek tesis ve yatırımlar artırılmaya başlanmıştır. Güneş enerjisinin kullanımı, temiz enerji kullanımı açısından kendini kanıtlamıştır (Varınca,K.,B.; Gönüllü, M., T.,2006; s.271).

1973-1974 yılları arasında Dünya üzerinde yaşanan “Enerji Krizi” yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve araştırılması açısından dönüm noktası olmuştur. Bu sayede güneş enerjisinin doğrudan ya da dolaylı olarak kullanımı ve araştırılması yaygınlaşmaya başlamıştır. Türkiye’de güneş enerjisi konusundaki akademik çalışmalar ilk olarak ODTÜ ve İTÜ bünyesinde başlatılmıştır. Daha sonra giderek yaygınlaşarak devam etmiştir. Günümüzde bu alanda literatürde yer alan birçok yerli çalışma mevcuttur. Bu bölümde literatürde yer alan güneş enerjisi araştırmaları üzerinde durularak, bu enerji çeşidinin avantajları, dezavantajları, çevresel ve ekonomik etkileri irdelenecektir (Taşova, M.,2018; s.8).

3.2. Güneş Enerjisi Avantajları

Türkiye matematiksel konumu nedeniyle güneşlenme süresi açısından dünyada en iyi verilerin toplandığı ülkelerden biridir. Bu durum Türkiye'nin diğer alternatif enerji

kaynaklarını da etkilemektedir. Bu konuda yapılacak çalışmalarda önemli faydalar sağlanacağı düşünülmektedir (Taşova, M.,2018; s.10).

Son yıllarda özellikle fosil yakıtların ve yenilenemeyen enerji türlerinin zararlı etkileri küresel ısınma ve iklim değişikliği ile göze çarpmaktadır. Yaratıcı temiz enerjiye duyulan ihtiyaç oranı da artmıştır. Öte yandan artan enerji kullanımını karşılamak için sadece fosil yakıt tüketimi ve kullanılsa bile nükleer yakıt tüketimi yeterli gelmemektedir. Artan enerji kullanımı ve enerji kullanım gelirlerinin karlılığı duruma göre değişmektedir. Karbondioksitin salınımından kaynaklanan sera etkisi nedeniyle küresel ısınma gün geçtikçe artmaktadır. Fotovoltaik enerji üretimi, çevre kirliliği oluşturmadan enerji üretmektedir. Bu nedenle enerji kullanımı konusunda en iyi seçimlerden birisi olarak nitelendirilmektedir. Türkiye, Dünyadaki konumuna bakıldığında oldukça iyi bir güneşlenme alanı ve süresine sahiptir. Son birkaç yıl içerisinde yapılan araştırmalara göre yılda metrekare başına 1.100 kilowatt/saat güneş enerjisinden yararlanılabildiği ortaya çıkmıştır. Bu sonuç, ülkemizin önümüzdeki yıllarda yerli enerji açılımı açısından oldukça önemlidir (Taşova, M.,2018; s.10).

Atıksız bir enerji alanı olan ve çevre kirliliğine neden olmayan güneş enerjisi, yer aldığı sektörde de oldukça ekonomik hale gelmiştir. Güneş enerjisinin kullanım alanları; günlük yaşam alanları, sanayi, konutlar vb. olarak değerlendirilmektedir. Halihazırda oldukça popüler olan güneş enerjili su ısıtıcılarının yanı sıra, güneş enerjili bataryalar ve güneş enerjili su pompalarının bahçe sulamada kullanılması da küçük uygulamalar arasında sayılabilir. (Gençoğlu, Cebeci, 2000). Meteoroloji istasyonları, havaalanı ve helikopter pisti aydınlatması, denizcilik uygulamaları, cep telefonu şarj istasyonları, karavanlar, sokak ve bahçe aydınlatmaları da ayrıntılı kullanım alanlarına eklenebilir (Gençoğlu, 2005).

Güneş enerjisinin başlıca avantajları arasında; doğrudan güneş enerjisinden yararlanması, binalarda gereksiz ve aşırı ticari enerji tüketimini önlemesi, doğal ısıtma ve soğutma sistemlerinden yararlanması, yapımında doğal ve tehlikesiz malzemeler kullanılması, ulaşılması zor yerleşim alanlarının enerji ihtiyacını karşılaması yer alabilir. Güneş enerjisi şebekesinin sürekli, ekonomik ve sürdürülebilir olması, dışa bağımlı olmaması da avantaj olarak değerlendirilebilir (Şenpınar, 2005).

Güneş enerjisi, herhangi bir zararlı gaz salınımı yapmadan sadece ham enerjiden yararlanarak faydalı enerji açığa çıkarır. Güneş tamamen temiz ve yenilenebilir bir enerji olarak nitelendirilir. Tüketimde, fosil yakıt ve doğalgaza olan bağımlılığı azaltır. Bu fosil yakıtlar hava, su ve toprak kalitesini etkileyen ve küresel ısınmaya katkıda bulunan zararlı emisyonlar üretmektedir, güneş enerjisi kullanımı zararlı gaz üretimini engeller. Bu noktada 2000-2065 yılları arasında önceki 65 milyon yıla kıyasla daha fazla bitki ve hayvan türünün kaybedileceği öngörülmüyor. Nesli tükenen türlerin küresel ısınma ile bağlantısının nasıl olabileceği araştırılıyor. Güneş enerjisi çevreye herhangi bir şekilde kirlilik yaratmaz. Güneşin sonsuz enerjisi, dünyaya zarar vermeden, ozon tabakasını olumsuz etkilemeden sınırsız enerji sağlar (Taşova, M.,2018; s.12).

Güneş enerjisi, çevreye faydalı, temiz, yenilenebilir enerji üretmek için kullanılır. Söz konusu yenilenebilir enerji, fosil yakıtlara alternatif olarak yurtiçinde ve yurtdışında karbon ayak izini azaltabilir ve küresel sera gazı emisyonlarını engelleyebilir. Dünyada üretilen elektriğin büyük bir kısmı kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Fosil yakıtların çıkarılması ve kullanılması pahalıdır ve çevreye zararlıdır. Buna karşılık güneş enerjisi bedava ve bol miktarda bulunur (Taşova, M.,2018; s.11).

Güneş enerjisi kullanmanın bir diğer avantajı da güneş enerjisini doğrudan kullanarak bedava elektrik üretmesidir, bu da ilk kurulum ve bakım maliyeti dışında herhangi bir maliyet doğurmaz.

Güneş enerjisi, sürekli elektrik üretmek için fazladan ödeme yapılması gereken petrol veya kömür gibi pahalı hammaddelere ihtiyaç duymaz. Ayrıca enerji üretimi için geleneksel fosil yakıtların kullanılmasına kıyasla daha düşük işletme maliyetleriyle elektrik üretilmesine olanak tanır. Elbette hammaddenin sürekli olarak aranmasına, çıkarılmasına, arıtılmasına ve enerji santrallerine taşınmasına da gerek yoktur (Taşova, M.,2018; s.8).

Günümüzde güneş enerjisinden yararlanan bölgelerde enerji ihtiyacının bir kısmı güneş enerjisi sisteminin ürettiği elektrikle karşılanacağı için enerji faturaları da azalmaktadır. Ne kadar tasarruf edileceği güneş enerjisi sisteminin büyüklüğüne ve elektrik

kullanımlarına bağıdır. Üstelik yararlanılandan daha fazla elektrik üretiliyorsa (unutmayın, güneş paneli sisteminiz şebekeye bağıdır) bu enerji ticaret için de kullanılabilir (Varınca,K.,B.; Gönüllü, M., T.,2006; s.273).

Günümüzde çoğu güneş enerjisi sistemi için güneş enerjisinin asıl çekiciliği ise kurulumun sermaye maliyetleri ödendikten sonra üretilen ek enerjinin ücretsiz olmasıdır. Bu durumda sorulması gereken tek soru, sermaye yatırımının geri ödeme süresinin, aynı fonların başka şekillerde yatırılmasıyla elde edilecek getiriden daha iyi olup olmadığıdır. Bu noktada çalışmalar ve araştırmaların devam ettiği de bilinmektedir. Güneş paneli sistemleri genellikle 25-40 yıllık bir ömre sahiptir, bu da güneş enerjisi kullanarak elektrik maliyetlerinin onlarca yıl boyunca azaltılabileceği anlamına gelmektedir (Taşova, M.,2018; s.11).

Dünya'ya düşen güneş ışınımının düzeyi, Dünya'nın coğrafi konumuna bağı olarak değişmektedir. Genel olarak konuşursak, ekvatora ne kadar yakınsa o kadar fazla güneş enerjisi mevcuttur, ancak çoğu insan güneş enerjisinin her yerde kullanılabilceğinin farkında değildir (Varınca,K.,B.; Gönüllü, M., T.,2006; s.275).

Örneğin, Marmara bölgesindeki bir güneş sistemi, 1 kW'lık tepe güneş paneli başına yılda ortalama 1200 kWh üretecekken, güney bölgesinde, özellikle az nemli ve bulutsuz bölgelerde, yılda ortalama 1200 kWh enerji üretecektir. Her 1 kilovatlık zirve, yılda 1.500 kilovat saat üretebilir. Yani bazı alanlar güneş enerjisine diğerlerinden daha uygun olsa da neredeyse her yerde hala mümkün.

Almanya bunun en iyi örneğidir. Türkiye'den çok daha kuzeyde olmalarına rağmen güneş enerjisi yatırımları çok ileridedir. Yalnızca İngiltere'de Türkiye'den üç kat daha fazla güneş enerjisi tesisi bulunmaktadır.

Güneş enerjisi avantajları genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir;

- Fosil yakıtlar gibi sera gazı salınımı gerçekleştirmezler,
- Enerjinin doğrudan kullanımı ile dönüştürülmesi esasına dayanırlar,
- Yenilenemez enerji kaynaklarının elde edilmesi gibi karmaşık sistem alt yapılarına ihtiyaç duymazlar,

- İlk kurulum anından sonra elektrik üretimi maliyetsiz şekilde gerçekleşir.
- Şebekeden bağımsız olarak elektrik üretimi gerçekleştirilir.
- Fatura maliyetlerini azaltır.
- Yeni yatırımlarla çevredeki insanlara iş imkânı sağlar.
- Dağıtık enerji kabiliyeti sayesinde hat maliyetini minimuma düşürür.
- Fosil yakıtlara kıyasla tükenmeyen bir enerji kaynağı potansiyeli ortaya çıkarır,
- Dünyada bulunan her ülkeden elde edilebilir bir enerji türüdür.

2020 sonrası koşullarda verimli doğal ve yenilenebilir enerji kaynakları teknolojik gelişmenin de etkisiyle en yüksek seviyelerine ulaştı. Bu durumda yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımının devam etmesi çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği saptandı. Fosil yakıtların kullanımını azaltmak ve dolayısıyla da zararlı etkilerini azaltmak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile mümkün olabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ithalata bağımlı kalmadan, kendi ihtiyaçlarını kendi kaynaklarıyla karşılayabilen ülkelerin de ortaya çıkması öngörülebilir. Uzun zamandır küresel ısınma ve iklim değişikliği birçok ülkenin dikkatini çekmektedir. Bu konuda önlem almak amacıyla yürütülen çalışmaların sürdüğü bilinmektedir (Varınca,K.,B.; Gönüllü, M., T.,2006; s.271).

Tablo 3.1. Türkiye'nin Güneş Enerji Santrallerine İlişkin Temel Bilgiler (2023)(Kaynak: www.enerjiatlası.com)

Kayıtlı Santral Sayısı	673
GES Kurulu Güç	8.335 <u>MW'e</u> ; Kayıtlı: 8.221 <u>MW'e</u>
Kurulu Güce Oranı	<u>%8.28</u>
Yıllık Elektrik Üretimi	12.620 GWh
Üretimin Tüketime Oranı	<u>%4.21</u>
Lisans Durumu	37 Lisanslı, 636 Lisanssız

Türkiye’deki güncel verileri kapsayan Tablo 3.1’e göre, güneş enerjisi santrallerine ilişkin bilgiler kapsamında;

- Kayıtlı santral sayısı 673'tür.
- GES (Güneş Enerjisi Sistemleri) kampanyasıyla elde edilen kurulu güç 8.335 MW'dir.
- Yıllık elektrik üretiminin 12.620 GWh civarında olduğu tahmin edilmektedir.
- Üretimin tüketime oranı %4,21'dir.

3.3. Güneş Enerjisi Dezavantajları

Güneş enerjisi sistemleri kurulumdan sonra maliyet açısından avantajlar kazandırsa da ilk kurulum maliyet oldukça yüksektir. Bu durum yatırım açısından sorun teşkil etmektedir. Ayrıca verimleri hava durumuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Her ne kadar güneş enerjisi bulutlu ve yağmurlu günlerde de elektrik üretebilse de güneş sisteminin verimliliği düşecektir. Yağmurlu geçen birkaç günün güneş enerjisi verimliliğini ciddi oranda düşüreceği bilinmektedir. Ayrıca gece enerji elde edilememesi de önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir. Fakat kış aylarında ve gece de güneş panellerinin çalışması istenirse termodinamik paneller seçilebilir (Taşova, M.,2018; s.11).

Güneş enerjisi hemen tüketilmeli veya panellerde muhafaza edilmelidir. Söz konusu paneller şebekeden bağımsız olan ve depo edilen güneş enerjisi santrallerinde kullanılır. Böylece bazılarında gündüz şarj edilerek gece enerji kullanım imkanı sağlanır. Bu yöntem 24 saat güneş enerjisinden faydalanmak için alternatif bir çözüm olarak görülse de aynı zamanda paneller ve alt sistemleri oldukça pahalıdır (Yolcan, Köse,2020;s.202).

Çoğu durumda gündüzleri sadece güneş enerjisini kullanmak ve geceleri elektrik/enerji şebekelerinden enerji çekmek daha mantıklı olmaktadır. Elbette önerilen durum yalnızca sistemin belirlenen güç kaynağına bağlı olması durumunda mümkündür (Yolcan, Köse,2020;s.202).

Elde edilmesi istenen kadar çok elektrik üretimi için belirlenen kadar güneş ışığına ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş ışığından tam olarak yararlanmak gerekir. Güneş fotovoltaik modülleri çok fazla alan gerektirir. Bazı alanlar hesaplanan yeterli sayıda güneş panelini muhafaza edecek kadar büyük olmayabilir. Söz konusu durumda alternatif olarak bazı paneller farklı bölgelere yerleştirilebilir. İhtiyaç duyulan kadar panel için yeterli alan mevcut değilse, bu durumda daha az panel kullanılması gerekmektedir (Varınca,K.,B.; Gönüllü, M., T.,2006; s.271)..

Güneş enerjisi sistemlerinin dezavantajları genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- İlk yatırım maliyetleri yüksek olduğu için tereddüt edilmesine neden olmaktadır,
- Hava durumu ve çevresel şartlara bağımlı olduğu için verimliliği sabit tutulamamaktadır.
- Verimliliği sabit olarak ölçülemediği için veri analizleri uzun dönemde zorlaşmaktadır.
- Güneş enerjisinin depolanıp daha sonra kullanılması istenirse, maliyet oldukça yükselmektedir.
- Güneş panellerinin yerleştirilmesi için alan hesaplamaları yapılır ve geniş alanlara ihtiyaç duyulur. Binalarda ise bazen çatı alanı yeterli olamamaktadır. Bu durumda bahçeye panel yerleştirmeleri söz konusu olabilmektedir.
- Güneş panellerinin yerleştirildiği bölgelere gölge düşmemesi gerekir.
- Güneş enerjisinden ne kadar fazla enerji elde edilmesi bekleniyorsa, o kadar fazla alan gerekmektedir.

3.4. Güneş Enerjisi Kullanımı İçin Çevresel Koşullar

Fosil kökene sahip yakıtların kısıtlı rezerv miktarları ve kullanıma hazır hale getirilmeleri için çevreye verdikleri zararlar son dönemlerde iyice dikkat çekmektedir. Yakıt tüketimi açısından ülkelerin çoğu, fosil yakıtlara ulaşabilmek için enerji ithalatı yöntemine başvurmaktadır. Son dönemlerde özellikle elektrik üretimi için alternatif çözüm önerileri bulmak oldukça büyük önem arz etmektedir (Yolcan, Köse,2020;s.202).

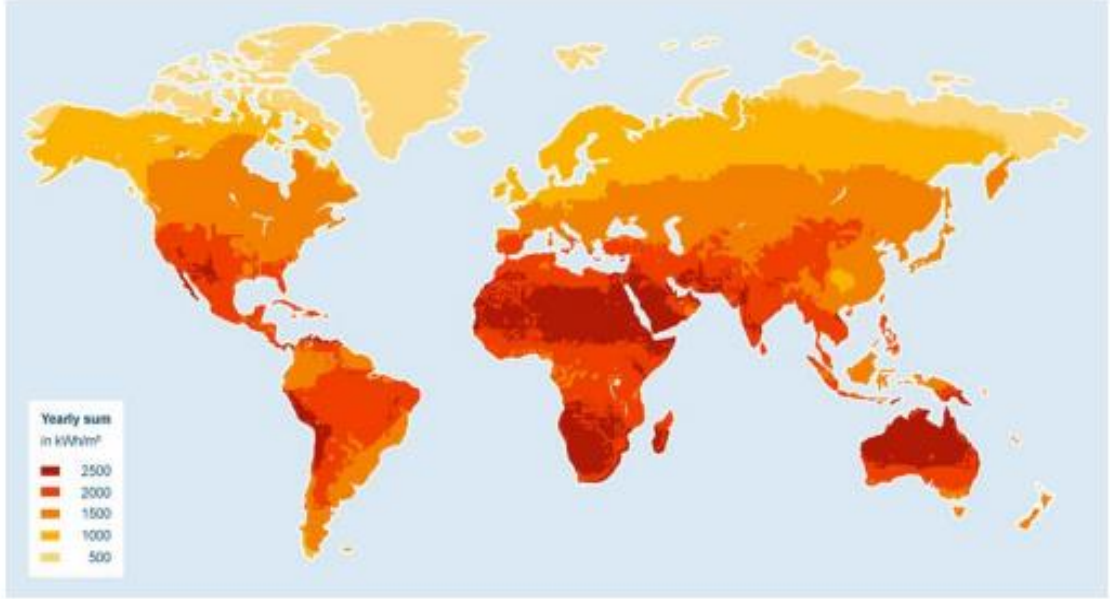
Tablo 3.2. Bazı Ülkelerin Kaynak Açısından Elektrik Tüketim Oranları (2020)(Kaynak: Yolcan, Köse, 2020; s.88)

Ülke	Kömür %	Petrol %	Doğal gaz %	Nükleer %	Yenilenebilir Enerji %	Diğer %
Fransa	2,1	0,3	2,3	77,6	17,5	0,2
Almanya	45,4	0,9	9,9	15,5	28,0	0,3
ABD	39,5	0,9	9,9	15,5	28,0	0,3
Kanada	9,9	1,2	9,3	16,4	62,8	0,3
Çin	72,5	0,2	2,0	2,3	23,0	0,0
Hindistan	75,1	1,8	4,9	2,8	15,5	0,0
Rusya	14,9	1,0	50,1	17,0	17,0	0,0
Dünya	40,6	4,3	21,6	10,6	22,9	0,1

Tablo 3.2’ de bazı ülkelerin kaynak açısından elektrik tüketim oranları belirtilmiştir. Veriler incelendiğinde Dünya üzerindeki ülkelerin %22,9’unun elektrik tüketimlerini yenilenebilir enerji kaynaklarından karşıladığı dikkat çekmektedir. Kanada’nın ise elektrik ihtiyacını %62,8 oranında yenilenebilir enerji kaynaklarından karşıladığı saptanmıştır. Bu noktada Kanada birinci sırada yer almaktadır. Kanad’yı %28 oranı ile Almanya takip etmektedir. Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi gibi bir çok yenilenebilir enerji kaynağından faydalanılmaktadır (Yolcan, Köse,2020;s.202).

Atmosferin dışında güneş enerjisinin barındırdığı yoğunluk miktarı yaklaşık olarak 1370 W/m² değerindedir. Fakat atmosferin etkisiyle Dünya'ya ulaşan enerji miktarının 0-1100 W/m² olduğu hesaplanmıştır. Güneş enerjisinin kullanımına yönelik araştırmalar özellikle enerji krizlerinin yaşandığı 1970’li yıllardan sonra hız kazanmıştır. Günümüzde güneş enerjisi sistemi teknolojisi gelişmekte ve sistem kurulduktan sonraki maliyetler oldukça

düşük oranlara tekâmül etmektedir. Güneş enerjisi zaman içerisinde çevre dostu bir enerji kaynağı haline gelmiştir. Şekil 3.1’de Dünyamızın Güneş enerji potansiyeli diyagramı yer almaktadır (Yolcan, Köse,2020;s.202).



Şekil 3.1. Dünyamızın Güneş Enerjisi Potansiyeli Diyagramı(Kaynak: Yolcan, Köse, 2020; s.88)

Güneş enerjisi dolaylı olarak ya da doğrudan kullanılabilir. Kullanım alanları dört ana başlıkta inceleyebilir. Bunlar;

- Doğal Güneş Enerjisinin Uygulama Alanları
- Güneş Enerjisinin Isı Üretimindeki Kullanım Alanları
- Güneş Enerjisinin Elektrik Üretimindeki Uygulama Alanları
- Diğer Kullanım Alanlarıdır.

Fotosentez ve fosil yakıt oluşumu yoluyla güneş enerjisinin doğal kullanımına örnek verebilirsiniz. Güneş enerjisi farklı sıcaklık seviyelerine göre sınıflandırılarak termal uygulamalarda kullanılmaktadır. Düşük sıcaklık uygulamalarına yönelik evsel su üretimi ve tarım ürünleri Kuru, orta sıcaklıkta vakumlu güneş kolektörü, yüksek sıcaklık Konsantre güneş enerjisi sistemleri (CSP) uygulamasına örnek olarak kullanılabilir.

Fotovoltaik paneller doğrudan güneşten elektrik üretmek için kullanılır. Fotovoltaik hücreler, güneş enerjisi ışığı doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır (Yolcan, Köse,2020;s.203)

Tablo 3.3. Güneş Enerjisi Santralleri Kurulumu İçin Alan Gereklilikleri(Kaynak: Yolcan, Köse, 2020; s.88)

Kriter	Gereklilik
Güneş ışınımı	> 1100 kWh
Eğitim	5° - 15°
Yerleşim bölgesine yakınlık	< 2500 metre
Sanayi bölgelerine yakınlık	< 3500 metre
Karayolu ağına yakınlık	< 500 metre
Hava sıcaklığı aralığı	15° - 40°
Arazi örtüsü	Ormanlardan, yerleşim yerlerinden, tarıma elverişli alanlardan, doğal afet riski taşıyan bölgelerden uzak olmalı, bitki örtüsü yoğun olmamalı

Uygun santral bölgesi seçilirken bölgenin güneş potansiyeli, arazi yapısı, arazi kullanımı dikkate alınmalıdır. Ayrıca, enerji tüketim bölgesine olan yakınlık, şebeke bağlantısı, arazinin jeolojik yapısı gibi etmenler de temel faktörler olarak belirlenmiştir (Varınca,K.,B.; Gönüllü, M., T.,2006; s.273).

Güneş enerjisi santralının verimini etkileyen temel koşullardan biri de kurulduğu arazinin coğrafi koşullarıdır. Ayrıca bölgenin, geniş güneş enerjisi potansiyeline sahip olması gerekir. Ülkemiz güneş enerjisi alımı açısından oldukça zengindir. Ülkemizde (Türkiye) yıllık toplam güneş radyasyonu yoğunluğu 1527 kWh/metrekaaredir. Yıllık toplam Güneşli saat sayısı ise 200741 saattir. Türkiye Güneş Potansiyeli Atlası'na göre her gün alınan

radasyon değerinin en az 3,29 kWh/m² en çok ise 5,48 kWh/m²'ye kadar olduğu saptanmıştır (Yolcan, Köse,2020;s.88).

Güneş enerjisi santrali kurulumunda arazi eğimi önemli bir kriterdir. Eğim inşaati ve bakım onarım faaliyetlerini zorlaştırmaktadır. Ayrıca eğimli arazi, maliyetleri de artırmaktadır. Panellerin dik yamaçlara yerleştirilmesi erozyonu, drenajı ve statik elektriğin gözden geçirilmesine neden olmaktadır. Panelin optimum açısı düz arazide kolaylıkla ayarlanabildiği gibi, eğimli arazilerde bu işlem zorlaşır. Güneş santralinin şebekeye uzaklığı da bir diğer önemli kriterdir. şebekeye bağlı enerji santrali yakınlığı yeni altyapı kurulumunu engelleyerek kurulum maliyetlerini azaltır. Enerji santrali, ortam sıcaklığı güneş panellerinin verimini etkileyen önemli kriterlerden biridir. Panel optimizasyonu esnasında verimli elektrik enerjisi üretimi için en uygun hava sıcaklığı aralığı 15 C – 40 C aralığındadır (Yolcan, Köse,2020;s.88).

3.4.1. Yasal gereklilikler

Arsa mülkiyeti durumu kurulum ve işletme aşamalarında dikkate alınması gereken en önemli faktörlerden biridir. Olası sorunların aşılması için kadastro belgeleri ve ihale dokümanları dikkate alınmalıdır. Kurulum öncesinde gerekli protokol yasal çerçevede hazırlanmalıdır. Doğal afet riski olan yerlerden, ekili arazilerden ve park/bahçelerin belirli alanlarını tahrip etmekten kaçınılmalıdır. Yer seçimi açısından belirlenen yasal düzenlemeler, Tablo 3.4'te detaylı olarak yer almaktadır(Varınca,K.,B.; Gönüllü, M., T.,2006; s.273) .

Tablo 3.4. Güneş Enerjisi Santrali Kurulumunda Yer Seçimini Etkileyen Yasal Düzenlemeler (2023)(Kaynak: Yolcan, Köse, 2020; s.205)

Yasal Düzenleme	Amacı
5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi	Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde

Uretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun	ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir.
4737 Sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu	Endüstri bölgelerinin kurulması, yönetim ve işletilmesine ilişkin esasları düzenlemektir.
2872 Sayılı Çevre kanunu	Bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır.
2873 Sayılı Milli Parklar Kanunu	Yurdumuzdaki milli ve milletlerarası düzeyde değerlere sahip milli park, tabiat parkı, tabiat anıtı ve tabiatı koruma alanlarının seçilip belirlenmesine, özellik ve karakterleri bozulmadan korunmasına, geliştirilmesine ve yönetilmesine ilişkin esasları düzenlemektir.
4342 Sayılı Mera Kanunu	Daha önce çeşitli kanunlarla tahsis edilmiş veya kadimden beri kullanılmakta olan mera, yaylak, kışlak ve kamuya ait otlak ve çayırların tespiti, tahdidi ile köy veya belediye tüzel kişilikleri adına tahsislerinin yapılmasını, belirlenecek kurallara uygun bir şekilde kullandırılmasını, bakım ve ıslahının yapılarak verimliliklerinin artırılmasını ve sürdürülmesini, kullanımlarının sürekli olarak denetlenmesini, korunmasını ve gerektiğinde kullanım amacının değiştirilmesini sağlamaktır.

5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu	Toprağın korunması, geliştirilmesi, tarım arazilerinin sınıflandırılması, asgari tarımsal arazi ve yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüklerinin belirlenmesi ve bölünmelerinin önlenmesi, tarımsal arazi ve yeter gelirli tarımsal arazilerin çevre öncelikli sürdürülebilir kalkınma ilkesine uygun olarak planlı kullanımını sağlayacak usul ve esasları belirlemektir.
3083 Sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Tarım Reformu Kanunu	Sulama alanları ile Bakanlar Kurulunca gerekli görülen alanlarda; zorunluluk halinde tarım arazisinin diğer amaçlara tahsisini düzenlemeyi sağlamaktır.
2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu	Korunması gerekli taşınır ve taşınmaz kültür ve tabiat varlıkları ile ilgili tanımları belirlemek, yapılacak işlem ve faaliyetleri düzenlemek, bu konuda gerekli ilke ve uygulama kararlarını alacak teşkilatın kuruluş ve görevlerini tespit etmektir.
3621 Sayılı Kıyı Kanunu	Deniz, tabii ve suni göl ve akarsu kıyıları ile bu yerlerin etkisinde olan ve devamı niteliğinde bulunan sahil şeritlerinin doğal ve kültürel özelliklerini gözeterek koruma ve toplum yararlanmasına açık, kamu yararına kullanma esaslarını tespit etmek amacıyla düzenlenmiştir.
2565 Sayılı Askeri Yasak Bölgeler ve Güvenlik Bölgeleri Kanunu	a)Yurt savunması bakımından hayati önemi haiz askeri tesisler ve bölgeler ile sınırların, güvenlik ve gizliliğini sağlamak için bunların çevrelerinde,

	<p>kıyılarında ve havalarında; kara, deniz ve hava askeri yasak bölgelerinin,</p> <p>b) Yurt savunması veya yurt ekonomisine önemli ölçüde katkıda bulunan veya kısmen dahi tahripleri veya devamlı olarak ya da geçici bir zaman için faaliyetten alıkonulmaları halinde milli güvenlik veya toplum hayatı bakımından olumsuz sonuçlar doğurabilecek; diğer askeri tesis ve bölgeler ile kamu veya özel kuruluşlara ait her türlü yer ve tesislerin etrafında güvenlik bölgelerinin kurulması, kaldırılması ve gerektiğinde genişletilmesine ilişkin esas ve yöntemlerin düzenlenmesidir.</p>
2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu	<p>Devamlı ve hızlı bir gelişme gösteren, ileri teknolojinin uygulandığı, sürat ve emniyet faktörlerinin büyük önem taşıdığı sivil havacılık sahasındaki faaliyetlerin ulusal çıkarlarımız ve uluslararası ilişkilerimize uygun bir şekilde düzenlenmesini sağlamaktır.</p>

3.4.2. Güneş enerjisi teknolojileri ve üretimi

Güneş enerjisi teknolojisi, paneller üzerinde tercih edilen malzemeler, seçilen yöntemler, proses yapıları vb. temellerden kaynaklı olarak büyük farklılıklar göstermektedir. Ancak yine de iki temel türe ayırmak mümkün olabilir. Söz konusu türler (Apaydın ve Taşdoğan, 2019) ;

- Termal GES teknolojisi,
- Fotovoltaik GES teknolojisidir.

Birinci grup sistemlerde ısı güneşten elde edilir, ısı doğrudan ya da elektrik üretmek amacıyla tercih edilmelidir. Güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirmek için çeşitli mekanizmalar kullanılır. Yüksek sıcaklıklarda aşırı ısıtılmış buhardan enerji üretmek amacıyla klasik yöntemlere başvurulur. İkinci grup sistemler ise yarı iletken malzemelerden tedarik edilen fotovoltaik (PV) güneş enerjisi sistemleridir. Bu sistemler güneş ışığını doğrudan elektrik eldesine çevirir (Kılıç, Ç. F. 2011, s.103).

Isı üretimine yönelik güneş enerjisi prosesleri kendi içerisinde üç temel başlıkta incelenir:

- Düşük Sıcaklık Bazlı Uygulamalar,
- Orta Sıcaklık Bazlı Uygulamalar,
- Yüksek Sıcaklık Bazlı Uygulamalar.

Düşük sıcaklık uygulamalarının en yaygın örneği düz panel güneş kolektörleridir. Orta sıcaklık uygulamaları, parabolik oluk sistemleri olarak da bilinen doğrusal yoğunlaşmalı sistemlerdir. Yüksek sıcaklık uygulamaları için kullanılan sistemler, merkezi uygulama noktasına (parabolik çanak gibi) sahip olanlardır (Apaydın ve Taşdoğan, 2019).

Şekil 3.2’de parabolik çanak güneş kolektörüne ait görsel yer almaktadır. Parabolik çanak güneş kolektörleri, hem daha uygun maliyetle maksimum enerji maliyetini sağlamakta hem de enerji sarfiyatını mevcut sistemler içerisinde minimuma indirmektedir (Kılıç, Ç. F. 2011, s.103).



Şekil 3.2. Parabolik Çanak Güneş Kolektörü Görseli (Kılıç, Ç. F. 2011, s.103).

Düz güneş kolektörleri olarak tanımlanan sistemler ise kullanımı en yaygın güneş enerjisi sistemleridir. Bu sistemler özellikle sıcak su üretimi ve suyun ısıtılmasında kullanılmaktadır. Güneş enerjisini toplayıp, ısı transferi yapan suya veya akışkanlara ısı olarak aktarmak amacıyla çeşitli tip ve şekillerde üretilirler. Bu sistemlerdeki iç sirkülasyondaki sıvının sıcaklığı 70-80°C'ye kadar çıkabilmektedir. Konut binalarının, çeşitli ticari ve endüstriyel binaların, yüzme havuzlarının ve endüstriyel tesislerin sıcak su ihtiyaçlarının yanı sıra vakum amaçlı da kullanılabilirler. Düz kolektörler verimli şekilde kullanıldığında 120°C sıcaklık değerlerine kadar ulaşılabilir (Kılıç, Ç. F. 2011, s.105)

Düz güneş kolektörleri, farklı uygulamalar da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerden bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- Su Arıtma Tesisleri/Sistemleri
- Kurutma Hizmetleri,
- Solar Havuzlar,
- Solar Yapılar/Binalar.

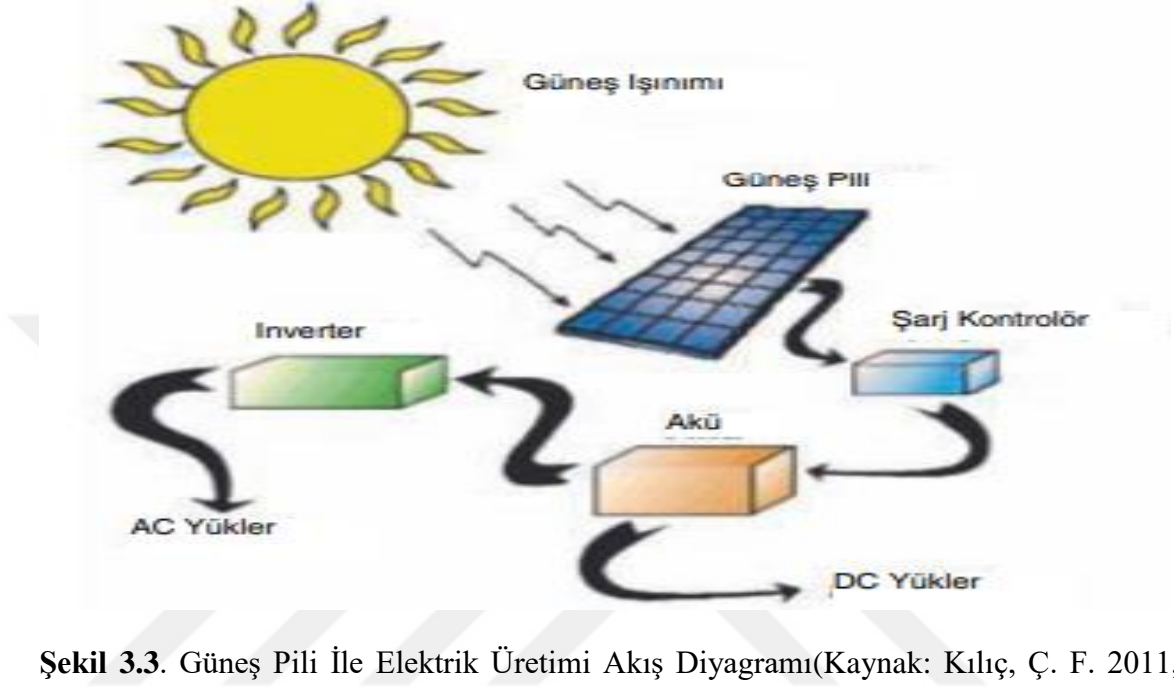
3.4.3. Güneş enerjisi santrallerinde elektrik enerjisi elde etme prosesi

Elektrik üretmekte kullanılan santraller, GES projelerinin kullanım alanlarının başında gelmektedir. Bu noktada, elektrik üretim yöntemleri oldukça büyük önem arz etmektedir. GES projelerinde elektrik üretimi sağlanırken; fotovoltaik hücreler yarı iletken diyotlar gibi davranarak güneş ışığının taşıdığı enerjiyi fotovoltaik enerjiye dönüştürürler (Kılıç, Ç. F. 2011, s.104).

Yarı iletken malzemeli güneş pillerinin N-tipi veya P-tipi kullanıma uygun olarak çalışabilmeleri için katkılı olmaları gerekir. Doping işlemi, saf yarı iletken eriyik gerekli katkı maddelerinin kontrollü eklenmesi ile ortaya çıkan yarı iletken N'dir.

P tipi eldesi ise yine eklenecek olan katkı maddelerine bağlıdır. Yarı iletken malzeme olarak polikristalin silikon tercih edilir. P ve N-tipi yarı iletken bir araya gelmeden önce iki madde elektriksel olarak nötrdür, yani akım henüz meydana gelmemiştir. Bir PN bağlantısı oluştuğunda, elektronlar (N tipindeki çoğunluk taşıyıcıları) P tipine doğru bir

akım akışı oluşturur. Her iki taraf da yük dengelenene kadar devam edilir ve beklenen akım üretilmiş olur (Kılıç, Ç. F. 2011, s.103).

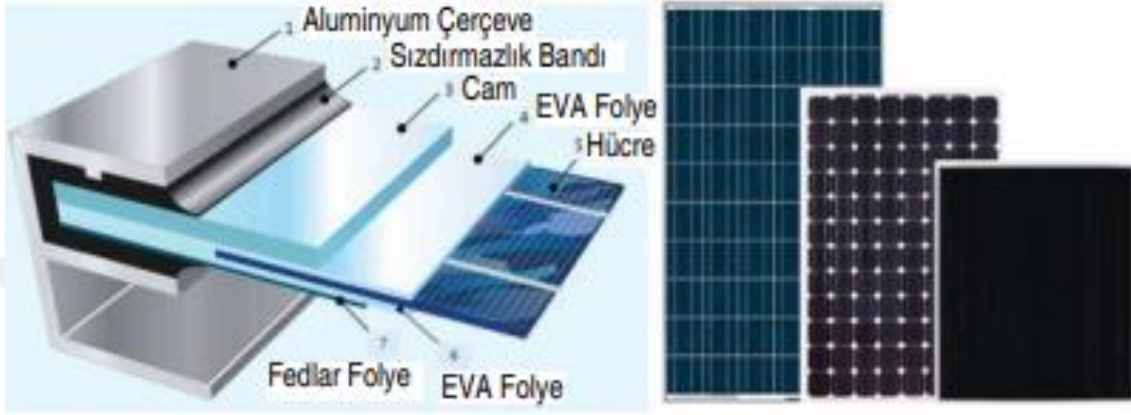


Şekil 3.3. Güneş Pili İle Elektrik Üretimi Akış Diyagramı(Kaynak: Kılıç, Ç. F. 2011, s.105)

Güneş enerjisi %5-20 oranları aralığında bir verimle elektriğe dönüştürülebilmektedir. Fotovoltaik hücrenin yapısı ve kullanım tarzı güneş enerjisinin verimliliğini ciddi ölçüde belirlemektedir. Birbirine bağlı birçok fotovoltaik hücre paralel veya seri bağlantılarla yüzeye monte edilir. Bu şekilde elde edilen güç miktarı birkaç watt'tan megawatt'a kadar değişir. Montaj sonrası ortaya çıkan yapı da fotovoltaiktir. Güneş pilleri tarafından üretilen doğru akım, şarj kontrolörleri ve piller gibi cihazlar sayesinde depolanır. İnvertörler ve diğer ek ekipmanlar DC gücünü AC gücüne dönüştürmektedir (Koç, 2021,s.516).

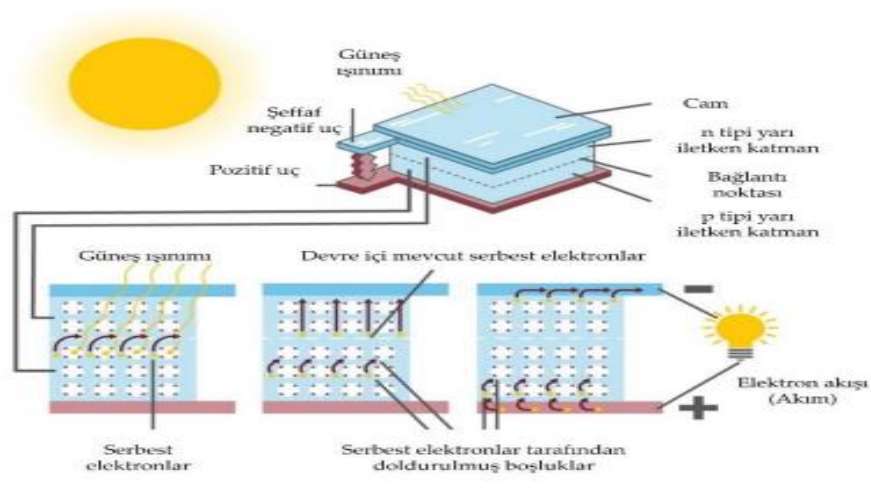
GES sistemleri ile üretilen elektrik enerjisi hemen tüketime de açıktır. Teknolojik gelişmeler ve literatür çalışmaları kapsamında güneş panelleri ile elektrik enerjisi üretiminde verimliliğin/enerji muhafaza oranının artırılmasına yönelik araştırmalar hızla devam etmektedir. Örneğin iki yönlü güneş takip sistemine sahip sabit bir sistem, tek yönlü güneş takip sistemine sahip sistem ile karşılaştırıldığında %41,34 daha fazla elektrik enerjisi üretilmektedir. Güneş pillerinin yüzeyi daima temiz tutulmalıdır. Ayrıca olası

şekilde üzerine düşebilecek gölgelemenin önlenmesi için soğutma sistemi kullanılmalıdır. Bunun gibi işlemler ve önlemler sayesinde güneş pillerinin verimliliği önemli ölçüde artırılabilir (Koç, 2021,s.516).



Şekil 3.4. Güneş Enerji Panelinin İç Kesiti

Fotovoltaik sistemler enerji şebekesinin bulunmadığı, yerleşim yerlerinden uzak, enerjinin ve ısının jeneratörlere taşınmasının zor olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Ayrıca enerji taşıma maliyetinin pahalı olduğu durumlarda kullanılır. Bazı iletişim istasyonlarında, bir takım askeri kablosuz ve telefon sistemlerinde, petrol boru hatlarının katodik korumasında, güç tedarik sistemlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Fotovoltaik sistemlerin birçok kullanım alanı mevcuttur. Gelişen teknoloji ile birlikte kullanım alanlarının daha da yaygınlaştığı saptanmıştır (Koç,2021,s.516).

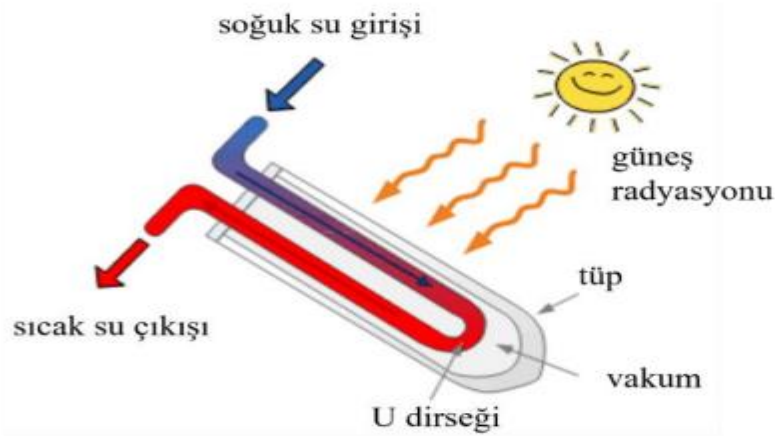


Şekil 3.5. Fotovoltaik (PV) Hücre Yapısı (2022)

PV hücrelerinin birleşimi olan PV modülleri monokristal ($\eta=13-16\%$), polikristal ($\eta=11-16\%$) ve ince film olarak temellendirilmektedir. Son yıllarda yaygınlaşan CO2'siz bina konsepti doğrultusunda elektrik ihtiyacı PV modülleri ile karşılanabilmektedir. Bu konuyla ilgili literatür çalışmaları son yıllarda önemli düzeyde artmıştır. Literatür çalışmaları incelendiğinde öne çıkan iki çalışma şu şekildedir (Eğrican, Çetin; s.4):

- (2022) Bakır (2022) ve Er (2023), yaptıkları çalışmada Hindistan ve Türkiye'de PV Modül Kullanan Binalarda Enerji Tasarrufu sağlamaya çalışmışlardır.
- Tarragona ve ark. (2022) Helsinki, Strasbourg'da ve Atina kentlerinde PV modüllerinin kullanımına ilişkin çalışmasında verimlilik artırımı üzerine çalışmıştır. Elektrik şebekesi tüketiminde sırasıyla %34, %54 ve %90'a kadar azalmaya katkıda bulunmuştur. Ayrıca çalışmada 30 kWp çıkış gücüne sahip bir çatı üstü fotovoltaik güneş enerjisi santrali modellenmiştir.

Kullanımı en yaygın güneş kollektörü tiplerinden birisi de U şekilli vakum tüplü güneş kollektörüdür. Bu kollektör ile dış cam tüpün dış yüzeyine çarpan güneş ışınımı iç cam tüpün dış yüzeyine yansıtılmaktadır. Ayrıca ışın, kanatçık malzemesi tarafından aktarılır ve daha sonra emilerek U şeklindeki bakır boruda bir çalışma sıvısı oluşturulur (Koç,2021;s.514).

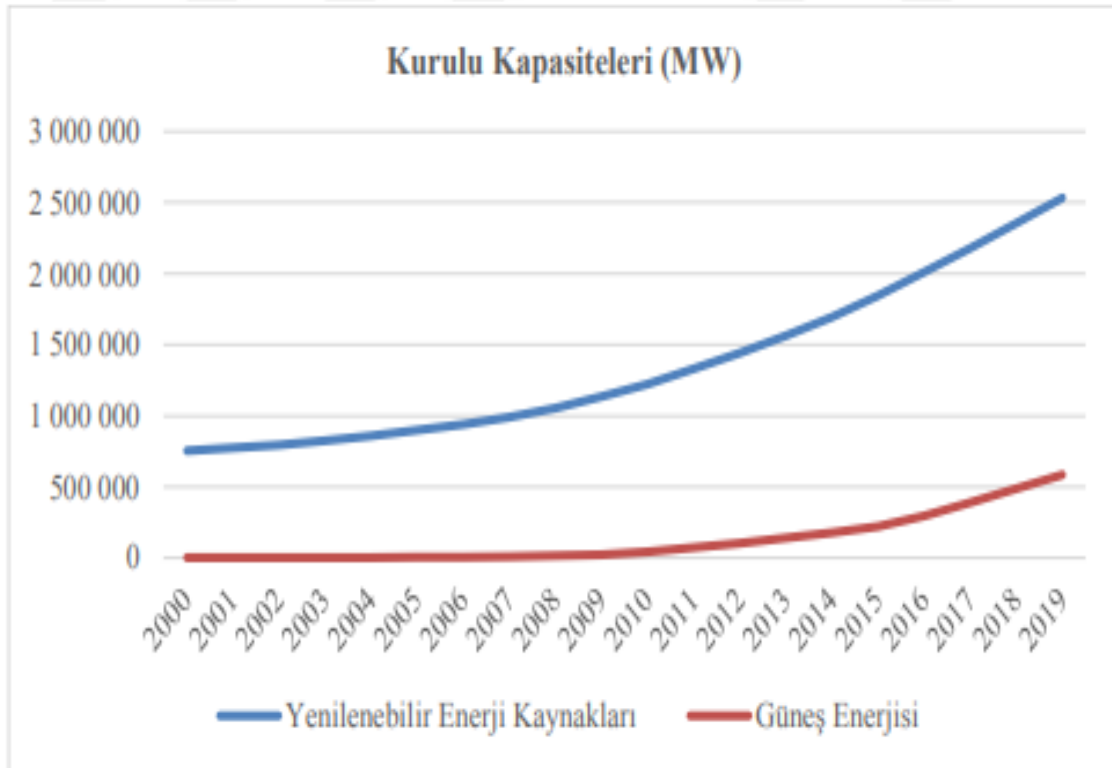


Şekil 3.6. U Tipi Vakum Tüpü Çalışma Prensibi(Kaynak: Alternative Energy Tutorials)

3.5. Güneş Enerjisinin Ekonomik Etkileri

Güneş enerjisi sadece Türkiye'nin değil, tüm dünyanın gelecekte yaygın olarak kullanacağı enerji olarak görülmektedir. Güneş enerjisinin en verimli şekilde kullanımını elde etmek amacıyla sistem geliştirmeleri devam etmektedir. Ayrıca güneş enerjisi alanında geliştirilen teknolojiler, ekonomik kalkınma açısından büyük önem taşımaktadır. Dünya üzerinde Güneş Enerjisi Sektörünün önemli katkıları mevcuttur. Küresel güneş enerjisi sektörünün ekonomik kalkınmaya ve istihdama katkısı yadsınamayacak seviyeye gelmiştir. Bu noktada Türkiye'nin "Güneş Yol Haritası"nda fotovoltaik ve konsantre güneş enerjisi üretimine yer verilmektedir. Enerji ekonomik istihdama önemli katkı sağlamaktadır. Ayrıca ekonomik olarak en önemli katkılardan biri olan işgücü üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileri tahmin etmek için fabrika hedeflerini göz önünde bulundurulmaktadır. (Eğrican,Çetin; s.1).

Görsel 3.1. Küresel Bazlı Yenilenebilir Enerji ve Güneş Enerjisi Kapasiteleri(Kaynak: Koç,2021,s.518)



Görsel 3.1’de küresel bazda kurulu yenilenebilir ve güneş enerjisi sistemleri yer almaktadır. Kurulu sistemlerin yıllar geçtikçe arttığı ve üretim kapasitesinin de yükseldiği saptanmıştır.

Geçtiğimiz iki yüzyıl süresince, birincil enerji kaynaklarının kullanımı uzun vadede öncelikle alışılan ve hazır yakıtlardan gerçekleştirilmiştir. Tarih süresince kömürden petrol ve doğalgaza geçiş süreci yaşanmıştır. Şu anda mevcut genç Enerji tüketiminin yaklaşık olarak %80’i petrol gibi sıvı fosil yakıtlara dayanmaktadır (Devezas, LePoire, Matias ve Silva,2008).

Dünya üzerindeki karbon emisyon oranları artarken yenilenebilir enerji tedariki ve birincil yakıtların kullanımı konusunda bazı kısıtlamalar yapılması zorunlu hale gelmektedir. Bu noktada Dünya üzerinde yeni ve kapsamlı bir dönüşüm yaşanmaktadır. 2010’daki CO2 emisyonlarının 2030’a kadar azaltılması planlanan hedefler içerisinde yer alıyor. 2050 yılına kadar ise mevcut seviyelerden %45’lik bir düşüş elde etmek ve minimum CO2 salınımı seviyesine ulaşmak hedefleniyor. Bazı durumlarda önemli olmasına rağmen, günümüzde fosil yakıtlara bağımlılık azalmaya devam etmektedir (Nizic ve Rudan, 2013)

Güneş enerjisi, doğrudan veya dolaylı olarak dünyadaki diğer enerji kaynaklarının büyük bir kısmını türetmektedir. Güneş enerjisi bir bakıma yenilenebilir ve sınırsız bir enerji kaynağını temsil eder. Dar anlamda güneş enerjisi, güneş ışınımının aktardığı enerji miktarını ifade eder. Güneş enerjili ısıtma sistemleri çoğunlukla ek ısı kaynağı olarak kullanılırken, temel ısıtma sistemleri çoğunlukla hala doğalgaz gibi yakıtlardır. Güneş enerjisinin enerji kaynağı olarak tek başına kullanılması nadir olup, uygun iklim koşullarında ve kısa sürede kullanılabilir (Nizic ve Rudan, 2013).

Yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak güneş enerjisi hem su ısıtma hem de elektrik eldesi amaçlı kullanılabilir için büyük ilgi görmüştür. Güneş enerjisi teknolojisi günümüzde birçok ülkede konut sektörünün ısıtma ihtiyacını belirli bir seviyede karşılayabilmektedir (Raluy, Serra, Guadalfajara ve Lozano, 2014; Tulus vd., 2019).

GES sektörü, enerji fiyatlarındaki dalgalanmalarla başa çıkabilmek, enerji güvenliğinin güçlendirilmesi, ithal güce bağımlılığın azaltılması gibi birçok avantajı bünyesinde barındırmaktadır (Apaydın ve Taşdoğan, 2019).

Dünyanın enerji sarfiyatını değiştiren küresel trendler hızla ortaya çıkmaktadır. Burada temel amaç mevcut enerji üretim sistemlerini daha temiz ve daha az israfli hale getirmektir. Kaynakları karbon emisyonu yaratan kaynaklardan uzaklaştırmak ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Çünkü, Dünya Halihazırda fosil yakıtlara büyük ölçüde bağımlıdır. Enerji tüketiminin önümüzdeki yıllarda önemli ölçüde artmaya devam edeceği ön görülmektedir. Son yıllarda ham petrol ve doğal gaz kullanımı sırasıyla %30 ve %53,2 artmasına rağmen küresel enerji tüketiminin 2040 yılında %48 artması beklenmektedir. Söz konusu artış, iklim değişikliği açısından da ciddi sonuçlar doğuracak şekilde daha fazla sera gazı emisyonuna yol açacaktır. Önlem alınmazsa enerji tüketim artışının ciddi çevre sorunlarına neden olabileceği ön görülmektedir (Tulus vd., 2019).

Enerji ve sermaye açısından kullanılabilirlik gibi temel ekonomik gelişmeler önemli bir parametre olarak kabul edilir. Enerji aynı zamanda doğal bir kaynaktır ve uzun vadeli ilerlemenin anahtarı olarak kabul edilmektedir. Güneş enerjisi ise güneş var olduğu sürece yenilenebilir bir enerji kaynağıdır, yani Dünya üzerindeki hayat devam ettiği sürece tükenmeyecek bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. GES sistemleri, gelişmekte olan ülkelerde ekonomik kalkınma için son derece değerlidir ve çevre dostudur. Güneş enerjisi ülkeler açısından bir çeşit dost enerji olarak kabul görmektedir. Çevresel bozulma, toplum tarafından ekonomik büyümenin bir bedeli olarak kabul görmüştür. Bu nedenle çevresel bozulma yaşanması insanları, bozulmanın engellenmesi için önlemler almak zorunda bırakmıştır. Güneş enerjisi, diğer birçok doğal kaynak gibi mekânsaldır, yani belirli alanlarda yüksek verimde olur. İçinde veya çevresinde bulunan ülkeler büyük enerji potansiyeline sahip olmasına sağlardır. (Apaydın ve Taşdoğan, 2019).

Ekonomik kalkınma ve sürdürülebilirlik açısından çoğu ülke enerjinin varlığını önemli bir parametre olarak kabul etmektedir. Bu açıdan yaklaşıldığında emek ve sermaye değerlerinin enerji politikaları çerçevesinde şekillendiğinden söz edilebilir. Bir ekonomideki enerji akışı öncelikle ve son zamanlara kadar fosil yakıt kaynakları tarafından yönlendirilmekteydi. Enerji elde edilmesi sınırlı olduğunda ekonomik büyümeler de aynı oranda sınırlı hale gelmektedir. Zira ekonomik büyümenin en önemli unsurlarından biri olarak görülen sanayileşme büyük oranda enerjinin verimli kullanımına bağlıdır (Apaydın ve Taşdoğan, 2019).

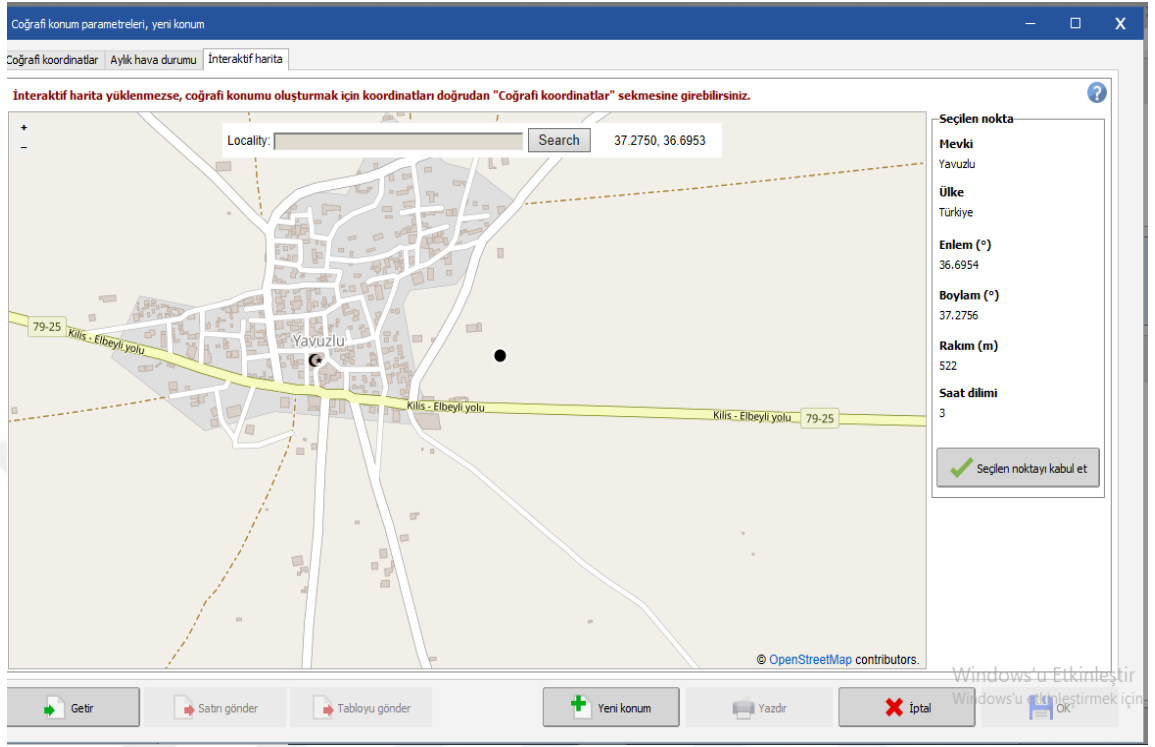
3.6. PVsyst Simülasyon Programı

PVsyst, İsviçre Cenevre Üniversitesi tarafından geliştirilmiş bir simülasyon programıdır. Bu program, şebeke bağlantılı veya şebekeden bağımsız fotovoltaik (PV) sistemler, PV sulama sistemleri ve DC şebekeler gibi fotovoltaik sistemlerin tasarımını yapma ve sonuçlarını analiz etme amacıyla kullanılmaktadır. Diğer benzer programlara göre, PVsyst daha ayrıntılı hesaplamalar yapma ve çeşitli parametreleri kullanma imkanı sunmaktadır.

Bir PV sistemi, bir PV dizisi, akü ve güç koşullandırma elemanlarından oluşur. Bu sistem, güneş enerjisini doğru akıma (DC) dönüştürür; ancak çoğu yük, alternatif akım (AC) gerektirir. Bu nedenle, sistemdeki inverter, DC'yi AC'ye çevirir. PV sistemi iki farklı şekilde çalışabilir: şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız. Şebekeye bağlı PV sistemi, ürettiği elektrik enerjisini doğrudan elektrik şebekesine aktarır ve geleneksel enerji kaynaklarıyla paralel olarak çalışır. Bu tür sistemler, iletim ve dağıtım kayıplarını en aza indirmek ve akü ihtiyacını ortadan kaldırmak amacıyla, elektrik tüketicilerine yakın bir konumda kurulur. Performansı, yerel hava koşulları, PV dizisinin yönü, eğimi ve inverterin verimliliği gibi faktörlere bağlıdır. Şebekeden bağımsız sistemler bağımsızdır ve elektrik şebekesine veya kamu hizmeti şirketine bağlı değildir. Bu sistemler elektrik üretmek için güneş panellerini birleştirebilir; bu da onları uzak alanlar veya güvenilir olmayan şebeke erişimi olan yerler için mükemmel kılar. Şebekeden bağımsız sistemler, güneş panelleri ürettikleri enerjiyi depolamak için akü depolamaya dayanır. Bu şekilde, şebeke kapalıyken veya elektrik kesintileri sırasında bile elektrik olacak. Bu, özellikle uzak bir bölgede veya elektrik kesintisine yatkın bir bölge için çok büyük bir avantajdır.

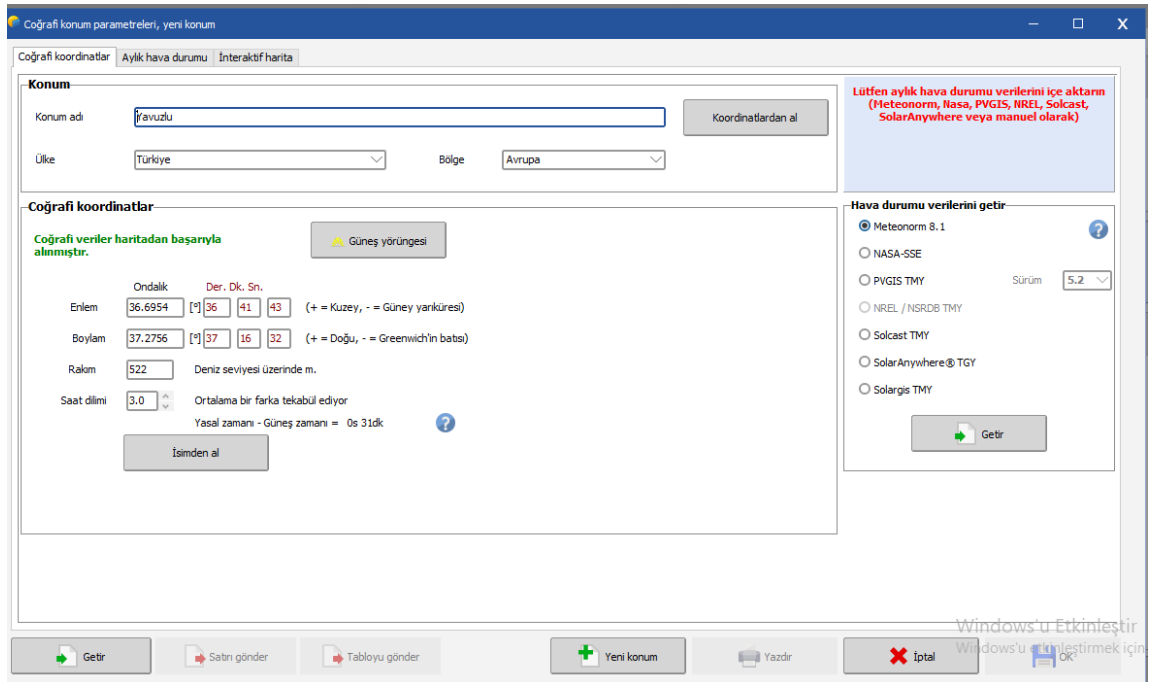
3.6.1. Fotovoltaik sistem tasarımı

Şebeke bağlantılı ve enerji depolama özelliklerine sahip bir fotovoltaik (PV) sistemin PVsyst programı kullanılarak nasıl gerçekleştirileceği aşağıda kısaca özetlenmiştir. aşağıdaki sırayla girilerek yapılmaktadır;

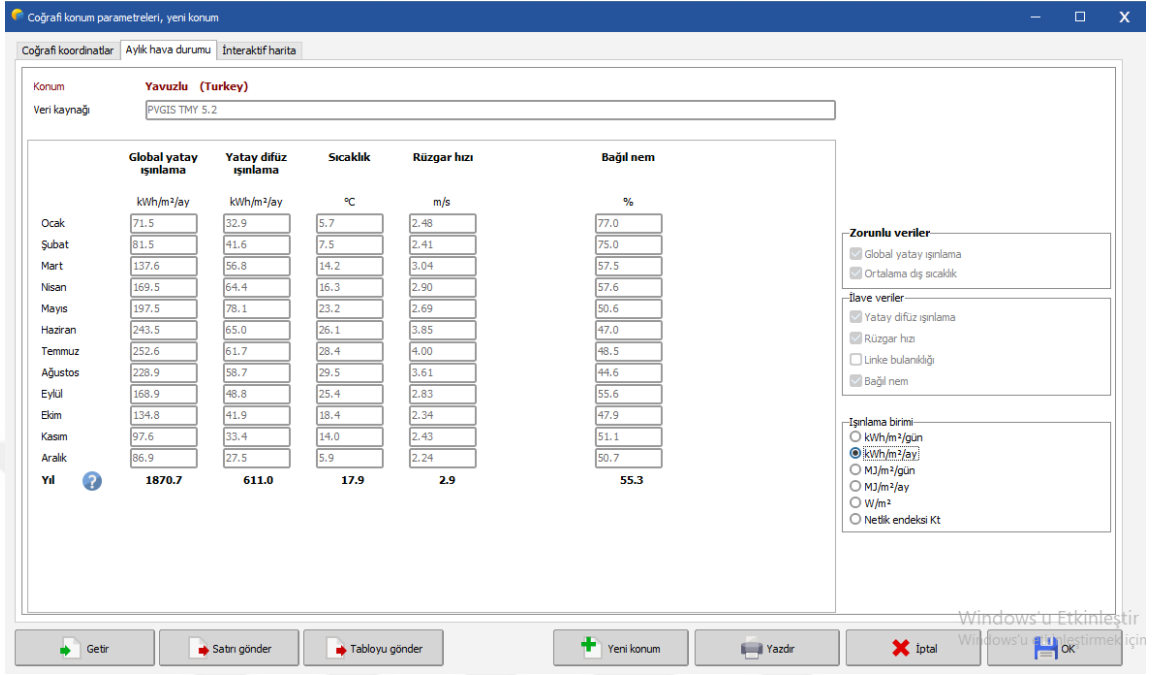


Şekil 3.7. Coğrafi koordinatlar giriş penceresi

İstenilen konum, Şekil 3.7'deki gibi belirlendikten sonra (Seçilen noktaya kabut et) basılarak coğrafi konum bilgisi girilmiş olur.

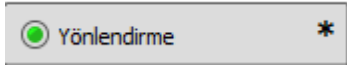


Şekil 3.8. Coğrafi koordinatlar değerlerinin penceresi



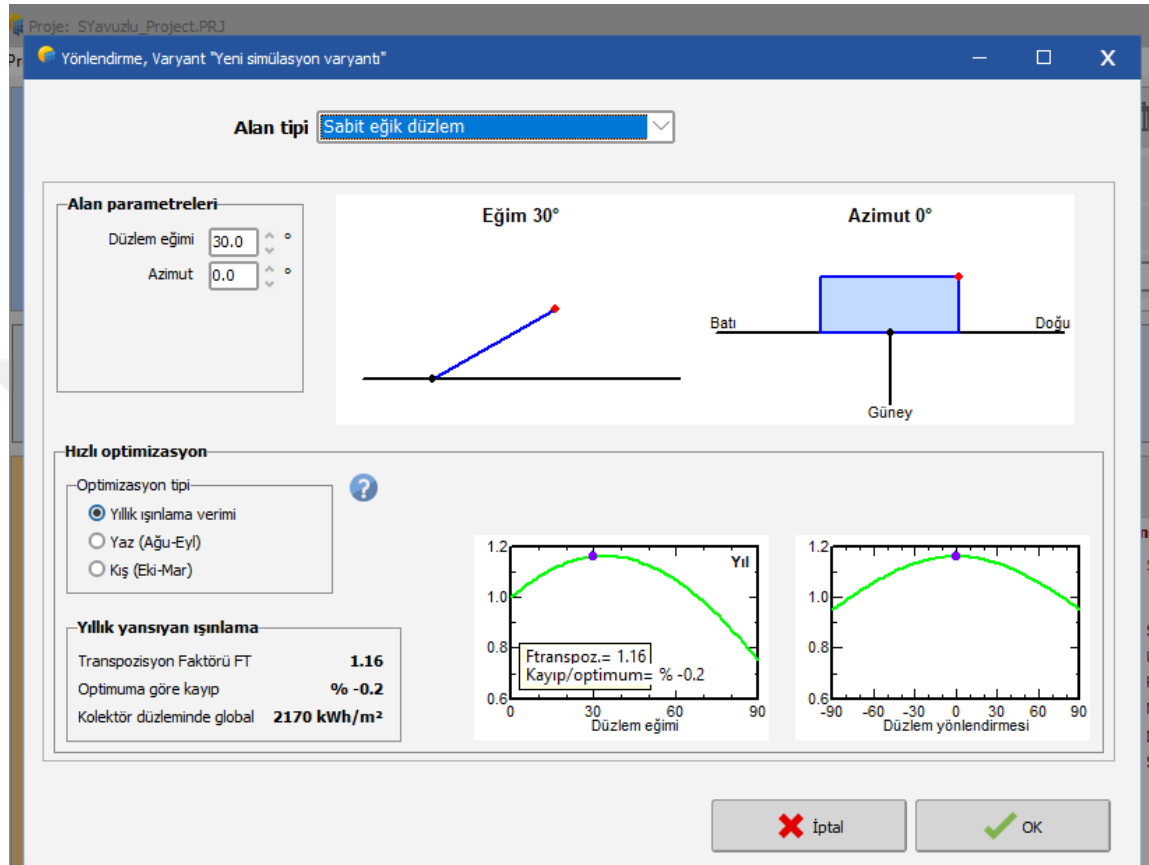
Şekil 3.9..Coğrafi konum parametreleri

3.6.2. PV (Fotovoltaik) sistemin yönlendirmesi



Butonuna basılarak PV sistemin yönlendirilmesi gerçekleştirilir. Kilis ili Yavuzlu beldesine ait coğrafi konum girilir ve azimut değeri sıfır oluncaya kadar enlem değeri ayarlanır.

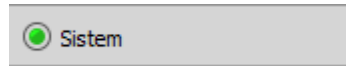
Güneş azimut açısı, belirli bir bölge ve zamanda Güneş'e doğru çizilen doğrunun yataydaki izdüşümünün güney yönü ile oluşturduğu açıdır.



Şekil 3.10. PV Paneller için panel açısı ve Azimuth değeri tablosu

3.6.3. İnverter (Evirici) belirlenmesi

Fotovoltaik paneller aracılığıyla enerji üretimi sürecinde, eviricinin alternatif enerjinin anlık izlenmesi ve depolanması işlemlerinin titizlikle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Şebekeye bağlı sistemlerde doğru akımın alternatif akıma dönüştürülmesi için inverter kullanımı şarttır. İnverter, PVsyst yazılımında tasarım aşamasında kritik bir öneme sahiptir.



Butonuna tıklanır. Açılan pencereden Şekil 3.11'te görüldüğü gibi uygun inverter seçimi gerçekleştirilir.

Invertör seçimi

Tüm invertör Çıkış gerilimi 230 V Mono 50Hz 50 Hz 60 Hz

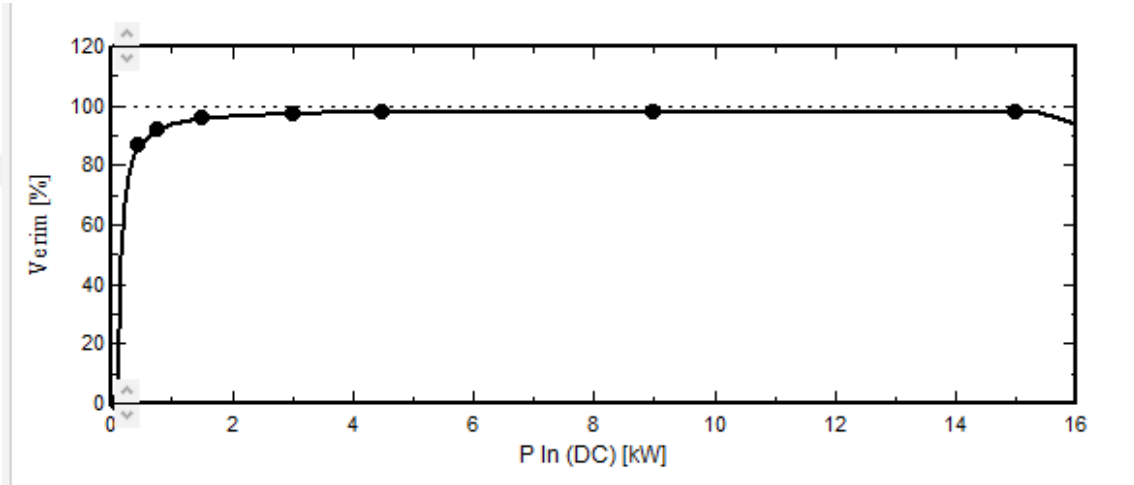
Afore 10 kW 70 - 550 V TL 50/60Hz HNS10000TL (2022) 2022 yılından beri Aç

Invertör sayısı 2 Çalışma gerilimi: **70-550 V** Invertör global gücü **20.0 kWac**

Multi-MPPT kullanımı Maksimum giriş gerilimi: **600 V** **2 MPPT ile invertör**

Invertörde güç paylaşımı

Şekil 3.11. İnverter Seçim Ekranı



Şekil 3.12.. İnverter Verimlilik Eğrisi

3.6.4. Sistemde kullanılacak PV modülünün belirlenmesi

PVsyst programında, sistem tasarımı sırasında planlanan güç veya PV modüllerinin yerleştirileceği mevcut alan üzerinden hesaplamalar gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada, 20 kW olarak belirlenen kurulu güç değeri dikkate alınarak PV panel ve inverter seçimi yapılmıştır.

Sistem Butonuna tıklanır. Açılan pencereden Şekil 3.13’de görüldüğü gibi uygun PV panel seçimi gerçekleştirilir

PV modül seçimi

Mevcut Filtre Tüm PV modüller Gereken tahmini modül sayısı **65**

Schutten Solar 310 Wp 32V Si-poly STP6-310/72 2016 yılından beri Manufacturer 2016 Aç

Optimizer kullan

Gerilim boyutlama : Vmpp (60°C) **32.1 V**
Voc (-10°C) **51.5 V**

Şekil 3.13.. PV Modül Seçim Ekranı

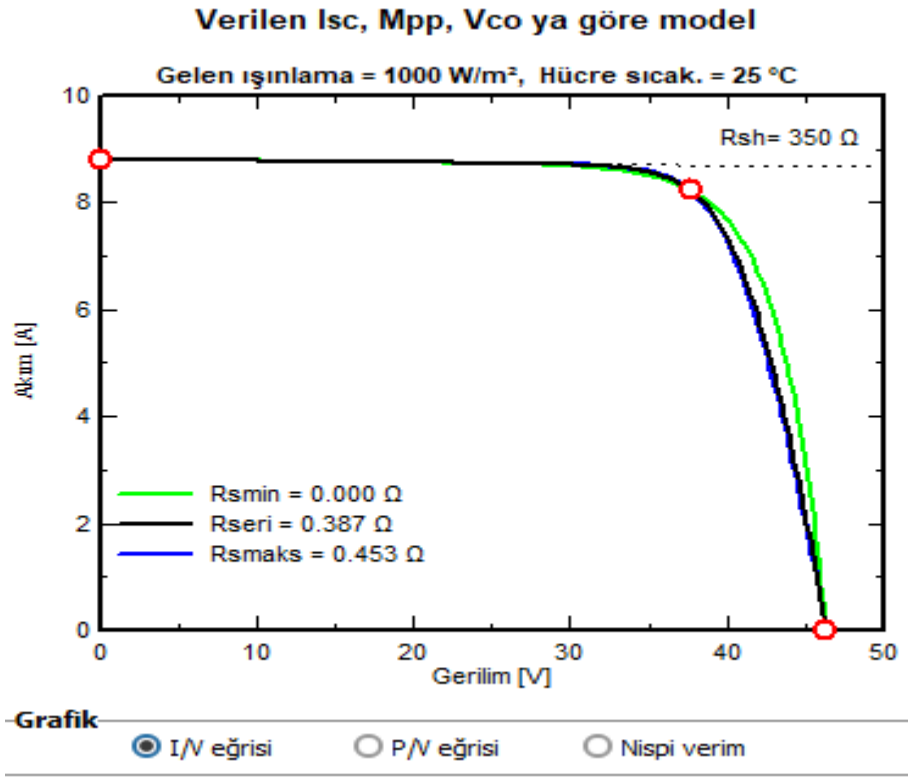
PV modül tanımlaması

Ana veriler Boyutlar ve Teknoloji Model parametreleri Ek veriler Ticari Gra

Açıklama **Schutten Solar, STP6-310/72**

Modül		Hücre	
Boy	1956 mm	Seri	72
En	992 mm	Paralel	1
Kalınlık	35.0 mm	Size W x H	156.7 156.7 mm
Ağırlık	19.50 kg	Hücre yüzeyi	245.5 cm ² <input checked="" type="checkbox"/>
Panel yüzeyi	1.940 m ²	Hücre yüzeyi	1.768 m ² ?

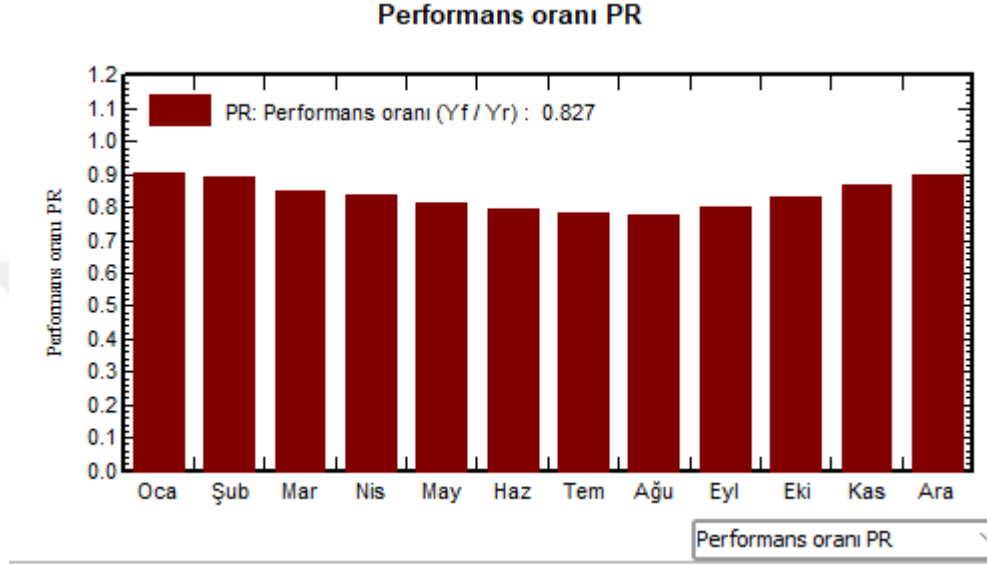
Şekil 3.14. Panel özellikleri



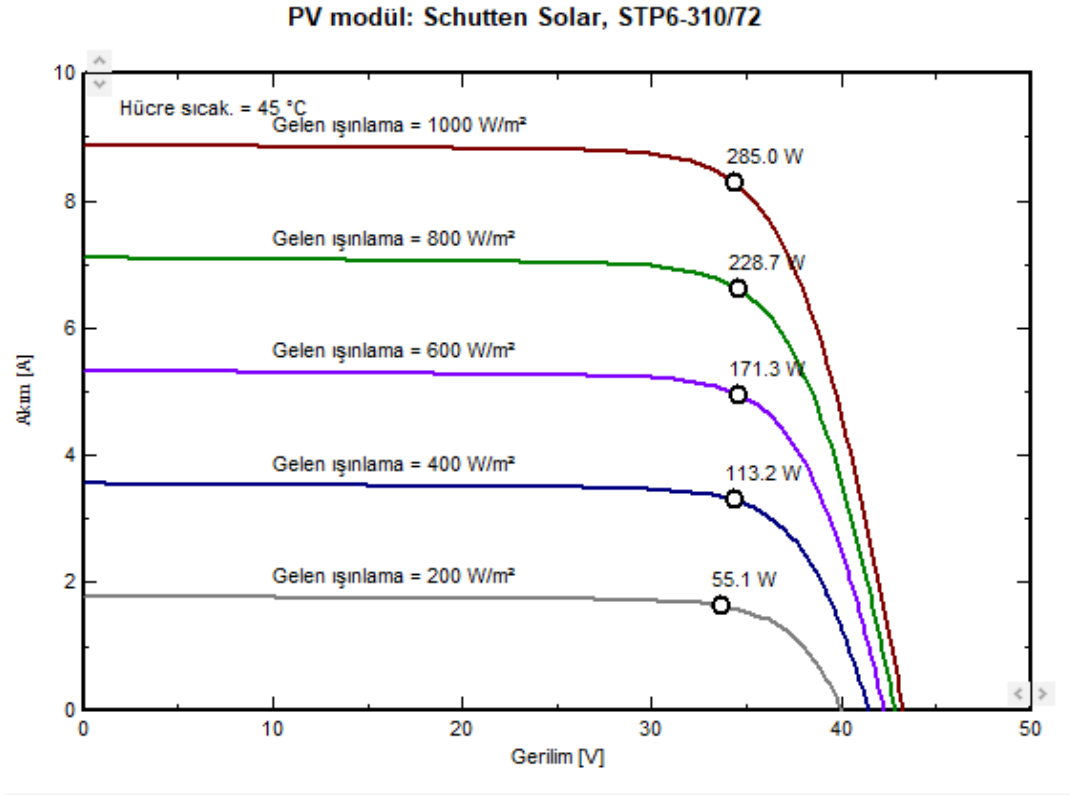
Şekil 3.15. PV Modül Karakteristik Eğrisi

3.6.5. PVSyst simülasyon sonuçları

Şekil 3.16'da yılın her ayı için, olay enerjisinin performans oranının grafiksel olarak gösterilmektedir. Ortalama oran ise 0.827'dur.

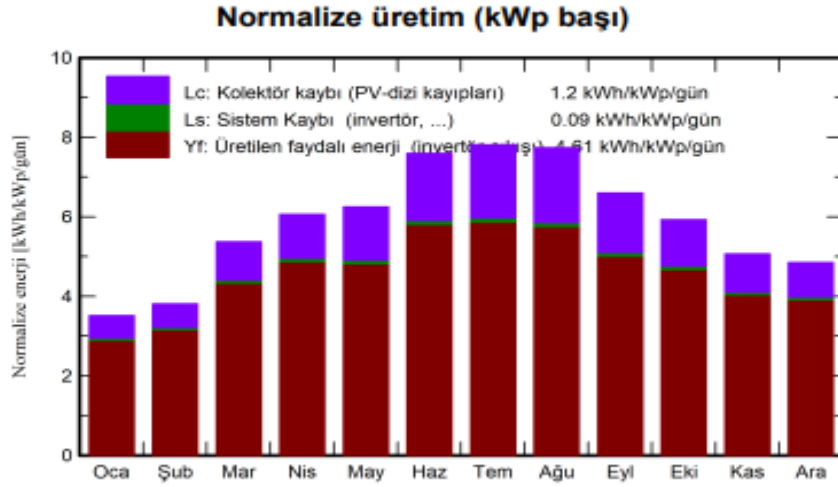


Şekil 3.16. performans oranı aylık değişim grafiği



Şekil 3.17. PV Hücre Sıcaklık/Verim Grafiği

Şekil 3.17 incelendiğinde, sıcaklık artışının PV hücrelerin veriminde bir azalmaya yol açtığı gözlemlenmektedir.



Şekil 3.18. Normal üretim ve kayıp faktörler

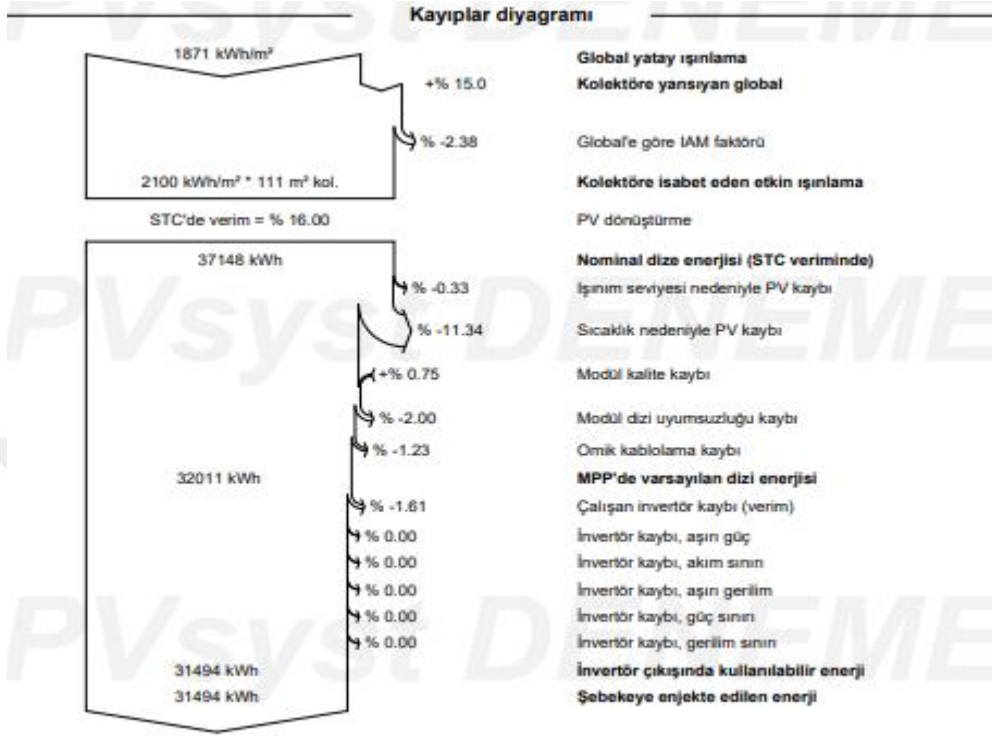
Bilanço ve genel sonuçlar

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR oran
Ocak	71.5	32.94	5.71	108.8	106.3	1771	1739	0.904
Şubat	81.5	41.64	7.52	106.5	104.1	1715	1684	0.895
Mart	137.6	56.82	14.17	166.3	162.7	2552	2509	0.854
Nisan	169.5	64.43	16.34	181.8	177.4	2739	2695	0.839
Mayıs	197.5	78.07	23.18	193.7	188.7	2830	2782	0.813
Haziran	243.5	64.98	26.15	227.9	221.8	3263	3211	0.797
Temmuz	252.6	61.74	28.40	242.0	235.6	3415	3360	0.786
Ağustos	228.9	58.71	29.51	239.8	234.1	3356	3303	0.780
Eylül	168.9	48.80	25.36	198.0	193.6	2842	2797	0.799
Ekim	134.8	41.92	18.44	183.6	179.7	2741	2699	0.832
Kasım	97.6	33.38	13.96	151.9	148.7	2362	2326	0.867
Aralık	86.9	27.53	5.92	150.3	146.9	2425	2389	0.899
Yıl	1870.7	610.98	17.95	2150.7	2099.5	32011	31494	0.829

Açıklama

GlobHor	Global yatay ışınlama	EArray	Dizinin çıkışında etkin enerji
DiffHor	Yatay difüz ışınlama	E_Grid	Şebekeye enjekte edilen enerji
T_Amb	Çevre sıcaklığı	PR	Performans oranı
GlobInc	Kolektöre yansıyan global		
GlobEff	IAM ve gölgeleme için düzeltilmiş etkin Global		

Şekil 3.19. Genel sonuçlar



Şekil 3.20. Tüm yıl boyunca kayıp diyagramı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Türkiye’de Güneş Enerjisi Ve SWOT Analizi

Türkiye, güneş enerjisi potansiyelinin büyük çoğunluğunu barındıran bir yapıya sahiptir. Avantajları arasında en doğru ve verimli sürdürülebilirliği sağlamak için güncel, ekonomik, küresel ve bölgesel analizlerin gerçekleştirilmesi önemlidir. Özellikle kırığın kırılması için yerinde kurulumu ve kırığın çözülmesini sağlayan sistemlerin değerlendirme kriterlerini karşılaması gerekmektedir. Bu ortak misyon, vizyon, amaç, hedef ve geleceğe yönelik yatırımların belirlenmesi çerçevesinde bakanlıkların politikaları ve enerji geliştirme planları SWOT analizleriyle birlikte sunulmaktadır.

4.2. SWOT Analizi

SWOT analizi, projelerin, stratejilerin ve planlamanın güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler dikkate alınarak yapılandırılan bir analiz yöntemidir.

Türkiye’de güneş enerjisinin SWOT analizine ilişkin bulguları sıralamakta fayda vardır.

Türkiye’de Güneş enerjisinin güçlü yönleri (Havan, 2017):

- Türkiye yıllık güneşlenme süresi ve m^2 başına düşen radyasyon miktarı açısından birçok ülkeye göre olumlu konumdadır.
- Fosil enerji kapasitesi sınırlı rezervlere sahip olan Türkiye, yılda dört mevsim geçiş ile her mevsim güneşten yararlanma imkanına sahip olup, Güneş enerjisi için gerekli olan hammadde (güneş) taşımacılığı ise kolay, maliyetsiz ve bağımsız bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.
- Farklı hizmet özelliklerini barındıran topoğrafik yapı, enerji ihtiyacının gerektirdiği bakım ihtiyaçları durumunda Türkiye'nin coğrafyası boyunca her alanda büyük ve küçük açıklık güçlerinde güneş enerjisi kurulumlarından faydalanabilmesi için büyük bir fırsat sunmaktadır.
- Doğal enerjinin çıkarılması ve fosil yakıtlardan enerji üretimi. Türkiye'nin su kaynakları doğal güzellikleri ve canlıları için tehlike oluşturmaktadır. Ancak temiz, sürdürülebilir bir enerji kaynağı sağlayarak enerji elde edilmesinde güneş enerjisi en yüksek potansiyeli taşımaktadır.
- Tüketilen enerjinin karşılanamaması ve üretilen enerji için gerekli kaynak rezervlerinin yetersiz olması ekonomik ve politik açıdan zaafı yaratmaktadır. Ancak diğer bağlantılı enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında güneş enerjisi, bölgesel ve bireysel olarak çıkarılabilen kullanım olanakları sunmakta ve arz güvenliğinin temin edilmesine katkıda bulunmaktadır.
- Mevcut yenilenemez enerji santrallerinin işletme ve bakım maliyetleri yüksek iken, güneş enerjisi santrallerinin işletme ve bakım maliyetlerinin oldukça düşük olması yatırımcılara ve kullanıcılara avantaj sağlamaktadır.

Türkiye’de Güneş enerjisinin zayıf yönleri (Bozkurt, 2017):

- Türkiye'de dört mevsim yaşanırken kış aylarında toplanan enerji miktarı az olduğundan üretilen enerji miktarı azalmaktadır. Panel verimi yeterli değil ise pano çıkışından tam verim alınamamaktadır.
- Enerji üretiminde kullanılan güneş panellerinin kullanımına bağlı olarak, enerji üretim faaliyetlerinde yıllar geçtikçe yaşanan artış, her yıl artan hızlanan enerji talebini karşılayamayabilir ve enerji açığı yaratabilir.
- Güneş enerjisi santrali kurulumunun yatırım maliyeti yüksektir. Türkiye'de bazı zorlayıcı etkiler vardır.
- Güneş enerjisi üretiminin küresel olmamasının yanı sıra tabana etkisi de zayıftır.
- Yanlış arazi ve kurulum tesisleri ile güneş enerjisi üretim tesisleri kuş vb. canlıların ölümüne neden olabilir.
- Enerjinin sürekli depolanması nedeniyle sınırlı depolama kapasitesi ve depolama olanakları, enerjinin etkin kullanılmasının önünde engel teşkil etmektedir.
- Üretim tesislerinin güneş ışığını tam olarak tutabilmesi için ortamın açık olması ve gölgesiz olması önemlidir. Her ne kadar Almanya gibi Avrupa genelinde düzenli kentsel planlama ve kurallara uygun çatı kullanımı yaygın ve etkin olsa da bu durum, bireysel ve konut yapılarında hatalı inşaat, çarpık ve düzensiz şehirleşmeye sahip Türkiye açısından dezavantajlar yaratmaktadır.
- Yenilebilir kaynaklar içerisinde Güneş enerjisi üretimi adına ihtiyaç duyulan tesisleşmenin diğer kaynaklarla karşılaştırıldığında birim maliyetinin yüksek olması da bir diğer dezavantaj olarak ön plana çıkmaktadır.

Türkiye'de Güneş enerjisinin fırsatları şunlardır (Saner, 2015):

- Güneş enerjisi santrali kurulumuna uygun araziler bulunmaktadır.
- Yenilenebilir enerji söz konusu olduğunda yeniliğin önünü açmakta ve yaygın kullanımı uzun vadeli ve kalıcı olmaya devam etmektedir.
- Yatırım maliyetlerinin mevcut durumuyla dahi kısa sürede ödeme garantisi verilmektedir. Sürekli geri kazanılabilir maliyetler süreyi kısaltacaktır.

- Yatırımların hızla tükenmesiyle enerji sektörünün ücretsiz ve kalıcı etkili şifrelemesi oluşturuluyor. Sektörde yerli mühendislik firmaları artacaktır
- Enerji ithalat rakamlarının düşürülmesi amacıyla güneş ve diğer enerji kaynaklarına yönelik yatırım programları geliştirilerek Türkiye ekonomisinin bölgesel enerji ağı üzerindeki dayanıklılığının artırılması amaçlanıyor.

Türkiye’de Güneş enerjisinin tehditleri şunlardır (Tanış, 2019):

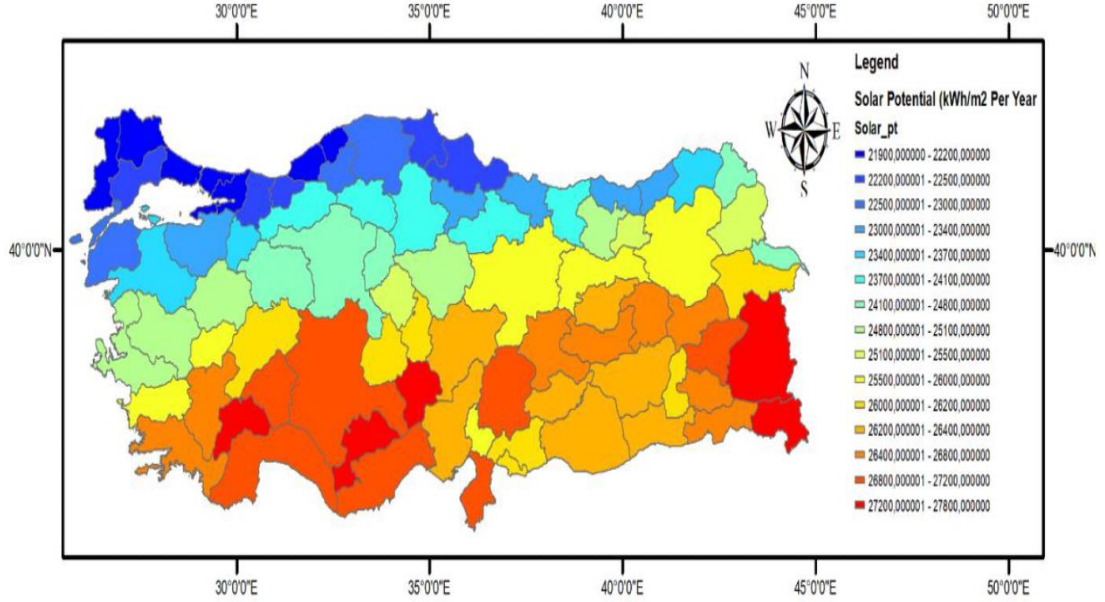
- İklim şartlarına bağlı olarak güneş ışınım miktarları farklı değerlere ulaşmaktadır.
- Araziye uygun olmayan (tarım dışı arazi, inşaat yerleşimine uygun zemin, eğimi az, dağlık ve gölgeleme imkanı olan vb.) arazilerin elde edilmesi zor ve pahalıdır.
- Kanunların gelir teşvikleri, vergi muafiyetleri ve bankaların kredi düzenlemeleri yeterli değildir.
- Büyük enerji tesisleri olan güneş enerjisi santralleri etraflarında yoğun ışık oluşturur. Bu durum ısıl dengede farklılık oluşmasına neden olmaktadır.
- Trafo gerilimi kapasite doldurma sorunu ortaya çıkmakta ve santralin kurulumunu sınırlandırabilmektedir.
- Yenilenebilir enerji kaynakları arasında aralıklı bir üretim süreci olan güneş enerjisinin şebekeye kazandırılması için gerekli altyapı düzenlemeleri henüz tamamlanmamıştır.
- Yeterli kapasite sağlanamıyor, transformatör bilgilendirilmiyor ve güç artırılarak üretim kısıtlanabilmektedir.
- Yasal prosedürler, izinler ve proje onayları uzun zaman alabilmektedir.
- Güneş enerjisi santrallerinin kurulacağı alanlarda toprak sıkıştırma ve tesviye alanları, arazinin değişimini ve doğallığını tamamen etkileyerek doğal drenaj kanallarının birleşmesi, saklanma ve su baskınlarına neden olabilir.
- Yenilenebilir enerji yatırımları ve kullanımları başlamadan önce uygun yasal düzenleme örnekleri ve gerekçeleri, sonraki dosyalarda yasal düzenleme değişikliklerine yol açmaktadır. Bu durumda proje onayı ve uzun vadeli yatırımlarda geniş perspektif sorunu yaratabilir.

- Kuşların göç hareketleri, ısıl dengedeki yoğun kırılma ve değişikliklerden olumsuz etkilenerek canlılarda bozulmalara ve ölümlere neden olabilir.

4.3. Güneş Enerjisi Üretiminde SWOT Analizi Önceliklerinin Belirlenmesi

Türkiye'nin güneş enerjisi santralleri için planlama ihtiyaç haritaları oluşturulurken yollara olan mesafe, şebekeye olan mesafe, sulak alanlar, kayalık alanlar ve mikro yerleşimlerde kullanılan yedek parçalar dikkate alınmaktadır. Üretilen elektrik enerjisinin ülke geneline en az kayıpla ulaştırılmasının ilk yolu ulaşım kanallarına yakın olmaktır. Bununla birlikte ülkenin güneş enerjisi santrallerinin enerji tüketim haritası ve bölgesel ihtiyaç analizleri de öncelikli dikkate alınan hususlar arasında yer almaktadır. Öte yandan kurulu güneş enerjisi santrali sayısının artması, ilgili ilde güneş enerjisi santrali kullanımını azaltan bir etkidir.

Yapılan planlamalar ve oluşturulacak ihtiyaç haritalarında şüphesiz bölgenin talepleri kadar içerisinde bulunduğu koşullar da belirleyici olmaktadır. Öyle ki bölgenin ihtiyacı tüketime bağlı olarak farklılık gösterse de sahip olduğu olanaklar doğrultusunda potansiyeli hemen hemen sabit kalmaktadır. Bu noktada potansiyelden bağımsız bir ihtiyaç haritası yapmak da bilgi kaybına ve yanlışlıklara neden olacaktır. Şekil 4.1'de ihtiyaç haritasına yer verilmektedir.



Şekil 4.1. Monokristal Silikon PV ile Türkiye’de Yılda m^2 Başına Üretilen Enerji

Denklem 1'deki miktar azaltılırsa: RNi , il bazında arazi maliyet katsayılarına göre bölgesel ihtiyaç endeksi; Ci , i. Şehrin MWh cinsinden enerji tüketimi; Si , Monokristalin silikon Tipi PV modül ile şehrin 100 m² alanında (kWh/m²-Yıl) üretilebilecek enerji miktarı; Binanın arsa bedeli; IPi , i. Kurulduğu ilin yıllık güneş enerjisi MW miktarı; k normalizasyon miktarı olarak sınıflandırılır [75].

$$RNi = \frac{Si \times Ci}{Li \times IPi \times k} \quad (1)$$

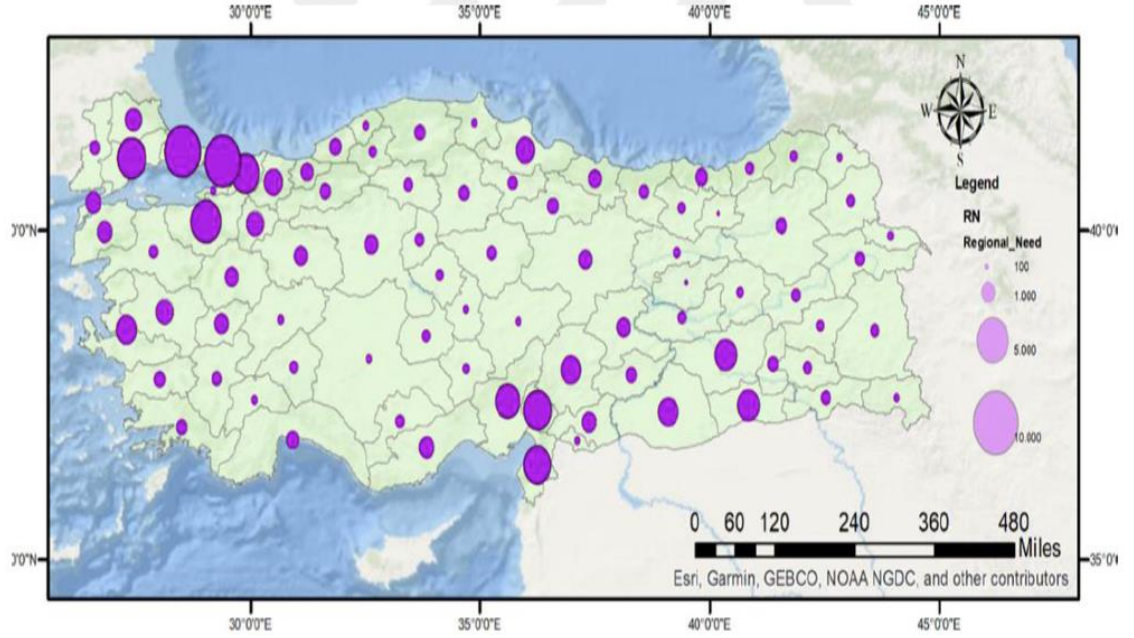
İstanbul hem Türkiye ekonomisi açısından hem barındırdığı nüfus açısından hem de beraberinde tükettiği enerji açısından Türkiye'nin lider şehri konumundadır. Bu konumu itibariyle güneş enerjisine en çok ihtiyaç duyan şehir olarak İstanbul demek yanlış olmamaktadır. Bununla birlikte güneş enerji sistemlerinin kurulabilmesi adına gerek duyulan arazilerin maliyetine ilişkin de en yüksek maliyetin İstanbul'da olduğu bir gerçektir. Yine de Avrupa'daki emsallerine bakıldığında tıpkı Almanya'nın başkenti Berlin'de olduğu gibi en çok enerjiye ihtiyaç duyulan şehre en çok Güneş enerji sistemi yatırımında bulunulması işlevselliğini korumaktadır. Türkiye'de de bu alanda yatırımların artırılması maliyetlere rağmen mantıksız durmamaktadır.

Türkiye’de mevcut durumda kapasite yönünden en çok güneş enerjisi santraline sahip olan illerin sıralamasına Tablo 4.1’de yer verilmiş olup kurulu güçleri ile ilk 5 listelenmektedir.

Tablo 4.1. Güneş Enerjisi Santrali Haritasında İlk 5 İl

Şehir	Kurulu Güç (MW)
Konya	1722,2
Ankara	520,5
Gaziantep	435,1
Şanlıurfa	414
Kayseri	392,4

Türkiye’nin sahip olduğu coğrafi koşullar itibari ile pek çok bölge tarıma elverişli değildir. Özellikle İç Anadolu bölgesinde tarıma elverişsiz geniş alanlara rastlamak mümkündür. Bu durum bölgenin sahip olduğu Güneş enerjisi potansiyeli ile birleştiğinde Türkiye’de en çok çok Güneş enerjisi üretiminin İç Anadolu Bölgesi’nde olması anlamlı bir hale gelmektedir. Bugün 81 ilden oluşan Türkiye’nin 78 ilinde Güneş enerjisi santrali bulunmaktadır. Enerji ihtiyacı ve tüketimi bakımından İç Anadolu Bölgesi lider bölge olmasa da hem coğrafi koşullar, hem tesisleşme maliyetleri hem de üretim merkezlerine olan yakınlıkla birleştiğinde bu bölgelerde yüksek kapasiteli santrallerin olması anlaşılabilir olmaktadır. Öte yandan bu sistemlerdeki su kaynaklarının zayıf olması güneş enerjisi santrali kuracak olanlar için risk oluşturmaktadır. Su kaynakları açısından zengin olması, su kaynakları ile yönetimi, sulama ve elektrik tüketimi arasında doğrudan bağlantının olması, güneş enerjisi santrallerinin kurulmasının az olmasının bir nedenidir. Bir diğer neden ise güneş enerjisi santrali kurulumuna uygun bazı alanların arazi kullanımı ve güneş kaynakları açısından henüz yatırımcıya yönlendirilmemiş olmasıdır. Bu katman, ülkenin güneş enerjisi santrallerine yönelik esnek özelliğinden dolayı zamanla güneş enerjisi santrali kurulumları açısından da değerlendirilecektir.



Şekil 4.2. Güneş Enerjisi İhtiyaç Haritası

Ülkenin en büyük şehri olan İstanbul ile birlikte Güneş enerjisi ihtiyaç ısı haritası Şekil 4.2'deki gibi olup bu ilk on ilin ihtiyaç sıralaması Tablo 4.2'de verilmektedir.

Tablo 4.2. Güneş Enerjisi İhtiyaç Sıralamasına Göre İlk 10 İl

<u>Şehir</u>	<u>İhtiyaç Endeksi</u>
İstanbul	6729,82
Bursa	4455,90
Tekirdağ	4211,28
Osmaniye	3873,53
Kocaeli	3869,62
Hatay	3767,74
Adana	2953,47
Diyarbakır	2561,26
Mardin	2445,13
İzmir	2160,49

Gerçekte ihtiyaçlara ve kurulan tesislere bakıldığında güneş enerjisi santrallerinin planlanmasında herhangi bir planlamanın varlığından söz etmek mümkün değildir. Bu nedenle başta enerji şirketlerinin yatırımlarına yakın bölgelerde pek çok tesis bulunmaktadır. 2018 yılında uygulamaya konulan Enerji İhtisas Sanayi Bölgeleri (EİEB) yönetmeliği, işletmelerin enerji alanındaki yatırımlarını teşvik etmeyi amaçlıyordu. Buna göre EİEB olarak Karapınar, Karaman, Adana ve bor bölgeleri seçilerek güneş enerjisi santrali kurulumları planlandı. Ancak kuzeyde güneş enerjisi açısından verimli birçok bölge dikkate alındığında bu EİEB bölgelerinin sınırlarının yetersiz olduğu ortaya çıkmaktadır.

Güneş enerjisi üretiminde önceliklerin belirlenmesine yönelik bir özetleme yapmak gerekir ise başlıca öncelikler şunlardır:

- Güneş ışığından elektrik üreten santrallerin verimliliğini etkileyen en önemli koşullardan biri bölgedeki gün ışığı potansiyelidir. Bölgedeki sıcaklık düzeyi yükseldikçe üretilen enerji miktarı da artmaktadır.
- Güneş ışığından elektrik üreten santrallerin verimliliğini etkileyen bir diğer nokta ise yerel iklim koşullarıdır. Santralin bölgesel ikliminin aşırı hava olaylarına neden olması ve santralin zarar görmesi riski bulunmaktadır.
- Güneş ışığından elektrik üreten santrallerin verimliliğini etkileyen temel faktörlerden biri bölgesel topoğrafik yapıdır. Santrallerin konumu düz ve güneybatı yönünde tercih edilmiştir. Santralin kurulacağı alanda maksimum verimli eğim değeri %1 ile %3 arasında olup, alternatif bulunamaması durumunda %5 eğime kadar konum esnekliği sağlanabilmektedir.
- Güneş ışığından elektrik üretimi, santrallerin işleyişini etkileyen temel unsurlardan biri olarak değerlendirilebilir ve santrallerde kullanım şeklidir. Yer seçimi yapılırken arazideki doğal bitki örtüsünün parçalı olması kesintileri azaltır. Drive-in montaj sistemleri için ayrı kurulum zemininin uygun olması gerekir, ayrıca sert (kayalık-taşlı) arazi olması durumunda kurulum maliyetleri de artar.
- Güneş ışığından elektrik üretimi, santrallerin verimliliğini yani şebeke bağlantısını ve şebeke bağlantı kapasitesini etkileyen temel faktörlerden biri olarak değerlendirilebilir. Kurulum alanı ile iletim arasındaki örtüşme ve bunlara uygun

trafo bağlantısı, şebeke bağlantısı için ideal yer seçimi olarak tanımlanır. Santralin ulusal şebeke ağına maksimum mesafesinin 10-15 km civarında olması tercih edilmektedir.

- Yer seçiminde önemli bir faktör santralin enerji tüketiminin yapılacağı yere yakınlıktır. Üretilen günün enerjisinin uzak tüketim yerlerine aktarılması, enerji kaybına neden olmakta ve kapasite kaybı oranında verimliliği düşürmektedir. Diğer taraftan bozulmanın yüksek olduğu yerleşim yoğunluğu yakın çevredeki trafik, inşaat vb. insan yayınlarından kaynaklanan havanın yasak olduğu vb. nedenlerden kaynaklanmaktadır. Gölgeleme alanları ise verimliliği düşürebilmektedir.
- Güneş ışığından elektrik üreten santrallerin yüksek verimi için bir diğer önemli faktör ise yer seçimi ve erişilebilirliktir. Santralin inşaatı ve kurulumu için gerekli tüm malzemelerin yerel olarak temin edilmesini sağlamak ve inşaat bilgilerinin muhafaza edilebilmesi için kamyon, iş makinesi gibi araçların kolay kullanıma hazır hale getirilmesi gerekmektedir.
- Santrallerin yer seçiminde bir diğer önemli husus da kalıcı jeolojik yapılarıdır. Santral faaliyetinin deprem durumu, aktif fay hatlarına uzaklığı ve zemin yapısı önemli kriterler olarak belirtilmektedir.
- Arsa fiyatları ve santralin kurulacağı arazinin mülkiyet yapısı da inşaat maliyetinin önemli parçaları olarak görülüyor. Büyük santral alanları için birden fazla tapulu ve parçalı kadastro çalışmaları olan alanlar tercih edilmemektedir.
- Güneş ışığından elektrik üreten santrallerin ürettiği gürültü diğer enerji tesislerine göre oldukça azalmıştır. Özellikle fotovoltaik güneş enerjisi santrallerinin işletme aşamasında gürültüyü engelleyebilecek bir durum bulunmamaktadır. Bölgede fotovoltaik teknolojinin işletilmesinden kaynaklanan herhangi bir ses veya gürültü yasağı olmayacak.

4.4. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNİN ÜRETİM VERİLERİ İLE İNCELENMESİ

Güneş enerjisi santrali tasarımında invertör güç seçiminin sistem büyüklüğü ve verimliliği açısından büyük fark yarattığı, panel yöneliminin ise enerji üretim miktarında büyük fark yarattığı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle sistem tasarımında yer alan unsurların özetlenerek elde edilen sonuçların daha detaylı incelenmesinin faydalı olacağı düşünülmüştür.

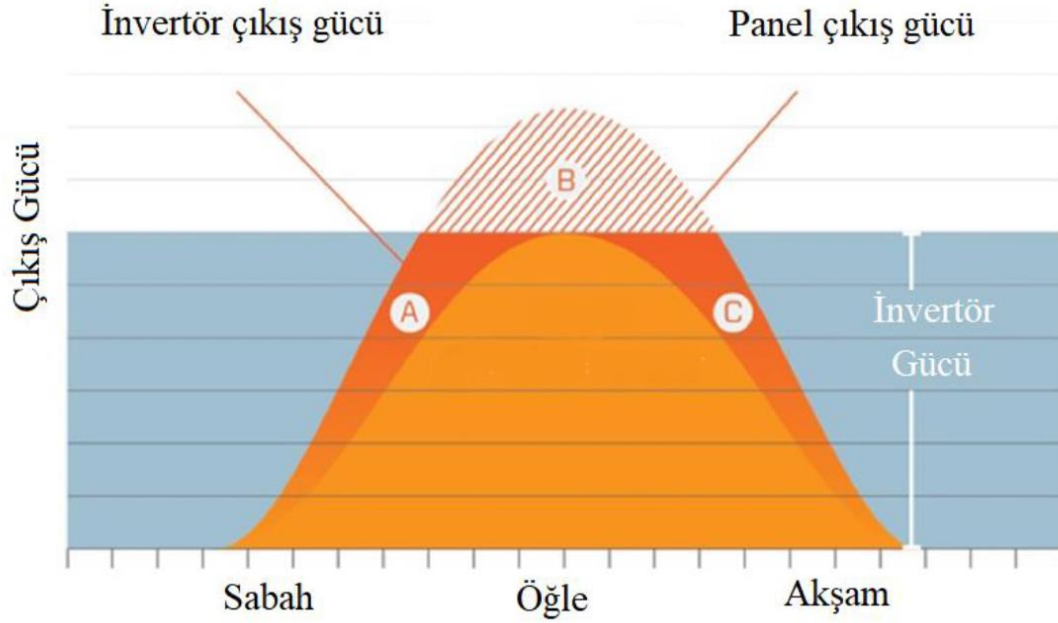
4.4.1. Güneş enerji santralinde invertör gücü seçiminin üretime etkisi

Fotovoltaik enerji santrallerinin tasarımında önemli bir kavram, DC/AC dönüşüm oranıdır. Panelin maksimum değeri belirlenmiş olsa da projeye uygun invertör gücünün, bu güç değerinin durumunun ve ortalamasının belirlenmesi sistem verimliliği açısından önemlidir (Gökmen, vd. 2016).

Bu bölümde evirici toplama parametrelerinden biri olan DC/AC verilerinin bir güneş enerjisi santralının boyutlandırma süreci detaylı bir şekilde incelenmiştir.4.4. kısım programlaması yapılan santralin invertör girişindeki DC enerjisi hesaplanmış, elde edilen sonuçlar gerçek üretim değerleriyle karşılaştırılarak uyum içerisinde düzenlenmiştir. Simülasyon ile PV santrallerinin farklı güçlerdeki yani farklı DC/AC oranlarındaki invertörlerin enerji üretimine etkileri karşılaştırılmıştır (Beyoğlu ve Demirtaş, 2019).

Veri sayfasında invertör hızı sabit olarak verilmiştir ancak aslında düşük güç değerlerinde verim hızla düşer. Bu nedenle sistem tahmin yapmak için farklı invertör güçlerini kullanır. Tahminlere göre bu daha yüksek invertör gücü, daha yüksek sistem kayıplarına ancak daha düşük sistem kayıplarına neden oluyor (Beyoğlu ve Demirtaş, 2019).

Sistemin boyutlandırılmasında trafo gücünün, kablo kesitinin ve bağlantıların azalacağı dikkate alınmıştır. Sonuç olarak invertör gücü arttıkça sistem kurulum maliyeti azalacaktır. Popüler inanışın aksine, daha yüksek güce sahip bir invertör her zaman daha fazla enerji üretimi sağlamaz. Doğru boyutlandırılmış bir invertör, küçük de olsa sistemin daha verimli çalışmasına ve daha fazla güç üretmesine olanak tanır. Bu nedenle optimum DC/AC ödeme seçenekleri için kullanılan iterasyon yöntemi ve modül modelleri mevcut güneş enerjisi sistemine uygulanmış ve sonuçlar elde edilmiştir (Gökmen, vd. 2016).



Şekil 4.3. PV Sistem İçin DC/AC Oranının Etkisi(Gökmen, vd. 2016).)

Şekil 4.3'te gösterildiği gibi, eğer evirici gücü Panel DC gücünün üzerindeyse, evirici tam kapasitede çalışmayacaktır, bu da düşük verimli çalışmaya ve/veya yüksek kayıplara neden olacaktır. İnverterin gücü çok düşükse sürekli olarak kesilmeye başlayacak ve invertörün aşırı yüklenmesine neden olacaktır. DC/AC oranı için bazı genel varsayımlar olmasına rağmen bu değerler projesi için en uygun çözümü temsil etmemektedir.

Tablo 4.3. Farklı DC/AC Oranları İçin Örnek Üretim Karşılaştırması

Senaryo	Standart	Agresif	Toleranslı
PV Dizisi Gücü	9 kW	9 kW	9 kW
İnvertör Gücü	7,6 kW	6 kW	10 kW
DC/AC Oranı	1,18	1,5	0,9
Kırpma Kaybı	0,10 %	2,20 %	0,10 %
Enerji Cıkkısı	13.882 kWh	13.582 kWh	13.882 kWh

Oluşturulan sistemler ve kullanılan araçlar şüphesiz verimliliği maksimize etmek adına tasarlanmış durumdadır ancak Tablo 4.3'te de görüldüğü üzere senaryolar değiştiğinde standart, agresif ve toleranslı üretim ortalamaları ve beklentileri de farklılık

göstermektedir. Bu durum oluşturulan senaryolardaki araçların çalışma prensipleri ve verimliliklerine göre şekillenmektedir.

Oluşturulan Güneş enerji santrallerine bakıldığında genel olarak DC gücünün 27000 W olarak belirlendiği, invertör çıkışının ise 27500 VA olarak belirlendiği görülmektedir. DC / AC oranında ise eşitliğe çaba sarf edilirken modellemelerde de bu veriler dikkate alınmaktadır.

2023 yılına ilişkin yapılan modellemede DC / AC oranı arttıkça gücün azaldığı görülürken kırılmada ise artış yaşandığı görülmektedir. DC / AC oranının 1 kabul edildiği senaryoda ise 11000 mWh dolaylarında bir enerji üretilmesi ön görülmektedir.

Tablo 4.4. DC/AC Oranının 2023 Yılı Enerji Üretimine Etkisi(Kaynak: SEIA, 2024)

Grup - 1					
DC / AC Oranı	Güç (W)	Giris (mWh)	Çıkış (mWh)	Kırılma (mWh)	Oran (%)
0,8	33.750	5.843	5.843	0	0.0
0.9	30.000	5.893	5.893	0	0.0
1.0	27.000	5.929	5.926	4	0.0
1.1	24.500	5.956	5.916	40	0.2
1.2	22.500	5.975	5.844	131	0.5
1.3	20.750	5.988	5.714	274	1.1
1.4	19.300	5.997	5.521	476	2.0
1.5	18.000	5.002	5.266	736	3.1

Grup – 2					
DC / AC Oranı	Güç (W)	Giris (mWh)	Cıkıs (mWh)	Kırpılma (mWh)	Oran (%)
0,8	33.750	5.544	5.344	0	0.0
0.9	30.000	5.609	5.405	4	0.0
1.0	27.000	5.658	5.409	100	0.3
1.1	24.500	5.693	5.169	324	1.1
1.2	22.500	5.718	5.123	595	2.0
1.3	20.750	5.736	5.610	926	3.1
1.4	19.300	5.748	5.283	1.265	4.3
1.5	18.000	5.755	5.152	1.603	5.4

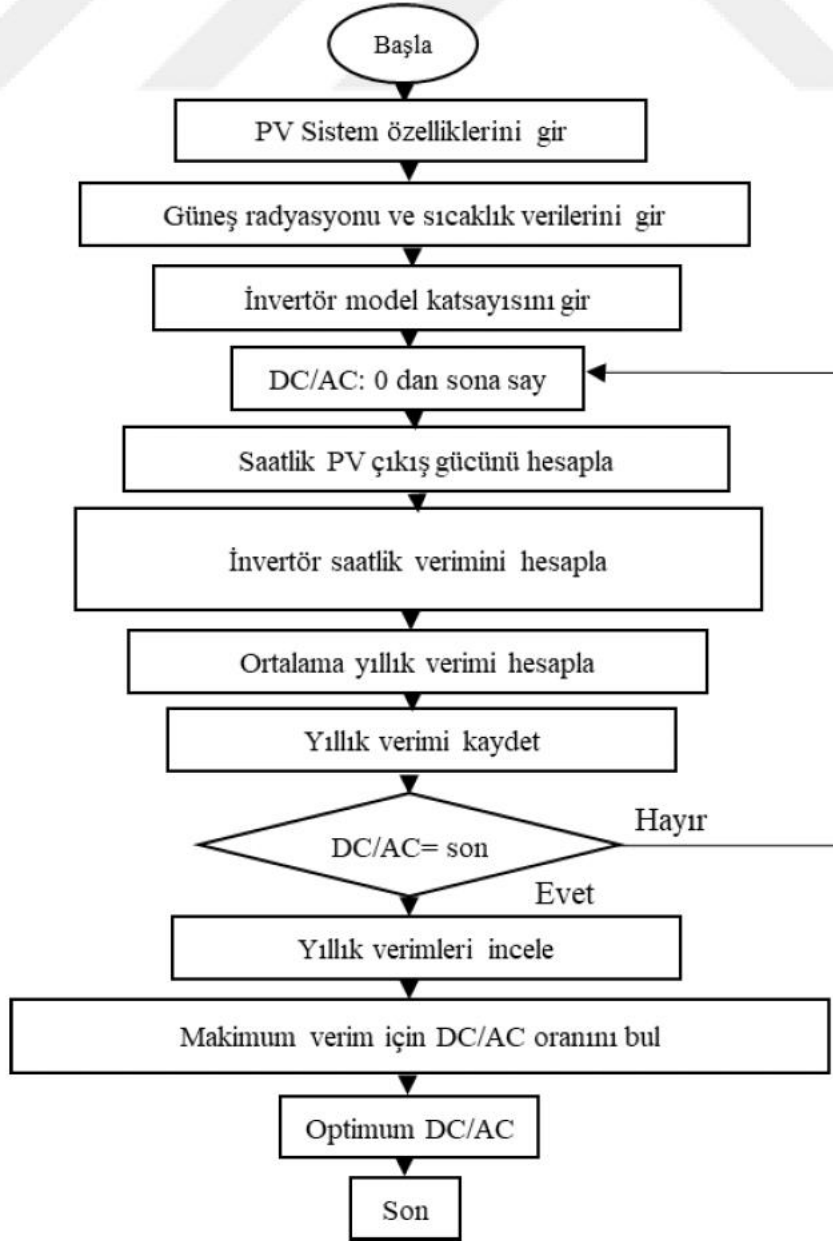
Farklı DC/AC miktarları için Grup 1 ve Grup 2'nin yıllık enerji üretiminin karşılaştırmaları Tablo 4.4'te sunulmuştur. DC/AC=1 durumunda Grup 1'in 5.926 mWh, Grup 2'nin ise 5.409 mWh üreteceği hesaplanıyor. Grup 1'in DC/AC=1,5 için %3,1, Grup 2'nin ise DC/AC=1'den %5,4 daha az enerji öngörülmektedir. DC/AC = 1,5 için sistem gücündeki azalmaya rağmen invertörün düşük güçlerde daha verimli çalışması nedeniyle yüksek DC/AC oranında üretilen enerjinin daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir. Sistem boyutlandırması yapılırken, invertör gücü ile birlikte trafo gücü, kablo kesiti ve şalt malzemesinin anma değerleri de azalacak; bu durum, sistemin kurulum maliyetinin düşmesine yol açacaktır.

4.4.2. Optimum boyutlandırma oranının belirlenmesi

Optimum boyutlandırma oranının belirlenmesine ilişkin farklı programlamalara rastlamak mümkün olsa da literatürde kabul gören iki temel yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden ilki iteratif yöntem iken ikincisi ise enerji üretim eğrisi yöntemidir. Bu yöntemleri alt başlıklar halinde ele alarak detaylandırmakta fayda vardır.

4.4.2.1. İteratif yöntem

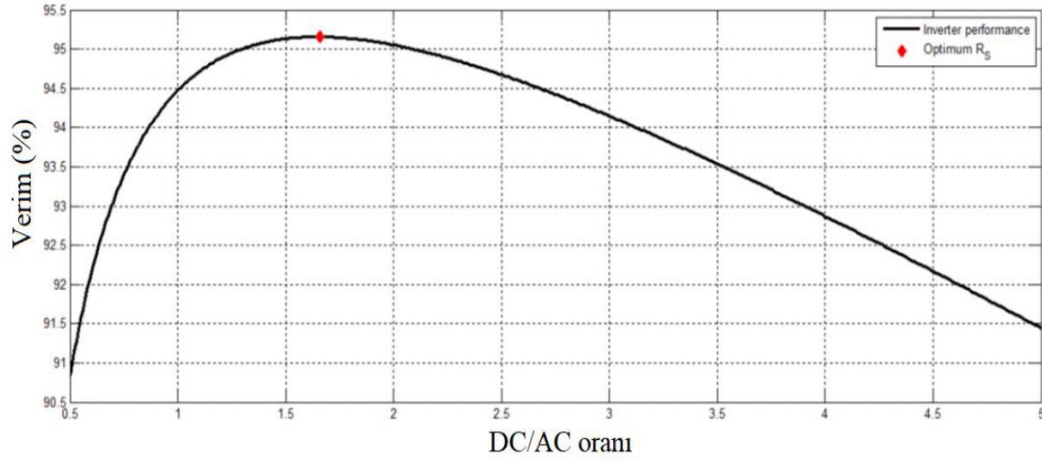
Şekil 4.4'te şebeke bağlantılı bir PV sisteminde invertör boyutlandırması için önerilen optimizasyon algoritmasını göstermektedir.



Şekil 4.4. İnvertör Optimum Verim Akış Diyagramı

PV sisteminin standardı, PV serisinin nominal gücü, sıcaklığa dayanıklılığı, PV modülünün konumu ve yönelimi gibi para birimi belirlendi. Bu etki ile invertöre giriş DC gücünü elde etmek için saatlerce Güneş ışığı ve ortam sıcaklığı özellikleri kullanılır. Daha sonra DC giriş gücü değerleri iterasyonla invertör dağıtımını programlamak için kullanıldı. DC/AC oranı sorunu 0,5 ile 5 arasında ayarlanır. PV serisi çıkışı, PV modelinin

yıllık hesaplamalarıyla belirlenir. Ardından, yıllık ortalama verim hesaplanır. Bu döngü, DC/AC oranı maksimum yapıya ulaşana kadar devam eder. Son olarak, R_s 'nin maksimum genişlemesinde en yüksek verimlilik için optimum DC/AC oranı belirlenir. Şekil 4.5'te invertör boyutlandırmasında kullanılan DC/AC oranı ile verimlilik arasındaki ilişkiyi gösteren tabloyu sunmaktadır.



Şekil 4.5. İntertör Verimi ile DC/AC Oranının İlişkisi

DC / AC oranına göre verimliliğe ilişkin incelemelerde bulunulduğunda Tablo 4.5'te de görülebileceği üzere yaklaşık olarak oranın 1.28 olduğu noktanın verimlilik açısından tepe noktası olduğu ve sonrasında oran arttıkça verimliliğin düştüğü görülmektedir. Tepe noktadaki verimlilik %91.55 olarak görülürken invertör gücünün de 21.000 W dolaylarında olduğu görülmektedir. Bu noktada üretilen enerji ise 23 mWh'nin üzerindedir.

Tablo 4.5. DC/AC Oranının Grup 1 Enerji Üretimine Etkisi(Kaynak: SEIA, 2024)

Grup – 1			
DC / AC Oranı	İntertör Gücü (W)	İntertör Verimi (%)	Üretilen Enerji (kWh)
0,5	54.000	87.58	23.531
1,0	27.000	91.04	23.926

1,5	18.000	91.15	23.266
2,0	13.500	89.04	21.628
2,5	10.800	85.82	19.743
3,0	9.000	82.11	17.901
3,5	7.714	78.31	16.264
4,0	6.750	74.80	14.847
4,5	6.000	71.73	13.633
5,0	5.400	68.83	12.601
<u>Verime göre optimum DC / AC oranı</u>			
1,28	21.094	91.55	23.747

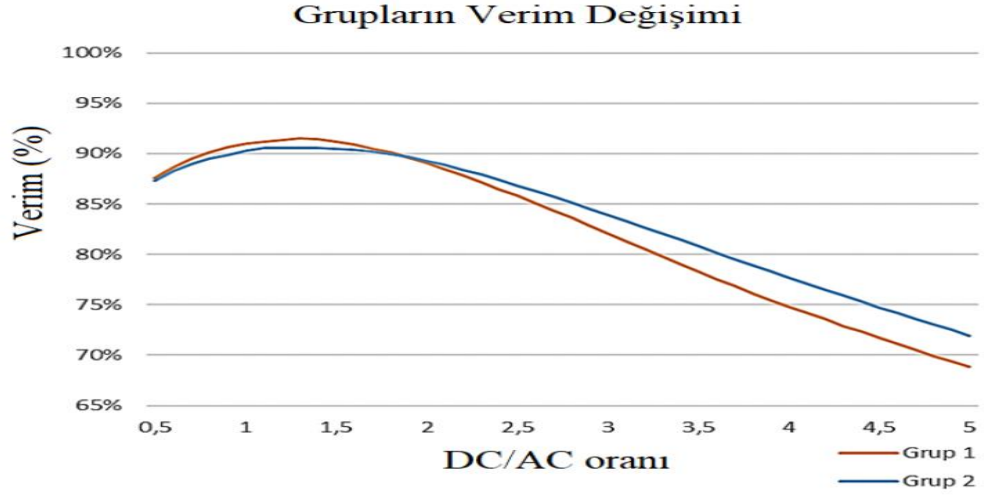
Benzer şekilde Grup 2 için DC / AC oranına göre verimliliğe ilişkin incelemelerde bulunulduğunda Tablo 4.6’da da görülebileceği üzere yaklaşık olarak oranın 1.35 olduğu noktanın verimlilik açısından tepe noktası olduğu ve sonrasında oran arttıkça verimliliğin düştüğü görülmektedir. Tepe noktadaki verimlilik %90.63 olarak görülürken invertör gücünün de 20.000 W olduğu görülmektedir. Bu noktada üretilen enerji ise 28 mWh’nin üzerindedir.

Tablo 4.6. DC/AC Oranının Grup 2 Enerji Üretimine Etkisi(Kaynak: SEIA, 2024)

Grup-- 1			
DC/AC Oranı	İnverter Gücü(w)	İnverter Verimi(%)	Üretilen Enerji(kWh)
0,5	54.000	87.35	29.139
1,0	27.000	90.32	29.558
1,5	18.000	90.49	28.152
2,0	13.500	89.28	26.332

2,5	10.800	86.84	24.310
3,0	9.000	83.90	22.278
3,5	7.714	80.82	20.444
4,0	6.750	77.72	18.813
4,5	6.000	74.72	17.369
5,0	5.400	71.95	16.102
Verime göre optimum DC/AC oranı			
1,35	20.000	90.62	28.645

Şekil 4.6'da, her iki grubun DC/AC oranına göre verim eğrileri karşılaştırılmış ve benzer noktalarda verimin en yüksek seviyeye ulaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.6. Grupların İnvörtör DC/AC Oranı ile Veriminin Değişim Eğrisi

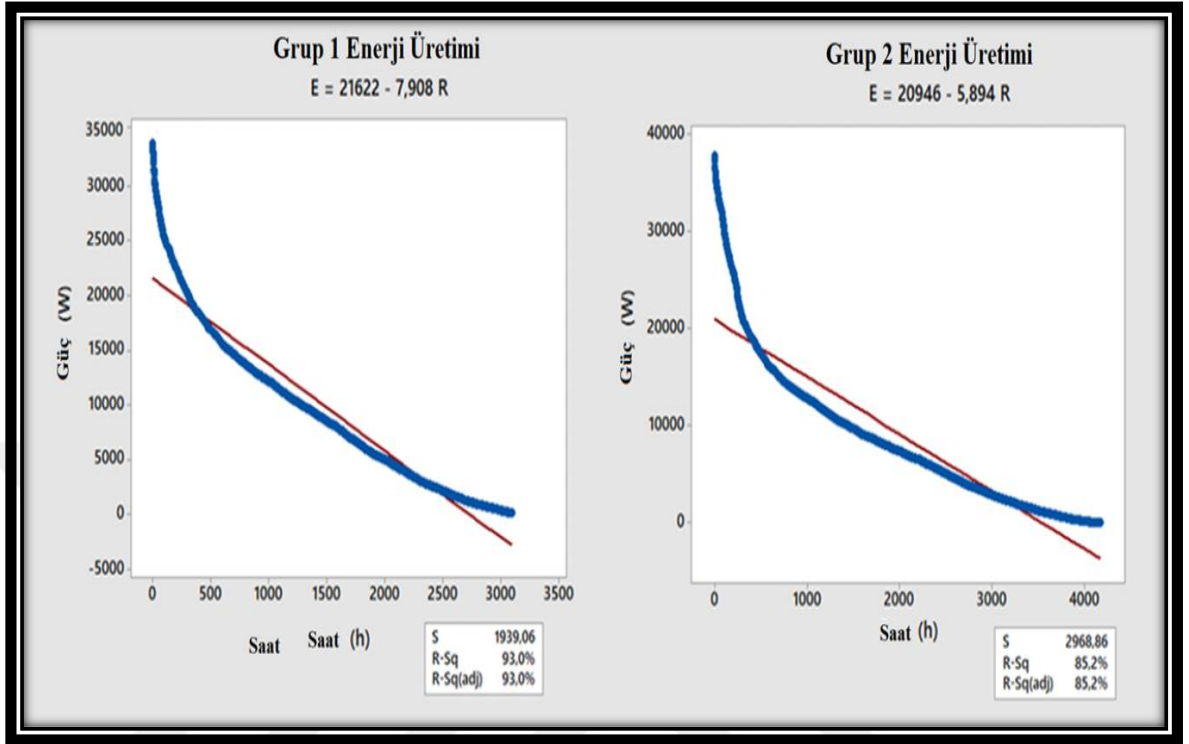
4.4.2.2 Enerji üretim eğrisi yöntemi

Bu programlama yöntemi, PV panellerin saatlik enerji üretimini inceleyerek en uygun invertör gücünü belirlemektedir. Optimum boyutlardaki bir invertörle donatılmış güneş enerjisi sisteminin ön tasarımında ilk adım, yerel iklim verilerinden elde edilen girdilerle uygun bir güç modeli kullanarak DC güç profilinin oluşturulmasıdır. İlk olarak, panele ulaşan ışınım verilerinden elde edilen DC enerji, yön ve açık bilgiye bağlı olarak saatlik olarak hesaplanır. Üretilen enerji verileri, zaman içinde yüksek değerlerden düşük değerlere doğru sıralanarak yıllık enerji üretim grafiği oluşturulur. Ardından, DC güç zaman eğrisi ile doğrusal simülasyon eğrilerinin orijin kesişim noktasına göre uygun bir invertör boyutlandırması gerçekleştirilir.

İnverterin DC girişindeki güç formülü Denklem (2)'de verilmiştir.

$$P_m(t) = A \cdot t + P_{max} \quad (2)$$

Grup 1 ve Grup 2 için GES'in 2020 yılı elektrik üretimi Şekil 4.6 verilmektedir. Her iki grubun güç değerleri aynı olmasına rağmen azimut açısı bilgisinden dolayı iki grup için saptalarda eğriler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Sistemin çizelgesine uygun doğrusal eğriler aşağıdaki gibi hesaplanır ve gerçekleştirilir. Grafikten elde edilen eğrilerin parametreleri Tablo 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.7. Güç Eğrisi ve Grupların Doğrusal Formülleri

Tablo 4.7. DC/AC Oranı Güç Eğrisi Parametreleri.(Kaynak: SEIA, 2024)

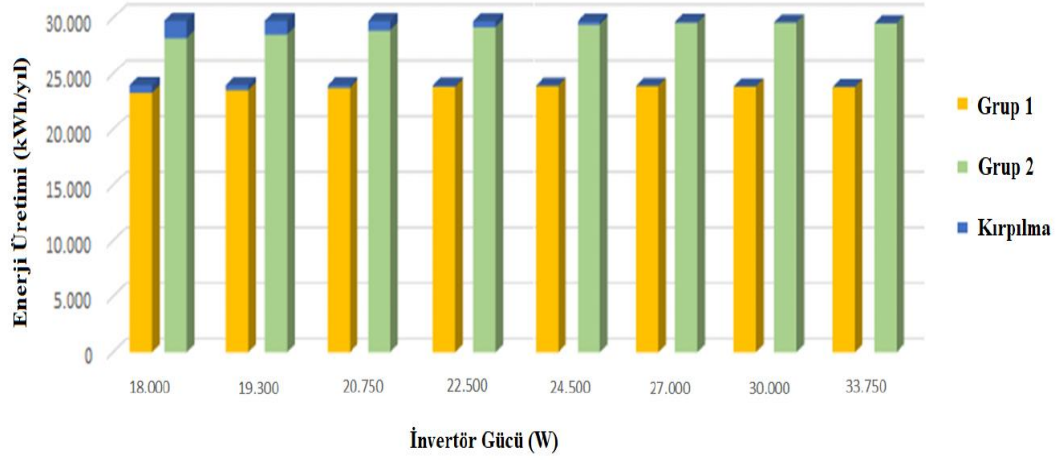
<u>Grup</u>	<u>A Katsayısı</u>	<u>Pmax (mW)</u>	<u>R²</u>	<u>DC / AC Oranı</u>
<u>Grup – 1</u>	-7.908	21.622	93.0	1.25
<u>Grup – 2</u>	-5.894	20.946	85.2	1.29

Grup 1 ve Grup 2 karşılaştırıldığında Grup 1 için optimum invertör boyutunun daha yüksek güce sahip olduğu, DC / AC oranının ise daha düşük olduğu belirlenmiştir. Grup 1, Grup 2 ile kıyaslandığında daha düşük oranla daha yüksek optimim güce ulaşabilmektedir.

Tablo 4.8. Optimum DC/AC Oranının Tespiti İçin Yöntemlerin Karşılaştırılması(Kaynak: SEIA,2024)

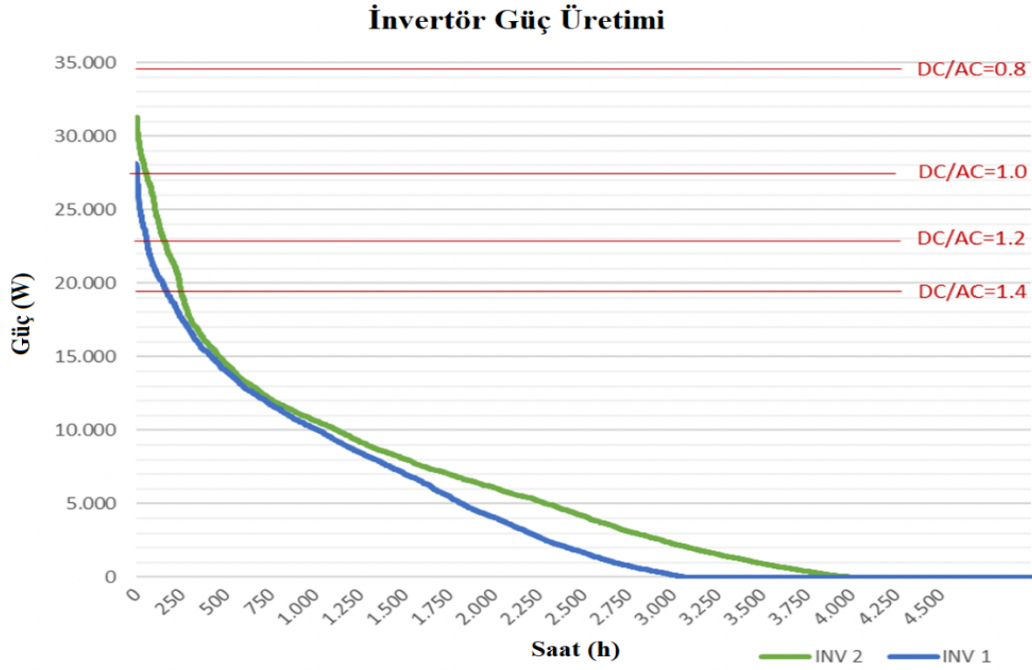
	<u>Invertör</u>			<u>Enerji</u>		
	<u>Güç</u> (W)	<u>DC/AC</u> (-)	<u>Verim</u> (%)	<u>Üretilen Enerji</u> (kWh)	<u>Kırılan Enerji</u> (kWh)	<u>Kayıp</u> (%)
<u>Verim Metodu</u>						
<u>Grup – 1</u>	21.094	1,28	91,55	23.747	239	1,0
<u>Grup – 2</u>	20.000	1,35	90,62	28.645	1.097	3,7
<u>Enerji Grafiği Metodu</u>						
<u>Grup – 1</u>	21.622	1,25	93,00	23.789	193	0,8
<u>Grup – 2</u>	20.946	1,29	85,20	28.850	884	3,0

Grup 1 ve 2 için her iki yöntem de Tablo 4.8'da listelenmiş ve benzer sonuçlar verilmiştir. DC/AC oranının optimum değer sayılabilecek 1,25 ile 1,28 arasında seçilmesi durumunda sistem yaklaşık %1 harcama kaybıyla çalışacaktır. Sonuç olarak 27.000 W PV gücü için evirici gücü 21.000 W seçildiğinde evirici gücü %28 azalsa bile %1 toprak kaybı yaşanacağını göstermektedir. Grup 2 için 1,29 ile 1,35 arasında belirlenen DC/AC oranı optimum değer olarak değerlendirilmektedir. Bu durumda sistem, yaklaşık %3-3,7 oranında bir kayıpla çalışacaktır. Sonuç olarak, 27.000 W PV gücü için 21.000 W evirici gücü seçildiğinde, evirici gücündeki %28'lik bir azalmaya rağmen %3-3,7 oranında bir kayıp yaşanacağı ortaya çıkmaktadır..



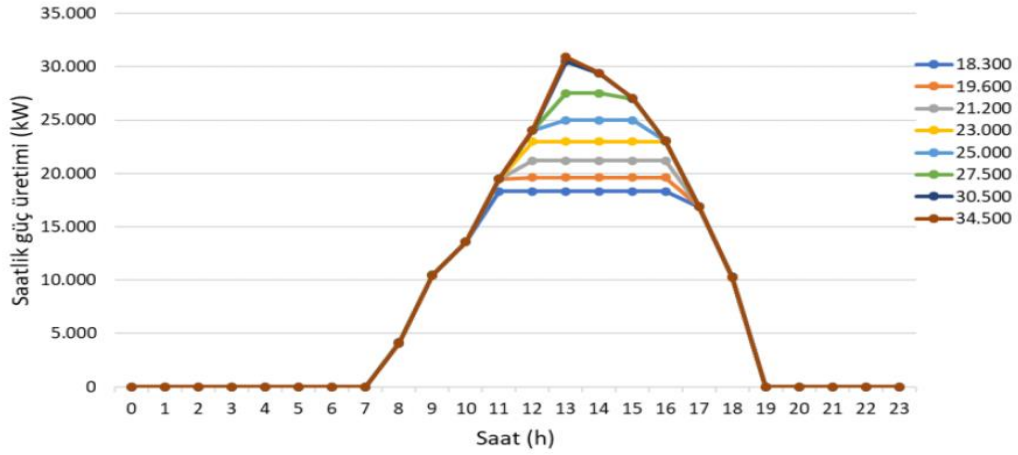
Şekil 4.8. GES İçin İnvertör Gücü ile 2023 Yılı Enerji Üretimi Değişimi

Grup 1 ve 2'nin 2020 yılına ait Watt/saat cinsinden enerji üretimleri Şekil 4.8'de yer almaktadır. Bu grafikte, farklı DC/AC oranları için üretimin duracağı noktalar belirtilmiştir. Kırılma enerjisinin miktarı bu şekilde daha belirgin hale gelmektedir.



Şekil 4.9. DC/AC Oranının 2023 Yılı Enerji Üretimine Etkisi

2023 yılına ilişkin yapılan incelemede 07.00 ile 19.00 saatleri arasında Güneş enerji santrallerinin üretime geçtiği görülürken tepe noktasının 13.00 dolayları olduğu, 07.00 ile 13.00 saatleri arasında sürekli bir artış yaşanırken 13.00 ile 19.00 saatleri arasında sürekli bir azalış yaşandığı görülmektedir.



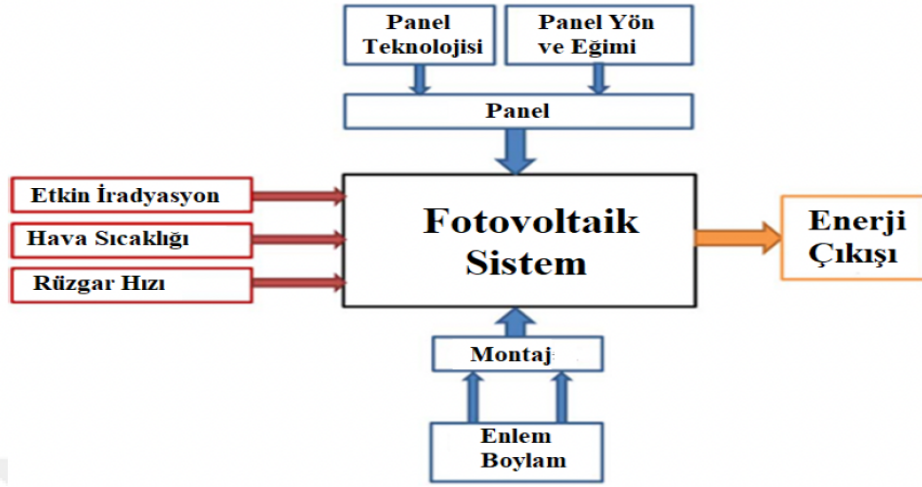
Şekil 4.10. DC/AC Oranının Günlük Enerji Üretimine Etkisi(Kaynak: SEIA, 2023)

Tablo 4.9. DC/AC Oranının Günlük Enerji Üretimine Etkisi(Kaynak: SEIA, 2023)

<u>DC / AC Oranı</u>	<u>Invertör Gücü (W)</u>	<u>Üretilen Enerji (Wh)</u>
1,5	18.000	163.453
1,4	19.300	171.257
1,3	20.750	178.679
1,2	22.500	187.432
1,1	24.500	195.448
1	27.000	202.953
0,9	30.000	208.344
0,8	33.750	209.246

4.4.3. Panel yönünün enerji üretimine etkisi

Fotovoltaik güneş enerjisi enerjisi üretiminin sağlanmasında en önemli faktörlerden biri panelin görünümüdür. Bu bölümde, 39.7K kuzey, 27.9D doğu koordinatlarında bulunan 27 kWp kapasiteli bir güneş enerjisi santralinde panel yönünün enerji üretimine etkisine ışık tutmaktadır.



Şekil 4.11. Güneş Enerji Santrali Sistem Şematığı

Santral fotovoltaik panellerinin Ekstrem ve 30 derece düşey açılara göre programlama yapılmıştır. Panel eğim açısı (tilt) programlaması 0-30-60-90° açılar için yapılmıştır. 0-30-60-90-120-150-180-210-240-270-300-330° açılar için panel yön açısı (azimut) programlaması yapılmıştır. Farklı açık cüzdanlar için hesaplanan enerji üretimi tahmin sonuçları karşılaştırıldı. Söz konusu güneş enerjisi santrali için PVGIS programı ile planlanabilecek hususlara göre yıllık enerji üretim miktarı tahmini Tablo 4.10'de gösterilmektedir.

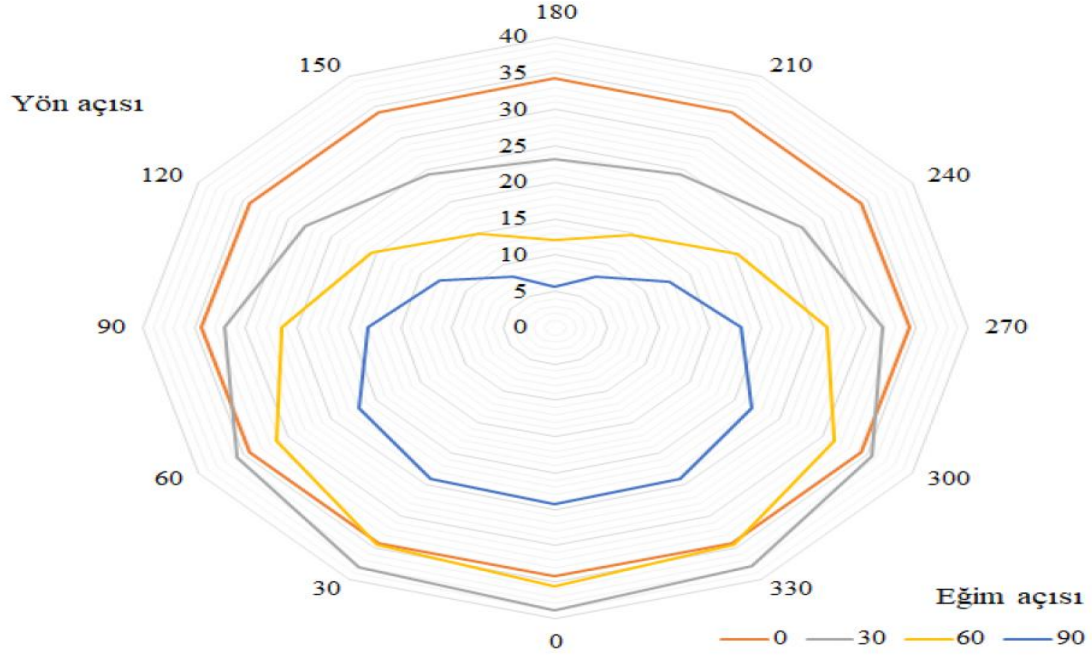
Tablo 4.10. Yön ve Eğim Açısının GES Enerji Üretimine Etkisi(Kaynak: SEIA, 2024)

27kWp GES İçin 2023 Yılı Enerji Üretimi (MWh/Yıl)				
Yön Açısı	Eğim Açısı			
	0°	30°	60°	90°
180°	34,3	23,1	12,1	5,6

210 ⁰	34,3	24,2	14,7	8,0
240 ⁰	34,3	27,7	20,4	12,8
270 ⁰	34,3	31,8	26,4	18,0
300 ⁰	34,3	35,4	31,2	22,0
330 ⁰	34,3	37,9	34,5	24,1
0 ⁰	34,3	38,9	35,6	24,3
30 ⁰	34,3	38,0	34,5	24,0
60 ⁰	34,3	35,6	31,3	22,0
90 ⁰	34,3	32,0	26,5	18,1
120 ⁰	34,3	27,9	20,5	12,9
150 ⁰	34,3	24,4	14,8	8,2
180 ⁰	34,3	23,1	12,1	5,6

Tablo 4.10'te yer alan bilgiler doğrultusunda yaklaşık olarak optimal kurulumunun yön açısının 330°, eğim açısının 30° olduğu senaryo olduğu öngörülmektedir. Bununla birlikte şüphesiz bu tahminler bir genelleme barındırmakta olup tesisleşmenin gerçekleştiği bölgelere göre farklılıklar göstermektedir. Söz konusu bilgilerdeki temel amaç genel bir fikir edinmek olup farklı bölgelerde farklı optimal açılarının olabileceği gerçeğinin göz ardı edilmemesinde fayda olacaktır.

Yön ve eğim açılara göre enerji üretimi (MWh)



Şekil 4.12. Fotovoltaik Sistem Açı ile Enerji Üretim Değişim Eğrisi

Yapılan tüm çalışmalar ve literatür taramaları neticesinde Kuzey Yarım Küre’de bulunan Türkiye için yön açısının güneye çevrilmesinin ideal olacağı, eğim açısının ise eşit şekilde bölünerek monte edilmesinin optimum verimliliğe ulaşmada faydalı olacağı yorumunda bulunmak mümkündür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

18.yüzyılın sonlarındaki Sanayi Devrimi ile birlikte Dünya bir değişim içerisine girmiş ve üretim faaliyetleri arttığı gibi ülkeler arası ticari ilişkiler de artış göstermiştir. Yükselen rekabet beraberinde hizmet çalışmalarının artmasını sağlarken ulaşım ve bilgi teknolojilerinde geçmişe kıyasla çok hızlı gelişimler kaydedilmiştir. Yaşanan gelişmeler beraberinde rekabeti arttırmaya devam ederken bu rekabet ortamı da yeni gelişmeleri tetiklemiştir. Oluşan birbirini destekleyen yapı içerisinde üretim ve tüketim artarken bu durum enerji tüketiminin de artmasına neden olmuştur. Geçmiş yüzyıllardaki nüfus ve üretim miktarları göz önüne alındığında dünyanın sahip olduğu tükenbilir kaynaklar oluşan enerji talebini karşılamada yeterli olabilmekteydi ancak bugün gelinen noktada tükenbilir kaynakların ömrünün hızla azaldığı görülmektedir. Bu durum alternatif kaynaklara yönelimi bir gereklilik haline getirirken Güneş enerjisi de bu alanda en çok üzerinde durulan doğal kaynaklardan biri olarak ön plana çıkmış durumdadır.

Bugün gelişmiş ülkeler hızla enerji ihtiyaçlarını doğal kaynaklarla karşılama yoluna giderken Güneş enerjisi üretimi adına önemli yatırımlar gerçekleştirmektedir. Son dönemde hızla yapılan yatırımlarla birlikte birçok ülke kömür, doğalgaz ve benzeri fosil yakıt kullanımını azaltmayı başarırken hem tükenbilir kaynaklara olan bağılıklarını gidermişler hem de daha temiz bir çevre oluşması adına katkı sağlar hale gelmişlerdir. Çalışma kapsamında Güneş enerjisi sistemlerine ilişkin incelemelerde bulunulmuş, bu sistemlerin verimliliği üzerinde durulmuştur.

Güneş enerjisi santrallerinde verimli ve sürdürülebilir enerji üretimi santralin elektrik üretim değerlerinin anlık olarak hayata geçirilmesi için takibi gereklidir. Çünkü Güneş enerji sistemi işletmesi ile üretilen enerji doğrudan Elektrik Dağıtım Şebekeye (EDŞ) kaynak sağlamaktadır. Elektrik Piyasası Denetleme Kurumu (EPDK) Yönetmeliğe göre EDŞ'ye sağlanan elektrik enerjisinin ilgili sağlayıcıları ve satın alma prosedürleri mevcuttur.

Santralden beklenen elektrik üretim miktarı ile fiili elektrik üretim miktarı farklıdır. Bu farkın minimize edilebilmesi adına uzun vadeli gözlemlere ve tahminlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum ileriye dönük yatırımlar üzerinde de yönlendirici olmaktadır.

Güneş enerji sistemleri günümüzün bir gerçeği olarak yaşanan hızlı gelişimin ve yatırımların gelecekte de devam edeceği öngörüsünde bulunmak mümkündür. Tükenebilir kaynakların coğrafi farklılıklara göre yoğunluklarının değişmesi bazı ülkelerin önemli yeraltı kaynaklarına sahip olmasını sağlarken bazı ülkelerin de enerji bakımından bu ülkelere bağlı olmasına neden olmaktadır. Bu ilişkinin ortadan kalkabilmesi adına özellikle yeraltı kaynakları açısından zengin olmayan ülkeler hızla güneş enerji sistemlerini artırma yoluna gitmektedir. Türkiye’de de bu alanda önemli gelişmeler yaşandığından söz etmek mümkün olsa da yapılan yatırımların kusurlu olduğunu belirtmek mümkündür. Öyle ki özellikle İç Anadolu Bölgesi’nde yoğunlaşan santrallerin ağırlıklı ihtiyaç duyulan bölgelere uzak olması bir eleştiri konusu olarak ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte güneşlenme süresinin daha uzun olduğu bölgelere yatırım yapmak da verimliliğin artırılması adına önemli kazanımlar sağlayacak olmasına rağmen bu alanda da eksiklikler göze çarpmaktadır. Tüm bu gerçekler ve gelişmeler ışığında Türkiye’de güneş enerji sistemlerinin verimliliğini arttırmak ve gelecek yatırımlara fikir vermek adına getirilebilecek başlıca öneriler şunlardır:

- Ulaştırma ve depolama giderlerini minimize etmek adına enerji ihtiyacının en yüksek olduğu bölgelerde üretim tesislerinin kurulmasının teşvik edilmesi,
- Güneşlenme süresinin fazla olduğu bölgelerde üretim tesislerinin oluşturulması,
- Yüksek enerji ihtiyacı duyan şehirlere ulaşım ağlarının gelişmiş olduğu bölgelerde üretim tesislerinin kurulumu,
- Tükenebilir ve özellikle dışa bağlı kaynaklardaki kullanım bedellerini arttırarak bu kaynaklara yönelimin kısıtlanması ve güneş enerjisine yönelimin arttırılması adına tedbirler alınması
- Yatırımların arttırılması adına teşviklerin arttırılması,
- Bireysel yatırımcıların ürettikleri fazla enerjiyi satın alma adına çalışmalar arttırılarak bireysel yatırımların teşvik edilmesi ,

- Konuya ilişkin bilgi birikiminin arttırılması adına çalışmalar yürütülmesi ve toplumsal farkındalığın arttırılması faydalı olacaktır.

Son olarak Türkiye'nin resmi rakamlara göre güneş enerjisi potansiyeli $1527,46 \text{ kWh/m}^2$ olup mevcut kurulu gücü 9.3 MW 'dir. Kurulu enerji gücü içerisinde güneş enerjisi gücünün %10'un altında kalması hem sahip olunan potansiyelin yeterli düzeyde kullanılmadığını hem de diğer enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulan zorunluluk daha az olmasına rağmen bu zorunluluğun daha aza indirilmesi adına gerekli yatırımların yapılmadığı görülmektedir. Güneşlenme süresinin yüksek olduğu bölgelere yapılacak yatırımlar ve yoğun enerji ihtiyacı olan bölgelere yapılacak yatırımlar Türkiye'nin bu alandaki eksikliklerini azaltacağı gibi sahip olduğu potansiyelden daha fazla faydalanabilmesi adına da önemli kazanımlar sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Alfa Solar Enerji (2012). Güneş Paneli Üretim Tesisi Analizi, *Alfa Solar Enerji*, Ankara.
- Apaydın, Ş. Ve Taşdoğan, C. (2019). Türkiye’de İktisadi Büyüme ve Birincil Enerji Tüketiminin Karbon Salınımı Üzerindeki Etkisi: Yapısal Var Yaklaşımı, *Akademi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(16), 1935.
URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1617108>
- Apaydın, Ş. Ve Taşdoğan, C. (2018). Türkiye’de Yenilenebilir ve Birincil Enerji Talebinin Büyüme Üzerindeki Uzun Dönem Etkileri, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 54(1), 431-445. URL: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/epfad/issue/64651/890910>
- Beyoğlu, M. F. ve Demirtaş, M. (2019). Balıkesir İlinde Kurulu GES Enerji Üretimi ile Üretim Tahmin Programlarının Karşılaştırılması, *International Marmara Sciences Congress 2019 Proceedings Book*, 401-406. DOI: [10.25092/baunfbed.636967](https://doi.org/10.25092/baunfbed.636967)
- Bozkurt, Y. (2017). Uluslararası Politik Ekonomi Bağlamında Yenilenebilir Enerji Politikaları: Desertec Projesi Örneği, *Karabük Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, Karabük.
- Eğrican, N. ve Çetin, M. (2017). Türkiye’de Güneş Enerjisinin İstihdama Etkisi, *EPIA*.
- Gökmen, N., Hu, W., Hou, P., Chen, Z., Sera, D. and Spataru, S. (2016). Investigation of Wind Speed Cooling Effect on PV Panles in Windy Locations, *Renewable Enerji*, 283290.
URL: <https://tucaum.ankara.edu.tr/wpcontent/uploads/sites/280/2018/12/30.Y%C4%B11.TamMetin15Cihan-Serhat-Kart1-Yusuf-Can-%C3%87a1%C4%B1%C5%9F%C4%B1r1-Mutlu-Y%C4%B1lmaz2.pdf>
- Havan, C. (2017). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Politikası: TR 42 Doğu Marmara Bölgesi Örneği, *Kocaeli Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, Kocaeli. URL: <file:///C:/Users/SPECIAL%20TEK/Downloads/466218.pdf>
- IEA, (2019). <https://www.iea.org/data-andstatistics> Erişim Tarihi: 13.04.2024

- IHA, (2021). <https://www.assets-global.websitefiles.com> Erişim Tarihi: 13.04.2024
- Kılıç, Ç. F. (2011). Türkiye’deki Yenilenebilir Enerjilerde Mevcut Durum ve Teşviklerindeki Son Gelişmeler, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 52(614), 103-115.
URL: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/muhendismakina/issue/54341/736245>
- Koç, M. (2021). Türkiye’nin Güneş Enerjisi ile İlgili Araştırmalara Katkısı: 2000 – 2019 Dönemi İçin Bibliyometrik Analiz, *Amasya Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*, Amasya.
URL: <https://openaccess.amasya.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12450/1968>
- Koç, Ü. Ve Apaydın, Ş. (2020). İktisadi Büyüme ve Rüzgar Enerjisi İlişkisi: Seçilmiş G – 20 Ülkeleri İçin Bir Analiz, *Fiscaoeconomia*, 4(3), 595-612.
- Koç, Ü. (2021). Güneş Enerjisi ve Ekonomik Büyüme, *Journal of Research in Economics, Politics and Finance*, 6(2), 515-533.DOI: [10.30784/epfad.890910](https://doi.org/10.30784/epfad.890910)
- Nizic, M. K. and Rudan, E. (2013). Economic Possibilities and Management of Solar Energy Use in Tourism, *Economia Seria Management*, 16(1), 93-105.DOI: [10.30784/epfad.890910](https://doi.org/10.30784/epfad.890910)
- Saner, H. S. (2015). Türkiye’de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçim ve Çevresel Etkileri: Karapınar ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeler Örneklerinin Değerlendirilmesi, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.DOI: [10.31795/baunsobed.657853](https://doi.org/10.31795/baunsobed.657853)
- Şahin, C. ve Ünal, S. (2023). Karbon Salınımının Ekonomik Büyüme ve Finansal Gelişme ile İlişkisi: Türkiye Örneği, *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 15(29), 367-376.DOI: [10.20990/kilisiibfakademik.1317807](https://doi.org/10.20990/kilisiibfakademik.1317807)
- Tanış, T. (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçerisinde Güneş Enerjisi: Karapınar İlçesi SWOT Analizi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi*, Konya.
URL: <file:///C:/Users/SPECIAL%20TEK/Downloads/571117.pdf>

- Taşova, M. (2018). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Parametre Değerleri ve Güneş Enerjisinden Faydalanma Olanakları, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 7(3), 10-17. URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/615275>
- Tuluş, V., Abokersh, M. H., Cabeza, L. F., Valles, M., Jimenez, L. and Boer, D. (2019). Economic and Environmental Potential for Solar Assisted Central Heating Plants in the EU Residential Sector: Contribution to the 2030 Climate and Energy EU Agenda, *Applied Energy*, 236, 318-339.
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). On Birinci Kalkınma Planı(2019-2023).URL:<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2021/07/Strateji-ve-Butce-Baskanligi-2019-2023-Stratejik-Plani-28072021.pdf>
- Varınca, K. B., ve Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli Ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi Ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. *Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 21(23). URL: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mbd/issue/40631/488030>
- Varınca, K. B. ve Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli Ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi Ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 21(23).URL: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/mbd/issue/40631/488030>
- Yolcan, O. O. ve Köse, R. (2020). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Durumu Ve Güneş Enerjisi Santrali Kurulumunda Önemli Parametreler, *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi* 6(2), 196-215.DOI: [10.34186/klujes.793471](https://doi.org/10.34186/klujes.793471)

ÖZGEÇMİŞ

1. KİŞİSEL BİLGİLER			
Adı Soyadı	: Nur EL AHMED		
Unvanı	:		
ORCID	: 0009-0000-4877-5962		
Doğum tarihi	:		
Doğum yeri	:		
E mail	:		
2. ÖĞRENİM BİLGİLERİ			
Derece	Alan	Üniversite	Yıl
3. YABANCI DİL BİLGİSİ			
1-)			
2-)			
3-)			
4. MESLEKİ DENEYİM VE ÜYELİKLER			
1-)			
2-)			
3-)			
5. YAYINLAR VE ÖDÜLLER			
1-)			
2-)			
3-)			