

T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

NEVŞEHİR İLİNDE YENİLEBİLİR ENERJİ
KAYNAKLARININ POTANSİYELİ VE
UYGULANABİLİRLİĞİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tezi Hazırlayan
Hakan KAYA

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Hakan DULKADİROĞLU

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Haziran 2021
NEVŞEHİR

KABUL VE ONAY YAZISI

Dr. Öğr. Üyesi Hakan DULKADİROĞLU danışmanlığında Hakan KAYA tarafından hazırlanan “*Nevşehir İlinde Yenilebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi*” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

01/06/2021

JÜRİ

İMZA

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Hakan DULKADİROĞLU

Üye : Doç. Dr. Seval ARAS

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin CÜCE

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulu'nun .../.../2021 tarih ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.../.../2021

.....
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİM YAZISI

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Tezi Hazırlayan
Hakan KAYA

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca her türlü konuda bilgilerini benimle paylaşan, desteğini benden esirgemeyen ve güler yüzlü değerli danışman hocam Hakan DULKADİROğLU'na teşekkürlerimi sunarım.



NEVŞEHİR İLİNDEKİ YENİLEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ POTANSİYELİ VE UYGULANABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yeksek Lisans Tezi)

Hakan KAYA

NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2021

ÖZET

Dünyada gün geçtikçe artan enerji talebi yakın zamana kadar büyük oranda fosil kaynaklardan karşılanmıştır. Ancak gerek bu kaynakların hızla tükenmekte oluşu ve gerekse neden oldukları çevresel zararlar alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyi zorunlu hale getirmiştir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynakları son dönemde öne çıkmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerin termik santralleri azaltarak yenilenebilir kaynaklardan sağladıkları enerjinin oranını hızla arttırdıkları görülmektedir. Türkiye'de de yenilenebilir enerji kullanımı her geçen gün artmakta ve özel ve kamu destekli projeler başlatılmaktadır. Yenilenebilir kaynaklara yapılacak olan yatırımların verimli olabilmesi için öncesinde iyi etüd edilmesi gereklidir. Hangi bölge için hangi yöntemlerin daha uygun olduğu saptanmalıdır. Bu çalışmanın amacı Nevşehir ilindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılarak hangi yöntemin avantajlı ve uygulanabilir olduğunu ortaya koymaktır. Çalışma sonucunda enerji potansiyeli, maliyet ve çevresel etkiler açısından en uygun yöntemin güneş enerji santralleri olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler : *Yenilenebilir Enerji, Nevşehir, Enerji Potansiyeli, Maliyet.*
Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Hakan DULKADİROĞLU**
Sayfa Adedi : **110**

**EVALUATION OF THE POTENTIAL AND APPLICABILITY OF
RENEWABLE ENERGY RESOURCES IN NEVŞEHİR PROVINCE**

(Master Thesis)

Hakan KAYA

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY, INSTITUTE OF NATURAL
AND APPLIED SCIENCES**

June 2021

ABSTRACT

The day by day increasing energy demand in the world has been supplied mostly by fossil resources until recently. However, due to both run out and environmental hazards of these resources, it has become an obligation to turn toward alternative resources. In this context, renewable energy resources have been coming forward recently. It can be seen that especially developed countries are increasing their energy supplied from renewable resources while decreasing the number of thermal power plants. Also in Turkey, the renewable energy use is increasing day by day and the projects supported by public or private organizations are initialized. For an efficient renewable energy investment, a good survey is necessary before initialization of a project. It should be determined that which method is more appropriate for which region. The aim of this study is to investigate the renewable energy resources in Nevsehir province to determine that which method has more advantages and is more applicable. As the result of the study, it was determined that the solar power plants are the most suitable method in terms of energy potential, costs and environmental impacts.

Keywords : Renewable Energy, Nevsehir, Energy Potential, Cost.
Thesis Supervisor : Assist. Prof. Dr. Hakan DULKADİROĞLU
Page Number : 110

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY YAZISI	ii
TEZ BİLDİRİM YAZISI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLOLAR LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
RESİMLER LİSTESİ	xii
HARİTALAR LİSTESİ	xiii
SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiv
1. BÖLÜM.....	15
2. BÖLÜM.....	19
2.1. Enerji ve Sürdürülebilirlik Kavramları.....	19
2.2. Enerji	20
2.3. Enerji türleri	23
2.3.1. Potansiyel enerji	26
2.3.2. Kinetik enerji.....	27
2.3.3. Isı enerjisi	28
2.3.4. Elektrik enerjisi	29
2.3.5. Işık enerjisi	30
2.3.6. Kimyasal enerji	31
2.3.7. Nükleer enerji.....	32
2.3.8. Ses enerjisi	33
2.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	35

2.4.1.	Güneş enerjisi.....	36
2.4.2.	Rüzgâr enerjisi	38
2.4.3.	Hidroelektrik enerjisi	40
2.4.4.	Jeotermal enerji	40
2.4.5.	Biyokütle enerjisi	41
2.4.6.	Hidrojen enerjisi.....	42
3.	BÖLÜM.....	44
3.1.	Dünyada Yenilenebilir Enerji Kullanımı	44
3.2.	Türkiye'de Enerji Sektörünün Mevcut Durumu	51
3.3.	Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Kullanım Durumu	51
4.	BÖLÜM.....	59
4.1.	Nevşehir İli	59
4.1.1.	Coğrafi yapı.....	59
4.1.2.	İklim ve bitki örtüsü	61
4.1.3.	Nüfus ve yerleşim	61
4.1.4.	Bölge ekonomisi	62
4.2.	Yöntem	64
4.3.	SWOT Analizi	64
5.	BÖLÜM.....	66
5.1.	Nevşehir İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları	66
5.1.1.	Güneş enerjisi potansiyeli ve kullanım durumu.....	66
5.1.2.	GES Kurulum Maliyet Analizi.....	69
5.1.3.	Rüzgâr enerjisi potansiyeli ve kullanım durumu	77
5.1.4.	RES Kurulum Maliyet Analizi.....	81
5.1.5.	Jeotermal enerji potansiyeli ve kullanım durumu	83
5.1.6.	Biyoenerji Potansiyeli ve Kullanım Durumu.....	86
5.2.	Türkiye'de Enerji Sektörünün Mevcut Durumu için SWOT Analizi	91

5.3. Nevşehir'deki Yenilenebilir Enerji Kaynakları için SWOT Analizi.....	94
6. BÖLÜM.....	98
KAYNAKÇA.....	102



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1. 2020 Yılı İtibari ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tahmini Miktarları [59]	44
Tablo 3.2 Dünya Üzerindeki Jeotermal Enerji Kaynaklarının Doğrudan Kullanımı Miktarlarının Dağılımı [65].....	50
Tablo 5.1. Nevşehir’de Aktif ve Yapım Aşamasındaki Güneş Enerji Santralleri	68
Tablo 5.2. 1 MVA GES Kurulumu için kullanılacak parametreler	72
Tablo 5.3. 1 MVA GES Kurulum ve Periyodik Gider Tablosu 1	73
Tablo 5.4. 1 MVA GES Kurulum ve Periyodik Gider Tablosu 2.....	74
Tablo 5.5. 1-5 Yıllık Gelir- Gider Tablosu	75
Tablo 5.6. 5-10 Yıllık Gelir- Gider Tablosu	75
Tablo 5.7. Geri Ödeme Tablosu.....	77
Tablo 5.8. İncelenen Sahalar İçin Oluşturulan Kriter Tablosu [10].....	79
Tablo 5.9. Nevşehir İlindeki Tespit Edilen Rüzgar Enerjisi Sahaları [10]	80
Tablo 5.10. Türbinlerin yıllık enerji üretimi	81
Tablo 5.11.Rüzgar Enerji Santral Verileri	82
Tablo 5.12. Rüzgar Santrali Geri Dönüş Tablosu	82
Tablo 5.13. Nevşehir İlindeki Jeotermal Kaynakların Hesaplanan Isı Kapasiteleri [86]	85
Tablo 5.14. Nevşehir ilinde 2018 yılı için il/ilçe belediyelerince toplanan ve yerel yönetimlerce (büyükşehir belediyesi/ belediye/ birliklerce yönetilen belediye atığı miktarı ve toplanma, taşınma ve bertaraf yöntemleri [87]	87
Tablo 5.15. Türkiye’de enerji sektörünün mevcut durumu için SWOT analizi.....	92
Tablo 5.16. Nevşehir ilinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını için SWOT analizi	96

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Dünya Birincil Enerji Talebi [15]	21
Şekil 2.2. Dünya Enerji Tüketimi (Kilogram petrol eş değeri) [16]	22
Şekil 2.3. Enerji Çeşitleri [18]	23
Şekil 2.4. Güneş Enerjisi Santrali (GAS) Elemanları [43].....	37
Şekil 3.1. Yenilenebilir Elektrik Enerjisi Üretimi Kaynaklarının Büyüme Seviyeleri (2018-2020) [62]	46
Şekil 3.2. Küresel 2019 Yılı İçin Temel Enerji İçerisinde Yenilenebilir Enerji Oranları [63]	47
Şekil 3.3. Global Yenilenebilir Enerji Kapasitesi 2010 – 2019 Yılları Arası İstatistikleri [64]	48
Şekil 3.4. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası [69]	53
Şekil 3.5. Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Toplam Üretimi [9]	55
Şekil 4.1. Nevşehir İlinin 2006-2019 Yılları Arasındaki Nüfus Değişimi [76].....	62
Şekil 5.1. Nevşehir İli Aylık Güneşlenme Süreleri (Saat) [81].....	66
Şekil 5.2. Nevşehir İli Güneş Enerji Potansiyel Atlası [81].....	67
Şekil 5.3. Nevşehir Sahası Genel Görünüm (Üst) ve Nevşehir Sınırları ve Baisala Haritası İle Birlikte Görünümü [10].....	78
Şekil 5.4. Çöp Gazı Proses Akışı	89
Şekil 5.5. Çöp Gaz Çalışma Prosesi.....	90

RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1. Jeotermal Enerji Kaynaklarının Kullanıldığı Termal Tesislerden Örnekler [70]	58
Resim 5.1. Derinkuyu ve Blok Bims GES	69
Resim 5.2. Nevşehir Katı Atık Depolama Sahası	86
Resim 5.3.Nevşehir Düzenli Çöp Depolama Sahası	88
Resim 5.4.Nevşehir Düzenli Çöp Depolama Sahası Gaz Motorları	91



HARİTALAR LİSTESİ

Harita 3.1. Türkiye’deki Jeotermal kaynaklar ve sıcaklık dağılımı [70]	57
Harita 4.1. Nevşehir İlinin Coğrafi Haritası [73]	60
Harita 5.1. Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası [83].....	83
Harita 5.2. Türkiye’nin Jeotermal Haritası (üstte) ve Jeotermal Kaynak Alanları ve Sıcaklık Dağılımı [84].....	84



SİMGE VE KISALTMALAR LİSTESİ

BM : Birleşmiş Milletler

ETKB : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

GES : Güneş Enerji Santrali

GWh : Gigavatsaat

KWh : Kilovatsaat

MTA : Maden Teknik Arama

MWh : Megawattsaat

HES : Hidroelektrik Santrali

RES : Rüzgar Enerji Santrali

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Bütün dünyada kullanılan enerji miktarı sanayi devriminden günümüze kadar teknolojik gelişmelere paralel olarak hızla artarak devam etmiştir [1]. Sanayi üretiminde ana girdilerden ve maliyetlerden birisi olan enerji, ülkelerin refah ve ekonomik seviyelerini gösteren ve her alanda ihtiyaç duyulan bir kaynaktır.

Ülkemizdeki enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 2019 yılı sonu itibari ile yaklaşık 91.267 MW ve yerli kaynaklar ile kurulmuş santrallerin gücü yaklaşık 56.084 MW seviyesine ulaşmıştır [2].

Enerji kaynakları, kullanım şekilleri ve durumları ile üretim açılarından farklı türlerde bulunmaktadır. Kullanım şekillerine göre enerji yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji olarak gruplandırılır. Yenilenemez enerji çeşitleri çoğunlukla fosil kaynaklar olan kömür ve petrol gibi hammaddelerden elde edilmektedir. Yenilenebilir enerji ise güneş, rüzgâr ve biyokütle enerjisi gibi uzun sürelerde tekrardan kullanılabilen enerjilerdir.

Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar uzun yıllardır sorun oluşturmaktadır [3]. Özellikle ozon tabakasında ortaya çıkan sorunlar, dünya yüzeyinin (küresel) ısınması, iklim değişiklikleri ve kutup buzlarının eriyerek su seviyelerinin yükselmesi gibi problemler fosil yakıtlarının kullanılması sonucu atmosfere yayılan zararlı gazlardan kaynaklanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ulaşım, sanayi üretimi ve konutlar gibi birçok alanda yenilenemez enerji kaynaklarına göre çevresel etkilerinden dolayı daha fazla tercih edilmekte ve kullanılmaktadır [4]. Özellikle son yıllarda artan çevresel sorunlar yenilenebilir enerjinin önemini daha fazla artırmıştır. Bu kapsamda güneşten faydalanmak için güneş pilleri ve santralleri, rüzgârdan faydalanmak için rüzgâr türbinleri ve rüzgâr çiftlikleri kurulmaktadır.

Son yıllarda yenilenebilir enerjiye olan talep ve ihtiyaç bütün ülkelerde hızla artmakta ve devletler Birleşmiş Milletler aracılığıyla bir araya gelerek Kyoto Sözleşmesi gibi önemli anlaşmalara imza atmaktadır. Anlaşmalarda özellikle gelişmekte ve gelişmiş ülkeler tarafından önlemler alınması için önemli adımlar atılmaktadır. Ülkemizin de içinde bulunduğu bu anlaşmalar ile fosil yakıtlardan elde edilen enerjilerin azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması hedeflenmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji her geçen gün artmaktadır [5]. Örneğin ülkemizde 2018 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi bir önceki yıla kıyasla 181 gigawatt (GWh) artarak 21,4 milyar megawattsaat (MWh) seviyesine ulaşmış ve toplam enerji ihtiyacının yaklaşık %26'sını karşılamıştır.

Dünyadaki gelişmelere paralel olarak Türkiye'de enerji tüketimi özellikle 1980 yılından sonra dışa açılma ve serbest piyasa politikaları ile artmıştır. Sanayi ve hizmetler sektörünün ihtiyaç duyduğu enerji, öncelikle petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil kaynaklı enerji kaynaklarının daha fazla tüketilmesine yol açmıştır [5].

Türkiye enerji ihtiyacının yaklaşık %70 kadarını dışarıdan sağlayan bir ülkedir. Bu durum dışa bağımlı bir enerji politikası ve diğer ülkeler ile rekabet için maliyetler açısından sorun teşkil etmektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre açısından daha az zararlı olması göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının tercih edilmesi ülke yararınadır. Bu sebepten dolayı 2023 hedefleri çerçevesinde ülkenin bütün enerji ihtiyacının %30'luk kısmının yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması hedeflenmektedir [6].

Ülkemizde yapılan güncel çalışmalarda, ülkenin yenilenebilir enerji kaynakları açısından potansiyeli, geleceği ile ilgili bazı çıkarımlar ve öneriler, yenilenebilir enerji yatırımları ve istihdam yaratma potansiyeli ile enerji politikaları incelenmiştir [7]. Türkiye'de yenilenebilir enerji potansiyelinin yüksek seviyede olması, gelecekte eğer kullanılabilirse ülkenin enerji olarak dışa bağımlı olmasını azaltabilir.

Avrupa ve ABD'deki enerji politikaları incelendiğinde ise ülkemizdeki yenilenebilir enerji potansiyelinin kullanılması ve değerlendirilmesi açısından yeterince kamu ve özel

şirketlerden destek görmediği görülmektedir. AB, gelecek 50 yılda enerji ihtiyacının çoğunu yenilenebilir enerjiden karşılamayı hedeflemektedir. Bu sayede öncelikle küresel ısınma gibi önemli sorunların çözülmesi amaçlanmakta ve insan sağlığı ile çevresel faktörler göz önünde bulundurulmaktadır.

Ülkemizdeki elektrik enerjisi ihtiyacının 2020 yılı sonunda yaklaşık 580 milyar KWh olacağı beklenmektedir [8]. Her ne kadar Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının (jeotermal, güneş, hidroelektrik) kullanımı özellikle 1990 yılından sonra hız kazansa da, enerji ihtiyacının çok az bir bölümünü karşılamaktadır.

Türkiye'de en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları rüzgâr ve güneş enerjisidir. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kaynağının hepsinin kullanılması durumunda toplam elektrik ihtiyacının yaklaşık %57'lik kısmının bu şekilde karşılanabileceği bilinmektedir [9]. Özellikle rüzgâr enerjisinden sağlanan elektrik enerjisi miktarı her sene artarak devam etmektedir. 2002 yılında ülkenin rüzgâr potansiyelinin belirlenerek gerekli yatırımların yapılabilmesi için "Rüzgar Atlası" yayınlanmıştır. Buna göre özellikle Marmara ve Ege bölgeleri olmak üzere İç Anadolu bölgesinde Kayseri, Kırşehir, Yozgat, Niğde, Nevşehir ve Aksaray gibi illerde rüzgâr santrallerinin kurulumları devam etmektedir [10].

Uzun yıllardır fosil kaynaklar ile enerji ihtiyacını sağlayan özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerden dolayı insan sağlığına olumsuz etki ve çevre kirliliğinde son yıllarda yüksek seviyede artış olmuştur. Bu sebepten dolayı aslında çok eski enerji üretim yöntemlerinden olan yenilenebilir kaynakların kullanımı son 30 yılda çok hızlı artarak günümüze kadar gelmiştir. Gelecek yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi ile enerji gereksiniminin çoğunun karşılanabileceği tahmin edilmektedir.

Ülkemiz fosil veya yeraltı enerji kaynakları açısından çok fakir bir ülke konumundadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında ise birçok ülkeye göre daha avantajlı durumdadır. Hatta ülkemizde keşfedilmemiş enerji kaynakları da bulunmaktadır. Bununla birlikte, ülkemizde bulunan yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yapılan çalışmalar yeterli değildir.

Ülkemizde gerçekleştirilen yenilenebilir enerji çalışmaları ile ilgili yapılan çalışmalar ve raporların incelenmesi yenilenebilir enerji çalışmalarına katkıda bulunacak ve ülkemizin yenilenebilir enerjiden yararlanma seviyelerinde artış medyana getirecektir [11]. Böylece dışa bağımlı olan enerji kaynağı açısından daha verimli ve yüksek miktarda yerel enerji elde edilmesi projelerinin desteklenmesi konusunda yardımcı olacaktır.

Yukarıdaki belirtilen sebeplerden bu tez çalışmasında Nevşehir ili özelinde yenilenebilir enerji kaynakları, bölgede yapılan yenilenebilir enerji çalışmaları ve bölgedeki yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulguların ilgili literatüre katkıda bulunacağı ve kaynak teşkil edeceği düşünülmektedir. Ayrıca, gelecek yıllarda yapılması planlanan çalışmalar için kaynak teşkil edecektir.

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

Bu bölümde yenilenebilir enerji kaynakları hakkında genel bilgi verilecektir. Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalar incelenecektir. Bu şekilde tez çalışması için oluşturulacak kavramsal çerçeve ve tezin gerçekleştirilme sebepleri ve tezin önemi sunulacaktır. Bölümün ilk kısmında enerji ve sürdürülebilirlik ile ilgili kavramsal ve literatürde yapılan çalışmalar ışığında bilgiler verilecektir. Sonrasında ise enerji türleri ile ilgili bilgiler sunulacaktır.

2.1. Enerji ve Sürdürülebilirlik Kavramları

Enerji kavramı bilimsel olarak en temel olarak iş yapabilme yeteneği veya becerisi olarak bilinir. Enerji ile ilgili kavramlar ve ilişkili bilimsel olaylar fizik bilimi kapsamında incelenir [12]. Enerji insanlık tarihi kadar eski bir fiziksel kavram olmasına rağmen enerjinin bilimsel olarak açıklanması ve kullanılmaya başlanması sanayi devriminin başladığı 18. yüzyıl ortalarının sonrasında gerçekleşmiştir.

1769 yılında James Watt tarafından geliştirilen kömür kaynaklı buharlı makineler enerjinin insanoğlu tarafından ilk kez kullanması olarak tarihe geçmiştir.

Yenilenebilir enerji ile ilişkili olarak 1839 yılında Ed Becquerel tarafından fotovoltaj etkinin açıklanması devrimsel olarak bu enerji çeşitleri ile ilgili ilk bilimsel araştırmadır. Sonrasında 1887 yılında ise James Blyth tarafından elektrik üreten ilk rüzgâr değirmeni icat edilmiştir.

Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması daha sonraki yıllarda özellikle fosil kaynaklarının daha ucuz üretilmesi ve daha kolay taşıma imkânlarından dolayı ertelenmiştir. Dünyanın ilk rüzgâr çiftliği ancak 1980 yılında ABD’de kurulmuştur.

Sürdürülebilir enerji kavramı gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerini etkilemeden günümüz ihtiyaçlarının karşılanması olarak bilinmektedir [13]. Bu enerji çeşidinin kullanım ömrü uzun olduğu ve sürekli tekrar kullanılabilirliği

için sürdürülebilir enerji olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir enerji ve yenilenebilir enerji terimleri birbirine alternatif olarak kullanılır.

Fosil yakıtlar günümüzde dünyanın enerji ihtiyacının çoğunu karşılamaktadır ve uzun vadeli olumsuz çevresel etkileri yanında kaynakların gelecek birkaç nesilde bitmesi veya yeterli seviyede kalmaması da muhtemeldir [13]. Bu sebepten dolayı bilim insanları, politikacılar ve karar verici konumlardaki devlet görevlileri alternatif enerji kaynaklarını bilimsel olarak değerlendirmek ve çevresel olarak kabul edilebilir ve teknolojik açıdan umut verici olanları kaynakları belirlemek için daha hızlı hareket etmelidir [13].

2.2. Enerji

Enerjiyi tanımlamak çok zor olsa da en basit ifadeyle çevremizde olup biten her şeyin meydana gelmesini mümkün kılan olgudur. Daha bilimsel bir ifadeyle maddelerin iş yapabilme yeteneğine enerji denir. Enerji tek başına bir varlık değildir. Bir cismin ya da bir sistemin özelliğidir. Yaşamın devamı için enerji gereklidir.

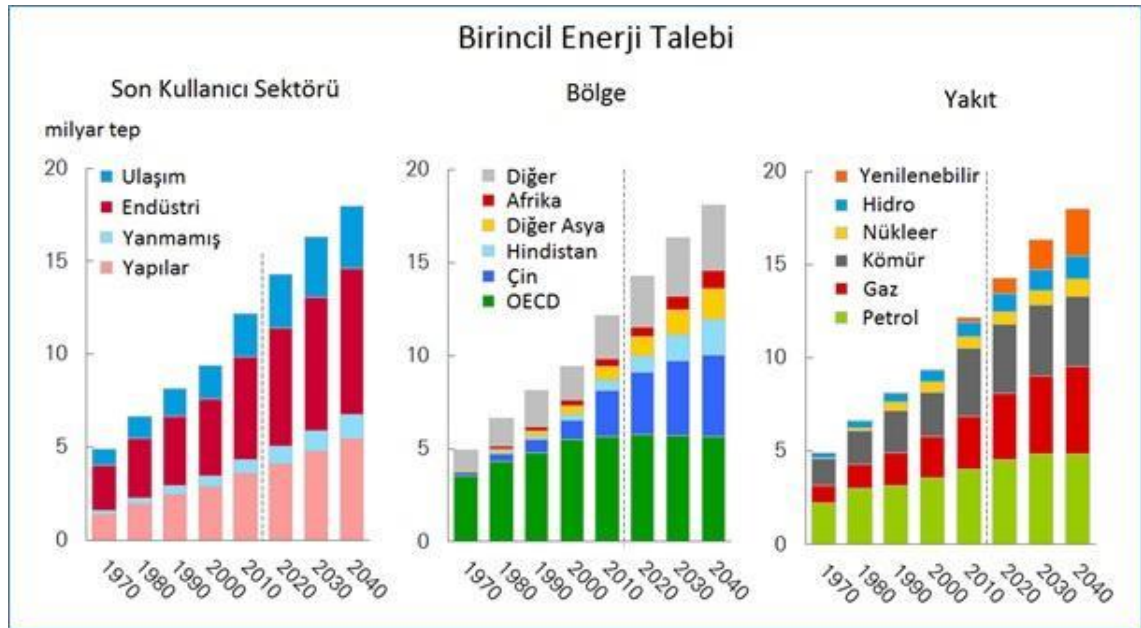
Enerji zamanın başlangıcından günümüze kadar vardır. İlk enerji kaynağı dünyayı ısıtan ve aydınlatan güneş örnek olarak verilebilir. Enerji elektrik, kimyasal, termal veya nükleer gibi değişik şekillerde ve formlarda bulunmaktadır. Uygun yöntemlerle bir formdan diğer bir forma dönüşebilir. Enerjinin dünya üzerinde yaşayan bütün canlı ve cansız varlıklar üzerindeki etkisi göz ardı edilemez.

Enerji ile madde arasındaki ilişkide madde içerisinde bulunan enerji görünmezdir, ancak rüzgâr, ışık, hareket ve dalgalar enerjinin etkilerinin gözlemlendiği ve enerjinin ortaya çıktığı durumlara örnekler olarak verilebilir [14]. Bazı enerjiler doğal formlarında veya insanlar tarafından kontrol altına alınmış olabilirler. Fakat enerji bir nesneden diğerine genellikle enerji dönüşümleri ile aktarılabilir. Termodinamiğin ilk kanununa göre; enerji yoktan var edilemez, vardan yok edilemez.

Dünya'daki enerji ihtiyacı her gün artarak devam etmektedir. Toplam enerji ihtiyacının yaklaşık %70'i petrol ve kömür gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Yenilenemez olan bu yakıtların çevreye ve canlılara verdiği zararlardan dolayı yenilenebilir enerjiye yönelmeye başlayan insanoğlu, gelecek yıllarda enerji ihtiyacının çoğunu temiz enerji veya yenilenebilir enerji olarak isimlendirilen güneş, rüzgâr ve biyokütle gibi enerji kaynaklarından karşılamayı hedeflemektedir.

Şekil 2.1'de 1970 yılı ile 2040 yılları arasında bütün dünyada kullanılan enerji miktarları gösterilmiştir. Sunulan bilgilere göre birincil enerji talebi 3 farklı şekilde grafik olarak belirtilmiştir. Bunlar son kullanıcısı insan olan sektörlerde kullanılan enerji miktarları, bölgesel enerji kullanımı miktarları ve yakıt olarak kullanılan enerji kaynaklarıdır.

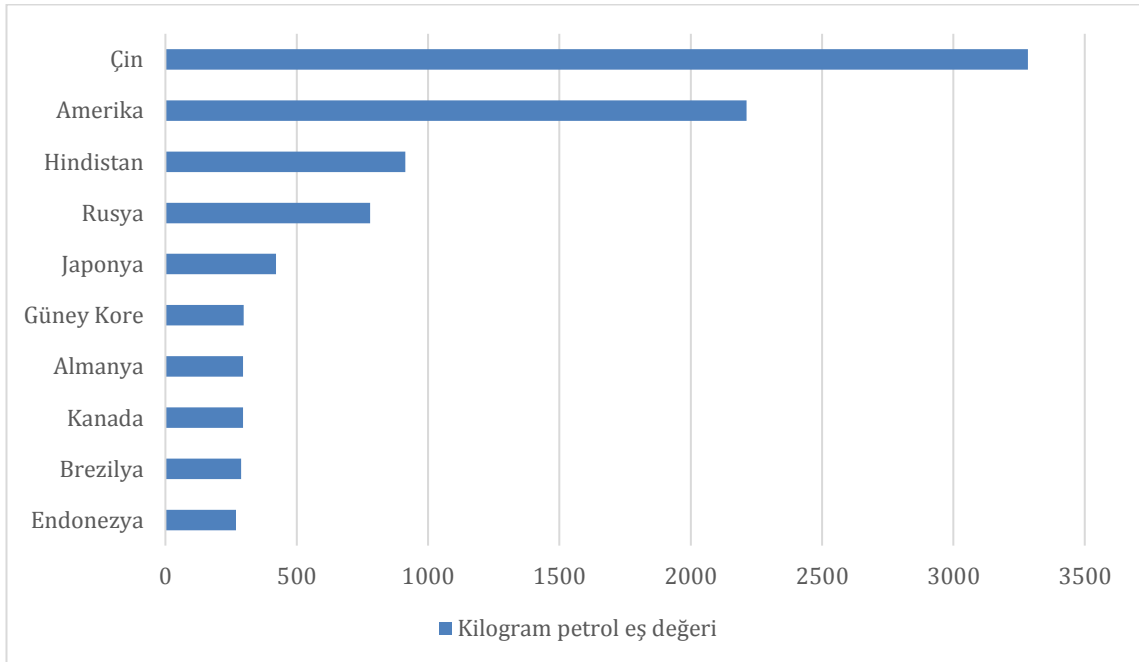
Birinci grafiğe göre 1970 yılında sadece 5 milyar TEP (ton eşdeğer petrol) olan dünya enerji ihtiyacı sonraki yıllarda hızla yükseliş göstermiş ve 2020 yılı itibari ile toplam yaklaşık 15 milyar TEP seviyesine çıkmıştır. Bu enerjinin çoğu sanayide kullanılmaktadır. Bununla beraber enerjinin en fazla kullanıldığı diğer alanlar ise yapılar ve ulaşım olarak sıralanabilir.



Şekil 2.1. Dünya Birincil Enerji Talebi [15]

Şekil 2.2'den dünya enerji kullanımı bölgesel olarak incelendiğinde, OECD üyesi ülkelerin tükettiği enerji miktarının en yüksek paya sahip olduğu görülmektedir. Özellikle 200'li yıllara gelindiğinde ise Çin'in hızlı ekonomik gelişimi ile enerji ihtiyacının artarak devam ettiği görülmektedir. Üçüncü grafikte ise kullanılan enerjinin enerji türlerine göre yüzdesel dağılımı verilmiştir. Buna göre 2020 yılı itibari ile petrolden elde edilen enerjinin en yüksek paya sahip olduğu görülmektedir. Sonraki yıllarda ise yenilenebilir enerji oranının artarak ikinci seviyeye ulaşacağı öngörülmektedir. En fazla kullanılan diğer enerji kaynakları hidroelektrik, kömür, nükleer ve gaz olarak sıralanmıştır.

Küresel enerji istatistiksel yıllık raporunda verilen değerler (Şekil 2.2) incelendiğinde, 2019 yıl sonu itibari ile Çin'in en fazla enerji tüketen ülke olduğu görülmektedir. Çin özellikle son 20 yıldaki ekonomik ilerleme ve sanayileşme sonucunda toplam enerji tüketimi miktarını yaklaşık 3,3 Mton seviyesine çıkarmıştır. İkinci sırada ise 2.2 Mton enerji tüketimi ile ABD yer almaktadır. Sonrasında ise sırasıyla Hindistan, Rusya, Japonya, Güney Kore dünyada kullanılan enerjinin en fazla tüketildiği ülkelerdir.



Şekil 2.2. Dünya Enerji Tüketimi (Kilogram petrol eş değeri) [16]

İlk defa Scientific American dergisinde 1971 yılında ‘Energy and Power’ başlığı altında yayınlanan makalede enerji ve toplum arasındaki ilişkiye vurgu yapılarak, çeşitlenen ve yükselen enerji tüketiminin ekonomik, sosyal ve çevresel sorunlara yol açtığı belirtilmiştir [17]. Dünyada artan nüfus, kentleşme, endüstrinin gelişmesi, teknolojinin her alanda kullanımı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin her geçen gün artan enerjiye gereksinimleri günümüzün en büyük sorunlarından birisi olmuştur.

2.3. Enerji türleri

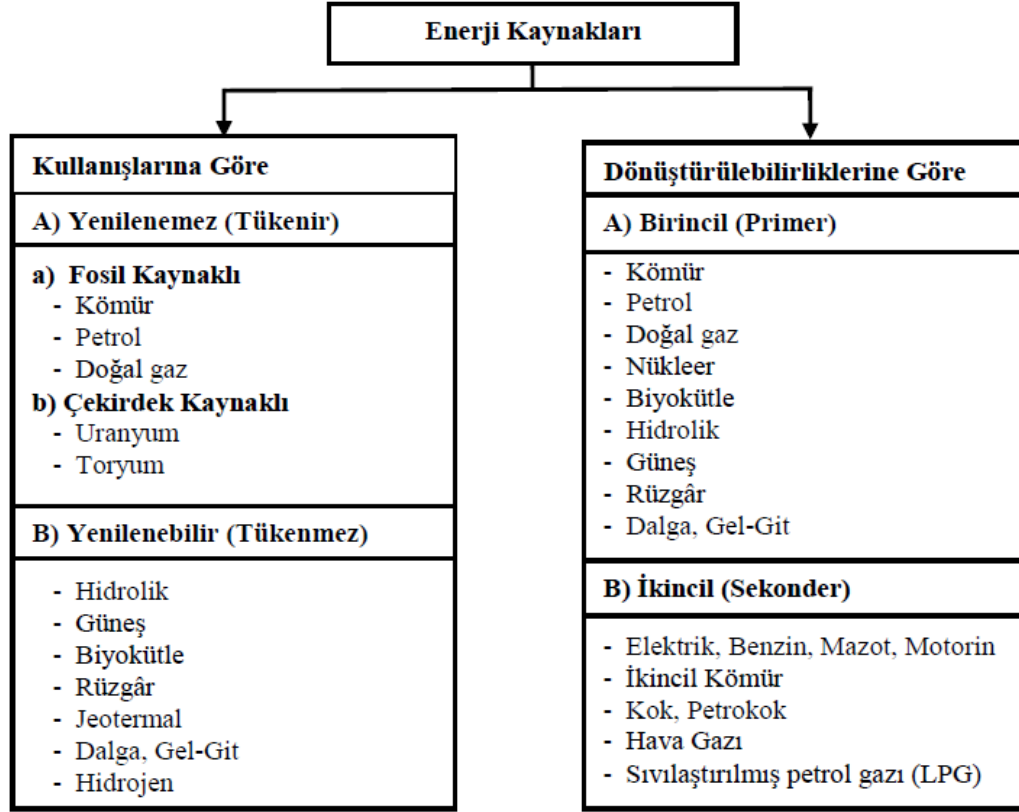
Bilim insanlarının yıllar süren enerji tanımlama çalışmaları sonucunda, enerji türleri isimlendirilmiştir. Bilimin ve teknolojinin hızla ilerlemesi yeni enerji türlerinin ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Toplam olarak 8 ana enerji çeşidi vardır (Şekil 2.3). Enerji genel olarak mekanik enerji, elektrik enerjisi, ışık enerjisi ve ısı enerjisi olarak kullanılır.



Şekil 2.3. Enerji Çeşitleri [18]

Enerji hiçbir zaman yok olmamakta, ancak türler arasında birbirine dönüşmektedir ve bu durum enerji kaynaklarının en önemli özelliği olarak birbirlerine dönüştürülüp yeniden kullanılabilme özelliği olarak bilinir.

Enerji kaynakları farklı şekillerde sınıflandırılabilir. En yaygın sınıflandırma şekillerinden birisi kullanımına göre ve yenilenebilir veya dönüştürülebilir olmalarına göre (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması [18]

Kullanış durumlarına göre enerji kaynakları yenilenemez (tükenir) ve yenilenebilir olmak üzere iki farklı grupta incelenmektedir. Enerji kaynaklarının tükenebilirliği ve kendini yenileme durumlarına göre sınıflandırdığında ise birincil ve ikincil olarak gruplandırılmaktadır.

Yenilenemeyen (Birincil, Konveksiyon, Primer) Enerji Kaynakları kullandıkça azalan ve sonunda bitmesi beklenen enerji kaynakları grubudur. Bu enerji kaynaklarının yenilenemez olmaları, sürekli yeni rezervlerin bulunarak kullanılmaları ve eninde sonunda tükenecek olmaları en çarpıcı özelliklerindedir. Dünyada en çok kullanılan enerji kaynaklarıdır. Kömür, doğalgaz, petrol, uranyum ve toryum yenilenemeyen enerji kaynakları olarak sınıflandırılır.

Yenilenebilir (Alternatif) Enerji Kaynakları ise yenilenemez enerji kaynaklarına göre uzun süre yetebilecek düzeyde olan ve çoğunlukla çevresel zararları olmayan enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Sürekli kendini yenileyebilen enerji kaynakları,

tükenmeyen enerji kaynakları olarak da isimlendirilebilir. Güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle, hidrojen, dalga enerjisi bu sınıfa girerler.

İkinci enerji sınıfı olan dönüştürülebilirliklerine göre enerji kaynağı doğrudan veya dolaylı bir şekilde enerji kaynağı olarak kullanılmaları durumlarına göre yapılan sınıflandırmalardır.

Dönüştürülebilir enerji kaynakları grubunun ilk sınıfı Birincil Enerji Kaynakları olarak bilinir. Birincil enerji kaynakları kullanılmaları durumunda doğrudan enerji veren kaynaklardır. Kömür, hidrolik, nükleer enerji bu enerji kaynakları grubunda yer alır.

Diğer dönüştürülebilir enerji kaynakları olan ikincil enerji kaynakları ise birincil enerji kaynaklarından elde edilen yeni bir enerji kaynağı olarak kullanılan enerji kaynaklarına denir. Elektrik, benzin, mazot, LPG bu enerji kaynakları grubunda yer almaktadır.

İnsanoğlu varoluşla birlikte hayvanları kullanarak kendilerine kuvvet sağlayacak yardımcı kaynakları bulmuşlardır. Bazı hayvanları evcilleştirerek, tarımla uğraşmış ve yük taşımacılığında kullanmışlardır. Daha sonra su ve rüzgârın gücünü kullanarak değirmenler ve gemiler inşa etmişlerdir. Endüstrinin gelişmesiyle, enerji ihtiyacına olan talep hızlıca artış göstermiştir.

18. yy başlarında kömürün ve demirin kullanımının artış göstermesiyle sanayi devrimi gerçekleşmiştir. Sanayi devriminden sonra enerjiye ihtiyaç kat be kat artmış endüstri kuruluşları kömür rezervlerinin olduğu yerlerde toplanmıştır.

19. yy sonlarında türbin ve dinamoların icadıyla, akarsuyun gücünü kullanarak elektrik üretilmiştir. Büyük akarsuların önemi gün ve gün artmıştır. Dinamonun bulunuşundan sonra elektrik uzağa iletilmiş; endüstri kuruluşları farklı bölgelerde dağılım göstermiştir.

19. yy sonu 20. yy başlarında petrolün bulunmasıyla ve ticari anlamda üretimi yapılarak piyasalardaki yerini almıştır. İçten yanmalı motorların icadıyla enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Petro-kimya endüstrisinin vazgeçilmez hammaddesi olmuştur.

Doğalgazın kullanılmasıyla birlikte elektrik üretimi, mutfak ve ısınmada enerji kaynağı olmuştur. 20.yy. sonlarında ise dünya yeni bir enerji kaynağı olan nükleer enerjiyle buluşmuş ve kullanım alanları büyük önem kazanarak genişlemiştir.

2.3.1. Potansiyel enerji

Potansiyel enerji bir cismin konumu ve durumu nedeniyle var olduğu enerji türüdür. Yüksekte bulunan ve sıkıştırılan tüm maddelerde potansiyel enerji bulunur [19]. Potansiyel enerji mevcut alandaki konuma veya cisimdeki değişikliğe bağlıdır.

Potansiyel enerji, bir sistemin çeşitli bölümlerinin göreceli konumuna bağlı depolanan enerji olarak tanımlanmaktadır [20]. Örneğin, bir yay sıkıştırıldığında veya gerildiğinde daha fazla potansiyel enerjiye sahip olur. Veya bir tenis topu havaya atıldığında zemine sahip olduğundan daha fazla potansiyel enerjiye sahip olur. Potansiyel enerji, tek bir cismin veya parçacığın değil, cisimlerin bulunduğu sistemlerin özelliğidir. Örneğin, Dünya ve Ay gibi iki cisimden oluşan sistem, ikisi birbirinden uzaklaştıkça daha fazla potansiyel enerjiye sahip olur.

Potansiyel enerji, parçaların konfigürasyonuna veya göreceli konumuna bağlı büyüklükte birbirlerine kuvvet uygulayan parçalara sahip sistemlerde ortaya çıkar [21]. Dünya ve Ay arasındaki yerçekimi kuvveti yalnızca onları ayıran mesafeye bağlıdır. Bunları daha fazla ayırmak veya bir tenis topunu havaya fırlatmak için yapılan iş, yerçekimi potansiyel enerjisi olarak depolandığı sisteme ek enerji olarak eklenir.

Potansiyel enerji farklı çeşitlerde ve şekillerde bulunabilir. Örneğin, kapasite plakları arasında depolanan elektriksel potansiyel enerji olarak tanımlanır. Bu potansiyel enerji çeşidi moleküller ve atomlar arasında oluşmaktadır. Ayrıca, nükleer enerji de potansiyel enerji türlerinden birisi olarak bilinir.

Potansiyel enerji cisimlerin ilk ve son konumları ile ilgilidir. Zeminde duran futbol topunun havaya fırlatılması sonucunda havada sahip olduğu yerçekimsiz potansiyel enerji miktarı zeminde dururken sahip olduğu enerjiden daha fazladır. Yerküre ile top

arasındaki uzaklığın artması durumunda ise potansiyel enerji seviyesi kademeli ve sürekli artma trendine girmektedir.

2.3.2. Kinetik enerji

Kinetik enerji en basit ifade ile hareket edebilme veya hareket enerjisi olarak tanımlanır [22]. Hareket eden her cisim kinetik enerjiye sahiptir. Bu sebepten dolayı kinetik enerjinin diğer ismi hareket enerjisidir. Bir cismin hareketli olması kinetik enerjinin olduğunu gösterir. Cismin hızı ne kadar fazla ise kinetik enerjisi o seviyede yüksektir.

Kinetik enerji kavramı ayrıca duran bir cismi belirli bir hız seviyesine ulaştırmak için gereken enerji miktarı olarak tanımlanır [23]. Harekete geçen cisim eğer hız değişimine uğramaz ise enerjisi değişmez. Benzer şekilde hareket eden cismi durdurmak için gerekli enerji, kinetik enerjidir.

Enerji birimi Joule olarak bilinir. Kinetik enerji diğer enerji çeşitlerinde olduğu gibi Joule (J) ile ölçülür. Klasik fizikte kinetik enerji cismin kütlesi ile hızının çarpılması ile hesaplanır. Modern fizikte ise cismin kütlesi ile ışık hızının çarpımı ile hesaplanmaktadır [24].

Mekanik enerji literatürde kinetik enerjinin yerine kullanılan bir enerji çeşididir. Bu enerji kısaca iş yapabilme yeteneği olarak açıklanmaktadır. Cisimlerin hareketinden ortaya çıkan kinetik enerji sonuç olarak mekanik enerji üretiminde kullanılmaktadır. Örneğin, hidroelektrik santrallerde bulunan türbinlere çarpan suların potansiyel enerjileri mekanik enerjiye dönüştürülerek elektrik enerjisi üretiminde kullanılır. Benzer vida sıkarken veya kapı kolunu çevirdiğimizde mekanik enerji üretilir. Bu hareketler ile mekanik enerji üretilebilir veya elektrik enerjisine çevrilerek kullanılabilir.

Beş tür kinetik enerji vardır. Bunlar sırasıyla radyant, termal, ses, elektriksel ve mekanik enerjidir. Bu enerji çeşitleri birbirine dönüştürülebilir. Böylece ihtiyacımız olan özellikle elektrik enerjisi elde edilebilir.

2.3.3. Isı enerjisi

Maddelerin sıcaklıkları ısı veya termal enerjisinin olduğunu gösterir. Cisimlerin sıcaklığının yüksek veya düşük olması, o maddede ne kadar ısı enerjisi olduğunu belirleyicisidir. Isı bir cisimden diğer cisme transfer edilen bir enerji çeşididir [25]. Eğer iki cisim fiziksel olarak birbirine dokundurulursa aralarında ısı alışverişi gerçekleşir. Isı akışı yüksek sıcaklığa sahip cisimden düşük sıcaklığa sahip cisme doğru gerçekleşir. Bu etkileşim sonucunda bir cisimde sıcaklık düşerken diğer cisimde ise sıcaklık seviyesi artmaktadır.

Isı enerjisi sıvı, katı ve gazlarda bulunan atom, molekül veya iyonlar olarak isimlendirilen küçük parçacıkların hareketi sonucu oluşmaktadır. Isı enerjisinin bir diğer ismi ise termal enerjidir. Isı enerjisi genellikle BTU, kalori veya Joule birimleri ile ölçülmektedir.

Isı enerjisi üç farklı şekilde bir cisimden diğerine aktarılabilir. Bunlar katı iletim (iletim), sıvılar ve gazlar (konveksiyon) ve elektromanyetik dalgalar (radyasyon) şeklinde gerçekleşir [26]. Isı enerjisi genellikle bu üç çeşidin kombinasyonu halinde aktarılır ve çok az ihtimalle kendi kendine oluşur.

Isı enerjisi elektrik enerjisi üretiminde ara enerji çeşidi olarak kullanılan bir enerji türüdür. Özellikle fosil yakıtlardan olan kömür, linyit, petrol ve doğalgaz gibi yakıtlar yakılarak elde edilen ısı enerjisi elektrik üretiminde günümüzde çok yaygın kullanılmaktadır. Bu süreçte elde edilen ısı enerjisi ilk basamakta kullanılan türbinler yardımıyla önce mekanik enerjiye sonrasında ise jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülmektedir [19]. Buna ilaveten evlerin ısıtılması, sıcak suların elde edilmesi ve yemek pişirmek için ısı enerjisi kullanılır.

Termal enerji, her ikisi de ısı veya sıcaklık şeklinde deneyimlenebildiği için radyant enerjiye benzer. Aradaki fark, radyant enerji dalgaları veya parçacıkları ifade ederken, termal enerjinin bir nesnedeki atomlar ve moleküller arasındaki aktivite seviyesini tanımlamasıdır. Daha hızlı hareket ettikçe birbirleriyle daha sık çarpışırlar. Bu hareket,

çıplak gözle görülemese bile, termal enerjinin, bir kinetik enerji çeşidi olarak kabul edilmesinin nedenidir.

Yenilenebilir bir kaynağa güzel bir örnek olan jeotermal enerji, doğal minerallerin çürümesinden ve dünyanın volkanik hareketinden gelir. Bu sıcaklık daha sonra evleri ısıtmak ve elektrik üretmek için kullanılabilir.

2.3.4. Elektrik enerjisi

Elektrik enerjisi diğer enerji türlerine göre çok farklı bir yere sahiptir. Elektrik enerjisi kinetik enerjiden veya potansiyel enerjiden elde edilir. Elektrik enerjisi, genellikle bir telin içinden geçen elektron adı verilen küçük yüklü parçacıklar tarafından sağlanır . Yıldırım, doğadaki elektrik enerjisine bir örnektir.

Bu enerji çeşidi dünyada en yaygın tüketilen enerji türü olarak bilinmektedir [27]. Enerji kaynaklarından elde edilen sanayi ve konutlarda kullanılan elektriksel enerjiye çevrilir ve makineleri çalıştırmak için kullanılır.

Daha çok elektrik olarak adlandırdığımız elektrik enerjisi, bir devre etrafındaki negatif yüklü elektronların akışından kaynaklanır. Günlük cihazlarımıza güç veren, bu elektronların hareketi olarak açıklanabilir.

Elektrik enerjisi sanayide pek çok üretim ve taşıma makinelerinde kullanılırken konutlarda ise TV, bulaşık makinesi, çamaşır makinesi, aydınlatma lambaları ve otomatik kapılar gibi birçok makineyi çalıştırmak için kullanılır. Elektrik enerjisi pil veya elektrik hatlarından alınır.

Elektrik enerjisinin üretim kaynakları aşağıdaki gibi sıralanabilir [23]:

- Ana enerji kaynakları
- Yenilenebilir enerji kaynakları
- Alternatif enerji kaynakları

Elektrik enerjisinin ilk üretim yeri ana enerji kaynaklarıdır. Bunlar çoğunlukla hidroelektrik santralleri ve nükleer santrallerde üretilen enerjidir. Ayrıca özellikle son yıllarda hızla artan güneş ve rüzgâr enerji santralleri gibi yenilenebilir enerji ile üretilen elektrik enerjisi merkezleridir. Son olarak jeotermal kaynaklar gibi diğer enerji kaynaklarından elde edilen alternatif enerji kaynakları bulunmaktadır.

2.3.5. Işık enerjisi

Işık enerjisi elektromanyetik enerji çeşidi olarak karanlıkta bulunan bir yeri aydınlatan enerji türüdür [28]. Güneş, elektrik, ateş ve bunun gibi enerji türleri ışık enerjisine dönüşür. Işık enerjisi, bir elektromanyetik radyasyon şeklidir. Bir nesnenin atomları ısındığında üretilen fotonlardan oluşur. Işık dalgalar halinde hareket eder ve insan gözüyle görülebilen tek enerji biçimidir.

Işık, küçük enerji paketleri olan fotonları içermektedir. Bir nesnenin atomları ısındığında, foton üretimini tetikler ve fotonlar üretilir. Elektronlar ısıdan dolayı ekstra enerji kazanırlar. Enerji foton biçiminde salınır ve madde ısındıkça daha fazla foton ortaya çıkar. Işık, uzayda hareket ederken bir dalga şeklinde davranır. Bununla birlikte, havasız ortamlarda (örneğin uzayda) hareket edebilir, çünkü ışığın hareket etmesi için herhangi bir maddeye gerek yoktur. Katılar, sıvılar veya gazların içinden geçmeleri gerektiğinden, ses dalgalarında durum böyle değildir. Ses dalgaları veya enerjisi ortamda maddeye ihtiyaç duyar. Işık enerjisi çok hızlıdır ve her şeyden daha hızlı hareket eder. Işık gibi, ışık enerjisi saniyede 300.000 km hızla hareket edebilir.

Güneş enerjisinin uzayda yol alma şekli dalgalar olarak ifade edilir. Şekil 2.5'te görüldüğü gibi, ışık enerjisini taşıyan enerji dalgasının en yüksek noktası dalga tepesi olarak isimlendirilir. İki dalga tepesi arasındaki uzaklık dalga boyu olarak tanımlanır. Dalganın en düşük noktası ise dalga çukurudur. Bilim insanları bir dalganın dalga boyunu ve bir dalganın ardışık noktaları arasındaki mesafeyi (tepeden tepeye ve çukurdan çukura) ölçerek enerji miktarını hesaplayabilirler.



Şekil 2.5. Enerji Dalgası [29].

Güneş, büyük miktarda elektromanyetik radyasyon yaymaktadır. İnsanoğlu bu enerjinin yalnızca bir kısmını, görünür ışık olarak bilinen kısmını görebilir. [30]. Görünür ışık, güneş tarafından yayılan birçok elektromanyetik radyasyon türünden yalnızca birini oluşturur. Elektromanyetik spektrum, olası tüm radyasyon frekanslarının aralığı olarak tanımlanır. Ultraviyole ışınları ve X ışınları dahil olmak üzere güneşten yükselen farklı elektromanyetik radyasyon türlerini göstermektedir. Güneşten gelen çeşitli türden ışıyan enerji elektromanyetik spektrum içinde farklılaşmıştır ve dalga boyları arasındaki fark, taşıdığı enerji miktarı ile doğru orantılıdır.

2.3.6. Kimyasal enerji

Kimyasal enerji, atomlar ve moleküller gibi kimyasal bileşiklerin bağlarında depolanan enerjidir [31]. Bu enerji kimyasal bir reaksiyon gerçekleştiğinde açığa çıkar. Genellikle, bir maddeden kimyasal enerji salındığında, bu madde tamamen yeni bir maddeye dönüştürülür. Kimyasal enerji potansiyel enerji çeşididir.

Kimyasal reaksiyonlar, kimyasal bağların (iyonik ve kovalent) oluşmasını ve ayrılmasını içerir ve bir sistemin kimyasal enerjisi, bu bağların oluşması ve kırılması nedeniyle açığa çıkan veya emilen enerjidir [32].

Piller, biyokütle, petrol, doğalgaz ve kömür kimyasal enerji kaynağı ve araçlarına örnekler olarak verilebilir. İnsanların sobada odun yaktıklarında veya araba kullanırken benzin yaktıklarında odun ve benzinde kimyasal enerji termal enerjiye dönüştürülür [27].

Kimyasal enerji ayrıca ortamda gerçekleşen kimyasal tepkimeler sonucunda ortaya çıkan enerjiye verilen isimdir [33]. Günlük hayatta elektrik enerjisi olarak kullanılan piller ve aküler kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Bunlar ve benzeri aletler ayrıca elektrik enerjisinin depolanmasını kimyasal yöntemlerde yapmaktadırlar. Bu enerji çeşidi ısı, ışık ve mekanik enerji çeşitlerine dönüştürülebilmektedir.

Kimyasal enerji, atomları diğer atomlara ve molekülleri diğer moleküllere bağlayan bağlarda depolanır [34]. Kimyasal enerji depolandığı için, bir potansiyel enerji şeklidir. Kimyasal bir reaksiyon gerçekleştiğinde, depolanan kimyasal enerji açığa çıkar. Isı, genellikle bir kimyasal reaksiyonun yan ürünü olarak üretilir - buna ekzotermik reaksiyon ismi verilmektedir.

Kimyasal enerji, insanların varlığı ve doğal dünya için çok önemli olduğu için dünyada en yaygın kullanılan enerji türüdür [35]. Kimyasal enerjinin kullanılması ve elde edilmesi ile ilgili en eski yöntem odun ve kömür gibi kaynakların yakılmasıdır. Ancak, kömür gibi fosil enerji kaynaklarından elektrik enerjisi elde etmek çevresel açıdan zararlı olmasından dolayı küresel olarak azaltılmaya çalışılmaktadır.

Bir maddenin kimyasal enerjisi, kimyasal bir reaksiyonla diğer enerji türlerine dönüştürülebilir [33]. Örnek olarak, bir yakıt yakıldığında moleküler oksijenin kimyasal enerjisi ısıya dönüştürülür ve aynı durum biyolojik bir organizmadaki gıdanın sindirimi için de geçerlidir. Yeşil bitkiler, fotosentez olarak bilinen süreçle güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürür ve elektrik enerjisi kimyasal enerjiye veya bunun tersi elektrokimyasal reaksiyonlarla dönüştürülebilir.

2.3.7. Nükleer enerji

Nükleer enerji ağır atomlardan olan plütonyum ve uranyum gibi atomların bölünmesi ile veya hidrojen ve helyum gibi hafif atomların bir araya gelmesiyle oluşan nükleer reaksiyonlar sonucunda ortaya çıkan enerjidir [19]. Nükleer reaksiyonlarda çekirdek birleşimi veya parçalanması gerçekleşir. Çekirdek içinde bulunan proton ve nötron

parçacıklarının içinde bulunan duraklar arasındaki bağların kopması ile çok yüksek seviyede enerji ortaya çıkmaktadır.

Nükleer enerjinin elde edilmesinde ağır atomların parçalanması yöntemi kullanılıyorsa, bu nükleer fisyon olarak tanımlanır [36]. Nükleer füzyon ise hidrojen gibi küçük atomların bir araya gelmesi ile büyük bir atomu oluştururken ortaya çıkan enerjinin kullanılmasıdır. Buna ilaveten ağır atomların daha küçük atomlara evrilirken ortaya çıkan enerjinin kullanılması 3. çeşit nükleer enerjidir.

Nükleer enerji ilk kez 19. yy'da Fransız fizikçi H. Becquerel tarafından uranyum plakaları ile deney yaparken plakaların yanında durması ile karanlık ortamında ortaya çıkan X ışıkları ile keşfedilmiştir.

Nükleer enerji ile ilgili ilk çalışmalar 20. Yy'nın başlarında gerçekleştirilmiştir. Özellikle 2. Dünya Savaşı'ndan sonra birçok ülkede nükleer enerji ile çalışan ve elektrik üretimi için kullanılan nükleer santraller kurulmuştur [37]. Nükleer enerji diğer enerji çeşitlerinden çok daha yüksek seviyede enerji üretmektedir.

Nükleer enerji yenilenebilir enerji kaynaklarından değildir. ABD ve AB devletleri nükleer santralleri kapatmaya ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaya çalışmaktadırlar. Bunun en önemli sebebi yenilenemez enerji kaynaklarının azalması ve daha da önemlisi çevresel zararlardır.

Nükleer enerji yenilenemez enerji olarak yüksek üretim maliyeti olmasına rağmen hammaddesinin uzun yıllar stoklama imkânından dolayı tercih yakın zamana kadar tercih edilmiştir. Ayrıca, çevresel açıdan her ne kadar diğer yenilenemez enerjilere göre daha az zararlı gibi görünse de nükleer atıkların çevreye verdiği zararlar uzun yıllar devam etmektedir. Bu sebepten dolayı çevreye zararlı bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir.

2.3.8. Ses enerjisi

Ses, enerjinin uzunlamasına (sıkıştırma/seyrilme) dalgalar içindeki maddelerden geçmesidir. Bir kuvvet, bir nesnenin veya maddenin titreşmesine neden olduğunda ses

üretir. Enerji, bir dalgadaki madde yoluyla aktarılır. Çoğunlukla sesteki enerji diğer enerji türlerinden daha küçüktür.

Ses enerjisi, maddenin içindeki dalgaların titreşimi sonucunda ortaya çıkan enerji çeşididir. Bir nesnede titreşim oluştuğunda, çevredeki hava parçacıklarında da hareket oluşur. Bu parçacıklar birbirleriyle çarpışır ve daha fazla titreşimlere neden olur. Parçacıklar bir domino etkisinde daha fazla çarpıştıkça, hareket enerjileri bitene kadar bir ses dalgası olarak devam eder. Kulağımızın algılayabildiği titreşim aralığındaysa, insanlar sesi duyabilir.

Ses enerjisi ile ilgili düşük frekanslı ve yüksek frekanslı notalar bulunmaktadır. Titreşimler hızlı olduğunda yüksek notalar, yavaş olduğunda ise alçak notalar ortaya çıkar. Yüksek hacimli notalar yüksek frekans, düşük hacimli notalar düşük frekanstır. Frekansı yüksek olan cisimler yüksek enerjiye ve düşük olan cisimler ise düşük enerjiye sahiptir.

Ses enerjisi ışık enerjisinde olduğu gibi dalgalar şeklinde hareket eder. Ancak, ışık enerjisinin aksine, ses bir boşluktan geçemez çünkü titreşimi iletecek atomlar yoktur. Maddelerin titreşimi ile ortaya çıkan ses enerjisi sonrasında ses dalgaları adı verilen dalgalar halinde madde yoluyla aktarılır.

Bilim insanlarının sesle ilgili görüşleri ve felsefi olarak bakış açıları arasında farklılıklar bulunmaktadır [38]. Bazı bilim insanları sesi, onu çıkaran nesnenin değil çevreleyen ortamın kalitesi olarak tanımlamaktadır. Modern bilimde ise ses bir işitme nesnesi olarak tanımlanmaktadır.

Ses enerjisi hareket edip bir yüzeye çarptığında, enerji farklı yönlere dağılır. Enerjinin bir kısmı, ses yansımaları şeklinde yüzeyden yansımaktadır [39]. Yansıma seviyesi, malzeme özelliklerine ve yüzeyin biçim ve şekline bağlıdır. Yansıyan ses, mekandaki akustiği olumsuz etkileyebilir. İçbükey bir yüzey genellikle yansıyan sesi yoğunlaştırırken, dışbükey bir yüzey genellikle yansıyan sesi dağıtır. Daha yüksek emici yüzeye sahip bir malzeme, daha az emici bir malzemeye göre daha fazla ses enerjisi emer.

2.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Petrol, kömür ve doğal gazı dayalı geleneksel enerji kaynaklarının ekonomik ilerlemenin oldukça etkili itici güçleri olduğu özellikle sanayi devrimi sonrasında kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, geleneksel enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve artan enerji talebiyle, dünya genelinde birincil enerji tüketiminin son yıllarda artmasına sebebiyet vermektedir [40].

Fosil yakıtların sebep olduğu çevre sorunları nedeniyle, ilgili birçok kuruluş, organizasyon ve ülkeler küresel olarak ileri teknoloji kullanarak daha verimli ve yeşil enerji santralleri için yoğun çalışmalarda bulunmaktadır [41]. Çevre koruma endişeleri arttığından hem temiz yakıt teknolojileri hem de yeni enerjiler yoğun bir şekilde takip edilmektedir.

Fosil yakıt ve yenilenebilir enerji fiyatları, sosyal ve çevresel maliyetler açısından zıt yönlerde hareket etmekte ve yenilenebilir enerji sistemleri için sürdürülebilir pazarların yaygınlaşmasını desteklemekte gerekli ekonomik ve politika mekanizmaları hızla gelişmektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerjiye geçiş, sera gazı emisyonlarını azaltma, böylece gelecekteki aşırı hava ve iklim etkilerini sınırlama ve enerjinin güvenilir, zamanında ve uygun maliyetli dağıtımını sağlama gibi hedeflere ulaşılmasına yardımcı olabilir.

Yenilenebilir enerji kaynakları doğada sürekli olarak yenilenen ve doğrudan güneşten (termal, fotokimyasal ve fotoelektrik) veya dolaylı olarak güneşten (rüzgar, hidroelektrik ve biokütlede depolanan fotosentetik enerji) türetilen enerji kaynaklarıdır. Veya çevrenin diğer doğal hareketlerinden ve mekanizmalarından (jeotermal ve gelgit enerjisi) üretilen enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji, fosil yakıtlardan elde edilen enerji kaynaklarını, fosil kaynaklarından elde edilen atık ürünleri veya inorganik kaynaklardan elde edilen atık ürünleri içermemektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları sahaya özgü koşullara göre önemli ölçüde değişebilen yüksek arazi gereksinimlerine sahiptir.

2.4.1. Güneş enerjisi

Dünya üzerinde ve ülkemizde yenilenebilir enerji en fazla güneş enerjisi olarak bilinmektedir [42]. Güneş bilindiği gibi dünyadaki hayatın oluşmasındaki en önemli yıldızdır. Bu kapsamda dünyayı aydınlatması ve dünyadaki ısınmanın sebebidir.

Güneş dünyamızın da içinde bulunduğu güneş sisteminin enerji kaynağıdır. Güneş dünyamızdaki diğer enerji kaynaklarının da oluşmasını sağlamaktadır. Dünyamızın güneşten aldığı enerji miktarı yaklaşık $1,5 * 10^{15}$ MW/h veya yaklaşık 1,5 katrilyon MW/h olarak hesaplanmaktadır [42]. Uluslararası Enerji Ajansının (UEA) raporlarına göre güneşin dünyaya gönderdiği 90 dakikalık enerjinin dünyanın bir yıllık enerji ihtiyacını karşılayabileceğini bildirmiştir.

Güneş teknolojileri bu enerjiyi, elektrik üretmek, hafif veya konforlu bir iç ortam sağlamak ve evsel, ticari veya endüstriyel kullanım için ısıtma suyu dahil olmak üzere çeşitli kullanımlar için kullanabilir.

Güneş enerjisinden yararlanmanın üç ana yolu vardır: Fotovoltaik, güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutma ve güneş enerjisini yoğunlaştırma. Fotovoltaikler, elektronik bir işlem aracılığıyla doğrudan güneş ışığından elektrik üretir ve hesap makineleri ve yol işaretleri gibi küçük elektronik cihazlardan evlere ve büyük ticari işletmelere kadar her şeye güç sağlamak için kullanılabilir.

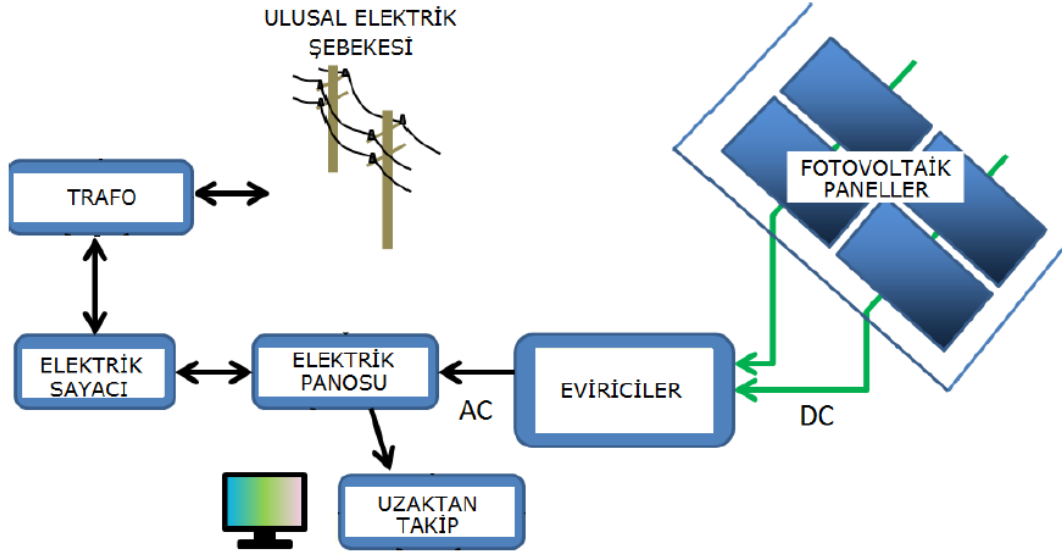
Güneş Fotovoltaik (PV) sistemleri, güneş enerjisini doğrudan elektriğe dönüştüren araçlardır. Bir PV sisteminin temelini güneş enerjisini doğru akım elektriğine dönüştüren yarı iletken bir cihaz olan PV hücreleri oluşturmaktadır. PV hücreleri, genellikle 50 ila 200 W'a kadar bir PV modülü oluşturmak üzere birbirine bağlanır. PV modülleri invertörler, piller, elektrikli bileşenler ve montaj sistemleri gibi bileşenlerle bir araya getirilerek oluşturulur.

PV sistemleri birkaç Watt ile onlarca megavat arasında değişen güç sağlamak için birbirine bağlanabilir. Önceki yıllarda tercih edilen PV teknolojisi silikon tabanlı olmasına rağmen günümüzde ince film teknolojisi ile PV sistemleri oluşturulmaktadır.

Bu yeni sistem silikon modüllere göre daha düşük bir verime sahip olmakla birlikte, birim kapasite başına fiyatları daha düşüktür. Daha yüksek verim ve daha düşük kayıp sağlamak için gerekli olan organik PV sistemleri üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Güneş enerjisi çok esnek bir enerji teknolojisidir: Dağıtılmış üretim (kullanım noktasında veya yakınında bulunur) veya merkezi istasyon, şebeke ölçeğinde güneş enerjisi santrali (geleneksel enerji santrallerine benzer) olarak inşa edilebilir. Bu yöntemlerin her ikisi de en son solar + depolama teknolojilerini kullanarak güneş battıktan sonra dağıtım için ürettikleri enerjiyi depolayabilir.

Şekil 2.6'da ülkemizde uygulanan tipik bir güneş enerji santraline ait kurulum planı görülmektedir. GES kurulumu için 5 farklı temel bölümün bir tesis içerisinde oluşturulması ve birleştirilmesi gerekmektedir. Bunlar PV panel, eviriciler (invertors), panel taşıyıcı sistemi, elektrik panosu ve trafodur. Trafo ulusal elektrik şebekesine bağlı olarak çalışmakta ve üretilen elektriğin şehirlere ulaştırılmasını sağlamaktadır.



Şekil 2.4. Güneş Enerjisi Santrali (GAS) Elemanları [43]

Güneş panellerinin bulunduğu güneş santralleri diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi genellikle yüksek rakımlı bölgelere inşa edilmekte ve ulusal elektrik şebekesine ulaşımın kolay olduğu yerler tercih edilmektedir. Bu alanlar eğer tarım alanları veya diğer amaçlar ile kullanılan alanlar olursa ciddi çevresel etkenler ortaya çıkabilmektedir.

Rüzgar enerjisi gibi su bazlı soğutma kullanmamaları bir diğer sorunlardan birisidir. Özellikle çok büyük güneş enerji santralleri için çok büyük alanlara ihtiyaç bulunmaktadır.

Güneş enerjisi teknolojileri, artan dünya nüfusu ve yaşam standartlarını yükseltmek için enerji ihtiyacının üstesinden gelmek için çok büyük bir potansiyele sahiptir. Güneş enerjisi, elektrik üretimi sırasında sıfır hava kirliliği olduğu için, geleneksel enerji kaynaklarına göre yüksek çevresel faydalar sağlamaktadır. Ayrıca, karbon emisyonu ve diğer zararlı gazların atmosfere salınımını azaltır, küresel sıcaklık artış eğilimini yavaşlatır ve sürdürülebilir enerji stratejileri için uygulanabilir bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir [44].

Güneş enerjisinin kaynaklarının çevresel anlamda negatif etkilerinden bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir :

- Büyük arazi kullanımı
- Rutin ve kazasal kirlilik boşaltımı
- Görsel etkiler
- Doğal kaynakların kullanımı
- Gürültü kirliliği
- PV pillerini ile ilgili atık sorunları
- Karbon gaz emisyonu
- Çok büyük alanlara ve özellikle doğal sit ve orman alanlarına kurulması
- Radyo ve TV alıcılarında parazitlenmeye sebebiyet vermesi
- Doğal manzaranın ve habitatın bozulması

2.4.2. Rüzgâr enerjisi

Rüzgar enerjisi (veya rüzgar gücü), rüzgarı veya dünya atmosferinde doğal olarak oluşan hava akışlarını kullanarak elektrik oluşturma yöntemidir. Günümüzdeki modern rüzgar türbinleri, rüzgardan kinetik enerjiyi yakalamak ve elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Rüzgar türbinleri genellikle 3 veya daha fazla kanatları (rotor) olan ve

rüzgâr tarafından döndürülen kanatların bağlı olduğu elektrik üretim türbinlerine sahip mekanizmadan oluşmaktadır.

Rüzgar bir rüzgar türbini üzerinden estiğinde, kanatları rüzgarın kinetik enerjisini yakalar ve dönerek onu mekanik enerjiye dönüştürür. Bu dönüş, bir dişli kutusuna bağlı dahili bir mili döndürür ve bu da dönüş hızını 100 kat artırır. Bu, elektrik üreten bir jeneratörü döndürür.

Genel olarak elektrik üretiminde yararlanılan toplam üç temel rüzgar enerjisi türü vardır:

- Şebeke Ölçeğinde Rüzgar: 100 kW' ile birkaç MW arasında değişen boyutlarda rüzgar türbinleri, burada elektriğin elektrik şebekesine iletiildiği ve son kullanıcıya elektrik hizmetleri veya güç sistemi operatörleri tarafından dağıtıldığı RES'lerdir.
- Dağıtılmış (Küçük) Rüzgar: Bir eve, çiftliğe veya küçük işletmeye doğrudan güç sağlamak için kullanılan ve şebekeye bağlı olmayan 100 kW altındaki tek küçük rüzgar türbinleridir.
- Açık Deniz Rüzgarı: Genellikle kıta sahanlığında veya okyanus gibi büyük su kütlelerinde kurulan rüzgar türbinleridir. Açık deniz rüzgar türbinleri kara tabanlı türbinlerden daha büyüktür ve daha fazla güç üretebilir.

Rüzgar çiftliği, elektrik üretmek için kurulan bir grup rüzgar türbinidir. Rüzgar türbinlerinin veya santrallerinin bir araya getirilmesi ile beraber oluşturulan rüzgâr çiftlikleri için güneş enerjisinde olduğu gibi geniş alanlar gerekmektedir. Bu türbinler açık arazide, sıradağlarda veya göllerde veya okyanuslarda kurulabilir [44].

Rüzgar türbinlerinin başlıca çevresel etkileri biyolojik çeşitlilik, peyzaj etkileri ve operasyonel çalışma sırasında rotor kanatlarının ürettiği gürültüdür. Rüzgar türbinlerinin rotor kanatlarına, rotorların içine uçan kuşlar girerek zarar görebilir ve verebilir. Rüzgar enerjisi türbinlerinin arazi kullanımına etkisi, kurulan sahaya bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin, düz alanlarda, rüzgar türbinleri genellikle tepelik alanlarda bulunanlardan daha fazla arazi kullanır. 1 MW güç kapasitesi başına 30 ila 141 dönüm arazi kullanılır [45]. Arazinin geri kalanı, çiftçilik ve hayvancılık otlatma dahil olmak

üzere çeşitli diğer üretim amaçları için kullanılabilir. Modern rüzgar türbinleri büyük makinelerdir ve manzara üzerinde görsel bir etkiye sahiptirler.

2.4.3. Hidroelektrik enerjisi

Hidroelektrik, hareket eden suyun enerjisinden elde edilen yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji çeşididir [46]. Akan su türbinler kullanılarak yakalanabilen ve elektriğe dönüştürülebilen enerjiden meydana gelmektedir. En yaygın hidroelektrik türü barajlardır. Öte yandan, son yıllarda dalga ve gelgit gücünü kullanan yeni biçimler ortaya çıkarak daha yaygın hale gelmektedir.

Hidroelektrik, güneş radyasyonu tarafından su döngüsünde ve hidrolojik döngüde hareket eden sudan üretilir. Hidroelektrik enerjisi üretmek için kullanılabilen, yerçekimi kuvveti tarafından yukarıdan aşağıya doğru hareket ettirilen nehirlerdeki suyun akışı gereklidir.

Hidroelektrik santralleri (HES), birkaç watt'tan birkaç GW'ye kadar çok geniş bir ölçek yelpazesinde bulunan miktarlarda elektrik enerjisi üretebilirler [47]. En büyük HES 14.000 MW ile Brezilya'da kurulu bir santraldir. Hidroelektrik projeleri her zaman kurulacak olan bölgeye özeldir ve bu nedenle içinde buldukları nehir sistemine göre tasarlanır.

Hidroelektrik santralleri, büyük miktarlarda suyu bir istinat duvarı veya büyük bir barajın arkasındaki rezervuarda depolayarak elektrik üretir. Hidroelektrik jeneratörleri çevresel açıdan karbon salınımına sebebiyet vermemektedir. Ancak, hidroelektrik barajda çevre üzerinde bazı olumsuz etkileri bulunmaktadır. Barajın inşası, baraj alanındaki arazi kullanımını, evleri ve doğal yaşam alanlarını etkileyebilir.

2.4.4. Jeotermal enerji

Jeotermal enerji, doğal süreçlerle dünyadan yenilenebilir enerji elde etmenin en verimli yollarından birisidir. Bu enerji çeşidinin kullanımı jeotermal ısı pompası ile bir konuta ısı sağlamak için küçük ölçekte veya bir jeotermal enerji santrali aracılığıyla elektrik

üretimi gibi büyük ölçekte gerçekleştirilebilir. Jeotermal enerji, uygun maliyetli, güvenilir ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilen bir enerjidir [48].

Dünyadaki Jeotermal enerji kaynakları hem kayada, hem de hapsolmuş buhar veya sıvı suda depolanan yeryüzünün iç katmanlarından gelen termal enerjiden oluşmaktadır. Jeotermal sistemler, rezervuarların sıcaklık ve derinliklerine göre değişen farklı jeolojik ortamlarda oluşur. Jeotermal enerji genellikle yüksek sıcaklıklı hidrotermal (180°C'den büyük) sistemlerle ilişkilidir. Sıcaklıkları genelde 100 ila 180°C arasındadır.

Uygun koşullar altında, yüksek, orta ve düşük sıcaklık jeotermal sahaları hem enerji üretimi hem de ısının doğrudan kullanımı için kullanılabilir. Jeotermal enerji kaynakları hidrotermal ve iletken sistemler olarak sınıflandırılır [49]. Hidrotermal sistemler, sıvı ve buhar türleri içermektedir. İletken sistemler, geniş bir sıcaklık aralığında sıcak kaya ve magmadan elde edilir.

2.4.5. Biyokütle enerjisi

Biyokütle, bitkilerden ve ağaçlardan kaynaklanan organik maddeler için kullanılan bir kavramdır [50]. Aslında bitki ve ağaçlarda ortaya çıkan bu enerji güneş enerjisinin bitkilerde gerçekleşen fotosentez yoluyla depolanmasıdır. Biyokütle enerjisi veya biyoenerji, biokütlenin ısı, elektrik ve sıvı yakıtlar (biyoyakıtlar) gibi yararlı enerji biçimlerine dönüştürülmesi ile elde edilir.

Biyokütle özel olarak yetiştirilen enerji mahsulleri gibi doğrudan topraktan ya da mahsullerin gıda ya da diğer ürünlerin işlenmesinden açığa çıkan kalıntılardan elde edilir [51]. Biyokütle enerjisi yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynağı olmasına rağmen fosil yakıtlarla birçok benzer özelliğe sahiptir [52]. Biyokütle, enerji elde etmek için doğrudan yakılabilirken, aynı zamanda çeşitli sıvı veya gaz yakıtlara (biyoyakıtlar) dönüştürülecek hammadde olarak kullanılabilir.

Biyoyakıtlar taşınabilir, depolanabilir ve ihtiyaç üzerine ısı ve güç üretiminde kullanılabilir. Bu özelliği rüzgar gibi kesinti olabilen kaynaklara yüksek oranda bağımlı

olan enerji için çok önemlidir [53]. Bu özelliği biokütlenin gelecekteki enerji ihtiyaçlarında beklenen ana rolüdür.

Yakın bir geçmişte ortaya çıkan yaklaşım ile biyokütle hammaddesini temiz enerji yakıtlarına dönüştürmek için biyorafineri ve biyotransformasyon teknolojileri geliştirmektir. Bu sayede, karbon döngüsünde çeşitli biyokütle ve enerji formlarına dönüştürülebilir. Ayrıca, biyokütle hammaddesi, termo-kimyasal ve biyo-kimyasal dönüşüm süreçleri ile biyoenerjiye dönüştürülebilir.

Biyokütle kavramı bir habitatta beraber yaşayan organizmaların hayatları boyunca belirli zamanlarda sahip oldukları toplam kütle olarak tanımlanır [54]. Özellikle ormandaki bitki türlerinden olan ağaçların kökleri, yaprakları, kabukları, gövdeleri dal ve odunsu yapılarının oluşturduğu biyokütle ormandaki bitkilerin ölçülen zamanlardaki kütle miktarını göstermektedir.

Biyokütle enerjisi Türkiye ve diğer gelişmekte olan ülkeler ile gelişmiş ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma amaçları doğrultusunda en fazla yararlanılan yenilenebilir enerji çeşididir [55]. Biyokütle enerjisinin üretim şekilleri piroliz, havasız çürütme, hidroliz, esterleşme reaksiyonları ve fermantasyon olarak bilinmekte ve bu şekilde biokütlenin yakıt kalitesi artırılarak biyogaz, biyodizel ve sentetik yağ olarak kullanılmaktadır.

2.4.6. Hidrojen enerjisi

Hidrojen enerji sistemleri günümüzde en hızlı şekilde geliştirilen ve geleceğin enerjisi olarak bilinen yenilenebilir enerji kaynağıdır. Günümüzde birçok bilim insanı, enerji gibi küresel bir sorunun çözümünün mevcut fosil yakıt sistemini Hidrojen Enerji Sistemi ile değiştirmek olacağı konusunda görüş bildirmektedir [56].

Hidrojen enerjisi hidrojen veya hidrojen içeren yapıların kullanılması ile elektrik üretiminin sağlandığı bir yapıya sahiptir [57]. Çevresel etkileri daha az olduğu için diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha fazla tercih edilmektedir. Hidrojen enerjisi sadece elektrik üretimi için değil bunun yanında enerji depolama ve dağıtım açısından

daha uygundur. Ayrıca, konutların ısıtılması, endüstriyel enerji ihtiyacı ve ulaşım açısından tercih edilmektedir.

Hidrojen enerjisinin kullanılmasının tercih edilmesinin iki ana sebebi enerji yeterliliği ve sürdürülebilir olmasıdır..

Hidrojen ekonomik gelişimini tamamladığında tamamen yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulum maliyeti yüksek olduğundan hidrojen kullanımı şuan için yaygın değildir. Daha çok fosil yakıtların taşınmasında ve depolanmasında hidrojen kullanılmaktadır. Hidrojen ekonomilerini oluşturulmasında yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye hidrojen kullanımına geçiş sürecinde yol haritalarını belirleyerek uygun politikalar oluşturmalıdır.[58]

Hidrojen çok verimli ve temiz bir yakıttır. Hidrojen yakıtının üretiminde sera gazı ortaya çıkmaz, kimyasalları incelten ozon tabakası oluşmaz, asit yağmuru olmaz ve bunlardan dolayı çevresel kirlilik ortaya çıkmasını engellemektedir. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen hidrojen, değiştirme zorunluluğu olmayan bir enerji sistemidir. Bununla birlikte, sentetik fosil yakıt sistemi gibi petrol sonrası dönem için önerilen başka enerji sistemleridir. Hidrojen enerji sisteminde, benzin ve doğal gaz, bol kömür yatakları kullanılarak üretilir. Mevcut fosil yakıt sisteminin devamını sağlayabilir. Fosil yakıt sonrası dönem için iki olası enerji sistemi olan güneş hidrojen enerji sistemi üretim maliyetleri, çevresel zararlar ve kullanım verimlilikleri dikkate alınarak mevcut fosil yakıt sisteminin yerini alması beklenmektedir.

Ülkemizde dünyada olduğu gibi hidrojen enerjisi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bozcaada hidrojen Türkiye'deki ilk hidrojen enerji santrali olarak enerjisi santrali Vestel firmasının öncülüğünde kurulmuştur. Sistemde toplam 20 kW solar fotovoltaik panelleri, 30 kW rüzgâr türbini, hidrojen üretimi için 50kW elektrazör, hidrojen kompresör ve depolama tankları ile beraber toplam 30 kW hidrojen yakıt pili bulunmaktadır.

3. BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMI

Yenilenebilir enerji kaynaklarının özellikle son yıllarda önemi daha fazla artmış ve küresel anlamda fosil yakıtların çevresel zararlarından dolayı birçok ülke tarafından enerji ihtiyaçlarını karşılamada tercih edilir hale gelmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları genellikle rüzgâr, güneş, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle ve hidrojen olarak bilinmektedir. Bunlardan rüzgâr ve güneş günümüzde en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji çeşitlerindedir.

Tez çalışmasının bu bölümünde dünyada ve Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve uygulamaları ile ilgili bilgiler tartışılacaktır.

3.1. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kullanımı

Tablo 3.1'de 1995 yılında gerçekleştirilen 16. Dünya Enerji Kongresi (Tokyo Kongresi) raporunda, dünya üzerindeki toplam enerji kaynakları tüketimi yaklaşık 4 ila 10 MTEP olarak tahmin edilmiştir. Tablodaki bilgilere göre yenilenebilir enerji kaynaklarından biyokütle, güneş ve rüzgâr enerjileri en fazla yararlanılacak kaynaklar olarak kayıtlarda yer almıştır [54].

Tablo 3.1. 2020 Yılı İtibari ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tahmini Miktarları [59]

	2020 Yılında Minimum		2020 Yılında Maksimum	
	MTEP Toplamı (%)		MTEP Toplamı (%)	
Modern Biyokütle	234	45	561	42
Güneş	109	20	355	26
Rüzgar	85	15	215	16
Jeotermal	40	7	91	7
Küçük Hidrolik	48	9	69	5
Deniz Enerjisi	14	4	54	4
Toplam	539	100	1345	100
Genel Enerji Talebinin % si	3-4		8-12	

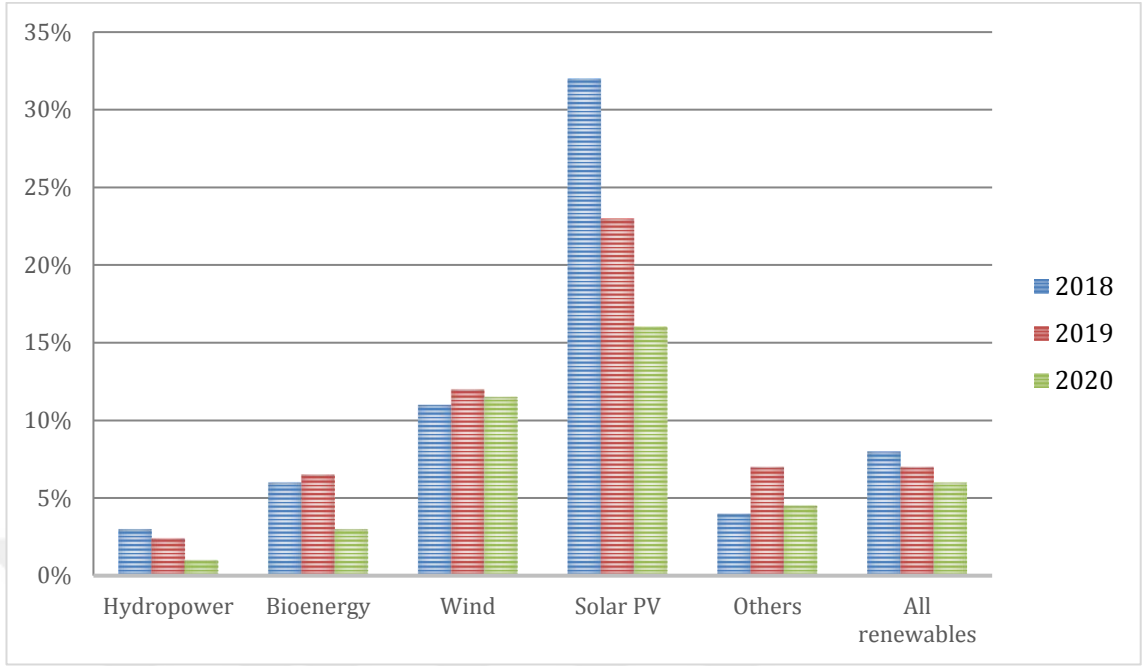
Elektrik enerjisi güvenliği ve sürekliliği gereklidir ancak fosil yakıtların yüksek maliyeti ve sınırlı olması ve çevresel zararları olan sera gazı emisyonunu azaltma ihtiyacı duyardaki enerji temelli ekonomilerde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır [60]. Dünya üzerinde sahip olunan yenilenebilir enerji kaynaklarının çok muazzam miktarda olması yakın gelecekte bu enerji kaynaklarının küresel enerji portföyünde önemli bir paya sahip olması beklenmektedir.

Yenilenebilir enerjinin son 10 yılda özellikle elektrik, ısınma ve ulaşım alanlarında olmak üzere enerji ihtiyacına katkısı çok hızlı bir şekilde artmıştır. Hidroelektrik santral gibi yerleşik teknolojilerin yanısıra, rüzgâr ve güneş fotovoltaik gibi yeni teknolojilerin yayılması yenilenebilir enerji ile ilgili teknolojilere olan güveni artmış, maliyetleri düşürmüştür ve bu alanda yeni fırsatların ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir [61].

Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) tarafından covid-19 etkileri göz önüne alınarak yayımlanan raporda 2020 yılı itibari ile yenilenebilir enerji bir önceki yıla göre yaklaşık %3 artarak toplam enerji kullanımını içerisinde %28 oranına ulaştığı belirtilmiştir (IEA, . Ancak doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtların toplam elektrik üretimindeki oranı %60 olduğu düşünülürse yenilenebilir enerji miktarının sonraki yıllarda daha da artması gerektiği sonucuna ulaşabiliriz.

Öte yandan, 2020 yılında bütün dünyayı etkisi altına alan covid-19 pandemisinden dolayı fosil yakıtlarda talep azalması beklenirken, yenilenebilir enerjiye olan talep artacaktır [62].

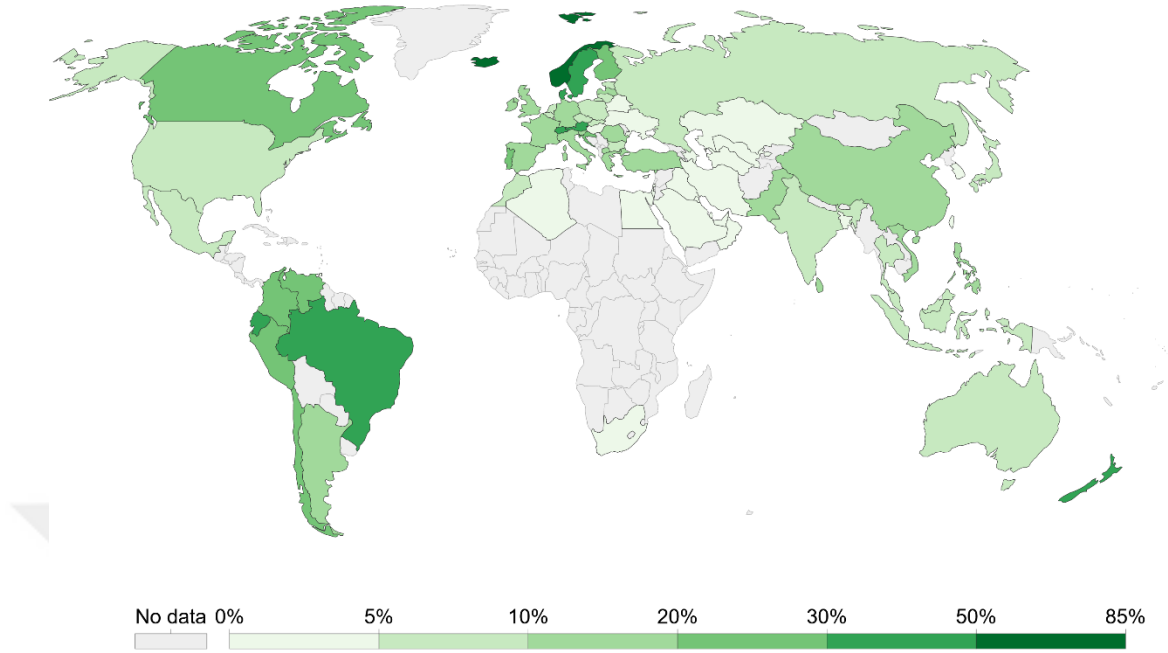
Şekil 3.1’de 2018 ile 2020 yılları arasında elektrik üretimi için kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının yıllık artışlarını göstermektedir. Buna göre en fazla artış gösteren yenilenebilir enerji kaynağı güneştir. Sonrasında ise rüzgâr ve biyoenerji gelmektedir. Son 3 yıllık yenilenebilir enerji artış oranlarına bakıldığında her yıl %5 olduğu görülmektedir. 2019 yılı itibari ile dünya enerji ihtiyacının sadece %11 oranında yenilenebilir enerjiden karşılandığı raporlandırılmıştır [63].



Şekil 3.1. Yenilenebilir Elektrik Enerjisi Üretimi Kaynaklarının Büyüme Seviyeleri (2018-2020) [62]

Şekil 3.2’de 2019 yılı itibari ile global enerji ihtiyacında kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının oranları verilmiştir. Verilen bilgilere göre 2019 yılında yenilenebilir enerji kullanım oranı en yüksek olan ülkeler sırasıyla İzlanda (%79), Norveç (%66), Brezilya (%45) ve İsveç’tir (%42). Ülkemizde yenilenebilir enerji kullanımının toplam enerji ihtiyacının %18’ine karşılık geldiği ve orta seviyede olduğu görülmektedir.

Yenilenebilir enerji üretimine 2019’da eklenen kapasitenin %72’sini oluşturduğu ve güneş enerjisinin diğerleri arasında yine baskın teknoloji olduğu görülmektedir. Asya kıtası, 2019’daki toplam güneş enerjisi kapasitesinin %60’ına ev sahipliği yapmaktadır. Bundan sonra, ABD ve Almanya, İspanya ve Avustralya gibi ülkelerin ayrı ayrı önemli paylara sahip olduğu belirlenmiştir.

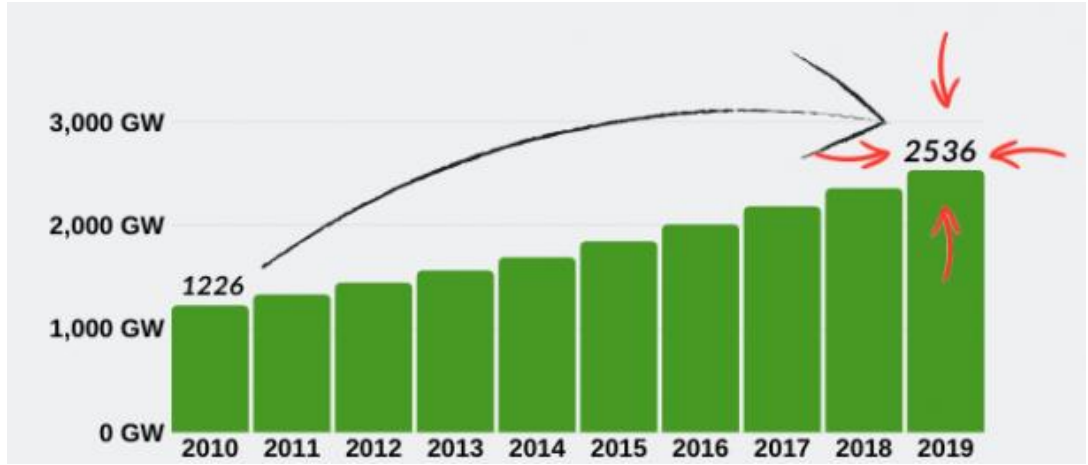


Şekil 3.2. Küresel 2019 Yılı İçin Temel Enerji İçerisinde Yenilenebilir Enerji Oranları [63]

Yenilenebilir enerji kapasitesi 2019 yılı itibari ile 2010 yılına göre dünyada iki kat artmıştır. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA) yenilenebilir enerji ekleme çizelgeleri, 2019 yenilenebilir katma kapasitesinde çok az bir düşüş göstermesine rağmen, 2018'e kıyasla 176 GW, toplam kapasite geçtiğimiz on yılda çok hızlı bir artış göstermiştir.

Şekil 3.3'te görüldüğü gibi, 2010 yılında yenilenebilir enerji üretimi 1226 GW olarak ölçülmüştür. Son on yılda bu rakam hızla artarak 2019 yılı sonunda yaklaşık 2536 GW seviyesine ulaşmıştır. Bu miktarın gelecek yıllarda özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelere gelen taleple hızlı artışını sürdüreceği beklenmektedir [64].

Buna ilaveten, 2035 yılına kadar elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının çok daha hızlı bir şekilde artacağı tahmin edilmektedir [60]. Buna göre 2035 yılı sonunda yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak üretilen elektrik miktarının 2020 yılı ile karşılaştırıldığında yaklaşık %65 seviyesinde artacağı beklenmektedir. En fazla oranda artacak yenilenebilir enerji kaynakları ise biyoenerji, hidroelektrik, rüzgâr, jeotermal ve güneş olarak sıralanmaktadır.



Şekil 3.3. Global Yenilenebilir Enerji Kapasitesi 2010 – 2019 Yılları Arası İstatistikleri [64]

Hidroelektrik, dünyanın toplam kurulu güç üretim kapasitesinin %18'inden fazlasını ve küresel yenilenebilir enerji üretim kapasitesinin %54'ünden fazlasını oluşturan 1.295 GW'ı aşan küresel hidroelektrik kurulu kapasitesi ile en yaygın kullanılan yenilenebilir güç kaynağıdır. En yaygın hidroelektrik üretim yöntemi, nehirler üzerinde barajlar inşa etmek ve türbinleri çalıştırmak için rezervuardan su boşaltmaktır. Pompalı depolama tipi santraller, başka bir hidroelektrik üretim yöntemini temsil etmektedir. Çin, dünyadaki en büyük hidroelektrik üretim kapasitesine sahiptir ve dünyanın en büyük hidroelektrik santrali Three Gorges'a (22,5 GW) ev sahipliği yapmaktadır. Ülke, 2018'de dünyada eklenen toplam hidroelektrik kapasitesinin yaklaşık %40'ını oluşturmuyordu. Brezilya, ABD, Kanada ve Rusya aynı zamanda dünyanın en büyük hidroelektrik tesislerinden bazılarını sahiptir.

Küresel kurulu rüzgar gücü kapasitesi 2018'de 563 GW'ı aşarak dünyanın toplam yenilenebilir enerji üretim kapasitesinin yaklaşık %24'ünü oluşturduğu için en yaygın kullanılan ikinci yenilenebilir enerji kaynağıdır. 184 GW'tan fazla kurulu kapasiteye sahip olan Çin, dünyanın en büyük rüzgar enerjisi üretici olup ve onu ABD (2018 sonu itibariyle 94 GW) takip etmektedir. 2018 yılında dünya çapında eklenen 49 GW rüzgar enerjisi kapasitesinin yarısından fazlası Çin (20 GW) ve ABD (7 GW)'dedir. Almanya, İspanya, Hindistan, İngiltere, İtalya, Fransa, Brezilya, Kanada ve Portekiz, Çin ve ABD ile birlikte toplam rüzgar enerjisi üretim kapasitesinin %85'inden fazlasını oluşturan diğer büyük rüzgar enerjisi üreten ülkelerdir.

Dünyada Çin'deki 8 GW Jiuquan Rüzgar Enerjisi Üssü şu anda dünyanın en büyük kara rüzgar çiftliği olarak sıralanırken, İngiltere, İrlanda Denizi'nde bulunan 659 MW Walney Uzantısı Açık Deniz Rüzgar Çiftliği en büyük açık deniz rüzgar çiftliğidir.

486 GW'tan fazla kurulu kapasite, güneş enerjisini dünyanın üçüncü en büyük yenilenebilir güç kaynağı haline getirmektedir. Üretim yöntemi olarak fotovoltaik (PV) teknolojisi baskın durumdadır. Konsantre güneş enerjisi (CSP) teknolojisinin kullanımı da artmakta olup, küresel CSP kurulu kapasitesi 2018 sonunda 5.5GW'a ulaşmıştır. Çin, ABD, Almanya, Japonya, İtalya ve Hindistan, dünyanın en büyük güneş PV kapasitesine sahiptir. İspanya ise küresel CSP kapasitesinin %42'sine sahiptir. Kümülatif güneş enerjisi kapasitesinin yıllık büyüme oranı, son beş yılda ortalama %25 olmuştur ve bu da güneşi en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji kaynağı yapmaktadır. Asya, 2018'deki toplam 94 GW küresel güneş enerjisi genişlemesinin yaklaşık %70'ini oluştururken, ABD, Avustralya ve Almanya yıl boyunca yeni güneş enerjisi projelerine 8,4 GW, 3,8 GW ve 3,6 GW eklemiştir. Birleşik Arap Emirlikleri'ndeki (BAE) 1.17 GW'lık Noor Abu Dabi güneş enerjisi projesi, şu anda dünyanın en büyük tek sahali güneş enerjisi santralidir.

Biyo-güç; hidro, rüzgar ve güneşten sonra dördüncü en büyük yenilenebilir güç kaynağıdır. Biyo-kütleden dünyanın net elektrik üretim kapasitesi şu anda 117 GW'ı aşarken, küresel biyo-enerji üretimi 2010'da 317 TWh'den 2018'de 495 TWh'nin üzerine çıkmıştır. Modern biyokütle, özellikle biyoyakıtlar ve odun peletleri, tarımsal yan ürünler gibi geleneksel biyokütle kaynaklarının yanı sıra ısı ve enerji üretimi için giderek daha fazla kullanılmaktadır.

ABD, Brezilya, Çin, Hindistan, Almanya ve İsveç şu anda dünyanın önde gelen biyo-güç jeneratörlerine sahiptir. Çin, Hindistan ve Birleşik Krallık, 2018'de dünyadaki toplam biyoenerji kapasite genişlemesinin yarısından fazlasını oluşturmuştur. İngiltere Severn Gorge'da bulunan 740 MW Ironbridge enerji santrali dünyanın en büyük biyokütle yakıtlı enerji santrali iken, Finlandiya'daki 140 MW Vaskiluodon Voima santrali dünyanın en büyük biyogaz santralidir.

Jeotermal elektrik üretimi 2018'de 85 TWh'i aşmıştır. Jeotermal kaynaklar kullanılarak üretilen yeşil enerjinin üçte biri elektrik, geri kalan üçte ikisi ise doğrudan ısıdır. Küresel jeotermal kapasite 2018 yılında 539 MW artmıştır. ABD, Kaliforniya'da San Francisco'nun kuzeyinde yer alan ve 900 MW aktif üretim kapasitesiyle Geysers Jeotermal Kompleksi, dünyanın en büyük jeotermal enerji santralidir. Tablo 3.2'de dünya üzerindeki jeotermal enerji kaynaklarının 2000 yılı itibari ile toplam kullanım miktarlarının ülkeler bazında dağılımını gösterilmiştir. Buna göre jeotermal kaynaklardan en fazla yararlanan ülkeler sırasıyla Çin, Japonya ve ABD'dir. Ülkemiz jeotermal enerji kaynaklarından en fazla yararlanan beşinci ülke konumundadır.

Dünya üzerinde jeotermal enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 2018 yılı itibari ile yaklaşık 15 GWe seviyesindedir. Jeotermal enerji kaynaklarından en fazla elektrik üreten ülkeler ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda olarak belirlenmiştir.

Elektrik dışında kullanım açısından ise toplam kullanım 70.000 MWt düzeyinden fazladır. Bu kapsamda dünyada en fazla jeotermal enerjiden elektrik dışında faydalanan ülkeler arasında ABD, Çin, İsveç, Belarus ve Norveç'tir.

Tablo 3.2 Dünya Üzerindeki Jeotermal Enerji Kaynaklarının Doğrudan Kullanımı Miktarlarının Dağılımı [65]

ÜLKELER	KURULU GÜÇ MWt	ÜRETİM GWh/yıl
ÇİN	2814	8724
JAPONYA	1159	7500
ABD	5366	5640
İZLANDA	1469	5603
TÜRKİYE	820	4377
YENİ ZELANDA	308	1967
GÜRCİSTAN	250	1752
RUSYA	307	1703
FRANSA	326	1360
MACARİSTAN	391	1328
İSVEÇ	377	1147
MEKSİKA	164	1089
İTALYA	326	1048
ROMANYA	152	797
İSVİÇRE	547	663

Ulaşım sektöründe, etanol ve biyodizel gibi yenilenebilir yakıtlar, son on yılda önemli ölçüde artmıştır. E85'in (etanol yakıtı) en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji türü olması ve çok düşük bir tabandan başlasa da önümüzdeki 30 yıl içinde yıllık ortalama yüzde 9,7 oranında büyümesi beklenmektedir.

3.2. Türkiye'de Enerji Sektörünün Mevcut Durumu

Türkiye enerji kaynağı açısından çok uzun yıllardır dışa bağımlı olarak gelişmektedir. Bunun en önemli sebebi ise ülkenin doğal enerji kaynağının yetersiz olmasıdır. Ülkemizin enerji ithalatı 2019 yılı itibari ile yaklaşık 41 milyar dolar olmuştur . Bu rakam toplam ithalat olan 210 milyar doların yaklaşık %20'si oranındadır. Bu seviye ile Avrupa'da ithalata bağımlı beşinci ülke konumundadır [66].

Ülke içerisinde en fazla enerji sağlanan kaynaklar linyit, hidrolik, petrol ve odundur. Türkiye yurt dışından gerçekleştirdiği enerji ithalatını ısınma, ulaştırma ve sanayideki enerji ihtiyacı için kullanmaktadır. İthal edilen enerjiler arasında petrol ve doğalgaz ağırlıklıdır. En fazla enerji ithalatı yapılan ülkeler arasında Rusya, İran, Azerbaycan ve Cezayir'dir.

Türkiye'nin enerji talebi her ne kadar covid-19 salgınından dolayı azalsa da 2020 yılından sonra artacağı düşünülmektedir. Bu sebepten dolayı yapım aşamasında olan nükleer enerji santralleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların ülkenin gelecekteki enerji ihtiyacının çoğunu karşılaması beklenmektedir [67].

3.3. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Kullanım Durumu

Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının zenginliğinden dolayı kamu teşebbüsleri ve özel sektör girişimleri ile beraber gelecekte ülkenin enerji ihtiyacının çoğunun yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanabileceği bilinmektedir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından 2019 yılında hazırlanan Yeni Ekonomik Program (YEP) kapsamındaki orta vadeli programda 2019-2021 dönemi için

yenilenebilir enerji ile ilgili resmi planlar sunulmaktadır. Buna göre aşağıdaki eylem planı hazırlanmıştır:

“Güneş, rüzgâr, biyokütle, yenilenebilir enerji ve yerli kömür kaynaklarının elektrik üretimindeki payı artırılacak, YEKA modeli ile bu enerji teknolojilerinin yerleştirilmesi desteklenecektir.” [68].

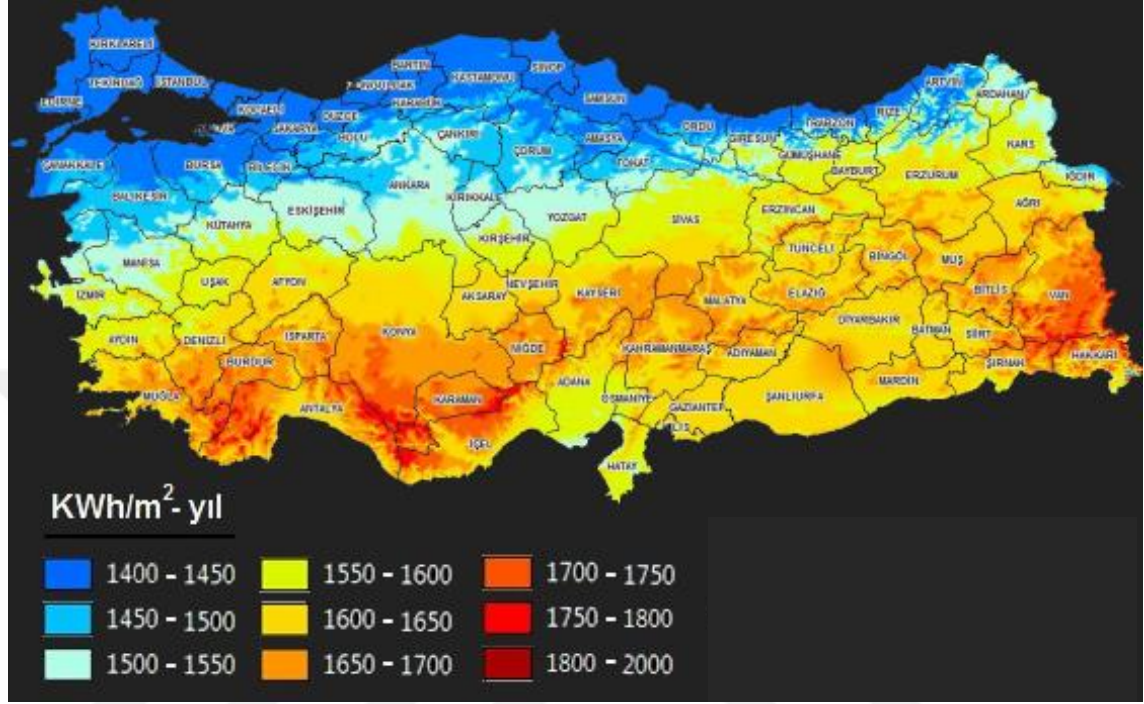
Buna ilaveten ETKP 2019 yılı raporunda elektrik kurulu gücü ve üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının oranının artırılması hedefi ve planlaması yer almıştır.

ETKP raporunda ayrıca YEKA GES-1 olarak bilinen Karapınar YEKA GES-1 kapsamında düzenlenen yarışmayı kazanan firma ile imzalanmış sözleşmelere devam edilerek Ankara Başkent OSB (Karapınar)’de toplam 1.000 MWe kapasiteli GES kurulumu devam etmektedir. YEKA GES-2 yarışması ise iptal edilmiştir. Son olarak YEKA GES-3 çalışması ile 36 ilde toplam 1.000 MWe gücünde bağlantı kapasitesinin belirlendiği raporda yer almıştır.

Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi potansiyeli özellikle AB devletleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu yapılan araştırmalarda belirlenmiştir [67]. Şekil 3.4’te görüldüğü gibi ülkemizde yıllık ortalama güneşlenme miktarı 2737 saattir. Yıllık güneş enerjisi potansiyeli ise 1727 KWh/m²’dir. Ayrıca Türkiye’nin özellikle güney bölgeler olmak üzere çoğu alanında yüksek güneş enerjisi potansiyeli bulunmaktadır. İç Anadolu ve Ege Bölgesinin bir kısmı olmak üzere ve Akdeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinin tamamının güneş enerjisi potansiyeli zayıf, orta ve yüksek olarak görülmektedir.

Ülkemizdeki toplam 1644 güneş enerji santralinin kurulu gücü yaklaşık 1.362 MW’tir. 2016 yılı itibari ile GES’lerden elde edilen elektrik üretimi yaklaşık 1 milyar KWh’tir. Bunlardan 28’i lisanslı ve 550’si lisanssız olarak faaliyet göstermektedir. Halen aktif olarak kullanılmakta olan en büyük güneş enerji santralleri sırasıyla Kayseri OSB (Kayseri, 50 MW), Natürel Yenilenebilir Enerji (Ankara, 44 MW), Özkuyumcu Madencilik Balıkesir (Balıkesir, 40 MW) olarak sıralanmaktadır. Hali hazırda yapımı devam eden birçok GES vardır. ETKB 2019 raporunda göre 2019 yılı sonu itibari ile

ülkemizde bulunan bütün GES'lerin toplam kurulu güç değeri yaklaşık 6 milyon MW'a ulaşmıştır.



Şekil 3.4. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası [69]

Rüzgar enerjisi ise Türkiye’de güneş enerjisinden daha fazla seviyede kaynak ve potansiyele sahiptir [9]. Rüzgar enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları açısından temiz, güvenilir ve ekonomik olarak düşük maliyette olan bir enerji çeşididir.

Rüzgar santralleri ile ilgili en önemli finansal giderlerden birisi türbin teknolojisinin gelişimine rağmen maliyetinin yüksek olmasıdır. Son yıllarda türbin çeşitleri ve yükseklikleri açısından ortaya çıkan gelişmeler rüzgâr santrallerinin kurulumu ve işletilmesi açısından ekonomik olması, maliyetlerin düşürülmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlar ile rekabetine destek olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı özellikle ABD ve AB ülkelerinin yakın gelecekte rüzgâr enerjisinden elde edilen enerji miktarının artırmaları ve rüzgâr santrallerinin kurulumuna destek vermeleri beklenmektedir.

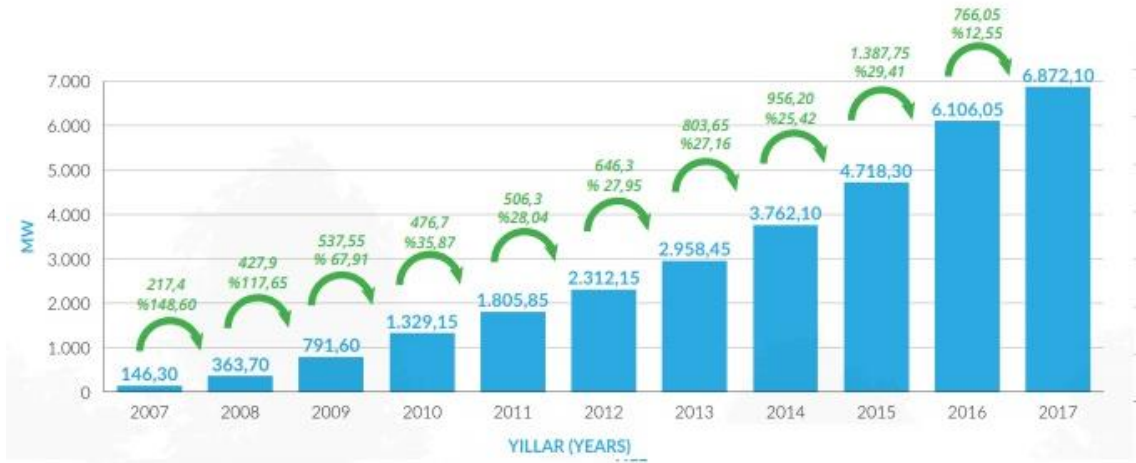
Türkiye’de ilk rüzgâr enerji santrali İzmir’de 1998 yılında kurulmuştur. Türkiye’de halen faaliyet gösteren toplam 172 rüzgâr enerji santrali (RES) vardır. Toplam kurulu

güç ise yaklaşık 5.800 MW'tır. Rüzgar enerji santrallerinden 2016 yılında elde edilen elektrik enerjisi yaklaşık 15 milyar KWh'tir.

2017 yılı itibari ile Türkiye'de rüzgâr enerjisi santrali (RES) bulunan il sayısı 28'dir. Ayrıca, toplam 164 RES bulunmaktadır ve yapım aşamasında olan RES sayısı ise 24 olarak raporlandırılmıştır. Yapımı devam eden 211 RES eklendiğinde toplam rüzgâr enerji santrali gücü yaklaşık 8.272 MW kapasiteye ulaşacaktır. Ülkemizin en büyük rüzgâr enerji santralleri sırasıyla Soma (288 MW), Karaburun (223 MW) ve Dinar (200 MW) olarak sıralanmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2019 yılında hazırlanan faaliyet raporunda YEKA (Yenilenebilir Enerji Kaynağı Alanı) RES-1 çalışması kapsamında yarışmayı kazanan tarafından önerilen ve Bakanlığın 2018 yılında YEKA olarak ilan edilen sahalarda proje çalışmalarının devam edilmesine karar verilmiştir. Benzer şekilde YEKA RES-2 çalışması kapsamında Balıkesir, Çanakkale, Muğla ve Aydın illerini kapsayacak şekilde her bir ilde kurulum gücü 250 MWe olan 4 farklı YEKA yarışması gerçekleştirilmiştir.

Şekil 3.5'te 2012 ile 2017 yılları arasında Türkiye'de rüzgâr enerjisi santrallerinden üretilen toplam enerji miktarı verilmiştir. Buna göre 2012 yılında sadece 146 MW üretim potansiyeline sahip olmasına rağmen bu miktar 2017 yılında yaklaşık 6872 MW olarak ölçülmüştür. Bu rakam ile Avrupa'da 4. ve dünyada 8. sırada bulunmaktadır. 2027 yılı sonunda rüzgâr enerjisinden elde edilen enerji üretiminin 10 GW düzeyine yükseltilmesi planlanmaktadır.



Şekil 3.5. Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Toplam Üretimi [9]

ETKB 2019 yılı raporunda teknik değerlendirme çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen ve planlanan yenilenebilir enerjide atılacak adımlar belirtilmiştir. Bu kapsamda güneş ve rüzgâr enerjisi kaynaklarının kullanımı ile ilgili yapılan önlisans ve lisans başvuruları, koordinat değişiklikleri, kapasite artışları ve santral değişiklikleri ve farklı şekillerdeki türbinlerin teknik özellikleri açısından toplam 195 adet talep için gerekli çalışmalar yapılmış ve sonlandırılmıştır. Lisanssız elektrik üretimi kapsamında 625 GES ve 24 adet RES ile ilgili başvuruların teknik incelenmesi çalışmaları tamamlanmıştır.

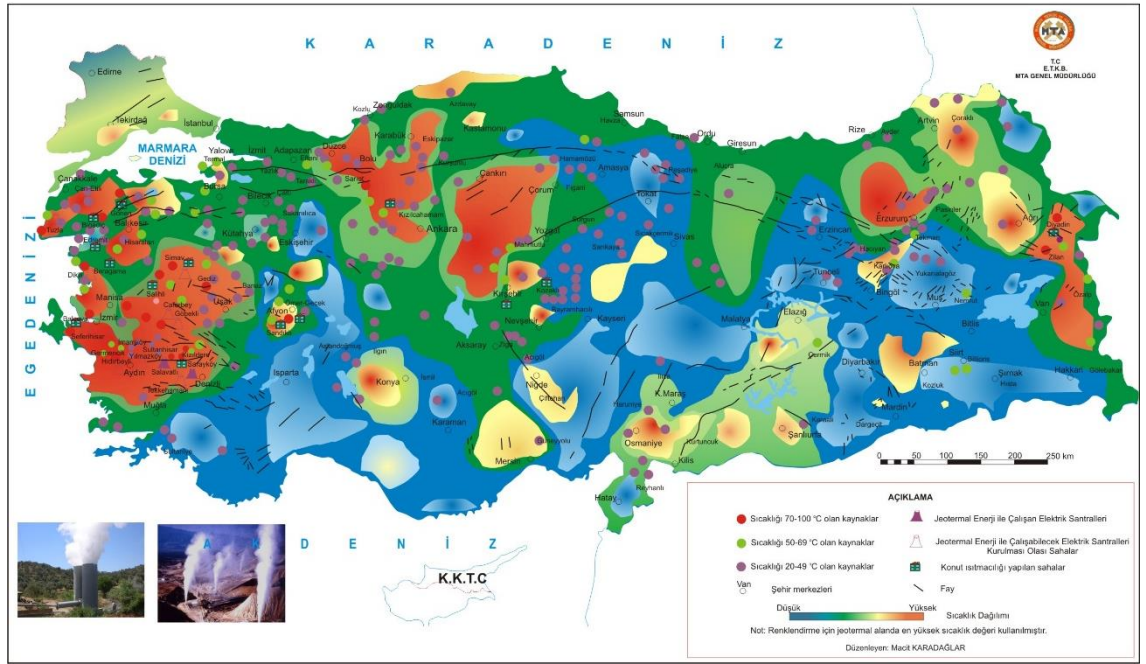
Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2019 yılında hazırlanan faaliyet raporunda Yenilenebilir Enerji Projeleri Değerlendirme ve İzleme Sistemi’nin (YEPDIS) sorunsuz ve sağlıklı bir şekilde işletilmesi açısından ek geliştirme ve bakım hizmetleri ile Enerji Bakanlığı Merkezi Coğrafya Bilgi Sistemi ve EPDK Veri Yönetim Sistemleri ile entegrasyon çalışmalarının tamamlanması için gerçekleşmesi gereken hizmet alımı işlemlerinin Temmuz 2019 tarihinde imzalanarak yürürlüğe girdiği bildirilmiştir.

Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından hazırlanan Türkiye jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımı haritası Harita 3.1’de sunulmuştur. Buna göre jeotermal potansiyel kaynakları yüksek alanların %78’i Bati Anadolu, %9’u iç Anadolu’da, %7’si Marmara Bölgesi’nde ve %5’i Doğu Anadolu Bölgesinde bulunmaktadır [70].

Jeotermal kaynaklar açısından ülkemizde bulunan bölgelerin %90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olmasından dolayı ısıtma, termal turizm ve çeşitli endüstriyel uygulamalar gibi doğrudan uygulamalarda kullanılmaktadır. Kaynakların sadece %10'u elektrik üretimi gibi dolaylı uygulamalar için uygundur.

Jeotermal enerji kaynakları ülkemizde çok yaygın kullanım alanlarına sahiptir (Resim 3.1). Bu konuda elektrik enerjisi üretimi, sağlık ve termal turizm, balıkçılık, sera ve konutların ısıtılması gibi alanlarda jeotermal kaynaklardan yararlanılmaktadır. Türkiye'nin ilk jeotermal enerji santrali MTA Genel Müdürlüğü tarafından kurulmuş ve 0,5 MWe Kurulu güce sahip Kızıldere JES'tir.

Ülkemizde MTA tarafından yapılan ilk çalışmalar (1962) ülkemizin jeotermal açıdan zengin bir ülke konumunda olduğunu göstermiştir. Ancak keşfedilen jeotermal kaynakların sadece %10'u elektrik üretimi için kullanılmasına uygun sıcaklık seviyelerine sahiptir. Ülkemizdeki jeotermal enerji kaynaklarının sıcaklığı 287,5°C'ye ulaşmaktadır.



Harita 3.1. Türkiye'deki Jeotermal kaynaklar ve sıcaklık dağılımı [70]



Resim 3.1. Jeotermal Enerji Kaynaklarının Kullanıldığı Termal Tesislerden Örnekler [70]

MTA ve diğer kurumların desteği ile beraber kullanılabilir ısı kapasitesi 2018 yılı itibari ile yaklaşık 5000 MWt seviyesine ulaşmıştır. 173 adet olan jeotermal enerji kaynağından sadece 10 tanesi elektrik üretimine uygun olduğu görülmüştür. Özel sektörün özellikle jeotermal enerji kaynaklarından ısınma ve sağlık turizmi kapsamında yaptıkları yatırımlar ile beraber 2004 yılına gelindiğinde toplam 35.500 MWt seviyesinde jeotermal ısı kapasitesine ulaşmıştır.

2019 yılı itibari ile ülkemizde elektrik üretimine uygun toplam 25 adet jeotermal kaynak bölgesi bulunmaktadır. Bu bölgelerdeki kurulu JES'lerin yıllık toplam kurulu gücü yaklaşık 1304 MW seviyesindedir.

Hâlihazırda kullanılan ve aktif olan en büyük jeotermal enerji santralleri (JES) Denizli (245 MW), Aydın (230 MW) ve Manisa (48 MW) bölgelerinde bulunmaktadır. Türkiye'deki jeotermal enerji santrallerinin dağılımı incelendiğinde ise Ege Bölgesi ve Marmara Bölgesinin aktif jeotermal kaynaklarının kullanıldığı görülmektedir. Diğer bölgelerimizde jeotermal enerji santrallerinin kurulu olmadığı görülmektedir. Türkiye jeotermal enerjisi potansiyeli açısından değerlendirildiğinde aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi toplam 10 adet jeotermal yoğunluğunun olduğu bölge bulunmaktadır. Bu bölgelerden en büyükleri Doğu Anadolu, iç Anadolu ve Marmara Bölgelerindedir.

4. BÖLÜM

MATERYAL VE METOT

4.1. Nevşehir İli

Tez çalışmasının bu kısmında Nevşehir ilindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli açısından incelenmiştir. Öncelikle coğrafi yapısı ile ilgili iklim ve bitki örtüsü, nüfus ve yerleşim, ekonomi hakkında kısa bilgiler sunulmuştur. Sonrasında ise ilin yenilenebilir enerji kaynakları kapsamında güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve jeotermal enerji kaynakları ile ilgili yapılan çalışmalar tartışılmıştır.

Nevşehir, İç Anadolu Bölgesinde yer alan yüzölçümü ve nüfus olarak Türkiye'nin en küçük illerinden birisidir. Osmanlı Devleti zamanında Muşkara isimli bir köy olarak bilinmekte iken 18.yy'da Osmanlıca bir kelime olan ve yeni kent anlamına gelen Nevşehir ismini almıştır. 1954 yılında şehir olmuştur.

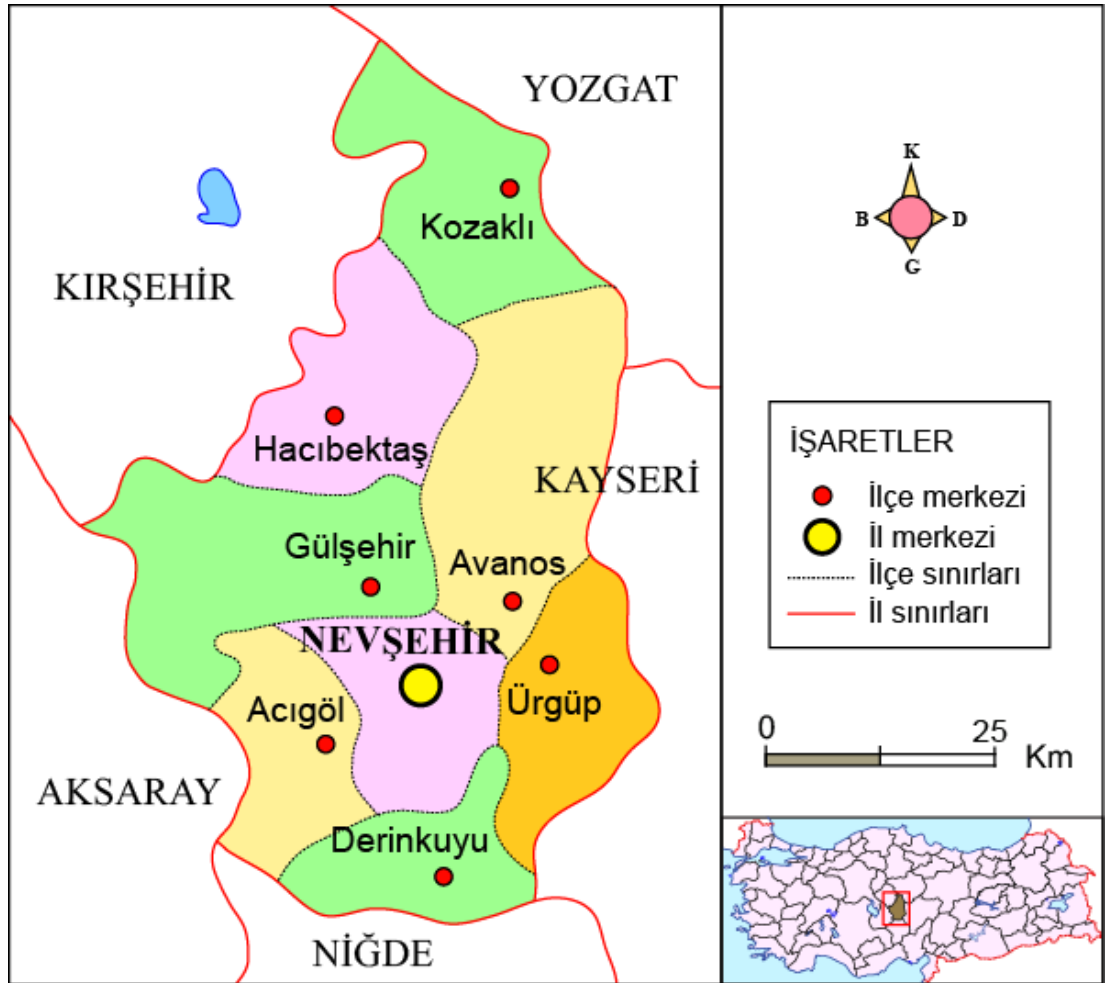
İlde iki önemli yükseköğretim kurumu bulunmaktadır. Nevşehir Hacı Bektaş Üniversitesi 2007 yılında kurulmuş ve ilin farklı kesimlerinde kampüsleri olan bir üniversitedir. Toplam 7 farklı yerleşkedeki 8 fakülte ile eğitim vermektedir. Yaklaşık 15bin öğrenciye sahiptir. İlde bulunan diğer üniversite ise 2008 yılında yüksekokul olarak kurulan ve sonrasında üniversite haline gelen ve vakıf kurumu olan Kapadokya Üniversitesidir. Toplam 15 lisans ve 31 önlisans programı ile eğitim vermektedir. Üniversitenin toplam 4500 öğrencisi bulunmaktadır.

4.1.1. Coğrafi yapı

Nevşehir, Türkiye'nin Orta Anadolu Bölgesinde bulunan Konya havzasında kalan Derinkuyu ilçesi haricinde Orta Kızılırmak Havzasında yer alan bir bölgede bulunmaktadır [71]. Nevşehir İç Anadolu Bölgesi Orta Kızılırmak bölümünde Türkiye'nin tam ortasında yer alır. 34 derece 12 dakika ile 39 derece 18 dakika kuzey enlemleri ve 34 derece 11 dakika ile 35 derece 6 dakika doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Doğuda Kayseri'nin Yeşilhisar, İncesu ve Merkez, kuzeydoğuda

Yozgat'ın Boğazlıyan ve Şefaati, güney, güneybatı ve batıda Niğde, Aksaray Merkez ve Ortaköy ilçesi ile çevrilidir. Nevşehir'in yüzölçümü 5.467 km²'dir. Şehir yüzölçümünün yaklaşık olarak %65'i tarım arazisinden oluşmaktadır [72]. En az arazi oranı ise ormanlık alanlardır.

Nevşehir coğrafi olarak doğuda Erciyes dağı ve batıda Hasan dağı arasında ve rakım olarak 1100 ile 1350 m arasında bulunan volkanik bir plato üzerinde kurulmuştur. Doğu bölgesinde bulunan Oylu dağı, güney bölgesinde ise Kahveci dağı tepeleri ile çevrilidir. Oylu dağındaki en yüksek nokta yaklaşık 1642 m rakımlı Sivri Tepe'dir. İlin kuzeyinde Karaağaç deresi ve güneyinde ise Gore çayından oluşan vadi bulunmaktadır. İlde bulunan en önemli ve yüksek dağlar arasında Hodul dağı, Erdaş dağ ve Kızıl dağ bulunmaktadır.



Harita 4.1. Nevşehir İlinin Coğrafi Haritası [73]

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi, şehrin merkeze bağlı toplam 7 ilçesi (Kozaklı, Hacıbektaş, Gülşehir, Avanos, Acıgöl, Derinkuyu, Ürgüp) bulunmaktadır. Bu ilçelerden Kozaklı bölgesinde bulunan jeotermal kaynaklar bölgede bulunan jeotermal kaynak açısından en zengin yerlerden birisidir.

4.1.2. İklim ve bitki örtüsü

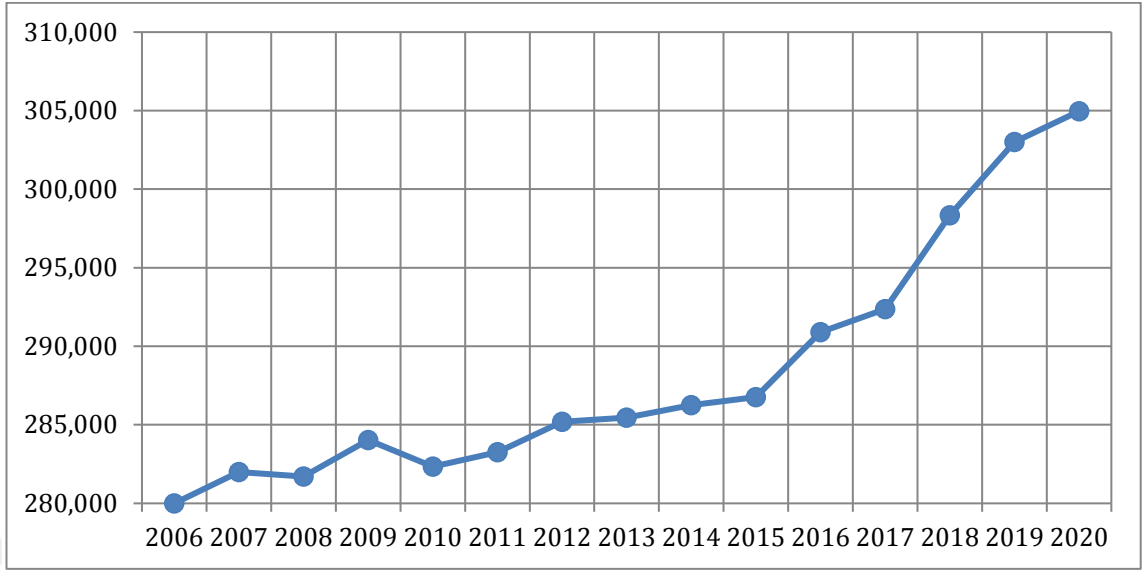
Nevşehir konum itibari ile bulunduğu bölgede karasal iklim etkisindedir. Yıllık ortalama sıcaklık 10,6°C’dir. Kışları sert ve soğuk yazları ise kurak bir iklime sahip olan il özellikle Ocak ayından sonra sıcaklıkların yükseldiği ve Temmuz ayına kadar devam ettiği bir özelliğe sahiptir. Ağustos ile Aralık ayları arasında ise sıcaklıklar kademeli olarak azalmaktadır [72].

Son 50 yıllık istatistiksel bulgulara göre ildeki ortalama yağış miktarı yaklaşık yılda 423 mm’dir. Aylık olarak bakıldığında ise en yağışlı ay olarak Mayıs (59 mm) olduğu görülmektedir. Bölgede yaygın olarak görülen bitkisel yapı olan bozkır ve otsu şekillerde bulunan stepler olarak bilinir. Ancak, şehirleşme ve yerleşim yerlerinin artması ile beraber il genelinde ormanlar tahrip olmuş ve doğal bitki örtüsünün değiştiği yapılan çalışmalarda dikkat çekmiştir [74].

Nevşehir ilinde bulunan en önemli akarsular Kızılırmak, Genç, Karaağaç, Göre ve Oylu’dur. Bu akarsular haricinde yazları kuruyan ancak kışları yağışlar ile beraber tekrar faaliyete geçen pek çok akarsu bulunmaktadır.

4.1.3. Nüfus ve yerleşim

Komşular açısından doğusunda Kayseri, kuzey doğuda Yozgat, kuzeybatısında Kırşehir, güneyinde Niğde ve batısında ise Aksaray illeri bulunmaktadır (Şekil 3.6). Nevşehir ili toplam 5.407 km² yüzölçümüne sahiptir ve ülkenin %0,7’sini kaplamaktadır [75]. Toplam nüfusu 2020 yılı itibari ile yaklaşık 304.000’dir. Şehrin nüfus yoğunluğu 56/km²’dir. Şehir merkezinin nüfusu, toplam nüfusun yaklaşık %49’unu (148.160) oluşturmaktadır. Nüfusun yarısı 40 yaş ve altındaki vatandaşlardan oluşmaktadır.



Şekil 4.1. Nevşehir İlinin 2006-2019 Yılları Arasındaki Nüfus Değişimi [76]

Şekil 4.1’de Nevşehir’in son 14 yıllık nüfus değişimi grafiği sunulmuştur. Buna göre 2007 yılında 280.000 olan ilin nüfusu 2019 yılı sonunda ise yaklaşık 303.000 seviyesine ulaşmıştır. Bu süre içerisinde sadece 2010 yılında il nüfusunun azaldığı görülmektedir. Yıllar boyunca kadın nüfusu her zaman erkek nüfusundan fazla olmuştur. 2019 yılı için şehirde yaklaşık 150.047 erkek nüfusu varken kadın nüfusu yaklaşık 152.963 olarak belirlenmiştir. Nüfus artış hızı %-0,59 (2010) ile %2,04 (2018) arasında değişmiştir. Şehir son 20 yılda verdiği göç sayısı aldığı göç sayısından daha fazla olmuştur.

4.1.4. Bölge ekonomisi

İç Anadolu Bölgesindeki diğer şehirler gibi Nevşehir’de tarım önemli bir geçim kaynağıdır. Nüfusun %75’i tarım sektöründe çalışır. Ancak bölgede etkili olan karasal iklim nedeniyle ürün çeşitliliği kısıtlıdır. Başlıca tarım ürünleri patates, buğday, nohut, fasulye, şekerpancarı, arpa, çavdar, bakla ve mercimektir. Bağcılık gelişmiştir. İldeki arazilerin ekilip dikilmesi sonucunda çayır ve mera yok denilecek kadar az kalmıştır. Büyükbaş yetiştiriciliği gelişmektedir. Küçükbaş hayvan yetiştiriciliği azdır.

Nevşehir ili maden bakımından zengin değildir. Kaya tuzu, kömür, pomza taşı, oniks taşı çıkan madenlerden bazılarıdır.

Nevşehir’de sanayi fazla gelişmemiştir. Bölgede bims fabrikaları, un fabrikaları, meyve suyu, pekmez-marmelat, tuğla kiremit, plastik hortum, yer karoları ve süs eşyası fabrikaları bulunmaktadır.

Bacasız sanayi olarak isimlendirilen turizm sektörü, gelişerek il ekonomisinde önemli bir rol üstlenmiştir. Peribacaları, ören yerleri, açık hava müzeleri ve kayalara oyulmuş kiliseler yerli ve yabancı turistlerin bölgeye olan ilgilerini artırmıştır. Örneğin, bölgede her yıl gerçekleştirilen Kapadokya Bisiklet Festivali çevre illerden turistlerin gelmesini sağlamaktadır. Hacıbektaş Veli Anma Etkinlikleri ulusal çapta önemli etkinliklerdendir.

Nevşehir Türkiye’nin turistik merkezlerinden birisidir. Özellikle doğal güzellikleri ve peri bacaları ve M.Ö. 3000 yıllarına kadar uzanan eski tarihi ile UNESCO (Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü) Dünya Mirası Listesinde yer alan bölgelerden birisidir [76]. Karain Güvercinlikleri, Derinkuyu ve Kaymaklı Yeraltı şehirleri ile birlikte bölge yıl boyunca tarih ve kültürel bağlamda yerli ve yabancı turistlerin uğrak yerlerindedir.

İnanç turizmi açısından çok önemli merkezlerden birisi olan bölge Ortodoks ve Katolik kiliselerinin yanında kaya oyma kiliselerine sahiptir. Hacıbektaş Veli Müzesi, Nevşehir Merkez Müze, Göreme Açık Hava Müzesi ve Ürgüp Müzesi tarihi eserlerin sergilendiği önemli müzelerdendir [77].

2019 yılı itibari ile bölgeyi yaklaşık 3,8 milyon turist ziyaret etmiştir [78] . Bu rakam 3 yıl öncesine kadar gelen turist sayesinin yaklaşık %85 oranında fazlasıdır. Gelecek yıllarda bölgeye gelen turist sayısında artış hedeflenmektedir. Bölge turizm aktörleri gelecek iki yılda toplam turist sayısı 5 milyona yükseltmeyi hedeflemektedir.

Nevşehir’in en önemli turizm merkezlerinden bir diğeri ise sağlık turizmin yapıldığı ve kaplıcaları ile meşhur olan Kozaklı ilçesidir [79]. Kozaklı ilçesinin toplam nüfusu yaklaşık 18.000’dir. İlçede toplam 6000 yataklı termal tesis bulunmaktadır.

Bölgeye karayolunun dışında, Kayseri ve Kapadokya (Tuzköy) havalimanlarından ulaşım sağlanabilmektedir.

4.2. Yöntem

Bu tez çalışmasında nitel araştırma yaklaşımı yöntemlerinden case study (durum çalışması) kullanılmıştır [80]. Durum çalışması vaka çalışması olarak da bilinmektedir.

Vaka çalışması, genellikle sosyal bilimlerde ve yaşam bilimlerinde görülen bir araştırma metodolojisidir. Vaka çalışması araştırmasının tek bir tanımı yoktur. Bununla birlikte, çok basit bir şekilde bir kişi, bir grup insan veya bir ünite hakkında birkaç ünite üzerinde genelleme yapmayı amaçlayan yoğun bir çalışma olarak tanımlanabilir. Bir vaka çalışması, tek bir bireyin, grubun, topluluğun veya araştırmacının birkaç değişkenle ilgili derinlemesine verileri incelediği başka bir birimin yoğun, sistematik bir araştırması olarak da tanımlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında Nevşehir'in ilindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve uygulamaları açısından değerlendirilmesi ve analiz edilmesi vaka çalışması kuralları ve uygulamaları doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

Herbir yenilenebilir enerji kaynağı için hem kendine özgü özellikler, hem de bölgeye özgü açısından coğrafi, iklimsel, ekonomik, çevresel vb. çeşitli faktörler araştırılmıştır. Ayrıca uygulanabilirlik açısından öne çıkan enerji kaynakları için maliyet analizi yapılarak, yatırım ve işletme maliyetlerine karşılık, üretilecek enerji ile geri ödeme süreleri belirlenmiştir.

Sistematik literatür tarama yönteminin kullanıldığı veri toplama işlemleri sonucunda ise elde edilen veriler SWOT analizi ile değerlendirilmiştir.

4.3. SWOT Analizi

SWOT analizi, bir projede ya da bir ticari girişimde kurumun, tekniğin, sürecin, durumun veya kişinin güçlü (Strengths) ve zayıf (Weaknesses) yönlerini belirlemek, iç ve dış çevreden kaynaklanan fırsat (Opportunities) ve tehditleri (Threats) saptamak için kullanılan stratejik bir tekniktir. Bu teknik projenin ya da ticari girişimin hedeflerini belirlemeyi ve amaca ulaşmak için olumlu ya da olumsuz olan iç ve dış faktörleri

tanımlamayı gerektirir. Bu yöntem 1960' larda Harvard Üniversitesi'nin profesörleri olan Learned, Christensen, Andrews ve Guth tarafından geliştirilmiştir.

SWOT analizi, çevresel faktörlerin incelenmesini, işletmenin geleceği açısından önemli olan fırsatların saptanmasını, işletmeye tehdit unsuru oluşturabilecek faaliyetlerin (örneğin rakip firmaların atılımları, tüketici tercihlerindeki ani değişiklikler) önceden fark edilip önlem alınmasını, işletmenin güçlü yönlerinin ortaya çıkmasını ve bunların hangi durumlarda, koşullarda ve ortamlarda kullanılması gerekebileceğinin saptanmasını, işletmenin zayıf yönlerinin belirlenerek önlem alınmasını, zayıf yönlerin olası tehditler karşısında işletmeyi düşürebileceği zor durumların analiz edilmesini vb. stratejik ve planlamacı yaklaşımları kapsamaktadır.

SWOT analizi sonucunda işletmeye çeşitli kazanımlar elde edebilir. Bunlardan başlıcaları şunlardır:

- Güçlü yönlerimizi fırsatlardan yararlanacak şekilde kullanabiliriz.
- Zayıf yönlerimizin farkına vararak onları güçlü yönlere dönüştürecek stratejiler geliştirebiliriz.
- Çevremizdeki tehditleri güçlü yanlarımız ile bütünleştirilebilecek fırsatlara dönüştürebiliriz.

Bu çalışmada, kendilerine özgü avantaj ve dezavantajları yanında Nevşehir'deki coğrafi, iklimsel, ekonomik vb. çeşitli koşullar da göz önüne alınarak, farklı yenilenebilir enerji kaynaklarının birbirleriyle karşılaştırmasını yapabilmek ve uygulanabilirlik açısından öne çıkanları saptayabilmek amacıyla SWOT analiz yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen veriler güçlü ve zayıf, fırsat ve tehdit açısından değerlendirilmiş ve öncelik ve önem sırası gözetilerek puanlamaya tabi tutulmuştur. Ortaya çıkan toplam puanlara bağlı olarak hangi yenilenebilir enerji kaynağının uygulanmasının daha uygun olacağı belirlenmeye çalışılmıştır.

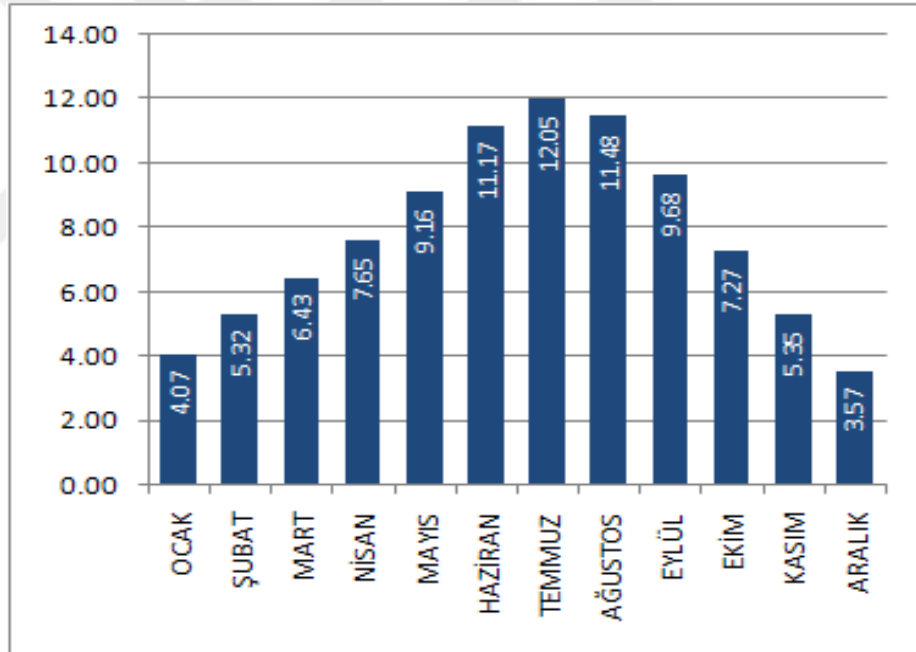
5. BÖLÜM

BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

5.1. Nevşehir İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları

5.1.1. Güneş enerjisi potansiyeli ve kullanım durumu

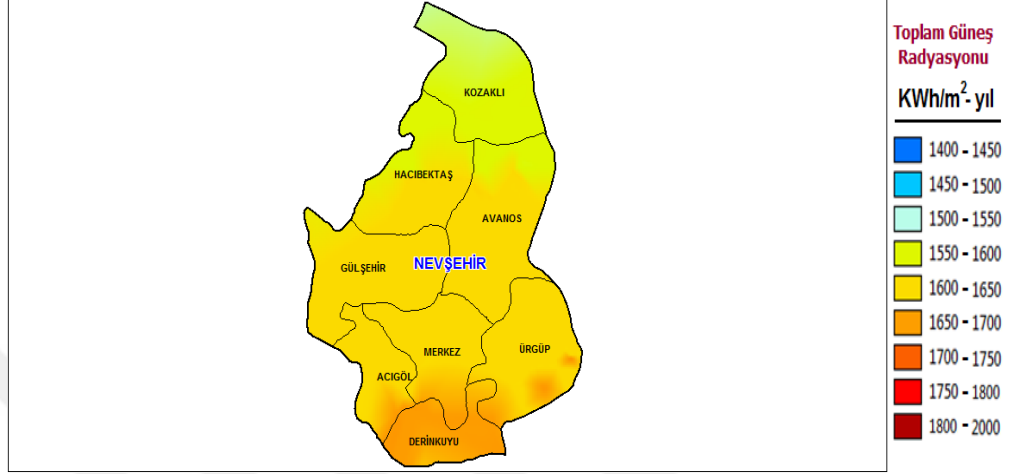
Nevşehir bölgesinin maksimum ve minimum güneşlenme süreleri 12.05 (Temmuz) ve 3.57 (Aralık) saattir (Şekil 4.2). En yüksek ve en düşük sıcaklıklar ise 39,5°C ile -23,9°C'dir.



Şekil 5.1. Nevşehir İli Aylık Güneşlenme Süreleri (Saat) [81]

Nevşehir ilindeki güneş enerji santrali potansiyeline değerlendirilebilmesi için ayrıca bölgenin radyasyon oranlarının incelenmesi gerekir. Şekilde 5.2'de Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yayınlanan Nevşehir'in güneş enerjisi potansiyel atlası verilmiştir. Buna göre ilin güney bölgeleri, özellikle Derinkuyu ilçesi daha yüksek miktarda güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır. Nevşehir bölgesindeki radyasyon oranı 1550-1700 kWh/m²-yıl arasındadır. Güneş enerji santrallerinin ne kadar elektrik

üreteceğini koordinatlara göre NASA Meteoroloji, GRASS R.sun, ESRI Solar Analyst, E.S.R.A ve Saatlik Radyasyon tahmini programları kullanılarak belirlenmektedir. Çıkan tahmini sonuçlar, gerçek değerlere yakın olması için birleştirilmiştir.



Şekil 5.2. Nevşehir İli Güneş Enerji Potansiyel Atlası [81]

YEGM tarafından yayınlanan Nevşehir'deki aktif ve yapım aşamasında olan güneş enerjisi santralleri, firma ve kurulu güçleri Tablo 5.1'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi aktif olarak çalışan Derinkuyu GES 17 MW kurulum gücü ile ilin en büyük GES'idir. Aktif çalışan ikinci büyük GES ise Ede Yol Yapı Enerji ve Gülden GES'tir. Toplam kurulum gücü 4 MW olarak ölçülmüştür. Aktif güneş enerjisi santrali olan en büyük üçüncü tesis ise Beşiktaş ve Kadıköy GES'tir ve kurulu gücü yaklaşık 2 MW'tir. Halen aktif olarak işletilen güneş enerjisi santrallerinin kurulu gücü yaklaşık 23,43 MW'tir.

Tablo 5.1. Nevşehir’de Aktif ve Yapım Aşamasındaki Güneş Enerji Santralleri

Aktif Güneş Enerji Santralleri			
Santral Adı	İlçe	Firma	Kurulu Güç (MW)
Derinkuyu (GES)	Derinkuyu	-	17
Ede Yol Yapı Enerji ve Gülden GES	Merkez	Ede Yol	4,00
Beşiktaş ve Kadıköy GES	Gülşehir	-	1,97
Blok Bims GES	Merkez	Blok Bims	0,28
Nevşehir Belediyesi GES	Merkez	Nevşehir Belediyesi	0,18
Toplam GES Gücü	23,43		
Yapım Aşamasındaki Güneş Enerji Santralleri			
Hamzalı GES	Gülşehir		5,90
Tekno Enerji GES	Derinkuyu		3,00
Hacıbektas Belediyesi GES	Hacıbektas	Hacıbektas Belediyesi	1,00
BEC Tarım GES	Merkez		0,50
Toplam GES Gücü	10,40		

Bununla beraber bölgede yapım aşamasında olan 4 farklı güneş enerjisi santrali bulunmaktadır. Bunlardan Hamzalı GES toplam kurulu gücü 5,90 MW, Tekno Enerji GES 3 MW, Hacıbektas Belediyesi GES 1 MW ve BEC Tarım GES ise 0,5 MW kurulu gücü ile planlanmıştır. Yapım aşamasında olan güneş enerji santrallerinin toplam kurulu gücü ise yaklaşık 10,40 MW’dir. Aktif olarak çalışan santrallerin kurulu güçleri eklendiğinde ise ildeki toplan güneş enerji santrallerinin gücü 33,83 MW seviyesine ulaşacaktır.

Resim 5.1’de Nevşehir’in merkezinde ve ilçelerinde kurulu en büyük güneş enerjisi santrallerinden Derinkuyu ve Blok Bims GES’ten fotoğraflar görülmektedir.



Resim 5.1. Derinkuyu ve Blok Bims GES

Derinkuyu GES Nevşehir’de aktif olarak çalışan ve kurulu en büyük GES olarak bilinmektedir. Santral 17 farklı firmanın elektrik ürettiği bir tesistir. Güneş panelleri Upsolar marka fotovoltaik enerji panelidir. Ülkemizin en büyük 3. GES’idir. Yaklaşık 24 milyon kilovatsaat üretimi ile 7.500 kişinin veya 7.800 konutun günlük elektrik enerjisi ihtiyacını sağlayabilecek kapasitededir. Bir diğer ifade ile Nevşehir’in elektrik ihtiyacının %4’ünü karşılayabilmektedir. Yıllık enerji üretim miktarı ise yaklaşık 10 milyon TL olarak hesaplanmaktadır.

Blok Bims GES merkez ilçesinde kurulu ve Niğde yolunun 13. km’deki bölgededir. 276 kWe kurulu gücü kapasitesi ile Türkiye’nin 1752. büyük enerji santralidir. Bu tesis ilaveten ülkemizin en büyük 434. güneş enerji santralidir. Santralde Canadian markalı fotovoltaik güneş panellerinden yararlanılmıştır. Yıllık ortalama 402.960 kWh elektrik üretilmekte ve 125 kişinin günlük enerji ihtiyacını karşılayabilecek kapasitededir. Bir diğer ifade ile 130 konutun enerji ihtiyacını karşılayabilecek kapasiteye sahiptir. Ürettiği elektrik enerjisinin ekonomik miktarı yaklaşık 160.000 TL’dir.

5.1.2. GES Kurulum Maliyet Analizi

1 MVA GES kurulum maliyet hesabı yapılabilmesi için ilk yatırım maliyeti ve yıllık işletim-bakım maliyeti olarak iki ana harcama kalemi hesaplanmıştır. 1 MVA GES kurulumu için gerekli harcamaları dört bölüm altında sıralanabilir:

1. Bölüm: Montaj işlemine kadar olan harcamalar:

- Arazi Fiyatı
- Arazi İçin Fizibilite Raporu Hazırlanması
- Belediyeden veya İl Özel İdaresinden GES uygunluk yazısı alınması
- Firma için ofis giderleri
- Firma Kurulum Maliyetleri
- Gerekli yasal izinleri almak için harcanan para
- İmar mevzi planının onaylatılması için harcanan para

2. Bölüm: GES kurulumu için ana kalemler:

- 1*6 mm²
- AC kablolar
- AC toplama panoları
- Alüminyum taşıyıcı sistem
- Zemin etüdü
- Arazi düzenleme ve hafriyat çalışmaları
- Çift yönlü sayaç
- Güneş paneli
- İşçilik ve montaj süpervizörlük
- MC4 konektör set
- Proje hazırlanması ve Tedaş onay-kabul masrafları
- Solar invertör
- Şebeke koruma rölesi
- Topraklama
- Trafo ve şebeke bağlantı tesisatı
- Veri kayıt ve görüntüleme sistemi

3. Bölüm: İşin yapımında gereken kalemler:

- 3 aylık bakımlar
- Eğitim ve dökümantasyon
- Gece-gündüz şantiye bekçisi
- Gümrük giderleri
- Güvenlik kamera sistemi
- İç ihtiyaç için 25 Kva trafo tesisatı
- İş güvenliği malzemeleri ve iş güvenliği eğitimi
- İşçilik stopajı
- Paratöner
- SGK primi
- Sigorta giderleri
- Statik hesaplar ve SMM mühendislik bedeli
- Tel çit
- Vinç kepçe giderleri
- Yıllık enerji üretim garantisi
- Yurtiçi ve dışı nakliye

4. Bölüm: Tesis kabulünden 10 yıl sonrası harcanacak giderler:

- 4 ayda bir temizlik maliyeti
- 5 yılda bir invertör sistem bakım maliyeti
- 6 ayda bir bakım maliyeti
- Bekçi 3 vardiyalı
- İşletme sorumlusu maliyeti
- Yılda bir öngörülemeyen maliyetleler

Tablo 5.2. 1 MVA GES Kurulumu için kullanılacak parametreler

Parametre	Değer	Açıklamalar
Yatırım Büyüklüğü	1 MWe	Lisanssız kurulabilecek en üst sınır seçilmiştir
Yatırım İçin Arazi İhtiyacı	20.000 m ²	PV sistemler için ihtiyaç duyulan alan. Minimum 16 dönüm
Sistem Ömrü	25 Yıl	Panel için verilen garanti süreleri
Sistem Kayıp Oranı	% 15	Sıcaklık, açı, inverter ve kablo kayıplarının toplamı
Enflasyon Oranı	% 2	Avro Bölgesi TÜFE oranı(%1,35)+Risk faktörü(%0,65)
Satış Fiyatı(\$/kWh)	0,13	Yönetmelikte belirtilen değer
İşletme ve bakım maliyetleri yıllık artış oranı	% 3	Sistemin eskimesinden kaynaklına değişken maliyet artış oranı
Panellerin Yıllık Verim Kaybı	% 0,8	Bu sistemlerin verim kaybı oranıdır. 5 yıl sonra %90'ın altına, 10 yıl sonra %80'in altına düşmemesi istenir.
Yıllık Toplam Güneş ışınımı		
Vergi Oranı	% 20	Kurumlar Vergisi
Amortisman Süresi	10 Yıl	Gelir İdaresi Başkanlığı Amortismanına Tabi İktisadi Kıymetler Listesi
Amortisman Süresi	% 10	Gelir İdaresi Başkanlığı Amortismanına Tabi İktisadi Kıymetler Listesi
KDV	% 18	Şirketin yatırım teşvik belgesi alacağı ve bu nedenle KDV istisnasından yararlanacağı varsayılmıştır

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kanunu, 6446 sayılı Elektrik Piyasa Kanunu ve Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği ile 31/12/2020 yılına kadar işletmeye girecek her Güneş Enerji Santralinde (Tüm gerçek ve tüzel kişiler için) üretilen 1 kWh elektriğin fiyatı 0,133 \$'dır. Devlet teşvikleri sayesinde elektrik satış birim fiyatı maksimum 0,20 \$ olabilir. Güneş enerji santrali (GES) kurulum maliyetinin işletmeye geri dönüşünün ne kadar sürede olacağı hesaplanacaktır. Lisanssız üreticilere ödenecek ihtiyaç fazlası üretim miktarı, kaynak bazında belirlenen fiyatlar çarpılarak her bir üretici için yapılacak ödeme olarak belirlenir. Bu bedel LÜYTOB olarak adlandırılır. Buna göre LÜYTOB; lisanssız üretime ilişkin ilgili mevzuat kapsamında, saatlik mahsuplaşma uygulanan tesisler açısından şebekeye verilen ihtiyaç fazlası enerjinin YEK Kanununun EK-I sayılı cetvelinde yer alan fiyatların çarpılması suretiyle, enerjinin sisteme verildiği tarihteki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası döviz alış kuru üzerinden veya EPDK

tarafından ilan edilen kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli ile bu kapsamda sisteme verilen enerjinin çarpılması suretiyle Türk Lirası olarak hesaplanan bedelin ya da aylık mahsuplaşma uygulanan tesisler açısından şebekeye verilen enerjinin EPDK tarafından ilan edilen kendi abone grubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli ile çarpılması suretiyle Türk Lirası olarak hesaplanan bedelin toplamı” olarak ifade edilir.

Tablo 5.3. 1 MVA GES Kurulum ve Periyodik Gider Tablosu 1

İşletme Giderleri (Yıllık)		
Personel Gideri (Yıllık)	15000 USD	Periodik yıllık personel gideri
Bakım ve Onarım Gideri (Yıllık)	5000 USD	3 ayda bir panel temizliği ve 6 ayda bir tesisat bakım ve onarım maliyeti
Sigorta Gideri (Yıllık)	5000 USD	Sigorta giderleri
Diğer Giderler	5000 USD	Öngörülemez masraflar
Kurulum Maliyeti		
Arazi Bedeli	42 992 USD	Dönümü 5 TL alınmış 20 dönüm arazi bedeli
Proje/Başvuru/Vergi/Harç	51590 USD	TEDAŞ projesi ve harcanan diğer vergiler
GES Yatırım Tutarı	1.152.062 USD	Makine, ekipman tefrişat ve donanımların KDV hariç tutarlarıdır.
KDV	208.091 USD	GES elektrik üretim şirketinin yatırım teşvik belgesi alacağı ve bu nedenle KDV istisnasından yararlanacağı varsayılmıştır.
Toplam Yatırım Tutarı	1.458.736 USD	Kurum maliyetini oluşturan Proje/başvuru/vergi harcı projeye göre değişiklik göstermez. Diğer bedeller projeye göre değişiklik gösterebilir.

EPDK tarafından üreticiler için dağıtım sistem kullanım bedeli 2015 yılı ilk 3 ay için birim fiyatı 0,021036 TL olarak belirlenmiştir. Birim fiyatla üretim veya tüketilen net

enerji miktarı çarpılarak hesap yapılmaktadır. Elektrik Fiyatları EPDK'nın 01 Ocak 2015 tarihinden itibaren geçerli olacak tarifeden hesaplanmıştır.10 yıl için gelir-gider tablosu

Tablo 5.4. 1 MVA GES Kurulum ve Periyodik Gider Tablosu 2

Santral Bilgileri		
Kurulu Kapasite (kWp)	1.000	
Net Yıllık Elektrik Üretimi (kWh)	1.550.000	
Elektrik Üretim Düşüş Oranı (yılıda)	%0,80	
Elektrik Kullanım Oranı	%2	
İşletme Giderleri		
Personel Gideri Yıllık	15.000 USD	
Bakım ve Onarım Gideri Yıllık	5.000 USD	
Sigorta Giderleri Yıllık	5.000 USD	
Diğer Giderler Yıllık	5.000 USD	
Toplam Maliyet		
Arazi Bedeli	42.992 USD	
Proje/Başvuru/Vergi/Harç	51.591 USD	
GES Yatırım Tutarı	1.156.062 USD	1.000.000 EUR
KDV(%18)	208.191 USD	180.000 EUR
Toplam Yatırım Tutarı	1.458.736 USD	
Hurda Bedeli (10 yıl sonra)	346.819 USD	300.000 EUR
Elektrik Fiyatları		
Birim Elektrik Satış Fiyatı (\$/kWh)	0.133 USD	0.31 TL
Birim Elektrik Alış Fiyatı (\$/kWh)	0.1204 USD	0.280 TL
Dağıtım Sistemi Kullanım Bedeli (kWh)	0.000 USD	0.000 TL
Üretim Sistem Kullanım Bedeli Üretime Göre (kWh)	0.00904385 USD	0.021036 TL
Elektrik Zam Oranı (% yıl)	%10	
Yerli Üretim Teşviği(Konstrüksiyon)	0,000 USD	
Yerli Ürün Teşviği (Panel)	0.000 USD	

Tablo 5.5. 1-5 Yıllık Gelir- Gider Tablosu

Gelir Tablosu (USD)	1.Yıl	2.Yıl	3Yıl	4.Yıl	5.Yıl
Gelirler	205.758,73 USD	204.482,70 USD	203.257,18 USD	202.085,81 USD	200.972,56 USD
Elektrik Üretim Düşüş Oranı	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%
Elektrik Satış Birim Fiyatı (USD/kWh)	0.133 USD	0.133 USD	0.133 USD	0.133 USD	0.133 USD
Net Yıllık Elektrik Üretimi (kWh)	1.550.000	1.537.000	1.525.299	1.513.097	1.500.992
Satılabilir Elektrik (kWh)	1.519.000	1.506.600	1.494.299	1.482.097	1.469.992
Satılabilir Elektrik Geliri	202.027 USD	200.378 USD	198.742 USD	197.119 USD	195.509 USD
Elektrik Alış Birim Fiyatı	0.1204 USD	0.132 USD	0.1457 USD	0.1602 USD	0.1762 USD
Kullanılabilir Elektrik (kWh)	31.000	31.000	31.000	31.000	31.000
Kullanılabilir Elektrik Geliri	3.732 USD	4.105 USD	4.515 USD	4.967 USD	5.464 USD
Giderler	111.205 USD	111.205 USD	111.205 USD	111.205 USD	111.205 USD
Personel Gideri	15.000 USD	15.000 USD	15.000 USD	15.000 USD	15.000 USD
Bakım ve Onarım Giderleri	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD
Sigorta Giderleri	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD
Diğer Giderler	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD
Dağıtım Sistemi Kullanım Bedeli	-	-	-	-	-
Sistem Kullanım Bedeli	280 USD	280 USD	280 USD	280 USD	280 USD
Amortisman Gideri	80.924 USD	80.924 USD	80.924 USD	80.924 USD	80.924 USD
Kurumlar Vergisi (%20) 5 yıl muaf	-	-	-	-	-
KDV Dahil Yatırım Tutarı	1.250.645 USD		809.243 USD		

Tablo 5.6. 5-10 Yıllık Gelir- Gider Tablosu

Gelir Tablosu (USD)	6.Yıl	7.Yıl	8.Yıl	9.Yıl	10.Yıl
Gelirler	199.921,87 USD	198.938,59 USD	198.028,08 USD	197.192,26 USD	196.449,63 USD
Elektrik Üretim Düşüş Oranı	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%	0.80%
Elektrik Satış Birim Fiyatı (USD/kWh)	0.133 USD	0.133 USD	0.133 USD	0.133 USD	0.133 USD
Net Yıllık Elektrik Üretimi (kWh)	1.488.984	1.477.072	1.465.256	1.453.534	1.441.905
Satılabilir Elektrik (kWh)	1.457.984	1.446.042	1.434.256	1.422.534	1.410.905
Satılabilir Elektrik Geliri	193.912 USD	192.328 USD	190.756 USD	189.197 USD	187.650 USD
Elektrik Alış Birim Fiyatı	0.1939 USD	0.2133 USD	0.2346 USD	0.2580 USD	0.2838 USD
Kullanılabilir Elektrik (kWh)	31.000	31.000	31.000	31.000	31.000
Kullanılabilir Elektrik Geliri	6.010 USD	6.611 USD	7.272 USD	7.999 USD	8.799 USD
Giderler	151.189 USD	150.992 USD	150.810 USD	1150.644 USD	150.495 USD
Personel Gideri	15.000 USD	15.000 USD	15.000 USD	15.000 USD	15.000 USD
Bakım ve Onarım Giderleri	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD
Sigorta Giderleri	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD
Diğer Giderler	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD	5.000 USD
Dağıtım Sistemi Kullanım Bedeli	-	-	-	-	-
Sistem Kullanım Bedeli	280 USD	280 USD	280 USD	280 USD	280 USD
Amortisman Gideri	80.924 USD	80.924 USD	80.924 USD	80.924 USD	80.924 USD
Kurumlar Vergisi (%20) 5 yıl muaf	80.924 USD	80.924 USD	80.924 USD	-80.924 USD	80.924 USD

Tablo 5.7. Geri Ödeme Tablosu

Gelir Tablosu (USD)	Toplam
Gelirler	2.007.091 USD
Elektrik Üretim Düşüş Oranı (% yıl)	0.80%
Elektrik Satış Birim Fiyatı (USD/kWh)	0.133 USD
Net Yıllık Elektrik Üretimi (kWh)	14.953.739
Satılabilir Elektrik (kWh)	14.643.739
Elektrik Alış Birim Fiyatı	0,2838 USD
Kullanılabilir Elektrik Geliri	59.474 USD
Giderler	1.310154 USD
Personel Giderleri	150.000 USD
Bakım ve Onarım Giderleri	50.000 USD
Sigorta Giderleri	50.000 USD
Diğer Giderler	50.000 USD
Dağıtım Sistemi Kullanım Bedeli	0 USD
Amortisman Tabi Tutarı	809.243 USD
Kurumlar Vergisi (%20) 5 yıl muaf	198.107 USD
KDV Hariç Yatırım Tutarı	1.250.645 USD

Geri ödeme süresi bir yatırımın sağladığı nakit akımlarının kaç dönme sonra o yatırım için kullanılan fon çıkışına eşit olacağını gösteren süredir.

1 MW'lık GES için:

Yatırım Tutarı: 1.250.645 USD

Hurda Değeri: 346.819 USD

Yıllık Kar : 69.694 USD (Ortalama kar)

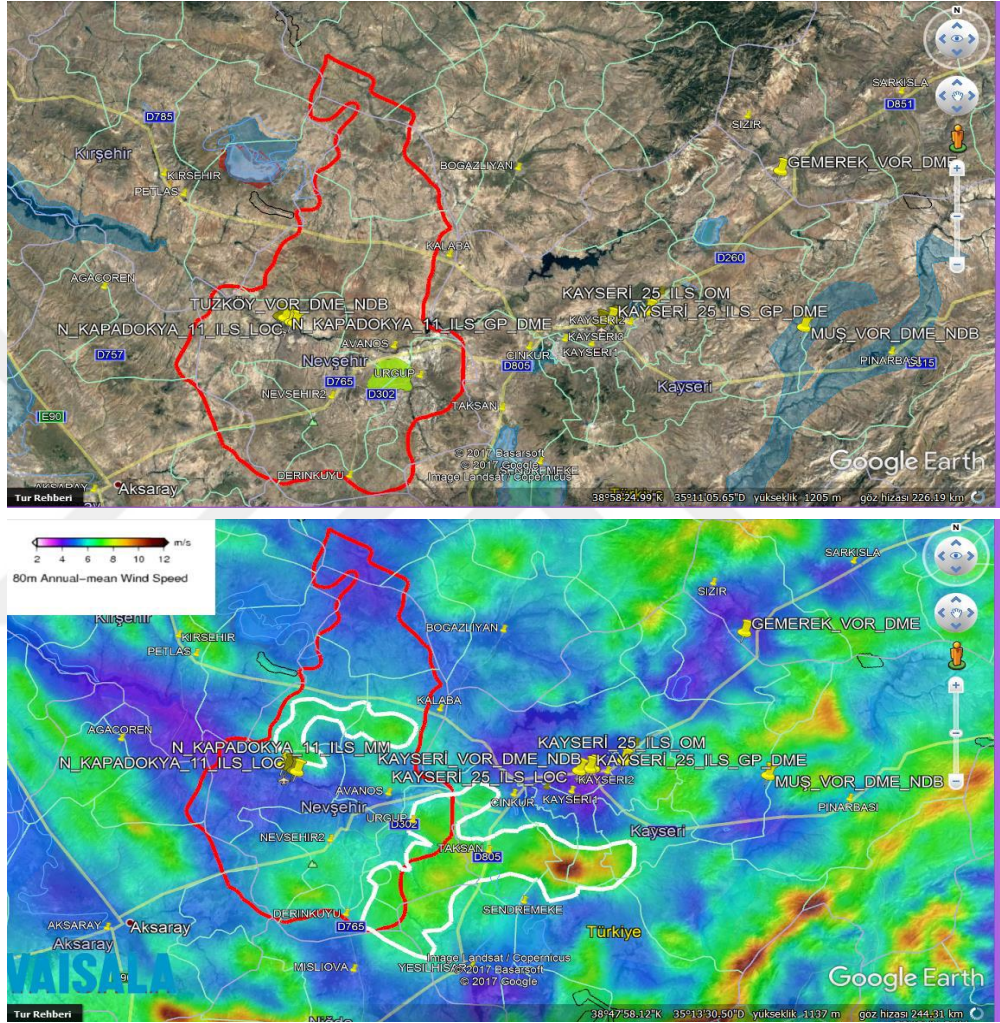
Amortisman : 80.924 USD

Geri ödeme süresi 6 yıldır. Yatırım tutarı olan 903.826 USD'ye 6. yılın sonunda ulaşmaktadır.

5.1.3. Rüzgâr enerjisi potansiyeli ve kullanım durumu

Ülkemizde kurulu olan rüzgâr enerji santralleri genellikle şebeke ölçekli veya dağıtılmış rüzgâr kaynaklarını kullanmaktadır. Nevşehir'de halen kurulu olan veya yapım aşamasında rüzgâr enerji santrali bulunmamaktadır.

Nevşehir ili çok düşük seviyede rüzgâr potansiyeline sahiptir. [10] tarafından yapılan çalışmada ildeki bazı bölgelerin rüzgâr potansiyelinin rüzgâr enerji santralleri kurulamayacak kadar düşük seviyede olduğu ancak incelenen diğer bölgede ise rüzgâr potansiyelinin olduğu şekil 5.3'teki Baisala haritasında görülmektedir.



Şekil 5.3. Nevşehir Sahası Genel Görünüm (Üst) ve Nevşehir Sınırları ve Baisala Haritası İle Birlikte Görünümü [10]

Aynı araştırmada ayrıca çalışma kapsamında seçilen Nevşehir ilinde tespit edilen rüzgâr enerjisi sahalarının rüzgâr hızları ile ilgili bilgiler toplanmıştır. Şekil 5.3'te Nevşehir ili dahilinde tespit edilmiş rüzgâr enerjisi sahaları iki bölgede yoğunlaşmaktadır. Bunlar Nevşehir_1 ve Nevşehir_Kayseri_1 sahalarıdır. Buna göre il merkezine yakın bölge

olan Nevşehir_1 sahasında ortalama rüzgâr hızı 1600 rakımlı bölgede 7,38 m/s hesaplanmıştır.

Tablo 5.8. İncelenen Sahalar İçin Oluşturulan Kriter Tablosu [10]

Teknik İnceleme Alanları	Kriter	Seçim Sebepleri
Rüzgâr Hızı	>7.5m/s	Türkiye'nin coğrafik ve meteorolojik şartları incelendiğinde 50 metre yükseklik için 7,5m/s üzerinde hızlarda rüzgâr enerji santrali yatırımı yapılabilir olarak değerlendirilmiştir.
Trafo Merkezine Uzaklık	<5km	Literatür incelemesi sonucu rüzgâr hızı değişimine göre ekonomik görülen trafo merkezi uzaklığı
Yükseklik	<4300m	Giriş bölümünde özetlenen 2 numaralı özel çalışmanın incelenmesi
Havaalanı Mesafe	>15km	ICAO EUR Doc 015 Avrupa Rehberi,
VOR,DME ve NDB Uzaklık	>15km	ICAO EUR Doc 015 Avrupa Rehberi,
Meteorolojik Radar Mesafe	>10km	
Eğim	<%20	

Tablo 5.9. Nevşehir İlindeki Tespit Edilen Rüzgar Enerjisi Sahaları [10]

	Rüzgar Hızı (m/s)	TM Uzaklık (km)	Yükseklik (m)	Havalimanı Uzaklık (km)	VORDMEN DB Mesafe (km)
Nevşehir-1	7,38	7,3-Kalaba TM	1600	6,4 Kapadokya	6,4 Kapadokya
Nevşehir-Kayseri-1	11,3	0-Taksan TM	3300	22,3-Kayseri	24,2-Kayseri



Tablo 5.8’de belirtilen kriterlere uymayan



Tablo 5.8’de belirtilen kriterlere uyan

Öte yandan, çalışmada incelenen ikinci saha olan Nevşehir_Kayseri_1 sahası incelendiğinde rüzgâr enerjisi kriterlerine uyan rüzgâr ölçümlerine sahip olduğu görülmüştür. Buna göre bu bölgede ortalama rüzgâr hızı 3300 m rakımlı tepede 11,3 m/s olarak kaydedilmiştir. Bu saha Nevşehir ile Kayseri arasındaki bölgede bulunmakta ve Kayseri’ye olan uzaklığı yaklaşık 24 km’dir.

Rüzgar enerjisi kullanımının çevresel anlamda negatif etkilerinden bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir [82]:

- Yaban hayata zarar vermesi
- Gürültü ve görüntü kirliliği
- Arazi kullanımı
- Çok büyük alanlara ve özellikle doğal sit ve orman alanlarına kurulması
- Radyo ve TV alıcılarında parazitenmeye sebebiyet vermesi
- Doğal manzaranın ve habitatın bozulması

5.1.4. RES Kurulum Maliyet Analizi

Bozcaada'da bulunan her biri 2 MW kapasitesinde 7 adet rüzgâr türbininin kurulması için gerekli ekonomik analiz örnek alınmıştır. Rüzgârın hızı, yönü, mevsim, yükselti, insan yapısı engeller gibi değişkenler, rüzgâr santralinde üretilen enerjinin maliyeti buna bağlı olarak geri ödeme süresini değiştirecektir.

Tablo 5.10. Türbinlerin yıllık enerji üretimi

Türbin İsmi	Türbin Tipi	Hava Yoğunluğu (kg/m ³)	Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Yıllık Enerji Üretimi (GWh/y)	Wake kayıpları (%)	Wake Kayıplarıyla Beraber Yıllık Enerji Üretimi (GWh/y)	Yıllık Çalışma Saati (Saat)
Türbin 1	V90 model hub Yüksekliği 80m	1.225	5.220	3.597	2.299	3.514	1757.100
Türbin 2	V90 model hub Yüksekliği 80m	1.225	5.190	3.558	3.471	3.435	1717.300
Türbin 3	V90 model hub Yüksekliği 80m	1.225	5.220	3.596	1.304	3.549	1774.350
Türbin 4	V90 model hub Yüksekliği 80m	1.225	5.230	3.593	0.860	3.562	1780.850
Türbin 5	V90 model hub Yüksekliği 80m	1.225	5.180	3.541	0.294	3.531	1765.300
Türbin 6	V90 model hub Yüksekliği 80m	1.225	5.290	3.648	0.203	3.640	1820.100
Türbin 7	V90 model hub Yüksekliği 80m	1.225	6.270	4.763	0.000	4.763	2381.700

Bir rüzgâr enerji santrali kurulumu için santralin kurulum aşamasında ortaya çıkacak yatırım maliyetini belirlemek ve yürür halini devam ettirmek için yapılan işletme maliyetini belirleyerek, santralin kapasite faktörünü, yıllık hasılat, birim enerji maliyeti, geri ödeme süresi ve bunların yanında yıllık sabit maliyetler, birim enerji başına yatırım maliyeti ve net şimdiki değerini hesaplayarak bize mevcut şartlarda bu santralin kurulmasının uygun olup olmadığını öngörmemizi sağlamaktadır.

Tablo 5.11.Rüzgar Enerji Santral Verileri

Türbin Tipi	Hub Yüksekliği (m)	Türbin Sayısı	Kapasite (MW)	Yıllık Enerji Üretimi (GWh/y)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Wake Kaybı (%)	Wake Kayıplarıyla Beraber Yıllık Enerji Üretimi (GWh/y)	Yıllık Çalışma Süresi (saat)	Kapasite Faktörü(%)
VESTAS V90 2 MW	80.0	7	14.0	26.3	5.4	1.1	26.0	1856.7	21.2

Yatırım maliyeti içinde bir rüzgâr enerji santralinin kurulumu için gerekli tüm harcama kalemleri bulunmaktadır. Burada kullanılan harcama kalemleri, sırasıyla; fizibilite etüdü, proje geliştirme, mühendislik, elektrik sistemi, mekanik sistem, inşaat ve çevre, sistem dengesi ve diğer öngörülme-yen giderler ve faiz giderleridir. Bu kalemlerin hesaplanmaları aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

- Fizibilite Maliyeti: 7 Türbin için 200.000 USD
- Proje Geliştirme: 7 Türbin için 500.000 USD
- Mühendislik: 7 Türbin için 485.000 USD
- Elektrik Sistemi (Bağlantı-İletim hattı-Montaj): 8.750.000 USD
- Rüzgar Türbinleri: 7 Türbin için 14.000.000 USD
- İnşaat ve Çevre: 7 Türbin için 26.000.000 USD
- İşletme Maliyeti: 7 Türbin için 2.500.000 USD

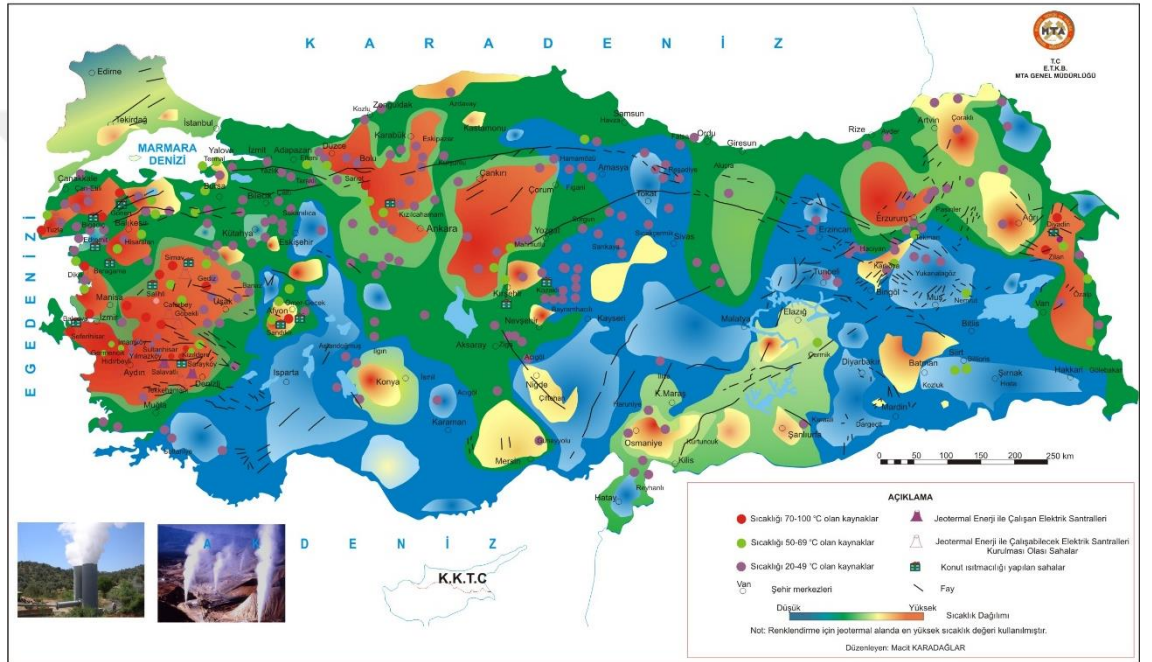
Hesaplamaları yapılan rüzgâr enerji santrali 11,6 yıl gibi bir sürede kendini amorti etmektedir. 20 yıllık ekonomik ömrü içerisinde geri kalan 8,4 yıl boyunca da yatırımcıya kâr sağlayacaktır.

Tablo 5.12. Rüzgar Santrali Geri Dönüş Tablosu

Santral Kapasitesi Faktörü	%21
Yıllık Hasılat	3.531.541 USD
Birim Enerji Maliyeti	0,152 \$/kWh
Geri Ödeme Süresi	11,6 Yıl
Net Şimdiki Değeri	11.721.000 USD

5.1.5. Jeotermal enerji potansiyeli ve kullanım durumu

Nevşehir il bazında değerlendirildiğinde jeotermal kaynaklar açısından Kayseri ve Kırşehir bölgesi ile beraber en zengin jeotermal kaynaklara sahiptir. Şekil 5.4'te görüldüğü gibi, kırmızı bölge olarak belirtilen üst tersiyer bölgelerinde sadece Ege ve Marmara bölgelerinde kurulu jeotermal enerji santrali olduğu görülmektedir. Ayrıca, Manisa, Aydın, Denizli ve Uşak hattında ana graben hatları olduğu tespit edilmiştir.

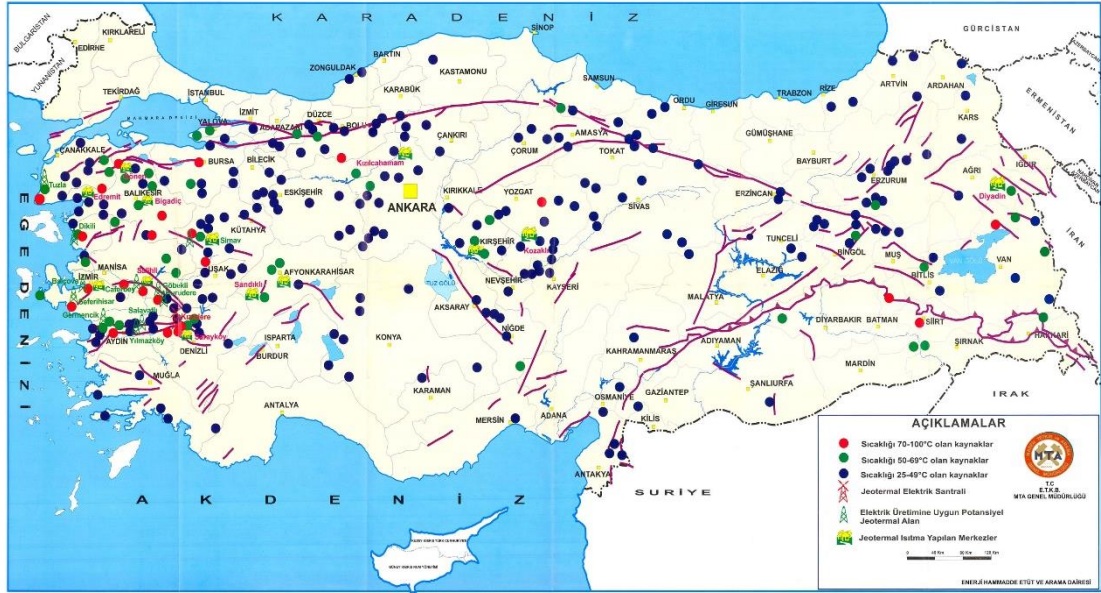


Harita 5.1. Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası [83]

Nevşehir'de bulunan jeotermal kaynakların başlıca kullanım alanı, jeotermal seracılıktır. Seralarda yetiştirilen ürünlerden beklenen en yüksek verimin elde edilebilmesi için, sıcaklığın düşük olduğu dönemlerde seraların ısıtılması gereklidir. Ülkemiz koşullarında, ısıtma giderleri sera karlılığını etkileyen en önemli girdilerden birisidir. Seracılık işletmelerinde ısıtma giderleri, yetiştirme mevsimi, bölge ve ürün tipine bağlı olarak değişmekle birlikte toplam maliyetin % 40 ile % 80'ini oluşturmaktadır. Sera ısıtmada kullanılan fosil yakıtların ve diğer ısıtma yöntemlerinin maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle, ülkemizdeki birçok serada düzenli olarak ısıtma yapılamamakta, sadece bitkileri dondan korumaya yönelik ısıtma uygulanmaktadır. Sera ısıtma uygulamalarında, tükenbilir enerji varlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek

amacıyla fosil enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması öncelikli gereksinim halini almıştır.

Mevcut durum analizi kapsamında Nevşehir’de 2 jeotermal sera bulunmaktadır. Kozaklı’ daki seralardan en küçüğü gül üretimi yaparken, diğer modern sera 55 dekar üzerinde olup domates üretimi yapmaktadır.. Mevcut işletmelerin haricinde Nevşehir Kozaklı ’ya 30 dekar büyüklüğünde bir jeotermal sera kurulması planlanmaktadır. Kozaklı’da seralarda kullanılan jeotermal kaynak kuyularının ruhsatları İl Özel İdarelerine aittir.



Harita 5.2. Türkiye'nin Jeotermal Haritası (üstte) ve Jeotermal Kaynak Alanları ve Sıcaklık Dağılımı [84]

Jeotermal enerji kaynaklarının çevresel anlamda negatif etkilerinden bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir [85]:

- Su kirliliği
- Gaz ve benzeri emisyonlar
- Gürültü kirliliği
- Arazi kullanımı
- Sismik tetikleme
- Su kullanımı
- Doğal manzaranın ve habitatın bozulması

- Heyelan tetikleme

Tablo 5.13. Nevşehir İlindeki Jeotermal Kaynakların Hesaplanan Isı Kapasiteleri [86]

ID	İlçe	Kuyu Adı	Y	X	Sıcaklık	pH	Debi, l/sn	MWt
103	ÜRGÜP	Nevşehir İl Özel İdaresi Mustafapaşa MTA Kuyusu	38.5909	34.8923	58	7.85	13	2,06
104	GÖREME	Göreme Petrol	38.6772	34.783	74.5	6.62	3	0,68
105	KOZAKLI	Kozaklı Belediyesi Yukarı Harmana Kuyusu	39.2069	34.8603	90	8.09	15	4,39
106	KOZAKLI	Nevşehir İl Özel İdaresi	39.2144	34.8627	105.5	7.57	60	21,46
107	MERKEZ	Nevşehir Belediyesi – NİS 2	38.5983	34.6917	43.5	6.8	14	1,37
108	KOZAKLI	Nevşehir İl Özel İdaresi	39.2125	34.8632	91.5	7.93	11	3,296

Nevşehir ilinde en önemli jeotermal alan Kozaklı jeotermal alanıdır. Kozaklı jeotermal alanında mevcut verilere göre 30 adet jeotermal kuyu bulunmaktadır. Kuyuların neredeyse tamamı Kozaklı yerleşim merkezinin doğusundadır. Bu kuyuların derinliği 70-1493 m, sıcaklıkları 30-105 C ve debileri 1,5 - 95 l/sn arasında değişmektedir. Hazne sıcaklığı 150 °C'den fazla olan jeotermal sahalarda konvansiyonel elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Son yıllarda geliştirilen ve ikili (binary) çevrim olarak adlandırılan bir sistemle, buharlaşma noktaları düşük gazlar kullanılarak $T > 80^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar sıcaklıktaki akışkandan elektrik üretilebilmektedir. Halihazırda Kozaklı ilçesinde elektrik üretimi yapılmamaktadır. Nevşehir ili termal turizm ve sağlık açısından önemli bir yere sahip olup, bölgedeki toplam yatak kapasitesinin yarıya yakınına sahiptir. Kaynakların ilin kuzeyinde yer alan Kozaklı ilçesinde yoğunlaşması, turizm ve sağlık tesislerinin de bu ilçede yoğunlaşmasına önayak olmuştur.

Nevşehir ilinde mevcut tesisler açısından Kozaklı ön plana çıktığı görülmekte, ancak Kozaklı'da yer alan işletmelerin müşteri kitlesinin genel olarak yaşlı turist olup, bölgesel turist olduğu belirtilmiştir. Kozaklı ilçesinde yer alan fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezinin teknik imkânlar ve nitelik açısından önemli bir yatırım olduğu görülmekte olup, doluluk oranları ve talep göz önüne alındığında yeni bir fizik tedavi ve rehabilitasyon merkezine ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır. Kozaklı'nın mevcut müşteri kitlesinin yaşlı turist olduğu dikkate alındığında fizik tedavi ve rehabilitasyon olanaklarının artırılması ve konaklama tesislerinin hepsine hitap edebilecek aktivite ve rekreasyon alanlarına ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır.

Nevşehir ili Kozaklı ilçesi konut ısıta hizmetini yürütmektedir. Bölgede toplamda 380.000 m² olmak üzere 3.800 konut eşdeğeri ısıtma yapılmaktadır. Jeotermal suyun kaynaktan çıkış sıcaklığı ortalama 90– 94 °C arasındadır. Bazı kuyularda sıcaklık yüksek olabilirken, bazı kuyularda ise mevsimsel yağışlara bağlı olarak soğuk su ile sıcak suyun karışmasından dolayı sıcaklık 88 °C'lere kadar düşebilmektedir.

5.1.6. Biyoenerji Potansiyeli ve Kullanım Durumu

Nevşehir il genelinde ve merkez ilçelerde katı atıklar Kapadokya İl Özel İdareleri ve Belediyeler Birliği Katı Atık Düzenli Depolama tesisinde depolanmaktadır. İl merkezinde belediye ve lisanslı anlaşmalı firma ile sürdürülen faaliyetler doğrultusunda okullara ve iş yerlerine dağıtılan iç mekân kutuları ve hanelere dağıtılan ayırım poşetleri ile geri dönüşüm ambalaj atığı (cam, plastik, kâğıt, metal) olarak toplam katı atığın %20'si halinde dönüşüme gönderilmektedir.

Katı atık düzenli depolama tesisi Nevşehir şehir merkezine 5 km mesafede 26 alt belediyenin kurmuş olduğu bir sahadır (Resim 5.2). 2017 yılı itibari ile katı atıktan çıkan gaz ile elektrik üretimine başlanmış olup, ortalama 210 ton/gün katı atıktan 1,0 megawatt/gün elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Nevşehir ilinde 2018 yılı için il/ilçe belediyelerince toplanan ve yerel yönetimlerce (büyükşehir belediyesi/ belediye/ birliklerce) yönetilen belediye atığı miktarı ve toplanma, taşınma ve bertaraf yöntemleri Tablo 5.13'te verilmiştir.



Resim 5.2. Nevşehir Katı Atık Depolama Sahası

Tablo 5.14. Nevşehir ilinde 2018 yılı için il/ilçe belediyelerince toplanan ve yerel yönetimlerce (büyükşehir belediyesi/ belediye/ birliklerce yönetilen belediye atığı miktarı ve toplanma, taşınma ve bertaraf yöntemleri [87]

Büyükşehir/İl/İlçe Belediye veya Birliğin Adı	Büyükşehir Belediyesi/ Birlik ise birliğe üye olan belediyeler	Nüfus		Toplanan Ortalama Katı Atık Miktarı (ton/gün)		Kişi Başına Üretilen Ortalama Katı Atık Miktarı (kg/gün)		Transfer İstasyonu Varsa Sayısı	Atık Yönetimi Hizmetlerini Kim Yürütüyor?	Mevcut Belediye Atığı Yönetim Tesisi			
		Yaz	Kış	Yaz	Kış	Yaz	Kış			Düzenli Depolama	Ön İşlem (Mekanik Ayırma/ Biyokurutma/ Kompost/ Biyometanizasyon)	Yakma	Düzensiz Depolama
Kapadokya İl Özel	Nevşehir	110100	110100	102,325	98,018	0,92	0,89	yok	Belediye	var	yok	yok	
Kapadokya İl Özel	Avanos	18500	13500	20,68	16,50	1,11	1,22	yok	Belediye	var	yok	yok	
Kapadokya İl Özel	Acıgöl			7	6,61			yok	Belediye		yok	yok	
Kapadokya İl Özel	Gülşehir			7,01	6,61			yok	Belediye		yok	yok	
Kapadokya İl Özel	Hacıbektaş	10000	5200	10	14	1,38	1,36	yok	Belediye	yok	yok	yok	
Kapadokya İl Özel	Derinkuyu	11311	10786	1,9	2,68	0,182	0,195	yok	Belediye	yok	yok	yok	
Kapadokya İl Özel	Kozaklı			3,7	3,5			yok	Belediye		yok	yok	
İl Geneli		149.911,00	139.586,00	152,62	147,92	3,59	3,67						

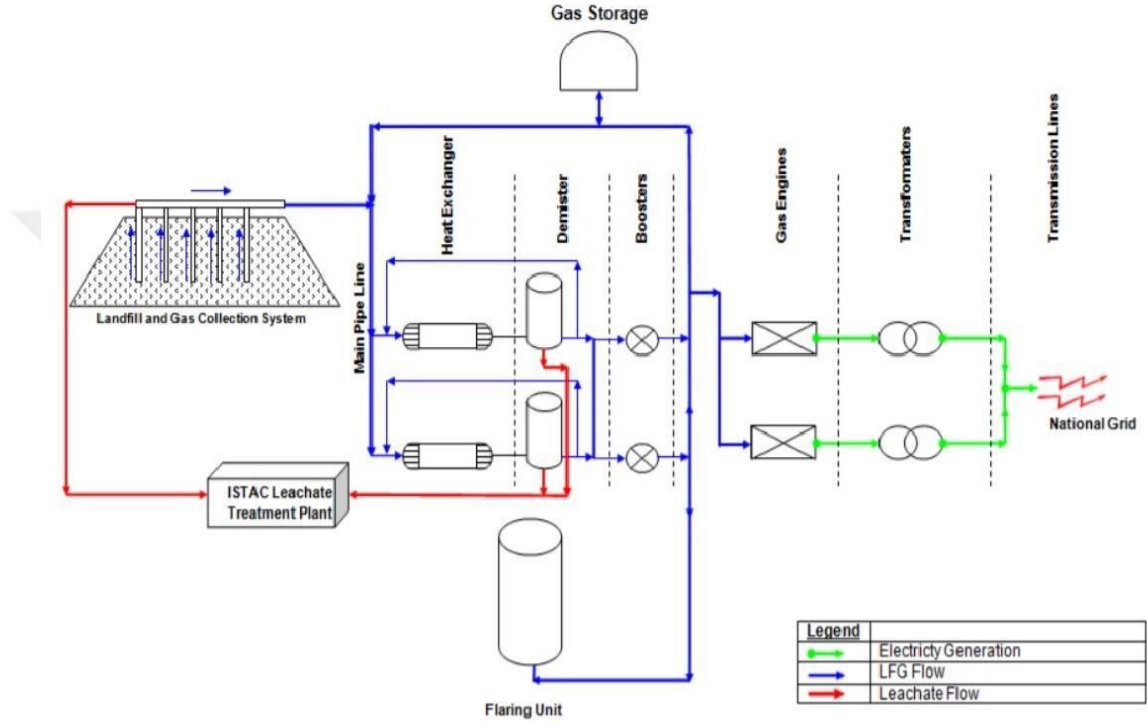
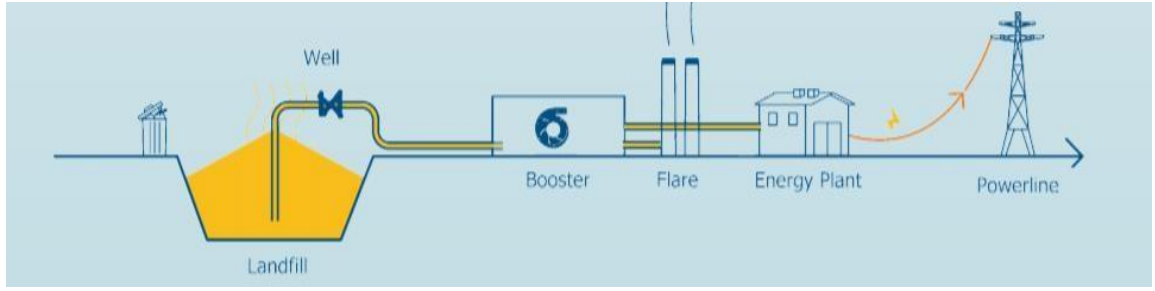
*Belediye (B), Özel Sektör (OS), Belediye Şirketi (BŞ) seçeneklerinden uygun olanın sembolünü yazınız.

Nevşehir düzenli çöp depolama sahası çöp döküm alanı yeraltı sularından yalıtılması için özel membran sistemi ile toprak örtüsünden ayrılmıştır. Organik çöplerin oluşturduğu metan gazı enerji üretimi için jeneratörlere iletilmek üzere borular ile toplanmaktadır (Şekil 5.4 ve 5.5). Çöp alanının üst örtümü yapılarak doğaya ve eko sisteme zarar vermesi engellenmektedir.



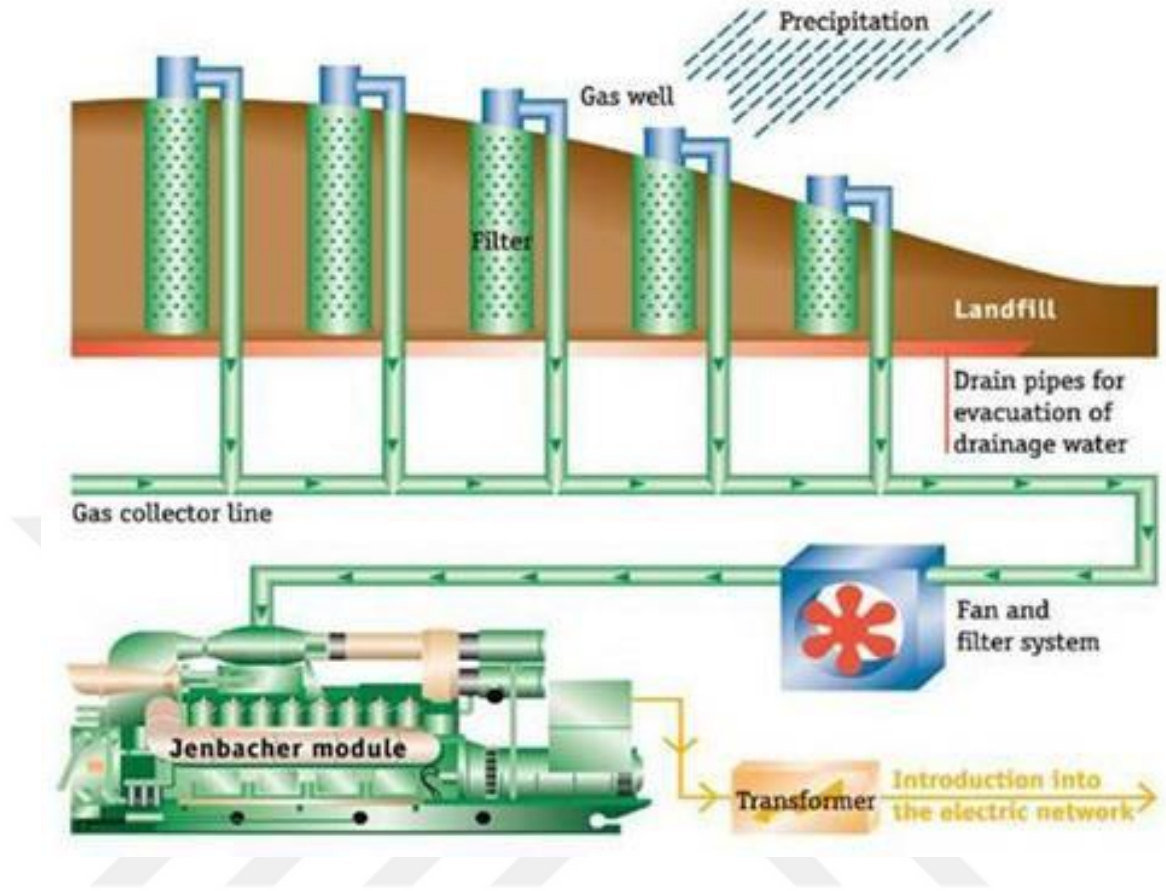
Resim 5.3.Nevşehir Düzenli Çöp Depolama Sahası

Nevşehir ve ilçe belediyelerinin toplamış olduğu belediye atıkları günlük olarak sahaya gelmektedir. Gelen atıklar kantarda tartılarak günlük olarak kayıtları tutulmaktadır. Araçların sahaya gelip düzenli döküm yapması sağlanmaktadır. Bu gelen atıklar dozer, lastikli yükleyici, ekskavör ve keçi ayaklı kompaktör yardımıyla, sıkıştırma ve topraklama yaparak gaz üretimi ve çevreye duyarlı bir şekilde bertaraf sağlanmaktadır.



Şekil 5.4. Çöp Gazı Proses Akışı

Çöp sahasında bertarafı sağlanan organik atıklar bozduklarında Depo Gazı (Landfill Gas, LFG) oluştururlar. LFG, katı atıkların içeriğindeki organik maddelerin havasız şartlarda ayrışması sonucu oluşan ürüne verilen addır. LFG yaklaşık %50 CH₄ , % 45 CO₂, %4 N₂ , %1 O₂ ve iz miktarda inorganik diğer bileşiklerden oluşur. Metan, renksiz, kokusuz ve havadan hafif alev alabilir bir gazdır. LFG de içeriğindeki gaz oranlarına bağlı olarak havadan hafif veya ağır olabilmektedir. Havada hacimsel olarak %5 ila %15 arasında patlayıcıdır.



Şekil 5.5. Çöp Gaz Çalışma Prosesi

Nevşehir katı atık düzenli depolama tesisinde 2 adet 800 kW gücünde içten yanmalı gaz motorları bulunmaktadır (Resim 5.4). Gaz motorları 16 silindirli olup 4 zamanlı motor prensibine göre çalışmaktadır. Alternatörün çıkışında 400 V gerilim üretmektedir. Dünya'daki çöp gazından elektrik üretim projelerinin toplamının %70'inde içten yanmalı motorlar kullanılır. Bu motorların bu kadar çok kullanılmasının nedeni diğer tiplere oranla uygun fiyatlarda ve daha yüksek verimli (%41) ve boyut olarak daha uygun olmalarından kaynaklanmaktadır.

Enerji santrali 1,6 MW gücü ile yıllık 3,2 milyon kWh elektrik üretmektedir. Bu da yılda yaklaşık 6000 eve düşen net elektrik tüketimini karşılayabilecek miktardır. Alternatör çıkışında üretilen 400 V'luk gerilim sahada bulunan trafolar sayesinde 34500 V'a yükseltilmekte ve şebekeye tesis çıkışında bulunan köşk sayesinde basılmaktadır.



Resim 5.4.Nevşehir Düzenli Çöp Depolama Sahası Gaz Motorları

5.2. Türkiye’de Enerji Sektörünün Mevcut Durumu için SWOT Analizi

Türkiye’deki enerji sektörü ile ilgili yapılan araştırmalar [67, 88, 53, 89] incelenerek Tablo 5.14’te verilen SWOT analizi gerçekleştirilmiştir.

SWOT analizi incelendiğinde Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımı açısından birçok güçlü tarafları olduğu görülmektedir. Öncelikle yenilenebilir enerji kaynakları açısından potansiyeli en yüksek ülkelerden birisidir. Ayrıca ülkenin yüksek ekonomik büyüme potansiyeli yenilenebilir enerji kaynakları açısından çok önemli bir durumdur.

Tablo 5.15. Türkiye’de enerji sektörünün mevcut durumu için SWOT analizi

Güçlü Noktalar (Strengths)	Zayıflıklar (Weakness)	Fırsatlar (Opportunities)	Tehditler (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> • Rusya doğalgazının Avrupa’ya en büyük çıkış kapılarından olmak. • Enerji sevkiyatı açısından çok önemli bir jeopolitik konuma sahip olmak. • Farklı ülkelerden enerji ithalatına sahip olması. • Ortadoğu’daki enerji kaynakları için geçiş noktası olmak. • Yenilenebilir enerji açısından yüksek potansiyele sahip olmak. • Büyüme potansiyeli yüksek bir ülke olmak. 	<ul style="list-style-type: none"> • İran ve Rusya ile yapılan uzun süreli enerji anlaşmaları. • Petrol ve doğalgaz gibi enerji kaynaklarına alternatif üretmede yetersizlik. • Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının yeterince desteklenmemesi. • Bölgedeki askeri ve politik sorunlar. • Ulusal enerji politikasının zayıflığı. • AB ile karşılaştırıldığında enerji kullanımındaki düşük verimlilik. 	<ul style="list-style-type: none"> • Karadeniz ve Akdeniz’deki potansiyel fosil enerji kaynakları. • Jeotermal kaynaklar açısından zenginlik. • Yenilenebilir enerji kaynakları açısından yüksek potansiyele sahip olmak. • Yenilenebilir enerji için verilen devlet teşvikleri. 	<ul style="list-style-type: none"> • Enerji kaynaklarının yetersizliği. • AB’ye yapılan ihracattaki yüksek maliyet. • Dünyadaki enerji sorunu. • Enerjide genel olarak yüksek oranda dışa bağımlılık. • Yenilenebilir enerji kaynakları ekipmanında dışa bağımlılık. • Yeterince özel sektör yatırımının olmaması.

Ülkemiz enerji sektörü açısından incelendiğinde, enerji kaynaklarının dağıtımını açısından çok kilit bir konuma sahip olduğu görülmektedir. Rusya ve İran gibi ülkelerin doğalgazının Avrupa ve civar ülkelere sevkiyatı açısından ekonomik ve güvenli bir konuma sahiptir.

Ayrıca Ortadoğu gibi petrol ve doğalgaz açısından zengin bir bölgeden Avrupa'ya taşınacak enerji kaynakları açısından zengin bir ülke olması Türkiye'nin enerji açısından güçlü taraflarından bir diğeridir. Özellikle 1973 yılında faaliyete geçen Kerkük – Yumurtalık boru hattı gibi enerji taşıma hatları ülke için hayati bir değere sahiptir.

Türkiye'de enerji sektörünün mevcut durumu ile ilgili bazı zayıf noktalar da bulunmaktadır. Bunlar arasında enerji ithalatının çoğunun karşılandığı İran ve Rusya gibi ülkeler ile yapılan uzun süreli ve garantili enerji anlaşmalarıdır.

Bir diğer zayıflık ise petrol ve doğalgaz haricindeki enerji kaynaklarından yeterince faydalanılmamış olmasıdır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarına yeterince destek verilmemesi buna örnek olarak verilebilir. Bölgede çevresel olarak ortaya çıkmış askeri ve politik sorunlar, ulusal enerji politikasının zayıflığı ve AB'ye göre enerji kullanımındaki düşük verimlilik diğer zayıflıklar için verilebilecek diğer başlıklardır.

Türkiye enerji sektörü açısından birçok fırsata sahiptir. Öncelikle Karadeniz ve Akdeniz'de keşfedilmiş ve keşfedilmemiş fosil kaynaklar bulunmaktadır. Buna ilaveten ülkedeki jeotermal enerji kaynakları açısından zenginliği diğer fırsatlardan birisidir. Son olarak yenilenebilir enerji kaynaklarında yüksek yatırım fırsatları ve yenilenebilir enerji kaynakları açısından yüksek potansiyele sahip olunması Türkiye açısından fırsatlara örnekler olarak verilebilir.

Türkiye enerji kaynakları açısından fırsatlara sahip olsa da öte yandan enerji sektörünün mevcut durumu ile ilgili bazı tehditler de bulunmaktadır. Bunlardan ilki ülkedeki enerji kaynaklarındaki sorunlardır. Ülkede yeterince petrol ve doğalgaz kaynakları bulunmamaktadır. Bunun yanında, AB ülkelerine ihraç edilen ürünlerin üretiminde yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Enerjide genel olarak yüksek oranda

dışa bağımlıdır. Benzer şekilde, yenilenebilir enerji kaynakları ekipmanında dışa bağımlı olmasıdır. Son olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması için kamu veya özel sektör tarafından yeterince teşvik ve yatırım yapılmamasıdır.

5.3. Nevşehir'deki Yenilenebilir Enerji Kaynakları için SWOT Analizi

Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlara alternatif olarak ortaya çıkmış enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli avantajları enerji güvenliğini artırması, çevresel etkilerin azaltılması, ithal yakıt ihtiyacının azaltılması, güvenilir enerji kaynaklarının kullanılması ve çeşitliğidir [90]. Bunlara ilaveten yenilenebilir enerji kaynakları ülkenin doğal kaynaklarının korunmasına da yardımcı olur. Temiz yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmak çevre üzerinde fosil yakıtların verdiği etkiyi azaltır. Elektrik üretimi süreçlerinde kullanılan kaynaklar sera gazının en önemli kaynağıdır.

Öte yandan, yenilenebilir enerji kaynaklarının da bazı zararlı çevresel etkileri bulunmaktadır. Temiz bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak kabul edilen güneş enerjisi özellikle son 50 yıldır bütün dünyada yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak, güneş enerjisi panelleri evlerin çatılarında bulunması görüntü açısından kirliliğe sebep olmaktadır [91]. Bunun dışında güneş enerjisinin çevresel zararları bulunmamaktadır. Bu sebepten dolayı en fazla tercih edilen yenilenebilir enerji kaynağı olarak bilinir. Güneş enerjisi ile ilgili kurulan güneş santralleri havuzlarının toprak ve tuzla kirlenmesini önlenmesi çevresel faktörlerin azaltılması için gereklidir [92]. Güneş enerjisinin çevresel etkileri ile ilgili en önemli sorunlardan bir diğeri ise fotovoltaik pillerin kullanımları sırasında veya imha edilmesi sırasında çevreye zararlı kimyasalların toprağı, havayı veya su kaynaklarını kirletmesidir.

Rüzgar enerjisi kaynaklarının kullanımında ve elektrik enerjisi üretiminde güneş enerjisinden daha fazla çevresel faktörler bulunmaktadır. Örneğin, büyük rüzgâr santrali türbinlerinin tarım arazilerine ve yerleşim yerlerinin yakınlarına kurulması çevresel olarak gürültülü olması, kuşların ölümüne sebebiyet vermesinden dolayı rüzgâr türbinlerinin kurulumunda bazı önemli düzenlemeler yapılmıştır. Rüzgar santrallerinin göçmen kuşların göç yollarına kurulması neticesinde hey yıl pek çok canlının telef

olmasına sebep olmaktadır. Bunlardan bazıları kurulacak bölgenin yerleşim yerine, parklara, veya hayvanların yoğun yaşadıkları alanlara uzak mesafede kurulmasıdır. Buna ilaveten, rüzgâr santrallerinin kurulduğu alanlarda her ne kadar tarımsal faaliyetler yapılsa da mısır veya benzeri tahıl ürünlerinin üretilmesi açısından uygun değildir [92].

Jeotermal enerji kaynaklarının kullanımı sırasında her ne kadar karbon salınımı olsa da oransal olarak fosil yakıtlardaki karbon salınımına göre çok düşük seviyededir. Jeotermal enerji kaynaklarının kullanılmasında ortaya çıkan bir diğer gaz ise hidrojen sülfürdür [93]. Jeotermal enerjide ortaya çıkan hidrojen sülfür sadece kokusu sebebiyle çevresel etkisi bulunmaktadır. Buna ilaveten jeotermal enerji kaynaklarının kullanılında ortaya çıkan diğer çevresel etkiler farklı bölgelerde tesislerin hazırlanması, kuyuların açılması ve test çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile beraber çevreye verilen zararlardır [94]. Sonuç olarak jeotermal enerji kaynaklarının çevresel etkileri atmosfere yayılan karbondioksit ve sülfür gazları ile sınırlıdır.

Tablo 5.14'te Nevşehir'in tez çalışmasında incelenen 4 yenilenebilir enerji kaynağı açısından SWOT analizi sunulmuştur. Buna göre bölgenin Güneş ve Jeotermal enerji kaynakları açısından zengin olduğu ancak rüzgâr potansiyelinin çoğunlukla fakir olduğu belirlenmiştir. Puanlama sonucunda güneş enerjisinin güçlü noktaları ve fırsatları açısından Nevşehir ilinin güneş enerjisi potansiyeli yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Bununla beraber bölgenin büyük şehirlere yakın olması ve turizm potansiyeli bölgenin yenilenebilir enerji açısından fırsatlar sunmasını sağlamaktadır.

Tablo 5.16. Nevşehir ilinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için SWOT analizi

Güçlü Noktalar (Strengths)		Zayıflıklar (Weakness)		Fırsatlar (Opportunities)		Tehditler (Threats)	
Güneş Enerjisi							
• Yeterli güneşlenme ve radyasyon seviyesi	5	• Yenilenebilir enerji alt yapısı eksikliği	3	• İlde az sayıda GES bulunması	3	• İldeki enerji talebinin azlığı	3
• Büyük kentlere enerji iletim kolaylığı	4	• Bölgeye ulaşımdaki aksaklıklar	3	• Bölgede turizm faaliyetlerinin yaz aylarında enerji üretimine paralel olarak artması	3	• Bölgede yetişmiş eleman sayısının azlığı	3
• Geri ödeme süresinin kısa olması (6 yıl)	5	• Tarım ve turizm faaliyetleri ve sit alanları nedeniyle arazi azlığı	4				
• Kaynağın sürekliliği	5						
19		10		6		6	
Rüzgâr Enerjisi							
• Kaynağın sürekliliği	5	• Geri ödeme süresinin uzun olması (11,6 yıl)	5	• Rüzgâr potansiyeli	3	• Çevresel etkileri	4
• Kısa kurulum süresi	3	• Tarım ve turizm faaliyetleri (balonlar vb.) ve sit alanları nedeniyle arazi azlığı	4	• Bölgenin turizm açısından zengin olması	2	• Halkın tepkisi	3
• Sera gazı etkisinin daha az olması	3	• Nevşehir'in rüzgâr potansiyelinin düşük olması	5				
11		14		5		7	
Jeotermal Enerji							
• Jeotermal enerji kaynakları zenginliği	5	• Jeotermal kaynaklarda sıcaklığın elektrik üretimi için yetersiz oluşu.	5	• Bölgede konut ısınma ihtiyacının fazlalığı	4	• Bölgeye ulaşım sorunu	3
		• Jeotermal enerji santrali kurma alt yapısının zayıflığı	3	• Sağlık turizmi potansiyelinin yüksek olması	3	• Bölge nüfusunun az olması	3
5		8		7		6	
Biyogaz Enerjisi							
• Jeotermal enerji kaynakları zenginliği	5	• Jeotermal kaynaklarda sıcaklığın elektrik üretimi için yetersiz oluşu.	5	• Bölgede konut ısınma ihtiyacının fazlalığı	4	• Bölgeye ulaşım sorunu	3
		• Jeotermal enerji santrali kurma alt yapısının zayıflığı	3	• Sağlık turizmi potansiyelinin yüksek olması	3	• Bölge nüfusunun az olması	3
5		8		7		6	

Hidrojen ve hidroelektrik gibi diğer yenilenebilir enerji kaynakları göz önüne alındığında yukarıda bahsedilen faktörlere ek olarak farklı çevresel etkiler bulunmaktadır. Hidroelektrik santraller, biyokütle enerji kaynakları, rüzgâr santralleri ve jeotermal enerji kaynaklarından yararlanmak için kurulan santraller yerleşim alanları çok fazla olmasından dolayı tarım ile beraber çevresel anlamda olumsuz etkilere sebep olmaktadır [92].

Sonuç olarak yenilenebilir enerji kaynakları fosil kaynaklarına göre çevresel olarak daha az zararlı olsa da her bir yenilenebilir enerji kaynağının yukarıda kısaca sunulduğu gibi farklı şekillerde çevresel etkileri bulunmaktadır. Bu sebepten dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı alanlar ve santraller su, hava ve toprağa karşı olumsuz etkilerinin minimum seviyeye indirilmesi için yapım çalışmalarında ve işletme durumunda dikkat edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Hükümetlerin ve kurumların bu konuda beraber çalışmaları ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında çevresel etkileri göz önüne alınarak gerekli düzenlemelerin ve uygulamaların yapılması gerekmektedir.

6. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Nevşehir ili özelinde halen aktif ve kurulum aşamasındaki yenilenebilir enerji kaynakları kullanılan elektrik üretim tesisleri ve ilin yenilenebilir enerji potansiyeli ile ilgili durum çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda literatürde var olan bilimsel çalışmalar ve resmi veriler toplanmış ve incelenmiştir.

Nevşehir coğrafi olarak Türkiye'nin ortasında ve Orta Anadolu Bölgesinde yer alan yüzölçümü olarak küçük şehirlerden birisidir. Fiziki olarak Erciyes ve Hasan dağları arasında kalan volkanik platoda bulunmaktadır. Özellikle antik zamanlarda Hristiyanlık için önemli dini yapıların ver yerleşim yerlerinin bulunduğu ve açık hava müzesi olarak da bilinen Kapadokya bölgesine sahiptir. Bölgenin turizm potansiyeli ülkemizdeki en önemli turizm bölgelerinden birisi olması bu açıdan önemini vurgulamaktadır.

Çalışma kapsamında il sınırları içerisindeki coğrafi şartlara göre güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji kaynaklarının durumu ve potansiyeli ile ilgili bilgiler toplanmıştır. Elde edilen bulgular güneş enerjisi potansiyelinin orta seviyede olduğunu, rüzgâr enerjisi ve jeotermal enerjisinin potansiyelinin daha düşük olduğunu göstermiştir.

Güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda özellikle Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek seviyede güneşlenme sürelerine sahip olan il bu bağlamda kurulu güçleri her ne kadar yüksek olmasa da güneş enerjisi potansiyeline sahip bir bölgedir. Bölgede kurulu en büyük GES olan Derinkuyu GES kurulu gücü kapasitesi ile Türkiye'nin 3. büyük güneş enerjisi santrali olması ilin güneş enerjisi potansiyelini göstermektedir. Bu sebepten dolayı kamu ve özel sektörün bölgede daha fazla sayıda güneş enerji santrali açması ve bu konuda yatırımcılara teşvik verilmesi önerilmektedir.

Özellikle ilin güney bölgeleri güneş enerji santrallerinin kurulumu için ideal sahalardan birisidir. Ancak, kamu ve özel sektörün bu sahalara yeterince teşvik vermemesi veya

yatırım yapmaması bölgenin bu enerji kaynağının kullanılmamasına sebebiyet vermektedir. Bunun en önemli sebepleri arasında bölgedeki nüfus yoğunluğunun Kayseri ve Konya ile karşılaştırınca çok düşük seviyede olmasıdır. Ayrıca, bölgede ikamet eden nüfusun azlığı yatırımların fazla optimum olmayacağını göstermektedir.

Toplam kurulu GES yatırımları değerlendirildiğinde bölgenin daha fazla güneş enerji santraline ihtiyaç duyduğu söylenebilir. Daha fazla seviyede kanun teşvikleri ve özel sektör yatırımlarının yapılması bölgenin ekonomik, sosyal ve bölgesel olarak daha yüksek seviyelere ulaşmasını sağlayabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması sonucunda çevresel zararların azaltılmasına ilaveten bölgesel ve ulusal alanda ekonomik açıdan yararları olduğu da unutulmamalıdır [95].

Nevşehir rüzgâr enerji kaynakları açısından değerlendirildiğinde ise güneş enerjisi ve jeotermal enerjiye göre daha fakir olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bölgelerde yapılan çalışmalar rüzgâr potansiyeli açısından her ne kadar uygun alanlar mevcut olsa da bu alanların küçüklüğü ve bölgeye verilen teşvikler ve yatırımların yeterli olmaması rüzgâr potansiyelinin kullanılmamasına neden olmaktadır. Bölgede halen rüzgâr enerji santralının yokluğu bu durumu desteklemektedir. Bölgeye kurulacak rüzgâr enerji santrali ile beraber rüzgâr enerji potansiyelinin değerlendirilebileceği ve bölgeye ekonomik katkı yapacağı düşünülmektedir.

Türkiye'nin jeotermal enerji kaynakları değerlendirildiğinde ise dünya jeotermal enerji gücünün (14,9 GWe) çok az seviyesinde elektrik üretimine uygun olduğu belirlenmiştir. Ülkemizde kayıtlı jeotermal enerji kaynaklarının sadece %10'u elektrik üretimi için uygundur. Toplam elektrik üretimi yaklaşık 1,5 GWe gücündedir. Bu miktar dünya JES üretiminden sağlanan elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık %10'una eşittir. Bu sonuç ile Türkiye jeotermal enerjiden elektrik üretimi yapan ülkeler açısından dünyada en fazla üretim yapan dördüncü ülke konumunda bulunmaktadır. Bu nedenle Nevşehir gibi her ne kadar jeotermal enerji açısından elektrik üretimi için düşük sıcaklıkta jeotermal enerji kaynağına sahip bir bölge için jeotermal enerji santrali kurmak ekonomik açıdan ve bilimsel olarak uygun değildir.

Nevşehir ili ise Türkiye'nin en fazla jeotermal kaynaklarının bulunduğu bölgelerden olması ve özellikle Kozaklı sahasının bu açıdan zenginliği jeotermik enerji uygulamalarını beraberinde getirmiştir. Ancak jeotermal enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimine uygun olmamasından dolayı bölgeye jeotermal enerji santrali kurulmasını engellemektedir. Bunun yerine, bölgedeki jeotermal enerji kaynakları termal tesisler ve sağlık turizmi açısından kullanılmaktadır.

Nevşehir ilinde bulunan katı atık depolama ve yenilenebilir enerji üretim tesisinde günlük 6000 konutun elektrik enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Fazla katı atık toplanamadığı için sınırlı bir üretim gerçekleşmektedir. Yerli enerji kaynaklarının etkin şekilde kullanılabilirdiği katı atık depolama ve yenilenebilir enerji üretim tesisinde Türkiye'nin örnek oluşturabilecek tesislerinden biri olarak değerlendirilmektedir.

Bu tez çalışmasında yapılan incelemeler ve elde edilen bulgular neticesinde Nevşehir bölgesindeki yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgâr, jeotermal) açısından aşağıdaki öneriler ile beraber daha fazla yararlanılabileceği düşünülmektedir:

- Bölgede yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili alt yapı çalışmalarına kamu ve özel sektör olarak teşvik ve yatırımların artırılması.
- Yenilenebilir enerji santrallerinin özellikle güneş enerjisi santrallerinin daha fazla sayıda kurulması bölgenin yenilenebilir enerji kapasitesinin kullanılmasını artıracakı düşünülmektedir.
- Bölgedeki özel sektör yatırımlarının özellikle güneş enerjisi kapsamında daha fazla olması gerekmektedir.
- Rüzgar ve jeotermal kaynakların potansiyelinin daha detaylı incelenmesi için daha fazla çalışma yapılmalıdır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve uygulamalar açısından özel sektör ile üniversiteler arasındaki işbirliklerinin artırılması bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı açısından önemlidir.

Sonuç olarak Nevşehir ili özelinde yenilenebilir enerji faaliyetlerinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla katkıda bulunulması ile beraber bir taraftan bölgenin özellikle elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması diğer tarafta ise bölgede fosil

yakıtların kullanılması sonucu ortaya çıkan çevresel zararların önüne geçilebilir. Buna ilave olarak, [96] tarafından yapılan çalışmalar fosil kaynakların kullanılması ile ortaya çıkan çevresel sorunlar ancak alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım miktarının artırılması ile çözülebileceğini savunmuştur. Bu bağlamda ülkemiz çapında yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin ortaya çıkarılması ve sonrasında değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji ihtiyacının yaklaşık %50'sinin 2050 yılından öncesinde karşılaması planlanmaktadır. Çalışmada araştırmacılar ayrıca enerji ihtiyacının karşılanmasında sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının gerektiğini belirtmişlerdir.

KAYNAKÇA

1. Koç, E., Kaya, K., “Enerji kaynakları–yenilenebilir enerji durumu”, *Mühendis ve Makina*, 56(668), 36-47, 2015.
2. İnternet: ETKB (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) “2019 Faaliyet Raporu”
https://enerjiapi.etkb.gov.tr//Media/Dizin/SGB/Faaliyet_Raporlari/2019/ETKB%202019%20Y%C4%B1%C4%B1%20Faaliyet%20Raporu.pdf
3. Bayram, H., Dörtbudak, Z., Fişekçi, E. F., Kargın, M., Bülbül, B., “Hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri, dünyada, ülkemizde ve bölgemizde hava kirliliği sorunu” paneli ardından. *Dicle Tıp Dergisi*, 33(2), 105-112, 2006.
4. Külekçi, Ö. C., “Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi”. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 83-91, 2009.
5. Ayman, G., Sezer, A., Kılıçdağı, T. A., “Avrupa Birliği’ne Katılım Sürecinde Türkiye’nin Komşu ve Çevre Ülkeler Politikası-Stratejik Yaklaşımlar”, *TÜSİAD Basın Bülteni*, 7(36), 2, 2007.
6. Karagöl, E. T., Kavaz, İ., “ Dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji”, *SETA Analiz Dergisi*, 4(197), 5-32, 2017.
7. Erdal, L. (2012). Türkiye’de yenilenebilir enerji yatırımları ve istihdam yaratma potansiyeli. *Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 4(1), 171-181.
8. Eylem, Ö., Yarbay, R. Z., “Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve geleceği”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(18), 77-60, 2010.
9. İnternet: Ekolojist “ Rüzgar enerjisi ve Türkiye”. http://ekolojist.net/ruzgar-enerjisi-ve-turkiye/#Turkiyede_Ruzgar_Enerjisi
10. Külüm, E., İç Anadolu Bölgesi’nde kullanılmayan rüzgar enerji potansiyelinin belirlenmesi ve modellenmesi, (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü), Hacettepe Üniversitesi. Ankara, 2019.
11. Zaim, A., Çavşı, H., “Türkiye’deki jeotermal enerji santrallerinin durumu”, *Mühendis ve Makine*, 59(691), 45-58, 2018.
12. Shove, E., Walker, G., “What is energy for? Social practice and energy demand”, *Theory, Culture & Society*, 31(5), 41-58, 2014.

13. Dresselhaus, M. S., “Thomas, I. L., Alternative energy Technologies”, *Nature*, 414(6861), 332-337,2001.
14. Übelacker, E., *Enerji*. Tudem Publishing, 2005.
15. İnternet: BP Energy Outlook “BP Energy Outlook:2018 edition”
<https://www.bp.com/content/dam/bp/businesssites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2018.pdf>
16. İnternet: “Enerdata Global Energy statistical year book 2020”
<https://yearbook.enerdata.net/>
17. Starr, C., “Energy and power ”, *Scientific American*, 225(3), 36-49,1971.
18. Türker, Ş.,Emre Y., “ BRICT Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Petrol Fiyatları, CO2 Emisyonu, Kentleşme ve Ekonomik Büyüme Üzerine Nedensellik Analizi ”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, C. 12, S. 3, 117 - 136,2017.
19. Kozak, M.,Kozak, Ş., “ Enerji depolama yöntemleri ”, *SDU International Journal of Technological Science*, 4(2),2012.
20. İnternet: “ Britannica solar energy 2020 ”
21. Ertaş, H., Şen, A. İ., Parmasızoğlu, A.,“ The effects of out-of school scientific activities on 9th grade students’ relating the unit of energy to daily life”, *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi (EFMED)*, 5(2), 178-198, 2011.
22. Gencer, A. S., “ Fen eğitiminde bilim ve mühendislik uygulaması: Fırıldak etkinliği ”, *Journal of Inquiry Based Activities*, 5(1), 1-19, 2017.
23. Serway, R A.; Jewett, J. W., “ Physics for Scientists and Engineers (6th ed.) ”,Brooks/Cole. ISBN 0-534-40842-7,2004.
24. Tipler, P. A.,Llewellyn, R., “ Macmillan”, *Modern physics*, 2003.
25. Bailyn, M., American Institute of Physics Press, New York, *A Survey of Thermodynamics*, ISBN 0-88318-797-3, 82,1994.
26. Reichl, L. E., “John Wiley and Sons: New York”, *A modern course in statistical physics*”, New York,1999.

27. İnternet: İEA “ Deploying renewables 2011 Best and future policy practice”.
<https://webstore.iea.org/deploying-renewables-2011-best-and-future-policy-practice>
28. Giancoli, D. C., *Physics for scientists and engineers*, “Pearson Education Internationa”, 2008.
29. Fishbane, P. M., Gasiorowicz, S. G., & Thornton, S. T., *Physics: For Scientists and Engineers with Modern Physics*, “ Prentice-Hall”, 2005.
30. Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J., *Fundamentals of physics*, “ John Wiley-Sons, 2013.
31. Sanderson, R., *Chemical bonds and bonds energy* (Vol. 21). “ Elsevier”, 2012
32. Petrucci, R. H., Herring, F. G., Bissonnette, C., Madura, J. D., *General chemistry: Principles and modern applications*, “Pearson”, 2017.
33. Schmidt-Rohr, K., “ Why combustions are always exothermic, yielding about 418 kJ per mole of O₂”, *Journal of Chemical Education*, 92(12), 2094-2099, 2015.
34. Bilgen, S., “Karadeniz Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Kimya Anabilim Dalı (Doctoral dissertation)”, *Bazı yakıtların kimyasal ekserji değerlerinin hesaplanması* , 2000.
35. Bilgili, M. E. (2012). Limon üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi; Adana İli Örneği. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(2), 199-203.
36. Kaya, İ. S. (2012). Nükleer enerji dünyasında çevre ve insan. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 71-90.
37. Çelik, İ., Çeker, A., & Belge, R. (2015). Nükleer enerji: Türkiye ve dünya ölçeğinde bir değerlendirme. *Yeni Fikir*, 6(15), 55-68.
38. Pasnau, R. (1999). What is sound?. *The Philosophical Quarterly*, 49(196), 309-324.
39. Chiu, S., Noble, D., Valmont, E., Acoustics in architectural fabric structures: the case of ETFE pillows. In *Fabric Structures in Architecture* (pp. 241-256). Woodhead Publishing, 2015.
40. Twidell, J., Weir, T., *Renewable energy resources*. Routledge, 2015.
41. Eylem, Ö., & Yarbay, R. Z. (2010). Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve geleceği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(18), 77-60.

42. Kılıç, F. Ç., Güneş enerjisi, Türkiye'deki son durumu ve üretim teknolojileri. *Mühendis ve Makina*, 56(671), 28-40, 2015.
43. Taktak, F., & Ilı, M., Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği. *Geomatik*, 3(1), 1-21, 2018.
44. Shahsavari, A., Akbari, M., Potential of solar energy in developing countries for reducing energy-related emissions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 275-291, 2018.
45. Kannan, N., Vakeesan, D., Solar energy for future world:-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1092-1105, 2016.
46. Bayazıt, Y., *Seydisuyu Havzasının hidroelektrik potansiyelinin araştırılması* (Master's thesis, Anadolu Üniversitesi), 2013.
47. Ürker, O., Çobanoğlu, N., Türkiye'de hidroelektrik santraller'in durumu (HES'ler) ve çevre politikaları bağlamında değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 2017.
48. Hammons, T. J., Geothermal power generation worldwide. In *2003 IEEE Bologna Power Tech Conference Proceedings*, (Vol. 1, pp. 8-pp). IEEE, 2003.
49. Fridleifsson, I. B., Geothermal energy for the benefit of the people. *Renewable and sustainable energy reviews*, 5(3), 299-312, 2001.
50. Field, C. B., Campbell, J. E., Lobell, D. B., Biomass energy: the scale of the potential resource. *Trends in ecology & evolution*, 23(2), 65-72, 2008.
51. Klass, D. L., *Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals*. Elsevier, 1998.
52. Seydioğulları, H. S., Sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji. *Planlama Dergisi*, 23(1), 19-25, 2013.
53. Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., Eren, T., ANP VE TOPSIS yöntemleriyle türkiye'de yenilenebilir enerji yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 204-219, 2017.
54. Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Rıfat, K., Biokütlenin Türkiye'de enerji üretiminde değerlendirilmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 13(19), 63-75, 2011.
55. Topal, M., Arslan, E. I., Biyokütle enerjisi ve Türkiye. *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu*, 17-19, 2008.

56. Veziroglu, T. N., 21st Century's energy: Hydrogen energy system. In *Assessment of hydrogen energy for sustainable development* (pp. 9-31). Springer, Dordrecht, 2007.
57. Miranda, P. E. (Ed.), *Science and Engineering of Hydrogen-Based Energy Technologies: Hydrogen Production and Practical Applications in Energy Generation*. Academic Press, 2018.
58. Özdemir, Ö. Z., Mutlubaş, H. “Enerji Taşıyıcısı Olarak Hidrojen ve Hidrojen Üretim Yöntemleri”, *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences JONAS*, 2 (1), 16-34, 2019.
59. Acaroğlu, M. *Alternatif Enerji Kaynaklar* (p. 343). Istanbul: Atlas Yayın & Dağıtım, 2003.
60. Ellabban, O., Abu-Rub, H., Blaabjerg, F., Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 748-764, 2014.
61. İnternet: IEA Deploying renewables 2011: Best and future policy practice. <https://webstore.iea.org/deploying-renewables-2011-best-and-future-policy-practice>
62. İnternet: IEA.Global Energy Review 2020. <https://webstore.iea.org/download/direct/2995>
63. İnternet: BP. 2019. (2019). Share of primary energy from renewable Sources, <https://ourworldindata.org/renewable-energy>
64. İnternet: IRENA Renewable energy capacity in the world was doubled in the past decade (2010-2019), <https://solaredition.com/renewable-energy-capacity-in-the-world-was-doubled-in-the-past-decade-2010-2019/>
65. Arslan, S., Darıcı, M., Karahan, Ç.,Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli. *Jeotermal Enerji Semineri*, 21-27, 2001.
66. İnternet: Eurostat Türkiye, 39 Avrupa ülkesi içinde enerjide ithalata en fazla bağımlı beşinci ülke, <https://tr.euronews.com/2019/08/29/turkiye-39-avrupa-ulkesi-icinde-enerjide-ithalata-en-fazla-bagimli-besinci-ulke>
67. Bahar, O., Türkiye’de Enerji Sektörü Üzerine Bir Değerlendirme, *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (14), 35-59, 2005.

68. İnternet: ETKB (T.C. Enerji be Tabii Kaynaklar Bakanlığı) 2019 Faaliyet Raporu
https://enerjiapi.etkb.gov.tr//Media/Dizin/SGB/Faaliyet_Raporlari/2019/ETKB%202019%20Y%C4%B1%20Faaliyet%20Raporu.pdf
69. GEPA. (2015). Türkiye enerji potansiyeli atlası.
<http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>
70. İnternet: MTA Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları
<https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>
71. Şikoğlu, Ö. Ü. E., & Arslan, H., *Nevşehir şehir coğrafyası*. Hiperlink eğit. ilet. yay. san. tic. ve ltd. sti. İstanbul,2019.
72. İnternet: 2021 Yılı İl Brifingi
http://www.nevsehir.gov.tr/kurumlar/nevsehir.gov.tr/Dosyalar/2021_Yili_1_DonemIlBrifingi.pdf
73. CografyaHarita. (2018). Türkiye mülki idari haritaları. Erişim adresi:
http://cografyaharita.com/turkiye_mulki_idare_haritalari.html
74. Şahin, B., Sabahaddin, Ü. N. A. L., Mutlu, Z., Mermer, A., Öztekin, U. R. L. A., Ediz, Ü. N. A. L., & Aydoğmuş, O. (2016). Nevşehir İl Meralarının Floristik Özellikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 166-175.
75. Öztürk, M. K. (2002). Nevşehir ili nüfusu ve nüfusun eğitim durumu (1935-1996). *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 23(23).
76. 76.İnternet:Nüfus Artış Oranlarının Karşılaştırması, <http://www.nevsehir.gov.tr> > contents > nüfus
77. İnternet: Çamur, K. C., & Cihangir, Turizm-temelli girişimciliğin gelişiminde yerel ve mekânsal dinamiklerin göreme (Nevşehir Kapadokya) örneğinde analizi an analysis of local and spatial dynamics in the emergence of tourism-based entrepreneurship in the case of goreme-Nevsehir/Turkey.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/57677701/Turizm_Temelli_Girisimciligin_Gelisiminde_Yerel_ve_Mekansal_Dinamiklerin_Goreme_Kapadokya_Orneginde_Analizi-2017.pdf
78. İnternet:Kapadokya'da turist sayısındaki artış devam ediyor.
<https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/kapadokyada-turist-sayisindaki-artis-devam-ediyor-/1638456>
79. Çetin, T.,Termal turizm potansiyeli açısından Kozaklı (Nevşehir) kaplıcaları. *Turkish Studies (Elektronik)*, 6(1), 899-924, 2011.

80. Akarsu, B. & Akarsu, B. *Bilimsel araştırma tasarımı: nicel, nitel ve karma araştırma yaklaşımları*. Cinius yayınları: İstanbul, 2009
81. İnternet: GEPA Türkiye enerji potansiyeli atlası, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>
82. İnternet: TMMOB Rüzgar Enerji Santralleri (RES) ve Planlama Süreci https://www.emo.org.tr/ekler/eef7e4e0886e103_ek.pdf
83. İnternet:MTA Enerji Haritaları <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/jeotermal-harita/images/22.jpg>
84. İnternet:MTA Enerji Haritaları <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/jeotermal-harita/images/3.jpg>
85. İnternet: ADÜTEM Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri. Adnan Menderes Üniversitesi Rektörlüğü Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları,1. [https://akademik.adu.edu.tr/aum/jeotermal/webfolders/topics/JEOTERMAL%20ENERJ%C4%B0N%C4%B0N%20C3%87EVRESEL%20ETK%C4%B0LER%C4%B0\(1\).pdf](https://akademik.adu.edu.tr/aum/jeotermal/webfolders/topics/JEOTERMAL%20ENERJ%C4%B0N%C4%B0N%20C3%87EVRESEL%20ETK%C4%B0LER%C4%B0(1).pdf)
86. İnternet: Jeotermal Kaynakların Değerlendirilmesi Projesi <http://www.kop.gov.tr/upload/dokumanlar/246.pdf>
87. İnternet:Nevşehir İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/nevseh-r_-cdr2018-20191231115401.pdf
88. Mutlu, E.,*Türkiye'de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait SWOT analizi* (Doctoral dissertation, İstanbul Kültür Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü/İktisat Anabilim Dalı/Yönetim Ekonomisi Bilim Dalı), 2013.
89. Ağaçıçer, G., *Yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye ekonomisine katkısı ve yapılan swot analizler* (Master's thesis, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü), 2010.
90. İnternet: CRS Why clean energy is important. <https://buycleanenergy.org/why>
91. İnternet:Özyurt, M., & Dönmez, G. Alternatif enerji kaynaklarının çevresel etkilerinin değerlendirilmesi. https://www.emo.org.tr/ekler/57ecd54d4df7d99_ek.pdf

92. Pimentel, D., Renewable and solar energy technologies: energy and environmental issues. In *Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems* (pp. 1-17). Springer, Dordrecht, 2008.
93. Şenpınar, A., Gençođlu, M. T., Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel etkileri açısından karşılaştırılması. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 49-54, 2006.
94. Ocak, M., Ocak, Z., Bilgen, S., Keleş, S., Kaygusuz, K., Energy utilization, environmental pollution and renewable energy sources in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 45(6), 845-864, 2004.
95. Bulut, M., Aslan, A., *Sektörel enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi* (Master's thesis, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi), 2020.