



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANA BİLİM DALI

**HAVA DURUMUNUN ENERJİ TEDARİKİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ -
KAHRAMANMARAŞ ADIYAMAN
BÖLGESİNDEKİ GÜNEŞ ENERJİ
SANTRALLERİNİN İNCELENMESİ
ÖRNEĞİ**

Nida ÖZDOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAHRAMANMARAŞ
ŞUBAT-2021**



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANA BİLİM DALI

**HAVA DURUMUNUN ENERJİ TEDARİKİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ -
KAHRAMANMARAŞ ADIYAMAN
BÖLGESİNDEKİ GÜNEŞ ENERJİ
SANTRALLERİNİN İNCELENMESİ
ÖRNEĞİ**

DANIŞMAN : Dr. Öğr. Üyesi Arif Selim EREN

JÜRİ : Prof. Dr. Ali Haluk PINAR

JÜRİ : Doç. Dr. Bengü HIRLAK

Nida ÖZDOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAHRAMANMARAŞ
ŞUBAT-2021**

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANA BİLİM DALI
ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HAVA DURUMUNUN ENERJİ TEDARİKİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ-
KAHRAMANMARAŞ VE ADIYAMAN BÖLGESİNDEKİ GÜNEŞ
ENERJİ SANTRALLERİNİN İNCELENMESİ ÖRNEĞİ**

Nida ÖZDOĞAN

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Arif Selim EREN

Yıl : 2021, Sayfa: 57 + X

Jüri : Dr. Öğr. Üyesi Arif Selim EREN (Başkan)
: Prof. Dr. Ali Haluk PINAR (Üye)
: Doç. Dr. Bengü HIRLAK (Üye)

Elektrik günümüzde en çok ihtiyaç duyulan ve kullanılan enerji türüdür. Elektrik enerjisi diğer enerji türlerinden farklı olarak depolanamama özelliğine sahip olduğu için ehemmiyeti büyüktür. Elektrik enerjisine olan talep gün geçtikçe dünya genelinde hızla artmaktadır. Nüfus artışı, şehirleşmenin hızlanması, sanayileşmenin artması gibi birçok sebeple ve teknolojinin de hızla ilerlemesiyle talebi hızla artan bu enerji türü kaliteli, hızlı ve verimli üretilip iletilmesi gereken bir enerji türüdür. Bu artan elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için mevcut bilinen enerji kaynaklarına alternatif ve doğal olarak yenilenebilen enerji kaynakları arayışı ve fikri artmaya başlamıştır. Günümüzde serbestleşen ve rekabetçi yapıya büründürülen enerji piyasasında kurulan sistemler sayesinde güneş enerji santrallerinden elektrik enerjisi üretmek mümkün hale gelmiştir. Güneş enerjisi, elektrik enerjisi üretiminde çevre kirliliği oluşturmadığı için tavsiye edilen ve kurulum ve kullanılışlı olması sebebi ile diğer alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde en çok tercih edilebilecek kaynak türüdür. Güneş enerjisi üretimi konusunda ülkemiz oldukça şanslı bir coğrafi konumda olmasına rağmen bu konudaki girdi/verim ilişkisi henüz oluşturulamamıştır. Özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki coğrafi yapı, güneşin geliş açısı ve güneşlenme süresini analiz eden yatırımcılar bu bölgeye santral kurulumu konusunda yatırım yapmaya başlamıştır. Bu çalışmada; meteoroloji, accuweather (hava durumu tahmin portalı) ve bölgedeki elektrik perakende ve dağıtım şirketinden alınan veriler ışığında Kahramanmaraş ve Adıyaman illeri sınırları içerisinde bulunan 356 adet güneş enerjisi santrallerinin, hava durumu veya meteorolojik değişkenlerin etkisi altındaki (basınç, rüzgâr, sıcaklık, bulutluluk, yağış vs.) üretim verileri incelenmiştir. İncelenen veriler kullanılarak enerji tedarikinin artırılması konusunda santrallerin üretim artışına direkt etki edecek en uygun lokasyon yerinin belirlenmesi ve üretimi etkileyen meteorolojik unsurlar matematiksel modeller ve hesaplamalar ile analiz edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektrik Enerjisi, Enerji Tedariki, Güneş Enerjisi Santralleri, Meteorolojik Veriler

**DEPARTMENT OF INTERNATIONAL TRADE AND LOGISTICS
INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM UNIVERSITY**

**ABSTRACT
MA THESIS**

**THE IMPACT OF WEATHER ON ENERGY SUPPLY -
EXAMINATION OF SOLAR POWER PLANTS IN
KAHRAMANMARAŞ AND ADIYAMAN REGION**

Nida ÖZDOĞAN

Supervisor : Asst. Prof. Arif Selim EREN

Year : 2021 , Pages: 57 + X

**Jury : Asst. Prof. Arif Selim EREN (Chairperson)
: Prof. Ali Haluk PINAR (Member)
: Assoc. Prof. Dr. Bengü HIRLAK (Member)**

Electricity is the type of energy that is most needed and used today. Unlike other types of energy, electrical energy is of great importance because it cannot be stored. The demand for electrical energy is increasing rapidly around the world day by day. This type of energy, whose demand has increased rapidly due to many reasons such as population growth, acceleration of urbanization, increase in industrialization and the rapid advancement of technology, is a type of energy that must be produced and transmitted in a high quality, fast and efficient manner. In order to meet this increasing need for electrical energy, the search and idea of alternative and naturally renewable energy sources to existing known energy sources has started to increase. Thanks to the systems established in the energy market, which is liberalized and competitive today, it has become possible to generate electrical energy from solar power plants. Solar energy is the most preferred source type among other alternative renewable energy sources, which is recommended because it does not cause environmental pollution in electrical energy production and because of its installation and use. Although our country is in a very fortunate geographical location in solar energy production, the input / yield relationship has not been established yet. Especially in the Southeastern Anatolia Region, investors who analyze the geographical structure, angle of arrival and sunshine duration have started to invest in the installation of power plants in this region. In this study; In the light of the data obtained from meteorology, accuweather (weather forecast portal) and the electricity retail and distribution company in the region, 356 solar power plants located within the borders of Kahramanmaraş and Adıyaman provinces are under the influence of weather or meteorological variables (pressure, wind, temperature, cloudiness, precipitation, etc. .) production data were examined. Using the data analyzed, it has been tried to determine the most appropriate location that will directly affect the production increase of the power plants and to analyze the meteorological factors affecting the production with mathematical models and calculations.

Keywords: : Electrical Energy, Energy Supply, Solar Power Plants, Meteorological Data

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında bilgi ve engin tecrübelerinden yararlandığım, yazım aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Arif Selim EREN' e teşekkürü bir borç bilirim.

Bugüne gelmemde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen annem Ayşe ÖZDOĞAN' a ve babam Alaaddin ÖZDOĞAN' a şükranlarımı sunarım. Her zaman yanımda olan kardeşlerim İbrahim ÖZDOĞAN ve Şüheda BAŞARANER' e, sevgili eniştem Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER' e desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Eğitim süresince her zaman maddi ve manevi yanımda olan Gizem ASLAN ve Kübra YABACI' ya, ayrıca son olarak yüksek lisans eğitimim ve tez yazım sürecimde desteklerini esirgemeyen Uğur SEFİL' e sonsuz teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT.....	II
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
GRAFİKLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
RESİMLER LİSTESİ	IX
KISALTMALAR LİSTESİ	X
SEMBOLLER LİSTESİ	XI
1.GİRİŞ	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	3
2.1. Elektrik ve Elektrik Enerjisi Kavramı, Enerji Tedariki ve Enerji Tedarikinin Önemi	3
2.2. Serbestleşen ve Rekabet Unsuru Gözetilen Enerji Piyasaları Hakkında Bilgilendirme.....	5
2.3. Enerji Üretimi Konusunda Yenilenebilir ve Alternatif Enerji Kaynakları	7
2.3.1. Güneş Enerjisi	9
2.3.2. Rüzgâr Enerjisi	10
2.3.3. Jeotermal Enerji.....	11
2.3.5. Biyokütle Enerjisi	13
2.3.6. Dalga Enerjisi	15
2.3.7. Hidrojen Enerjisi	15
2.4. Güneş Enerjisi Santralleri Kurulum, Kullanım ve Üretim Stratejileri	16
2.5. Hava Durumu ve Meteorolojik Verilerin Üretim Santralleri Üzerindeki Etkileri	17
3. ÜLKEMİZDE VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE FAALİYET GÖSTEREN SANTRALLERDE ÜRETİM VERİLERİNE İLİŞKİN ÖRNEKLER.....	19
3.1. Güneş Enerjisi Santrallerinin Kurulum, Güneşten Beslenme ve Üretimlerinin Araştırılması ve Analizi	19
3.2. Güneş Enerjisi Santrallerinin Bölgedeki Enerji Girdisi Toplamındaki Payı ve Enerji Tedarikine Etkisi	28
4. HAVA DURUMU VE METEOROLOJİK VERİLERİN ENERJİ ÜRETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ANALİZİ	32

4.1. Araştırmanın Verileri	32
4.2. Araştırmanın Amacı	32
4.3. Araştırmanın Konusu	33
4.4. Araştırmanın Önemi	33
4.5. Araştırmanın Varsayımları	33
4.6. Araştırmanın Sınırlılıkları	33
4.7. Araştırmanın Yöntemi	34
4.8. Araştırmanın Evren ve Örneklem Seçimi	34
4.9. Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Aracı	34
5. BULGULAR VE YORUM	35
5.1. Hava Durumu ve Meteorolojik Verilerin Enerji Üretimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi	35
5.2. Hava Durumu ve Meteorolojik Verilerin Enerji Üretimi Üzerine Etki Faktörlerinin Elde Edilmesi	36
5.3. Hava Durumu ve Meteorolojik Verilerin Enerji Üretimi ve Tedariki Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi	37
6. SONUÇ VE TARTIŞMA	49
KAYNAKLAR	50
ÖZ GEÇMİŞ	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekiller</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Türkiye Elektrik Sektörü Yapısı.....	4
Şekil 2.2. Piyasanın Tarihsel Gelişimi.....	6
Şekil 5.1. Eviews Model Çıktısı.....	40
Şekil 5.2. Eviews İstatiksel Hesaplamalar Çıktısı.....	41



GRAFİKLER LİSTESİ

<u>Grafikler</u>	<u>Sayfa</u>
Grafik 3.1. Aylık Ortalama Radyasyon Değeri.....	22
Grafik 3.2. Aylık Güneşlenme Süreleri.....	22
Grafik 3.3. 2020 Yılı Ortalama Maksimum Sıcaklık Değerleri.....	23
Grafik 3.4. Kahramanmaraş Radyasyon Değerleri.....	25
Grafik 3.5. Kahramanmaraş Güneşlenme Süresi.....	25
Grafik 3.6. Adıyaman Radyasyon Değerleri.....	26
Grafik 3.7. Adıyaman Güneşlenme Süresi.....	27
Grafik 3.8. Türkiye’deki Güneş Enerji Santrallerinin Coğrafi Bölgelere Göre Dağılışı Grafiği.....	29
Grafik 3.9. Adıyaman ve Kahramanmaraş İli Toplam Kurulu Güç Oranı Dağılımı.....	30
Grafik 5.1. Doğrusal Regresyon Modeli Grafiği.....	41

TABLÖLAR LİSTESİ

<u>Tablolar</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları.....	8
Tablo 2.2. Atıklardan Oluşan Toplam Enerji.....	14
Tablo 3.1. Türkiye Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyellerinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	21
Tablo 3.2. Yıllara Göre Kurulu Güç Kapasitesi ve Elektrik Enerjisi Üretimi.....	30
Tablo 3.3. 2020 Yılı Tüketim ve Üretim Verileri ve Oranları.....	31
Tablo 5.1. Üretim Miktarı ve Sıcaklık Değerleri.....	35
Tablo 5.2. Korelasyon Testi Excel Çıktısı.....	36
Tablo 5.3. T Testi Sonucu.....	37
Tablo 5.4. Üretim, Sıcaklık ve Aylık Dönem Değişkenleri.....	38
Tablo 5.5. Üretim Regresyon Çıktısı.....	42
Tablo 5.6. Üretim İçin Ortalama Değer İndeksi.....	43
Tablo 5.7. 2021 Yılı Üretim Öngörüsü.....	43
Tablo 5.8. Tüketim, Sıcaklık ve Aylık Dönem Değişkenleri.....	44
Tablo 5.9. Tüketim Regresyon Çıktısı.....	46
Tablo 5.10. Tüketim İçin Ortalama Değer İndeksi.....	47
Tablo 5.11. 2021 Yılı Tüketim Öngörüsü.....	47
Tablo 5.12. 2021 Yılı Öngörülen Üretim ve Tüketim Oranı.....	48

RESİMLER LİSTESİ

<u>Resimler</u>	<u>Sayfa</u>
Resim 2.1. Rüzgar Tribünleri.....	11
Resim 3.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.....	20
Resim 3.2. Kahramanmaraş Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.....	24
Resim 3.3. Adıyaman Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.....	26



KISALTMALAR LİSTESİ

BEPA	: Biyokütle Enerji Potansiyeli
DGP	: Dengeleme Güç Piyasası
EKK	: En Küçük Kareler
EİE	: Enerji İşleri Etüt İdaresi
EPDK	: Enerji Piyasaları Denetleme Kurumu
EPIAŞ	: Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
EPK	: Enerji Piyasa Kurumu
EÜAŞ	: Enerji Üretim Anonim Şirketi
GES	: Güneş Enerji Santrali
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GİP	: Gün İçi Piyasası
GÖP	: Gün Öncesi Piyasası
GTŞ	: Görevli Tedarik Şirketi
HES	: Hidroelektrik Santrali
İHD	: İşletme Hakkı Devri
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
ODİ	: Ortalama Değer İndeksi
PV	: Fotovoltaik
RES	: Rüzgâr Elektrik Santrali
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Anonim Şirketi
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Toptan Anonim Şirketi
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
Yİ	: Yap-İşlet
YİD	: Yap-İşlet-Devret

SEMBOLLER LİSTESİ

GWH	:	Gigawat Saat
KM	:	Kilometre
KWH	:	Kilowatt Saat
MHW	:	Megawatt Saat
MTEP	:	Ton Eşdeğer Petrol
r	:	Korelasyon Katsayısı
s	:	Standart Sapma
E	:	Toplam Formülü

1.GİRİŞ

Elektrik günümüzde en çok ihtiyaç duyulan ve kullanılan enerji türüdür. Elektrik enerjisi diğer enerji türlerinden farklı olarak depolanamama özelliğine sahip olduğu için ehemmiyeti büyüktür. Elektrik enerjisine olan talep gün geçtikçe hızla artış göstermektedir. Nüfus artışı, sanayileşme ve her türlü faaliyetlerde yer alan elektrik enerjisi her geçen gün kullanım imkânı artması ile birlikte elektrik enerjisine yoğun talep oluşmaktadır (Çolak vd., 2008: 36). Ve elektrik enerji talebinin artması ile enerji tedarikinin önemini de artırmıştır.

Enerji tedarikinde gelişen teknoloji ve yaşam şartları ile birlikte en uzak noktadaki yerleşim birimine kadar uzanan şebeke sayesinde enerji iletiminin güçlenmesi toplam tüketim payının artmasına da sebep olmuştur. Artan talep ile enerji tedariki açısından sıkıntılar oluşmasından kaynaklı çeşitli kaynaklardan elektrik enerjisi üretim fikrini ortaya çıkarmıştır. Bu çeşitli kaynaklardan birçok alanda elektrik üretimi yapılmaya başlanılmıştır. İçlerinde en etkili elektrik üretim çeşidi güneş enerji santralleri olmuştur. Çünkü güneş enerji santralleri kurulum, kullanım ve uygunluk açısından diğer santrallere göre daha çok tercih edilmiştir. Türkiye’de coğrafi konum itibari ile iklimsel değişimlerde dört mevsim boyunca ılıman ve güneş alan bir konuma sahiptir. Bu sebeptendir ki yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde güneş enerji santralleri için uygun bir yapıya elverişli olduğu görülmektedir. Güneş enerji santrallerinin kaynağı sıcaklık ve güneş ışığıdır.

Türkiye’de güneş enerji santralleri bakımından incelendiğinde kurulu güç ve üretimi en fazla olan bölgelerin başında Güneydoğu Anadolu Bölgesi gelmektedir. Bölge şartları ve hava koşullarının bu bölgede enerji tedarikine etkisi oldukça fazladır.

Yapılan çalışmada Kahramanmaraş ve Adıyaman bölgesine ait Güneş Enerji Santrallerinin hava değişimlerinde üretime, üretimin ise enerji tedarikine nasıl bir etkisi olacağı amaçlanmıştır. Meteorolojik verilerin, güneş enerji santrallerine ve enerji tedarikine etkisi başlıklar altında analiz edilmiştir.

Çalışmada ilk olarak kavramsal çerçeve kısmında anlatılmak istenen kavramlara kısa kısa değinerek bilgi vermek amaçlanmıştır. İlk olarak elektrik enerjisi hakkında bilgi vermek ve elektriğin üretim aşamasından son kullanıcıya iletiminde enerji tedarikinin sürdürülebilirlik açısından önemi vurgulanmıştır. Serbestleşen elektrik piyasasının geçmişten günümüze işleyişi hakkında bilgiler verilmiştir. Devamında ise yenilenebilir enerji ve yenilenebilir enerji çeşitlerinden bahsedilerek üretime olan katkının tedarikte büyük ölçüde payı ele alınmıştır. Güneş Enerji Santralleri bölge seçimi yapıldıktan sonra kurulum, üretilen enerjinin elektrik enerjisine nasıl çevrildiğine, daha iyi verim elde ederek üretimin sürekliliğinin devamı için bilgiler verilmiştir. Ve son olarak hava durumunun güneş enerji santrallerine olan etkileri başlıklar altında ele alınmıştır.

Çalışmanın üçüncü başlığında ülkemizde ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinde faaliyet gösteren santrallerde üretim yapan güneş enerji santralleri verilerine ilişkin örnek ve analiz yapılmaktadır. Bölgenin sıcaklık değerleri, radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri aylık olarak rakam ve

grafiklerle gösterilmiştir. Bölgede bulunan 356 adet santrallerin yıl boyunca üretimleri analiz edilerek ve bölgedeki en yüksek sıcaklık olan ay da en çok üretim yapıldığı gözlemlenmiştir. En düşük üretim havaların soğuk olduğu ocak, şubat, aralık olduğu görülürken; üretimin en pik yaptığı ayın Ağustos sonucuna varılmıştır. Devamında bölgenin ihtiyaç duyduğu enerjiye karşılık üretimin enerji tedarikine olan etkisi incelenmiştir ve üretim seviyesinin düşük kaldığı gözlemlenmiştir.

Çalışmanın son başlığında ise hava durumu ve meteorolojik verilerin enerji üretimi üzerindeki etkilerinin analiz kısmına geçilmiştir. Güneş enerji santrallerinden elde edilen üretimin; hava durumu ve meteorolojik verilerin enerji üretimi üzerine etkisini istatistiksel model ile analiz yapılarak aralarındaki ilişki ölçümlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda hava olaylarının üretim üzerindeki etkisi kabul edilmiştir ve çalışma sonunda bölgede sıcaklığın en yüksek olduğu yaz ve bahar aylarında güneş enerji santrallerindeki üretimin enerji tedarikini daha verimli yaptığı sonucuna varılmıştır. Kurulan istatistiksel model ile 2020 yılı üretim ve tüketim verilerinden faydalanılarak 2021 yılı öngörü yapılmış ve santrallerin bölgenin elektrik enerjisi tedarikini karşılama oranının düşük olduğu gözlemlenmiştir. Santrallerin üretimin artmasında sıcaklığın direkt etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Üretimin hava koşullarından olabildiğince etkilenmemesi ve enerji tedarikinde olumsuz etki yaratmaması için önermelerde bulunulmuştur.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Kavramsal çerçeve bölümünde; elektrik ve elektrik enerjisi tedariki, serbestleşen elektrik piyasaları süreci hakkında bilgilendirme, yenilenebilir enerji ne demek ve yenilenebilir enerji çeşitleri, güneş enerji santralleri kurulum ve üretim aşamaları ve hava durumunun enerji tedariki üzerindeki etkisi alt başlıklarda ele alınmıştır.

2.1. Elektrik ve Elektrik Enerjisi Kavramı, Enerji Tedariki ve Enerji Tedarikinin Önemi

Enerji kavramı literatürde birden fazla açıklaması bulunmaktadır. Enerji sözlük de “ısı ve ışık biçiminde ortaya çıkan güç” olarak tanımlanmaktadır. Elektrik ise enerjinin ışık biçiminde ortaya çıkmasıdır. Elektrik enerjisi ise enerjinin hem ısı yoluyla hem ışık yoluyla kendini yansıtmaya halidir.

Elektrik enerjisi birincil ve ikincil enerji kaynaklarının fiziki işlemler sonucu dönüştürülmesi ile elde edilen bir enerji çeşididir. Elektrik enerjisi doğada serbest bulunan güneş, rüzgâr, su ve biyokütle kaynaklarından elde edilerek oluşturulduğu gibi petrol, nükleer ve fosil yakıtlarının dönüştürülmesi ile de elektrik enerjisi oluşmaktadır (Saltık, 2015: 20).

Elektrik doğada kendiliğinden oluşmaz. Elektrik enerjisi başka enerji kaynaklarının elektriğe dönüşmesi ile oluşur. Bu enerji kaynakları doğada yenilenebilir (güneş, rüzgâr, su jeotermal) ve yenilenemeyen (petrol, nükleer, doğalgaz) enerji kaynakları olarak bulunmaktadır. Elektrik enerjisi şimdi olduğu gibi geçmişte de ihtiyaçlar doğrultusunda doğmuştur. Ampulün bulunması ile başlayıp, buharlı makineler, dinamolar ile günümüze kadar gelmiştir. Günümüzde ev aletleri, ısınma ve soğutma olarak birçok alanda kullanılmakla birlikte elektriğe olan talep sürekli artmaya devam etmektedir. Elektrik enerjisine olan talebin en büyük etkisi çevreye zararın olmaması ve kullanım kolaylığı sağlaması sebebi ile en çok kullanılan enerji çeşidi olmuştur.

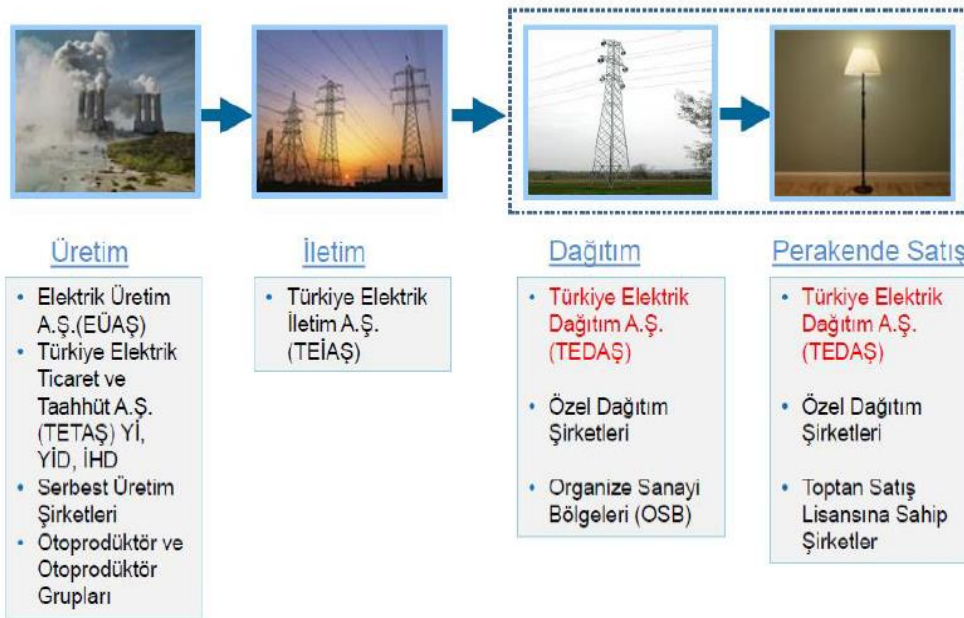
Dünya’da elektrik enerjisi 1878 yılında keşfedilmeye başlanmış ve 1882 yılında Londra’da elektrik santralinin kurulmasıyla birlikte günlük hayatta insanlar tarafından faydalanmaya başlamışlardır. Sonrasında ülkemizde 1902 yılında keşfedilmiş ve Mersin’ in Tarsus ilçesinde 2 KW gücünde kurulan dinamo ile elektrik üretiminden yararlanılmıştır. Elektrik enerjisi kurulu gücü 1914 yılında 13,4 MW ile İstanbul’da Silahtarağa Termik Santrali açılmasıyla daha geniş alanlara elektrik verilmeye başlanmıştır. İstanbul’da aydınlatmadan telefon şebekesine kadar bu kurulan santralden sağlanarak oluşmuştur (Çetin, 2018: 2).

İlerleyen dönemlerde enerji tedarikinin üretim, iletim ve dağıtım tedarik zinciri yapısı ile enerji sağlanarak şu an günümüzde olan toplam 2020 yılı Kasım ayı itibari ile 94.801,0 MWH kurulu güce ulaşmış bulunmaktadır (TEİAŞ, 09.01.2021, www.teias.gov.tr). Yapılan çalışmalar ile daha geniş boru hatları ve tedarikin sağlanması ile kurulu gücün daha da artırılması planlanmaktadır.

Elektrik enerjisinde depolama işlevi yapılamamaktadır. Elektrik enerjisi depolanamadığı için tüketimlerde bulunduğu bölgeye, hava koşullarına göre, gün ışığından faydalanma süresine göre günlük, aylık ve saatlik olarak değişkenlik göstermesi sebebi ile esnek ve değişken bir yapıya sahiptir. Elektrik enerjisinde depolama olmamasından dolayı üretimin tüketime ya da tüketicinin üretime bağlı olması sebebi ile en düşük yük ile tüketilen en yüksek yük arasında makas farkı açık olabilmektedir (Akan ve Tak, 2003: 23)

Elektrik enerjisinin en büyük dezavantajı depolanamama özelliğinin bulunmasıdır. Bu yüzden enerji tedariki büyük önem arz etmektedir. Enerji tedarik zinciri yaşam zinciri gibi üretimden son kullanıcıya kadar birbirine bağlıdır. Enerji ilgili üretim noktalarından iletim hatları ile enerjinin büyüklüğüne göre ayrıştırılır ve dağıtım kanallarına iletilir. Dağıtım hatları ile müşteriye, son kaynak kullanıcılarına kadar iletilir. Bu döngü enerji tedarikinin sürdürülebilmesi açısından çok önem arz etmektedir. Günümüzde artan ihtiyaç ile enerji tedarikinin önemi de artmaya devam etmektedir.

Enerji tedarik zincirinin halkasının en başında enerji üretimi için birinci enerji kaynakları ve bu enerji kaynaklarından elektrik üretimi sağlayan şirketler (EÜAŞ) yer almaktadır. Bir sonraki halkada üretilmiş olan birincil enerji kaynaklarından dağıtım şirketlerine ulaşım sağlaması için iletim şirketleri (TEİAŞ), devamında ise iletim şirketlerinden gelen enerjiyi dağıtım şirketleri (TEDAŞ) alır. Zincirin son halkasında ise enerji kullanıcıları yani müşteriler yer almaktadır. Türkiye’de elektrik enerjisi tedarik zincir yapısı ve üyeleri Şekil 2.1. de ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Afşar, 2015: 64).



Şekil 2.1. Türkiye Elektrik Sektörü Yapısı (Afşar, 2015: 65).

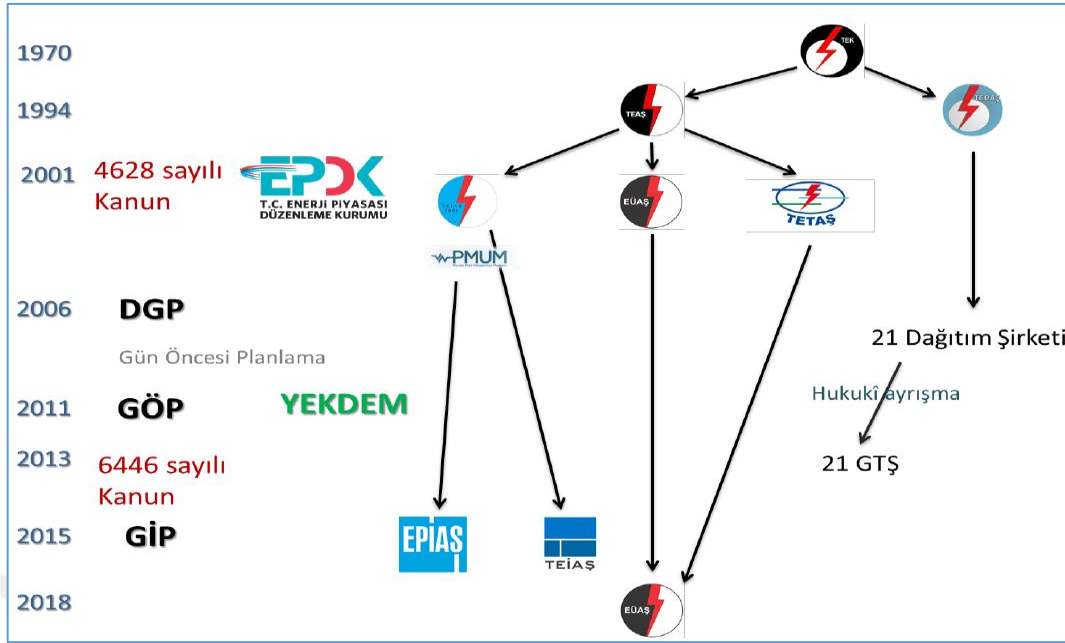
2.2. Serbestleşen ve Rekabet Unsuru Gözetilen Enerji Piyasaları Hakkında Bilgilendirme

Elektrik piyasası birçok kullanıcının rekabetçi ve serbest olarak işlem yapabildiği ve arz talep dengesinin oluşturulmuş olduğu piyasadır. Elektrik piyasası faaliyetleri üretim, iletim, dağıtım, perakende, ithalat ve ihracat olmak üzere altı ayrı kolda ayrılmaktadır. Bu faaliyetler geçmişte tek elden devlet tarafından yürütülmekteydi. 2001 yılında Enerji Piyasası Denetleme Kurumu kurulduktan sonra çıkarılan 4628 sayılı kanun ile serbest piyasa oluşturulmuş ve elektrik piyasası faaliyetleri; üretim EÜAŞ tarafından, iletim TEİAŞ tarafından, dağıtım TEDAŞ tarafından, perakende görevli tedarik şirketleri tarafından, ithalat ve ihracat ise özel tedarikçiler tarafından yürütülmeye başlanmıştır.

Özdurak (2018: 10)' ın yapmış olduğu çalışmada belirttiği gibi enerji piyasaları 1990'lı yılların başına kadar tek bir elden Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) tarafından yürütülmekteydi. 1993 yılına kadar devletler tarafından yürütülen piyasa özelleştirme ile ikiye bölündü. TEDAŞ ve TEAŞ olarak ikiye ayrıldı. TEDAŞ dağıtım şirketi olarak görev yaparken, TEAŞ üç kola ayrılarak üretim, iletim ve toptan alanlarında faaliyet gösterdi. Daha sonra 2001 yılında EPDK kuruldu ve çıkarılan Elektrik Piyasası Kanunu ile TEAŞ 3 ayrı şirkete devredilmiştir. Elektrik üretim şirketi olarak EÜAŞ kuruldu, toptan satış şirketi olarak TETAŞ ve iletimden sorumlu olarak TEİAŞ iletim şirketi olmuştur. Özelleştirme süreci 2009 yılında 12 bölgede tamamlanmıştır. Görevli tedarik şirketleri ve dağıtım şirketlerinin oluşması ile 2015 yılında piyasada şeffaf, güvenilir ve rekabetçi ortam oluşmasına sebep Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi kurularak piyasa oluşturulmuştur. EPIAŞ' ın kurulması ile 2017 yılı itibarıyla piyasada 21 görevli tedarik ve dağıtım şirketi oluşmuştur.

Elektrik piyasasında elektrik üretim ve perakende satış faaliyetlerin de rekabetçi ve serbest piyasa oluşturmak için 2001 yılında EPK ile oluşturulması hedeflenmiştir. EPK' nın Enerji Piyasa Denetleme Kurumu (EPDK) tarafından denetlenecek olması ile yatırımcılara şeffaf piyasa yapısının oluşmasını göstererek güven sağlanması hedeflenmiştir. Enerji Piyasa Denetleme Kurumu tarafından denetlenmesi ile dağıtım ve görevli tedarik şirketlerinin özelleştirilmesi planlanmıştır. Elektrik piyasası yeniden yapılandırılması ile piyasanın serbestleştirilip rekabete açılarak güvenilir ve istikrarlı piyasa oluşturulması hedeflenmiştir (Ertuğrul, 2014: 55).

Serbestleşen ve rekabet unsuru gözetilen enerji piyasalarının tarihsel gelişim süreci Şekil 2.2'de olduğu gibi şekillerle gösterilmiştir (Enerji uzmanları derneği/EPDK).



Şekil 2.2. Piyasanın Tarihsel Gelişimi (Enerji uzmanları derneği/EPDK).

Türkiye elektrik enerjisi sektörünün serbestleşmesi ile birlikte piyasada rekabet ortamı artmaya başlamış ve bu kapsamda Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı' nın ortak anlaşmalı olarak hazırladıkları yönetmelik ve mevzuat çıkarmışlardır. Bu çıkarılan yönetmeliğe göre üretim yapan şirketlere lisanslı ve lisanssız seçenek sunarak tercih hakkı sağlanmıştır. Üretim şirketleri lisanslı veya lisanssız şirketler kurmuşlar ve sonuç olarak üretim yapmaya daha çok teşvik edilmiştir (Afşar, 2015: 67). Lisanslı üreticiler kurulu gücü 1 MW üstü üretim yapan tesislerdir ve tüketim noktası göstermesine gerek kalmadan gücünü şebekeye direkt verebilmektedir. Lisanssız üreticiler kurulu gücü 1 MW altı üretim yapan tesislerdir ve tüketim noktası gösterme zorunluluğu bulunmaktadır. Lisanssız üreticiler üretimlerini kendiler kullanabildiği gibi şebekeye de verebilmektedir.

Serbestleşen piyasa ile yenilenebilir kaynaklardan üretim yapan tesislerin önünü açmak ve teşvik etmek amacıyla 2005 yılında Yenilenebilir Enerji Kanunu hazırlanmıştır. Bu hazırlanan kanun ile YEKDEM mekanizması devreye girmiştir. YEKDEM yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjiye alım garantisi vererek cazip hale gelmesini sağlayan destekleme mekanizmasıdır. YEKDEM'deki amaç yenilenebilir çevre dostu üretim tesislerinin sayısını artırarak enerji hacmini artırmak ve dışa bağımlılığı azaltmaktır. YEKDEM enerji piyasası işletmesi tarafından yürütülür ve her enerji kaynağı için ayrı sabit bir fiyat alım garantisi verir. Bu garanti on yıl boyunca sürer ve üretim yapan şahıslar bulundukları bölgedeki görevli tedarik şirketlerine üretmiş oldukları enerjiyi satabilirler. Ve sonuç olarak tüm yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapan kişilerin hakları güvence altına alınarak YEKDEM mekanizması ile üretim tesislerinde artış olmuştur.

Yenilenebilir enerjiden üretimi artırmak için elektrik üretim işletmecileri üretim yapan her lisanssız üreticiler için aylık belirli aralıklarla ürettikleri ve ellerinde ihtiyaç

fazlası olan üretim miktarlarını saatlik olarak taraflarına bildirilir. Bu üretim miktarları görevli tedarik şirketleri ile paylaşılır. Üretim yapan lisanssız şirketler YEKDEM kapsamında YEK Kanununda belirtilen mevzuat gereği on yıl süre ile satın alım devam eder. Görevli tedarik şirketleri sorumlu olduğu bölgesindeki lisanssız üreticilerden aylık mahsuplaşma (üretim ve tüketim miktarı ayrıştırılması) sonrası üreticilere sağlanan ödeme tutarı için fatura çıkartılarak Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi' ne gönderilir. Tüm bu işlemler sonrasında piyasa işletmecisi tarafından yapılan ödemeyi görevli tedarik şirketleri aracılığıyla ilgili üreticilere ödenmektedir (Cebeci, 2017: 87).

2.3. Enerji Üretimi Konusunda Yenilenebilir ve Alternatif Enerji Kaynakları

Doğada sürdürülebilirlik ve kaynağı hiç tükenmeyecek olan enerji kaynaklarına yenilenebilir enerji kaynakları denilmektedir. Bu enerji kaynakları gücünü rüzgâr, su, yağmur, kar, canlı mikroorganizma atıkları ve en çok da güneşten almaktadır. Yaşam döngüsü süresince bu kaynaklar mevcut olacağı için yenilenebilir kaynaklar sürekli bu döngü içerisinde yenileyerek enerji üretimi sağlayacaktır.

Yenilenebilir enerji, ekosistem yapısına benzetilmektedir. Yenilenebilir enerji ekosistem yapısındaki denge gibi kendini sürekli yenileyebilmektedir ve tükenme söz konusu olmadan kendini diğer günlere de yeniden kullanım halinde getirebilmektedir. Yenilenebilir enerji birçok çeşidi doğada mevcuttur ve dışarıdan herhangi bir müdahale olmaksızın doğal olarak kendiliğinden oluşmaktadır. Yenilenebilir enerji diğer enerji türlerine göre tahribata yol açmaz, ekonomik ve kullanışlı bir enerji türüdür (Çiftçi, 2015: 12).

Günümüzde artan nüfus, sanayileşme, teknolojinin ilerlemesi ile giderek kıt kaynakların tükenmesine sebep olmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynakları (petrol, doğalgaz, kömür) enerji ihtiyacına olan talebi karşılayamamaya başlamıştır. Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynakları tüm ülkeler için çok önemli bir duruma gelmiştir.

Ülkemiz jeopolitik açıdan çok önemli ve zengin enerji kaynaklarına sahiptir. Her mevsimde yenilenebilir enerji ihtiyacına karşılık üretim imkânları sağlamaktadır. Her bölgenin kendine özgü imkânları ile enerji elde edilmektedir. Sıcak su kaynağı bakımından zengin olan bölgede Jeotermal Enerji, kıyı ve yüksek kesimlerde Rüzgâr Enerjisi, yağış alanının fazla olduğu yerlere baraj inşa edilerek Hidroelektrik Enerji ve güneşin yoğun olduğu bölgelere Güneş Enerji Santrali kurularak enerji ihtiyacı her mevsim sağlanabilmektedir.

Ulum (2019: 12)' un çalışmasında, "2035 yılına kadar öngörülen uluslararası enerji projeksiyonlarında, enerji talep ve arzına ilişkin bir takım çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalara dayanarak, dünyanın net elektrik üretimi 2007 yılında yüzde 87 oranında artmıştır. 2018'de 25.8 trilyon kWh 'e ulaştığı tespit edilmiştir. 2020'de 25.0 trilyon kWh'e ve 2035' te 35.2 trilyon kWh olacağı tahmin edilmektedir. Başlangıçta dünya kömür, petrol ve doğal gazla bağlı geleneksel enerji kaynaklarını kullandı. Fakat bu geleneksel yakıt kökenli enerji kaynaklarının aşırı kullanımı, ekonomik ilerlemenin yanı sıra, çevre ve insan yaşamına birçok açıdan zarar verdiği belirtildi. Dünya'nın dikkatleri, gelişen enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarına (güneş, jeotermal,

hidroelektrik, rüzgâr) yönelmektedir” diyerek yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini vurgulamıştır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetleri yüksek ve kurulum aşamalarının uzun sürmesinden dolayı kendini uzun yıllar sonra amorti ederek kazanç sağlaması yapabilmektedir. Bu da insanoğlu için dezavantaj olarak algılanmaktadır. Devlet de bunun önüne geçmek için teşvik politikaları izlemeye başlamıştır. 2005 yılında çıkan YEKDEM kanunu ile üretim yapan tüm enerji kaynakları için alım garantisi vererek herkesi teşvik etmeye çalışmıştır. Devletin yapmış olduğu bu teşvik ile her geçen gün kapasite artışı artmaya devam etmektedir ve böylelikle temiz bir çevre, dışa bağımlılığı olmayan bir ülke ile enerji üretimi sağlanmaktadır.

Yenilenebilir enerjiler doğrudan kullanım sağladığı gibi farklı enerji türlerine de dönüştürülebilmektedir. Güneş enerjisinden faydalanılarak güneş gücü ile rüzgâr enerjisi ile çalışan rüzgâr değirmenleri ve jeotermal enerji çeşidinden sıcak su elde edilen sistemler direkt enerji kaynağı ile kullanılanlara örnek verilebilir. Bu enerjilerden fotovoltaj (PV) ve rüzgâr tribünleri gibi küçük sistemlerden faydalanılarak doğrudan kullanılan enerji çeşitlerini elektrik enerjisine çevirmede kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji çeşitleri birçok alanda günlük hayattan sanayiye kadar birincil enerji kaynağı olarak kullanım sağlamaktadır (Urgun, 2015: 6). Çalışmanın bir sonraki bölümde yenilenebilir enerji çeşitleri genel hatları ile ele alınarak incelenmiştir.

Tablo 2.1. Yenilenebilir Enerji Çeşitleri ve Kaynakları

Enerji Çeşitleri		Enerji Kaynakları
Güneş Enerjisi	→	Güneş
Rüzgâr Enerjisi	→	Rüzgâr
Jeotermal Enerji	→	Yeraltı Kaynakları
Hidrolik Enerji	→	Nehir ve Akarsular
Biyokütle Enerjisi	→	Mikro Organizma Atıklar
Dalga Enerjisi	→	Okyanus ve Denizler
Hidrojen Enerjisi	→	Su ve Hidroksitler

2.3.1. Güneş Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi tüm yenilenebilir enerji kaynaklarını doğrudan etkilemektedir. Güneş enerjisi doğadaki tüm oluşumları doğrudan etkileyen enerji kaynaklarının başında gelmektedir (Saner, 2015: 14). Güneş enerjisi kaynağı güneşten aldığı için doğrudan kullanım sağlanabilmektedir. Günümüzde enerji ihtiyacı her dönem artmakta ve enerji kaynakları toplum gelişmişlik ve refah düzeyinin göstergesi olmuştur. Fosil yakıtların tükenmesi ve çevreye vermiş olduğu tahribattan ötürü yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmıştır. Güneş tüm enerji kaynaklarında enerji üretiminde bulunmaktadır.

Çıtanak (2014: 3)' ın da belirttiği gibi Güneş yeryüzünden 151.106 km uzaklıkta ve 1,4 km milyon çapında büyüklüğündedir. Güneş tüm yenilenemeyen veya yenilenebilir enerji kaynaklarının ana kaynağıdır. Güneş içerisinde sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüşme işlemi gerçekleşir. Gerçekleşen bu reaksiyon ısı enerjisine dönüştükten sonra uzaya yayılmaktadır. Oluşan bu enerjinin sadece küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşır. Oluşan bu enerjinin yükü 173.104 KW iken yeryüzüne ulaşana kadar bu enerji 1.395 KW' e kadar düşmektedir.

Güneş enerji sistemlerinin birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar; uzun ömürlüdür, başka kaynak ve yakıtı ihtiyacı bulunmaz, tükenmez bir enerji kaynağıdır, çevreye zarar vermez, kullanım alanı oldukça yaygındır. Avantajlarının yanı sıra dezavantajları vardır; kurulum maliyeti yüksektir, depolama olanakları kısıtlıdır, geceleri ve kötü hava koşullarında üretim şansı yoktur.

Türkiye Güneş Enerjisi bakımından zengin bir coğrafi konumda yer almaktadır. Güneş ışıınımlarından elde edilen enerji en çok Güneydoğu Anadolu Bölgesinden elde edilmektedir.

Bakanlık tarafından ülkemizdeki güneş enerjisinden yararlanma süreleri ve yoğunluk verileri hazırlanmıştır. Hazırlanan verilere göre, Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasında (GEPA) Türkiye'de ortalama yıllık güneşlenme süresi 2741,08 saat ölçümlenmiştir. Ortalama yıllık toplam ışıınım değeri 1527,5 KW/H olarak hesaplanmıştır. Yine hazırlanmış olan verilerde 2014 yılında 40 MW Kurulu güç ile elektrik üretimine başlanmış olup bu kurulu güç oranı 2020 yılı Eylül ayı itibarıyla 6.361 MW Kurulu güç seviyelerine ulaşmıştır (EİGM, 15.12.2020, www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes).

Güneş enerji santrallerine olan ilgi her geçen gün artmakla beraber güneşten enerji elde etmek için çeşitli imkânlar geliştirilmiştir. Bunlara örnek verecek olursak; otobüs durakları, fabrikaların çatılarına kurulan Çatı GES tipleri, kamu binaları, otopark, üniversite bahçesi vb. gibi alanlara güneş enerji santralleri kurularak küçük çaplıda olsa elektrik üretim sağlanmaktadır.

Güneşten yararlanarak elektrik üretiminde iki teknolojiye dayanılmaktadır. Bunlar Fotovoltaik Güneş Teknolojileri ve Işıl Güneş Teknolojileridir.

Fotovoltaik Hücreler: Yarı iletken malzemeler ile güneşin yüzeye düşen teması ile güneş ışığını direkt olarak elektriğe dönüştürür (Karadavut, 2019: 19).

Fotovoltaik piller güneşe bağlı olarak çalışır. Fotovoltaik pillerin üzerlerine güneş ışığı geldiği zaman pillerin ucunda elektrik gerilimi oluşmaya başlar, oluşan bu gerilim ile hücreler elektrik enerjisi üretmeye başlar. Bu üretilen enerji ile %20'ye yakın verim elde edilerek elektrik sağlanmış olur. Güneş hücrelerini birbirine bağlanması ile fotovoltaik modül elde ederek güç oranları artırılıp daha yüksek verim elde edilebilir (Kaplukan, 2014: 73).

Fotovoltaik kelime anlamı olarak güneş enerjisinden elde edilen enerjinin elektrik üretiminde kullanılmasıdır. Güneş ışınlarından gerilim üretilir. Fotovoltaik kısaca "PV" ile gösterilir. Güneş pilleri güneş enerjisinden elektrik enerjisine çeviren cihazlardır fakat enerji depolama işlevi yapamazlar. Güneş pilleri güneş enerjisine bağlı olarak çalışma yapacakları için güneş ışınları gittiği anda güneş pilleri işlevini yitirecek olup elektriğin devam etmesini sağlamak veya gece boyu üretim yapabilmek için sisteme elektrik depolayıcısı ilave etmek gerekmektedir (Şenol, 2005: 24).

Isıl Güneş Teknolojileri: Isı teknolojilerden ısı elde etmekte kullanılır. Aynı zamanda oluşan bu ısı elektrik üretiminde de kullanılmaktadır.

Isıl güneş sistemleri fotovoltaik teknolojilerden farklı olarak yoğunlaştırıcı modül ile güneşten elde edilen ışınları alarak bünyesinde depolar. Güneş ışınlarından elde edilen sıcaklık ile sistemler yardımıyla gelen ışınları direkt olarak elektrik enerjisine dönüştürür. Elde edilen ışınlar ile bu sıcaklık sıvı veya katı fark etmeksizin her türlü materyalde toplanabilir. Isıl sistemlerin güneşten elde edilen ışınları depolama sistemi sayesinde elde edilen üretim ile gece boyu elektrik üretimi sağlanabilmektedir (Saner, 2015: 34).

2.3.2. Rüzgâr Enerjisi

Ulum (2019: 18)' un çalışmasında açıkladığı gibi rüzgâr temelde güneş enerjisinin bir türevidir. Yeryüzünün coğrafik yapısından dolayı her yer aynı derece ısınmamasından ötürü buna sebep basınç merkezlerinin aşağıda ve yukarda kalmasından ötürü bu basınç merkezlerinin birbirlerine karşılıklı etkileşimi ile rüzgâr meydana gelmektedir. Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi rüzgâr tribünleri aracılığıyla elde edilmektedir. Rüzgâr tribünleri pervane, kanat aracılığıyla rüzgârın kinetik enerjiden mekanik enerjiye dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. Rüzgâr tribünlerinden oluşan enerji jeneratöre bağlı mil yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.



Resim 2.1. Rüzgâr Tribünleri (enerji, 20.01.2021, www.enerjiportali.com/japon-firmasi-izmir-de-ruzgar-turbini-ekipmani-uretecek/).

Rüzgâr enerjisi eskiden beri süregelmiştir. Tarihte ilk defa yelkenli gemiler de kullanılmıştır. Elektrik enerjisinden faydalanmak için üretim amaçlı ilk rüzgâr tribünü Türkiye’de 1985 yılında Çeşme’de 55 KW gücünde inşa edilmiştir (Akkaya, 2007: 48). Çeşitli uygarlıklar tarafından kullanılarak rüzgâr enerjisinden elektrik üretilmeye başlanılmıştır.

Türkiye’de rüzgâr enerjisi yüksek kesim, dağ tepesi ve açık kıyı bölgelerimizde elde edilmektedir. En çok Rüzgâr Enerjisi Marmara, Akdeniz, Karadeniz ve Ege kıyı bölgelerde oldukça mevcuttur.

Bakanlık tarafından hazırlanan verileri incelendiğinde ilk yıllarda kurulu güç oranı düşük seviyede kalan Rüzgâr Enerji Santralleri 2020 yılı itibari ile 8.077 MWH Kurulu güce ulaşmıştır (eigm, 20.01.2021, www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar). Yapılan teşvikler ile 2023 yılında Rüzgâr Enerji Santral Kurulu gücün 20.000 MWH kapasiteye ulaşılması beklenilmektedir.

Rüzgâr enerjisinin birçok avantajları vardır; kurulumu kısa sürede yapılır, kapladığı alan küçüktür, kurulumu gerçekleştirilen bölgede tarımsal alanlara ve hayvancılığa zarar vermez, fosil yakıt tüketimini azaltır, gece gündüz sürekli enerji üretebilir, rüzgâr tribünleri yapım aşamasından sonra 30-40 yıl boyunca kullanılabilir, dışa bağımlılığı bulunmaz. Tüm bu özellikler ile rüzgâr enerjisi ekonomik ve her zaman kullanılabilir kaynaktır.

2.3.3. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yağmur veya kar sularının yer altına sızması ile yer altında bulunan kayaçların içerisinde birikir. Kayaçların içerisinde biriken su akışkan tarafından taşınıp kaynaklarda birikmesi sonucu oluşan su yüzeye sıcak su veya buhar olarak

ulaşmaktadır. Jeotermal enerjiden yüzeye çıkan sıcak su ile faydalanılır. Sıcak su doğrudan kullanılabilirdiği gibi elektrik enerjisine de dönüştürölüp kullanılmaktadır. Jeotermal enerji coğrafi konum olarak volkanik olayların yoğunluk olduğı yerlerde daha çok oluşmaktadır (Urgun, 2015: 26).

Jeotermal enerji yerin derinliklerinde su kanyonlarının birikmesiyle oluşur. Jeotermal Enerji yağmur ve kar yağması ile kendini sürekli yeniler ve böylelikle tükenmeyecek olan bir enerji kaynağına dönüşür. Jeotermal Enerji mineral ve tuz bakımından oldukça zengindir. Jeotermal enerji termal olarak kullanılmasının yanı sıra ısı kaynağından elektrik üretiminde kullanılır. Jeotermal enerji sıcaklık bakımından yüksek, düşük ve orta sıcaklık olmak üzere 3 ayrı grupta toplanır. En düşük sıcaklık daha fazla sera ve binaların ısıtılmasında kullanılır. Orta ve yüksek sıcaklık ise elektrik üretimi için oldukça uygundur.

Ülkemiz Jeotermal Enerji bakımından oldukça şanslı bir coğrafi konuma sahiptir. Türkiye Jeotermal enerji bakımından Dünya’da ilk 5 ülke içerisinde yer almaktadır. Türkiye’de bu enerjinin yoğunluğu (%80’i kadar) Batı Anadolu Bölgesinde yer almaktadır.

Bakanlık tarafından hazırlanan veriler incelendiğinde 2001 yılında 18 MWH Kurulu güç 2020 yılı Eylül ayı itibari ile 1515 MWH enerjiye ulaşılmış olduğunu görölmektedir (eigm, 12.12.2020, www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal).

Jeotermal Enerji verimi oldukça yüksektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının içerisinde 4 mevsim kesintisiz sürekli güç üretebilmektedir.

2.3.4. Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik enerji suyun akış hızından yararlanarak potansiyel enerjinin kinetik enerjiye çevrilmesi sonucu elde edilir.

Hidroelektrik santraller akarsuların üzerine baraj inşa edilerek kurulmaktadır. Elektrik üretimini suyun mevcut potansiyeli ve yüksek bir noktadan akış hızı belirlemektedir. Suyun büyüklüğü arttıkça taşıdığı enerji miktarı da artacaktır. Suyun kanal ve boru içerisindeki tribünlere gider ve elektrik üretimi için pervaneleri döndürür, pervaneler jeneratöre bağı olan tribünlerin dönmesi ile enerji elektrik enerjisine dönüştürölmüş olur (Ulum, 2019: 18).

Demirkol (2013: 27)’ un çalışmasında açıkladığı gibi Türkiye mevsimsel şartlar bakımından yağış alan bir konumdadır. Ortalama olarak yağış miktarı 643 mm’dir. Bu yağışın yaklaşık olarak 501 milyar m³ su olarak kullanılmaktadır. Bu miktarın yarısından azı ise yeraltına sızmaktadır.

Bakanlık tarafından hazırlanan verileri incelendiğinde Türkiye’de 653 kayıtlı hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Hidroelektrik santrali kurulu gücü 28.437 mWh’ tır. Kapasite artışı sürekli artmakta olup kurulumu devam eden, proje aşamasında olanlar ile

birlikte toplam kurulu güç 43.587 MWH olduğunu görülmektedir (enerji, 20.01.2021, www.enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik).

Türkiye’de son dönemde enerji sektöründe atılan adımlar ve yenilenebilir enerji konusundaki yasal düzenlemeler bu alanda yatırımları artırmaya devam etmektedir.

Hidrolik enerji santralleri uzun ömürlüdür. 200 yıla kadar kullanım ömürleri vardır. Hava kirliliği ve atık ürün oluşturmaz. Suyun depolama özelliği ile kuraklık dönemlerde işlev göremeye devam eder. Enerji sürekliliği sağlar.

2.3.5. Biyokütle Enerjisi

Gelişen sanayileşme ile birlikte artan enerji ihtiyacı paralel olarak artmaktadır. Sürdürülebilir ve çevreye zarar vermemesi açısından yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelme olmuştur. Bu yönelme ile bir diğer önemli enerji kaynağının başında biyokütle enerjisi gelmektedir.

Biyokütle enerjisi, doğada bulunan bitkilerden ve canlı olan tüm mikroorganizmaların direkt olarak işleme girdirilip yakılması ile elde edilir. Bitki ve canlı organizmaların doğada yetişmesi için güneş kaynağı çok önemlidir ve güneş varlığını devam ettirdiği sürece bitki ve canlı organizmalar yetişeceği için biyokütle enerjisi sürekli olarak kendini yenileyebilen bir enerji çeşididir. Biyokütle enerjisi öncelikle nüfus yoğunluğunun az olduğu alanlar için tercih edilen enerji kaynağı olmuştur. Biyokütle enerjisi, ısınma ve ateş olarak kullanım amaçlı ortaya çıkmıştır. Daha sonrasında gelişen teknoloji birlikte yakıt ve elektrik tüketiminde kullanılmaya başlanmıştır.

Biyokütle enerjisi birçok kaynaktan elde edilir. Örneğin; ağaç, ayçiçek, arpa, ot ve kurumuş yapraklar, canlıların vücutlarında ve atıklarında, şehrsel atıklar, her türlü sebze ve meyve kalıntıları, sanayi atıklarından elde edilir (Çağal, 2009: 3).

Biyokütle enerjiden üretim elde etmek için canlı mikroorganizmaların ve atıkların yakılması ile ortaya karbondioksit salınımı çıkar, bitkiler fotosentez yoluyla doğadaki karbondioksit ile organik maddeler sentezlenirken doğadaki bütün canlıların solunumu için gerekli olan oksijeni de doğaya verir. Doğada oluşan bu döngü canlıların yaşam sürdürebilmesi için çok önem arz etmektedir. Çünkü oluşan bu döngü ile birlikte bitkiler atmosferdeki karbondioksit oranını tüketip insanların ve canlı hayvanların solunum yapabilmesi için önemli olan oksijen oranını tekrardan atmosfere gönderilir. Böylelikle biyokütle enerjisinden enerji elde etme aşamasında doğa, karbondioksit yoğunluğundan korunarak yaşam döngüsü devam etmeye devam edecektir (Kaya, 2018: 60).

Biyokütle enerjisi gelişen teknoloji ile biyogaz, biyoetanol, biyokömür, biyohidrojen ve biyodizel gibi enerji kaynaklarına dönüştürülmektedir.

- Biyogaz; Hayvansal, bitkisel ve endüstriyel atıklardan (kanalizasyon, çamur, kâğıt vb.) elde edilen çevre dostu bir enerjidir. Biyogaz enerjisi motorlarda, ısıtmada ve elektrik enerjisine dönüştürülerek aydınlatmada kullanılmaktadır (Aslantaş, 2018: 16).

- Biyoetanol; mısır, şeker ve nişasta gibi ürünlerin fermantasyonu ile üretilen ve belirli oranlarda benzin ile karıştırılarak elde edilir. Biyoetanol kojenerasyon sistemlerinde, ulaştırma sektöründe (teknolojik araç ve tarımsal makine), küçük ev aletlerinde kullanılır (Urgun, 2015: 55).
- Biyokömür; İçeriğindeki oksijen ve hidrojen grubu olan bitkisel atıkların uzun yıllar boyunca toprağın altındaki tepkimeleri sonucu oluşur (Ulum, 2019: 26).
- Biyohidrojen; Anaerobik mikroorganizmalar tarafından, biyokütle atıkları ve atık sular kullanılarak oluşturulur.
- Biyodizel; Bitkisel ve hayvansal yağların atıkları ile oluşur. Alkol ile karıştırılarak tepkime sonucunda ortaya çıkar. Yakıt olarak kullanılmaktadır. Petrol içermediği için saf yakıt şeklinde kullanılabilir (Karataş, 2009: 34).
Biyodizel enerjinin ekonomik ve stratejik olarak önemli ve tercih edilen bir enerji türüdür. Kara ve deniz taşımacılığı, ısıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanım sağlar.

Türkiye biyokütle enerji çeşidi bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Bakanlık tarafından hazırlanan Biyokütle Enerji Potansiyel Atlas (BEPA) verilerine göre atıklardan oluşturulan toplam enerji 3.9 MTEP/yıl denk gelmektedir. Veriler detaylı bir şekilde incelenecek olursa;

Tablo 2.2. Atıklardan Oluşan Toplam Enerji (eigm, 02.01.2021, www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle).

Toplam Hayvan Sayısı	422.832.374 Adet
Hayvansal Atık Miktarı	193.878.079 ton/yıl
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (Teorik)	4.385.371 TEP/yıl
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (Ekonomik)	1.084.506 TEP/yıl
Bitkisel Üretim Miktarı	171.399.002 ton/yıl
Bitkisel Atık Miktarı	62.206.754 ton/yıl
Bitkisel Atıkların Enerji Eşdeğeri (Teorik)	25.384.268 TEP/yıl
Bitkisel Atıkların Enerji Eşdeğeri (Ekonomik)	1.462.159 TEP/yıl
Belediye Katı Atık Miktarı	32.170.975 ton/yıl
Belediye Atıklarının Enerji Değerleri (Teorik)	3.373.011 TEP/yıl
Belediye Atıklarının Enerji Değerleri (Ekonomik)	485.858 TEP/yıl
Orman Atıklarının Enerji Değeri (Ekonomik)	859.899 TEP/yıl
Atıkların Toplam Ekonomik Enerji Eşdeğeri:	3.892.422 TEP/yıl

Biyokütle enerjisi elektrik üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir. 2001 yılında 24 MWH olan kurulu güç seviyesi Eylül 2020 itibari ile toplam

kurulu güç 1238 mWh değerine ulaşmış olduğu görülmektedir (eigm, 02.01.2021, www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle).

Biyokütle enerjisi birçok avantajı bulunmaktadır. Atmosferde karbondioksit salınımına neden olmaz. Maliyeti oldukça çok ucuzdur. Atıkları yakıtı çevirerek çevre dostu bir enerjidir. Çevre ile uyumlu hava kirliliğini önler. Gerekli çevresel önlemlerle alındığında güvenli bir enerji çeşididir.

2.3.6. Dalga Enerjisi

Dalgalar toprak ve suyun sıcaklık farkından dolayı oluşan basınç farkını dengelemek için yüzeyde rüzgâr ile etkileşimden meydana gelir. Rüzgârın neden olduğu bu büyük su kütlelerinin oluşturduğu potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile dalga enerjisi oluşur (Çiftçi, 2015: 16).

Dalga enerjisi açık deniz veya kıyılara kurularak elde edilir. Kıyılara kurulan su tribünlerinin dalgalar dönel hareket etmesini sağlayarak dalga enerjisinden elektrik enerjisi elde edilir (Ulum, 2019: 27).

Dalgaların oluşturduğu gücün yoğunluğu oldukça fazladır. Bu oluşan güç diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazladır. Dalga enerjisi pozitif anlamda önemli bir paya sahiptir.

Güç kaynağının asla tükenmemesi, fosil yakıt zorunluluğu olmaması, hava kirliliği oluşturmaması, kullanım ömürlerinin uzunluğu, elektrik hattının olmadığı yerlere enerji sağlaması gibi birçok avantajı bulunmaktadır.

2.3.7. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen gazı en hafif kimyasal bir gaz çeşididir. Renksiz, kokusuz, tatsız, hafif yanıcı bir gazdır. Doğalgaz, biyokütle enerjisinde elde edilen atıklar ve içerisinde su içeren tüm öğelerden meydana gelmektedir. Hidrojen gazı doğal olarak oluşan bir enerji çeşidi değildir. Hidrojen gazı yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilebildiği gibi fosil kaynaklardan elde edilebilmektedir (Kükrer, 2007: 67).

Hidrojen elementi elementler içerisinde en önemli olan bir element çeşididir. Hidrojen enerjisi ise yenilenebilir enerji kaynaklarında en çok tercih edilme sebebi ise oluşan enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürken çevreye zarar vermeyen yakıt kullanması sebebi ile tercih edilmektedir (Saka, 2016: 18).

Hidrojen gaz enerjisinin insan ve çevre sağlığına zararlı hiçbir olumsuz etkisi yoktur. Günlük ulaşım, ısınma, sanayi ve evde her platformda faydalanabileceğimiz enerji kaynağıdır.

Hidrojen gazının maliyetinin yüksek olması sebebi ile rahat bir şekilde üretim sağlanamamaktadır. Hidrojen gazı enerjisi ile üretim sağlanabilmesi için çalışmalar devam etmektedir.

2.4. Güneş Enerjisi Santralleri Kurulum, Kullanım ve Üretim Stratejileri

Güneş enerjisinden elektrik üretebilmek için güneş panellerine ihtiyaç vardır. Güneş panelleri güneşten gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirebilmek için kullanılır. Güneş panellerinden gelen enerjiyi 2 yöntem ile elektrik enerjisine çevrilir. İlk yöntem panellerden gelen enerji güneş enerjisi şarj kontrol cihazları yardımıyla akülere aktarılır. Akülerde biriken enerji ile ihtiyaç duyulan enerji elde edilmiş olur. Diğer yöntem ise inverter sistemlerdir.

- Akü: Aküler akıllı şarj üniteleri sayesinde panelden gelen enerji ile dolum yapılır. Aküler şarj kontrol cihazları olmadan dolum işlemi yapılamaz. Aküler uzun ömürlüdür ve bakım, günlük kontrol ihtiyacına gereksinim duymaz. Aküler üretilen enerjiyi depolamaya yararlar. Gün içerisinde panellerden gelen enerji akülere entegre edilerek gece veya sonrasında kullanım sağlar. Hava olaylarının etkili olduğu üretimi etkileyen zamanlarda güneş ışınlarından gelen enerjiyi aküler yardımı ile depolayarak bulutlu, yağmurlu günlerde ihtiyaç durumunda tüketim yapma imkânı sağlarlar.
- İnverter sistemler: İnverter sistemler tercih seçeneğine göre şebekeye bağlanabilir ve aküye ihtiyaç duymadan çalışırlar. Var olan enerji ihtiyacı inverterler sistemi sayesinde panellerden alınarak kullanılır. İnverterler şebekeye bağlı olmasından kaynaklı eğer üretimimiz hava koşullarından dolayı veya daha fazla tüketimimiz olmasından kaynaklı üretim miktarı tüketim miktarını karşılayamıyorsa şebekeden ihtiyacı olan enerjiyi alarak kullanabilir. Veya üretim miktarı tüketim miktarından fazla olduğunda yine inverter sistemleri sayesinde şebekeye vererek üretim yaptığı enerjiyi satabilir. İnverterler maliyet olarak diğer cihazlara göre daha uygundur. En çok tercih edilen sistemlerdir. Şebekeye bağlı inverter sistemlerin dezavantajı elektriğe bağlı olmasıdır. Herhangi bir elektrik kesintisi olduğu zaman cihazlardaki veri akışının kesilmesidir. Bu oluşan sorundan kaynaklı şebekeye bağlı olmayan inverter sistemler vardır. Şebekeye bağlı olmayan inverter sistemler kendi içerisindeki enerjiyi kullanarak elektrik kesintisinden etkilenmezler. İnverter sistemler kendi içerisinde ikiye ayrılır. Mikro inverterler ve optimizierli inverterlerdir. Bu inverter sistemler ev içerisinde veya gelen enerjiyi elektriğe çevirerek küçük ev aletlerinde kullanmak içindir. Mikro inverter sistemleri sayesinde panellerde üretilen enerji elektrik enerjisine çevrildikten sonra çıkış noktasında enerjiyi 220 voltluk elektriğe çevirerek günlük ihtiyaçta doğrudan kullanılır. Bu yöntem çoğunlukla çatı güneş enerji santralleri için daha uygundur. Optimizierli inverter sistemi ile enerjiyi düşük voltaja çekerek küçük ev aletlerinde kullanılır. Paneller seri bağlandıkları için gölgeye gelen panel diğer tüm panelleri etkisi altına alarak üretim miktarını düşürür ama mikro inverterler sayesinde bu

cihazlar panellere bağlanarak gölgeye gelen panel diğer panelleri etkilemez ve her panel kendi üretimini yapmayı sağlar.

Güneş panellerinde üretimi yapmayı etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi panellerin gölge altında kalmasıdır. Herhangi bir bina veya çatı durumlarında gölgeye maruz kaldığında etkilenmektedir. Paneller kurulduktan sonra gölgelenme sorunu meydana geldiyse en uygun çözüm mikro inverterler kullanarak her paneli ayrı ayrı bağlayıp üretimleri ayrı olmak olacaktır. Diğer bir faktör ise tozlanmadır. Tozlanma da üretimi etkileyerek enerji üretimini verimliliğini düşürmektedir.

Güneş enerjisi kurulum yaparken yer seçimini, bölge şartlarını, hava koşullarını iyi analiz ederek uygun yer seçimi yapmak gerekmektedir. Güneşten gelen ışınları doğru açı ile gelmesi enerji verimliliğini artıracaktır. Elektrik üretiminde güneş ışınlarının direkt olarak gelmesi ile üretim maksimum seviyede sağlanmaktadır. Kar veya yağmurlu havalarda güneş ışıınımı olmaması sebebi üretimi minimum seviyelere düşürmektedir. Fakat arada oluşabilecek güneş ışınları paneller temiz tutulduğu sürece üretim imkânı sağlamaktadır.

2.5. Hava Durumu ve Meteorolojik Verilerin Üretim Santralleri Üzerindeki Etkileri

Hava durumu, atmosferin belirli bir anda, belirli bölgedeki halidir. Sözlükte “hava tahmini sonunda havaların nasıl olacağını bildiren rapor” şeklinde geçmektedir. Hava durumu iklimsel değişim gibi uzun süreli değildir kısa dönemde gerçekleşen değişimlerdir. Hava durumu meteorolojik verilerden elde edilen yani görüş açısı, nem, bulutlanma süresi, yağış, sıcaklık ve rüzgâr gibi bulgulardan elde edilerek; bölgesel olarak incelendikten sonra bir tahminde bulunmasıdır. Hava durumu günlük, haftalık, aylık ve anlık olarak her yerden ulaşabileceğimiz bir tahmin raporudur. Hava tahmini ilk olarak konum, uydu görüntüleri gibi birçok yöntemlerle gözlem yapılır. İkinci aşama analiz aşamasıdır. Bu aşamada gözlem sonucu elde edilen bilgilerle meteorolojik veriler gözlemlenir, üçüncü aşama artık tahmin aşamasıdır. Yapılan tahmin analizleri son bir incelemeden sonra değerlendirilir ve hangi meteorolojik olayların olacağına dair bir tahmin yapılır. Tüm bu aşamalar sonucu hava durumu ve meteorolojik veriler elde edilir.

Hava olayları birçok oluşu etkisi altına aldığı gibi üretim santrallerini de etkilemektedir. Tüm üretim santrallerinin ana kaynağı olan gücü güneşten almaktadır. Güneş hava olayları sonucu meydana gelmektedir. Doğrudan gücünü güneşten alan yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde güneş enerji santralleri için hava olayları daha çok etkilemektedir. Rüzgâr, jeotermal ve biyokütle enerji kaynakları hava olaylarından bu kadar etkilenmemektedir. Çünkü jeotermal ve biyokütle enerji kaynakları her mevsim üretim yapabilmektedir. Güneş enerji santrallerinin bu gibi üretim şansı yoktur ve meteorolojik veriler GES ler için üretim yapabilmeleri için büyük önem arz etmektedir. Hava olayları; enerji üretimi ve enerji tedarikini etkisi altına almıştır. Kurulu gücü 1 MW olan santrallerin güneşlenme süresi, nem oranı ve sıcaklığın fazla olduğu yaz aylarında aylık ortalama aylık ortalama 160 MW üretim yaparken, bu rakam kış aylarında 30 MW kadar düşebilmektedir.

Yalçın (2016: 37)' nın yapmış olduğu çalışmada güneş enerji santralleri için meteorolojik analizin etkilerinden bahsetmiştir. Bu etkiler; iklim, basınç, sıcaklık, nispi nem, toprak üstü minimum sıcaklık, rüzgâr, bulut kapalılığı, yağış, güneşlenme süresi ve küresel güneş ışıması olarak ele almıştır. Bu meteorolojik etkilerin her biri üretim için büyük önem arz etmektedir.

Meteorolojik verilerin etkisine göre doğru konumlandırılmış santraller için bu rakamlar daha fazla üretim yapabilmektedir. Güneşlenme süresi, sıcaklık, nem oranı ve rüzgâr açısına göre doğru yer seçiminde hava olaylarının etkisi daha az görülerek enerji tedarikine süreklilik sağlanabilmektedir.



3. ÜLKEMİZDE VE GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ'NDE FAALİYET GÖSTEREN SANTRALLERDE ÜRETİM VERİLERİNE İLİŞKİN ÖRNEKLER

Çalışmanın bu kısmında Türkiye'deki ve çalışmanın konusunu da oluşturan Kahramanmaraş Adıyaman illerindeki güneş enerjisi santrallerinin potansiyelleri, güneş radyasyon ve güneşlenme süreleri gözlemlenmiş sayısal verilerle açıklanmaya çalışılmıştır.

Türkiye'de yer alan güneş enerji santralleri araştırılıp 2017 ve 2020 yılları arası santral sayıları ve üretimleri araştırılmış; buna bağlı olarak çalışmanın kapsamını oluşturan Kahramanmaraş Adıyaman illeri için bölgedeki üretimin mevcut tüketimi karşılayıp karşılamadığı analiz edilmeye çalışılmış ve enerji tedarikindeki etkisi üzerinde çalışma yapılmıştır.

3.1. Güneş Enerjisi Santrallerinin Kurulum, Güneşten Beslenme ve Üretimlerinin Araştırılması ve Analizi

Güneş enerji santralleri verimli üretim yapabilmeleri için güneş enerji santralleri çevre koşulları, konum, dağıtım şebekesine olan uzaklığı birçok faktör etkilemektedir.

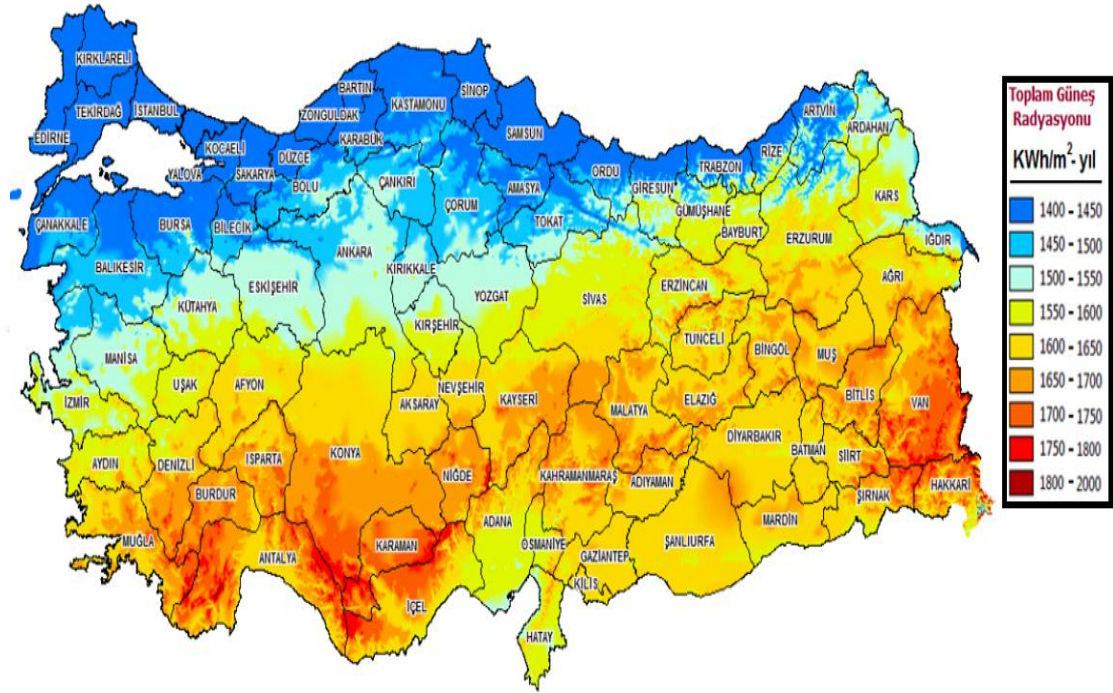
Taktak ve İl (2015: 21) çalışmasında Güneş Enerji Santralleri için arazi ve konum seçimi yaparken üretimden daha iyi bir verim alabilmek için doğru seçim yaparak doğru konumlandırmak gerekmektedir tezini öne sürerek bunlara örnek vermiştir;

- Arazinin etrafında tozlanmaya sebep verecek unsurların olmaması,
- Arazinin bulunduğu bölgedeki hava şartları,
- Arazi konumu seçildikten sonra elektrik yapısının uygunluğu,
- Arazinin yapısının engebeli olmaması,
- Arazinin toprak yapısının özellikleri,
- Kamu kuruluşları veya özel şirketlerin sulama akışının dışında yer alması,
- Arazinin yapısında maden veya değerli kaynakların olmaması,
- Arazinin tarımsal olarak elverişli olmaması,
- Arazinin güneşlenme süresinin uzunluğu,
- Santrallerin üzerlerine gölgelenmeye sebebiyet verecek cisimlerin olmaması,
- Seçilen arazinin elektrik dağıtım merkezine yakınlığı,
- Santrallerin güney yönüne bakarak daha uzun güneş açısı alması gerekmektedir.

Türkiye bulunduğu enlem ve boylam dereceleri sebebi ile güneş potansiyelinde yer almaktadır. Türkiye birçok ülkeye göre güneş enerjisi bakımından oldukça üstün bir konuma sahip olmasına rağmen bu kaynaktan yeteri kadar faydalanma göstermemektedir (Saner, 2015: 21).

Türkiye coğrafi konum itibarıyla güneş enerji potansiyeli bakımından avantajlı bir konuma sahip olmasına sebep, bakanlık tarafından hazırlanmış olan, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi 2741,07 saat olup ortalama yıllık toplam ışıyım değeri 1527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır.

Türkiye güneş enerji potansiyeli kuzey kesimlere gidildikçe azalmaktadır. Aşağıdaki resimde gösterildiği gibi güneş enerjisinden yararlanma potansiyelinden ilk sırada Güneydoğu Anadolu Bölgesi, ikinci sırada Akdeniz ve üçüncü sırada Doğu Anadolu Bölgesi gelmektedir.



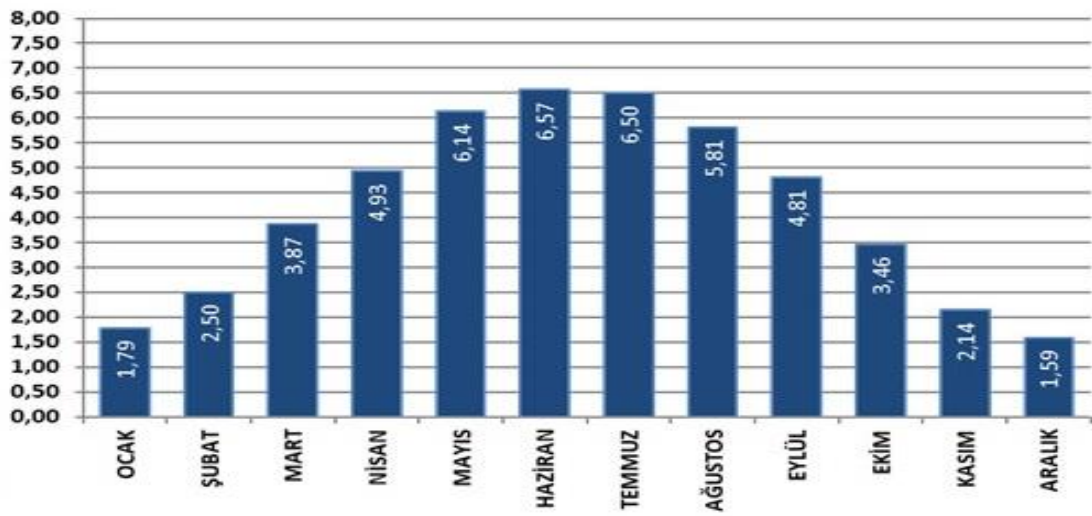
Resim 3.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (eigm, 15.01.2021, www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes).

Tablo 3.1. Türkiye’ de Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgesel Olarak Dağılımı (Demirkol, 2013: 19).

Bölge	Toplam ortalama güneş enerjisi	En fazla güneş enerjisi (Haziran)	En az Güneş enerjisi (Aralık)	Ortalama güneşlenme süresi	En çok güneşlenme süresi (Haziran)	En az güneşlenme süresi (Aralık)
	kWh/m ² -yıl	kWh/m ²	kWh/m ²	Saat/yıl	Saat	Saat
Güneydoğu Anadolu	1.460	1.980	729	2.993	407	126
Akdeniz	1.390	1.869	476	2.956	360	101
Ege	1.304	1.723	420	2.738	373	165
Doğu Anadolu	1.365	1.863	431	2.664	371	96
İç Anadolu	1.314	1.855	412	2.628	381	98
Marmara	1.168	1.529	345	2.409	351	82
Karadeniz	1.120	1.315	409	1.971	273	87

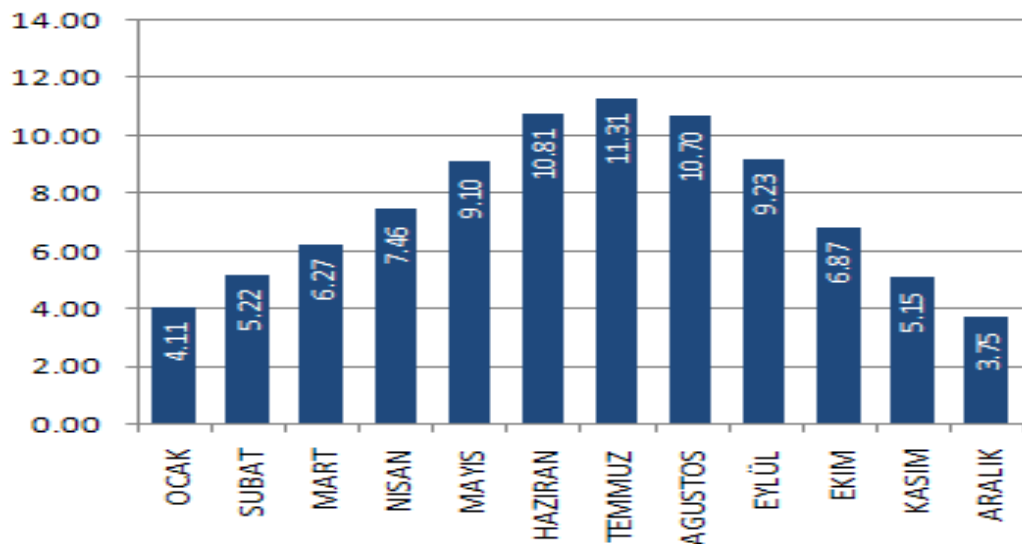
Sarıkaya (2010: 10) çalışmasında, “Güneydoğu Anadolu bölgesi yılda 2993 saat güneşlenme süresiyle ülkemizde en fazla güneş alan ve yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli bakımından birinci sıradadır. Bu bölgeyi 2956 saatle Akdeniz bölgesi, 2738 saatle Ege bölgesi, 2664 saatle Doğu Anadolu bölgesi, 2628 saatle İç Anadolu bölgesi ve 2409 saatle Marmara bölgesi takip etmektedir. Karadeniz bölgesi ise yıllık güneşlenme süresi ve yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli bakımından 1971 saat ve 1120 kWh/m² ile son sırada bulunmaktadır.” Ülkemizdeki bölgelere ait güneş enerjisi potansiyelini ve güneşlenme süresini ayrıntılı olarak ele alarak en çok güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresinin Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğunu belirtmektedir. Bölgelerdeki en çok güneş alan il Haziran; en az güneşlenme süresi ise Aralık ayı olarak seçilmiştir.

Bölgesel olarak güneş enerji potansiyeline göre güneşlenme süreleri Haziran ve Aralık ayında farklılık göstermektedir. Üretim de en çok etkili olan radyasyon ve güneşlenme süreleridir. Bölgede ki radyasyon değeri ve güneşlenme süreleri ne kadar yüksek olursa üretim verimliliği de o kadar tedarikte etkili olmaktadır.



Grafik 3.1. Aylık Ortalama Radyasyon Değeri (kWh/m²) (GEPA, 15.01.2021, www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/).

Türkiye’ de güneş ışınım (radyasyon) değerleri incelendiğinde (Grafik 3.1.) en yüksek değer Haziran ayında ve hemen peşinden Temmuz ayının geldiği görülmektedir. Türkiye aylık bazda ortalama ışınım değeri 4,18 kWh/m² ‘dir. Yıllık toplam değeri ise (4.18 kWh/m²*365) 1.524 kWh/m²’ dir.



Grafik 3.2. Aylık Güneşlenme Süreleri (saat) (GEPA, 15.01.2021, www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/).

Grafik 3.2.' de grafikte Türkiye'nin aylık güneşlenme sürelerini incelendiğinde en uzun güneşlenme Temmuz ayıdır. En kısa güneşlenme süresi ise Aralık ayıdır. Türkiye aylık bazda ortalama 7.49 saat-gün güneşlenme süresi yaşamaktadır. Yıllık toplam güneşlenme süresi ise 2736,4 saat-yıl (7.49×365) 'dır.

Ülkemiz radyasyon ve güneşlenme süreleri incelendiğinde üretim yapabilmek için oldukça elverişli bir konuma sahip olduğunu görülmektedir.

Güneydoğu Anadolu yıllık güneşlenme süresi 2993 saat güneşlenme süresiyle ülkemizde en fazla güneş alan ve yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli bakımından birinci sırada gelmektedir. Alınan bu veriler ve radyasyon, güneşlenme süreleri Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 1985-2006 yılları arası yapılan 22 yıllık ölçüm sonuçları olup güncel rakamlar olmamaktadır.

Çalışmanın konusunu oluşturan Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinin güncel 2020 yılı sıcaklık değerleri Grafik 3.3.' deki gibidir.



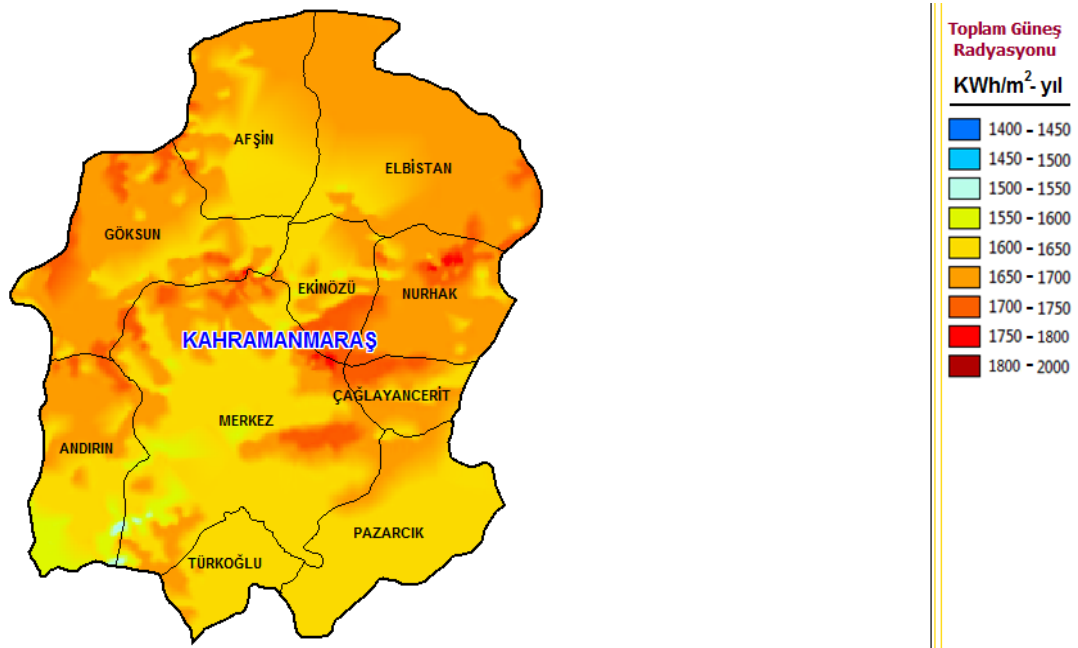
Grafik 3.3. 2020 Yılı Ortalama Maksimum Sıcaklık Değerleri

Kahramanmaraş ve Adıyaman iline ait 2020 yılı ortalama maksimum sıcaklık değerleri incelendiğinde en yüksek sıcaklığın Temmuz ayında olduğu görülmektedir. 2020 yılı sıcaklık değerlerini incelendiğinde Eylül ve Ekim aylarında sıcaklığın yüksek olması GES üretimleri için avantaj sağlamıştır.

Çalışmanın konusunu oluşturan Kahramanmaraş ili Akdeniz Bölgesinin dış doğu kesiminde, Adıyaman ili ise Güneydoğu Anadolu Bölgesinin batı kesimlerinde yer almaktadır. Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinin Türkiye ortalamasına göre sıcaklık değerleri ortalamanın üzerinde olmakla birlikte, güneşlenme süreleri ve radyasyon

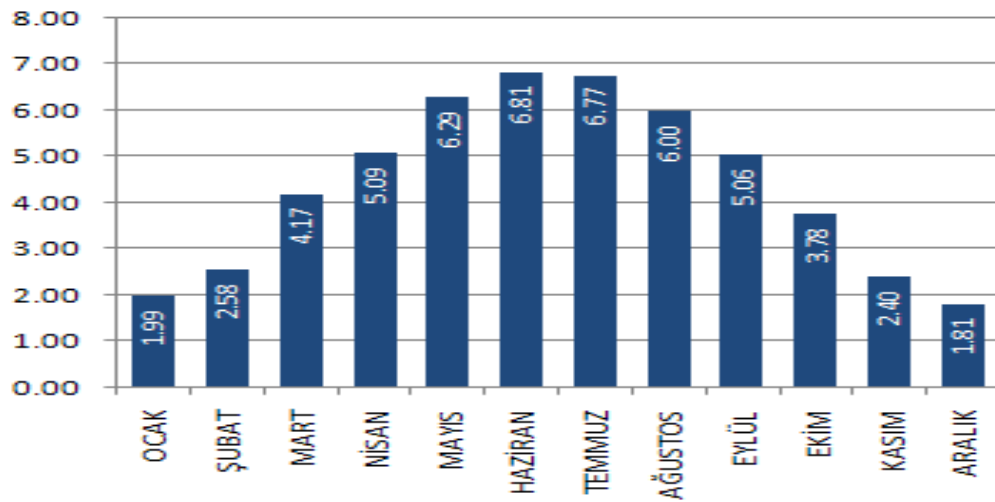
değerleri Türkiye ortalamasının üzerindedir. Türkiye güneş haritasına göre Kahramanmaraş ve Adıyaman ilinin bulunduğu alan 1600-1850 kWh/m²-yıl güneş enerjisi radyasyonuna sahiptir. Kahramanmaraş ve Adıyaman illerine ait güneş enerjisi haritası, güneşlenme süreleri ve radyasyon değerleri resim olarak verilmiştir.

Kahramanmaraş ilinde güneş enerji potansiyeli yüksek bulunmakla birlikte bölgenin kuzey kesimlerine gidildikçe artmakta olup güneş enerji santralleri bakımından daha elverişli olduğunu gözlemlenmektedir.



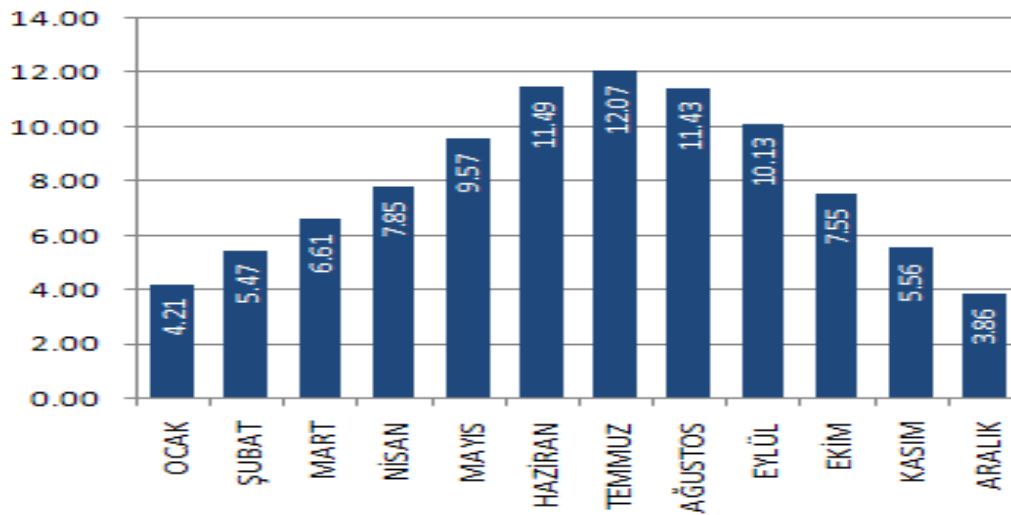
Resim 3.2. Kahramanmaraş Güneş Enerji Potansiyeli Atlası (GEPA, 15.01.2021, www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/46.aspx).

Haritada görüldüğü üzere Kahramanmaraş ilinin Elbistan ilçesinde güneş enerji potansiyelinin daha fazla olduğunu görülmektedir. Çalışmanın ileriki kısımlarında bölgedeki santral sayısı kısımlarında yine Elbistan’ da kurulu santrallerin çoğunlukta olduğu gözlemlenmektedir.



Grafik 3.4. Kahramanmaraş Radyasyon Değerleri (kWh/m²) (GEPA, 15.01.2021, www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/46.aspx).

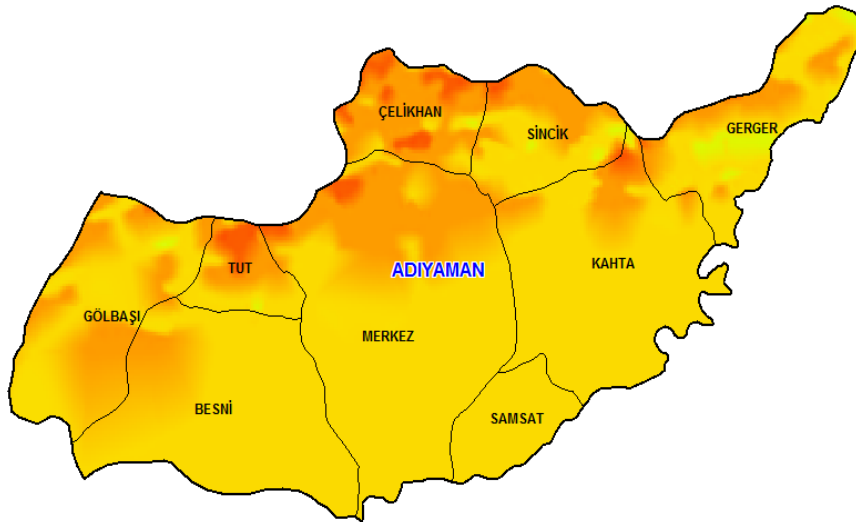
Kahramanmaraş ili radyasyon değerinin en çok olduğu ay Haziran ayıdır. Kahramanmaraş ilinin radyasyon değeri Türkiye ortalama değerinin üstündedir. Haziran ayı Türkiye radyasyon değeri 6.57 kWh/m² iken, Kahramanmaraş Haziran ayı radyasyon değeri 6.81 kWh/m² olarak gerçekleşmektedir.



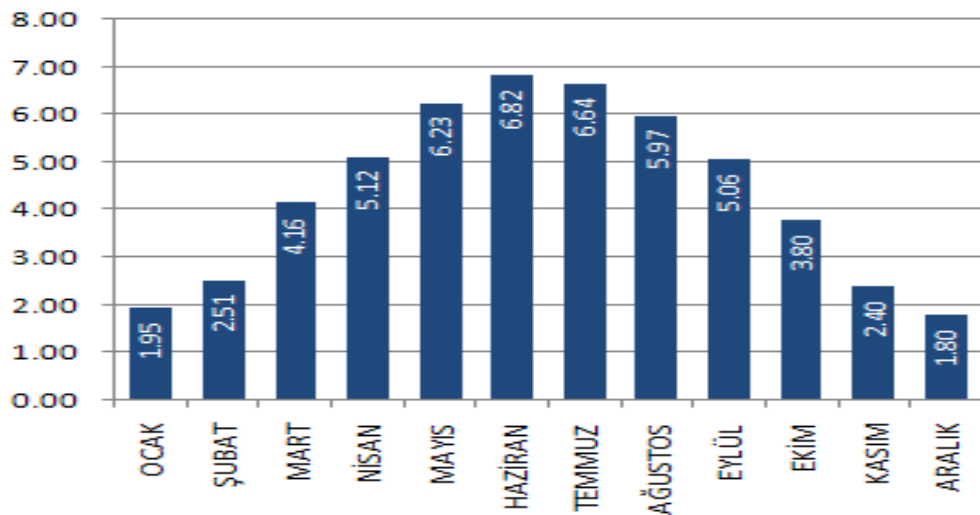
Grafik 3.5. Kahramanmaraş Güneşlenme Süresi (saat) (GEPA, 15.01.2021, www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/46.aspx).

Kahramanmaraş ili güneşlenme süresinin en fazla olduğu ay Temmuz ayıdır. Kahramanmaraş ilinin güneşlenme süresi Türkiye ortalamasının üstündedir. Kahramanmaraş ili Temmuz ayı güneşlenme süresi 12.07 saat iken, Türkiye Temmuz ayı güneşlenme süresi 11.31 saat olarak gerçekleşmektedir.

Çalışmanın konusunu oluşturan diğer bir şehir olan Adıyaman ilinde güneş enerji potansiyeli bulunmakla birlikte (Resim 3.3.) aşağıdaki resimde de görüldüğü üzere bölgenin kuzey kesimlerine gidildikçe artmakta olup güneş enerji santralleri için daha elverişli olmaktadır.

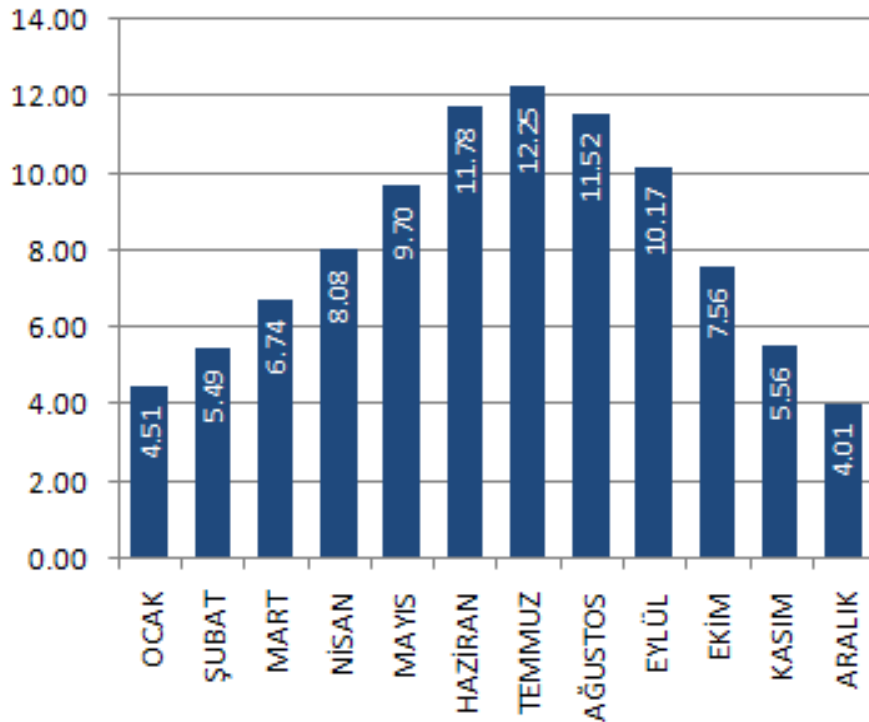


Resim 3.3. Adıyaman Güneş Enerji Potansiyeli Atlası (GEPA, 15.01.2021, www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/2.aspx).



Grafik 3.6. Adıyaman Radyasyon Değerleri (kWh/m²) Atlası (GEPA, 15.01.2021, www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/2.aspx).

Adıyaman ili radyasyon değerinin en çok olduğu ay Haziran ayıdır. Adıyaman ilinin radyasyon değeri Türkiye ortalama değerinin üstündedir. Haziran ayı Türkiye radyasyon değeri 6.57 kWh/m² iken, Adıyaman Haziran ayı radyasyon değeri 6.82 kWh/m² olarak gerçekleşmektedir. Yine bölgenin kendi arasında radyasyon değeri incelendiğinde Adıyaman ilinin Kahramanmaraş iline göre radyasyon ve güneş enerji potansiyeli daha fazladır.



Grafik 3.7. Adıyaman Güneşlenme Süresi (saat) (GEPA, 15.01.2021, www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/2.aspx).

Adıyaman ili güneşlenme süresinin en fazla olduğu ay Temmuz ayıdır. Adıyaman ilinin güneşlenme süresi Türkiye ortalamasının üstündedir. Adıyaman ili Temmuz ayı güneşlenme süresi 12.25 saat iken, Türkiye Temmuz ayı güneşlenme süresi 11.31 saat olarak gerçekleşmektedir. Adıyaman ili Kahramanmaraş iline göre ortalama 20 dakika daha fazla güneşlenme süresi yaşamaktadır.

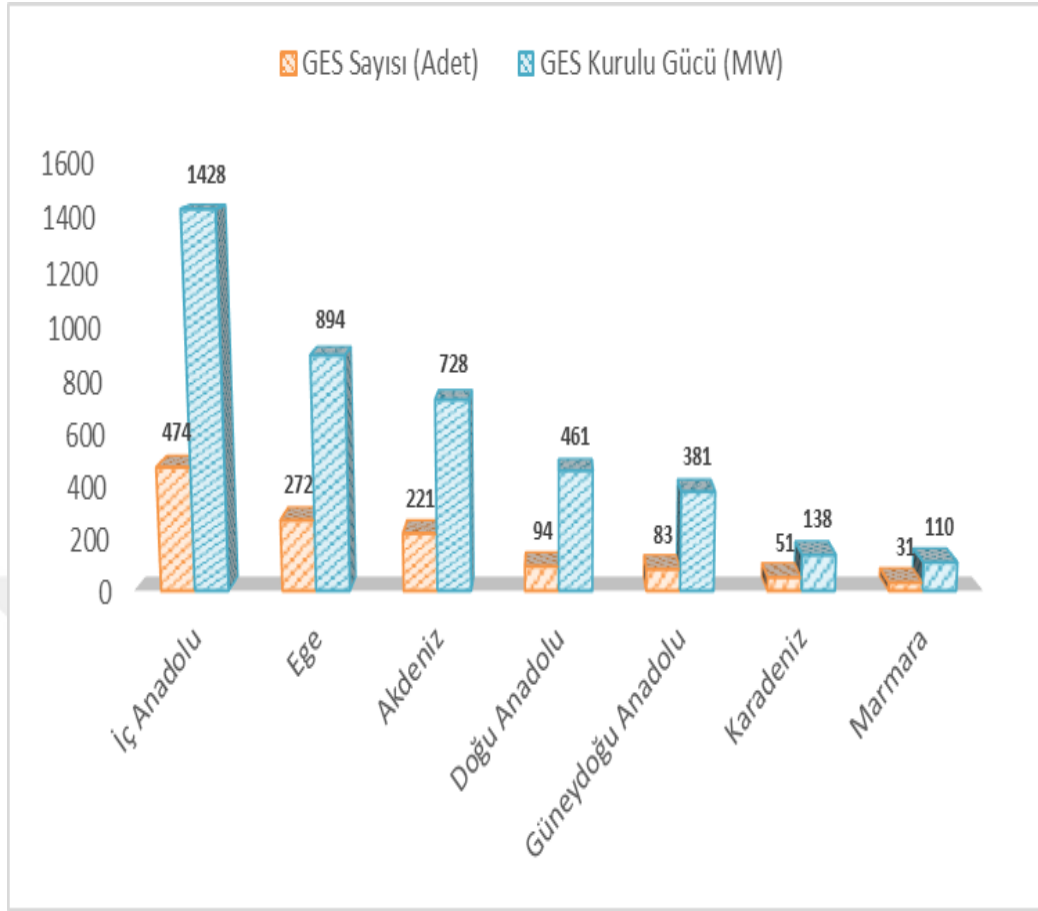
Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinin güneş enerjisi bakımından oldukça zengin bir potansiyele sahiptir. Fakat bu potansiyele sahip olmasına rağmen bu enerjiden yararlanma ile ilgili çalışmalar aynı oranda artış göstermemektedir. Çalışmanın sonraki aşamasında bu detaya değinerek açıklanmaya çalışılmıştır.

3.2. Güneş Enerjisi Santrallerinin Bölgedeki Enerji Girdisi Toplamındaki Payı ve Enerji Tedarikine Etkisi

Güneş enerji santralleri enerji tedarikinde önemli rol almaktadır. Güneş enerji santralleri bölgedeki enerjinin yüzde yüzünü karşılayamasa da az bir kısım da olsa enerji tedarikinde etkisi olmaktadır.

Güneş enerji santrallerinin her bölgede kurulumu vardır ve hemen her bölgede kurulmaktadır. Çalışmanın kapsamını oluşturan Kahramanmaraş ve Adıyaman illerindeki güneş enerji santralleri için bölge şartlarının elverişli olması, üretimin ve güneşlenme süresinin fazla olmasına rağmen yeteri kadar santral olmadığı gözlemlenmektedir.

Türkiye’de bulunan güneş enerji santralleri ilk sırada İç Anadolu Bölgesi gelmektedir. Sonrasında ise sırasıyla Ege ve Akdeniz Bölgesi gelmektedir (Grafik 3.8.). Bölge şartlarının coğrafi konum, arazi yapısı, iklim özellikleri göz önünde bulundurulduğunda tercih edilme sebebi olmuştur. Fakat Türkiye’ de güneşlenme süresi ve coğrafi özellikler olarak bakıldığında en uygun bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi olmasına rağmen üreticilerin bu bölgeye yeterli sayıda yatırım yapmadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Kurulu güç ve güneş enerji santralleri kapasitesi incelendiğinde Güneydoğu Anadolu Bölgesi 4. sırada yer aldığını gözlemlenmektedir. Marmara Bölgesi iklim özellikleri ve arazi şartları incelendiğinde uygun yapıya sahip olmasına rağmen 5. sırada yer almaktadır. Bu bölgede sanayinin ilerlemiş olması çatı güneş enerji santrallerine yönelme olmuştur. Çatı GES’ lerin kurulu güç oranı düşük olmasına rağmen tüm fabrikaların çatılarında kurulmaya başlanmıştır. Ve kendi tüketimlerini üretim değerleri ile karşılamaya başlamışlardır. Güneş enerji santrallerinin Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgesinde çok az sayıda bulunması sebebi ise coğrafi yapının ve iklim özelliklerinin uygun olmamasından kaynaklanmaktadır. Karadeniz Bölgesi güneşlenme süresinin çok az olması ve Doğu Anadolu Bölgesi’ nin ise engebeli dağlık araziye sahip olmasından kaynaklı güneş enerji santralleri yoğunluk göstermemiştir (Pınar vd., 2020: 13). Bölgedeki güneşlenme süresinin ve güneş enerji potansiyelinin fazla olmasına rağmen santral sayısının yetersiz kalması hipotezini desteklemektedir.



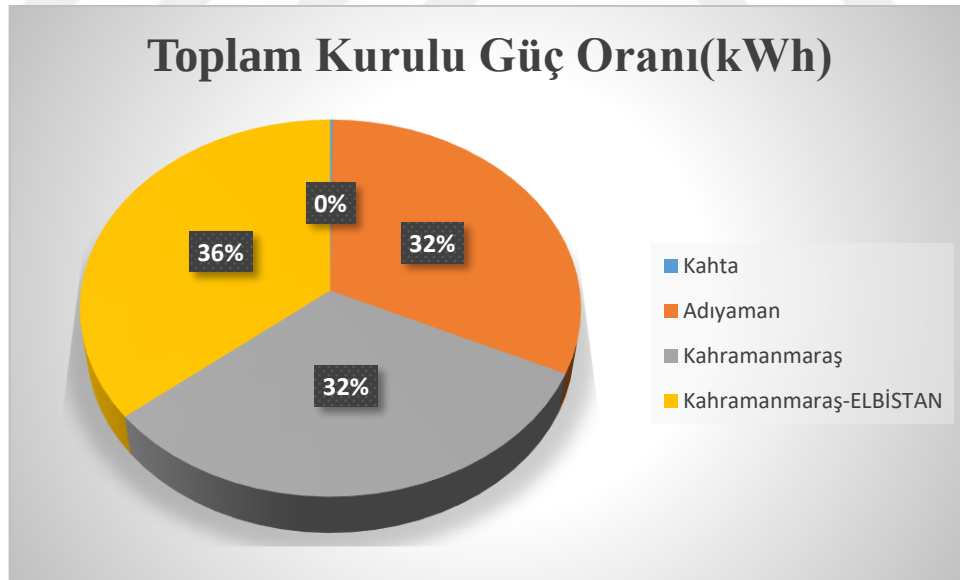
Grafik 3.8. Türkiye’ de Bulunan Güneş Enerji Santrallerinin Bölgesel Olarak Dağılışı Grafiği (Pınar vd., 2020:13).

Türkiye’de toplam güneş enerji santrali her yıl artmaktadır. Artan güneş enerji santrali kurulu gücü ile üretilen elektrik enerjisi de artış göstermektedir. Aşağıda yıllar arası kurulu güç ve buna bağlı üretilen elektrik enerjisi miktarları tablosunu incelendiğinde 2015 yılında çok az olan üretim 2017 yılından itibaren ciddi bir artış göstererek 2020 yılı elektrik enerjisi üretimi 10.287,21 gWh olduğu görülmektedir. Artan güneş enerjisi santralleri ile enerji tedarikinde etki yaratmaya devam etmektedir.

Tablo 3.2. Yıllara Göre Kurulu Güç Kapasitesi ve Elektrik Enerjisi Üretimi
(www.tskb.com.tr /i/assets/document/pdf/elektrik-ye-tr_web.pdf).

	Elektrik Enerjisinden Elde Edilen Üretim (GWh)	Güneş Enerji Santrallerinin Kurulu Güçleri (MW)
2020	10.287,21	6.667,40
2019	9.250,00	5.995,16
2018	7.799,80	5.063,00
2017	2.889,00	3.421,00
2016	1.043,00	833,00
2015	194,00	310,00

Kahramanmaraş ve Adıyaman ilinde kurulu olan Güneş Enerji Santralleri Kurulu gücünün bölge içindeki payı incelendiğinde Kahramanmaraş ilinde Adıyaman ilinden daha fazla olduğu gözlemlenmektedir. Bölgedeki toplam kurulu güç oranı Adıyaman ilinde %33 seviyelerinde iken, Kahramanmaraş ilinde %32 ve Kahramanmaraş'ın ilçesi olan Elbistan'da %36 olduğunu görülmektedir.



Grafik 3.9. Adıyaman ve Kahramanmaraş İli Toplam Kurulu Güç Oranı Dağılımı (kWh)

Kahramanmaraş ve Adıyaman ilinde kullanılan aylık elektrik tüketiminin hava durumu koşullarına göre üretim yapan güneş enerji santrallerinin yaz aylarında tüketimin

%20'ye kadar sağladığını ve üretimi oldukça az olan kış aylarında bu oran %8 seviyelerine gerilediği gözlemlenmektedir. Aşağıdaki tablodan da görüleceği üzere üretimin en yüksek olduğu Ağustos ayında, mevcut sıcaklıktan ötürü bölgedeki elektrik tüketiminde oluşan artış sebebi ile % 17' lik kısmını karşılamaktadır. Haziran ayında ise güneşlenme süresinin uzun ve radyasyon değerinin yüksek olduğu ayda bölgedeki sıcaklıkların afaki artış göstermemesi sebebi ile artan bir tüketim söz konusu olmadığı için Haziran ayında %18' lik kısmını karşılamaktadır.

Tablo 3.3. 2020 Yılı Tüketim ve Üretim Verileri ve Oranları

Aylar	Toplam Bölgedeki Tüketim (mWh)	Güneş Santrallerinden Enerji Sağlanan Üretim	Üretimin Tüketimi Karşılama Oranı
OCAK	350.085,20	26.867,84	8%
ŞUBAT	331.476,31	26.803,00	8%
MART	329.737,26	40.280,99	12%
NİSAN	289.850,43	49.739,88	17%
MAYIS	296.291,13	57.669,14	19%
HAZİRAN	329.849,55	60.312,98	18%
TEMMUZ	392.869,13	61.692,39	16%
AĞUSTOS	381.983,17	63.090,85	17%
EYLÜL	368.104,58	52.615,68	14%
EKİM	342.035,51	48.597,94	14%
KASIM	338.819,59	34.305,42	10%
ARALIK	322.088,40	29.065,00	9%

Çalışmanın konusu olan Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinde mevcut potansiyel güneş enerjisinin yoğunluk olduğu fakat üretim için yeterli sayıda santral bulunmadığını gözlemlenmektedir. Üretim santral sayısının artırılarak üretimin tüketimi karşılama oranının %50 seviyelerine ulaşılması beklenilmektedir.

4. HAVA DURUMU VE METEOROLOJİK VERİLERİN ENERJİ ÜRETİMİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ANALİZİ

Çalışmanın bu kısmında Türkiye’deki ve araştırmamızın konusunu da oluşturan, Kahramanmaraş Adıyaman illerindeki güneş enerjisi santrallerinin üretim verileri analiz edilecek, meteorolojik verilerin üretim santrallerinin üzerindeki etkisi için hipotez kurularak hipotezin anlamlılığı test edilecektir. Ayrıca hava olaylarının enerji tedariki üzerindeki etkisi istatistiksel modelle ölçümlenecek, oluşturulan korelasyon ile sıcaklık ve santral üretimleri arasındaki ilişki test edilecektir. Regresyon analizi ile tahmin edilen santrallere ait üretimin yine regresyon analizi ile bir sonraki yıla ait tahmin edilen bölgenin enerji tüketiminin tedarikini karşılama oranı ölçülecektir.

4.1. Araştırmanın Verileri

Modelde kullanılan veriler, Enerji Piyasa Düzenleme ve Denetleme Kurulu tarafından aylık olarak yayınlanan elektrik piyasası sektör raporlarının Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinde kurulan güneş enerjisi santrallerinin üretim verileri ve bölgedeki ihtiyaca karşılık kullanılan elektrik tüketimi ve meteorolojinin yayımlamış olduğu geçmiş ve güncel hava sıcaklıkları verileridir.

4.2. Araştırmanın Amacı

Günümüzde hemen hemen tüm faaliyetlerin bileşeni olan elektrik enerjisinin kullanımının artış göstermesi bu enerjiye olan talep de artış göstermiş ve dolayısıyla da bu enerjinin tedarikinin önemini artırmıştır. Gelişen teknoloji ve yaşam şartları ile birlikte en uzak noktadaki yerleşim birimine kadar uzanan şebeke sayesinde enerji iletiminin güçlenmesi toplam tüketim payının artmasına da sebep olmuştur. Bu talepteki artışla birlikte alternatif enerji kaynakları fikri giderek artmış; enerji bakanlığının oluşturduğu ve serbestleşen rekabetçi piyasa sayesinde lisanslı veya lisanssız olarak elektrik enerjisi piyasası üzerinde çeşitli kaynaklar enerji üretimi yapmaya başlamıştır.

Güneş enerjisi santralleri, kurulum maliyeti her ne kadar diğer hidroelektrik ve rüzgâr enerjisi santralleri gibi külfetli olsa da üretim potansiyeli ve kullanımın kolaylığı ile ülkemizde daha da yaygınlaşabilecek potansiyele sahiptir. Ülkemizde coğrafi yapının elverişli olmasına rağmen henüz bu kaynaklar tam kullanılamamakla birlikte eskiye oranla santral sayısındaki artış ciddi bir gelişim göstermektedir. Bu santrallerin üretim kapasitesini etkileyen en önemli unsur ise çeşitli meteorolojik verilerdir (Basınç, sıcaklık, yükselti, bulutluluk, yağış vs.).

Bu noktadan hareketle, hava durumunun enerji santrallerinin elektrik enerjisi üretimi ve dolayısıyla enerji tedariki üzerindeki etkisinin araştırılması ve analiz edilmesi çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

4.3. Araştırmanın Konusu

Araştırmadaki amaç bir bölgedeki elektrik enerjisi talebinin tam karşılanması veya ihtiyacın belirlenmesi ile bu talebi karşılayan enerji arzı içindeki güneş enerjisi santrallerinin payını ölçmektir. Ayrıca bu enerji payındaki üretimi meteorolojik veriler ve hava durumunun nasıl etkilediğinin araştırılmasıdır.

4.4. Araştırmanın Önemi

Elektrik günümüzde en çok ihtiyaç duyulan ve kullanılan enerji türüdür. Elektrik enerjisi diğer enerji türlerinden farklı olarak depolanamama özelliğine sahip olduğu için ehemmiyeti büyüktür. Elektrik enerjisi günümüzde ihtiyacın artması ile elektrik enerjisine olan talep de giderek artış göstermiştir. Bu talebin karşılanma zorunluluğu ise çeşitli kaynaklardan elektrik enerjisi üretim fikrini ortaya çıkarmıştır.

Ülkemizdeki elverişli coğrafi yapı göz önünde bulundurulduğunda güneş enerjisi santrallerinden enerji üretimi ve tedariki sağlamak serbestleşen ve elektrik üretimine izin veren yönetmelikle birlikte uygun ve mantıklı hale gelmiştir. Güneş enerjisi santrallerinin kurulumunda fizibilite çalışmaları önemli bir yer alır; zira yükselti, eğim sıcaklık vb. faktörler santrallerin enerji üretimini direkt etkilemektedir. Bu araştırmada; Kahramanmaraş ve Adıyaman illerindeki 356 adet güneş enerjisi santralinin üretim verileri incelenmiş ve hava durumu ile meteorolojik verilerin bu santrallerin üretim performansı üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

4.5. Araştırmanın Varsayımları

Hava durumunun enerji tedariki üzerindeki etkisi için önerilen matematiksel modelin geliştirilmesinde aşağıdaki varsayımlar dikkate alınmıştır.

- Bu çalışma Kahramanmaraş ve Adıyaman illerindeki güneş enerji santrallerinin üretim verileri dikkate alınarak yapılmıştır.
- Hava sıcaklık değerleri dikkate alınmıştır.

4.6. Araştırmanın Sınırlılıkları

Araştırmada ülkemizde bulunan tüm güneş enerjisi santralleri incelenmemiş; bölgedeki santrallerin enerji tedarikine etkisini incelemek için sadece Kahramanmaraş ve Adıyaman il sınırları içinde bulunan güneş enerjisi santrallerinin üretimi analiz edilmiştir. Ayrıca araştırmada son bir yıla ait sıcaklık ve radyasyon verileri ile bu verilerin güneş enerjisi santrallerine olan üretimdeki etkisi üzerinde çalışılmıştır.

4.7. Araştırmanın Yöntemi

İstatistiksel yaklaşımlar, üretim ve hava sıcaklık değer parametreleri arasındaki ilişkiyi veren açık bir matematiksel model gerektirir. Regresyon modelleri aralarındaki ilişkiyi ölçümlemek için oldukça yaygındır ve üretim girdileri ve sıcaklık değerleri arasındaki ilişkiyi modellemek için kullanılır. Temel olarak, doğrusal regresyon kullanılır. Doğru modelin belirlenmesinde, üretim ve üretime etki eden sıcaklık gibi faktörler belirlenir.

Basit doğrusal regresyon modelinde, birbirleriyle doğrusal ilişkili olduğu varsayılır.

$$Y = \beta^0 + \beta_1 X + U_1$$

Basit doğrusal regresyon analizi için x ve y değişkenlerin değerlerini göstermektedir. X değişkeni bağımsız ve açıklayıcı değişkendir. Y değişkeni ise bağımlı ve açıklanan değişkendir. β_0 ve β_1 parametreleri eğimin katsayısını belirleyen regresyon katsayılarıdır. U_1 ise hata terimi katsayısıdır. Bir modelin ekonometrik model olabilmesi için hata terimi barındırması gerekmektedir.

4.8. Araştırmanın Evren ve Örneklem Seçimi

Araştırmada Kahramanmaraş ve Adıyaman illerindeki güneş enerjisi santrallerinin üretim değerleri gün gün tamamıyla incelenmiş ve bu değerlerin tüketim üzerindeki etkisi araştırılmış olup tüm bu üretim değerleri araştırmanın evrenini oluşturmuştur.

Araştırmanın örneklem seçimleri ise bu illerdeki güneş enerjisi santralleri ve bunların üretim yapması için gerekli olan son bir yıla ait sıcaklık ve güneşlenme değerleridir.

4.9. Araştırmada Kullanılan Veri Toplama Aracı

Çalışma 2020 yılı üretim ve tüketim miktarlarının 12 aylık verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Üretim ve tüketim miktarları aylık olarak yayınlanan enerji sektör raporlarından toplanarak bir yıllık veri elde edilmiştir. 2020 yılı sıcaklık miktarı ise freemeto hava durumu sitesinden (www.tr.freemeteo.com) elde edilerek oluşturulmuştur.

5. BULGULAR VE YORUM

Araştırmada elde edilen bulgulardan analiz aşaması 3 başlık altında ele alınarak yorumlanmıştır.

5.1. Hava Durumu ve Meteorolojik Verilerin Enerji Üretimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi

Hava durumu verilerin üretim santralleri arasında ilişkiyi ölçümlemek için korelasyon testi yapılmıştır.

Korelasyon: Korelasyon, iki değişken arasında doğrusal bir ilişki olup olmadığını gösterir. Yani değişkenlerde meydana gelen değişikliklerin birbirini etkileyip etkilemediklerini gösterir. Korelasyon katsayısı -1 ile 1 aralığında bulunur (28.01.2021, www.korelasyon-katsayisi-ve-regresyon.hesabet.com). Değerler 1 ve -1'e ne kadar yakın olursa o kadar pozitif veya negatif güçlü ilişki vardır denilir.

Korelasyon katsayısı;

$$r = \frac{E(XY) - \frac{(EX)(EY)}{n}}{\sqrt{(EX^2 - \frac{(EX)^2}{n})(EY^2 - \frac{(EY)^2}{n})}} \quad \text{formülüyle yapılan hesaplamalar sonucu;}$$

Tablo 5.1. Üretim Miktarı ve Sıcaklık Değerleri

ÜRETİM (MWH)	SICAKLIK(°C)
26.867,84	9,71
24.825,30	9,97
40.280,99	17,16
49.739,88	21,20
57.669,14	27,65
60.312,98	28,22
61.692,39	33,80
63.090,85	31,69
52.615,68	31,24
48.597,94	24,77
34.305,42	14,83
29.094,07	10,00

Üretim değerimiz Y

Sıcaklık X

$$EX = 260,24$$

$$EY = 549.092,48$$

$$E(XY) = 13.282.429,9$$

$$EX^2 = 67.724,25 \quad EY^2 = 301.502.548.517,63$$

$$(EX)^2 = 6.554,66 \quad (EY)^2 = 27.338.078.247$$

$$n = 12$$

$$r = \frac{13.282.429,9 - \frac{260,24 \cdot 549.092,48}{12}}{\sqrt{\left(67.724,25 - \frac{6.554,66}{12}\right) \cdot \left(301.502.548.517,63 - \frac{27.338.078.247}{12}\right)}} = \frac{1.374.497,96}{1.419.816,523} = 0,968$$

Korelasyon katsayısı = 0,968 olarak bulunmuştur.

Tablo 5.2. Korelasyon Testi Excel Çıktısı

	ÜRETİM	SICAKLIK (X2)
ÜRETİM	1	
SICAKLIK (X2)	0,968081397	1

Yapılan çalışmada sıcaklık ile üretim değerleri arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki sonucuna ulaşılmıştır.

5.2. Hava Durumu ve Meteorolojik Verilerin Enerji Üretimi Üzerine Etki Faktörlerinin Elde Edilmesi

Hava olaylarının üretim santralleri üzerindeki etkisini hipotez ile desteklenecek olursa;

H_0 = Hava olaylarının üretim santralleri üzerinde etkisi vardır.

H_1 = Hava olaylarının üretim santralleri üzerinde etkisi yoktur.

0.05 anlamlılık düzeyinde, ortalama ve standart sapma hesaplanması;

$$S = \frac{\sqrt{E(x_i - \bar{x})^2}}{n-1} \quad t = \frac{\bar{x} - \hat{U}}{s / \sqrt{n}}$$

$\alpha = 0.05$ için 11 serbestlik değeri için $-t_{0,025}$ ve $t_{0,025}$, -2,365 ve 2,365 olarak bulunur.

t test istatistik hesaplanması;

Tablo 5.3. T Testi Sonucu

	t Stat
Kesişim	3,518827
AY	10,245448
SICAKLIK	-0,7511392

= -0,75 olarak bulunur. Çıkan sonucumuz t istatistik aralığında t kabul bölgesinde olduğundan sıfır hipotez kabul edilir ve hava olaylarının santraller üzerinde etkisi vardır hipotezimiz kabul edilir.

5.3. Hava Durumu ve Meteorolojik Verilerin Enerji Üretimi ve Tedariki Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi

Araştırma yönteminde bahsetmiş olduğumuz regresyon modeli ile bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi bir sonraki yıl için bölgede tüketilecek olan enerji miktarı regresyon analizi yöntemi ile tahmin edilmiştir. Yine aynı şekilde regresyon analizi kullanılarak bölgede yer alan güneş enerjisi santrallerinin bir sonraki yıl üretecekleri enerji miktarı tahmin edilmiş ve tahmin edilen tüketimi yapılacak olan üretimin karşılama oranı araştırılmıştır. Böylece bölgede mevcut santrallerin enerji tedariki üzerindeki etkisi incelenmiş olup bölgedeki güneş enerjisi santrallerinin yeterliliği veya kapasitesi hakkında yorumda bulunulmaya çalışılmıştır.

Tablo 5.4. Üretim, Sıcaklık ve Aylık Dönem Değişkenleri

YIL	AY	ÜRETİM(Y)	AYLIK DÖNEMLER(X1)	SICAKLIK (X2)
2020	OCAK	26.867,84	1,00	9,71
2020	ŞUBAT	24.825,30	2,00	9,97
2020	MART	40.280,99	3,00	17,16
2020	NİSAN	49.739,88	4,00	21,20
2020	MAYIS	57.669,14	5,00	27,65
2020	HAZİRAN	60.312,98	6,00	28,22
2020	TEMMUZ	61.692,39	7,00	33,80
2020	AĞUSTOS	63.090,85	8,00	31,69
2020	EYLÜL	52.615,68	9,00	31,24
2020	EKİM	48.597,94	10,00	24,77
2020	KASIM	34.305,42	11,00	14,83
2020	ARALIK	29.094,07	12,00	10,00

Y bağımlı değişken; Aylık üretim miktarları

X₁ bağımsız değişken; Aylık dönemler

X₂ bağımsız değişken; Sıcaklık Değerleri olarak verilmiştir.

Doğrusal modelimiz;

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + U_1 \text{ bu şekildedir.}$$

Çalışmanın parametrelerini EKK yöntemi ve EVIEWS programı ile tahmin edilerek doğrusal model oluşturulmuştur.

EKK Yöntemi;

$$\beta_0 = \frac{EY - ((EX_1 * \beta_1) + (EX_2 * \beta_2))}{n}$$

$$\beta_1 = \frac{(Ex_1y)(Ex_2^2) - (Eyx_2) \cdot (Ex_1x_2)}{(Ex_1^2)(Ex_2^2) - (Ex_1x_2)^2}$$

$$\beta_2 = \frac{(Ex_2y)(Ex_1^2) - (Eyx_1) \cdot (Ex_1x_2)}{(Ex_1^2)(Ex_2^2) - (Ex_1x_2)^2}$$

β_1 ve β_2 tahmini;

$$(E_{x_1y}) = 100.025,92$$

$$(E_{x_2^2}) = 910,98$$

$$(E_{yx_2}) = 1.374.497,96$$

$$(E_{x_1x_2}) = 84,102$$

$$(E_{x_1^2}) = 143$$

$$(E_{x_2^2}) = 910,98$$

$$(E_{x_1x_2})^2 = 7.073,25$$

$$EY = 549.092,48$$

$$EX_1 = 78$$

$$EX_2 = 260,24$$

$$n = 12$$

$$\beta_1 = \frac{(100.025,92) \cdot (910,98) - (1.374.497,96)(84,102)}{(143) \cdot (910,98) - (7.073,25)} = \frac{-24.476.414,82}{123.196,89} = -198,68$$

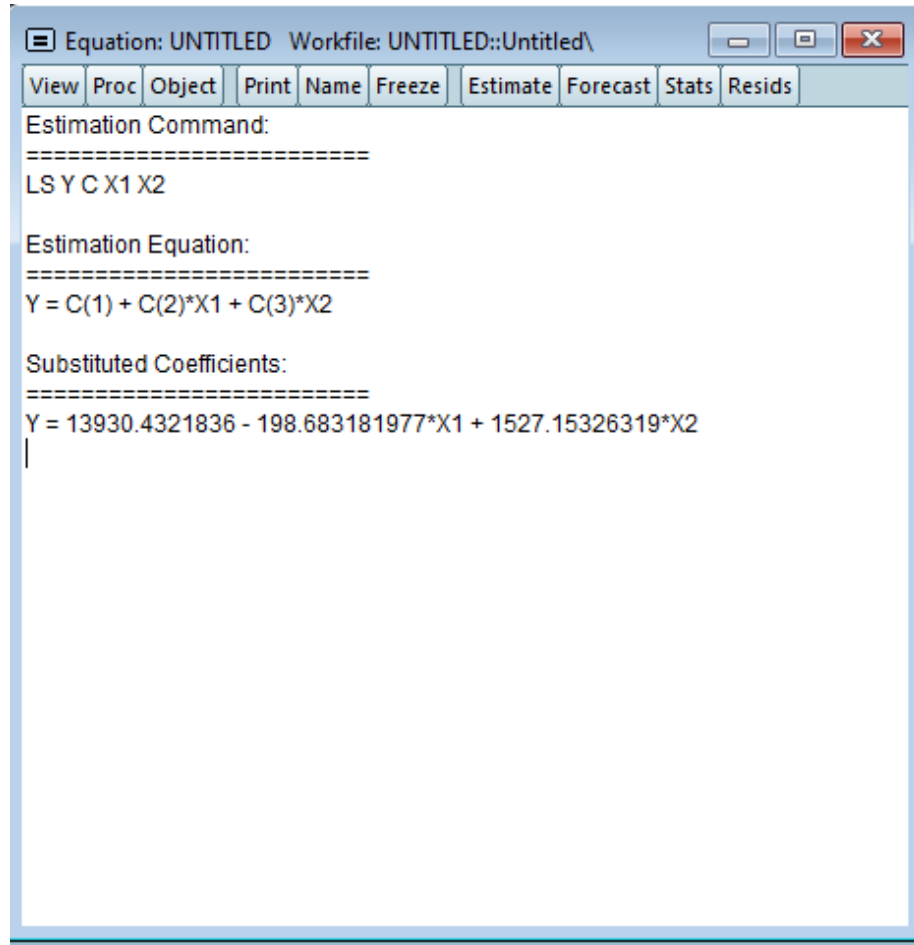
$$\beta_2 = \frac{(1.374.497,96)(143) - (100.025,92)(84,102)}{(143)(910,98) - (7.035,25)} = \frac{188.140.828,36}{123.196,89} = 1.527,15$$

$$\beta_0 = \frac{549.092,48 - ((78 \cdot (-198,68)) + (260,24 \cdot 1.527,15))}{12} = \frac{167.164,01}{12} = 13.930,43$$

Elde edilen bu parametreler sonucu oluşan doğrusal modelimiz;

$$Y = 13.930,43 - 198,68X_1 + 1.527,15X_2$$

Eviews programdan elde edilen model çıktısı;



Şekil 5.1. Eviews Model Çıktısı

Equation: UNTITLED Workfile: UNTITLED::Untitled\

ViewProcObjectPrintNameFreezeEstimateForecastStatsResids

Dependent Variable: Y
Method: Least Squares
Date: 01/21/21 Time: 12:58
Sample: 2020M01 2020M12
Included observations: 12

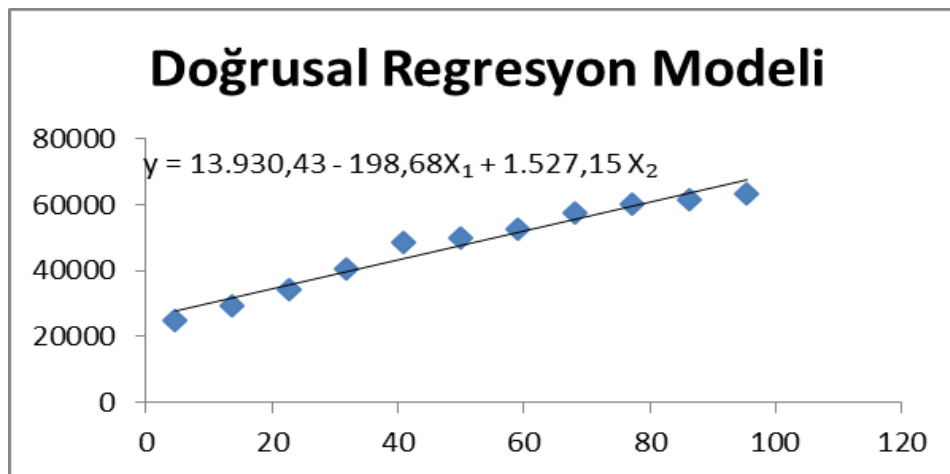
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	13930.43	3335.752	4.176100	0.0024
X1	-198.6832	331.3986	-0.599529	0.5636
X2	1527.153	131.2998	11.63104	0.0000

R-squared	0.939594	Mean dependent var	45757.71
Adjusted R-squared	0.926170	S.D. dependent var	14183.43
S.E. of regression	3853.862	Akaike info criterion	19.56386
Sum squared resid	1.34E+08	Schwarz criterion	19.68508
Log likelihood	-114.3831	Hannan-Quinn criter.	19.51897
F-statistic	69.99596	Durbin-Watson stat	1.890321
Prob(F-statistic)	0.000003		

Şekil 5.2. Eviews İstatiksel Hesaplamalar Çıktısı

Oluşan modelin $R^2 = 0,94$ değeri ile bağımlı değişkenin (üretimin) bağımsız değişkenleri (ay ve sıcaklık değerleri) açıklama oranı yüksektir.

Prob. Değeri 0.05 den küçük olduğu için model anlamlı sonuç vermiştir.



Grafik 5.1. Doğrusal Regresyon Modeli Grafiği

Oluşan doğrusal model ile öngörülen 2021 yılı üretim değerlerini bulmak için;

$$Y = 13.930,43 - 198,68X_1 + 1.527,15X_2$$

X_1 = Aylık Değerleri

X_2 = Sıcaklık Değerleri

Modelde aylık ve sıcaklık değerlerimizi koyduktan sonra yeni oluşan Regresyon(Y) değeri sonuçları;

Tablo 5.5. Üretim Regresyon Çıktısı

AYLAR	REGRESYON (Y)
OCAK	28.559,59
ŞUBAT	28.751,60
MART	39.541,73
NİSAN	45.510,64
MAYIS	55.154,49
HAZİRAN	55.827,76
TEMMUZ	64.161,65
AĞUSTOS	60.739,59
EYLÜL	59.849,94
EKİM	49.775,96
KASIM	34.389,19
ARALIK	26.821,66

Y değerleri oluştuğundan sonra ileriki ayları doğru tahmin edebilmek için mevsimsellik yani sıcaklık değerlerini göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Bu yüzden ortalama değer indeksi (ODİ) değerlerini 12 ay belirlemek için;

Mevcut üretim Y değerimizi yeni oluşan $\hat{Y}$ değeri oranlayarak bulunur;

Tablo 5.6. Üretim İçin Ortalama Değer İndeksi

ODİ	
İlk ay için	0,94
İkinci ay için	0,86
üçüncü ay için	1,02
dördüncü ay için	1,09
beşinci ay için	1,05
altıncı ay için	1,08
yedinci ay için	0,96
sekizinci ay için	1,04
dokuzuncu ay için	0,88
onuncu ay için	0,98
onbirinci ay için	1,00
onikinci ay için	1,08

Ortalama Değer İndeksi oluştuktan sonra 2021 yılı öngörü tahmini;

$$\hat{Y} = (\beta_0 + (\beta_1 * (n+1) + (\beta_2 * (\text{tahmin edilen ayın sıcaklık değeri})_1))) * ODİ_1$$

$$\hat{Y} = (\beta_0 + (\beta_1 * (n+2) + (\beta_2 * (\text{tahmin edilen ayın sıcaklık değeri})_2))) * ODİ_2$$

Bu şekil oluşturularak elde edilen 2021 yılı üretim tahmini;

Tablo 5.7. 2021 Yılı Üretim Öngörüsü

AYLAR	REGRESYON (Ŷ)
OCAK	24.624,87
ŞUBAT	22.766,69
MART	37.852,22
NİSAN	47.134,13
MAYIS	55.176,24
HAZİRAN	57.737,24
TEMMUZ	59.399,95
AĞUSTOS	60.614,36
EYLÜL	50.519,67
EKİM	46.270,17
KASIM	31.927,03
ARALIK	26.507,88

Oluşan doğrusal regresyon model ile öngörülen 2021 yılı üretim verileri elde edilmiştir ve öngörülen 2021 yılı tüketim tahminleri oluşturmak için;

Tablo 5.8. Tüketim, Sıcaklık ve Aylık Dönem Değişkenleri

YIL	AY	TÜKETİM(Y)	AYLIK DÖNEMLER(X1)	SICAKLIK (X2)
2020	OCAK	350.085,20	1,00	9,71
2020	ŞUBAT	331.476,31	2,00	9,97
2020	MART	329.737,26	3,00	17,16
2020	NİSAN	289.850,43	4,00	21,20
2020	MAYIS	296.291,13	5,00	27,65
2020	HAZİRAN	329.849,55	6,00	28,22
2020	TEMMUZ	392.869,13	7,00	33,80
2020	AĞUSTOS	381.983,17	8,00	31,69
2020	EYLÜL	368.104,58	9,00	31,24
2020	EKİM	342.035,51	10,00	24,77
2020	KASIM	338.819,59	11,00	14,83
2020	ARALIK	322.088,40	12,00	10,00

Y bağımlı değişken; Aylık tüketim miktarları

X₁ bağımsız değişken; Aylık dönemler

X₂ bağımsız değişken; Sıcaklık Değerleri olarak verilmiştir.

Doğrusal model;

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + U_1 \text{ bu şekildedir.}$$

.

EKK Yöntemi;

$$\beta_0 = \frac{EY - ((EX_1 * \beta_1) + (EX_2 * \beta_2))}{n}$$

$$\beta_1 = \frac{(Ex_1y)(Ex_2^2) - (Eyx_2).(Ex_1x_2)}{(Ex_1^2)(Ex_2^2) - (Ex_1x_2)^2}$$

$$\beta_2 = \frac{(Ex_2y)(Ex_1^2) - (Eyx_1).(Ex_1x_2)}{(Ex_1^2)(Ex_2^2) - (Ex_1x_2)^2}$$

β_1 ve β_2 tahmini;

$$(Ex_1y) = 277.789,43$$

$$(Ex_2^2) = 910,98$$

$$(Eyx_2) = 1.276.099,71$$

$$(Ex_1x_2) = 84,102$$

$$(Ex_1^2) = 143$$

$$(Ex_2^2) = 910,98$$

$$(Ex_1x_2)^2 = 7.073,25$$

$$EY = 4.073.190,27$$

$$EX_1 = 78$$

$$EX_2 = 260,24$$

$$n = 12$$

$$\beta_1 = \frac{(277.789,43)*(910,98) - (1.276.099,71)(84,102)}{(143)*(910,98) - (7.073,25)} = \frac{145.738.077,13}{123.196,89} = 1.182,96$$

$$\beta_2 = \frac{(1.276.099,71)(143) - (277.789,43)(84,102)}{(143)(910,98) - (7.035,25)} = \frac{159.119.611,85}{123.196,89} = 1.291,58$$

$$\beta_0 = \frac{4.073.190,27 - ((78*(1.182,96) + (260,24*1.292,58))}{12} = \frac{3.644.798,6}{12} = 303.733,22$$

Elde edilen bu parametreler sonucu oluşan doğrusal model;

$$Y = 303.733,22 + 1.182,96X_1 + 1.291,58X_2$$

Oluşan doğrusal model ile öngörülen 2021 yılı tüketim değerlerini bulmak için;

$$Y = 303.733,22 + 1.182,96X_1 + 1.291,58X_2$$

X_1 = Aylık Değerleri

X_2 = Sıcaklık Değerleri

Modelde aylık ve sıcaklık değerleri koyduktan sonra yeni oluşan Regresyon(Y) değeri sonuçları;

Tablo 5.9. Tüketim Regresyon Çıktısı

AYLAR	REGRESYON (Y)
OCAK	317.457,05
ŞUBAT	318.970,45
MART	329.447,37
NİSAN	335.846,67
MAYIS	345.354,10
HAZİRAN	347.274,53
TEMMUZ	355.674,05
AĞUSTOS	354.130,79
EYLÜL	354.729,36
EKİM	347.560,14
KASIM	335.897,55
ARALIK	330.848,20

Y değerleri oluştuktan sonra ileriki ayları doğru tahmin edebilmek için mevsimsellik yani sıcaklık değerlerini göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Bu yüzden ortalama değer indeksi (ODİ) değerlerini 12 ay belirlemek için;

Mevcut tüketim Y değerini yeni oluşan $\hat{Y}$ değeri oranlayarak bulunur;

Tablo 5.10. Tüketim İçin Ortalama Değer İndeksi

ODİ	
İlk ay için	1,10
İkinci ay için	1,04
üçüncü ay için	1,00
dördüncü ay için	0,86
beşinci ay için	0,86
altıncı ay için	0,95
yedinci ay için	1,10
sekizinci ay için	1,08
dokuzuncu ay için	1,04
onuncu ay için	0,98
onbirinci ay için	1,01
onikinci ay için	0,97

Ortalama Değer İndeksi oluştuktan sonra 2021 yılı öngörü tahmini;

$$\ddot{Y} = (\beta_0 + (\beta_1 * (n+1) + (\beta_2 * (\text{tahmin edilen ayın sıcaklık değeri})_1)) * ODİ_1$$

$$\ddot{Y} = (\beta_0 + (\beta_1 * (n+2) + (\beta_2 * (\text{tahmin edilen ayın sıcaklık değeri})_2)) * ODİ_2$$

.

.

Bu şekil oluşturularak elde edilen 2021 yılı tüketim tahmini;

Tablo 5.11. 2021 Yılı Tüketim Öngörüsü

AYLAR	REGRESYON (Y)
OCAK	365.739,77
ŞUBAT	346.228,44
MART	343.945,31
NİSAN	302.101,82
MAYIS	308.469,99
HAZİRAN	343.332,83
TEMMUZ	408.549,21
AĞUSTOS	397.295,20
EYLÜL	382.835,39
EKİM	356.005,42
KASIM	353.138,64
ARALIK	335.908,11

2021 yılı üretim ve tüketim öngörüsü yapıldıktan sonra mevcut santrallerin enerji tedarikini karşılama oranı aşağıda tablodaki sonuca ulaşılmıştır.

Tablo 5.12. 2021 Yılı Öngörülen Üretim Ve Tüketim Oranı

AYLAR	2021 YILI TAHMİNİ ÜRETİM	2021 YILI TAHMİNİ TÜKETİM	ÜRETİMİN TÜKETİMİ KARŞILAMA ORANI
OCAK	24.624,87	365.739,77	7%
ŞUBAT	22.766,69	346.228,44	7%
MART	37.852,22	343.945,31	11%
NİSAN	47.134,13	302.101,82	16%
MAYIS	55.176,24	308.469,99	18%
HAZİRAN	57.737,24	343.332,83	17%
TEMMUZ	59.399,95	408.549,21	15%
AĞUSTOS	60.614,36	397.295,20	15%
EYLÜL	50.519,67	382.835,39	13%
EKİM	46.270,17	356.005,42	13%
KASIM	31.927,03	353.138,64	9%
ARALIK	26.507,88	335.908,11	8%

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada Kahramanmaraş ve Adıyaman illerindeki güneş enerjisi santrallerinin üretimi incelenmiş, bu üretim değerleri üzerinde sıcaklık ve güneşlenme sürelerinin ne kadar etkisi olduğu analiz edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca incelenen bu üretim değerleri bölgenin enerji tüketim değerleri ile karşılaştırılmış ve bu santrallerin bölgenin enerji ihtiyacı üzerindeki etkisi veya bölgedeki enerji tedariki üzerindeki oranları ortaya çıkarılmıştır.

Çalışmayı desteklemek amacıyla geniş bir literatür taraması yapılmış, yapılan araştırmalarda elektrik enerjisinin üretiminden tüketimine kadar olan tüm tedarik zinciri süreci incelenmiştir. Serbestleşen enerji piyasasındaki bu süreçlerin aşamaları araştırılmış ve bu araştırma tezinde de bu konulara yer verilmiştir.

Araştırmanın ana konusunu da oluşturan güneş enerjisi santralleri ve bu santrallerin üretimi için geniş bir literatür araştırması yapılmıştır. Santrallerin kurulum aşamasından üretim aşamasına kadar olan süreçler incelenmiş ve bu süreçlerdeki kurulum için gerekli olan şartlara, üretim için gerekli meteorolojik koşullara değinilmiştir. Ülke genelindeki bölgesel olarak santral yoğunluğu olan bölgeler incelenmiş ve son olarak tımdengelim şeklinde ülke genelinden araştırmanın da yapılacağı Kahramanmaraş ve Adıyaman illerinin olduğu bölgeye yoğunlaşmıştır. Bu bölgedeki üretim verileri incelenmiş; incelenen veriler ile hava koşulları arasındaki ilişki matematiksel yöntemlerle ortaya koyulmuştur.

Bölgenin elektrik enerjisi tüketim davranışlarını incelemek adına geçmiş yıllara ait tüketim verilerine ulaşılmış ve bu veriler ışığında, regresyon analizi yardımıyla geleceğe yönelik tüketim tahmininde bulunulmuştur. Çıkan sonuçlar ile üretim verileri karşılaştırılmış ve bölgedeki santraller tarafından sağlanan enerji üretiminin enerji tüketimini karşılayıp karşılamayacağını desteklemek adına matematiksel bir hipotez kurulmuştur.

Elde edilen bulgulardan GES santrallerinin bölgedeki mevcut enerji tüketimini karşılama oranlarının aylara göre değişmekle birlikte %7 ile %18 arasında kaldığı sonucu ortaya çıkmıştır. Artan tüketim ihtiyacına karşılık GES santrallerinin enerji tedarikinde etkisinin artması için bölgeye daha çok santral kurulabileceği öngörüsünde bulunulmuştur. Ayrıca sıcaklığın artması ile üretimin de arttığı yani güneşlenme süresi ve sıcaklık faktörlerinin santrallerin enerji üretimi üzerinde doğrudan etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- AFŞAR, Y., 2015. "Elektrik Enerjisinde Tedarik Zinciri Yönetimi: Türkiye’de Kullanıcılara Yönelik Bilgisayar Uygulama Önerisi", Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- AKAN, Y., VE TAK, S., 2003. "Türkiye Elektrik Enerjisi Ekonometrik Talep Analizi” İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 17 (1-2), ss. 21-49.
- AKAR, S. G., 25-27 Nisan, 2019. "Jeotermal Enerji Tedarik Zinciri: Aydın İlinde Bir Örnek", 8. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, ss. 1-9.
- AKKAYA, S., 2007. "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi ve Rüzgar Enerjisi Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- AKMAN, T., YILMAZ, C., VE SÖNMEZ Y., 2018. "Elektrik Yüğü Tahmin Yöntemlerinin Analizi", Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4 (3), ss. 168-175.
- ALBAYRAK, B., 2011. "Elektrik Enerjisi Üretiminde Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Finansmanı: Bir Uygulama", Doktora Tezi, Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- ASADZADEHSAADATLOU, M., 2015. "Konutlar İçin Şebekeden Bağımsız Düşük Güçlü Bir Güneş Enerji Sisteminin Tasarım ve Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- ASLAN, Y., YAŞAR, C., VE NALBANT A., 2006. "Kütahya İlinin Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Elektrik Puant Yük Tahmini” Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (11), ss. 63-74.
- ASLANTAŞ, A., 2018. "Dünya’da ve Türkiye’de Biyokütle Enerjisinin Kullanımı ve Potansiyeli", Yüksek Lisans Tezi, KTO Karatay Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- BAĞDADIOĞLU, N., 2009. "Türk Elektrik Dağıtım Sektöründe Hizmet Kalitesine Yönelik Özendirici Bir Düzenleme Uygulaması” İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 11 (1), ss. 23-44.
- BATMAZ, E. B., 2018. "Güneş Enerji Sisteminde Meteorolojik Parametrelerin Etkilerinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BİÇEN, Y., 2016. "Türkiye Elektrik Enerjisi Piyasası Gelişim Süreci: Gün Öncesi ve Dengeleme Güç Piyasası Özellikleri”, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 6 (2), ss. 432-438.
- CEBECİ, S., 2017. "Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi", Uzmanlık Tezi, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Ankara.

- CEPE, A., 2009. "Hava Durumu Verileri İle Bir Enerji Nakil Hattındaki Arızaların Regresyon Analizi Kullanılarak Tahmin Edilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- ÇAĞAL, F. E., 2009. "Biyokütle Enerjisi Potansiyelinin Türkiye Açısından Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- ÇETİN, A., 2018. "Türkiye Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Enerji Tedarik Sürekliliği Performans Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- ÇİTANAK, N., 2014. "Güneş Enerji Kaynağından Elektrik Enerjisi Üretimi", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- ÇİFTÇİ, M., 2015. "Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Yerel Yönetimlerde Kullanılan SWOT Analizi. Örnek: Bursa Gürsu Belediyesi", Yüksek Lisans Tezi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- ÇOLAK, İ., BAYINDIR, R., VE DEMİRTAŞ, M. "Türkiye’nin Enerji Geleceği", Tübvav Bilim Dergisi, 1 (2), ss. 36-44.
- DEMİRKOL, Z., 2013. "Afyonkarahisar İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- DEMİRÖZ, E., KURBAN, M., VE DOKUR, E. "Güneş Enerji Sistemlerinin Verimlilik Analizi, Bilecik-Kütahya Uygulaması", İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 5 (2), ss. 87-100.
- ERTUĞRUL, H. M., 2011. "Türkiye’de Elektrik Tüketimi Büyüme İlişkisi: Dinamik Analiz", Enerji Piyasa ve Düzenleme , 2, ss. 49-73.
- GİRGİN, H. M., 2011. "Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralının Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW’ lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- GÜVENEK, B., 2009. "Enerji Piyasası Reformları ve Bu Reformların Elektrik Enerjisi Piyasası Üzerine Etkisi: Elektrik Enerjisi Üreten Kuruluşlar Üzerine Bir Uygulama", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- KANAT, H., 2019. "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisi Yatırımlarını Etkileyen Faktörler: Konya Güneş Enerjisi Yatırımları Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- KAPLUHAN, E., 2014. "Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Güneş Enerjisinin Dünya’daki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu", Coğrafya Dergisi, (29), ss. 70-98.

- KARADAVUT, A., 2019. "Yarı Kesik ve Tam Hücreli Fotovoltaik Modüllerin Matematiksel Modellenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- KARATAŞ, S., 2009. "Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçerisinde Rüzgar ve Güneş Enerjilerinin Yeri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- KAYA, T. O., 2018. "Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Önemi", Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- KEÇECİOĞLU, Ö. F., TEKİN, M., GANİ, A., AÇIKGÖZ, H., GEMCİ, A., VE ŞEKKELİ, M., 2015. "Bir Güneş Enerji Santralinin Elektrik Şebekesindeki Güç Kalitesi Parametrelerine Etkisinin İncelenmesi", Mühendislik Bilimleri Dergisi, 18 (2), ss. 17-24.
- KILIÇ, F. Ç., 2015. "Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri", İklimlendirme ve Soğutma Teknolojisi Programı , Kocaeli, 7s.
- KILIÇ, N., 2006. "Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim ve Tüketimine Genel Bakış" AR&GE BÜLTEN, Temmuz.
- KOÇHAN, Ö., 2019. "Evsel Uygulamalar İçin Güneş Enerji Sisteminin Geliştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli.
- KOZAK, M., VE KOZAK, Ş., 2012. "Enerji Depolama Yöntemleri", SDU International Technologic Science, 4 (2), ss. 17-29.
- KURT, S., 2006. "Türkiye’nin Enerji Tedarik Politikalarının Avrasya Enerji Boru Hattı Projeleri Çerçevesinde Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Trabzon.
- KÜKRER, B., 2007. "Hidrojen Enerjisinin Gelişme Potansiyeli ve Türkiye Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- MURAT, N., "Türkiye’de Elektrik Enerjisi Talebi ve Elektrik Tüketimi İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki” Sosyal Ve Araştırmalar Dergisi, ss. 107-121.
- ÖZDURAK, C., 2018. "Dissertation Submitted In Fulfillment Of The Requirements For Degree Of Phd In Department Of Financial Economics", Master Thesis, Yeditepe University Social Sciences Institute, İstanbul.
- ÖZGÜR, E., 2018. "Türkiye’nin Fotovoltaik Enerji Gelişiminin Karşılaştırmalı Analizi: Yasal Altyapı, Mevcut Kurulu Güç ve Projeksiyonlar”, Yüksek Lisans Tezi, Bolu İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- PINAR, A., BULDUR, A. D., VE TUNCER, T., 2020. "Türkiye’deki Güneş Enerji Santralleri Dağılımının Coğrafi Perspektiften Analizi", Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 13 (69), ss. 424-435.

- SAKA, A., 2016. "Enerji Lojistiği", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- SALTIK, H. H., 2015. "Enerji Arz Güvenliği ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları", Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- SANER, H. S., 2015. "Türkiye’de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi ve Çevresel Etkileri: Karapınar ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- SARIKAYA, U., 2010. "Niğde İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli", Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- SELBAŞ, R., YAKUT, A. K., VE ŞENCAN, A., 2003. "Güneş Kulesi Modeli İle Elektrik Enerjisi Üretimi İçin Bir Uygulama", Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9 (2), ss. 179-184.
- ŞENOL, R., 2005. "Güneş İzlemeli Fotovoltaik Pillerin Mobil Ölçüm İstasyonlarına Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- ŞAHİN, K., 2008. "Türkiye’de Etkili Olan Hava Durumu Modelleriyle Samsun’da Bazı Meteorolojik Değişkenler Arasındaki İlişkiler: 2008 Yılı Örneği", Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 3 (10), ss. 537-557.
- TAKTAK, F., VE İLİ, M., 2018. "Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği", Geomatik Dergisi, 3 (1), ss. 1-21.
- TOPAL, F., 2019. "Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizmasının (YEKDEM) Elektrik Piyasalarına Olan Etkileri ve Sürdürülebilir Bir Model Önerisi", Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- TSKB (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası), 2020. Enerji Görünümü, İstanbul, 94s.
- ULUM, T., 2019. "Adıyaman İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli", Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- URGUN, N., 2015. "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Bakımından Türkiye’nin Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Harekete Geçirilmesine Yönelik Stratejiler", Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- VARINCA, K. B., VE GÖNÜLLÜ, M. T., 2006. "Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma", I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 21-23 Haziran, ss. 270-275.
- YALÇIN, L., 2016. "İĞDIR VE FV GÜNEŞ ELEKTRİĞİ", Serka Kalkınma Ajansı, İğdır: Metosfer Enerji Mühendislik ve Meteoroloji Hizmetleri Limited Şirketi, 202.

YILDIZ, H. G., 2018. "Biyokütle Temelli Sürdürülebilir Enerji Tedarik Zinciri Tasarımı İçin Çok Amaçlı Bir Matematiksel Programlama Modeli Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

YÜKSELTAN, E., 2016. "Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin Zaman Serileri İle Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Kadir Has Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

İNTERNET KAYNAKLARI:

<https://www.teias.gov.tr> , Erişim Tarihi: 09.01.2021.

<https://www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>, Erişim Tarihi: 15.12.2020.

<https://www.enerjiportali.com/japon-firmasi-izmir-de-ruzgar-turbini-ekipmani-uretecek/> , Erişim Tarihi: 20.01.2021.

<https://www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar> , Erişim Tarihi: 20.01.2021.

<https://www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal> , Erişim Tarihi: 12.12.202.

<https://www.enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> , Erişim Tarihi: 20.01.2021.

<https://www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle> , Erişim Tarihi: 02.01.2021.

<https://www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle> , Erişim Tarihi: 02.01.2021.

<https://www.enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes> , Erişim Tarihi: 15.01.2021.

<https://www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> , Erişim Tarihi: 15.01.2021.

<https://www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> , Erişim Tarihi: 15.01.2021

<https://www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/46.aspx> , Erişim Tarihi: 15.01.2021.

<https://www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/46.aspx> , Erişim Tarihi: 15.01.2021.

<https://www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/46.aspx> , Erişim Tarihi: 15.01.2021.

<https://www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/2.aspx> , Erişim Tarihi: 15.01.2021.

<https://www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/2.aspx> , Erişim Tarihi: 15.01.2021.

<https://www.gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/2.aspx> , Erişim Tarihi: 15.01.2021.

https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/elektrik-ye-tr_web.pdf , Erişim Tarihi: 20.01.2021.

<https://korelasyon-katsayisi-ve-regresyon.hesabet.com> , Erişim Tarihi: 28.01.2021.

<https://tr.freemeteo.com> , Erişim Tarihi: 28.01.2021.

