



**MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**ŞEBEKE BAĞLANTILI FOTOVOLTAİK ENERJİ ÜRETİM
SİSTEMLERİNİN TASARLANMASI VE TÜRKİYE'DE
FARKLI COĞRAFİK BÖLGELERDEKİ PERFORMANS
ANALİZİ**

UĞUR KILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik
Mühendisliği Anabilim

Dalı

Elektrik-Elektronik
Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi. Uğur KESEN

EŞ-DANIŞMAN

Prof. Dr. Mustafa Caner AKÜNER

İSTANBUL, 2018



**MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**ŞEBEKE BAĞLANTILI FOTOVOLTAİK ENERJİ ÜRETİM
SİSTEMLERİNİN TASARLANMASI VE TÜRKİYE'DE
FARKLI COĞRAFİK BÖLGELERDEKİ PERFORMANS
ANALİZİ**

UĞUR KILIÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik

Mühendisliği Anabilim

Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi. Uğur KESEN

EŞ-DANIŞMAN

Prof. Dr. Mustafa Caner AKÜNER

İSTANBUL, 2018

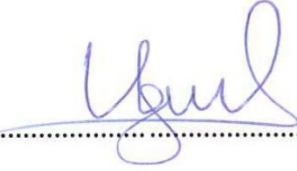
**MARMARA ÜNİVERSİTESİ FEN
BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Uğur KILIÇ 'ın “Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Enerji Üretim Sistemlerinin Tasarlanması Ve Türkiye’de Farklı Coğrafik Bölgelerdeki Performans Analizi” başlıklı tez çalışması, 12-11-2018 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

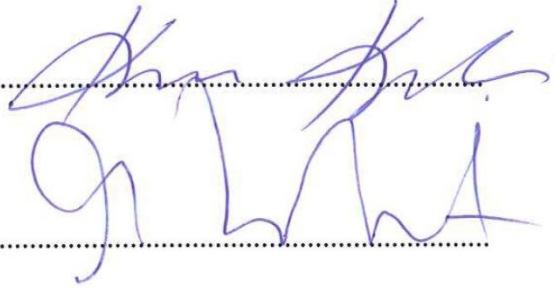
Dr. Öğr. Üyesi Uğur KESEN (Danışman)

Marmara Üniversitesi.....



Dr. Öğr. Üyesi Korhan KAYIŞLI (Üye)

Nişantaşı Üniversitesi



Prof. Dr. Bülent ORAL (Üye)

Marmara Üniversitesi

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun tarih ve sayılı kararı ile Uğur KILIÇ’ın Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Bülent EKİCİ



ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen danışman hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Uğur KESEN ve Prof. Dr. Mustafa Caner AKÜNER'e teşekkürlerimi ve sonsuz şükranlarımı bir borç bilirim.

Öğrenim hayatım boyunca her zaman maddi ve manevi destekleri ile yanımda olan ve çalışmalarım sırasında bana gösterdikleri sabır ve desteklerinden dolayı anneme, babama ve abime teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tezimi oluştururken her türlü teknik desteği tarafımdan esirgemeyen Say Otomasyon Firması Yönetim Kurulu Başkanı Ayhan Bey'e, Mir Solar Enerji Genel Müdürü Cihad Bey'e, Humartaş Yapı-Enerji firması yetkililerine, Adminsoft Firması Genel Müdürü Ramazan Bey'e ve tüm arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bilgi birikimimde büyük etkisi olan Marmara Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi saygıdeğer hocalarına tüm destekleri için şükranlarımı arz ederim.

Kasım, 2018

Uğur KILIÇ

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
SEMBOLLER/SYMBOLS	v
KISALTMALAR/ABBREVIATIONS	vi
ŞEKİLLER	vii
TABLO LİSTESİ/LIST OF TABLES	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Özeti.....	2
1.2. Tez Çalışmasının Yapısı	4
2. ENERJİ KAYNAKLARI	5
2.1. Yenilenemeyen(Konvansiyonel) Enerji Kaynakları	5
2.1.1. Petrol	6
2.1.2. Doğalgaz.....	6
2.1.3. Taşkömürü.....	6
2.1.4. Linyit	7
2.1.5. Bor.....	7
2.1.6. Nükleer	7
2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	7
2.2.1. Biokütle enerjisi	8
2.2.2. Rüzgâr enerjisi.....	10
2.2.3. Hidrolik enerjisi.....	13
2.2.4. Jeotermal enerji	13
2.2.5. Hidrojen enerjisi	14
2.2.6. Deniz kökenli enerji kaynakları	15
2.2.7. Güneş enerjisi	16
2.3. Ülkemizin Kaynaklar Bazında Elektrik Enerjisi Üretimi	17
3. FOTOVOLTAİK ENERJİ ÜRETİM SİSTEMLERİ	18
3.1. Fotovoltaik Enerji Üretim Sistemlerinin Tarihçesi.....	19
3.2. Fotovoltaik(Güneş Pili) Teknolojisi	19
3.3. Fotovoltaik Enerji Üretim Sistemi Çeşitleri	22

3.3.1. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler.....	22
3.3.2. Şebekeye bağlı olmayan fotovoltaik sistemler.....	23
3.4. Dünyada Ve Ülkemizdeki Uygulama Alanları	24
3.5. Fotovoltaik Sistemlerin Dünyadaki Ve Ülkemizdeki Güncel Durumu	25
3.6. Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Enerji Üretim Santrali Tasarımı	27
3.6.1. Tasarımda Kullanılacak Programlar.....	29
3.6.2. Tasarımda Kullanılan Teçhizatlar	29
3.6.3. Mevzuat Ve Yönetmelikler	30
3.6.4. Fotovoltaik Sistem Tasarım Aşamaları Ve Örnek Tasarım	32
3.7 Çalışma Sahalarımızdan Alınan Günlük Üretim Verileri.....	45
3.8. Çalışma Sahalarımıza Ait Pvsyst Raporları	49
3.9. Temel Düzey Veri Analizörü Yazılımı.....	56
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	59
4.1. Gerçek Üretim Değerlerinin Bölgesel Karşılaştırılması Ve Analizi.....	59
4.2. Gerçek Üretim Değerleri ile Pvsyst Raporlarının Karşılaştırılması Ve Analizi ..	62
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR/REFERENCES.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	75

ÖZET

Sanayinin artması, küreselleşmenin her geçen gün ilerleyişi, teknolojik gelişmeler, refah seviyelerinin yükselişine bağlı olarak artan ihtiyaçlar, enerjiyi dünyanın en önemli gündem maddelerinden biri haline getirmektedir. Talebin hızla artışı arz talep makasının açılmasına ve arz yeterliliği kaygılarına neden olmaktadır. Bu kapsamda arzın çeşitlendirilmesi ve yenilenebilir kaynaklara dayandırılması gerekmektedir. Arz kaynaklarının genelde fosil temelli olması onların tükenmesine ek olarak çevre kirliliği ve toplum sağlığı kaygılarını da oluşturmuştur. Bu kapsamda yenilenebilir kaynaklara olan ilgi artmış ve artmaya da devam edeceği öngörülmektedir.

Yenilenebilir kaynaklar denilince akla gelen en önemli sistemlerden biri de fotovoltaik enerji üretim sistemleridir. Enerjisini direkt olarak güneşten alan bu sistemler arz çeşitlendirme politikalarında ilk kaynaklardan biri olarak görülmüştür. Özellikle enerjide dışa bağımlı ülkelerde dış bağımlılığı azaltmak ve enerji politikalarını yerlileştirmek için bir fırsat teşkil etmektedir.

Fotovoltaik sistemler, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren, yarı iletken teknolojisine dayanan sistemlerdir. Güneş pilleri fotovoltaik ilkesine dayalı olarak çalışmaktadır. Yani üzerlerine ışık düştüğünde uçlarında elektrik gerilimi oluşur.

Fotovoltaik sistemlerden en verimli şekilde yararlanabilmek için sürekli olarak saha analizleri yapılmalıdır. Alınan gerçek veriler ile öngörülen değerler sürekli mukayese edilmelidir. Bu analizler doğrultusunda santrallerin ve kullanılan teknolojilerin optimizasyonu gerçekleştirilmelidir. Bunlara ek olarak yapılan çalışmalar ile yatırımcılara, idarecilere, bürokratlara ve akademisyenlere yol gösterilmelidir. Bu amaçla hazırlanan bu tez çalışmasında fotovoltaik sistem tasarımı ve kurulumu hakkında bilgiler verilmiştir. Sahadan alınan veriler üzerinde çalışılarak gerçek saha değerleri raporlar halinde sunulmuştur. Farklı bölgelerdeki referans iller üzerinde yapılan çalışmalar ile bölgesel mukayeseler de gerçekleştirilmiştir.

ABSTRACT

Increasing industry, everyday development of globalization, technological developments, increasing needs due to the rise of wealth levels make energy one of the most important agenda items of the world. The rapid increase in demand leads to concerns about the opening of supply and demand scrap and the adequacy of supply. Within this framework, supply needs to be based on diversification and renewable resources. In addition to the depletion of consumer spending, there are also fossil-based resources, which often create environmental pollution and public health concerns. In this context, interest in renewable resources has increased and this trend is expected to continue.

One of the most important systems in terms of renewable sources is photovoltaic power generation systems. These systems, which receive direct energy from the sun, are seen as one of the first sources of supply diversification policies. In particular, energy is an opportunity to reduce external dependence in foreign dependent countries and nurture energy policies.

Photovoltaic systems are systems based on semiconductor technology that convert solar radiation from the surfaces directly into electrical energy. The solar cell is based on photovoltaic principle. When the solar cells are exposed to sunlight, electrical voltage is generated at the edges.

Field analysis should be done continuously to ensure the most efficient use of photovoltaic systems. The actual values given and the predicted values must be constantly compared. In view of these analyzes, the facilities and technologies used should be optimized. In addition to these, work should be done for investors, managers, bureaucrats and academicians. In this thesis, study prepared for this purpose, information about photovoltaic system design and installation has been given. The data in the field are presented in a report by examining the data taken from field. Regional comparisons have also been made with reference to studies in different regions.

SEMBOLLER/SYMBOLS

A	: Rüzgâr enerji santrallerinde rotor kanatları tarafından süpürülen alan
A-si	: Amorf silikon
CdTe	: Kadmiyum tellür
CIGS	: Bakır indiyum galyum diselenid
CIS	: Bakır indiyum selenid
Impp	: MPP akımı
kWac	: Alternatif güç
P	: Rüzgâr enerji santrallerinde havanın mekanik gücü
p	: Rüzgâr enerji santrallerinde hava yoğunluğu
Po	: Rüzgâr enerji santrallerinde rotor tarafından çıkarılan türbin mekanik gücü
Umpp	: MPP gerilimi
V_w	: Rüzgâr enerji santrallerinde havanın hızı
v_w	: Rüzgâr enerji santrallerinde rotor kanatları girişinde üretilen rüzgâr hızı
V	: Gerilim
Vo	: Rüzgâr enerji santrallerinde rotor kanatları çıkışında üretilen rüzgâr hızı
W	: Güç birimi

KISALTMALAR/ABBREVIATIONS

AA	: Alternatif Akım
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
CHP	: Kombine Isı ve Güç
DA	: Doğru Akım
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GES	: Güneş Enerji Santrali
HES	: Hidroelektrik Santral
IEA	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
Mppt	: Maximum Power Point Tracker(Maksimum Güç Noktası İzleyicisi)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration(Ulusal Havacılık Ve Uzay Dairesi)
OECD	: Organisation For Economic Co-Operation and Development(Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
Off-grid	: Unconnected of Grid(Şebekeden Bağımsız)
On-grid	: Connected of Grid (Şebekeye Bağlı)
Pv	: Fotovoltaic(Güneş Enerji Pili)
RES	: Rüzgâr Enerji Santrali
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kanunu

ŞEKİLLER

Şekil 2.1. Enerji Kaynakları Basitleştirilmiş Görseli	5
Şekil 2.2. Yenilenebilir Enerji Teknolojileri	8
Şekil 2.3. Biokütle Enerjisi Basitleştirilmiş Gösterimi	9
Şekil 2.4. Rüzgâr Türbini Basit Gösterimi	10
Şekil 2.5. Rüzgâr Türbini İle Akan Rüzgâr	11
Şekil 2.6. Hidroelektrik Santrallerin(HES) Prensipte Çalışma Şeması	13
Şekil 2.7. Jeotermal Enerji Şematik Gösterimi.....	14
Şekil 2.8. Hidrojen Enerjisi Teknolojisi Basit Şematik Gösterimi.....	14
Şekil 2.9. Dalga Enerjisi Üretim Metodu	15
Şekil 2.10. Kollektör Sistemi Basit Gösterimi Ve Ekipmanları	16
Şekil 2.11. Fotovoltaik Panel Ve Ekipmanları Temel Gösterim Şeması.....	17
Şekil 3.1. Monokristal Pv Hücre Yapısı Ve Oluşum Aşamaları	20
Şekil 3.2. Polikristal Hücre Yapısı	21
Şekil 3.3. Amorf Silisyum İnce Film Hücre	21
Şekil 3.4. Hücre-Modül-Panel-Dizi Oluşumu	22
Şekil 3.5. Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistem Basit Gösterimi	23
Şekil 3.6. Şebeye Bağlı Olmayan Fotovoltaik Sistem Basit Gösterimi	23
Şekil 3.7. Güneş Enerjisi Uygulama Örnekleri	24
Şekil 3.8. Güneş Tarlası Uygulama Örneği.....	25
Şekil 3.9. Çatı Üzeri Uygulama Örneği.....	25
Şekil 3.10. Güneş Enerjisi Teknik Potansiyelinin Avrupa Ülkelerine Göre Dağılımı ...	27
Şekil 3.11. Şebekeye Bağlı Sistemlerin Ev Tipi Uygulamalardaki Basit Gösterimi.....	28
Şekil 3.12. Fotovoltaik Sistem Başvuru Süreci Akış Şeması.....	32
Şekil 3.13. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası	33
Şekil 3.14. Malatya İli Battalgazi İlçesi Karaköy Mevkii İçin PVsyst Sistem Girdileri.34	
Şekil 3.15. Malatya İli Battalgazi İlçesi Karaköy Mevkii İçin PVsyst Sistem Çıktıları .36	
Şekil 3.16. Arazi Düzenleme Aşaması	39
Şekil 3.17. Taşıyıcı Ayakların Montajı	40
Şekil 3.18. Metal Konstrüksiyon Aşaması	40
Şekil 3.19. Panel Montajı Aşaması	41
Şekil 3.20. İnverter Montajı Aşaması	41
Şekil 3.21. Örnek Genel Yerleşim Planı.....	43

Şekil 3.22. Örnek Tek Hat Şeması	43
Şekil 3.23. 7 Şubat-7 Mayıs Arası Toplam Üretim Değerleri	49
Şekil 3.24. Malatya Santrali PVsyst Raporları Giriş Değerleri	50
Şekil 3.25. Malatya Santrali PVsyst Çıkış Değerleri.....	51
Şekil 3.26. Adana Santrali Giriş Değerleri.....	52
Şekil 3.27. Adana Santrali Çıkış Değerleri.....	53
Şekil 3.28. Niğde Santrali Giriş Değerleri.....	54
Şekil 3.29. Niğde Santrali Çıkış Değerleri.....	55
Şekil 3.30. Analizör Programı İşleyiş Diagramı.....	57
Şekil 3.31. 7 Şubat-22 Şubat Tarihleri Arası Santral Ara Yüzü Sütun Görüntüsü.....	58
Şekil 3.32. 7 Şubat-22 Şubat Tarihleri Arası Santral Ara Yüzü Eğri Görüntüsü.....	58
Şekil 4.1. Malatya İli Güneşlenme Potansiyeli Verileri.....	60
Şekil 4.2. Adana İli Güneşlenme Potansiyeli Verileri.....	60
Şekil 4.3. Niğde İli Güneşlenme Potansiyeli Verileri.....	60
Şekil 4.4. Çalışma Bölgelerindeki Global Radyasyon Değerleri Mukayesesi.....	61
Şekil 4.5. Çalışma Bölgelerindeki Güneşlenme Süreleri Mukayesesi	61
Şekil 4.6. Malatya Santrali Gerçek-PVsyst Üretim Değerleri Karşılaştırma Tablosu....	64
Şekil 4.7. Adana Santrali Gerçek-PVsyst Üretim Değerleri Karşılaştırma Tablosu.....	64
Şekil 4.8. Niğde Santrali Gerçek-PVsyst Üretim Değerleri Karşılaştırma Tablosu.....	65

TABLO LİSTESİ/LIST OF TABLES

Tablo 2.1. Kaynak Bazında Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi[GWh]	18
Tablo 3.1. Güneş Enerjisi Kurulu Güç Sıralaması İlk 10 Ülke	26
Tablo 3.2. Tabi YEK Belgeli Üretim Lisansı Sahipleri İçin Teşvik Oranları	31
Tablo 3.3. Yurt İçinde İmal Edilen Ekipmanları Kullanma Desteği	31
Tablo 3.4. Aplikasyon Verilerinin Başvuru Dosyasına İşlenme Örneği.....	37
Tablo 3.5. Panel ve İnverter Teknik Bilgi İçerikleri.....	44
Tablo 3.6. 7 Şubat 2018-28 Şubat 2018 Tarihleri Arası Saha Verileri	45
Tablo 3.7. Mart Ayı Saha Verileri	46
Tablo 3.8. Nisan Ayı Saha Verileri	47
Tablo 3.9. Mayıs Ayı 7 Günlük Saha Verileri.....	48
Tablo 3.10. 7 Şubat-7 Mayıs 2018 Tarihleri Arasındaki Toplam Üretimler.....	48

1. GİRİŞ

Küreselleşen dünya, artan sanayileşme, kentleşme oranlarının hızlı yükselişi dünyanın enerji talebini her geçen gün arttırarak enerjiyi en önemli gündem maddesi haline getirmektedir. Talebin artması ile arz-talep dengesi kaygıları oluşmaya başlamıştır. Dünya Enerji Forumu petrol-doğalgaz-kömür gibi fosil yakıtların hızlı tükenişine vurgu yapmaktadır. Forumun öngörülerine göre bu fosil enerji kaynakları önümüzdeki yüzyıl içerisinde tükenmiş olacaktır [1,2]. Böylelikle arz talep verileri makası giderek açılarak toplumları talebin farklı kaynaklardan karşılanması hedeflerine yönlendirecektir. Bu yakıtların hızlı tükenişine ek olarak çevreye verdikleri zararlara da dikkat çekilmektedir. Birincil enerji kaynağı olarak kullanılan bu yakıtlar kullanımları ile birlikte sadece enerji çıktısı vermemektedir. Bu çıktıya ek olarak zararlı gaz salınımları ile insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu ve benzeri sebepler toplumları temiz ve sürdürülebilir enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Yenedünya düzeninde ülkelerin kalkınma politikaları şekillenirken yenilenebilir enerji politikaları önemli yer tutmaya başlamıştır [3,4,5,6,7].

Yenilenebilir enerji kaynakları temiz, sürdürülebilir kaynaklardır. Çevreye olan zararlarının azlığı, doğal kaynaklara dayanması yönüyle sürdürülebilir olmaları, arz ve talebin aynı noktaya taşınabilme olanağına sahip olması en önemli avantajlarından. Dezavantaj olarak ise maliyetlerinin ve verimlerinin istenilen seviyede olmayışıdır. Ancak bu dezavantajlar yapılan araştırma çalışmaları ile giderilmektedir. Bu çalışmalar ile maliyetler azalmış yıllara sair daha da azalacağı öngörülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgâr, biokütle, jeotermal, hidrolik ve hidrojen olarak sınıflandırılır[7,8]. Bu kaynakların en önemlilerinden biri de güneş enerji (fotovoltaik) sistemleridir.

Güneş enerjisi çevre açısından temiz bir kaynak özelliği taşıdığından da fosil yakıtlara alternatif olmaktadır. Yeryüzüne her sene düşen güneş ışıınım enerjisi, yeryüzünde şimdiye kadar belirlenmiş olan fosil yakıt haznelerinin yaklaşık 160 katı kadardır. Ayrıca yeryüzünde fosil, nükleer ve hidroelektrik tesislerinin bir yılda üreteceğinden 15.000 kat kadar daha fazladır. Ülkemize bakan yönüyle de güneş enerjisi diğer dünya ülkeleriyle mukayese edildiğinde potansiyel açısından iyi durumdadır[9,10,11]. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve

ışınım şiddeti verileri incelenecek olursa ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu görülecektir [13].

Fotovoltaik enerji sistemleri yüzeylerine gelen güneş ışığını elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Yani üzerlerine ışık düştüğünde uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği enerjinin kaynağı direkt olarak güneşten alınan enerjidir. Enerji üreten piller istenen akım, gerilim, güç değerlerini elde edebilmek için seri ve paralel olarak bağlanır. Güneş pilleri kristal silisyum, galyum arsenit, amorf silisyum, kadmiyum tellirit, bakır indiyum diselenid, optik yoğunlaştırıcı hücreler kullanılarak üretilmektedir. Fotovoltaik sistemler doğru akım üretir, kullanılacağı alanlara bağlı olarak dc ve ac formda kullanılabilir. Alternatif enerji formuna dönüştürülmesi eviriciler yardımıyla yapılır ve istenilen yerlerde şebekeye bağlanarak şebeke beslenebilir[11,12,13].

1.1. Literatür Özeti

Güneş enerjisi son yıllarda popüleritesini hızla arttırmıştır. Bu kapsamda birçok akademik çalışma yapılmış ve dünya için yeni sayılabilecek bu enerji kaynağının farklı etkileri hem ülkemizde hem de dünyada ilgi görmüştür. Bu kapsamda yapılan literatür çalışmalarından bize yol gösterici olanları bu bölümde özetlemiş olacağız.

Muhtaroglu ve arkadaşları fosil yakıtların tükenişine ve yenilenebilir enerjinin gerekliliğine vurgu yapmışlardır. Çalışmalarında fotovoltaik sistem kullanarak güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretim süreçlerini incelemiş ve elde ettikleri enerji ile cep telefonu, MP₃ çalar, taşınabilir radyo gibi elektronik cihazları şebekeden bağımsız olarak besleyen sistemleri tasarlamışlardır[1].

Ölmez ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeline vurgu yapmışlardır. Batı bölgelerde rüzgâr, doğu bölgelerde ise güneş potansiyelinin yüksek olduğunu alınan verilerle göstermişlerdir. Bu çalışma kapsamında Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli belirlenmiş ve Konya ili Karapınar ilçesine kurulması planlanan büyük çaplı güneş enerjisi santralının sekonder frekans kontrolüne olan etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda hazırlanan çalışma ile Türkiye elektrik sistemi sekonder frekans kontrolü mekanizmasının büyük çaplı güneş enerjisi santraline uygunluğu hakkında bilgi verilmiş ve geleceğe yönelik gerekli önlemlerden bahsedilmiştir[7].

Gücin ve arkadaşları yeni nesil teknoloji olan elektrikli araçların en temel problemlerinden biri olan şarj problemini yenilenebilir kaynaklardan güneş ve rüzgâr ile besleyen sistem tasarlamışlardır. Matlab-Simulink ortamında simülasyonlar ile sistem tasarımlarını simüle etmişlerdir[11].

Ayvazoglu ve arkadaşları Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü' ne konumlandırılan bir ev için dış ortam parametrelerini inceleyerek potansiyel analizi gerçekleştirmişlerdir. Bu kapsamda yatay düzeyde saatlik küresel ışıınım değerleri ölçülen günlük ışıınım değerlerinden 11 farklı istatistiksel model kullanarak değerlendirilmiştir[14].

Basha ve arkadaşları Ürdün ve Almanya iklim koşullarında fotovoltaiik sistemlerin ve panellerin karakteristiklerini, gelişimlerini analiz ederek mukayese etmişlerdir. Cairio ve Kassel üniversitelerinin partnerliğinde gerçekleşen çalışmada bölgesel karşılaştırmalar yapılarak yüksek lisans bitirme tezi olarak sunulmuştur[15].

Sakdiseth ve arkadaşları fotovoltaiik sistemlerin Yeni Zellanda bölgesinde güneş enerjisi potansiyeli üzerinde çalışmışlardır. Üç farklı bölgede yaptıkları çalışma ile ışıma değerlerini ve çatı üzeri güneş sistemlerinin kurulumuna uygunluğunu incelemişlerdir. Mevcutta üretilen enerjinin yüzdelik olarak hangi kısımlarda üretildiğini açıklamışlardır[16].

Zhao ve arkadaşları solar sistemler için arıza analizleri üzerine çalışmışlardır. Simülasyonlar ile destekledikleri çalışmada literatürde bulunmayan iki arıza üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bu arızalar; gündüzden geceye geçişte oluşabilecek arızalar, ikincisi de düşük ışıma altında oluşabilecek arızalar. Yaptıkları çalışmada bu durumlarda koruma elemanlarının doğru çalışmadığını ileri sürerek bunu önleme yolundaki önerilerini simülasyonlarla destekleyerek açıklamışlardır[17].

Parhizkar ve arkadaşları yaptıkları çalışmada tarımsal alanda kullanılan sulama pompalarını güneş enerjisinden besleyebilen bir sistem tasarlayarak bu verilere uygun pompa ve inverter verilerini seçme usulleri üzerine çalışmışlardır. Özellikle şebekeden beslenme olasılığı olmayan yerlerde off-grid olarak besleme sağlayan bu sistemler tarımsal alanda kolaylıklar sağlamaktadır[19].

Azeez ve arkadaşları yenilenebilir enerji kaynakları üzerine detaylı bir literatür taraması yaparak Kuzey Irak bölgesinin mevcut enerji durumu ve potansiyeli incelemişlerdir. Petrol zengini bu bölgenin ortalama güneş enerjisi potansiyeli üç ana kent için

hesaplanmış ve bu bölgedeki güneş enerjisinin önemi bu sonuçlar açısında değerlendirilmiştir[20].

Karataş ve arkadaşları Türkiye'nin Edirne İlinde bulunan Trakya Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi için fotovoltaiik paneller kullanılarak enerji üretimi gerçekleştiren sistem tasarlayarak bu sistemin ekonomik analizini gerçekleştirmişlerdir. Simülasyon programları kullanarak tasarımlarını simüle etmişlerdir[21].

1.2. Tez Çalışmasının Yapısı

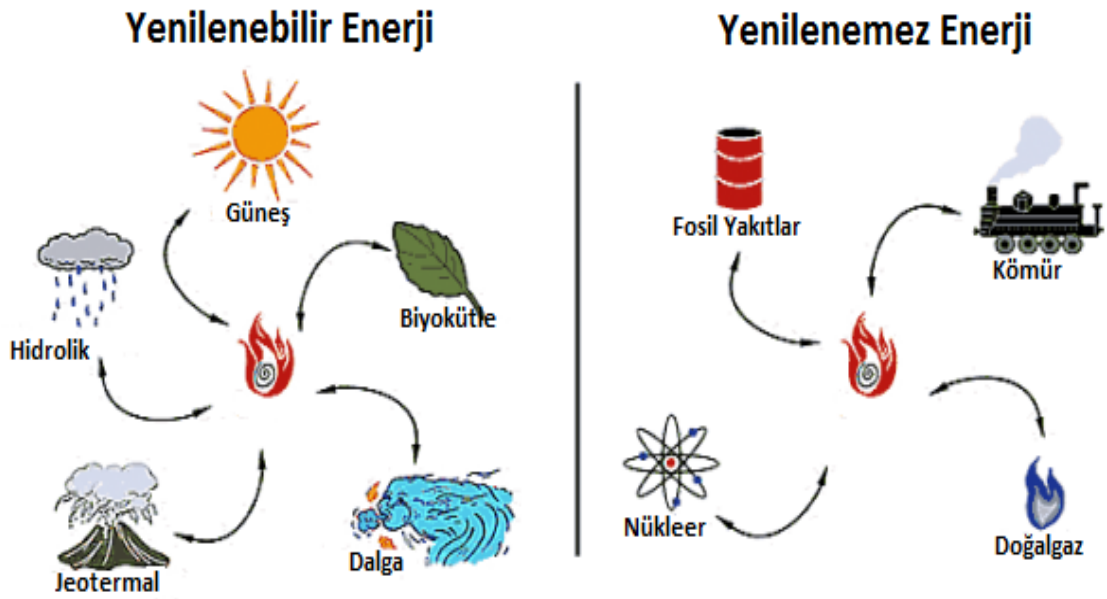
Tez çalışmamızın amacı; yenilenebilir kaynaklara olan farkındalığın artırılması, sistem tasarımının akademik verilere ve referanslara göre, bilimsel temellere dayanarak yapılabilmesi için tasarım süreçlerinin incelenmesi ve tasarımların yapılmasıdır. Buna ek olarak güneşlenme potansiyeli yüksek olan ülkemizin hangi bölgesinde performansın ve verimin daha yüksek olduğunu karşılaştırmalı olarak analiz ederek akademik dünyamıza, saha uygulayıcılarına, politikacılarımıza ve bürokratlarımıza uygulayacakları sistem ve izleyecekleri yöntemler açısından bir yol göstericisi olmaktadır.

Tez çalışmamızın önemi; güneş enerjisi ülkemizde hızla yaygınlaşmaktadır. Bu yaygınlaşma esnasında kurulumların ve yol haritalarının bilimsel verilere uygun olarak yapılması daha sonra doğabilecek problemleri önlemek adına oldukça önemlidir. Yeni kurulacak sistemlerde verimin ve kapasitenin artırılabilmesi için mevcutta kurulmuş olan santrallerin verilerini mukayeseli incelemek gerekmektedir. Mevcut tasarımları geliştirmek için, var olan santralleri kurulumun yapıldığı coğrafyalara göre değerlendirmek akademi dünyası ve saha uygulayıcıları için bir yol haritası ve veri tabanı oluşturmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada fotovoltaiik sistem tasarımında PVsyst ve Autocad, programları kullanılmıştır. Sahadan alınan veriler, bölgesel olarak ve PVsyst simülasyon sonuçları ile karşılaştırmalar yapılmak suretiyle analiz edilmiştir. Performans değerlendirmesi Visual Basic yazılımı ile görselleştirilmiştir.

2. ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemeyen(konvansiyonel) enerji kaynakları olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Yenilenemeyen kaynaklar çok uzun yıllarda oluşmuş fosil kaynaklardır. Enerji ihtiyacımızın %95'i bu fosil yakıtlardan karşılanmaktadır ve önümüzdeki 50 yıl içerisinde bu kaynakların tükeneceği öngörülmektedir[1,18]. Yenilenebilir kaynaklar ise yenilenemeyen kaynakların aksine tükenme riski bulunmayan kaynaklardır. Enerji girdilerini direkt tabiat imkânlarından elde eden bu kaynaklar insanlığın varoluşu için önemli noktalara erişmişlerdir. Bu duruma ek olarak çevreye olan zararları da incelendiğinde yenilenebilir kaynaklar yenilenemeyen kaynaklara göre insanlık için daha avantajlı ve zararsızdır. Şekil 2.1'de enerji kaynaklarının basitleştirilmiş görseli verilmiştir[23].



Şekil 2.1. Enerji Kaynakları Basitleştirilmiş Görseli[19]

2.1. Yenilenemeyen(Konvansiyonel) Enerji Kaynakları

Oluşumunu uzun yıllarda tamamlamış ve yenilenmesi asırlar alan kaynaklara yenilenemeyen kaynaklar denilmektedir. Fosilleşme sonucu toprak altında oluştuklarından fosil yakıtlar olarak da adlandırılmaktadırlar. Enerji girdisi olarak kullanıldıklarında çevreye zararlı gaz salınımı yaptıkları için kullanımlarında çevre kaygısı oluşumu söz konusu olmuştur. Bu kaynaklar doğalgaz, petrol, kömür, linyit, bor,

nükleer enerji şeklinde sıralanabilir.

2.1.1. Petrol

Fosil yakıtlar içerisinde kullanımı en yaygın olanlarından biri petroldür. Petrol metan, etan, propan gazlarının birleşiminden oluşmaktadır. Üçüncü jeolojik zamanda oluşmuş arazilerde daha yaygın olarak görülmektedir.

Petrol ikinci dünya savaşından sonra dünya için önemli noktalara ulaşmıştır. Ülkelerin küresel güç olma çabaları petrol politikaları halinde şekillenmeye başlamıştır.

IEA'nın (Uluslararası Enerji Ajansı) 2016 yılında 1985-2018 enerji talep tahminleri şu şekilde olmuştur. Dünya genelinde petrol talebi günlük 59.9 milyon varilden 96.7 milyon varile yükselecektir. Bu talep artışının temelini Çin ve diğer Asya ülkelerindeki endüstrileşme oluşturacaktır[24].

2.1.2. Doğalgaz

Fosil yakıtlar arasında kullanımı oldukça yaygın olan enerji kaynaklarından biri de doğalgazdır. Sıkıştırılmış olarak taşınabilir ve enerji girdisi olarak kullanıldıklarında çevreye zararlı gaz salınımları az olduğundan kullanımı oldukça yaygındır[1].

Doğalgaz özellikle 1973 petrol krizi ile gündeme gelmiştir. Petrole olan bağımlılığın ülkeleri zor duruma sokması kaynak çeşitlendirme politikalarını gündeme getirdikten sonra doğalgaz b planı olarak görülmüş bu da doğalgazın yayılımını hızlandırmıştır. Krizle birlikte doğalgaz dünya enerji talebini 1980'de yüzde 19'dan yüzde 23'e çıkarmıştır. IEA'nın 2014 yılı verilerine göre 1985-2018 yılları arasında dünya genelinde doğalgaz talebi 1715 milyar metreküpten 3962 milyar metreküpe yükselecektir. Bu talep artışının en büyük sebebi OECD dışı ülkeler olacaktır. OECD ülkelerinin doğalgaz ihtiyacı 1985'de 926 milyar metreküp iken 2018'de 1763 milyar metreküpe yükselecektir. OECD dışı ülkelerinin doğalgaz ihtiyacı ise 1985'de 789 milyar metreküp iken 2018'de 2200 milyar metreküpe yükselecektir[25].

2.1.3. Taşkömürü

Bitkisel kökenli, ana elamanı karbon olan, bitkilerin sıcaklık ve basınçla uzun zaman içerisinde fosilleşmesi sonucu ortaya çıkan enerji kaynağıdır. İnsan yaşamı için önemli

bir enerji ham maddesidir. Dünyada bol miktarda rezervi vardır ve uzun yıllar enerjinin birinci kaynağı olarak kullanılmıştır. Kömür yalnız 19. yüzyıldaki endüstri devrimini ateşleyen enerjiyi teminle kalmayıp 20. yüzyılda elektrik enerjisi devrini başlatmıştır. Halen dünyada üretilen elektrik enerjisinin yaklaşık %40'ı kömüre dayalıdır. 21. yüzyılın ilk yarısında, elektrik enerjisindeki kömür payının %50'lere yükselmesi beklenmektedir.

2.1.4. Linyit

Üçüncü jeolojik zamanda gelişimini tamamlamış enerji kaynağıdır. Özellikle termik santrallerde enerji hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Kullanımı sonrası zararlı gaz salınımı gerçekleştiğinden çevre sağlığını tehdit etmektedir.

2.1.5. Bor

Bor dünyada gelecek vaat etmesi bakımından önemli bir kaynaktır. Bu kaynağın rezervinin %70'i ülkemizde bulunmaktadır. Ülkemizde Balıkesir, Eskişehir, Kütahya bölgelerinde bulunmaktadır.

2.1.6. Nükleer

Nükleer kaynaklar diğer enerji kaynakları ile kıyaslandığında verimi oldukça yüksek ve istikrarlı enerji kaynaklarıdır. Yakıt bedelinin kilovat-saat başına üretim maliyetine oranı diğer enerjiler ile mukayese edildiğinde nükleer enerjide dörtte bir düzeyindedir. Bu oranın, petrol, kömür ve doğalgaz gibi fosil kaynaklı enerji üretim kaynaklarında % 80-90'ı bulduğu göz önüne alınırsa, yakıt piyasalarındaki dalgalanmalara karşı istikrarı net olarak anlaşılabilir. Bir diğer yönden güvenliği ise insanlığın en temel kaygılarından biridir. 2011'de Doğu Asya'da meydana gelen deprem ve beraberinde gerçekleşen tsunami sonrası Japonya'nın Fukushima Nükleer Santralinde meydana gelen kaza ile nükleer enerjinin güvenliğine yönelik dünyada olumsuz bir yargı oluşmuştur[27].

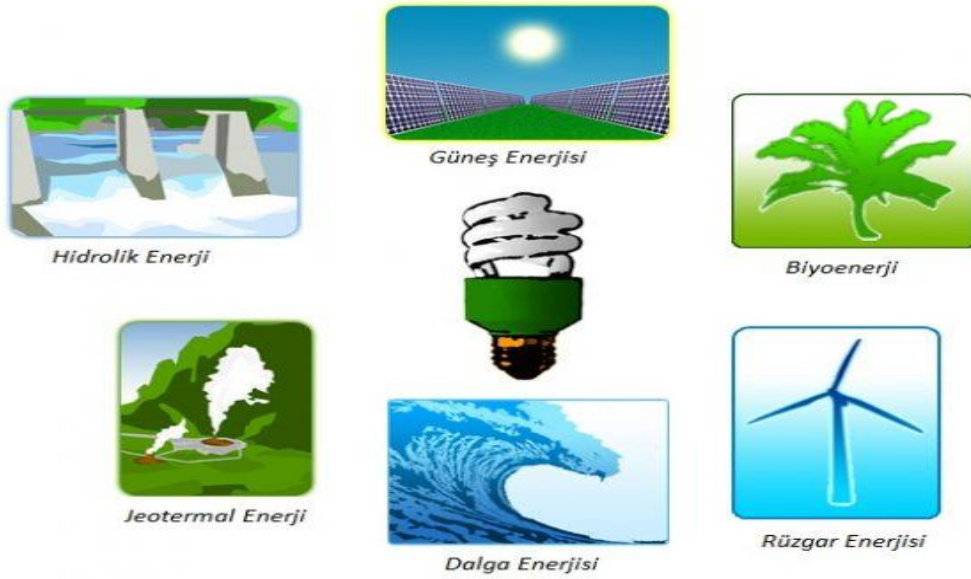
2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji, zamanla en az bizim tüketim hızımızda yenilenen ve çevreye zararlı olmayan enerji türüdür[11]. Fosil yakıtların hızlı tükenişi ve kullanımı sonrası çevreye verdikleri zarar, yenilenebilir enerjiyi insanlık için önemli noktalara taşımaktadır. Potansiyellerinin yüksek oluşu ve direkt olarak doğayı enerji girdisi olarak kullanmaları

da yenilenebilir enerjinin avantajlarından[28]. Yenilenebilir kaynakların en önemli faydalarından biri, uzun vadeli mevcudiyeti ve atmosfere olan asgari etkileridir. Özellikle rüzgâr, güneş enerjisi üretimi ve modern biyoenerji tesisleri başta olmak üzere, son birkaç yılda ortaya çıkan yenilenebilir enerji kaynaklarının büyümesi, istatistiksel olarak önem kazanmaktadır.

IEA'nın yaptığı çalışmalara göre büyük bir politika ve teknoloji müdahalesi olmaksızın yenilenebilir enerji kaynakları önümüzdeki 30 yıl içinde yılda sadece% 1,3 oranında artarken, küresel enerji talebi yıllık% 1,7'lik bir artışla büyümüştür. Son yirmi yılda yenilenebilir enerjinin ilerletilmesindeki temel kısıtlama, maliyet etkinliğidir. Bu nedenle, bu sürdürülebilir enerji seçeneklerinin maliyet etkinliğini ve pazar nüfuzunu ilerletmek için teknoloji geliştirme hızını arttırmak gereklidir[29,30].

Yenilenebilir kaynaklar güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biokütle enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerjisi, hidrojen enerjisi, okyanus ve gelgit enerjisi olarak sınıflandırılabilir. Şekil 2.2' de bu enerji kaynaklarının basitleştirilmiş görseli verilmiştir.



Şekil 2.2. Yenilenebilir Enerji Teknolojileri

2.2.1. Biokütle enerjisi

Biokütle, bir türe veya çeşitli türlerden oluşan bir topluma ait yaşayan organizmaların belirli bir zamanda sahip olduğu kütleye denir. Biokütlenin eş anlamlı tanımı ise canlı kütle demektir. Biokütle 2 çeşittir. Bunlar, bitkisel kökenli ve hayvansal kökenli

k t lelerdir. Bir diğ r ifade ile fosil içeren karbonun enerji içeren formudur. Biok t le enerjisi, biok t le atıklarının yakılarak veya farklı işlemlerden geçirilerek kullanılması sonucunda elde edilen enerji çeşidine denir. Biok t le için mısır, buğday gibi özel olarak yetiştirilen bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dı kılar , gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik çöpler (meyve ve sebze artıkları) kaynak oluşturmaktadır. Petrol, kömür, doğ l gaz gibi tükenmekte olan enerji kaynaklarının kısıtlı olması, ayrıca bunların  evre kirliliğ  oluşturması nedeni ile biok t le kullanımı enerji sorununu çözmek için giderek önem kazanmaktadır[31].

Biyoyakıtın en önemli türü, bitkisel yağların,  rneğ n soya yağının, alkolün (metil alkol, etil alkol) esterlenmesiyle üretilen biyotitedir. Etanol veya biodizel dahil olmak üzere biyoyakıt üretmek için ısı ve basınç ile fermente edilebilir. Günümüzde, enerji amaçlı biok t le kullanımı dünyada hızla artış göstermektedir. Enerji biok tlesinin  oğ , gelişmekte olan ülkelerde en çok konut sektöründe kullanılmaktadır ve ısı, elektrik ve hem endüstriyel kullanım için hem kombine ısı ve g   (CHP) yoluyla birleşmek üzere doğrudan yakılmaktadır. Biok t le enerjisinin basitle tirilmi  gösterimi  ekil 2.3' te gösterilmiştir[31].



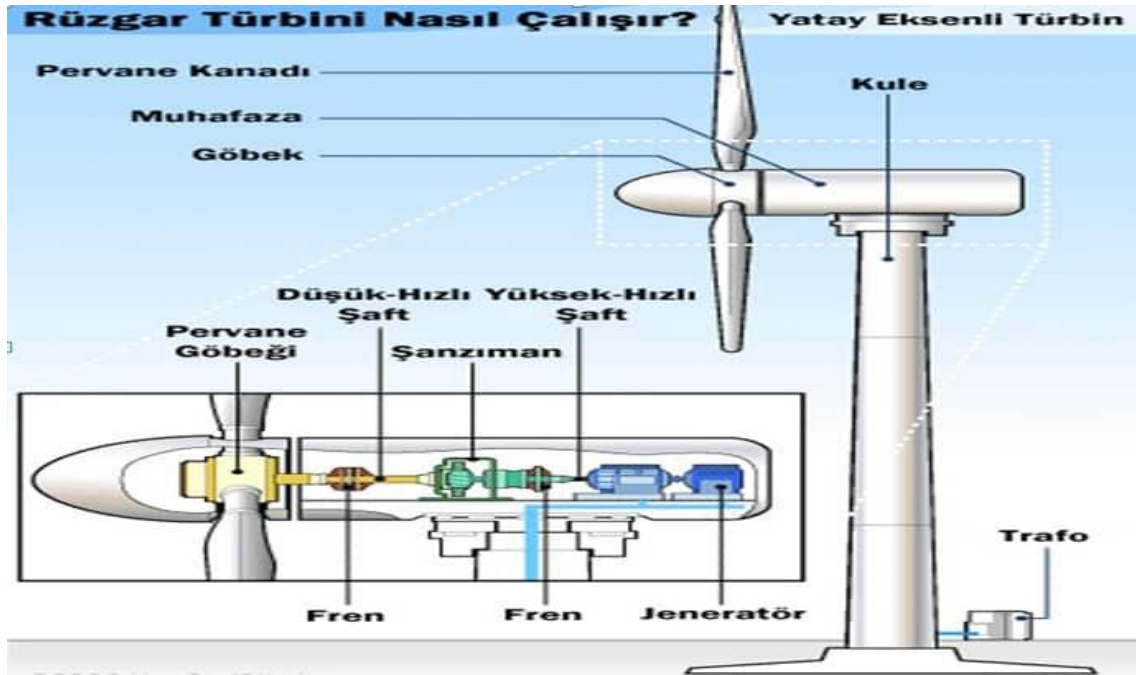
Şekil 2.3. Biok t le Enerjisi Basitle tirilmi  Gösterimi[32]

IEA tarafından düzenlenen bir toplantıda, piyasadaki yenilenebilir enerji kaynaklarının daha da artırılmasının, performanslarının artırılması ve maliyetlerin düşürülmesi ile çevresel, ekonomik ve toplumsal değ rlerinin giderek daha fazla tanınması ile bağlantılı

olacağı belirtiliyor. Tüm yenilenebilir enerji kaynakları gibi biyoenerjinin, kısa ve orta vadeye en yüksek katkıyı sağlaması beklenmektedir. Biyoenerji maliyetleri, karmaşık özellikleri nedeniyle, ulusal politikalar, üretim maliyetleri, işgücü maliyetleri ve dönüşüm teknolojileri ile ilgili olarak geniş çapta değişmekte olup, biyoenerji maliyetlerini genelleştirmek mümkün değildir. Teknolojideki önemli gelişmelere rağmen, biyoenerji hala fosil yakıtlara ve nükleer enerjiye göre daha pahalıdır.

2.2.2. Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi kullanımı çok eski yıllara dayanmaktadır. Tarihte temel olarak tahıl öğütme ve su pompalama sistemlerinde kullanılmıştır. Ancak 20. Yüzyılın gelmesiyle ilerleyen teknoloji rüzgâr kaynaklı elektrik üretimine olanak sağlamaya başlamıştır. Özellikle 1973 yılında gerçekleşen petrol krizi ile dünya alternatif kaynaklara yönelmeye başlamış ve bu vesileyle rüzgâr enerjisinin de gelişimi ve kullanımı artmaya başlamıştır. Bu tarihten sonra rüzgâr enerjisi büyüme hızıyla gelişim tahminlerini aşarak gelecekte enerji denklemlerindeki yerini göstermeyi başarmıştır. Son yıllarda bu gelişim %30'un üzerinde gerçekleşmiştir.



Şekil 2.4. Rüzgâr Türbini Basit Gösterimi[33]

Genel olarak rüzgâr ve hava enerjisinin rüzgâr türbinleri ve jeneratörler kullanılarak

elektrik enerjisine dönüştürülmesi mantığına dayanmaktadır. Rüzgâr türbini ve çalışma prensibini içeren görsel şekil 2.4'te basit olarak gösterilmiştir.

Hareket eden rüzgâr enerjisinin kinetik enerji formülü (2.1) numaralı denklemle matematiksel olarak modelize edilmiştir. Burada m rüzgâr kütlesini Vw ise hızını ifade etmektedir.

$$\text{Kinetik Enerji} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \text{ Joule} \quad (2.1)$$

Bu formülü rüzgâr enerjisi formunda uygulayabilmek için hareket eden havanın gücünü aşağıdaki gibi tanımlamak gerekmektedir.

$$P = \frac{1}{2} \cdot (pAV_w) \cdot (V_w)^2 = \frac{1}{2} pA(V_w)^3 \text{ Watts} \quad (2.2)$$

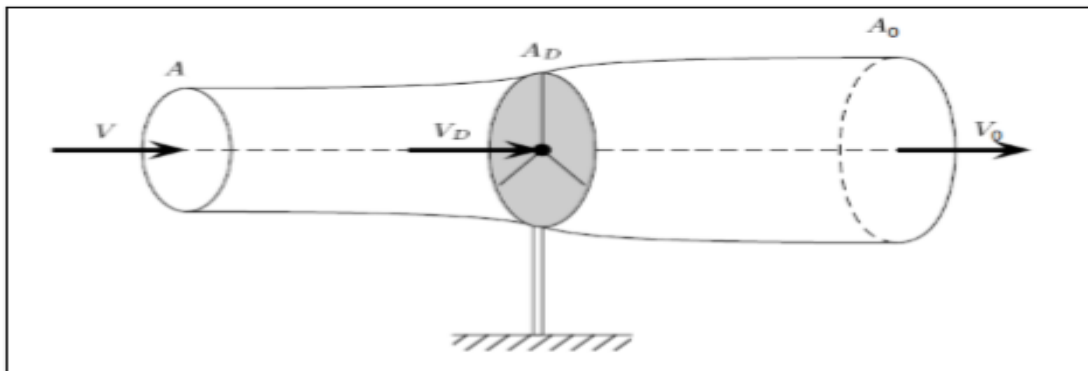
Burada,

P: Havanın mekanik gücü

p: Hava yoğunluğu

Vw: Havanın hızı

A: Rotor kanatları tarafından süpürülen alan



Şekil 2.5. Rüzgâr Türbini İle Akan Rüzgâr

Bu denklem, rüzgârın rüzgâr türbinlerinin süpürme alanı içinde taşıdığı enerjiyi verir. Rüzgâr hızı ve rüzgârın içinden geçtiği alan, rüzgâr türbinden geçtikten sonra değişmektedir.

Rüzgârdan türbin tarafından çıkarılan güç, rüzgâr hızının farkı kullanılarak aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$P_0 = \text{Saniyedeki kütle akış hızı} \cdot (v^2 - v_0^2) \quad (2.3)$$

Burada,

P_0 : Rotor tarafından çıkarılan türbin mekanik çıkış gücü

v_w : Rotor kanatları girişinde üretilen rüzgâr hızı (akıntıya karşı)

v_0 : Rotor kanatları çıkışında üretilen rüzgâr hızı (akıntı yönünde)

$$\text{Kütle akış hızı} = \rho A(v_w + v_0) / 2 \quad (2.4)$$

Sonuç olarak,

$$P_0 = \frac{1}{2} [\rho \cdot A(v_w + v_0) / 2] \cdot (V^2 - V_0^2) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot (1 + (V_0 / V)) \cdot \frac{[1 - (V_0 / V)^2]}{2} \quad (2.5)$$

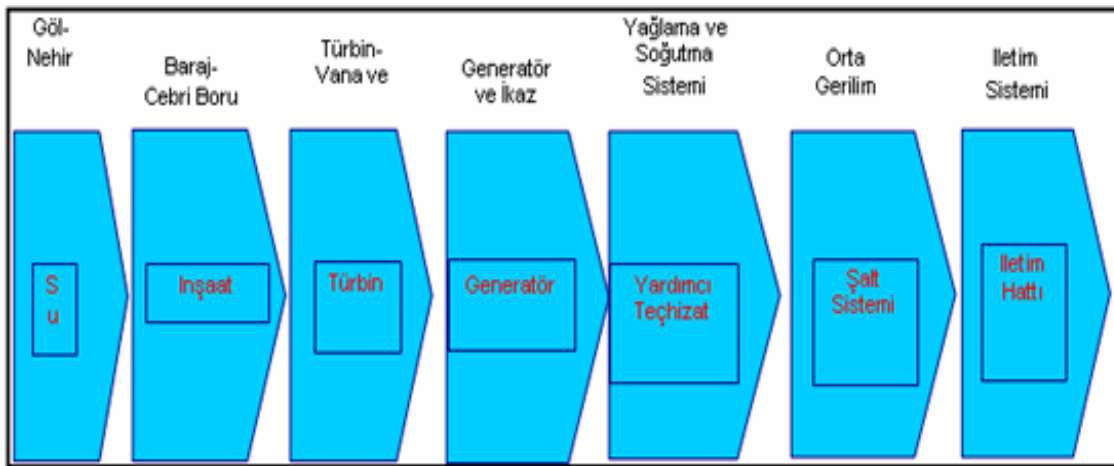
Son olarak rotor kanatları tarafından yakalanan giriş rüzgâr gücü aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$C_p = \frac{(1 + V_0 / V_w) \cdot [1 - (V_0 / V_w)^2]}{2} \quad (2.6)$$

Bu formüllerden de anlaşılacağı gibi bir rüzgâr türbininin C_p değeri biliniyorsa türbin tarafından üretilen güç de hesaplanabilir.

2.2.3. Hidrolik enerji

Kaba tabiri ile su kullanılarak elektrik enerji üretimidir. Baraj ve nehirlerde bulunan suyun potansiyel enerjisinin yüksek noktalardan düşürülerek kinetik enerjiye dönüştürülmesi prensibine dayanır. Kanal ya da borular kullanılarak türbinlere akıtılan su pervane gibi kolları olan türbinlerin dönmesini sağlar. Dönen türbinler ise hareket enerjisini jeneratörün miline aktarır. Milden mekanik enerjiyi girdi olarak alan jeneratör bu enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Bu prensip şeması şekil 2.6 da basit olarak şema halinde verilmiştir.

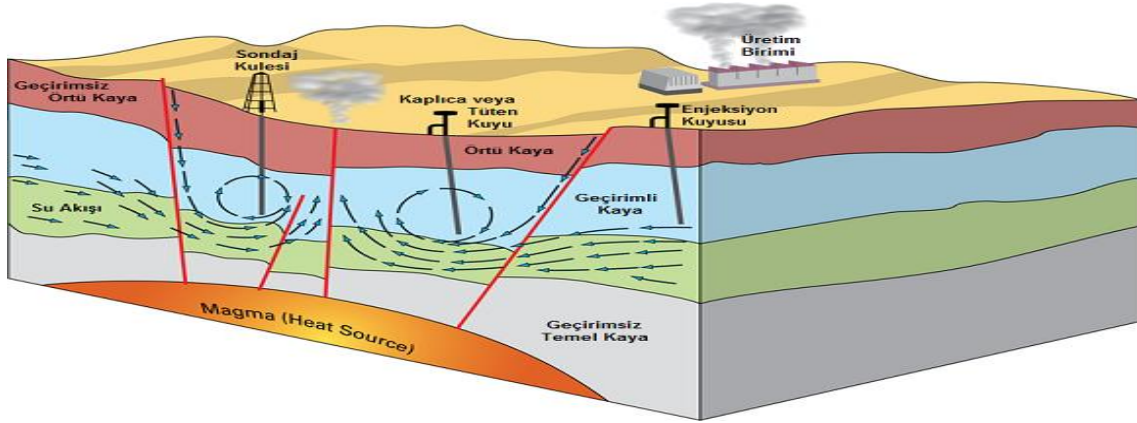


Şekil 2.6. Hidroelektrik Santrallerin(HES) Prensip Çalışma Şeması[34]

Hes'ler yenilenebilir kaynak olan sudan enerji üretmeleri, sera gazı emisyonu oluşturmamaları, ömürlerinin uzun oluşu, verimlerinin yüksek oluşu, sürdürülebilir şekilde enerji üretim imkânı, kırsal kesimlerde istihdam oluşturmaları yönüyle yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir.

2.2.4. Jeotermal enerji

Yerin derinliklerinden sıcak olarak gelen suyun yer yüzeyine su buharı olarak çıktığı noktalardaki enerjidir. Yerkürenin iç ısısı olarak da nitelendirilebilir. Bu sular yeryüzü kaynaklarından daha fazla mineral içermektedirler ve sıcaklıkları $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerindedir. Jeotermal enerjinin şematik gösterimi şekil 2.7' de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Jeotermal Enerji Şematik Gösterimi[35]

2.2.5. Hidrojen enerjisi

Hidrojen doğada bileşikler halinde bulunan bir enerji kaynağıdır. En çok bulunduğu bileşik ise sudur. Hidrojen enerji kaynağı olarak kullanılması sonucu doğaya su ve su buharı verdiğinden oldukça çevreci bir enerji kaynağıdır. Ancak bileşiklerin hidrojene ayrıştırılması ise oldukça zorlu ve pahalı bir süreç olduğu için kullanımı sınırlı seviyelerde kalmıştır. Gelecek yıllarda teknolojinin gelişimine bağlı olarak fiyat-performans değerlerinin iyileşeceği öngörülmektedir.

Hidrojen içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanı sıra katalitik yüzeylerde alevsiz yanmaya da uygun bir yakıttır. Ancak dünyadaki gelişim hidrojeninin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusundadır. Hidrojen enerjisinin şematik olarak gösterimi şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Hidrojen Enerjisi Teknolojisi Basit Şematik Gösterimi[36]

Daha önce de belirtildiği gibi hidrojenden, yakıt pili teknolojisi ile elektrik elde edilmektedir. Bugüne kadar yakıt pillerini çeşitli yönleriyle inceleyen 200'den fazla araştırma NASA tarafından desteklenmiştir. Bugün Apollo ve Space Shuttle görevlerinde güvenli olarak elektrik ve su sağlamış olmaları nedeniyle, yakıt pilleri uzaydaki rollerini ispatlamış, 2000'li yıllarda ülkelerin enerji politikalarında önemli yer tutmuştur.

2.2.6. Deniz kökenli enerji kaynakları

Deniz kökenli yenilenebilir enerjiler dalga enerjisi, sıcaklık gradyent enerjisi, gel-git enerjisi ve deniz akıntıları enerjisi olarak sınıflandırılabilir.

Gel-git enerjisi Ay'ın dünya üzerindeki çekim etkisine bağlı olarak sular belirli zamanlarda yükselir ve alçalır. Kabaran deniz suyu ilk metot olarak depolara doldurulur ve bu depoların dolup boşalması esnasında çift yönlü enerji üretimi yapılmış olur. İkinci metot ise dalgalar ile türbinleri döndürme metodudur. Gel-git enerjisi ABD, Belçika, Fransa gibi okyanusa kıyısı olan ülkelerde üretilmekte olup ülkemiz gibi iç denizlere kıyısı olan ülkelere uygulanması oldukça zordur. Gel-git enerjisinin basit gösterimi şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Dalga Enerjisi Üretim Metodu[37]

Bir diğer yenilenebilir enerji metodu da dalga enerjisidir. Hava hareketlerinin, ısının ve

diğer etkenlerin oluşturduğu dalgalar eğer verimli bir sistemle değerlendirilirse bitmeyecek bir enerji kaynağıdır. Özellikle ülkemiz gibi etrafı denizlerle kaplı olan ülkelerde dalga enerjisi değerlendirilmesi gereken kaynaklardan biridir. Değerlendirilmesinin birçok avantajı vardır. Gürültü kirliliği oluşturmaması, tükenmez kaynaklara dayanması, istenilen güçlerde enerji üretilebilecek olması bunların başlıcalarıdır. Norveç, Portekiz, İrlanda gibi ülkelerde dalga enerjisi santralleri bulunmaktadır.

2.2.7. Güneş enerjisi

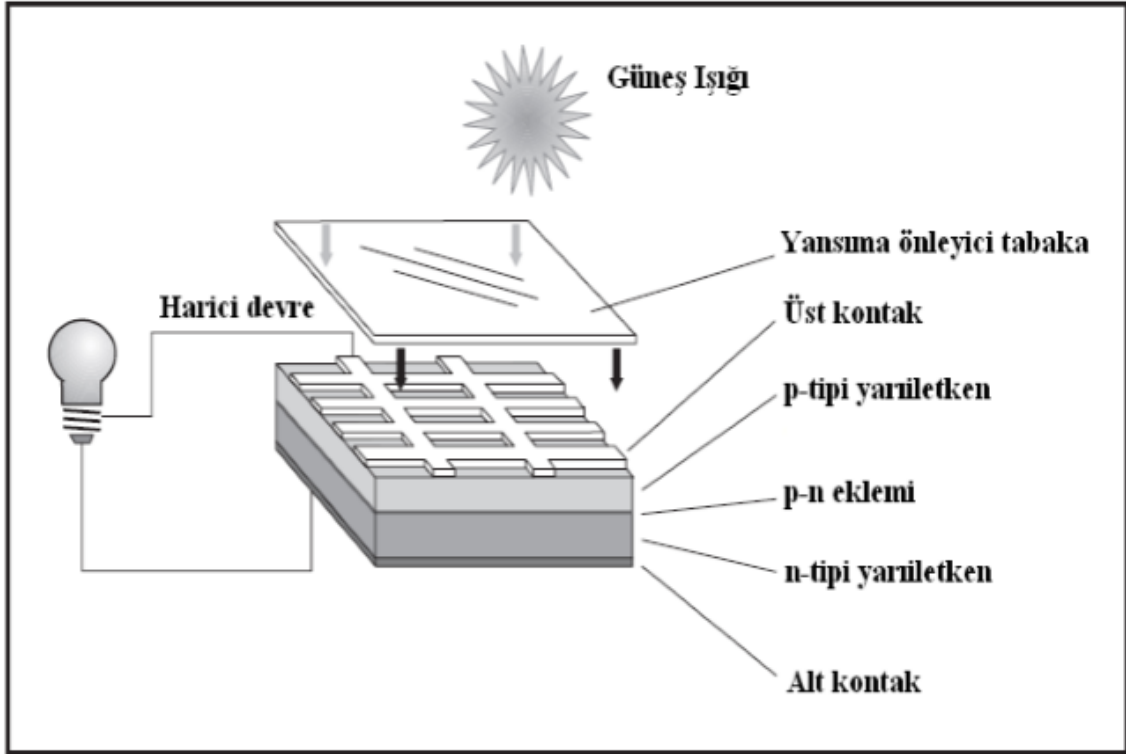
Güneş enerjisi sistemi kullanım açısından 2 farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır. İlki güneş enerjisinden ısı elde edilmesidir. Özellikle ülkemizde Anadolu şehirlerinde yaygın olan bu sisteme güneş enerjisi kollektör sistemi denilmektedir. Kollektör sistemleri güneşten direkt olarak ısı enerjisi elde etme prensibine dayanmaktadır. Güneşten soğurulma yoluyla alınan ısı kollektör kanallarında dolaşan kullanım suyunu ısıtmaktadır. Şekil 2.10'da basit gösterimi ve temel donanımları gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Kollektör Sistemi Basit Gösterimi Ve Ekipmanları[38]

Güneş enerji sistemlerinin ikinci uygulaması ise güneşin ışık enerjisinden faydalanarak elektrik üretimi sistemleridir. Fotovoltaik sistem olarak adlandırılan bu sistemde güneş

panelinin üzerine gelen ışık enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Genel olarak çalışma prensibi ışık enerjisi ile p ve ne tipi yarı iletken maddeden yapılmış güneş panellerinde elektron uyartımı oluşur bu elektronlar bir devreye bağlandığında akım haline dönüşür. Temel olarak fotovoltaiik hücre ve içerisindeki donanımlar şekil 2.11’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Fotovoltaiik Panel Ve Ekipmanları Temel Gösterim Şeması

Fotovoltaiik enerji üretim sistemleri tezimizin temel konusu olduğundan 3.bölümde detaylı olarak incelenecektir.

2.3. Ülkemizin Kaynaklar Bazında Elektrik Enerjisi Üretimi

Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın 2017 Ocak verilerine göre 273.387 GWh olan elektrik enerjisi üretiminin 184.889 GWh’i termik santrallerden, 67.268 GWh’i hidroelektrik santrallerden, 21.230 GWh’i de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Yenilenebilir kaynaklarda ise 2009 yılı itibari ile artışlar yaşandığı görülmüştür. Yenilenebilir kaynaklardan rüzgâr ve güneş enerjisi 2002 yılında 153 GWh olan değerinden 2017 yılı itibari ile 21.230 GWh değerine ulaşmıştır. Üretim

değerlerindeki bu dalgalanma tablo 2.1’de görülmektedir.

Tablo 2.1. Kaynak Bazında Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi[GWh] [39]

Yıl	Termik	Hidrolik	Rüzgar+Güneş Jeotermal	Toplam	Artış(%)
2002	95.563	33.684	153	129.400	5,4
2003	105.101	35.330	150	140.581	8,6
2004	104.464	46.084	151	150.698	7,2
2005	122.242	39.561	153	161.956	7,5
2006	131.835	44.244	221	176.300	8,9
2007	155.923	35.851	511	191.558	8,7
2008	164.139	33.270	1.009	198.418	3,6
2009	156.828	35.958	1.931	194.813	-1,8
2010	155.828	51.796	3.585	211.208	8,4
2011	171.638	52.339	5.418	229.395	8,6
2012	174.872	57.865	6.760	239.497	4,4
2013	171.812	59.420	8.921	240.154	0,3
2014	200.417	40.645	10.901	251.963	4,9
2015	179.366	67.146	15.271	261.783	3,9
2016	184.889	67.268	21.230	273.387	4,4
1.Oca.17	184.889	67.268	21.230	273.387	4,4

2016 sonu itibarıyla elektrik üretimimizin %67,6’sı termik santrallerden, %24,6’sı hidroelektrik santrallerden, %7,8’i de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. 2002-2016 dönemi içerisinde termik ve hidrolik kaynaklı elektrik üretim oranları mevcut oranlara kıyasla çok fazla değişkenlik göstermezken rüzgâr ve jeotermal kaynaklı elektrik üretim oranları 2002 yılındaki değeri olan %0,1’lerden 2016 sonu itibarıyla %8’e kadar yükselmiştir.

3. FOTOVOLTAİK ENERJİ ÜRETİM SİSTEMLERİ

3.1. Fotovoltaik Enerji Üretim Sistemlerinin Tarihçesi

Fotovoltaik etki dünyada ilk olarak 1839 yılında Fransız fizikçi Alexander Edmond Becquerel tarafından keşfedilmiştir. Platin tabakalar üzerinde yaptığı çalışmada fotovoltaik enerji sistemlerinin temelini oluşturacak bulgulara ulaşım sağlamıştır. Sonrasında 1873 yılında Willoughby Smith isimli selenyum üzerinde yaptığı çalışmada foto iletkenlik bulgularına erişerek ilk fotovoltaik düzeneği oluşturmuştur. 1883 yılına gelindiğinde bugünkü fotovoltaik panellerin temel yapıtaşı olan hücre Charles Fritts tarafından bulunmuştur. Bu ilk hücre %1 verime sahiptir. Tarihler 1946 yılını gösterdiğinde ise dünyada ilk fotovoltaik panelin patenti Russell Ohl tarafından alınmıştır. Verimleri yıllara sair artan bu sistemler ilk olarak Vanguard-I isimli uzay aracında 100 cm² alanda 0,1 watt güç üretilerek kullanılmıştır. Geliştirici birçok çalışmadan sonra 1970’li yıllarda gerçekleşen petrol krizi sonrası alternatif kaynaklara yönelim hızlandı ve fotovoltaik hücrelere olan ilgi artış gösterdi.

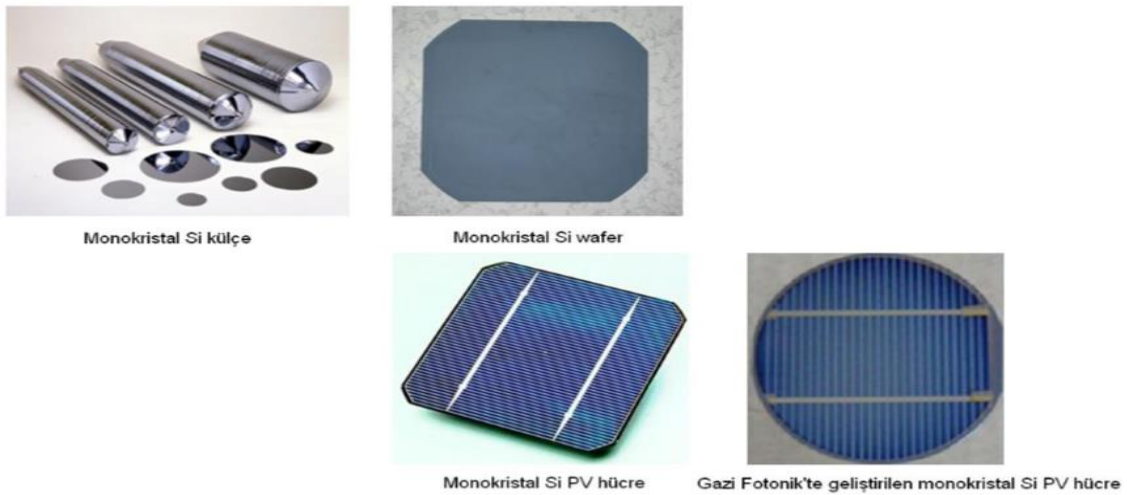
Güneş Pillerindeki verim yıllara sair önemli artışlar göstermiştir ve daha fazla göstereceği de öngörülmektedir. Bu kapsamda verim değerleri 2000 yılında %24’e, 2002 yılında %26’ya, 2005 yılında %27’ye, 2007 yılında %30’a çıkmıştır. 2009 yılında ise New South Wales Üniversitesi güneş pili araştırmacıları tarafından yapılan araştırmayla güneş pilindeki verim %43’e çıkarak son dönem güncel rekor değerlerine ulaşılmıştır. Bu verim artışları incelendiğinde fotovoltaik enerji üretim sistemlerine geleceğin enerji üretim teknolojisi demek hiç de abartılı olmayacaktır.

3.2. Fotovoltaik(Güneş Pili) Teknolojisi

Fotovoltaik teknolojisi yüzeylerine gelen ışığı direk olarak elektrik enerjisine çeviren, yarı iletken teknolojisinden oluşmuş sistemlerdir. Temel yapıtaşları hücrelerdir. Bu hücreler yarı iletken madde olan silisyumun kimyasal süreçlerden geçirilmesi ile elde edilmiştir. Oksijenden sonra yeryüzünde en çok bulunan element olan silisyumun, doğada en yaygın biçimi kuartz ve kumdur (SiO₂). SiO₂ işlenerek %99 silika elde edilir. Daha sonra silikadan elektronik teknolojisinde kullanılabilen (%99.9999) silisyum sağlanabilmektedir. Fotovoltaik(Pv) hücreler 3 temel grupta incelenmektedir. Bunlar;

- 1) Kristal Silikon Hücreler
 - a) Tek- Kristal Pv Hücreler(Monokristal)
 - b) Çok-Kristal Pv Hücreler(Polikristal)
- 2) İnce Film Pv Hücreler
 - a) Amorf Silisyum Pv Hücreler
 - b) Kadmiyum Tellür Pv Hücreler
 - c) Bakır İndium Galyum(di) Selenyum Pv Hücreler
- 3) III-V Grubu Pv Hücreler
 - a) Kuantum Kuyulu Hücreler
 - b) Çok Eklemlili Hücreler

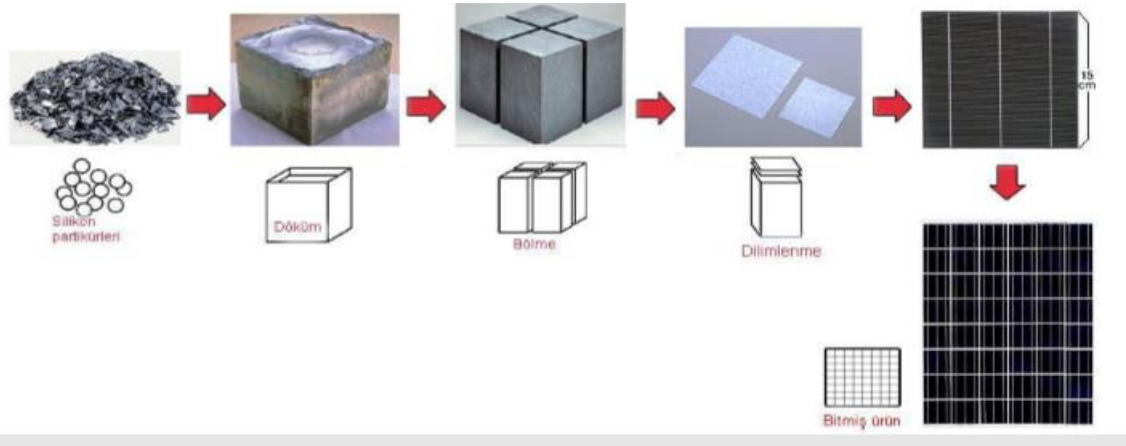
Yarı iletken teknolojisinin büyük kısmı monokristal silisyum teknolojisine dayanmaktadır. İlk pv hücrelerinde saf monokristal silisyumun üretimi zor olmasına rağmen tek kristal silisyum kullanılmıştır. Önce büyütölüp daha sonra 200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen Tek kristal (Monokristal) Silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde laboratuvar şartlarında %26, ticari modullerde ise %18'in üzerinde verim elde edilmektedir. Monokristal hücre yapısı ve oluşum aşamaları Şekil 3.1' de temel düzeyde gösterilmiştir. Görselde de görüleceği üzere si külçe wafera, wafer da silisyum hücreye dönüştürölmüştür[40].



Şekil 3.1. Monokristal Pv Hücre Yapısı Ve Oluşum Aşamaları[35]

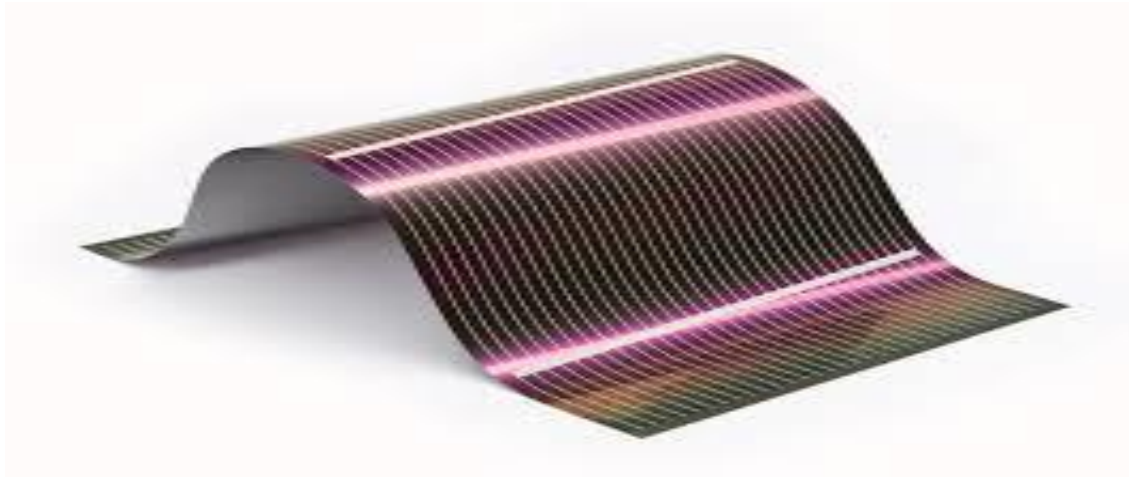
Polikristal hücreler ise dökme silisyum bloklarından dilimlenerek elde edilir. Monokristal hücrelere göre verimleri daha düşük olsa da düşük maliyetle üretildiklerinden yaygın olarak tercih edilmektedirler. Şekil 3.2'de polikristal yapısının oluşum aşamaları temel

düzeyde gösterilmiştir.



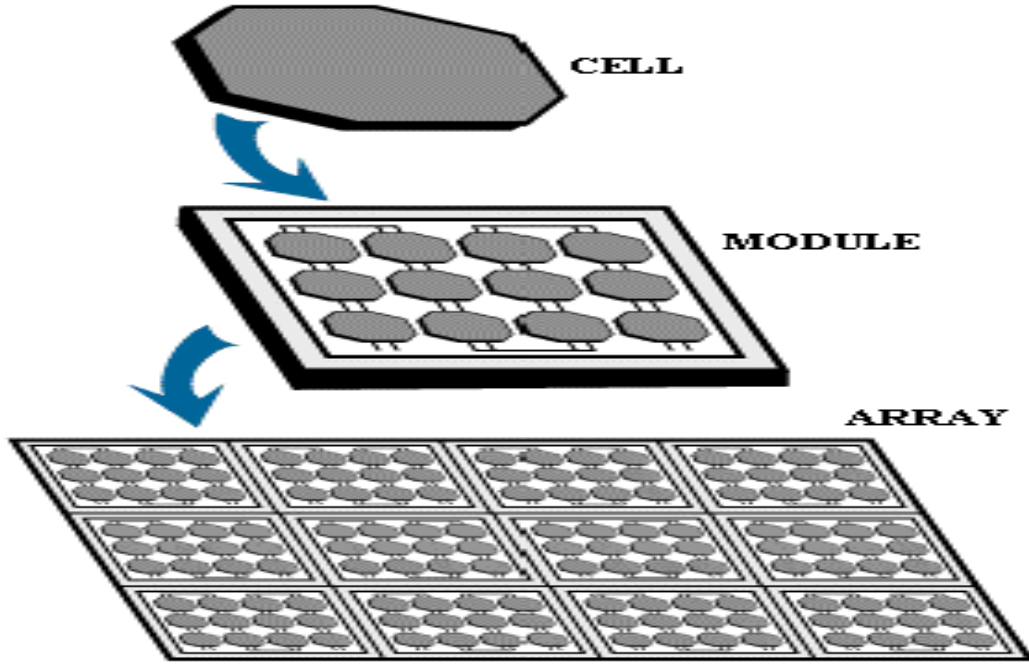
Şekil 3.2. Polikristal Hücre Yapısı[36]

İnce film hücreler ise diğer hücrelerle mukayese edildiğinde ışığı daha iyi soğurmaktadırlar. 1 mikron kalınlığa sahip bu hücreler maliyet olarak diğer hücrelere göre avantajlıdır. Yapılarında genel olarak amorf silikon(a-si), kadmiyum tellür(CdTe), bakır indiyum selenid(CIS), bakır indiyum galyum diselenid(CIGS) kullanılır. İnce film hücrelerde cephe uygulamalarında sıklıkla kullanılır. Amorf silikon ince film şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Amorf Silisyum İnce Film Hücre [41]

Fotovoltaik hücreler tek başlarına ortalama 0.5 volt gerilim değerine sahip olduğundan istenilen değerlere ulaşabilmek için seri ve paralel olarak bağlanır[42,43]. Pv hücreler birleştirilerek modüller, modüller birleştirilerek paneller, paneller de birleştirilerek diziler oluşturulur. Şekil 3.4’te bu durum temel olarak görselleştirilmiştir.



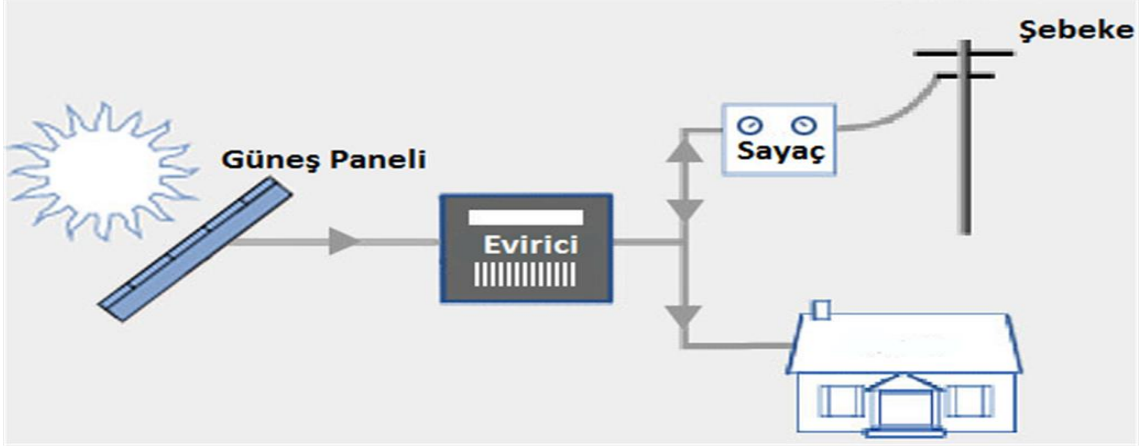
Şekil 3.4. Hücre-Modül-Panel-Dizi Oluşumu[44]

3.3. Fotovoltaik Enerji Üretim Sistemi Çeşitleri

Fotovoltaik enerji üretim sistemleri bağlantı durumlarına göre şebekeye bağlı(on-grid) fotovoltaik sistemler ve şebekeden bağımsız(off grid) fotovoltaik sistemler olarak 2'ye ayrılmaktadırlar.

3.3.1. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler

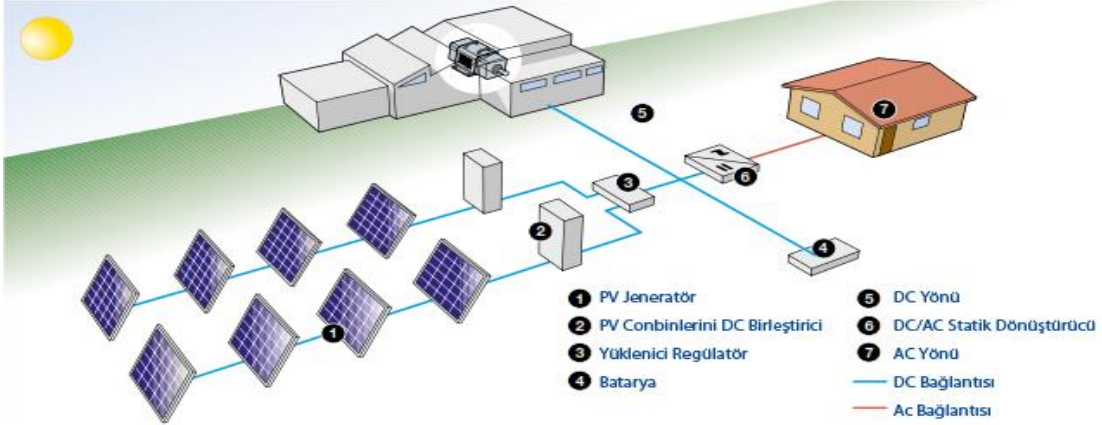
Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler ürettikleri enerjiyi eviriciler(invertör) üzerinden şebekeye veren sistemlerdir. İhtiyaç olan enerji fotovoltaik üretim sistemi tarafından karşılandıktan sonra ihtiyaç fazla enerji invertörler üzerinden sisteme verilir. Güneş enerjisi üretim sistemi şayet ihtiyacı karşılayamaz ise sistem kesintiye uğramadan şebeke enerjisinden beslenir. Güneşlenmenin olmadığı akşam saatlerinde bu sistemler kullanılmaz ise enerjinin depolanma gereği oluşacaktır. On grid sistemlerde depolanma gereği olmaksızın enerji üretilir ve sisteme verilir. Şekil 3.5'te bu şebekeye bağlı fotovoltaik sistemlerin basit gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.5. Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistem Basit Gösterimi[45]

3.3.2. Şebekeye bağlı olmayan fotovoltaik sistemler

Şebekeye bağlı olmayan fotovoltaik sistemler şebekeden bağımsız olarak direkt olarak yükü besleyen enerji üretim sistemleridir. Bu sistemlerde gün ışığı olmayan akşam saatlerinde sistem depolanan enerji ile beslenir.



Şekil 3.6 Şebeye Bağlı Olmayan Fotovoltaik Sistem Basit Gösterimi[46]

Beslenecek yük DA(Doğru Akım) ile çalışıyorsa regülatörler üzerinden direkt olarak, AA(Alternatif Akım) ile çalışıyorsa eviriciler üzerinde dönüştürülerek beslenir. Depolama jel aküler vasıtası ile yapılır. Aküler şarj kontrol cihazı ile kontrol edilir. Burada Şarj kontrol cihazı, gece ve güneş ışınımının yetersiz olduğu gündüz sürelerinde, panel geriliminin, akü geriliminin altına düştüğü durumlarda, akımın ters yönde, diğer bir deyişle aküden panele doğru akmasını önler[8]. Şekil 3.6' da bu sistem temel olarak gösterilmiştir.

3.4. Dünyada Ve Ülkemizdeki Uygulama Alanları

Fotovoltaik sistemler her geçen gün yayılımını arttırmaktadır. Buna bağlı olarak uygulamalar çeşitlenmiş ve geniş coğrafyalara yayılmıştır. Bu kapsamda fotovoltaik sistemler; büyük güç üretimi için güneş tarlalarında, evsel uygulamalarda çatı üzeri kurulumda, cep telefonlarının şarj edilmesinde, bahçe aydınlatmasında, spor tesislerinin enerji beslemesinde, trafik işaret lambalarında, otoyol aydınlatmasında, güneş arabalarında, saatlerde, yapay uydularda, güneş kulelerinde, elektrikli araç şarj istasyonlarında ve daha birçok alanda aktif olarak kullanılmaya başlamıştır. Bu uygulamalardan bazıları şekil 3.7’de basit olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Güneş Enerjisi Uygulama Örnekleri[35]

Fotovoltaik sistemlerin en yaygın örnekleri arazi(güneş tarlası) ve çatı üzeri uygulamalardır. Şekil 3.8 ve şekil 3.9’da bu uygulamaların örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Güneş Tarlası Uygulama Örneği[42]

Şekil 3.8’de güneş tarlası uygulaması gösterilmiştir. Şebekeye bağlı olan bu sistemle enerji üretilerek ulusal şebekeye yenilenebilir enerji kanunları kapsamında satılacaktır.



Şekil 3.9. Çatı Üzeri Uygulama Örneği[43]

Şekil 3.9’da çatı üzeri fotovoltaik sistemlerin basit bir örneği gösterilmiştir. Burada sistem on grid olarak kurularak enerji fazlası ulusal şebekeye satılabileceği gibi off grid kurularak sadece iç tüketime yönelik de olabilir.

3.5. Fotovoltaik Sistemlerin Dünyadaki Ve Ülkemizdeki Güncel Durumu

TEİAŞ(Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi) 31 Aralık 2017 tarihli kurulu güç raporundan elde edilen bilgiye göre Türkiye’nin kurulu gücü 2016 yılı sonunda 78.497,4 MW seviyelerindeyken 2017 yılı sonunda 85.200 MW seviyelerine ilerlemiştir.

Bu ilerleyişte özellikle lisanssız güneş enerji sistemlerinin payı yüksektir. Lisanslı güneş enerji santralleri 2017 yılı içerisinde 12,9 MW kurulu güçten 17,9 MW kurulu güce yükselmiştir. Lisanssız güneş enerjisinde ise bu artış daha yüksek seviyelerde seyretmiştir. 2017 yılı içerisinde 819,6 MW kurulu güçten 3402,8 MW kurulu güce

ulaşılmıştır. Santral sayısı 1043'ten 3613'e yükselmiştir[49,50]. Şebekeye bağlı sistemlerde durum böyle iken şebekeye bağlı olmayan sistemler raporlara yansımamaktadır.

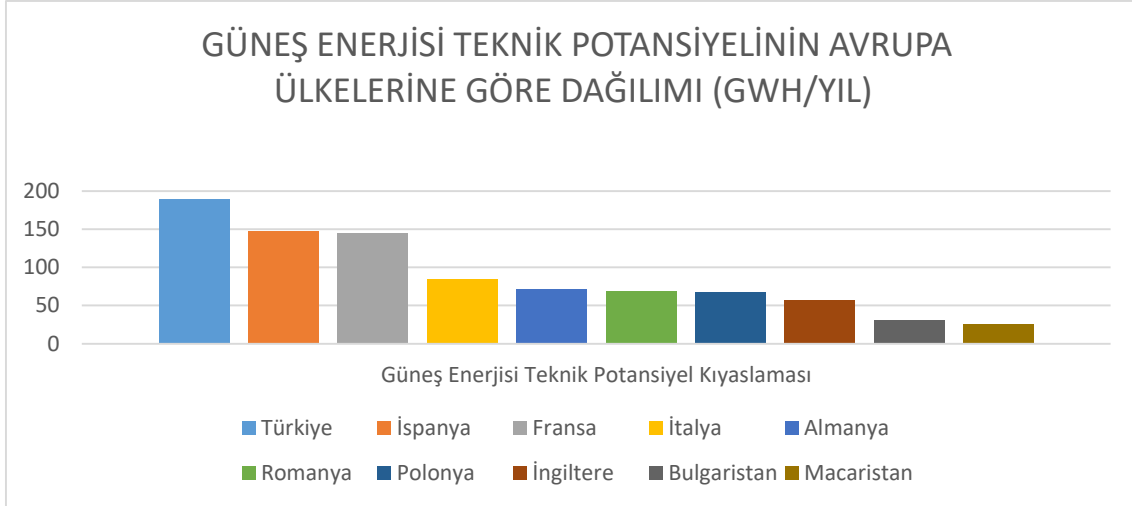
Dünyada ise 2017 yılı itibari ile ilk sırayı 102.470 MW kurulu güce sahip Çin Halk Cumhuriyeti tutmaktadır. Ardından 42.750 MW Japonya, 42.710 MW ile Almanya gelmektedir. Amerika birleşik devletleri ise 40.300 MW ile 4.sırada yer almaktadır. Dünyada kurulu güç sıralaması yapıldığında ilk 10 ülke tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Güneş Enerjisi Kurulu Güç Sıralaması İlk 10 Ülke[50]

Kurulu Güç Sıralaması	Ülke Adı	Veri Alım Tarihi	Kurulu Güç
1	Çin	Haziran, 2017	102.470
2	Japonya	Aralık,2016	42.750
3	Almanya	Ekim,2017	42.710
4	Amerika Birleşik Devletleri	Aralık,2016	40.300
5	İtalya	Aralık,2016	19.279
6	Birleşik Krallık	Aralık,2016	11.630
7	Hindistan	Aralık,2016	9.010
8	Fransa	Aralık,2016	7.130
9	İspanya	Temmuz,2017	6.730
10	Avusturalya	Aralık,2016	5.900

Türkiye ise maalesef yüksek potansiyeline rağmen ilk 10 ülke arasında yer alamamıştır. Kurulum hızı yüksek olmasına rağmen henüz küresel güneş enerjisi aktörü haline dönüşememiştir.

Ülkelerin kurulu güçlerinin yanında potansiyelleri incelendiğinde ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli 500 GW olarak tahmin edilmektedir[50]. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında güneş Türkiye'de en fazla potansiyele sahip enerji kaynağıdır. Ülkemizin güneş enerji potansiyelini Avrupa ülkeleri ile mukayese edecek olursak belirgin bir farkın olduğunu görüyoruz. Şekil 3.11'de ülkemizin Avrupa ülkeleri ile karşılaştırması grafik halinde verilmiştir.

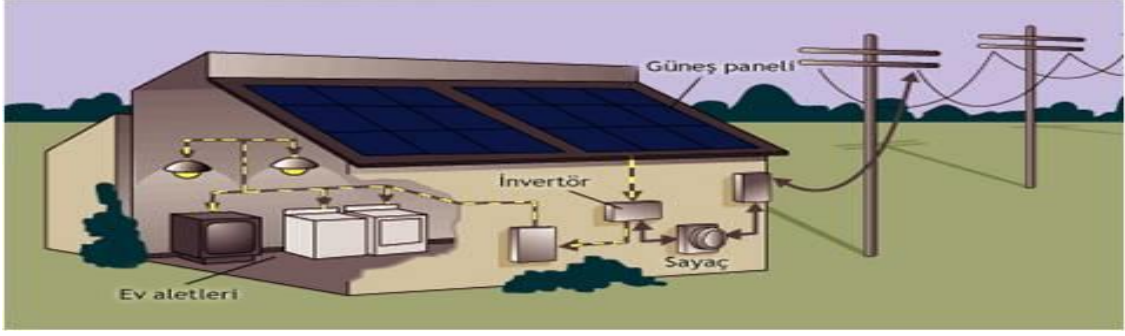


Şekil 3.10 Güneş Enerjisi Teknik Potansiyelinin Avrupa Ülkelerine Göre Dağılımı [50]

Şekil 3.10’de görüldüğü gibi ülkemiz Avrupa ülkelerinin en yüksek kapasiteye sahip 10 ülkesinden biri ve birincisidir.

3.6. Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Enerji Üretim Santrali Tasarımı

Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler kurulduğu bölgenin ulusal şebekesine inverterler vasıtasıyla bağlanırlar. Kullanımda on grid sistem olarak tabir edilirler. Fotovoltaik sistemler gün ışığından elektrik enerjisi üretme teknolojisi ile çalıştığından gün ışığının olmadığı, havanın karanlık olduğu saatlerde enerji üretimi yapamamaktadır. Bu sebeple gün ışığının olmadığı saatlerde yapılacak tüketimlerde ya aküler vasıtasıyla depo edilen enerji kullanılmalı ya da ek bir besleme sistemi tesis edilmelidir. On grid sistemlerde enerji sürekliliğini sağlayabilmek için sistem hem yüklere hem de şebekeye entegre edilir. Böylelikle depolama sistemi kurulması zorunluluğu ortadan kalkmış olur. Yükler enerjisini ilk önce fotovoltaik sistemden alır, takviye besleme gereken yerlerde ya da herhangi bir sebeple fotovoltaik besleme kesildiğinde yükler şebekeden beslenerek enerji kesintisi önlenmiş olur. Şebekeye bağlı sistemlerin ev tipi uygulamalardaki gösterimi şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11. Şebekeye Bağlı Sistemlerin Ev Tipi Uygulamalardaki Basit Gösterimi[50]

Şebekeye bağlı sistemlerin(on grid) bunlara ek olarak sayabileceğimiz bazı avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- Şebeke bağlantısı sayesinde enerji sürekliliği sağlanmış olur.
- Sistemde depolama cihazı gerekmediği için ek olarak bir akü sistemine gerek yoktur.
- Akü sisteminden kaynaklı oluşabilecek ilk tesis maliyetinin yüksekliği ve bakım maliyetlerinin artışı önlenmiş olur.
- İlk tesis maliyeti azalacağından sistemin fiyat performans katsayısı yükselmiş olur. Amortisman süresi kısalmış ve yatırımın makullüğü artmış olur.
- Mevsimsel olarak oluşabilecek istikrarsızlıktan sistem etkilenmez ve enerji sürekliliği sağlanmış olur.
- Şebekeye bağlı sistemler sayesinde fotovoltaik sistemler tüm yük talebini karşılamasalar dahi ek enerji kaynağı olarak kullanılabilirler.
- Şebekeye bağlı sistemlerde talep fazlası enerji sisteme verilerek satışa sunulabilir. Bu da enerji verimliliği açısından önemli bir durumdur.

Her sistemin olduğu gibi şebekeye bağlı sistemlerinde avantajlarının yanında bazı dezavantajları mevcuttur. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Kurulan sistemin inverter beslemeleri şebekeden alındığı için ulusal şebeke kesildiğinde güneş enerji sistemleri de devre dışı kalır. Buna çözüm olarak inverter beslemeleri ek mobil kaynaklar ile sağlanmalıdır.

- Ulusal şebekeye, kurulan on grid sistemler ile farklı noktalardan bağlantı olacağından şebekedeki harmonikler artmaktadır. Ve şebekedeki enerji iletim kalitesi düşmektedir.
- Kurulumlar teşvikler kapsamında münferit kurucular tarafından yapıldığından denetlemesi güçleşir ve kurulum hataları gözlenebilir.
- Şebekeye bağlantı yapılan her sistem şebeke için yoğunluk manasına gelmektedir. On grid sistemlerde şebekeleri yoğunlaştıracaktır.
- Şebekeye bağlı sistemler trafolarla girilmek vasıtası ile sisteme verileceğinden trafo kapasitelerini düşürecektir. Ve ek trafo kurulum gerekliliği oluşabilecektir.

3.6.1. Tasarımda Kullanılacak Programlar

Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem tasarımında genel olarak PVsyst, Autocad ve diğer Office programları kullanılmaktadır.

PVsyst programı, kuracağımız sistemin kurulum yapılmadan önce fizibilitesini yapmak amacıyla kullanılır. Bu program ile on grid (şebeke bağlantılı güneş enerjisi), off grid (şebekeden bağımsız güneş enerjisi) ve güneş enerjili sulama sistemleri tasarımı yapılabilmektedir. Oluşturulan simülasyonlarda 3 boyutlu modellemeler yapılarak gölgelenmeler analiz edilebilmektedir. Bunlara ek olarak birçok bölge verilerini sistem bize otomatik olarak vermektedir. Farklı marka ve modellerde inverter ve panel bilgilerini güncel olarak bünyesinde bulunduran PVsyst programı yaygın olarak kullanılmaktadır.

Autocad programı, kuracağımız sistemin proje paftalarını oluştururken kullanacağımız programdır. Elektrik proje tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Diğer Office programları, proje tesis edilmeden önce yapılması gereken hesap dosyalarında kullanılmaktadır.

3.6.2. Tasarımda Kullanılan Teçhizatlar

Güneş panelleri, güneş ışınlarını DA(Doğru Akım) elektrik yüküne çeviren cihazlardır.

Eviriciler(invertör), güneş panellerinden elde edilen da elektrik enerjisini aa(alternatif akım) elektrik enerjisine çeviren elemanlardır. Ayrıca mppt(maximum power point tracker) özelliği ile en büyük güç noktalarını izleyerek o noktalarda enerjinin yakalanması işlemini gerçekleştirirler. Şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız olarak çalışabilen türleri

mevcuttur.

Kontrol panoları veya string boxlar, kurulacak sistemin kontrolünü gerçekleştiren kısımdır. İçerisinde sigortalar, termik manyetik şalter gibi devre kesici koruma elemanları bulunur.

Çelik konstrüksiyon, güneş enerji panellerini arazinin konumu, güneşin geliş açısı gibi parametrelere bağlı olarak üzerine tesis ettiğimiz teçhizatlara denir. Mukavemetleri, sistem sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir.

Diğer Teçhizatlar; kablolar, kablo kanalları, mekanik montaj malzemeleri, topraklama çubukları, mono blok köşk, enerji nakil hatları olarak sınıflandırılabilir.

3.6.3. Mevzuat Ve Yönetmelikler

Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler lisanslı ve lisanssız üretim tesisleri olarak ikiye ayrılmaktadır. 1 MWac kurulu gücün altında tesis edilenler lisanssız, bu gücün üzerinde tesis edilenler ise lisanslı üretim tesisleri olarak adlandırılmaktadır. Güneş enerji santralleri tesis edilirken şebekeye bağlantı olacağı için mevzuat ve yönetmeliklere bağlı olarak çalışılmaktadır. Bu yönetmelikler aşağıda sıralanmıştır.

- a) 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu
- b) Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği
- c) 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji(YEK) Kanunu
- d) RES/GES Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği
- e) Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği
- f) İlgili EPDK Kurul Kararları ve Tebliğler

Yenilenebilir Enerji Kanunu: Bu kanun yenilenebilir enerjinin alım garantisini kapsamaktadır. Üretim tesisinde üretilen enerjinin teşvikler kapsamında kaç yıl ve hangi ücretle tarifelendirileceğini gösteren kanundur. Bu kanuna göre 31/12/2020 tarihine kadar işletmeye girecek olan Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizmasına tabi YEK Belgeli üretim lisansı sahipleri için 5346 sayılı Kanuna ekli I sayılı Cetvelde yer alan fiyatlar, on yıl süreyle uygulanır. 31/12/2020 tarihine kadar işletmeye girecek olan santrallerin yurt içinde imal edilmiş ekipmanları için 5346 sayılı Kanuna ekli I sayılı cetvelde belirtilen fiyatlara, üretim tesisinin işletmeye giriş tarihinden itibaren beş yıl süreyle aynı kanuna ekli II sayılı cetvelde belirtilen fiyatlar ilave edilir[51].

Tablo 3.2. Tabi YEK Belgeli Üretim Lisansı Sahipleri İçin Teşvik Oranları [51]

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Uygulanacak Fiyatlar(ABD Doları cent/kwh)
Hidroelektrik Üretim Tesis	7,3
Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	7,3
Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	10,5
Biokütle Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	13,3
Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	13,3

I ve II sayılı cetveller tablo 3.2 ve tablo 3.3’de gösterilmiştir. Tablo 3.2 alım fiyatlarını Tablo 3.3 ise alıma yerli ürün kullanılması halinde yapılacak teşvik ilavelerini göstermektedir.

Tablo 3.3. Yurt İçinde İmal Edilen Ekipmanları Kullanma Desteği[51]

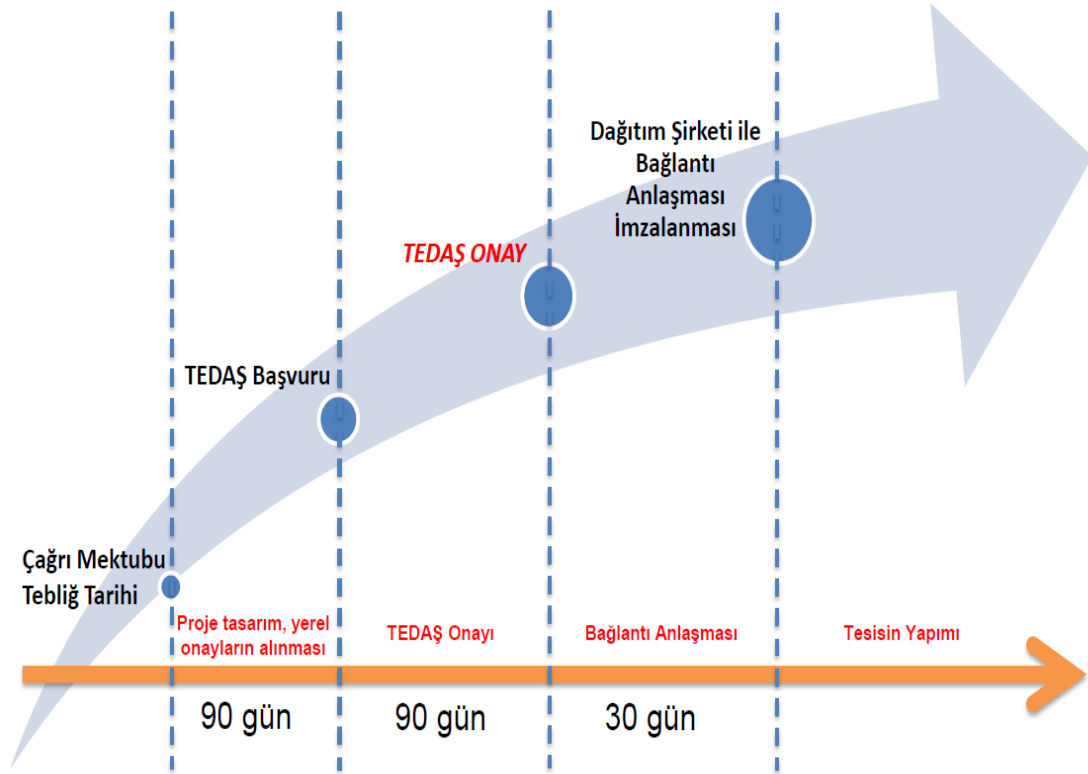
Tesis Tipi	Yurt İçinde Gerçekleşen İmalat	Yerli Katkı İlavesi ABD Doları cent/kwh
Fotovoltaik Enerji	1)Pv Panel Entegrasyonu Ve Güneş Yapısal Mekaniği İmalatı	0,8
Fotovoltaik Enerji	2) Pv Modülleri	1,3
Fotovoltaik Enerji	3)Pv Modülünü Oluşturan Hücreler	3,5
Fotovoltaik Enerji	4)İnvertör	0,6
Fotovoltaik Enerji	5)Pv Modül Üzerine Güneş Işığını Odaklayan Malzeme	0,5

3.6.4. Fotovoltaik Sistem Tasarım Aşamaları Ve Örnek Tasarım

Bu bölümümüzde 2013 yılından sonra ilgi odağı olmaya başlayan şebekeye bağlı lisanssız fotovoltaik enerji sistemlerinin tasarım aşaması adım adım gösterilecektir. Lisanssız azami 1 MW şebekeye bağlı fotovoltaik enerji sistemi tesis edilmesi 4 aşamada özetlenmektedir. Bunlar sırasıyla şöyledir;

- Saha belirleme
- İzin süreçleri ve projelendirme
- Planlama
- Santral Kurulumu
- Proje Yönetimi

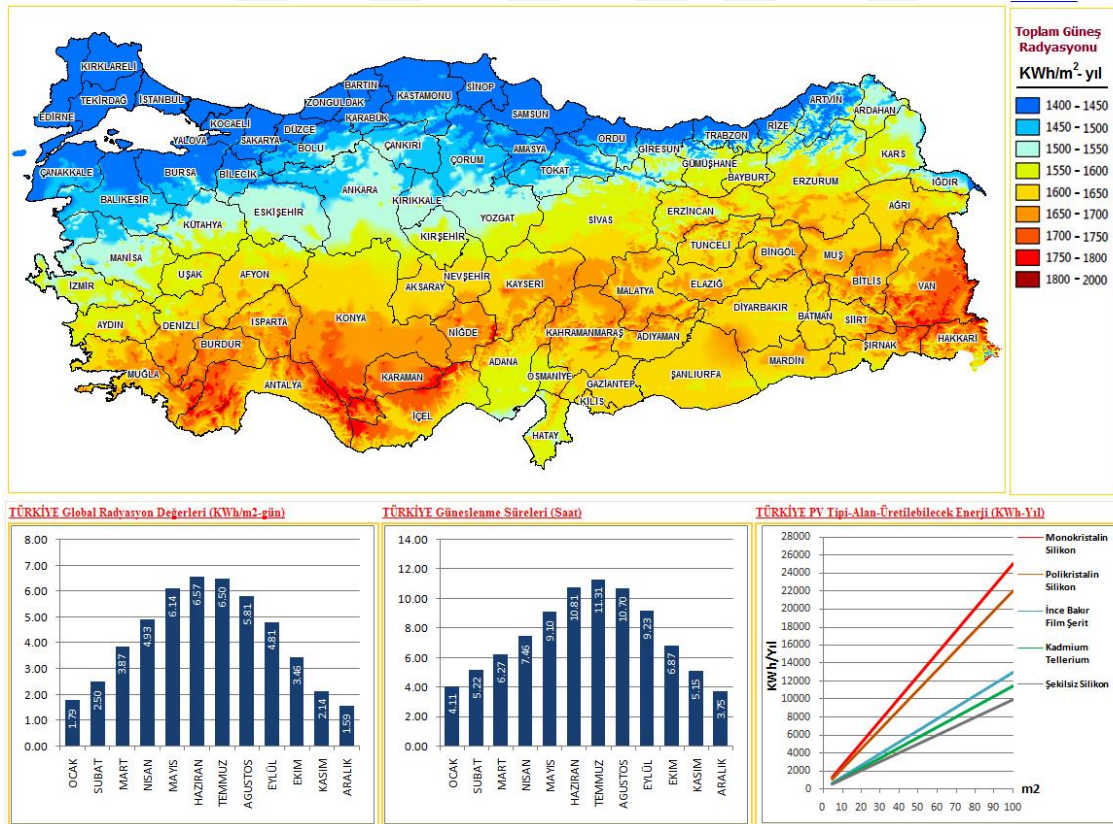
Bu aşamaların tamamı TEDAŞ tarafından sürelerle kısıtlanmıştır. Başvuru sürecindeki bu süreler Şekil 3.12’de akış diagramı şeklinde verilmiştir.



Şekil 3.12. Fotovoltaik Başvuru Süreci Akış Şeması[52]

3.6.4.1. Saha belirleme aşaması

Bu aşama tesis edilecek santralin ilk aşamasıdır. İlk önce kurulması planlanan sahaya güneşlenme değerleri incelenir. Bölgesel olarak ısımlar Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalara göre elde edilen güneşlenme süresi dağılımı haritası ile Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası verilerine göre incelenir. Güneşlenme verileri incelendikten sonra arazi üzerinde kurulum uygunluğu incelenir. Bu kapsamda arazinin Güney-Doğu eksenli olması, tarıma elverişli olmaması, enerji bağlantı noktalarına yakın olması, kültür mirası içerisinde olmaması, orman arazisi olmaması gerekmektedir. Seçilen arazi bu kısıtlar göz önüne alınarak seçilmez ise verim düşüşleri, izin alınma süreçlerinin gerçekleşmemesi, tarımsal alanlara zarar verme, kültür mirasına olumsuz etki etme gibi yönleriyle birçok açıdan problem oluşturacaktır. Türkiye güneşlenme verilerini veren Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası şekil 3.13’de verilmiştir.



Şekil 3.13. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası[10]

Saha belirlemesi aşamasında mutlaka simülasyon programlarından destek alınmalıdır.

Santral kurulmadan yatırım fizibilitesini yaparken bu simülas yon çıktıları mutlaka hesaba katılmalıdır. Bu konuda en çok kullanılan programlardan biri de PVsyst programıdır. Biz de çalışmamızda bu programın çıktılarını temel alacağız. Malatya bölgesi için örnek PVsyst çalışması raporları şekil 3.14. sistem girdileri ve 3.15. sistem çıktıları olarak verilmiştir.

Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project :	Grid-Connected Project at Malatya_Battalgazi_Karaköy				
Geographical Site	Malatya_Battalgazi_Karaköy		Country	Turkey	
Situation	Latitude	38.4°N	Longitude	38.4°E	
Time defined as	Legal Time	Time zone UT+2	Altitude	831 m	
	Albedo	0.20			
Meteo data:	Malatya_Battalgazi_Karaköy	PVGIS CM SAF, satellite 1998-2011 - Synthetic			
Collector Plane Orientation	Tilt	25°	Azimuth	0°	
8 Sheds	Pitch	7.50 m	Collector width	4.00 m	
Inactive band	Top	0.00 m	Bottom	0.00 m	
Shading limit angle	Gamma	23.57 °	Occupation Ratio	53.3 %	
Models used	Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteorism	
Horizon	Free Horizon				
Near Shadings	Mutual shadings of sheds				
PV Array Characteristics					
PV module	Si-poly	Model	BYD 310 P6C-36		
Custom parameters definition	Manufacturer	BYD			
Number of PV modules	In series	18 modules	In parallel	204 strings	
Total number of PV modules	Nb. modules	3672	Unit Nom. Power	310 Wp	
Array global power	Nominal (STC)	1138 kWp	At operating cond.	1015 kWp (50°C)	
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	588 V	I mpp	1726 A	
Total area	Module area	7125 m²	Cell area	6434 m²	
Inverter					
Original PVsyst database	Model	Sunny Tripower 60-10			
Characteristics	Manufacturer	SMA			
Inverter pack	Operating Voltage	570-800 V	Unit Nom. Power	60 kWac	
	Nb. of inverters	17 units	Total Power	1020 kWac	
PV Array loss factors					
Array Soiling Losses			Loss Fraction	2.0 %	
Thermal Loss factor	Uc (const)	29.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s	
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	5.8 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC	
Serie Diode Loss	Voltage Drop	0.7 V	Loss Fraction	0.1 % at STC	
Module Quality Loss			Loss Fraction	-0.8 %	
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	1.0 % at MPP	
Incidence effect, ASHRAE parametrization	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param.	0.05	
System loss factors					
AC wire loss inverter to transfo	Inverter voltage	400 Vac tri			
	Wires: 3x1200.0 mm²	100 m	Loss Fraction	1.1 % at STC	
External transformer	Iron loss (24H connexion)	1115 W	Loss Fraction	0.1 % at STC	
	Resistive/Inductive losses	0.0 mOhm	Loss Fraction	0.0 % at STC	

Şekil 3.14. Malatya İli Battalgazi İlçesi Karaköy Mevkii İçin PVsyst Sistem Girdileri

Örnek olarak verilen sistemde 310 Wp değerinde BYD marka güneş enerji panellerinden

3672 adet kullanılmıştır. Her 18 panel paralel olarak string halinde tesis edilmiş olup 1138 kWp DA güç üretimi sağlanmıştır. Modüller için toplamda 7125 metrekare alan kullanılmıştır. Umpp(MPP Gerilimi) 588 Volt, Imp(MPP Akımı) 1726 amperdir. Tesisimizde DA gücü AA güce çevirebilmek için şebeke verilerine entegre çalışma özelliğine sahip 60 kWac değerine sahip eviricilerden 17 adet kullanılarak 1020 kWac kurulu güce sahip sistem tesis edilmiştir.

Grid-Connected System: Main results

Project : Grid-Connected Project at Malatya_Battalgazi_Karaköy

Simulation variant : Malatya Battalgazi Karaköy GES Projesi

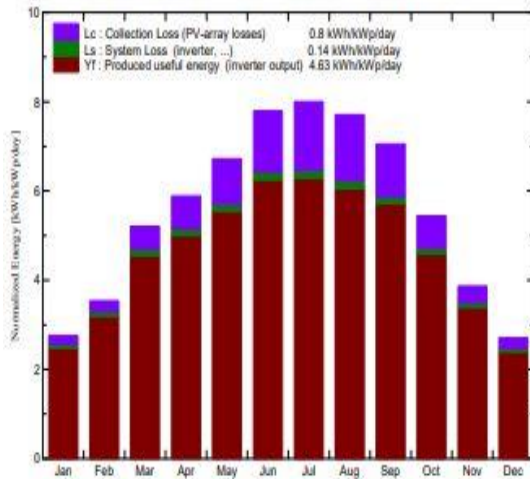
Main system parameters

	System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation	Sheds disposition, tilt	25°	azimuth	0°
PV modules	Model	BYD 310 P6C-36	Pnom	310 Wp
PV Array	Nb. of modules	3672	Pnom total	1138 kWp
Inverter	Model	Sunny Tripower 60-10	Pnom	60.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	17.0	Pnom total	1020 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)			

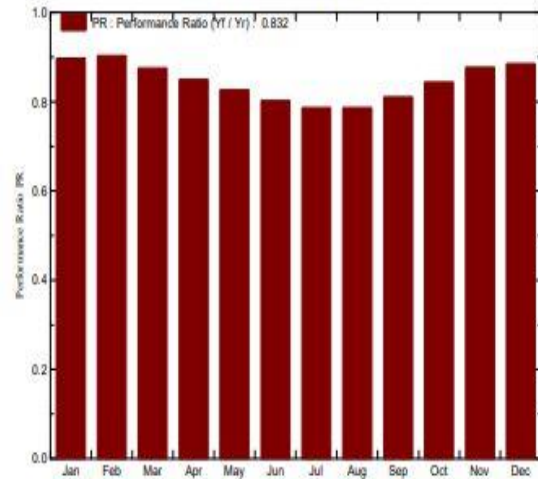
Main simulation results

System Production	Produced Energy	1923 MWh/year	Specific prod.	1689 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	83.2 %		

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 1138 kWp



Performance Ratio PR

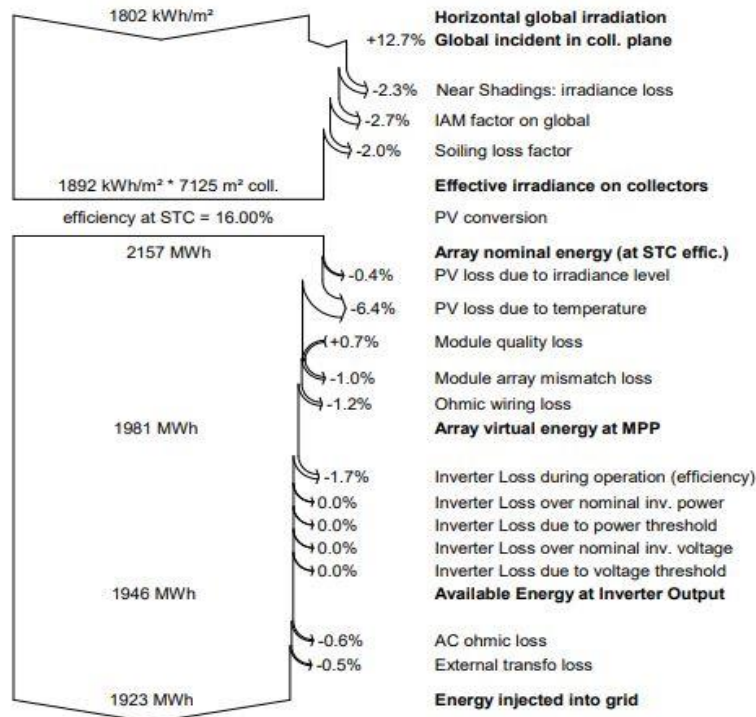


Malatya Battalgazi Karaköy GES Projesi
Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	EffArrR %	EffSysR %
January	59.5	1.60	85.5	78.4	90.4	87.4	14.83	14.34
February	75.3	2.90	99.0	91.8	105.1	101.8	14.89	14.43
March	136.4	7.80	161.4	150.1	165.9	160.9	14.42	13.99
April	163.5	13.50	176.6	164.1	175.9	170.8	13.98	13.57
May	208.3	18.60	208.2	193.5	201.5	195.9	13.58	13.20
June	241.8	24.50	233.9	218.4	219.5	213.5	13.17	12.81
July	251.7	28.10	247.9	232.1	228.1	222.0	12.91	12.57
August	225.4	28.00	238.9	223.8	219.7	213.8	12.91	12.56
September	178.2	23.10	211.4	199.0	200.7	195.1	13.33	12.95
October	127.4	17.00	168.5	157.8	166.6	161.8	13.88	13.48
November	78.6	8.80	116.0	107.5	119.4	115.8	14.45	14.01
December	55.5	3.20	83.8	75.7	87.3	84.4	14.63	14.14
Year	1801.7	14.83	2031.3	1892.1	1980.2	1923.2	13.68	13.29

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array
T Amb Ambient Temperature E_Grid Energy injected into grid
GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area
GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

Loss diagram over the whole year



Şekil 3.15. Malatya İli Battalgazi İlçesi Karaköy Mevkii İçin PVsyst Sistem Çıktıları

Sistemimizde 1020 kWac kurulu gücü tesis edilmiştir. Yıllık toplam 2157 MWh enerji elde edilmiştir. Işıma, sıcaklık, modül verim düşüşü, kablolama kayıpları, inverter

kayıpları ve diğer kayıplar hesaplandığında yıllık toplam 1923 MWh kullanılabilir enerji elde edilmiştir. PVsyst raporlarından alınan çıktılar şekil 3.15’te gösterilmiştir.

Arazinin kuruluma uygun olduğundan emin olunduktan sonra ikinci aşama olan izin süreçlerine geçilecektir.

3.6.4.2. İzin süreçleri ve projelendirme

Sahanın uygunluğuna karar verdikten sonra süreç başlar. İlk olarak sahamızın bağlı bulunduğu trafo merkezi kapasite bilgileri Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi’nin (TEİAŞ) kamuoyuna duyurduğu trafo kapasiteleri incelenir. Mevcutta lisanssız elektrik üretimine ayrılan trafo kapasitesi var ise bir sonraki aşamaya geçilir. Bir sonraki aşamada sahamızın bağlı bulunduğu Tarım Bakanlığı İl Müdürlüğü’ne başvuru yaparak kurulum yapacağımız arazi için marjinal tarım raporu talep edilir. Tarım Bakanlığı uzmanları sahada analiz yaparak tarıma elverişli olmayan arazimiz için marjinal tarım raporu oluşturur. Bir sonraki aşama ise harita ofislerinden aplikasyon krokisi alınması aşamasıdır. Harita ofisleri sahamızın köşe koordinatlarını sahada analiz yaparak belirler ve koordinat listesini aplikasyon krokisi evrakına işleyerek tarafımıza iletir. Bu verilen köşe koordinatları kroki dosyasını da eklemek koşuluyla başvuru dosyasına işlenir. Bu işleme tablo 3.4’te verilmiştir. Değerler gerçek değerleri yansıtmamaktadır.

Tablo 3.4. Aplikasyon Verilerinin Başvuru Dosyasına İşlenme Örneği

Tercih edilen trafo merkezinin (bağlantı noktası) adı			X TM
1/25000 ve 1/5000 ölçekli harita paftalarının isimleri			M40-A4
Tesisin Kurulacağı Alanın Köşe Numarası	UTM Köşe Koordinatı(6 derece – ED 50 Datum)		Köşenin
			Dilim Orta Boylamı
	Doğu (sağa değer)	Kuzey (yukarı değer)	(6 derece – ED 50 Datum)
1	490081,863	4788103,218	48
2	490076,046	4788040,454	48
3	459791,382	4688040,454	48
4	459779,105	4688054,571	48
5	459776,812	4688058,803	48
6	429777,104	4188063,764	48
7	429783,699	4188099,223	48
8	430063,922	4188099,222	48
9	430067,057	4488100,411	48
10	430072,732	4488101,994	48

Aplikasyon krokisi ve marjinal tarım raporu ve diğer ekler ile başvuru dosyası

oluşturulur. Başvuru dosyası oluşturulduktan sonra projemizin bağlı bulunduğu Elektrik Dağıtım Şirketleri Lisanssız Güneş Enerji Santrali Birimlerine çağrı mektubu başvurusu yapılır. Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi'ne(TEDAŞ) bağlı dağıtım şirketleri ilgili kurumlarla görüş alışverişi yaptıktan sonra bir engel olmaması halinde enerji müsaadesi olarak adlandırılan çağrı mektubunu oluşturarak kamuoyuna duyurur. Kapasite olmaması durumunda kapasite yetersizliği yanıtı ile başvuru reddedilmiş olur.

Çağrı mektubu oluşturulduktan sonra projelendirme süreçleri başlar. Güneş enerjisi projelerinin yatırımcıları en çok zorlayan yanı bu çağrı mektuplarının zaman kısıdının olmasıdır. Çağrı mektubu ulaştıktan sonra 90 gün içerisinde proje hazırlanması gerekmektedir. 90 gün içerisinde proje ve hesap dosyalarının hazırlanarak TEDAŞ'a başvuru yapılması gerekmektedir. Şayet ilk 90 günde dosya teslim edilemezse ek süre talep dilekçesi ile 90 gün daha ek süre alınabilir. Ek süre içerisinde dosya oluşturulup TEDAŞ'a teslim edilmelidir. Şayet dosyada eksikler olması halinde bir 90 gün daha eksik giderme süresi tanınır. Bu sürede eksikler tamamlanıp projeler onaylatırılmalıdır. Aksi halde 270 gün içerisinde projeler onaylanamaz ise çağrı mektubu iptal olmuş olur.

3.6.4.3. Planlama aşamaları

TEDAŞ dosyası, çağrı mektubunun yayınlanmasına müteakip 270 gün içerisinde onaylatırılması halinde planlama safhalarına geçilmiş olur. Bu aşamada santral kurulumu için çalışmalara başlanacaktır. İlk olarak santralin kurulacağı bölgenin imar müdürlüklerine başvurarak mevcut arazi için santral kurulum iznini almak gerekmektedir. Alınacak izinden sonra kurulacak bölgenin elektrik dağıtım şirketi ile bağlantı anlaşması imzalanması gerekmektedir. Bağlantı anlaşmasını kurulacak tesisin sahibi ya da vekâlet verdiği sorumlu müdür tarafından gerçekleştirilecektir. Bağlantı anlaşması imzalandıktan sonra kurulum aşamasına geçiş gerçekleştirilecektir.

3.6.4.4. Santral kurulum aşamaları

Santral kurulum aşamaları arazi düzenleme, taşıyıcı mekanizmaların tesisi, metal yapı kurulumu, panel montajı, inverter ve kablolama bağlantıları, test- devreye alma ve geçici kabul olmak üzere 6 aşamada incelenecektir.

İlk aşama, arazi düzenleme aşamasıdır. Bu aşamada taşıyıcı ayakların araziye uygun

montajlanabilmesi için arazinin bu kurulumu uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda arazi düzenleme araçları kullanılarak düzenlenir. Şayet kaya zemin varsa kaya temizleme çalışmaları yapılmalıdır. Ayrıca santral kurulum sahasının etrafı da tel çit çekilmek üzere hazır hale getirilmelidir. Şekil 3.16’da bu aşamaya ait bir fotoğraf görülmektedir. Verilen fotoğraf karesinde arazi düzenleme araçları ile arazi düzeltilerek zemin yumuşaklığı için sulama işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu aşamada dikkat edilmesi gerekenlerden biri arazinin topraklama değerlerinin önceden ölçülmesi ve fazla çıkması halinde kurulum gerçekleşmeden önlemlerin alınmasıdır. Şayet dikkat edilmez ise santral kurulduktan sonra geçici kabulde bu ölçüme dayalı bir uygunsuzluk olursa santral devreye alınması işlemi gerçekleşmeyecektir ve yapılan çalışmalar sonuca ulaşmamış olacaktır. Sahada dikkat edilmesi gereken önemli detaylardan biridir.



Şekil 3.16. Arazi Düzenleme Aşaması[53]

İkinci aşama ise taşıyıcı mekanizmaların tesis edilmesi aşamasıdır. Bu aşamada uygun hale getirilen zemine taşıyıcı kazıklar montajlanacaktır. Şekil 3.17’de bu aşama görülmektedir.

Bu aşamada dikkat edilmesi gereken durumlardan biri çalışmaların zemin etüt raporları doğrultusunda yapılması gerekliliğidir. Aksi taktirde kazık çakma işlemi esnasında problem oluşabilir.



Şekil 3.17. Taşıyıcı ayakların montajı [53]

Üçüncü aşama metal kontrüksiyon(yapı) aşamasıdır. Burada taşıyıcı ayaklar üzerine panel yükünü taşıyacak kontrüksiyonlar tesis edilecektir. Şekil 3.18’de bu aşama fotoğraf görseli olarak verilmiştir.



Şekil 3.18. Metal Konstrüksiyon Aşaması [53]

Dördüncü aşama panel montajı aşamasıdır. Bu aşamada metal konstrüksiyon üzerine güneş enerji panelleri yerleştirilerek montajlanacaktır. Aralarda kablo kanallarına yer bırakacak şekilde tesis edilmesi gerekmektedir. Paneller projelendirme aşamasında karar verilen şekillerde montajlanmalı ve mukavemeti sağlam olmalıdır. Aksi halde alt tarafından rüzgâr almaya uygun bir yapıda olan panel kurulumları şiddetli rüzgârlara dayanamayıp zarar görecektir. Şekil 3.19’da bu aşamaya ait saha görseli verilmiştir.



Şekil 3.19. Panel Montajı Aşaması [53]

Beşinci aşama, inverter ve kablolama aşamalarıdır. İnverterler panellere gölgelenme oluşturmayacak şekilde panel arkalarına yerleştirilmelidir. Ve ac kablolama maliyetleri en az olacak şekilde tesis edilmelidir. Panellerden gelen dc kabloların kablo kanallarına yakın koyulmalıdır. Aksi halde gereksiz kablolama maliyetleri oluşacaktır. Şekil 3.20’de örnek uygulama gösterilmiştir.



Şekil 3.20. İnverter Montajı Aşaması [53]

6. ve son aşamamız ise test-devreye alma ve geçici kabul aşamalarıdır. Santral kurulumu gerçekleştikten sonra üretim testleri yapılmalıdır. Test işlemleri gerçekleştikten sonra uzmanlarınca devreye alma işlemleri yapılacaktır. Devreye alma işleminden sonra sistem geçici kabule hazır hale gelecektir. TEDAŞ ve dağıtım şirketi yetkililerinin bulunduğu heyet geçici kabule davet edilir. Yetkililer sahada istedikleri aksamı inceleme yetkisine sahiptir. Ve arzu etmeleri halinde herhangi bir noktayı kazdırmak sureti ile kullanılan

malzemeleri inceleyebilir. Teamüllere aykırı, projelere uygun olmayan, değerlerle örtüşmeyen santraller geçici kabulde onay alamamaktadır. Geçici kabul sorunsuz gerçekleşmesi halinde ise sistem üretime geçerek teşvikler kapsamında ulusal şebekeye enerji vermeye başlayacaktır. Geçici kabul öncesi yapılan üretimler ise değerlendirmeye alınmayacaktır.

3.6.4.5. Proje ve hesap dosyası oluşturulması

Güneş enerji santrallerinin kurulumunda en önemli aşamalardan biri de proje ve hesap dosyalarının hazırlanması aşamasıdır. Bu aşama mevzuata uygun, mühendislik bilimini temel alan, akla dayalı şekilde ve uzmanları tarafından gerçekleştirilmelidir. Aksi halde santrallerde çökme, yangınlar, verimsizlik, amortisman sürelerinin artması, yatırımcının zarara girmesi, ulusal şebekenin zarar görmesi ve daha birçok problemle karşılaşılabilir. Proje ve hesap dosyası hazırlandıktan sonra TEDAŞ'a onay için sunulacaktır. Sunulan dosyayı proje paftaları ve hesap klasörü olarak iki kısımda incelenecektir.

- I. Proje paftaları: Proje paftaları kendi içerisinde inşaat ve elektrik paftaları olarak ayrılacak olup onay aşamaları ilgili kurumun farklı birimlerinde gerçekleşecektir. Elektrik paftaları kendi içerisinde genel yerleşim ve tek hat paftası olarak hazırlanacaktır. İnşaat paftaları ise statik uygunluk paftasıdır ve zemin etüt raporları ile sunulacaktır. Proje çıktıları A0 olarak onaya sunulacaktır.

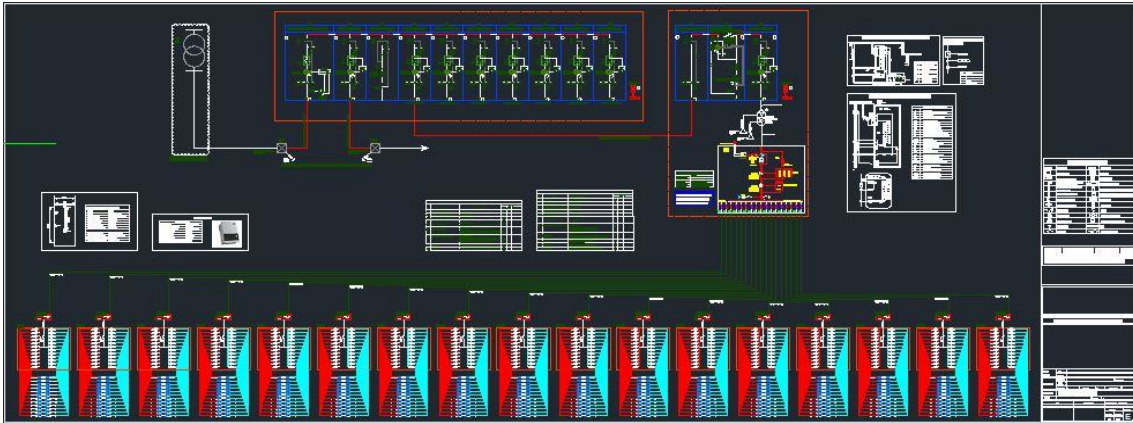
- i. Genel Yerleşim Paftası: Genel yerleşim paftası genel olarak autocad programı kullanılarak hazırlanır. İçerisinde panel yerleşimi aralarında gölgelenme mesafesi olacak şekilde tesis edilmelidir. Kablolar ve kablo kanallarının geçeceği kısımlar hesaba katılmalıdır. Arazi sahasına konulacak yıldırım önleyici teçhizat(paratoner) koyulmalı ve projede mutlaka gösterilmelidir. Paratonerin, tel çitlerin, aydınlatma direklerinin gölgelenme oluşturmamasına özellikle dikkat edilmelidir. Proje tesis edilirken dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da projelendirme yapılırken kabloların gideceği güzergâhlar tesise uygun seçilmeli, string box ya da panolara yakın olmalı, ac ve dc kablolama aşamaları mutlaka en kısa yollardan yönetmelik kısıdına uygun olarak hazırlanmalıdır. Pafta üzerinde arazinin köşe koordinatları, ölçeklendirme, tel çit yapıları, mutlaka gösterilmelidir. Pafta altına kullanılan teçhizatların açıklaması

mutlaka yazılmalıdır. Genel yerleşim paftası şekil 3.21’de gösterilmiştir. Pafta ekran alıntısı olarak teze eklenmiştir.



Şekil 3.21. Örnek Genel Yerleşim Planı

- ii. Tek Hat Paftası: Tek hat paftası üzerinde panelden bağlantı noktasına kadar koruma elemanlarını kapsayacak şekilde santralin tek hat şeması çizilmedir. Kullanılan şalterler, sigortalar, inverter değerleri hesaplamalar sonucu elde edilen değerlere uygun olarak seçilmelidir. Değerleri ile birlikte tek hat dosyasında gösterilmelidir. Panelden invertere, inverterden mono blok köşklere, mono blok köşklere bağlantı noktalarına kadar olan tüm kısımlar hesaplanan kablo metrajlarını da gösterecek şekilde tek hat dosyasında gösterilmelidir. Örnek tek hat dosyası şekil 3.22’de gösterilmiştir.



Şekil 3.22. Örnek Tek Hat Şeması

- II. Hesap Dosyası: Hesap dosyası, içerisinde tesis bilgi formu, teknik rapor, primer teçhizat hesabı, bara seçimi hesabı, transformatör gücü hesabı, orta gerilim gerilim düşümü ve güç kaybı hesapları, kabloların akım taşıma hesapları, ac kablo hesapları, ac kablo tablosu, dc kablo hesapları, topraklama hesabı, adım ve dokunma gerilimi hesapları, yıldırımdan korunma hesapları, panel-inverter uyumluluk hesaplarını bulunduran dosyadır. Uzmanları tarafından oluşturulduktan sonra onaylanmak üzere dosya halinde TEDAŞ'a sunulur.

Not: Enerji nakil hattı projeleri ayrı bir pafta ve pafta üzerine işlenmiş hesap dosyası ile ayrı olarak onaya sunulacaktır.

Örnek tasarım çalışmamızda panel olarak BYD markası, inverter olarak SMA markası tercih edilmiştir. İnverter ve panelimize ait teknik değerler tablo 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Panel ve İnverter Teknik Bilgi İçerikleri

BYD 310P6C-36			SMA STP60-10	
Nominal Güç	310 W		Nominal Güç	60000 W
Nominal Voltaj(Vmpp)	36,38 V		Maksimum AC Güç	60000 W
Açık Devre Voltajı	45,79 V		İnverter max. Voc Ger.	1000 V
Nominal Akım(Imp)	8,52 A		İnverter min. Voc Ger.	565 V
Kısa Devre Akımı	8,99 A		İnverter max. Mpp Ger.	800 V
Maximum sıcaklık (tmax)	70	°C	İnverter min. Mpp Ger.	570 V
Minimum sıcaklık (tmin)	40	- °C	İnv. max. Kısa Devre Isc(max)	150 A
PV Sıcaklık Verim Oranı Voc(k)	0,320	- % / °C	İnv. max. Giriş Akımı Imppt(max)	110 A
PV Sıcaklık Verim Oranı Vmpp(k)	0,43	+ % / °C	İnvertör Mppt Sayısı	1
PV Sıcaklık Verim Oranı Isc(k)	0,059	°C		
PV Stand.Test Koşulları (tnom)	25	°C		
Dizedeki max Panel Sayısı (N)	18	adet		
Max. Paralel Dize Sayısı (a)	12	adet		

3.7 Çalışma Sahalarımızdan Alınan Günlük Üretim Verileri

Çalışmamızda veri analizlerini gerçekleştirirken Doğu Anadolu, Akdeniz, İç Anadolu bölgelerinde mevcutta kurulu bulunan santrallerden alınan güncel veriler kullanılacaktır. Her bölge için o bölgede kurulmuş 1020 KWac gücünde tesis edilmiş santraller referans olarak alınacaktır. Doğru mukayese sonuçlarını elde edebilmek için aynı firma tarafından aynı ürünler kullanılarak tesis edilen santraller seçilmiştir. Tüm ölçümler Janitza Marka enerji analizörleri kullanılarak 15 dakikalık ölçümlerle elde edilmiştir. Enerji analizöründen alınan ham veriler excel çalışma ortamında anlamlı veri haline getirilmiştir. Çalışmamızda Doğu Anadolu Bölgesi için Malatya İli, İç Anadolu Bölgesi için Niğde İli, Akdeniz Bölgesi için de Adana İli referans il olarak seçilmiştir. 7 Şubat 2018 – 7 Mart 2018 tarihleri arasındaki ölçümler analiz edilecektir. Sahadan alınan veriler tablo 3.6, tablo 3.7 ve tablo 3.8 de verilmiştir.

Tablo 3.6. 7-28 Şubat Tarihleri Arası Saha Verileri

Tarih/İl	Malatya-Doğu Anadolu	Adana-Akdeniz	Niğde/İç Anadolu
-Bölge	Bölgesi(kwh)	Bölgesi(kwh)	Bölgesi(kwh)
7.Şub	5519.1166	4755.9931	5980.5371
8.Şub	4455.1376	3578.0566	3056.6625
9.Şub	3753.7934	2925.652	3937.0681
10.Şub	2333.2485	2305.9755	1542.8522
11.Şub	4385.4892	1870.7501	4614.1171
12.Şub	2812.0852	2007.7382	4699.9394
13.Şub	3608.6245	4321.1616	3490.4768
14.Şub	4096.9345	1070.4633	2509.706
15.Şub	3686.5642	3570.0424	5115.2963
16.Şub	5630.3676	3814.7419	4340.8035
17.Şub	2820.3681	1841.2653	4563.3217
18.Şub	2810.3661	4577.0839	4311.9794
19.Şub	2650.9694	5262.1376	4977.9736
20.Şub	968.0333	3146.2463	4203.8183
21.Şub	1908.1732	2708.5068	3407.7253
22.Şub	1938.9739	4469.9301	6433.4312
23.Şub	5387.6259	4904.5478	6356.6098
24.Şub	4707.6250	3088.5803	6341.1328
25.Şub	1065.2656	1097.6462	2960.5813
26.Şub	3507.7739	3935.1757	3381.6267
27.Şub	1261.1237	3117.3549	5974.9746
28.Şub	2932.3991	3289.5230	5218.1591
Toplam 1	72240.0585	71658.5726	97418.2103

Şubat ayı için Malatya santralinde 72240.0585 kwh, Adana santralinde 71658 kwh, Niğde santralinde ise 97418.2103 kwh enerji üretimi gerçekleşmiştir. Referans santrallerimiz incelendiğinde Şubat ayı içerisinde Malatya ve Adana santralleri yakın değerlerde görülmektedir.

Tablo 3.7. Mart Ayı Saha Verileri

Tarih/İl- Bölge	Malatya-Doğu Anadolu Bölgesi(kwh)	Adana-Akdeniz Bölgesi(kwh)	Niğde/İç Anadolu Bölgesi(kwh)
1.Mar	1033.7445	2322.6523	2218.4567
2.Mar	6110.7246	4670.811	4968.8789
3.Mar	1980.0151	4165.8349	2895.1081
4.Mar	1941.933	3832.7805	1493.8906
5.Mar	4037.1469	4836.9052	3833.6149
6.Mar	1280.6887	3923.1005	4905.2768
7.Mar	2715.4348	2601.2182	4689.1845
8.Mar	1673.8397	3895.1782	2364.4746
9.Mar	2159.382	5532.7866	5788.3642
10.Mar	4793.4946	4239.247	6900.9184
11.Mar	5827.8271	4275.9936	6237.9858
12.Mar	6355.0712	3121.6198	7372.6372
13.Mar	2969.1376	3928.9833	6440.1323
14.Mar	1339.4047	2371.413	5761.3837
15.Mar	1752.249	3711.0727	5067.3994
16.Mar	1278.3049	5003.9038	1346.9261
17.Mar	2715.3896	5393.1289	6770.6069
18.Mar	3870.5126	4183.4169	5261.2875
19.Mar	5654.1123	5102.6162	4604.6323
20.Mar	3911.9868	4252.9741	3322.0764
21.Mar	5683.6425	4990.6796	7181.4345
22.Mar	3290.0312	4645.5434	4302.3378
23.Mar	4812.8178	5508.4853	6331.6459
24.Mar	2788.0334	2943.1762	4036.2294
25.Mar	5507.9804	5509.9448	6607.0029
26.Mar	5204.6469	6117.6713	6868.3623
27.Mar	5064.1835	6170.4067	7260.2993
28.Mar	5740.3481	4168.4794	4354.6713
29.Mar	4990.1484	3349.0673	5795.6865
30.Mar	3564.7517	6252.2192	3777.6958
31.Mar	4780.9989	6546.0561	7827.6279
Toplam2	114827.9825	137567.366	156586.2289

Mart ayı verileri incelendiğinde Malatya santrali 114827.9825 kwh, Adana santrali 137567.366 kwh, Niğde santrali 156585.2289 kwh enerji üretimi gerçekleştirmiştir. Şubat ayında olduğu gibi burada da Niğde santrali en fazla üretim değerlerini elde etmiştir.

Tablo 3.8. Nisan Ayı Saha Verileri

Tarih/İl- Bölge	Malatya-Doğu Anadolu Bölgesi(kwh)	Adana-Akdeniz Bölgesi(kwh)	Niğde/İç Anadolu Bölgesi(kwh)
1.Nis	6807.8588	5888.85	7027.3608
2.Nis	5865.4755	5649.76	5998.5297
3.Nis	7133.2626	6945.395	7961.4921
4.Nis	7808.7368	6961.3813	7934.7314
5.Nis	7626.2949	6696.1704	7793.8344
6.Nis	7209.7802	6502.9287	7762.2666
7.Nis	7227.517	6525.5239	7711.3906
8.Nis	6524.1196	2611.7492	2535.8415
9.Nis	4774.9228	3994.7453	3786.0981
10.Nis	3323.3723	2215.0974	4249.0356
11.Nis	2791.3696	5920.3535	6324.0146
12.Nis	4620.0971	4407.1557	5633.9619
13.Nis	6601.1054	3674.2495	6786.4155
14.Nis	7701.1215	5892.6777	7267.8906
15.Nis	7829.9536	6601.7641	7856.8291
16.Nis	7652.0781	6796.6118	7488.394
17.Nis	7694.854	6214.6943	7822.2807
18.Nis	7056.0961	6377.6142	7508.6811
19.Nis	6205.8911	5213.7822	6870.4448
20.Nis	6300.0976	1541.0567	2686.6945
21.Nis	5110.5952	2553.0505	3884.6811
22.Nis	7731.0283	6892.6455	7957.4135
23.Nis	7521.4921	6720.604	7703.6542
24.Nis	6733.893	6104.5781	7304.8847
25.Nis	6415.5854	6521.2592	6915.7836
26.Nis	6392.9628	4995.9682	6328.1757
27.Nis	5133.2001	3252.8742	5299.7846
28.Nis	4492.915	4644.1157	7051.9467
29.Nis	6167.7773	6228.3227	7554.7353
30.Nis	3988.2451	5675.9174	7643.8403
Toplam 3	188441.6989	160220.8964	196651.0873

Nisan ayındaki üretim verileri incelendiğinde Malatya santrali 188441.6989 kwh, Adana

santralleri 160220.8964 kwh, Niğde santrali ise 196651.0873 kwh enerji üretimi gerçekleştirmiştir. Şubat ve Mart aylarında olduğu gibi Niğde santrali üretim verileri olarak öndedir. Ancak aradaki fark makası daralmıştır.

Tablo 3.9. Mayıs Ayı 7 Günlük Saha Verileri

Tarih/İl- Bölge	Malatya-Doğu Anadolu Bölgesi(kwh)	Adana-Akdeniz Bölgesi(kwh)	Niğde/İç Anadolu Bölgesi(kwh)
1.May	3305.4145	6320.7885	6279.4897
2.May	4357.9643	6235.3706	5594.2753
3.May	4759.249	5730.7319	6952.0449
4.May	4658.8251	6157.2749	7311.9824
5.May	4268.3203	2959.0563	3574.1622
6.May	5155.0136	5365.559	5753.5917
7.May	3283.736	4523.4609	4641.8593
Toplam 4	29788.5228	37292.2421	40107.4055

Mayıs ayı 7 günlük veriler incelendiğinde ise Malatya santrali 29788.5228 kwh, Adana santrali 37292.2421 kwh, Niğde santrali 40107.4055 kwh enerji üretimi gerçekleştirmiştir.

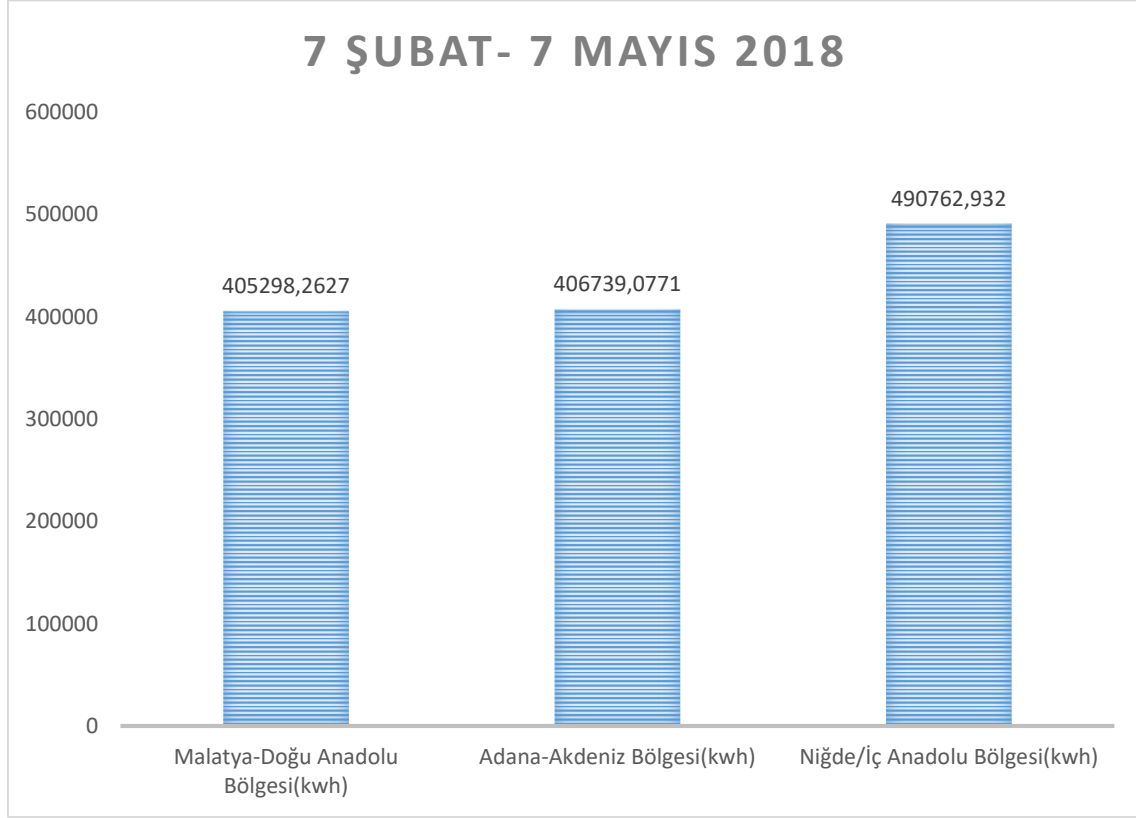
Santrallerin 7 Şubat-7 Mayıs tarihleri arasındaki tüm değerleri toplam olarak değerlendirildiğinde Malatya santrali için 405298.2627 kwh, Adana santrali için 406739.0771 kwh, Niğde santrali için 490762.932 kwh enerji üretilmiştir. Tablo 3.10'da bu değerler gösterilmiştir.

Tablo 3.10. 7 Şubat-7 Mayıs 2018 Tarihleri Arasındaki Toplam Üretimler

Tarih/İl- Bölge	Malatya-Doğu Anadolu Bölgesi(kwh)	Adana-Akdeniz Bölgesi(kwh)	Niğde/İç Anadolu Bölgesi(kwh)
7 Şubat- 7 Mayıs 2018	405298.2627	406739.0771	490762.932

Tüm bu veriler değerlendirildiğinde İç Anadolu bölgesinde kurulan Niğde santrali en fazla üretim değerlerine ulaşmıştır. Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri ise yakın

değerlerde üretim gerçekleştirmiştir. Üretim değerleri grafik olarak şekil 3.23’de gösterilmiştir.



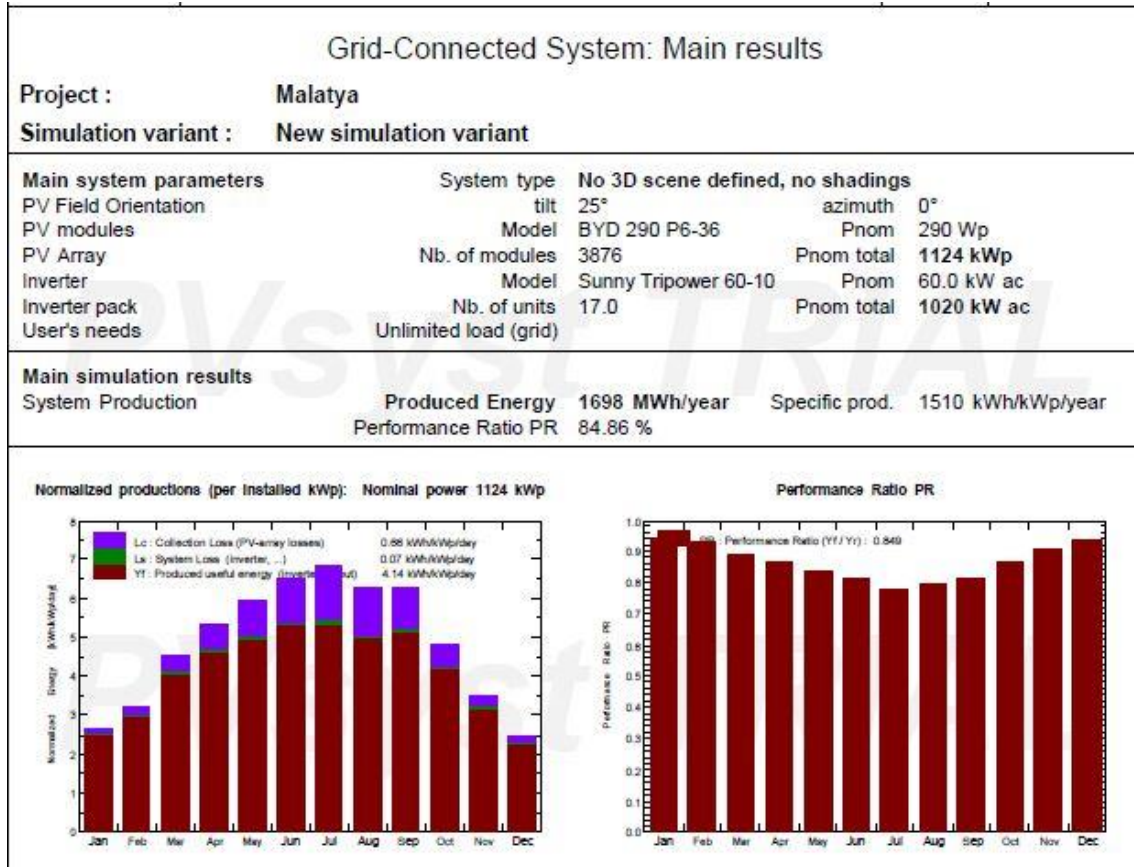
Şekil 3.23. 7 Şubat-7 Mayıs Arası Toplam Üretim Değerleri

3.8. Çalışma Sahalarımıza Ait Pvsyst Raporları

Bu bölümümüzde mevcutta bulunan santrallerimizden alınan veriler ile mukayese edebilmek için sahalarda kullanılan ürünler ve çalışma şartları dikkate alınarak üretilmiş Pvsyst raporları verilmiştir. Her 3 santrale ait Pvsyst Raporları Şekil 3.24, şekil 3.25, şekil 3.26, şekil 3.27, şekil 3.28 ve şekil 3.29’da gösterilmiştir.

Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project : Malatya					
Geographical Site		Malatya/Erhac		Country	Turkey
Situation		Latitude	38.43° N	Longitude	38.08° E
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+2	Altitude	849 m
		Albedo	0.20		
Meteo data:		Malatya/Erhac Meteonorm 7.2 (2003-2012) - Synthetic			
Simulation variant : New simulation variant					
		Simulation date	07/11/18 19h50		
Simulation parameters		System type	No 3D scene defined, no shadings		
Collector Plane Orientation		Tilt	25°	Azimuth	0°
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		No Shadings			
User's needs :		Unlimited load (grid)			
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly	Model	BYD 290 P6-36	
Original PVsyst database			Manufacturer	BYD	
Number of PV modules			In series	19 modules	In parallel 204 strings
Total number of PV modules			Nb. modules	3876	Unit Nom. Power 290 Wp
Array global power			Nominal (STC)	1124 kWp	At operating cond. 1005 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)			U mpp	610 V	I mpp 1648 A
Total area			Module area	7521 m²	Cell area 6791 m²
Inverter					
Original PVsyst database			Model	Sunny Tripower 60-10	
Characteristics			Manufacturer	SMA	
			Operating Voltage	570-800 V	Unit Nom. Power 60.0 kWac
Inverter pack			Nb. of inverters	17 units	Total Power 1020 kWac
					Pnom ratio 1.10
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	6.3 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC
Module Quality Loss				Loss Fraction	-0.8 %
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	1.0 % at MPP
Strings Mismatch loss				Loss Fraction	0.10 %
Incidence effect, ASHRAE parametrization		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)		bo Param. 0.05

Şekil 3.24. Malatya Santrali PVsyst Giriş Değerleri



New simulation variant

Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	55.9	27.66	-0.24	82.5	79.7	89.3	87.6	0.944
February	70.3	39.31	1.69	89.5	86.7	95.8	93.9	0.934
March	120.3	55.24	7.72	141.4	137.2	144.2	141.5	0.891
April	149.5	66.03	12.75	159.9	155.1	158.6	155.8	0.866
May	184.7	69.01	17.94	183.5	177.5	175.6	172.5	0.836
June	203.2	77.21	23.74	196.3	189.8	182.3	179.2	0.812
July	217.3	70.38	28.24	212.6	205.7	190.1	187.1	0.783
August	186.3	74.85	27.88	195.3	189.2	177.0	174.2	0.793
September	160.3	49.43	21.54	188.4	183.2	176.0	173.1	0.817
October	112.7	42.42	14.79	149.5	145.2	148.4	145.8	0.867
November	72.4	31.95	6.71	104.8	101.5	109.0	107.0	0.908
December	51.2	27.99	1.59	75.8	73.2	81.5	80.0	0.938
Year	1584.1	631.49	13.77	1779.7	1724.1	1727.7	1697.6	0.849

Legends: GlobHor Horizontal global irradiation

DiffHor Horizontal diffuse irradiation

T_Amb Ambient Temperature

GlobInc Global incident in coll. plane

GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings

EArray Effective energy at the output of the array

E_Grid Energy injected into grid

PR Performance Ratio

Şekil 3.25. Malatya Santrali PVsyst Çıkış Değerleri

Malatya santralinin belirlediğimiz çalışma aralıklarında PVsyst raporlarına göre üretilmesi öngörülen değerler Şubat ayı için 93,9 MWh, Mart ayı için 141,5 MWh, Nisan ayı için 155,8 MWh, Mayıs ayı için 172,5 MWh olarak oluşmuştur. . Şekil 3.25’de raporumuzun çıkış değerleri gösterilmiştir.

Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project :		New Project			
Geographical Site		Adana		Country	Turkey
Situation		Latitude	36.99° N	Longitude	35.33° E
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+3	Altitude	28 m
		Albedo	0.20		
Meteo data:		Adana	Meteonorm 7.2 (2003-2010), Sat=100% - Synthetic		
Simulation variant :		New simulation variant			
		Simulation date	07/11/18 19h45		
Simulation parameters		System type	No 3D scene defined, no shadings		
Collector Plane Orientation		Tilt	25°	Azimuth	0°
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		No Shadings			
User's needs :		Unlimited load (grid)			
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly	Model	BYD 290 P6-36	
Original PVsyst database			Manufacturer	BYD	
Number of PV modules			In series	19 modules	In parallel 204 strings
Total number of PV modules			Nb. modules	3876	Unit Nom. Power 290 Wp
Array global power			Nominal (STC)	1124 kWp	At operating cond. 1005 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)			U mpp	610 V	I mpp 1648 A
Total area			Module area	7521 m²	Cell area 6791 m²
Inverter					
Original PVsyst database			Model	Sunny Tripower 60-10	
Characteristics			Manufacturer	SMA	
			Operating Voltage	570-800 V	Unit Nom. Power 60.0 kWac
Inverter pack			Nb. of inverters	17 units	Total Power 1020 kWac
					Pnom ratio 1.10
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor			Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss			Global array res.	6.3 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
Module Quality Loss					Loss Fraction -0.8 %
Module Mismatch Losses					Loss Fraction 1.0 % at MPP
Strings Mismatch loss					Loss Fraction 0.10 %
Incidence effect, ASHRAE parametrization			IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param. 0.05

Şekil 3.26. Adana Santrali Giriş Değerleri

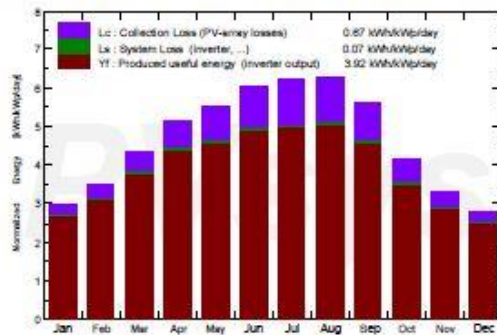
Grid-Connected System: Main results

Project : New Project
Simulation variant : New simulation variant

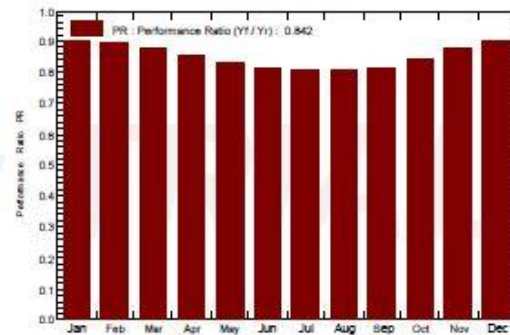
Main system parameters	System type	No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation	tilt	25°	azimuth 0°
PV modules	Model	BYD 290 P6-36	Pnom 290 Wp
PV Array	Nb. of modules	3876	Pnom total 1124 kWp
Inverter	Model	Sunny Tripower 60-10	Pnom 60.0 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	17.0	Pnom total 1020 kW ac
User's needs	Unlimited load (grid)		

Main simulation results			
System Production	Produced Energy	1609 MWh/year	Specific prod. 1431 kWh/kWp/year
	Performance Ratio PR	84.18 %	

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 1124 kWp



Performance Ratio PR



New simulation variant Balances and main results

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR
January	65.6	32.26	9.27	92.4	89.5	95.6	93.8	0.903
February	76.2	39.99	10.62	97.9	94.9	100.4	98.6	0.897
March	116.7	62.66	14.19	134.3	130.2	134.4	132.0	0.874
April	144.4	73.93	17.57	154.1	149.4	150.5	147.9	0.854
May	173.8	86.77	22.03	170.7	164.8	162.0	159.3	0.831
June	189.1	83.89	25.58	180.7	174.5	168.6	165.8	0.816
July	196.2	83.42	28.46	191.7	185.5	176.0	173.2	0.804
August	187.5	80.71	28.94	195.3	189.4	179.1	176.3	0.803
September	147.7	60.40	25.61	168.7	163.8	156.9	154.4	0.814
October	103.2	50.63	21.98	128.9	125.0	124.3	122.3	0.844
November	70.8	33.05	15.37	99.0	95.9	98.9	97.2	0.874
December	58.3	29.35	10.81	86.8	84.0	89.7	88.1	0.903
Year	1529.5	717.06	19.25	1700.4	1646.8	1636.5	1609.0	0.842

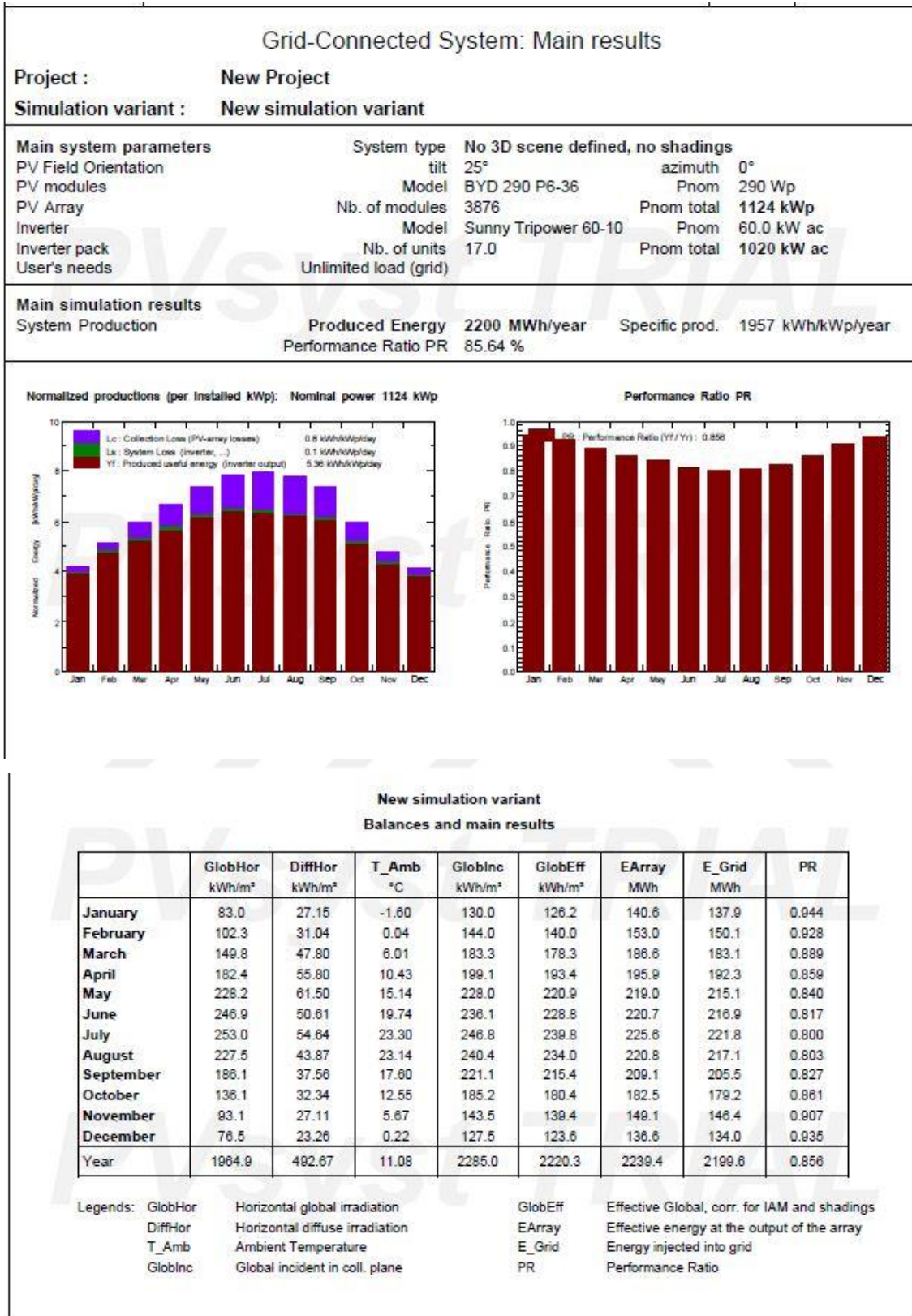
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation
 DiffHor Horizontal diffuse irradiation
 T_Amb Ambient Temperature
 GlobInc Global incident in coll. plane
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
 EArray Effective energy at the output of the array
 E_Grid Energy injected into grid
 PR Performance Ratio

Şekil 3.27. Adana Santrali Çıkış Değerleri

Adana santralinin belirlediğimiz çalışma aralıklarında PVsyst raporlarına göre üretilmesi öngörülen değerler Şubat ayı için 98,6 MWh, Mart ayı için 132 MWh, Nisan ayı için 147,9 MWh, Mayıs ayı için 159,3 MWh olarak gerçekleşmiştir. Şekil 3.27’de raporumuzun çıkış değerleri gösterilmiştir.

Grid-Connected System: Simulation parameters					
Project :		New Project			
Geographical Site		Nigde	Country	Turkey	
Situation		Latitude	37.97° N	Longitude	34.68° E
Time defined as		Legal Time	Time zone UT+2	Altitude	1208 m
Meteo data:		Albedo	0.20		
		Nigde	Meteonorm 7.2 (2003-2010) - Synthetic		
Simulation variant :		New simulation variant			
		Simulation date	07/11/18 19h55		
Simulation parameters		System type	No 3D scene defined, no shadings		
Collector Plane Orientation		Tilt	25°	Azimuth	0°
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm
Horizon		Free Horizon			
Near Shadings		No Shadings			
User's needs :		Unlimited load (grid)			
PV Array Characteristics					
PV module		Si-poly	Model	BYD 290 P6-36	
Original PVsyst database			Manufacturer	BYD	
Number of PV modules			In series	19 modules	In parallel 204 strings
Total number of PV modules			Nb. modules	3876	Unit Nom. Power 290 Wp
Array global power			Nominal (STC)	1124 kWp	At operating cond. 1005 kWp (50°C)
Array operating characteristics (50°C)			U mpp	610 V	I mpp 1648 A
Total area			Module area	7521 m²	Cell area 6791 m²
Inverter			Model	Sunny Tripower 60-10	
Original PVsyst database			Manufacturer	SMA	
Characteristics			Operating Voltage	570-800 V	Unit Nom. Power 60.0 kWac
Inverter pack			Nb. of inverters	17 units	Total Power 1020 kWac
					Pnom ratio 1.10
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor			Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind) 0.0 W/m²K / m/s
Wiring Ohmic Loss			Global array res.	6.3 mOhm	Loss Fraction 1.5 % at STC
Module Quality Loss					Loss Fraction -0.8 %
Module Mismatch Losses					Loss Fraction 1.0 % at MPP
Strings Mismatch loss					Loss Fraction 0.10 %
Incidence effect, ASHRAE parametrization			IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	bo Param. 0.05

Şekil 3.28. Niğde Santrali Giriş Değerleri



Şekil 3.29. Niğde Santrali Çıkış Değerleri

Niğde santralının belirlediğimiz çalışma aralıklarında PVsyst raporlarına göre üretilmesi öngörülen değerler Şubat ayı için 150,1 MWh, Mart ayı için 183,1 MWh, Nisan ayı için 192,3 MWh, Mayıs ayı için 215,1 MWh olarak gerçekleşmiştir. Şekil 3.29’da raporumuzun çıkış değerleri gösterilmiştir.

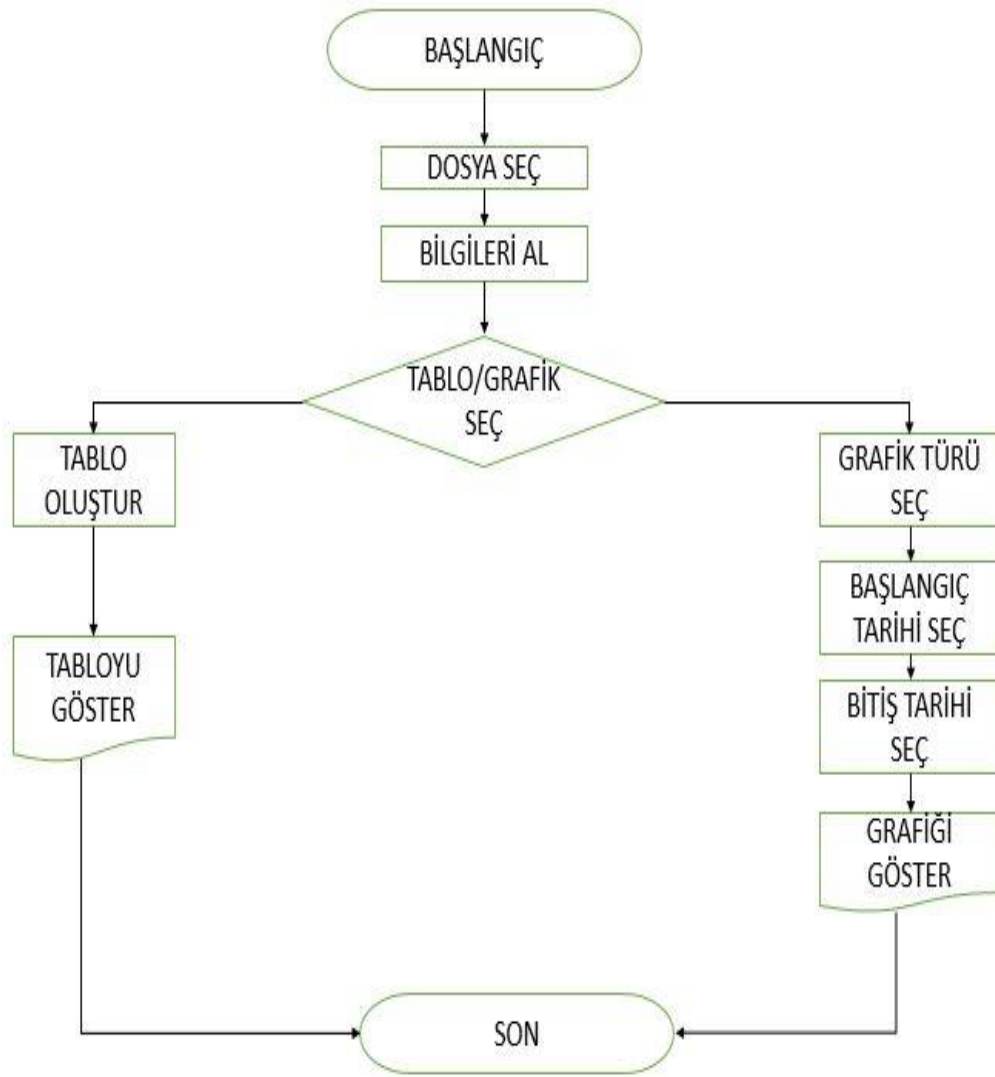
3.9. Temel Düzey Veri Analizörü Yazılımı

Çalışmamızın bu bölümünde santrallerden alınan verilerin hızlı mukayesesine olanak sağlayan arayüz tasarlanmıştır. Enerji analizörlerinden alınan gün sonu üretim değerleri programda anlık olarak mukayese edilebilmektedir. Böylelikle herhangi bir tarihte elde edilen üretim değerleri karşılaştırmalı olarak tek ekranda analiz edilebilecektir. Üretim değerlerinin günlük değişimleri grafikler üzerinde gözlemlenebilmektedir.

Yazılımımız Visual Basic yazılım dili kullanılarak oluşturulmuştur. Visual Basic programlama dili Microsoft tarafından geliştirilmiş olan Basic dilinin geliştirilmesi ile oluşturulmuştur. Basit programları yazmak için geliştirilmiştir. Zamanla Windows ile tam bağlı çalışmasından doğan avantajlar kullanımını arttırmıştır. Üst seviye, nesne tabanlı, olay yönlendirmeli ve görsel programlamalar için aranan dil haline gelmiştir. IDE ismi verilen ortam koleksiyoncusu yapılarla çok kolay bir biçimde kişisel yazılımlar oluşturulabilmektedir.

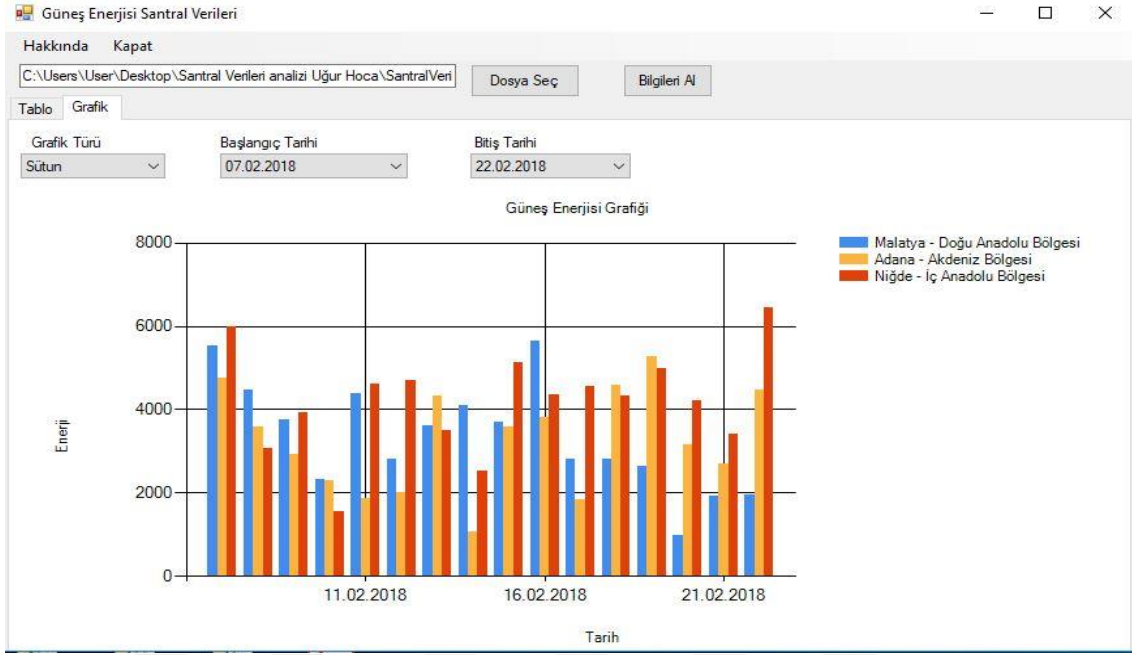
Visual Basic programı ile bir programın kodları yazılabilir, bu kodlar düzenlenebilir, hatalar ayıklanarak yazılan programlar daha işlevsel hale getirilebilir. Ayrıca uygulamanızı geliştirerek daha iyi bir hale getirmek, bir veri tabanına bağlanarak daha büyük ölçekli işlerde kullanmak da yapılabilecek işlemler arasındadır. Temel anlamda Visual Basic ne işe yarar sorusunun yanıtı bu şekilde verilebilir. Bu yapacağınız işlemleri ticari programlar, şirketler için geliştireceğiniz özel tasarımlar, web uygulamaları, diğer platform uygulamaları, kullanıcı ara birimleri, raporlama uygulamaları gibi geliştirmeniz mümkündür. Biz de Visual Basic programının bu özelliklerinden yararlanarak santral analizlerini yapabileceğimiz bir analizör tasarımı gerçekleştirdik.

Programımız seçilen kaynak dosyası üzerinden verileri çekmek sureti istenilen tarih aralığında santral üretim değerlerini tablo ya da grafik olarak önümüze getirmektedir. Programın çalışma sistemi şekil 3.30’da verilen blok diagram üzerinden anlatılmıştır.



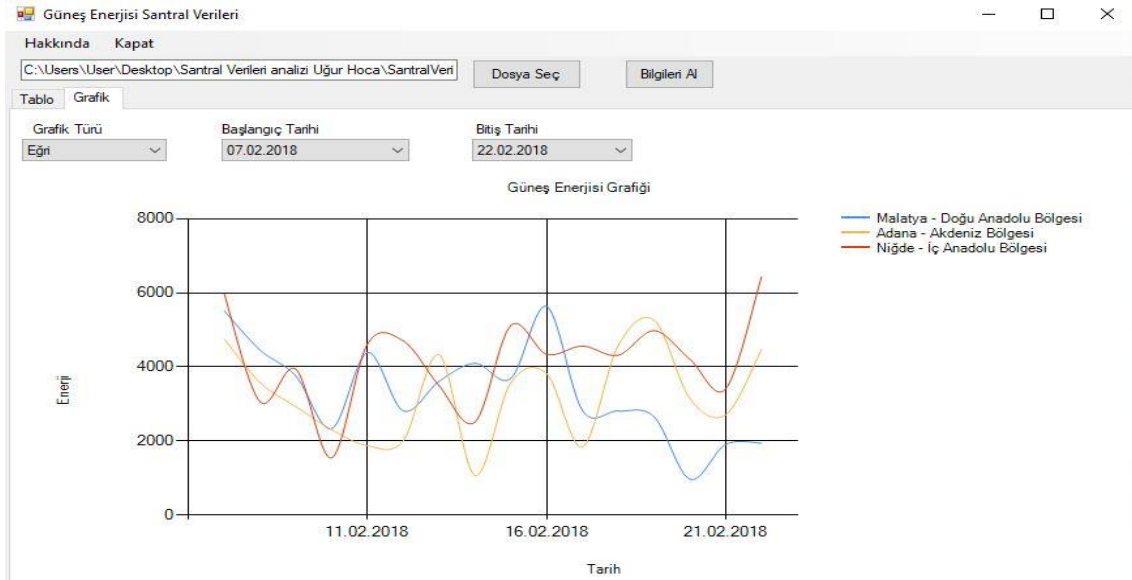
Şekil 3.30. Analizör Programı İşleyiş Diagramı

Programa giriş yapıldıktan sonra dosya seç sekmesi önümüzde gelecektir bu sekmeden kaynak dosya seçilerek bilgileri al butonuna tuşlanır. Bilgiler kaynak dosyadan çekildikten sonra tablo ya da grafik olarak görselleştirilebilir. Tablo olarak seçildiğinde çıkış verileri tablo şeklinde karşımıza gelecektir. Şayet grafik şeklinde bir çıkış elde edilmek isteniyorsa grafik türü butonuna tuşlanır. Grafik türü alan, çizgi, eğri, nokta, sütun sekmelerinden seçilerek bir sonraki adım olan başlangıç tarihi sekmesine geçilir. Başlangıç tarihi seçildikten sonra bitiş tarihi sekmesine geçilir. Bitiş sekmesinden analiz yapacağımız bitiş tarihini seçerek analizör ekranımızda çıkış verileri alınır. Şekil 3.31 ve şekil 3.32’de seçilen örnek aralıklarda çalışma yapılarak görselleştirilmiştir. Örnek tarih olarak 7-22 Şubat tarihleri seçilmiştir.



Şekil 3.31. 7 Şubat-22 Şubat Tarihleri Arası Santral Ara Yüzü Sütun Görüntüsü

Çıkış değerleri sütun halinde verilmiştir. Şekil 3.32’de ise aynı zaman aralığındaki değerler seçilerek çıkış mukayesesi eğriler üzerinden yapılmıştır.



Şekil 3.32. 7 Şubat-22 Şubat Tarihleri Arası Santral Ara Yüzü Eğri Görüntüsü

Eğriler üzerinde yapılan değerlendirmede artışlar, azalışlar, kırılma noktaları, üretim ivmeleri görülmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümümüzde çalışma sahalarımızdan alınan üretim değerleri şehirler bazında ve kendi özelinde karşılaştırılacaktır. 3 şehre ait üretim farklılıkları ve simülasyon değerleri ile uyuma oranları verilerek kıyaslama yapılacaktır.

4.1. Gerçek Üretim Değerlerinin Bölgesel Karşılaştırılması Ve Analizi

Şubat ayı için Malatya santralinde 72240.0585 kwh, Adana santralinde 71658 kwh, Niğde santralinde ise 97418.2103 kwh enerji üretimi gerçekleşmiştir. Referans santrallerimiz incelendiğinde Şubat ayı içerisinde Malatya ve Adana santralleri yakın değerlerde görülmektedir. Ancak Niğde santrali 97418.2103 kwh değeriyle önemli bir farkla üretim değerlerinde en ön sıradadır.

Mart ayı verileri incelendiğinde Malatya santrali 114827.9825 kwh, Adana santrali 137567.366 kwh, Niğde santrali 156585.2289 kwh enerji üretimi gerçekleştirmiştir. Şubat ayında olduğu gibi burada da Niğde santrali en fazla üretim değerlerini elde etmiştir.

Nisan ayındaki üretim verileri incelendiğinde Malatya santrali 188441.6989 kwh, Adana santrali 160220.8964 kwh, Niğde santrali ise 196651.0873 kwh enerji üretimi gerçekleştirmiştir. Şubat ve Mart aylarında olduğu gibi Niğde santrali üretim verileri olarak öndedir. Ancak aradaki fark makası daralmıştır.

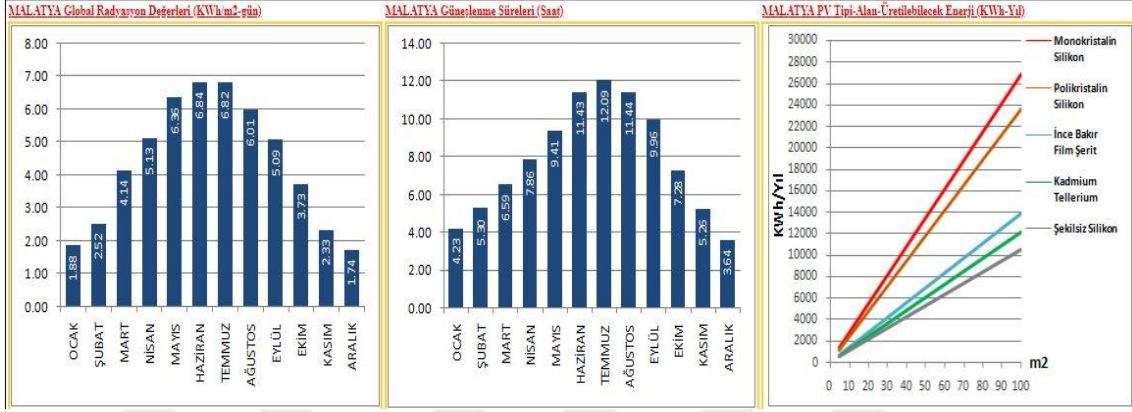
Mayıs ayı 7 günlük veriler incelendiğinde ise Malatya santrali 29788.5228 kwh, Adana santrali 37292.2421 kwh, Niğde santrali 40107.4055 kwh enerji üretimi gerçekleştirmiştir.

Santrallerin 7 Şubat-7 Mayıs tarihleri arasındaki verileri toplam olarak değerlendirildiğinde Malatya santrali için 405298.2627 kwh, Adana santrali için 406739.0771 kwh, Niğde santrali için 490762.932 kwh enerji üretilmiştir.

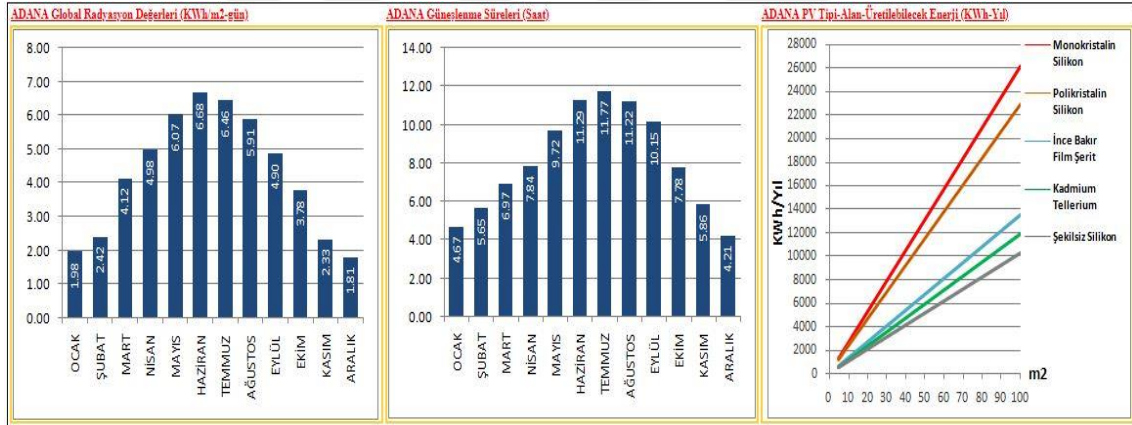
Günlük veriler incelendiğinde Niğde santrali gün bazında da genel olarak Malatya ve Adana santrallerine göre fazla üretim değerlerine ulaşmıştır.

Sahadan alınan verilerde genel olarak 7 Şubat - 7 Mayıs tarihleri arasında her ne kadar üretim artışı görülmüş olsa da günden güne iklimsel dalgalanmalara bağlı olarak artış ve azalışlar gözlemlenmiştir.

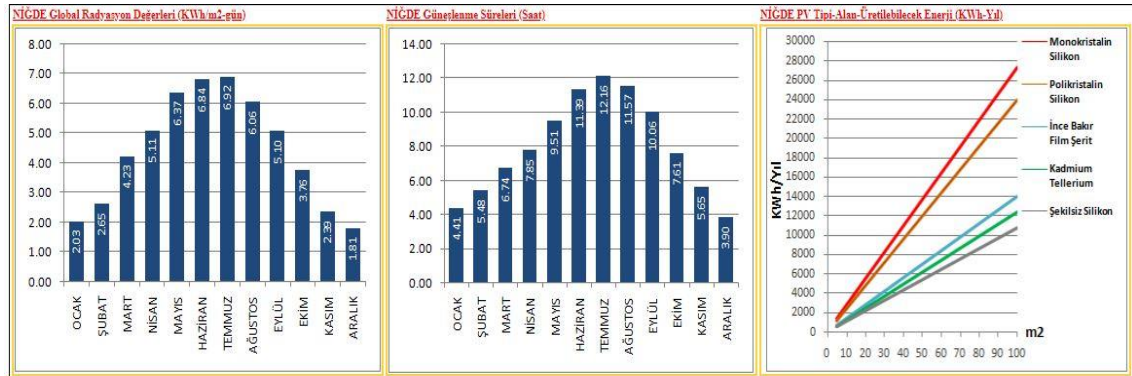
Sahadan alınan veriler Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası verileri ile de mukayese edildiğinde aşağıdaki durumlar gözlemlenmiştir. Bu veriler şekil 4.1, şekil 4.2, Şekil 4.3’da Malatya, Adana ve Niğde illeri için verilmiştir. Şekil 4.4 ve şekil 4.5’de ise çalışma aralığımızda karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



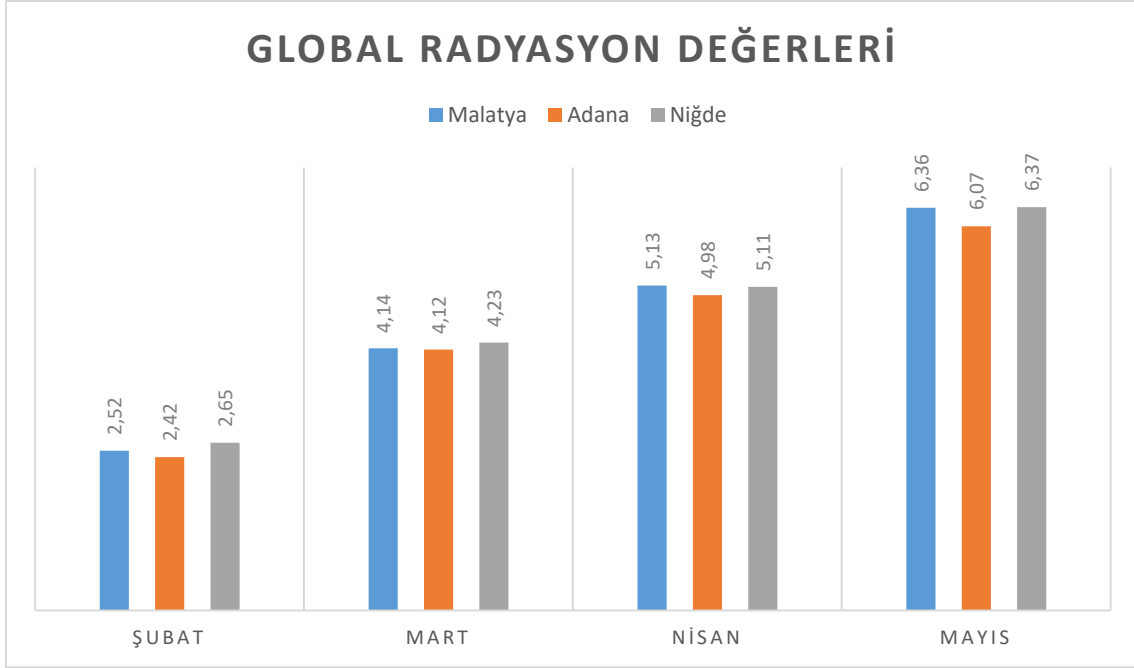
Şekil 4.1. Malatya İli Güneşlenme Potansiyeli Verileri[10]



Şekil 4.2. Adana İli Güneşlenme Potansiyeli Verileri[10]

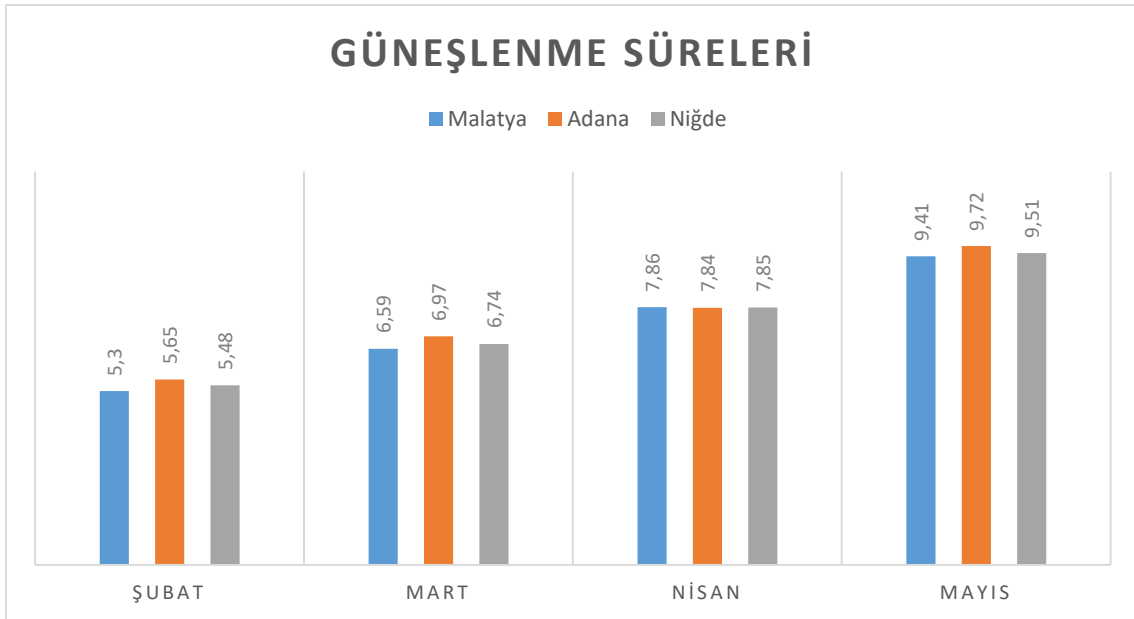


Şekil 4.3. Niğde İli Güneşlenme Potansiyeli Verileri[10]



Şekil 4.4. Çalışma Bölgelerindeki Global Radyasyon Değerleri Mukayesesi[10]

Global radyasyon değerleri kurulacak santrallerde yapılacak üretimleri etkileyen ana unsurlardan biridir. Aylara ait global radyasyon değerlerinde Niğde santrallerinin üstünlüğü görülmüştür. Bu veriler saha şartları da göz önüne alındığında gerçek değerlerle büyük oranda uyuşma göstermektedir.



Şekil 4.5. Çalışma Bölgelerindeki Güneşlenme Süreleri Mukayesesi[10]

Güneşlenme sürelerinin yakın değerler vermesi bize elde edilen fark üretim değerlerinin global radyasyon farklılıklarından oluştuğunu göstermektedir.

4.2. Gerçek Üretim Değerleri ile Pvsyst Raporlarının Karşılaştırılması Ve Analizi

PVsyst değerleri ile gerçek değerler mukayese edildiğinde ise aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Şubat ayı için Malatya santralimiz 72,2 MWh üretim değerlerine ulaşmıştır. Bu değer 21 günlük üretim değeridir. PVsyst raporu ise 28 günlük değer ölçümlemiştir. 28 gün için öngörülen değer 93,9 MWh olarak belirlenmiştir. Oransal olarak bakıldığında saha ölçümleri PVsyst raporlarından daha fazla üretim değerlerine ulaşmıştır. Raporumuz %97,5 oranında doğru sonuç üretmiştir.

Şubat ayı için Adana santralimiz 71,6 MWh üretim değerlerine ulaşmıştır. Bu değer 21 günlük üretim değeridir. PVsyst raporu ise 28 günlük değer ölçümlemiştir. 28 gün için öngörülen değer 98,6 MWh olarak belirlenmiştir. Oransal olarak bakıldığında saha ölçümleri PVsyst raporlarıyla çok yüksek oranda örtüşmektedir. Raporumuz %96,8 oranında doğru sonuç üretmiştir.

Şubat ayı için Niğde santralimiz 97,4 MWh üretim değerlerine ulaşmıştır. Bu değer 21 günlük üretim değeridir. PVsyst raporu ise 28 günlük değer ölçümlemiştir. 28 gün için öngörülen değer 150,1 MWh olarak belirlenmiştir. Oransal olarak bakıldığında saha ölçümleri PVsyst raporlarıyla yüksek oranda örtüşmektedir. Raporumuz %86,5 oranında doğru sonuç üretmiştir.

Mart ayı için Malatya santralimiz 114,8 MWh üretim değerlerine ulaşmıştır. PVsyst programının öngördüğü değer ise 141,5 MWh olarak belirlenmiştir. Mart ayı için üretim değerlerimiz PVsyst öngörülerinin altında kalmıştır. Raporumuz %81,1 oranında doğru sonuç üretmiştir.

Mart ayı için Adana santralimiz 137,5 MWh üretim değerlerine ulaşmıştır. PVsyst programının öngördüğü değer ise 132 MWh olarak belirlenmiştir. Mart ayı için üretim değerlerimiz PVsyst öngörülerinin üzerine çıkmıştır. Raporumuz %96 oranında doğru sonuç üretmiştir.

Mart ayı için Niğde santralimiz 156,5 MWh üretim değerlerine ulaşmıştır. PVsyst

programının öngördüğü değer ise 183,1 MWh olarak belirlenmiştir. Mart ayı için üretim değerlerimiz PVsyst öngörülerinin altında kalmıştır. Raporumuz %85,4 oranında doğru sonuç üretmiştir.

Nisan ayı için Malatya santralimiz 188,4 MWh üretim değerlerine ulaşmıştır. PVsyst programının öngördüğü değer ise 155,8 MWh olarak belirlenmiştir. Mart ayı için üretim değerlerimiz PVsyst öngörülerinin üzerinde seyretmiştir. Raporumuz %82,6 oranında doğru sonuç üretmiştir.

Nisan ayı için Adana santralimiz 160,2 MWh üretim değerlerine ulaşmıştır. PVsyst programının öngördüğü değer ise 147,9 MWh olarak belirlenmiştir. Mart ayı için üretim değerlerimiz PVsyst öngörülerinin üzerinde seyretmiştir. Raporumuz %92,3 oranında doğru sonuç üretmiştir.

Nisan ayı için Niğde santralimiz 196,6 MWh üretim değerlerine ulaşmıştır. PVsyst programının öngördüğü değer ise 192,3 MWh olarak belirlenmiştir. Mart ayı için üretim değerlerimiz PVsyst öngörülerinin üzerinde seyretmiştir. Raporumuz %97,8 oranında doğru sonuç üretmiştir.

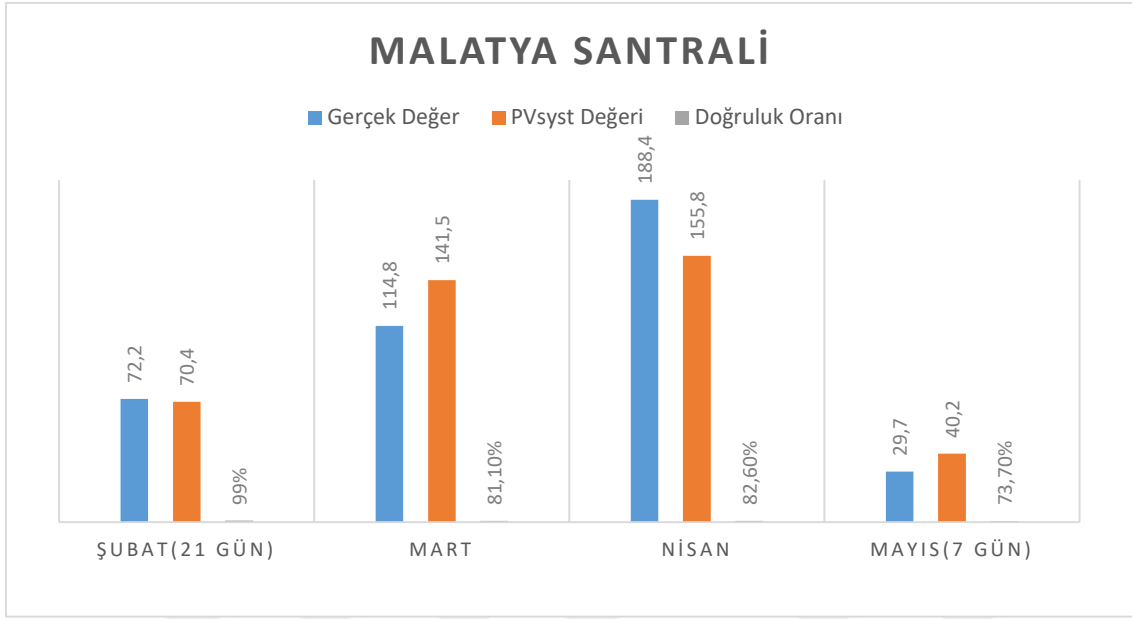
Mayıs ayı için Malatya santralimiz 7 günlük ölçümlerde 29,7 MWh değerlerine ulaşmıştır. PVsyst raporunda ise 1 aylık üretim değeri 172,5 MWh olarak verilmiştir. Oransal olarak incelendiğinde üretim değerleri PVsyst ölçümlerinin altında kalmıştır. Raporumuz %73,7 oranında doğru sonuç üretmiştir.

Mayıs ayı için Adana santralimiz 7 günlük ölçümlerde 37,2 MWh değerlerine ulaşmıştır. PVsyst raporunda ise 1 aylık üretim değeri 159,3 MWh olarak verilmiştir. Oransal olarak incelendiğinde PVsyst üretim değerleri PVsyst ölçümlerinin altında kalmıştır. Raporumuz %99,9 oranında doğru sonuç üretmiştir.

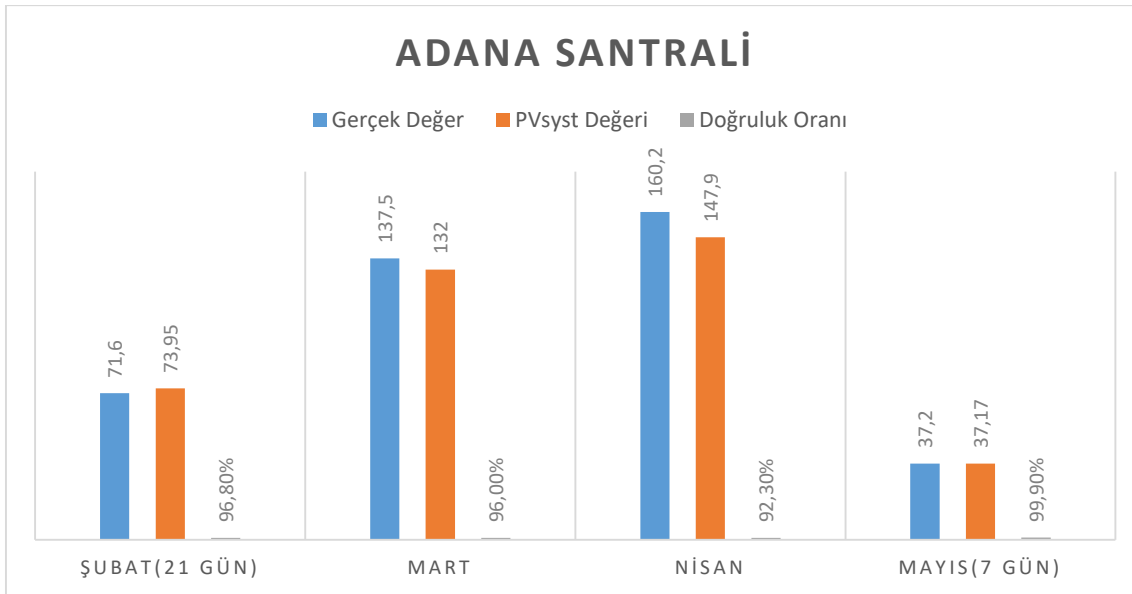
Mayıs ayı için Niğde santralimiz 7 günlük ölçümlerde 40,1 MWh değerlerine ulaşmıştır. PVsyst raporunda ise 1 aylık üretim değeri 215,1 MWh olarak verilmiştir. Raporumuz %80 oranında doğru sonuç üretmiştir.

Üretim sahalarından alınan değerler ile PVsyst simülasyonlarından alınan değerler mukayese edildiğinde raporların çalışma ayları ile örtüşme, üretim değerlerinin üzerinde kalma ve üretim değerlerinin altında kalma gibi farklı sonuçlar doğurduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılıklar PVsyst programının raporları uzun yıllar içerisinde

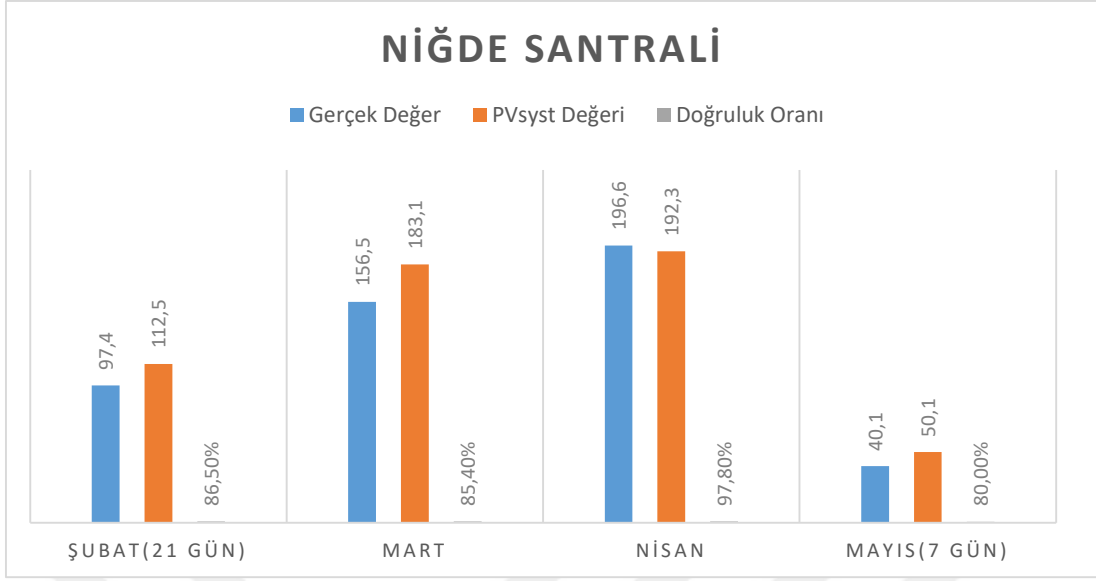
alınan ölçümler doğrultusunda oluşturulmasından kaynaklanmaktadır. Yıllan yıla çalışma aylarına ait iklimsel değişimler olduğundan dolayı dalgalanmalar ve üretim değerlerinin simülasyonlar ile uyuşma oranları değişmektedir. En düşük doğruluk oranı %73,7 en yüksek doğruluk oranı ise %99,9 olarak ölçülmüştür. Gerçek değer, Pvsyst raporları ve doğruluk oranı şekil 4.6, şekil 4.7 ve şekil 4.8’de grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Malatya Santrali Gerçek-PVsyst Üretim Değerleri Karşılaştırma Tablosu



Şekil 4.7. Adana Santrali Gerçek-PVsyst Üretim Değerleri Karşılaştırma Tablosu



Şekil 4.8. Niğde Santralî Gerçek-PVsyst Üretim Değerleri Karşılaştırma Tablosu

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yenilenebilir enerji sistemlerinin önemli uygulamalarından olan fotovoltaik enerji sistemlerinden bahsedilmiştir. Fotovoltaik enerji sistemleri dünyada ve ülkemizde son yıllarda kurulumu hızla artan sistemlerdir. Bu kurulumlar yapılırken yatırımların faydalılık çerçevesinde oluşturulabilmesi için bilgi ve tecrübe birikimleri paylaşılmalı ve akademik veriler ile beslenmelidir. Bu sebeple literatür çalışmaları, proje uygulamaları, yasal mevzuatlar birlikte incelenerek santral kurulum aşamaları anlatılmıştır. Çalışmamızın 3 ve 4. Bölümlerinde ise 3 farklı bölgede yer alan 3 farklı ilde tesis edilmiş santrallerden veriler alınarak mukayese edilmiştir. Veriler aynı uygulayıcı firma tarafından aynı ürünler kullanılarak yapılan projelerden alınmıştır. 7 Şubat -7 Mayıs arası toplamda 90 günlük veriler bölgesel olarak ve kendi özelinde analiz edilmiştir.

Çalışmamızda üretim, simülasyon ve tasarım çalışmaları açısından aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tasarım süreci için elde edilen sonuçlar:

- Tasarımlar yapılmadan önce daha önce uygulanan ulusal ve uluslararası projeler incelenmeli ve tecrübeler göz önünde bulundurularak projeler tesis edilmelidir. Akademik çalışmalar mutlaka dikkate alınmalıdır.
- Santral yatırımları gerçekleştirilmeden önce fizibilite çalışmaları mutlaka yapılmalıdır. Bu fizibilite çalışmalarında sahaların güneşlenme verileri, arazi yapıları, enerji bağlantı noktalarına uzaklığı, bölgesel trafo kapasitesi değerleri, bölgenin kültürel ve tarihi yapısının santral kurulumuna uygunluğu ve bölgenin güvenliği mutlaka iyi araştırılmalıdır. Aksi takdirde yatırımlar yapıldıktan sonra yasal süreçlerde zorluklar çekilecek ve santral kurulumu olanaksız hale gelecektir.
- Santral yatırımları gerçekleştirilmeden önce simülasyon programlarında elde edilecek üretim değerleri incelenmelidir.
- Santral yatırımları gerçekleştirilmeden önce bölgede bürokratik süreçlerin yürütüleceği kurumlara mutlaka ziyaretler gerçekleştirilmelidir. Ve uzmanlarla görüş alışverişi gerçekleştirilmelidir.
- Tüm fizibilite çalışmaları olumlu sonuçlandığında projelendirme ve uygulama aşamalarına geçilmelidir.

- Projelendirme aşamasına geçilmeden önce onay makamlarına ziyaret gerçekleştirilerek bilgi alışverişi gerçekleştirilmelidir. Standartlara uygun olarak, saha özelliklerini dikkate alarak projelendirmeler yapılmalıdır.
- Projelendirmeler yapılıp onaylar alındıktan sonra uygulama aşamalarına geçilmelidir. Uygulama aşamalarında santral sahası çalışma yapılmadan önce iş makineleri ile düzeltilmelidir. Şayet kaya benzeri sert yapılar ile karşılaşılırsa arazide temizleme çalışmaları yapılmalıdır. Aksi takdirde kablolama sürecinde sıkıntılar yaşanabilir.
- Sahada panel kurulumları yapılmadan önce sahaya tel çit çekilmelidir. Kamera ve aydınlatma sistemleri kurulmalıdır. Tel çit çekilmeden önce saha sınırlarında kablolama yapılacak yerlerde kazı çalışmaları yapılmalıdır. Aksi halde tel çit kablo kanalı kazılmasına engel teşkil edebilir.
- Sahada kurulumları yapmadan önce sahanın mutlaka topraklama ölçümleri yapılmalıdır. Toprak, standart topraklama değerlerine uygun değilse uygun hale getirme çalışmaları yapılmalıdır.
- Paneller kurulmadan önce çelik konstrüksiyon ayakları mukavemeti sağlam şekilde zemine monte edilmelidir. Aksi halde iklimsel olaylara dayanamayıp kırılabilir.
- Paneller yerleştirilirken gölgelenme için bırakılan boşluklara dikkat edilmelidir.
- Santral sahası tesis edilirken mutlaka projelere uygun tesis edilmelidir. Projeye uygunluğun mümkün olmadığı yerlerde düzeltme projesi çizilerek yetkililere onaylatılması gerekmektedir. Revizyon projeleri onaylatılmadan tesis edilen sahalar geçici kabulde devreye alınmayacaktır.
- Santral tamamlandığında geçici kabul için yetkililer vaktinde davet edilmelidir. Tüm bu aşamalar çalışmamızda anlatılan sürelerle kısıtlanmış olup vaktinde yapılmaması halinde proje, yapılan tüm hazırlık ve masraflara rağmen hayata geçmeyecektir.
- Fotovoltaik enerji santrali projeleri tüm aşamalarında Enerji Ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı yetkililerinin denetiminde olduğundan ve sürelerle kısıtlandığından dolayı proje her aşamasında ayrı ayrı onay süreci geçirecektir. Uzman ellerde hazırlanmayan projeler büyük maddi ve zaman kayıplarına neden olabilir. Bunlara dikkat edilmelidir.

Üretim ve simülasyon açısından elde edilen sonuçlar:

- Santrallerin 7 Şubat-7 Mayıs tarihleri arasındaki verileri toplam olarak değerlendirildiğinde Malatya santrali için 405298.2627 kwh, Adana santrali için 406739.0771 kwh, Niğde santrali için 490762.932 kwh enerji üretilmiştir.
- Günlük veriler incelendiğinde Niğde santrali gün bazında da genel olarak Malatya ve Adana santrallerine göre fazla üretim değerlerine ulaşmıştır.
- Sahadan alınan verilerde genel olarak 7 Şubat - 7 Mayıs tarihleri arasında her ne kadar üretim artışı görülmüş olsa da günden güne iklimsel dalgalanmalara bağlı olarak artış ve azalışlar gözlemlenmiştir.
- Santrallerimiz için analiz edilen PVSyst raporları fizibilite için uygundur. Rapor üretim değerlerinde en düşük %73,7 en yüksek ise %99,9 oranında doğru sonuçlar üretmiştir.
- 3 farklı bölgemizde kurulan 3 farklı santralimiz içerisinde aynı ürün ve aynı zaman kısıtında analizler yapıldığında İç Anadolu Bölgesi Niğde İli yatırım için en uygun santral olmuştur. Doğu Anadolu Bölgesi Malatya İli ve Akdeniz Bölgesi Adana İli için santral kurulum uygunluğu büyük oranda aynı bulunmuştur. Teknik analizlerin dışında kurulan santrallerin üretim değerlerinde yüksek oranda fark oluşturacak üretim değerleri oluşmamıştır.
- Değerler ve sonuçlar analiz edildiğinde santral kurulumu için ciddi verim farkları oluşmadığından yatırım için enerji bağlantı noktasına yakınlık, arazi yatırım maliyeti, lojistik için ulaşım kolaylığı, saha uygunluğu ve güvenliği düşünülerek yatırımlar yönlendirilebilir.

Çalışmamız baz alınarak yapılabilecek geliştirici fikir ve uygulamalar aşağıda öneri olarak verilmiştir:

- Simülasyon verileri ve saha verileri farklı santraller için hesaplanarak oluşturulacak istatistiksel oranlar belirlenebilir. PVSyst program sunucularına geliştirme için önerilebilir. Ya da bu veriler ülkemizin tüm bölgeleri için analiz edilerek bize özel yerli bir simülasyon programı oluşturulabilir.
- Kurulan santraller serbest üreticiler tarafından kurulsa dahi küresel ölçekte ülkemizi etkileyeceğinden verimleri sürekli analiz edilebilir. Bunun takibi akademik camia

tarafından hazırlanan alt yapı ile sağlanabilir. Böylelikle sahalarda gerçekleşen performans düşüşleri zamanında analiz edilebilir.

- Tasarladığımız ara yüz programı geliştirilerek, direkt olarak invertörlerden anlık veri çekişi sağlanmak suretiyle anlık üretim değerleri mukayese edilebilir. Bu mukayeseler, üreticilerin verim düşüşleri hakkında doğru tahminler yapmasına olanak sağlayacaktır.



KAYNAKLAR/REFERENCES

- [1] Muhtaroglu, K.T. (2012) Güneş Enerjisini Elektrik Enerjisine Çeviren Çevre Dostu Sistemlerin Tasarlanması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 5-30
- [2] Dinçer, F. (2011) Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyeli-Ekonomik Analizi Ve AB Ülkeleri İle Karşılaştırmalı Değerlendirme. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Dergisi, Kahramanmaraş, Türkiye, 8-15
- [3] Grozdev, M. (2010) Alternatif Enerji Kaynakları: Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 24-32
- [4] Hou, X. (2014) Comparative Analysis Of Solar Pv Business Model. Yüksek Lisans Tezi, Lappeenranta Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Lappeenranta, Finlandiya, 7-8
- [5] Akgün, A. (2006) Mikrodenetleyici Tabanlı Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretim Sisteminin Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 14-18
- [6] Ölmez, Y.C. (2017) Determination Of Solar Power Potential In Turkey And Impact Of Solar Power Plant In Karapınar On The Grid. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye. 5-14
- [7] Sommerfeld, J. (2016) Residential Customers And Adoption Of Solar Pv. Doktora Tezi, Queensland Teknoloji Üniversitesi Yaratıcı Endüstriler Fakültesi Tasarım Okulu, Brisbane, Avustralya, 23
- [8] Ertuğrul, Ö. , Kurt, M. (2009) Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Yenilebilir Enerji Kaynakları Yönünden Değerlendirilmesi. V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır, Türkiye
- [9] Geren, A., (2014) Optimal Determination and Allocation of Secondary Frequency Control Reserve in a Market Environment Considering ACE Criteria. Yüksek Lisans Tezi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

- [10] Mustafa, N.M. (2017) Design Of Grid Connected Photovoltaic Power Electronic Converter. Yüksek Lisans Tezi, Tromso Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Fakültesi, Tromso, Norveç, 6-8
- [11] İnternet: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası. URL: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator>, Erişim Tarihi 11.06.2018
- [12] Gücin, T.N. (2013) Design And Simulation Of Electric Vehicle Fast Charging Station Using Solar And Wind Power. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 9-14
- [13] Messenger, R. A., and Ventre, J. (2004) Photovoltaic Systems Engineering. CRC Press Dergisi, Amerika
- [14] Ayvazoğlu, Ö. (2016) Solar Energy Analysis Of A Home By Considering Outdoor Parameters. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, 1-8
- [15] Eshita, S.T., Hassain, A., Raihan, M.O. (2010) Design And Simulation Of Solar Pv System For Brac University. Yüksek Lisans Tezi, Brac Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi, Dhaka, Bangladeş, 10-11
- [16] Basha, L.S. (2012) Analysis And Evaluation Tools Development Of Photovoltaic Modules And System Performance Under Jordanian And German Climatic Conditions. Yüksek Lisans Tezi, Kairo Üniversitesi Mühendislik Fakültesi- Kassel Üniversitesi Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Fakültesi, Giza Mısır- Kassel Almanya, 11-17
- [17] Sakdiseth, S. (2015) Potential Electricity Generation from Small Scale Solar Photovoltaic Systems - Case Study 1: Solar Harvesting Potential from roofs of Invercargill Homes And Case Study 2: Model Validation using Existing Data from PV Generation on Selected New Zealand Schools. Yüksek Lisans Tezi, Yeni Zelanda Massey Üniversitesi Mühendislik Ve İleri Teknolojiler Enstitüsü, Yeni Zelanda
- [18] Zhao, Y. (2010) Fault Analysis in Solar Photovoltaic Arrays. Yüksek Lisans Tezi. Northeastern Üniversitesi, Elektrik Ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Boston, Amerika
- [19] Parhizkar, H. (2015) Güneş Enerjisinin Tarımsal Uygulamalarda Kullanılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.

- [20] Azeez, S.A. (2014) Study Examining Solar Energy Potential And The Efficient Application Areas In Northern Iraq Region. Yüksek Lisans Tezi, Doğal Ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.
- [21] Karataş, A. (2012) Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Edirne, Türkiye.
- [22] Boateng, E. (2016) The Potential Socio Economic And Environmental Impacts Of Solar Pv Mini-Grid Deployment On Local Communities: A Case Study Of Rural Island Communities On The Volta Lake, Ghana. Yüksek Lisans Tezi, Jyväskylä Üniversitesi Ekonomi Ve İşletme Bölümü, Jyväskylä, Finlandiya, 11
- [23] Demir, D.C. (2007) Mikrodenetleyici Tabanlı İzleme Sistemi İle Güneş Paneli Verim Optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 82-91
- [24] İnternet, Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Kaynaklar URL: <http://www.enerjibes.com/> Erişim Tarihi 01.06.2018
- [25] IEA, Energy Policies of IEA Countries: Turkey 2016 Review, (International Energy Agency Paris: 2016) s. 132.
- [26] IEA, Energy Balances of OECD Countries 2016.
- [27] Karabulut, B. (2016) Enerji Güvenliğine Küresel Ölçekte Bir Bakış. Savunma Bilimleri Dergisi. Cilt 15, Sayı 1, 31-54.
- [28] Krozer, Y. (2013) Cost and benefit of renewable energy in the European Union, ScienceDirect Makalesi, Sayı 50. 68-73.
- [29] İnternet URL: <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/gunes.aspx>, Erişim Tarihi 26.06.2018
- [30] Bianchi, F. D., De Battista, H., and Mantz, R. J. (2006). Wind Turbine Control Systems. ISBN-13: 978-1846284922 2007 Baskısı, Springer, Almanya
- [31] Enerji Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle.aspx> Erişim Tarihi 04.05.2018
- [32] İnternet, URL : <https://sulekahramancografya.weebly.com>. Erişim Tarihi 05.06.2018

- [33] İnternet, URL: <https://ekstremlbilgi.com/bilim/ruzgar-nedir-ruzgar-enerjisi-ruzgar-turbinleri/attachment/ruzgar-turbininin-ic-yapisi/> Erişim Tarihi 05.06.2018
- [34] Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx Erişim Tarihi 05.06.2018
- [35] İnternet, URL : <http://www.istc.int/en/institute/18474> Erişim Tarihi 05.06.2018
- [36] İnternet, URL: <http://www.exconenerji.com/hidrojen-enerjisi-sistemleri.html> Erişim Tarihi 06.06.2018
- [37] İnternet, URL : <http://www.enerjibes.com/dalga-enerjisi/> Erişim Tarihi 06.06.2018
- [38] İnternet URL: <http://www.thesisat.org/> Erişim Tarihi 07.06.2018
- [39] Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2017) Dünya Ve Türkiye Enerji Ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Strateji Geliştirme Diare Başkanlığı Raporu, Sayı: 15, Ankara, Türkiye
- [40] İnternet URL: www.fotonik.gazi.edu.tr Erişim Tarihi 11.06.2018
- [41] İnternet URL: <http://solar.inventoturkiye.com/a-si-thin-film-solar-panel-a-si-ince-film-gunes-paneli/> Erişim Tarihi 27.06.2018
- [42] Çelik, A.B. Demir, A. Bozkurt, Y. (2010) Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller. Derleme Makale, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 4, Sayı: 2, 43-5
- [43] Kalogirou, S. (2009) Solar Energy Engineering: Processes and Systems, Akademik Baskı, ISBN-13: 978-0-12-374501-9
- [44] İnternet, URL: <http://www.vegaalarm.com/gunes-elektrik-enerjisi.html> Erişim Tarihi 11.05.2018
- [45] İnternet, URL: <http://anadoluenenerji.net/tr-TR/foto-galeri/45/on-grid-sistemler/1> Erişim Tarihi 17.06.2018
- [46] İnternet, URL: <http://bfijahasolar.com/pv-tesisleri/> Erişim Tarihi 12.05.2018
- [47] İnternet, URL: <https://www.teknoraysolar.com.tr/> Erişim Tarihi 12.05.2018
- [48] İnternet, URL: <https://www.3eelectrotech.com.tr/> Erişim Tarihi 12.05.2018

[49] Bayraktar, K.G. (2016) Güneş Ülkemizin Enerji Geleceğidir. Enerji ve Maden Dergisi, Cilt: 5, Sayı: 13,s 50.

[50] Kavaz, İ. Karagöl, E.T. (2017) Dünyada Ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. Siyaset, Ekonomi Ve Toplum Araştırmaları Vakfı Analiz Raporu, Sayı: 197, İstanbul, Türkiye.

[51] İnternet, URL: http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/lisanssiz_uretim.aspx/ Erişim Tarihi 27.06.2018

[52] İnternet, URL: <http://www.schmid-pekintas.com/fotovolttaik-gunes-paneli.php/> Erişim Tarihi 27.06.2018

[53] İnternet, URL: www.formgroup.com Erişim Tarihi 27.06.2018

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Uğur KILIÇ
Doğum Tarihi ve Yeri : 18.05.1991 ve İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : ugurkilicytu@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Elektrik Müh.	Yıldız Teknik Üniversitesi	2015
Lise	Sayısal	Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	2010

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2018	Nişantaşı Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2017	Baymak Mak. San. Tic. A.Ş.	Proje Mühendisi
2016	Humartaş Yapı- Enerji A.Ş.	Proje Mühendisi
2015	Aksa Jeneratör	Stajyer
2014	Çiçek Elektrik	Stajyer

YAYINLARI

Bildiri

1. Kılıç, U. Kesen, U. Aküner, M.C. (2018) Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Enerji Sistemlerinde Performans Analizinin Yapılması: Doğu Anadolu Bölgesi Malatya İli Örneği. International Congress Of Energy Economy And Security, 21-22 Nisan, İstanbul, Türkiye