



**1980 SONRASI TÜRKİYE’NİN ENERJİ
POLİTİKALARI: MERKEZİ YÖNETİM
KAPSAMINDAKİ KAMU İDARELERİNİN ENERJİ
İHTİYACININ KARŞILANMASINDA ALTERNATİF
ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ**

Çağlar TEKİN

**Yüksek Lisans Tezi
İktisat Ana Bilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Özlem TOPÇUOĞLU
2022
Her Hakkı Saklıdır**

**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANA BİLİM DALI**

Çağlar TEKİN

**1980 SONRASI TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARI:
MERKEZİ YÖNETİM KAPSAMINDAKİ KAMU İDARELERİNİN
ENERJİ İHTİYACININ KARŞILANMASINDA ALTERNATİF
ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TEZ YÖNETİCİSİ
Dr. Öğr. Üyesi Özlem TOPÇUOĞLU**

ERZURUM-2022



TEZ BEYAN FORMU

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Uygulama Esaslarının ilgili maddelerine göre hazırlamış olduğum “1980 SONRASI TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARI: MERKEZİ YÖNETİM KAPSAMINDAKİ KAMU İDARELERİNİN ENERJİ İHTİYACININ KÂRŞILANMASINDA ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANILABİLİRLİĞİ” adlı tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kâğıt ve elektronik kopyalarının aşağıda belirttiğim koşullarda saklanması için verdiğimi onaylarım.

Gereğini bilgilerinize arz ederim *.

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- ☐ Tezimin/Raporumun makale için **altı ay**, patent için **iki yıl** süreyle erişiminin ertelenmesini istiyorum.

22/12/2022

Çağlar TEKİN

Aslı Islak İmzalıdır

*** LİSANSÜSTÜ TEZLERİN ELEKTRONİK ORTAMDA TOPLANMASI, DÜZENLENMESİ VE ERİŞİME AÇILMASINA İLİŞKİN YÖNERGE**

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Çeşitli ve Son Hükümler

Lisansüstü tezlerin erişime açılmasının ertelenmesi **MADDE 6– (1)** Lisansüstü teze ilgili **patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda**, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu **iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.**

(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz **makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış** ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile **altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.**

Gizlilik dereceli tezler MADDE 7– (1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.



SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

Graduate School of Social Sciences

TEZ KABUL TUTANAĞI

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Dr. Öğr. Üyesi Özlem TOPÇUOĞLU danışmanlığında, Çağlar TEKİN tarafından hazırlanan bu çalışma 22/12/2022 tarihinde aşağıda isimleri yazılı jüri tarafından İktisat Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Yusuf AKAN

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Serap BEDİR KARA

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Özlem TOPÇUOĞLU

İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Prof. Dr. Sait UYLAŞ

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	IV
ABSTRACT	V
KISALTMALAR DİZİNİ	VI
TABLolar DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
ÖNSÖZ.....	X
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1980 SONRASI TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKALARI

1.1. 1980 SONRASI HÜKÜMET PROGRAMLARINDA ENERJİ SEKTÖRÜ	4
1.1.1. 44. Hükümet Programı	5
1.1.2. 45. Hükümet Programı	5
1.1.3. 46. Hükümet Programı	6
1.1.4. 47. Hükümet Programı	6
1.1.5. 64. Hükümet Programı	6
1.1.6. 65. Hükümet Programı	7
1.2. KALKINMA PLANLARINDA ENERJİ SEKTÖRÜNE BAKIŞ	7
1.2.1. IV. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1979-1983)	8
1.2.2. V. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1985-1989).....	9
1.2.2. VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1990-1994)	9
1.2.3. VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000).....	10
1.2.4. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005).....	11
1.2.5. IX. Kalkınma Planı (2007-2013).....	11
1.2.6. X. Kalkınma Planı (2014-2018).....	13
1.2.7. XI. Kalkınma Planı (2019-2023).....	14
1.3. TÜRKİYE'NİN ALTERNATİF ENERJİ POTANSİYELİ	14
1.3.1. Rüzgâr Enerjisi	14
1.3.2. Güneş Enerjisi	19
1.3.3. Jeotermal Enerji.....	23
1.3.4. Hidroelektrik Enerji.....	28

1.3.5. Nükleer Enerji	31
1.3.5.1. Akkuyu Nükleer Güç Santrali	32
1.3.5.2. Sinop Nükleer Güç Santrali	34
1.3.6. Biyokütle Enerji	34

İKİNCİ BÖLÜM

MERKEZİ YÖNETİM BÜTÇESİ AÇISINDAN ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. RÜZGÂR ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ	40
2.1.1. Rüzgâr Türbin Çeşitleri	40
2.1.1.1. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri	40
2.1.1.2. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri	42
2.1.1.3. Eğik Eksenli Rüzgâr Türbinleri	44
2.1.2. Rüzgâr Enerji Santrali Maliyet Analizi	45
2.1.2.1. Sermaye Maliyetleri	45
2.1.2.2. İşletme Maliyetleri	46
2.1.2.3. Merkezi Yönetim Kapsamındaki Kamu İdareleri İçin Rüzgâr Enerji Santralinin Maliyet Analizi	46
2.2. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ	52
2.2.1. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretme Teknolojisi	52
2.2.1.1. Güneş Pili (Fotovoltaik–PV) Sistemleri	52
2.2.1.2. Yoğunlaştırıcı Güneş Sistemleri (CSP)	52
2.2.2. Güneş Enerji Santrali Maliyet Analizi	53
2.2.2.1. Sermaye Maliyetleri	54
2.2.2.2. İşletme Maliyetleri	54
2.2.2.3. Merkezi Yönetim Kapsamındaki Kamu İdareleri İçin Güneş Enerji Santralinin Maliyet Analizi	55

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ

3.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINA YÖNELİŞ NEDENLERİ ...	61
3.1.1. Enerji Arzının Sürekliliği	66

3.1.2. Sosyal ve Ekonomik Nedenler	66
3.1.3. Çevresel Nedenler	67
3.2. TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKASI.....	67
3.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI	68
 SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	70
KAYNAKÇA	76
ÖZGEÇMİŞ.....	83



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**1980 SONRASI TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKALARI: MERKEZİ
YÖNETİM KAPSAMINDAKİ KAMU İDARELERİNİN ENERJİ İHTİYACININ
KARŞILANMASINDA ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ
KULLANILABİLİRLİĞİ**

Çağlar TEKİN

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Özlem TOPÇUOĞLU

2022, 83 Sayfa

**Jüri: Dr. Öğr. Üyesi Özlem TOPÇUOĞLU (Danışman)
Prof. Dr. Yusuf AKAN
Doç. Dr. Serap BEDİR KARA**

Sanayileşme ile birlikte enerjiye olan ihtiyaç ve dolayısıyla talep artmakta ve talebin karşılanmasına yönelik alternatif enerji kaynakları belirlenmeye çalışılmaktadır. Ülkeler enerji temin edilecek kaynakları çoğaltmak ve fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmak amacıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarını sağlama ve kullanma konusunda çeşitli arayışlara yönelmişlerdir. Özellikle enerji kaynaklarını üretemeyen ve ithal eden ülkelerin ihtiyaçlarını karşılamak için farklı stratejiler belirlemesi gerekmektedir. Bu gereklilik dolayısıyla, enerji politikaları açısından yenilenebilir kaynakların kullanılabilir olması ülke ekonomisi açısından öncelik arz eden konuların başında gelmektedir.

Günümüzde yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar hız kazanmakta bu sayede dışa bağımlılığın azaltılması amaçlanmaktadır. Türkiye’de dışa bağımlılığın azaltılabilmesi için doğru hedefler belirlemek ve bu hedefler doğrultusunda bilinçli ve kararlı stratejilerin uygulanması gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak, çalışmada 1980 sonrası Türkiye’nin enerji politikaları ve yenilenebilir enerji kaynakları ele alınacak, kamu idarelerinin yenilenebilir enerji kullanımının ülke ekonomisine sağlayacağı fayda belirlenmeye çalışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Yenilenebilir Enerji, Enerji Politikaları, Türkiye

ABSTRACT**MASTER THESIS****ENERGY POLICIES IN TURKEY AFTER 1980: AVAILABILITY OF
ALTERNATIVE ENERGY SOURCES TO MEET THE ENERGY NEEDS OF
PUBLIC ADMINISTRATIONS UNDER CENTRAL GOVERNMENT****Çağlar TEKİN****Advisor: Assist. Prof. Dr. Özlem TOPÇUOĞLU****2022, 83 Pages****Jüri: Assist. Prof. Dr. Özlem TOPÇUOĞLU (Danışman)****Prof. Dr. Yusuf AKAN****Assoc. Prof. Dr. Serap BEDİR KARA**

With industrialization, the need for energy, and therefore the demand, increases and alternative energy sources are tried to be determined to meet the demand. In order to increase the sources of energy and reduce the dependence on fossil energy sources, countries have turned to various searches for providing and using renewable energy sources. In particular, countries that cannot produce and import energy resources need to determine different strategies to meet their needs. Due to this necessity, the availability of renewable resources in terms of energy policies is one of the priority issues in terms of the country's economy.

Today, investments in renewable energy are gaining momentum and it is aimed to reduce foreign dependency. In order to reduce foreign dependency in Turkey, it is necessary to set the right targets and implement conscious and determined strategies in line with these targets. For this purpose, in this study, Turkey's energy policies and renewable energy resources after 1980 will be discussed, and the benefit of the use of renewable energy by public administrations on the country's economy will be determined.

Keywords: Energy, Renewable Energy, Energy Policies, Turkey

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AEK	Atom Enerji Komitesi
AR-GE	Araştırma ve Geliştirme
BAE	Birleşik Arap Emirlikleri
BEPA	Biyokütle Potansiyel Atlası
DEK-TMK	Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
DYY	Doğrudan Yabancı Yatırımlar
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EİGM	Enerji İşletmeleri Genel Müdürlüğü
EPDK	Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GES	Güneş Enerji Santrali
GMKA	Güney Marmara Kalkınma Ajansı
HES	Hidroelektrik Santrali
IEA	Uluslararası Enerji Atlası
IHA	Uluslararası Hidroelektrik Birliği
IRENA	Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
JBIS	Jeotermal Bölge Isıtma Sistemi
JES	Jeotermal Enerji Sistemi
KUZKA	Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı
MEVKA	Mevlana Kalkınma Ajansı
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MİGEM	Maden İşleri Genel Müdürlüğü
MİLRES	Milli Rüzgâr Enerjisi Projesi
MTA	Maden Tetkik ve Arama
MTEP	Milyon Ton Eşdeğeri Petrol

MÜSİAD	Müstakil Sanayici ve İş adamları Derneği
NGS	Nükleer Güç Santrali
REPA	Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
REN21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
RES	Rüzgâr Enerji Santrali
RİTM	Rüzgâr Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi
SGB	Strateji Geliştirme Başkanlığı
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TANAP	Trans-Anadolu Doğalgaz Boru Hattı Projesi
TAP	Trans Adriatik Doğalgaz Boru Hattı Projesi
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEK	Türkiye Elektrik Kurumu
TEMSAN	Türkiye Elektromekanik Sanayi
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TETAŞ	Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
TL	Türk Lirası
TMMOB	Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TUREB	Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEKA	Yenilenebilir Enerji Kaynakları

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Türkiye'nin Rüzgâr Enerji Potansiyeli En Çok Olan İlleri.....	15
Tablo 1.2. Yıllar İtibarı ile Enerji Yatırımları İçindeki RES Oranı (%).....	18
Tablo 1.3. Türkiye'de Jeotermal ile Isıtılabilecek Potansiyel Yerleşim Birimleri.....	25
Tablo 1.4. Jeotermal Enerjinin Türkiye'de Kullanım Alanları	28
Tablo 1.5. Türkiye'nin Biyokütle Enerji Potansiyeli	35
Tablo 2.1. Kanat Çeşitlerine Göre Türbinlerin Karşılaştırılması	45
Tablo 2.2. 1 MW Kurulu Güce Sahip Rüzgâr Enerji Santrali İçin Sermaye Maliyeti ...	46
Tablo 2.3. Merkezi Yönetim Kapsamındaki Kamu İdarelerinin 2021 Yılı Elektrik İhtiyacının kWh Cinsinden İllere Göre Dağılımı	47
Tablo 2.4. İllerin İhtiyaç Duydukları Elektriği Karşılacak RES Kurulu Güç Miktarı.....	47
Tablo 2.5. İllerde Kurulacak RES'lerin Toplam Sermaye Maliyetleri	48
Tablo 2.6. İllerde Kurulacak RES'lerin Toplam İşletme Maliyetleri.....	48
Tablo 2.7. Rüzgâr Enerjisi İçin Kabul Edilen Parametreler	49
Tablo 2.8. Rüzgâr Enerji Santrali Kurulu Gücünün Nakit Akış Tablosu.....	50
Tablo 2.9. Rüzgâr Kurulu Gücünün Nakit Giriş ve Çıkışlarının Net Bugünkü Değerleri.....	51
Tablo 2.10. 1 MW Kurulu Güce Sahip Güneş Enerji Santrali İçin Sermaye Maliyeti ..	54
Tablo 2.11. 1 MW Kurulu Güce Sahip Güneş Enerji Santrali İçin Yıllık İşletme Maliyeti	55
Tablo 2.12. Merkezi Yönetim Kapsamındaki Kamu İdarelerinin 2021 Yılı Elektrik İhtiyacının kWh Cinsinden İllere Göre Dağılımı	56
Tablo 2.13. İllerin İhtiyaç Duydukları Elektriği Karşılacak GES Kurulu Güç Miktarı.....	56
Tablo 2.14. İllerde Kurulacak GES'lerin Toplam Sermaye Maliyetleri	56
Tablo 2.15. İllerde Kurulacak GES'lerin Toplam İşletme Maliyetleri	57
Tablo 2.16. Güneş Enerjisi İçin Kabul Edilen Parametreler	58
Tablo 2.17. Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücünün Nakit Akış Tablosu	59
Tablo 2.18. Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücünün Nakit Giriş ve Çıkışlarının Net Bugünkü Değerleri	60

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye'nin 50 Metre Yükseklikteki Ortalama Güç Yoğunluğu Dağılımı	15
Şekil 1.2. Türkiye'nin En Yüksek İşletmedeki RES'e Sahip İlleri	16
Şekil 1.3. Türkiye'nin Rüzgâr Enerjisine Dayalı Kurulu Gücünün Yıllara Göre Dağılımı.....	17
Şekil 1.4. İnşa Halindeki RES'lerin Bölgelere Göre Dağılımı	18
Şekil 1.5. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası	20
Şekil 1.6. Türkiye'nin Aylık Ortalama Işık Alma Gücü (kWh/m ²).....	20
Şekil 1.7. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneşlenme Süreleri (Saat).....	21
Şekil 1.8. Türkiye'de GES Kurulabilecek Alanlar	22
Şekil 1.9. Türkiye'nin GES Kurulu Gücü.....	23
Şekil 1.10. Türkiye'nin Jeotermal Kaynaklarının Dağılım Haritası	24
Şekil 1.11. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Santrali Kurulu Gücü ve Kurulu Güç İçindeki Oranı.....	27
Şekil 1.12. Türkiye Geneli Yıllık Alansal Yağışları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü	29
Şekil 1.13. Türkiye'nin Yıllar İtibari ile HES Kurulu Gücü, Kurulu Güç İçerisindeki Oranı.....	30
Şekil 1.14. Türkiye'nin Uranyum ve Toryum Yatakları	31
Şekil 1.15. Türkiye'de Biyokütle Kurulu Güç ve Kurulu Güç İçindeki Oranı.....	36
Şekil 2.1. Kanat Sayılarına Göre Rüzgâr Türbinleri.....	42
Şekil 2.2. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbin Çeşitleri	44
Şekil 2.3. Eğik Eksenli Rüzgâr Türbini	44

ÖNSÖZ

Lisansüstü çalışmalarımın her safhasında desteklerini benden esirgemeyen çok değerli danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özlem TOĞÇUOĞLU'na şükranlarımı sunarım. Tez çalışmam süresince desteğini esirgemeyen kıymetli eşim Öğr. Gör. Dr. Merve TAŞTAN TEKİN'e teşekkürü borç bilirim.

Çağlar TEKİN



GİRİŞ

Geçmişten bu yana enerji insanlık için en önemli kaynak olmuştur. Sanayi devriminden sonra enerjiye olan ihtiyaç sürekli artarak devam etmiştir. Özellikle hızla gelişen teknoloji ve artan makineleşme ülkeler arasındaki rekabetin daha farklı bir düzeye ulaşmasına sebep olmuştur ve devletler arasında enerji mücadelesini artırmıştır. Bu mücadelenin arka planında enerji kaynaklarını işlemek, üretmek ve dünya pazarına aktarmak asıl amaçtır. Enerji, her ülke için vazgeçilmez bir unsurdur. Özellikle, doğal gaz ve petrol artık her ülke için vazgeçilmez girdiler olup, stratejik öneme sahiptir. Petrol ve doğal gaz gibi kaynakların ileride tükeneceği endişesi, ülkeleri enerji güvenliği ile ilgili tedbirler almaya sevk etmiştir. Ülkemizde de enerjiye olan talebin hızlı bir şekilde arttığı gözlemlenmektedir. Yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelmek ve kaynaklardan daha fazla yararlanmak yoluyla enerji verimliliğini ve etkinliğini geliştirmek sektörde uygulanacak temel politikalar olarak görülmektedir.

Enerji büyümeye katkı sağladığı gibi bir ülkenin gelişmişliğinin de göstergesidir. Sosyal ve ekonomik gelişmenin en önemli unsurlarındandır. Gelişmiş ülkelerde enerji üretim ve tüketimi fazladır. Son dönemde Türkiye, dışa olan bağımlılığı azaltma ve kendi kaynaklarını daha verimli ve etkin kullanma yolundaki politikalarını ve yenilenebilir enerji yatırımları ile enerji alanındaki çalışmalarını sürdürmektedir. Sahip olduğu jeopolitik konum nedeniyle Asya ve Avrupa arasında köprü oluşturan Türkiye, enerji kaynaklarının Avrupa'ya taşınması açısından stratejik öneme sahip bir ülkedir. Bu durum enerji açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlar aynı zamanda sorumluluk getirmektedir. Türkiye, sahip olduğu yer altı ve yer üstü kaynaklarını daha verimli kullanmak ve alternatif politikalar geliştirmek zorundadır. Enerji ile ilgili konular, bir devlet politikası olarak ele alınıp değerlendirilmelidir. Yapılacak yatırımlar ülke ekonomisi açısından enerji ithalatının önüne geçecek ve ülke ekonomisine ciddi katkı sağlayacaktır.

Çalışmada 1980 sonrası Türkiye'de enerji politikaları ve merkezi yönetim kapsamındaki kamu idarelerinin enerji tüketiminin yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr ve güneş enerjisinden istifade edilerek karşılanması durumunda, yatırımın kendini amorti edip etmediği üzerinde durulmuştur. Birinci bölümde 1980 sonrası hükümet programları ve kalkınma planlarında enerji sektörüne yönelik gelişmeler ele

alınmış olup, Türkiye'nin alternatif enerji kaynakları hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde merkezi yönetim bütçesi açısından rüzgâr enerjisinin ve güneş enerjisinin sermaye ve işletme maliyetleri hesaplanarak yatırımların kendini amorti edip etmeyeceği üzerinde durulmuştur. Rüzgâr Enerji Potansiyel Atlasından elde alınan en fazla rüzgâr yoğunluğuna sahip 9 il ve Güneş Enerji Potansiyel Atlasından alınan en fazla güneş yoğunluğuna sahip 8 il üzerinden değerlendirme yapılmıştır. 1 MW Rüzgâr Enerji Santrali (RES) ve Güneş Enerji Santrali (GES) kurulumu için gerekli olan sermaye ve işletme maliyetleri belirlenirken, değerlendirmeye alınan illerin yıllık elektrik ihtiyaçları, güncel elektrik fiyatı ve 2021 döviz kuru esas alınarak hesaplanmıştır. Tezde kamu finansmanı esas alınacağından özel sektör yatırımları ve kamu dış borçlanması hesaplamalara dahil edilmemiştir. Üçüncü bölümde ise yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi, avantajları ve dezavantajları açıklanmıştır. Elde edilen veriler ışığında, özellikle son dönemlerde artan döviz kuru ve enflasyon nedeniyle yatırımların kendini amorti etme süresinin önceki dönemlere nazaran uzadığı belirlenmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1980 SONRASI TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKALARI

Başlarda ısı ve ışık gibi temel ihtiyaçları karşılamak için kullanılan enerji, zamanla şehirleşme, sanayileşme, teknolojik gelişmeyle birlikte yaşamın her alanında kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum insanoğlunun enerjiye olan ihtiyacını artırmaya başlamış ve artan enerji tüketimi, ülkelerin gelişmişlik seviyesini gösteren önemli bir araç haline gelmiştir. Artan enerji talebi, 20. yüzyılın başlarından beri çoğunlukla kömür, petrol, doğalgaz gibi yenilenemez enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Ancak her ülkenin enerjiye ihtiyaç duymasına rağmen, bazılarının kendi ihtiyaçlarını karşılayacak yenilenemez enerji kaynaklarına sahip olmaması, bu ülkelerin enerjide dışa bağımlı olmasına neden olarak, enerji arz güvenliği konusunu gündeme getirmektedir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülke yerli enerji kaynakları oluşturarak güvenli, kesintisiz ve sürdürülebilir enerji sağlamak amacıyla alternatif enerji kaynaklarını enerji portföylerine dahil etmeye başlamıştır. Böylece ülkeler siyasi istikrarsızlık, rezervlerin gelecekte tükenerek olması gibi enerji arz güvenliklerini tehdit edecek durumlara karşı önlem almaya çalışmaktadırlar.

Türkiye'nin ise alternatif enerji kaynaklarına olan ilgisi uzun yıllar öncesine dayanmasına rağmen, çeşitli nedenlerle istenilen seviyelere getirilememiştir. Son yıllarda alternatif enerji kaynaklarının ilk yatırım maliyetlerinin gelişen teknolojiyle birlikte düşmeye başlaması, 2005 yılında yenilenebilir enerji ile ilgili yasal mevzuatın düzenlenmesi, hükümet politikasında yerli enerjinin önem verilen konulardan biri olması gibi gelişmeler sayesinde, Türkiye alternatif enerji sektöründe önemli atılımlar yapmaya başlamıştır.

1980'lerin başından bu yana Türkiye'de enerji sektöründe başlıca iki tartışmalı yaklaşım bulunmaktadır: Bunlardan ilki serbest piyasa yapısı ile devletin enerji yönetimi ve yatırımlarındaki geniş rolünü savunan yaklaşımdır (Özdemir, H., 2013). Bu yaklaşımın arkasındaki düşünce, petrol, elektrik, doğalgaz sektörleri için serbest ve sınırı olmayan piyasa yapısının faydalı sonuçlarını elde etme arzusudur. Bu yaklaşımın savunucuları, rekabetçi piyasa yapısı ile enerji sektöründe fiyat istikrarını koruyabilecek ve dolayısıyla sürdürülebilir kalkınma sağlanabilecektir. Hatta, bu yeni yapının devletin kıt kaynakları

daha etkin bir şekilde tahsis etmesini sağlayacağını düşünmektedirler. Bu söylem, ekonomik istikrarın artırılarak doğrudan yabancı yatırımlar (DYY) ve özelleştirmelerle zenginleştirilebilmesi için devletin "elinden çekilmesi" gerektiğini savunmaktadır. Diğer yaklaşımda "devletin kapsamlı rolü"nü savunanlar, devletin ön planda olmasını, enerji sektöründeki yatırımların tek başına özel sektöre bırakılamayacağını, kamusal girişimciliği teşvik etmeye çalışmaktadırlar (Koç, E., 2013). Bu nedenle, bu yaklaşımın temel unsuru, devlet denetimi ve aşırı özelleştirmelerin neo-liberal ekonomik yaklaşım vasıtasıyla terk edilmesini speküle ettiği yönündedir. Enerji sektöründeki serbest piyasa yapısının kamu memnuniyetini ve refah düzeyini artıracığı iddiasına karşı çıkmaktadır. Çünkü bu tür bir özelleştirme özel şirketler için fazla kar marjı sağlamakta, devletin ortak kural ve görevlerini kaldırmaktadır (Demir, M., 2013). 1980'lerden bu yana Türkiye'nin enerji politikalarını tartışırken, değişen küresel ekonomik, sosyal ve politik eğilimlerin farkında olunmalı ve küreselleşmenin devletlerin uluslararası sistem üzerindeki etkilerinin anlaşılması gerekmektedir (Durmaz, A., 2009).

Uluslararası petrol piyasasında yaşanan anormallikler ve Türkiye ekonomisindeki durgunluk, Türk yöneticilerin, 1980'de yürürlüğe giren 24 Ocak Kararları ile kamu sektöründeki liberalizasyonla "İhracata Dayalı Ekonomik Politika" kararlarının alınmasına neden olmuştur. 1980'lerin başında serbest piyasa rejimine dayalı anlayışın benimsenmesi, Türkiye'de yabancı ve özel sermayeyi teşvik etmiştir. Daha liberal politikaların uygulanmasından kaynaklı özel sektör yatırımları enerji sektöründe kendine yatırım alanı bulmuştur (Gelgeç, A., 2018).

1.1. 1980 SONRASI HÜKÜMET PROGRAMLARINDA ENERJİ SEKTÖRÜ

1980 sonrası Türkiye'nin enerji politikalarını incelerken hükümet programlarına bakmak, enerji ve enerji güvenliğine bakışın ne şekilde değiştiğinin görülmesini sağlayacaktır. Hükümet Programları, hükümetlerin tarihsel süreç içerisinde enerji ile ilgili temel sorunları görmeleri ve bu sorunlara nasıl yaklaştıklarını göstermesi bakımından önemlidir.

1980 sonrasında kurulan ilk sivil hükümetten günümüze kadar ki kurulan hükümetler döneminde enerji öncelikli olarak hükümet programlarında yer almıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımların artırılması ve yasal

mevzuatın bu yönde düzenlenmesi esas alınmıştır. Hükümet programlarında artan nüfusa ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak enerji ihtiyacının karşılanmasında nükleer enerji santralleri kurulmasına yönelik kararların alındığı görülmektedir. Seçilen hükümet programları, tezin konusuna uygun olması açısından 1980 sonrası ilk dönem hükümet programları ve son dönem hükümet programları olarak belirlenmiştir.

1.1.1. 44. Hükümet Programı

44. Hükümet, 1980 Askeri Darbesi sonrasında Bülent Ulusu' nun başbakanlığında 21 Eylül 1980/13 Aralık 1983 tarihleri arasında görevde bulunmuştur. Hükümet Programı incelendiğinde enerji ile ilgili olarak;

“Enerji yetersizliği bütün ülkelerin olduğu gibi Türkiye'mizin de önde gelen sorunlarından biridir. Ülkemiz petrol ihtiyacının büyük bir kısmını dost ve komşu ülkelerden karşılanmasına çalışmakla beraber bilinen petrol kaynaklarının geliştirilmesi ve yeni rezervlerin araştırılması hükümetimizin önde gelen gayretlerinden birini teşkil edecektir. Türkiye'mizde önemli su kaynaklarının bulunması yurdumuz için büyük bir talihtir. Bu kaynaklardan enerji üretimi, sulama ve diğer ihtiyaçlar için yararlanmak üzere programlanmış büyük altyapı projelerinin gecikmeden gerçekleştirilmesine gayret edilecektir” (https://www.tbmm.gov.tr/yayinlar/hukumetler/hukumetler_cilt_1.pdf) ifadeleri kullanılmıştır.

1.1.2. 45. Hükümet Programı

12 Eylül 1980 tarihinde gerçekleştirilen darbe sonrasında ilk sivil hükümet, 13 Aralık 1983 tarihinde Turgut Özal'ın Başbakanlığında kurulmuştur ve 21 Aralık 1987 tarihine kadar devam etmiştir. 45. Hükümet Programında;

“Bütün milletin istifadesine açık olabilecek orman, su, maden, enerji gibi sahalar devletin varlığı olarak düşünülmalıdır. Bahis konusu tabii kaynakların mülkiyeti devlet tasarrufunda olmakla beraber, geliştirme ve işletme hakları devletin koyacağı esaslar içinde fertlere veya fertlerin bir arada kuracağı teşebbüslere bırakılabilir. Enerji ve maden konularında gelişmenin hızlanması için fertlere ve fertlerin meydana getireceği kuruluşlara, devletin tespit edeceği esaslar dahilinde yatırım ve işletme hakkı verilmesi ve yabancı sermaye yatırımlarının teşviki için karşılıklı menfaatleri dengeleyen, güven

verici ve istikrarlı bir ortamın tesisine ağırlık verileceği” ifade edilmiştir (<https://www.tbmm.gov.tr/hukümetler/HP46.htm>). Enerji konusunda da özel sektörün destekleneceği ve özel sektördeki yatırımcılara imkân tanınacağı ifade edilmiştir. Ayrıca yabancı sermaye yatırımlarının teşvik edileceği de belirtilmiştir.

1.1.3. 46. Hükümet Programı

İkinci Turgut Özal Hükümeti 21 Aralık 1987 yılında kurulmuş ve 9 Kasım 1989 tarihine kadar devam etmiştir. Hükümet Programında, “doğalgaz projelerine de önem verilmesi” planlanmıştır (<https://www.tbmm.gov.tr/hukümetler/HP46.htm>). Elektrik enerjisi üretimini arttırmak doğrultusunda bir politika izlenmesi kararlaştırılmıştır. 46. Hükümet, daha önceki dönemlerde Türkiye’nin komşu ülkelerden elektrik aldığını, kendi Hükümetleri döneminde ise Türkiye’nin elektrik satma noktasına geldiğini ifade etmiştir.

1.1.4. 47. Hükümet Programı

47. Hükümet Yıldırım Akbulut’un başkanlığında 9 Kasım 1989 tarihinde kurulmuş ve 23 Haziran 1991 tarihine kadar devam etmiştir. 47. Hükümet Programında enerji ile alakalı 45 ve 46. Hükümet Programlarında yer alan ifadeler benzer bir şekilde geçmektedir.

1.1.5. 64. Hükümet Programı

64. Hükümet Prof. Dr. Ahmet Davutoğlu tarafından kurulmuştur. Hükümet Programında enerji ile alakalı bölümler şöyledir: *“Hızla kalkınan bir ülke olarak mevcut enerji kaynaklarımız, ülkemizin ihtiyacını karşılayacak düzeyde değildir. Bu alanda arz güvenliğinin sağlanması için bir taraftan yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının harekete geçirilmesi, diğer taraftan enerji verimliliğinin artırılması temel hedeflerimizdendir. Ayrıca, yurtdışı enerji kaynaklarının uzun vadeli ve sürdürülebilir bir zeminde sağlanabilmesi için gerekli faaliyetler gerçekleştirilecektir. Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarımızı mümkün olan en üst düzeyde değerlendirmeyi ve nükleer teknolojiyi elektrik üretiminde kullanmayı öngörmekteyiz. Enerjinin israf edilmemesi ve çevresel etkilerinin asgariye indirilmesi ile ülkemizin uluslararası enerji ticaretinde stratejik konumunu güçlendiren rekabetçi bir enerji sistemine ulaşılması temel amacımızdır.*

Nükleer enerjide somut adımlar atarak 4.800 MW gücünde Akkuyu'da ve 4.480 MW gücünde Sinop'ta olmak üzere 2 adet nükleer santralin yapılması için anlaşmayı imzaladık. Bu iki santrale ek olarak görüşmelerini yürüttüğümüz 3. santralin yapımına bu dönemde başlayacağız. Tüm illerde konut sektörüne doğal gaz iletiminin tamamlanmasını planlamaktayız. Azerbaycan ile hükûmetler arası anlaşmayla imzaladığımız, Trans-Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP) Projesi'ni bu dönemde hayata geçireceğiz. Trans Adriatik Doğal Gaz Boru Hattı Projesi'yle (TAP) doğalgazın Yunanistan ve Arnavutluk üzerinden İtalya'ya ulaşması, Irak-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı Projesi'yle de Türkiye ve Avrupa için gaz alışı gerçekleşmesi hedeflenmektedir. Enerji arz güvenliğimizin sağlanması ve ülkemizin Doğu-Batı ve Kuzey-Güney eksenlerinde, üretici ve tüketici ülkeler arasında güvenilir bir enerji merkezi olması yönündeki çabalarımızı sürdürmekteyiz. İstikrarlı bir şekilde artan enerji talebimizi karşılarken, enerji nakil güzergâhları ve kaynak ülke çeşitlendirmesi hedefimiz doğrultusunda önemli projeler hayata geçirmektediriz. Ayrıca, yenilenebilir enerjinin payını artırarak ve nükleer enerji sepetimize ekleyerek çeşitlendirmeliyiz” (https://www.aa.com.tr/uploads/TempUserFiles/64.hukumet_programi.pdf).

1.1.6. 65. Hükümet Programı

65. Hükümet, 24 Mayıs 2016 tarihinde Binali Yıldırım tarafından kurulmuştur. 65. hükümetin cumhurbaşkanlığı yeni hükümet sistemi ile görevi sona ermiştir. Hükümet Programı incelendiğinde bir önceki Hükümet Programı ile büyük oranda benzerlik taşıdığı tespit edilmiştir. Şu an 66. Hükümet göreve devam etmektedir.

1.2. KALKINMA PLANLARINDA ENERJİ SEKTÖRÜNE BAKIŞ

1961 Anayasasında kalkınmanın programlar şeklinde yapılması hükmünün yer alması bu dönemde beşer yıllık kalkınma planları yapılmasına neden olmuştur. Kalkınma planlarında ithal ikame politikası çerçevesinde ekonomik hedefler konulmuştur. Devletçiliğin ekonomide ön planda olduğu bu dönemde, diğer sektörlerde olduğu gibi enerji sektöründe de etkili olan ekonomi politikası olmuştur.

Türkiye’de kalkınma planları 1963 yılında kurulan Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) eliyle hazırlanmış ve bu planlarda Türkiye için kalkınma hedefleri belirlenmiştir.

Türkiye'nin en önemli ulusal strateji belgeleri olan kalkınma planları sayesinde; ülkenin ekonomik olarak nasıl büyüyeceği, hangi sektörde ne gibi politikaların izleneceği belirlenmiştir. Bu bölümde enerji konusu ile ilgili hazırlanan planlarda enerjinin nasıl ele alındığı ve enerjideki hedeflerin neler olduğu üzerinde durulmuştur.

1.2.1. IV. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1979-1983)

Bu dönemde ülkenin ekonomik ve toplumsal gelişim açısından ciddi sorunlarla karşılaştığı söylenebilmektedir. Nüfus artışı, sanayinin belli merkezlerde toplanması, hızlı kentleşmenin yarattığı sorunlar sosyo-ekonomik problemlere yol açmış ve kent içleriyle birlikte bölgeler arası dengesizlikler oluşmuştur.

Plan döneminde, önceki dönemlerde büyük boyutlara ulaşan petrol talebinin mümkün mertebe azaltılarak ülkenin kalkınmasının darboğaza girmemesi amaçlanmıştır. Ayrıca ülkedeki petrol aramalarının hızlandırılması ve alternatif enerji kaynaklarından yararlanılmasının önemi vurgulanmıştır. Plan dönemi içinde oluşabilecek enerji açığını kapatmak için en önemli kaynak olarak linyit görülmüştür. Bu yüzden plan döneminde linyit üretiminin artırılması hedeflenmiştir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 1979).

Ülkedeki nükleer enerji rezervlerinin araştırması yapılarak, kurulması düşünülen nükleer enerji santrallerinin hammadde ihtiyaçlarının ulusal kaynaklar ile karşılanması hedeflenmiştir. Ayrıca nükleer teknolojiyi geliştirmek için ilgili kurumlar arasında eşgüdüm sağlanarak teknoloji çalışmalarına hız verilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, biri Mersin'de diğeri Sinop'ta olmak üzere iki adet nükleer enerji santrali için çalışmalar yapılması öngörülmüştür. Ancak nükleer enerji denemeleri başarısızlıkla sonuçlanmış, öngörülen hedefe ulaşamamıştır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 1979).

1984 yılında Türkiye Elektrik Kurumunun (TEK) elektrik sektöründeki tekeli kaldırılmış, özel sektörün elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı ve ticaretini yapabilmesinin önü açılmıştır. Ayrıca TEK, Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. ile Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. olarak ikiye bölünerek iki ayrı iktisadi devlet teşekkülüne dönüşmüştür. Böylece özel sektörün de elektrik üretimini, iletimini, dağıtımını ve ticaretini yapabilmesinin önü açılmıştır. Enerji yatırımlarında darboğazın aşılması için yap-işlet-devret modeli getirilmiş ve buna ek olarak enerji dışı amaçlar için oluşturulmuş özel mali fonlardan yararlanma imkânı sağlanmıştır (<https://www.musiad.org.tr/>, 1996).

1.2.2. V. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1985-1989)

Plan döneminde çevre konusundaki yaklaşım önceki dönemlere göre değişmiştir. Bu dönemdeki yaklaşım, mevcut kirliliğin veya muhtemel kirliliğin önlenmesi olmayıp kaynakların gelecek nesillere aktarılmasını sağlayarak sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi olmuştur (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Enerji sektörünün ekonomik gelişmeyi destekleyici yapıya kavuşturulması, planın ana hedeflerinden biridir. Bu dönemde enerji ve elektrik tüketiminde hızlı artışlar olacağı beklenmiştir. Artan talebin, yeterli ve güvenilir bir biçimde karşılanması için enerji yatırımlarına ağırlık verilmesi düşünülmüştür. Söz konusu yatırımların ise kamu kaynakları dışından sağlanması amaçlanmış ve özel sektör ile yabancı sermaye girişimlerinin desteklenmesi planlanmıştır. Yatırımların kısa vadede ülkenin zengin enerji kaynağı olan linyitle, orta ve uzun dönemde ise hidroelektrik enerji potansiyeli ile karşılanması hedeflenmiştir. Ayrıca enerji üretiminin artırılmasında güvenilir ve ucuz enerji kaynaklarına öncelik verilirken özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından kısa vadede yararlanmak için gerekli girişimlerin desteklenmesi planlanmıştır (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Kalkınma Planı, enerji sektörü alanında en geniş bir şekilde hazırlanmış olmasına rağmen başarılı olmamıştır. Üçüncü plan döneminde 892 MWh elektrik enerjisinde kısıntı ve kesintisi yapılmışken, bu plan döneminde her yıl 7.452 46 MWh'lik enerji kesinti ve kısıntısı yapılması ekonomiyi ve sosyal hayatı büyük ölçüde etkilemiştir. Sektördeki gelişmelerin hızlandırılması amacıyla 2705 sayılı kanun çıkarılmış, bu kanunla özel sektöre üretim tesisi kurma yetkisi verilmiştir (<https://www.musiad.org.tr/>, 1996).

1.2.2. VI. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1990-1994)

Planının temel amaçlarından biri, ekonomik ve sosyal kalkınmanın sağlanabilmesi için bütün kullanıcıların enerji ihtiyacının yerinde, zamanında ve güvenilir bir şekilde karşılanmasını sağlamaktır. Bunun için sektörde yerli ve yabancı kaynakların birlikte kullanımı sağlanarak imkânların en üst seviyede değerlendirilmesinin önemi üzerinde durulmuştur. Bu politikada yerli kaynaklar daha fazla önemsenmiş, ancak bu kaynakların

yetersiz ve düşük kaliteli olması nedeniyle yüksek kaliteli ithal kaynakların artışının devam edeceği öngörülmüştür (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Doğalgaz kullanımının ekonomik kriterler göz önüne alınarak yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Doğalgazın yeni kullanım alanlarının yanı sıra ısınma, enerji ve sanayi sektörlerinde petrol ve linyite ikame olması önemsenmiştir. Ayrıca hidroelektrik enerji başta olmak üzere güneş ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları ile nükleer enerjiden büyük oranda yararlanılması hedeflenmiştir (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>). Tüm bunlar arz güvenliği için kaynak çeşitliliğinin artırılmasının önemsendiğini göstermektedir.

Elektrik sektöründe yürütülen faaliyetlerde maliyetleri düşürmek için enerji tasarrufu sağlayacak projelerin destekleneceği ve teşvik edileceği vurgulanmıştır. Buna ek olarak elektrik santrallerinin kapasitesinden daha fazla yararlanmak için yabancı ülkelerle elektrik alışverişinin artırılması da planda yer alan hedeflerden biri olmuştur. Bu hedeflere ulaşmak adına kamu ve özel sektörün bir arada faaliyetlerini yürüteceği yeni bir yapılanmaya gidilmesi planlanmıştır (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

1.2.3. VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000)

Planda, enerji sektöründe doğal kaynakların azalması, maliyetlerde beklenen artışlar ve enerji talebindeki büyümeler göz önüne alınarak, uzun dönemde güvenilir ve ucuz enerji arz sisteminin kurulmasının gerekliliği üzerinde durulmuştur. Bunun için yurt içi kaynakların üretimindeki ve tüketimindeki paylarını artıracak projelere ağırlık verilecek, ürün ve kaynak ülke bazında çeşitlendirmeye gidilecektir (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Enerji kaynaklarını çeşitlendirmek ve yerli üretimi artırmak için madencilik yatırımlarının artırılması, yenilenebilir enerjinin kullanımının yaygınlaştırılması ve nükleer enerjinin kısa sürede ülkeye transferinin sağlanması, jeotermal kaynaklardan en iyi şekilde yararlanmak için bu alandaki yasal boşluğun giderilmesi gibi konularının üzerinde durulacağı vurgulanmıştır.

Türkiye'deki enerji tüketimi için yapılan bir varsayıma göre 2000 yılında Türkiye'deki elektrik tüketiminin 120-130 bin GWh olması öngörülmüştür. Planın yapıldığı dönemdeki tüketimin 83.600 GWh olduğu ve yılda ortalama %8'lik artışla plan

dönemi sonunda 122.000 GWh olacağı hesaplanmıştır. Artan bu talebe cevap verebilmek ve %13'lük yedek oluşturmak için plan döneminde toplam kurulu güce 6.650 MW'lık ilave yapılarak üretim kapasitesinin 138.000 GWh'e çıkarılması hedeflenmiştir (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

1.2.4. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005)

Planda, Türkiye'deki hızla artan nüfus, sanayileşme, kentleşme ve teknolojinin gelişmesi gibi etkenlerin enerji talebini hızlı bir şekilde artırması ele alınan önemli konulardan biri olmuştur. Artan enerji talebine cevap verebilmek için santrallerin kurulu gücünün artırılması gerektiği vurgulanmıştır. Ancak bu gerekliliğin kamu finansman kaynaklarıyla sağlanmaması için sektördeki piyasa şartlarının gözden geçirilip özel sektörün payını artıracak düzenlemelerin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Bu düzenlemeler yapılırken daha önceki dönemlerde yapılan ve kamuya yük getiren hataların yapılmaması için gerekli tedbirlerin alınması da önemli ilkelere biri olmuştur (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Enerji sektöründe yürütülen bütün faaliyet alanlarında, kaynakları en verimli şekilde kullandıran ve havayı daha az kirleten teknolojilere ağırlık verileceği belirtilmiştir. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması için tedbirler alınması ve havayı kirletmeyen enerji kaynaklarından biri olan nükleer enerjinin kullanıma geçirilmesi planda ele alınan önemli konulardan biri olmuştur (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Öte yandan, Türkiye'nin gelişmiş ülkelere kıyasla çok yüksek enerji potansiyel yoğunluğu olduğu ve enerji tasarrufu sağlanabilmesi için yeterli yöntem ve politikaların uygulamaya geçirilemediği vurgulanmıştır. Ayrıca ülkenin doğusunda bulunan illerdeki kayıp ve kaçakların çok ciddi miktarlara ulaştığı, bu durumun elektrik sektörünü ve kurumları ciddi şekilde etkilediği planda ele alınan bir diğer önemli konu olmuştur (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

1.2.5. IX. Kalkınma Planı (2007-2013)

Planda, ekonomik kalkınma ve sosyal gelişme için önemli olan enerjinin, arz güvenliğini ve en az maliyetle teminini sağlamak temel amaç olmuştur.

Ancak bunu yaparken çevreye zararının asgari seviyelerde olmasına ve üretimden nihai tüketiciye gidene kadar bütün aşamalarda verimliliğin sağlanmasına dikkat edileceği belirtilmiştir. Arz güvenliğinin sağlanması için enerji kaynaklarında çeşitlendirmeye gidilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda özellikle yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji üretimi içindeki payının azami ölçüde artırılması hedeflenen öncelikli alan olmuştur (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Enerji sektöründe kamu sektörünün payının azaltılmaya devam edileceği ve sektörün serbestleştirileceği vurgulanmıştır. Söz konusu serbestleşmeyi sağlamak için kamunun iletimi sağlama dışında doğalgaz ve elektrik sektöründe yer almaması, yatırımcı rolünden arınarak gerekli yatırımların rekabetçi bir piyasa ortamında özel sektör tarafından yapılması planlanmıştır. Böylece kamunun sektörde düzenleyici konumu güçlenecek ve enerji arz güvenliği sağlanacaktır (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Plan dönemi sonunda enerji alanında ulaşılmak istenen hedefler belirlenmiştir. Bu hedefler;

- 96,56 MTEP olan birincil enerji talebinin 147,4 MTEP seviyesine ulaşması,
- Elektrik enerji talebinin 171.450 GWh seviyesinden 295.500 GWh seviyesine ulaşması,
- Doğalgazın toplam enerji tüketimi içindeki payının %28'den %34'e yükselmesi,
- Petrol ürünlerinin toplam tüketimdeki payının %37'den %31'e düşürülmesi olarak sayılabilir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2006).

Bu çerçevede, enerji arzının sağlanmasına yönelik olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi için teşvikler verilmiş, kömür üretim alanları özel sektöre açılmış, Rusya Federasyonu ile 4.800 MW Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS) yapılması için anlaşmıştır. Japonya ile Sinop'ta 4.480 MW güce sahip ikinci bir NGS için imzalar atılmıştır. Afşin-Elbistan linyit yataklarının elektrik üretiminde değerlendirilmesi için Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) ile ikili iş birliği anlaşması imzalanmış, Tuz Gölü Doğal Gaz Yeraltı Depolama Projesinin yapımına başlanmış, Azerbaycan ile Trans-Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP) projesinin gerçekleştirilmesine yönelik hükümetler arası ikili anlaşma imzalanmıştır (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

1.2.6. X. Kalkınma Planı (2014-2018)

Plan döneminde uygulanan politika ile enerji sektöründe özel sektörün payı artırılmaya devam edilerek kamunun yalnızca sektörde düzenleyici ve denetleyici rolünde kalmasını sağlayacak adımların atılması hedeflenmiştir. Bunun için de kamunun elinde bulunan üretim tesislerinin önemli bir bölümü ile dağıtım tesislerinin tamamının özelleştirilmesi planlanmıştır (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Birincil enerji kaynaklarında çeşitlendirmeye ve kaynak ülke farklılaştırılmaya gidilmesi ile yerli ve yenilenebilir enerjiden azami düzeyde yararlanılması planda yer alan politika hedefleri olmuştur. Böylece hem enerji arz güvenliği sağlanmış olacak hem de yerli enerji kaynaklarının payı artırılmış olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları artırılırken ise sistem güvenliğini korumak için bunların şebekeye entegrasyonu amacıyla yatırımlar gerçekleştirilecektir (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Diğer taraftan, IX. Kalkınma planı döneminde ihalesi yapılan Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin onuncu plan dönemi sonunda büyük oranda tamamlanması öngörülmüştür. Yine dokuzuncu plan döneminde ihalesi yapılan Sinop NGS'nin de onuncu plan döneminde inşasına başlanması öngörülmüştür. Ayrıca plan döneminde 5.000 MW'lık kurulu güce sahip olması planlanan üçüncü nükleer santralin kurulması için fizibilite çalışmalarının yapılması hedeflenmiştir. Bunlar yapılırken kamuoyunun bilinçlendirilmesi ve şeffaflık hususlarına dikkat edilmesi önemle vurgulanmaktadır (<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>).

Akkuyu Nükleer Anonim Şirketi'nin (AŞ) 28 Şubat 2017 tarihinde EPDK'ya yaptığı başvurusu, 15 Haziran 2017 tarihinde onaylanarak şirkete 15 Haziran 2066 yılına kadar (49 yıl) geçerli olmak üzere elektrik üretim lisansı verilmiştir. Gerekli olan diğer izinlerin de alınması ile santral için inşaat çalışmalarının 2018 Mart ayında başlaması beklenmektedir (Akkuyu Nükleer A.Ş., 2017).

Sinop Nükleer Güç Santrali projesi için yürütülen fizibilite çalışmalarının 2018 yılı sonuna kadar süreceği öngörülmektedir (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu [TAEK], 2017).

1.2.7. XI. Kalkınma Planı (2019-2023)

Enerji arzının kaliteli, sürekli, sürdürülebilir, güvenli ve katlanılabilir maliyetlerle sağlanması temel amaçtır. Artan enerji talabının karşılanabilmesi için rekabete dayalı yatırım ortamı geliştirilecek ve mali açıdan güçlü, öngörülebilir, şeffaf ve tüketicinin korunduğu bir enerji piyasası bu planda gözetilecektir. Orta ve uzun vadeli enerji arz-talep planlamaları yapılarak, enerji piyasalarında rekabeti tesisi edecek şekilde maliyet bazlı fiyatlandırma politikası benimsenecektir. Talep tarafı katılımının sağlanmasına yönelik piyasa altyapısı oluşturulacaktır. Kamu tarafından işletilen santrallerin rehabilitasyonları tamamlanacaktır.

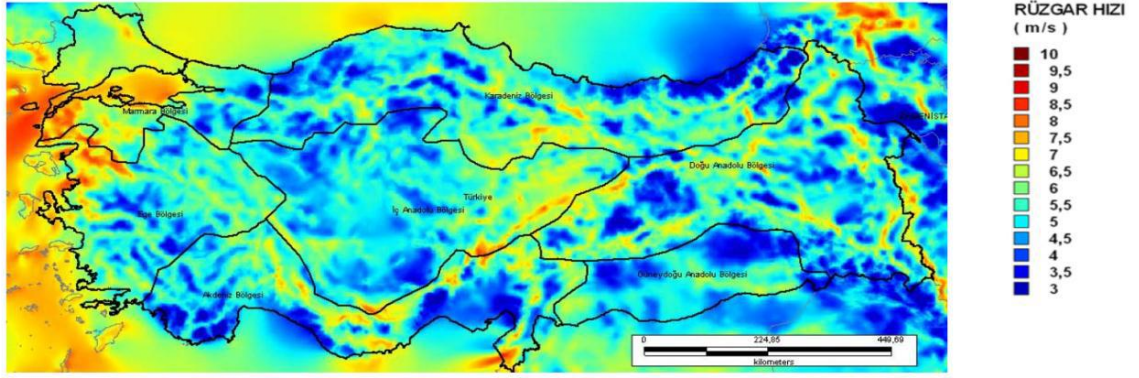
Artan enerji tüketiminden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimine daha fazla önem verilecektir. Ayrıca elektriğin depolanması için gerekli alt yapı yatırımları tesis edilecektir. Yenilenebilir enerji üretim tesislerinin şebekeye entegrasyonu ve buna ilişkin teknik yardım projeleri hayata geçirilecektir (<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf>).

1.3. TÜRKİYE’NİN ALTERNATİF ENERJİ POTANSİYELİ

Türkiye’nin sahip olduğu rüzgâr, güneş, jeotermal, nükleer, hidroelektrik ve biyokütle gibi alternatif enerji kaynaklarının potansiyeli ve kurulu gücü bu bölümde incelenmektedir.

1.3.1. Rüzgâr Enerjisi

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından kıyılarda ve karalarda ölçümler yapılarak, Türkiye’nin rüzgâr enerji potansiyelini belirlemek amacıyla Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası (REPA) hazırlanmıştır. REPA, yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometre başına 5 MW gücünde rüzgâr enerji santrali kurulabileceği varsayımıyla, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ile mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak rüzgâr kaynak bilgilerinin sağlanması için hazırlanmıştır. REPA’ya göre Türkiye’nin toplam rüzgâr enerji potansiyeli 48.000 MW olarak hesaplanmıştır (ETKB, 2017). Ayrıca REPA yardımı ile yatırımcılar yapacakları rüzgâr enerji santrali yatırımları için aşağıdaki verileri de elde etmektedir.



Şekil 1.1. Türkiye'nin 50 Metre Yükseklikteki Ortalama Güç Yoğunluğu Dağılımı (Çalışkan, M., 2011)

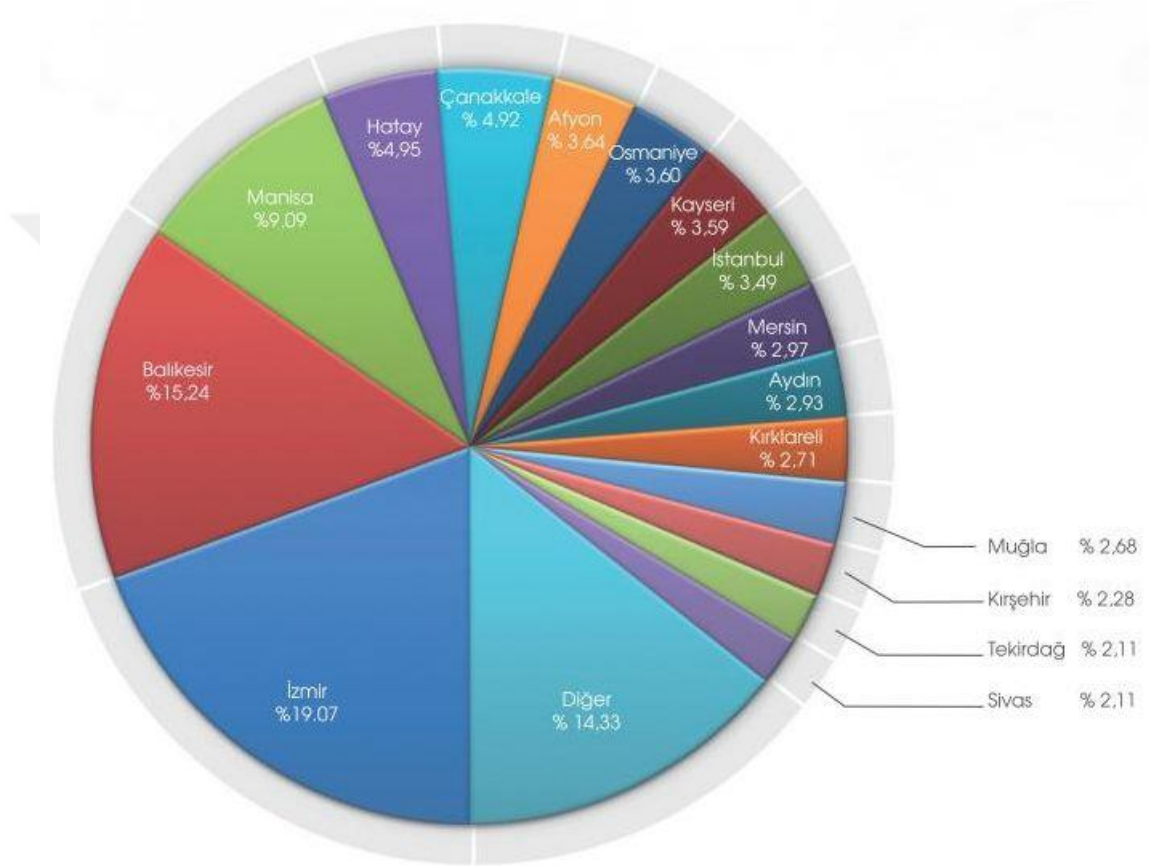
- 30, 50, 70 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik, aylık ve günlük rüzgâr hız ortalamaları,
- 50 ve 100 m yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgâr güç yoğunlukları,
- Referans bir rüzgâr türbini için 50 m yükseklikteki yıllık kapasite faktörü,
- 50 m yükseklikteki yıllık rüzgâr sınıfları,
- 2 ve 50 m yüksekliklerdeki aylık sıcaklık değerleri,
- Deniz seviyesinde ve 50 m yüksekliklerdeki aylık basınç değerleri öğrenilebilmektedir (Çalışkan, M., 2011).

REPA'dan alınan verilere göre Türkiye'nin rüzgâr enerjisi teknik potansiyeli en çok olan iller Tablo 1.1'de sırasıyla yer almaktadır. Türkiye'nin işletmedeki rüzgâr enerji santrallerinin en çok üretim yapıldığı illere göre dağılımı ise Şekil 1.2'de gösterilmektedir.

Tablo 1.1. Türkiye'nin Rüzgâr Enerji Potansiyeli En Çok Olan İlleri (YEGM, 2022)

50 m'de Rüzgar Gücü (W/m ²)	50 m'de Rüzgar Hızı (m/s)	Rüzgar Enerjisi Teknik Potansiyelleri								
		Balıkesir	Çanakkale	İzmir	Manisa	Muğla	Tekirdağ	İstanbul	Bursa	Mersin
300 - 400	6.8 - 7.5	7.557,12	4.318,48	4.665,44	2.371,76	4.519,36	4.423,04	4.164,56	3.418,00	1.702,80
400 - 500	7.5 - 8.1	4.254,80	4.014,96	4.341,52	1.507,84	650,96	203,6	12,4	426,08	959,68
500 - 600	8.1 - 8.6	1.422,56	3.805,44	1.588,40	969,28	0,64	0	0	26,16	693,04
600 - 800	8.6 - 9.5	576,16	873,68	1.258,88	453,44	0	0	0	11,44	175,68
> 800	> 9.5	16,72	0	0,08	0	0	0	0	0	0
Toplam		13.827,36	13.012,56	11.854,32	5.302,32	5.170,96	4.626,64	4.176,96	3.881,68	3.531,20

Tablo 1.1'e göre rüzgâr enerji potansiyeli en yüksek olan il Balıkesir olurken onu yakın potansiyele sahip Çanakkale ve İzmir takip etmektedir. Ancak Şekil 1.2 incelendiğinde işletmede bulunan RES'ler bakımından İzmir'in ilk sırada olduğu görülmekte olup, bu ili Balıkesir ve Manisa izlemektedir. Çanakkale'nin ise potansiyelinin çok gerisinde RES'e sahip olduğu görülmektedir.

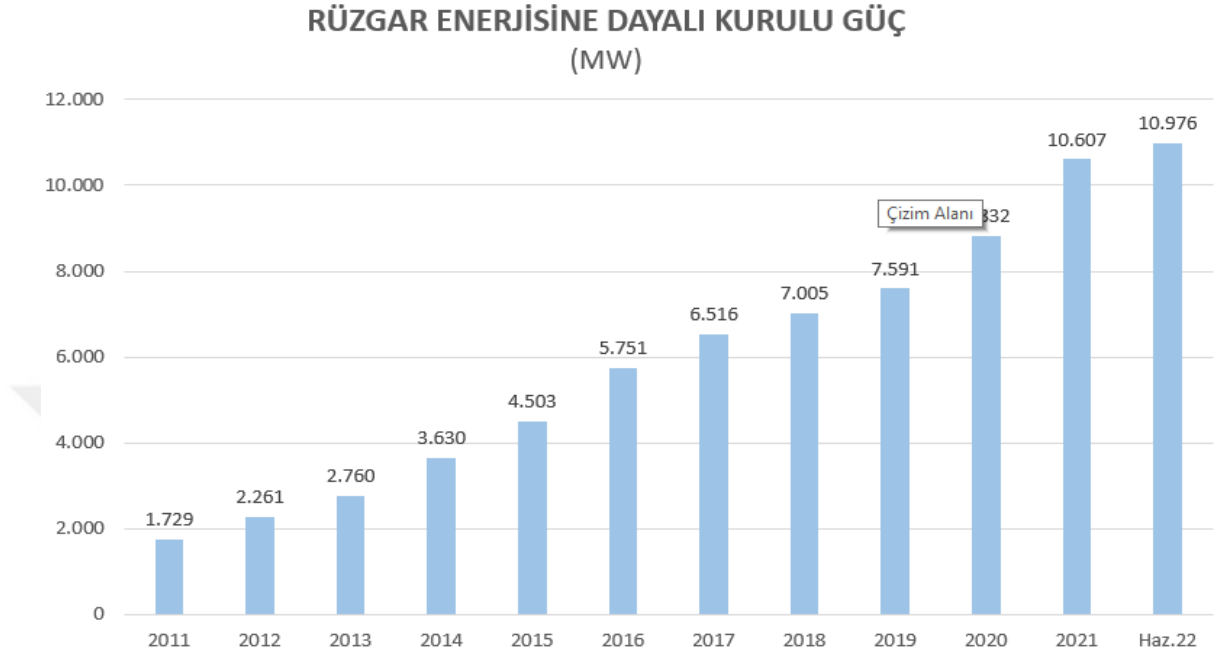


Şekil 1.2. Türkiye'nin En Yüksek İşletmedeki RES'e Sahip İlleri (Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği [GMKA], 2022)

Bu çerçevede, Tablo 1.1 ve Şekil 1.2 birlikte incelendiğinde, Türkiye'deki illerin rüzgâr enerjisi bakımından potansiyellerini kullanmadıkları, yeni yapılacak yatırımlarla mevcut açığın kapatılarak önemli miktarda yeni enerji kaynağı üretimi yapılabileceği görülmektedir.

21 Mayıs 2009 tarihli Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi ile Aralık 2014'te yayınlanan Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planında, Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 2023'te 20 GW olması hedeflenmiştir. Bu

doğrultuda Türkiye'nin hedefine ne ölçüde ulaştığını anlamak bakımından rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulu gücünün yıllar itibarı ile dağılımını gösteren şekil aşağıda yer almaktadır.



Şekil 1.3. Türkiye'nin Rüzgâr Enerjisine Dayalı Kurulu Gücünün Yıllara Göre Dağılımı (ETKB, 2022)

Şekil 1.3 incelendiğinde, yukarıda bahsi geçen hedefin yer aldığı strateji belgesinin yılı olan 2011 yılı ile 2016 yılları arasında yıllık ortalama kurulu güç artış oranının %35 olduğu görülmektedir. Son 5 yıldaki artış oranının %25 ile %30 arasında olması, 2023 yılına kadar söz konusu hedefin gerçekleşeceğini göstermektedir.

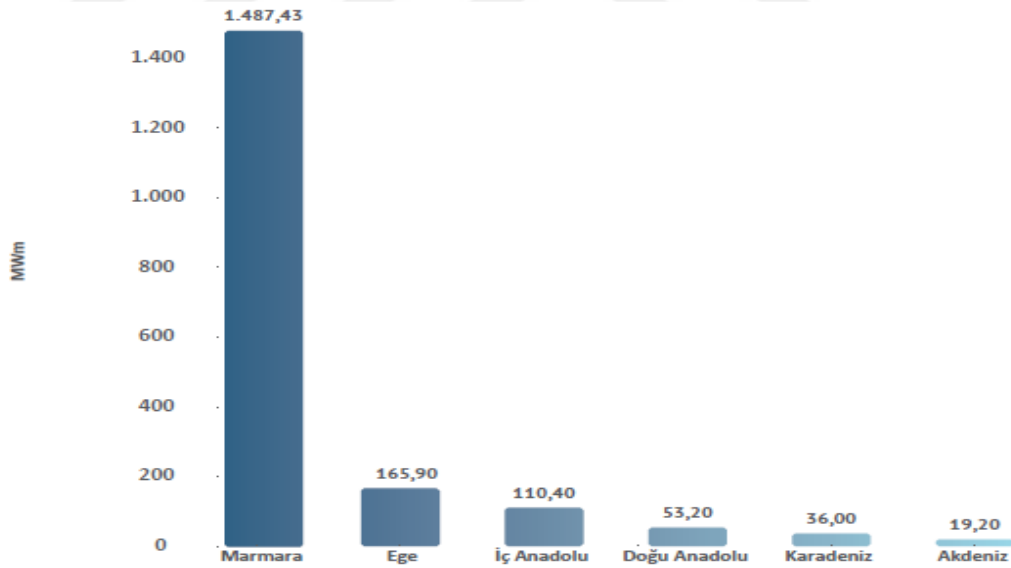
Türkiye'nin rüzgâr enerjisinden elektrik üretiminin yapıldığı ilk yer 1986 yılında İzmir Çeşmedeki Altın Yunus tesisleridir. Ancak uluslararası alanda ilk olarak üretim 1998 yılında Çeşmenin Germiyan Köyünde kurulan rüzgâr türbininden elde edilmiştir. Yine 1998'de ilk yap-işlet-devret modeli ile 12 türbinden oluşan rüzgâr enerji çiftliği Alaçatı'da açılmıştır. 2000 yılında Çanakkale-Bozcaada'da 10,2 MW gücünde RES yap-işlet-devret modeli ile kurulmuştur (İlkılıç, 2009: 29). 2001 ve 2002 yıllarında kurulu güçte bir artış olmazken 2003 yılında İstanbul'da 1,2 MW gücünde RES yapılarak toplam kurulu güç 20,1 MW olmuştur. 2004 ve 2005 yılları RES kurulumu olmayan yıllar olmuştur (TUREB, 2014). Daha sonra 2005 yılında çıkarılan 10.5.2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına

İlişkin Kanun ile birlikte rüzgar enerjisi alanında yapılan yatırımlarda önemli artışlar görülmeye başlamıştır. Söz konusu Kanunun yayımlanması ile birlikte rüzgâr enerjisine yapılan yatırımın, toplam enerji yatırımları içindeki oranının yıllar itibarı ile dağılımı aşağıdaki grafikte gösterilmektedir.

Tablo 1.2. Yıllar İtibarı ile Enerji Yatırımları İçindeki RES Oranı (%) (ETKB, 2022)

YIL	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	11.95	12.53	7.13	13.99	19.38	40.72	12.78	20.72	20.49	28.04	51.42	32.61

Tablo 1.2 ye genel olarak bakıldığında, enerji yatırımları içindeki RES oranının, 2011 ile 2013 yılları arasında istikrarlı bir şekilde arttığı, 2013 ile 2019 yılları arasında artış ve azalış yönünde dalgalanmalar meydana geldiği, 2020’den itibaren ise tekrar istikrarlı bir artış kazandığı görülmektedir. İnşa halindeki RES’lerin bölgelere göre dağılımı ise Şekil 1.4 te gösterilmektedir.



Şekil 1.4. İnşa Halindeki RES’lerin Bölgelere Göre Dağılımı (TUREB, 2022)

Öte yandan, rüzgar sanayisinin Türkiye’de kurulması amacıyla milli rüzgar enerji sistemleri geliştirilmesi ve prototip türbin üretimi (MİLRES) projesi yürütülmektedir. Bu projedeki temel amaç, tasarımı ve teknolojisi Türkiye’ye ait olan özgün ve dünya standartlarında rekabetçi bir rüzgâr sanayisinin kurulması için altyapıyı oluşturmaktır.

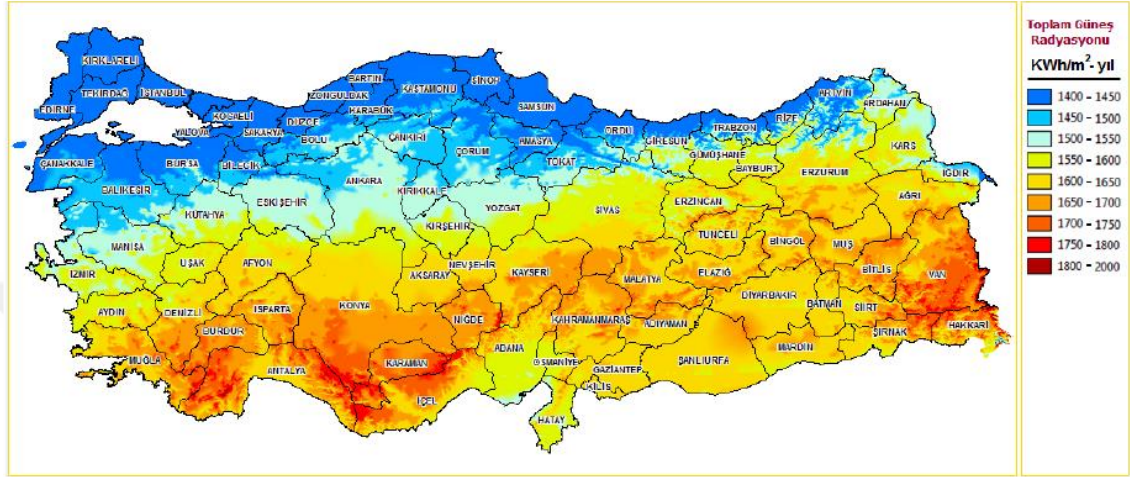
TÜBİTAK tarafından proje iki aşamaya bölünmüştür. İlk aşamada 500 kW'lık rüzgar türbinleri için prototip geliştirilecek ve denemelerle tasarımı olgunlaştırıldıktan sonra ikinci aşamaya geçilip 2,5 MW'lık türbin prototipi geliştirilecektir. Proje ekibinin çalışmalarıyla kanatlar, jeneratör, evirici makine kutusu, kule gibi türbinin ana bileşenleri tamamen özgün tasarımlar olacaktır (ETKB, 2016). Projenin ekonomik amacının ise 20 yıllık dönemde 40 GW'lık kurulu güce sahip olunacak santrallerin 40 milyar USD olacağı varsayımı ile bu maliyetin %25'lik kısmının yerli türbin teknolojisi ile üretilerek 10 milyar USD ulusal kaynağın yurt içinde kalmasının sağlanmasıdır (Milli Rüzgar Enerji Sistemleri [MİLRES], 2017).

Rüzgâr enerjisinden daha etkin yararlanmak için yürütülen bir diğer önemli proje de rüzgâr gücü izleme ve tahmin merkezidir (RİTM). Projenin amacı, Türkiye'deki RES'lerin rüzgâr kaynağını daha etkili ve verimli kullanmasını sağlayarak elektrik üretimini artırmaktır. Bunun için "Rüzgâr Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi" kurularak elektrik sistemine bağlanan RES'lerin anlık üretimleri izlenmeye başlanmıştır. Toplanan anlık veriler aracılığı ile geleceğe yönelik tahminler yapılmaya başlanmıştır. Bu proje kapsamında 25.02.2015 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren RİTM yönetmeliği de bulunmaktadır (ETKB, 2016).

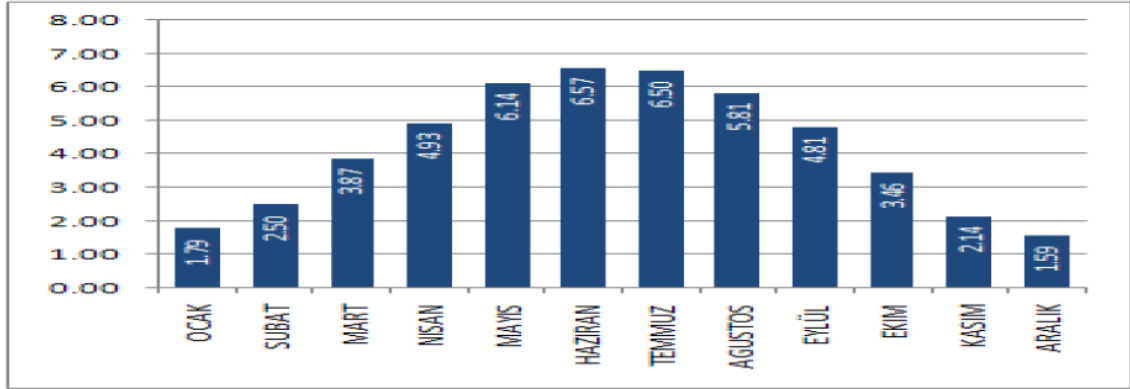
1.3.2. Güneş Enerjisi

Türkiye'de güneş enerjisinin alternatif bir enerji kaynağı olması ilk olarak 1960'lı yıllarda gündeme gelmiştir. 1970'lerde güneş enerjisinden ısı amaçlı kullanıma ağırlık verilmeye başlanmıştır. 1980'lere gelindiğinde konutlarda ısı amaçlı kullanım yaygın hale gelmeye başlamış, 1980'lerin ortalarında güneş enerjisinden elektrik üretmek için üniversitelerde küçük ölçekli pilot çalışmalar başlamıştır. 1988'de fotovoltaik güç sisteminin kurulması bu alanda yapılan ilk çalışma olurken, 1998'de Enerji İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) Genel Müdürlüğü tarafından ilk şebeke bağlantılı fotovoltaik güç sistemi, 4,8 kWp gücü ile Didim'de kurulmuştur (DEK-TMK, 2009). Daha sonra 2008 yılına kadar küçük ölçekli çalışmalar devam etse de Güneş Enerji Potansiyeli Atlasının (GEPA) EİEİ Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanması ile Türkiye'nin Güneş enerjisi potansiyeli görülür hale gelmeye başlamıştır.

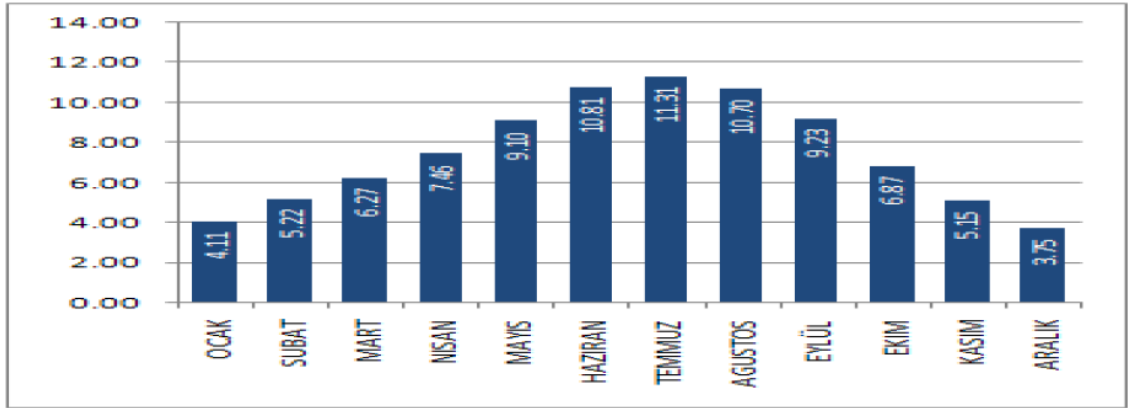
GEPA, EİEİ ve DMİ istasyonlarında 1985- 2006 yıllarına ait saatlik güneş ölçüm değerleri, Türkiye'nin matematiksel ve coğrafi konumu, gökyüzünün açık veya kapalı olma sıklığı gibi parametreler kullanılarak EİEİ tarafından 2008 yılında hazırlanmıştır. Türkiye'nin günlük ortalama ışık alma gücü 4,2 kWh/m² iken Türkiye'nin güneşten günlük ortalama yararlanma süresi 7,5 saat olmaktadır (YEGM, 2022).



Şekil 1.5. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (YEGM, 2022)



Şekil 1.6. Türkiye'nin Aylık Ortalama Işık Alma Gücü (kWh/m²) (YEGM, 2022)

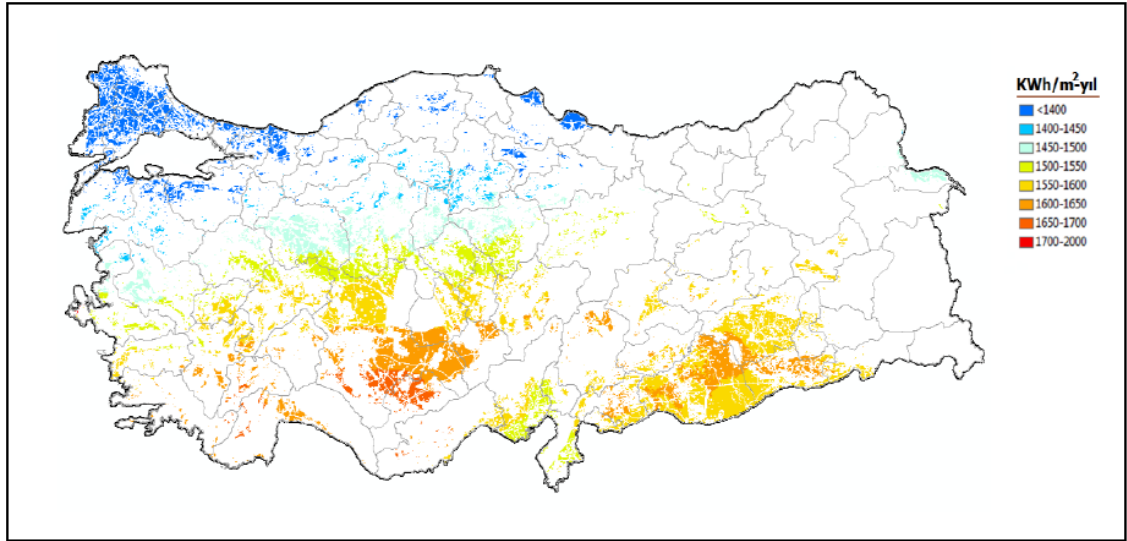


Şekil 1.7. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneşlenme Süreleri (Saat) (YEGM, 2022)

Şekil 1.6 ve Şekil 1.7 genel olarak incelendiğinde en çok ışık alma gücünün sırasıyla haziran, temmuz, mayıs aylarında; güneşlenme süresinin en çok olduğu aylar sırasıyla temmuz, haziran, ağustos aylarında olduğu görülmektedir. Ayrıca Türkiye'nin yıllık 2.740 saat güneşlenme süresine sahip olması güneş enerji potansiyelinin önemli düzeyde olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de güneş enerji santrali kurulabilmesi için, santral kurulacak yerin eğiminin üç dereceden büyük olmaması gerekmektedir. Bununla birlikte yerleşim alanları, göller ve akarsular gibi sulak alanlar, orman ve tarım alanları, askeri ve tarihi alanlar gibi özel çevre koruması olan alanlar, karayolları, demiryolları, limanların olduğu yerlerde güneş enerji santrali kurulamaz (Çalışkan, M., 2011).

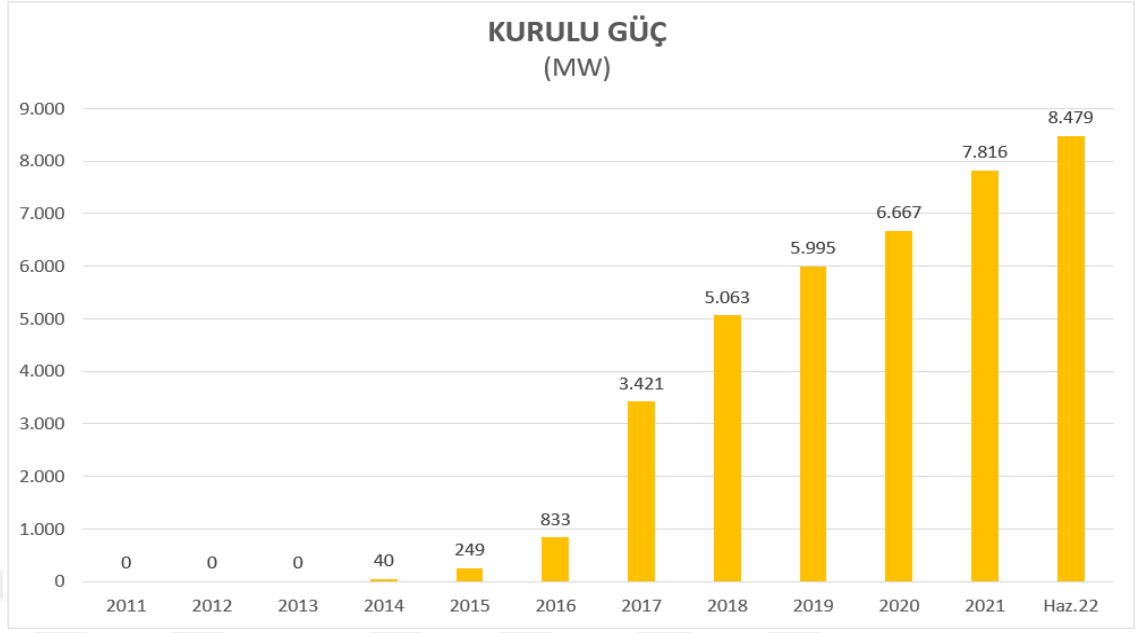
Bu durumlar dikkate alınarak hazırlanan, güneş enerji santrali kurulabilecek alanlara ilişkin harita aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 1.8. Türkiye’de GES Kurulabilecek Alanlar (Çalışkan, M., 2011)

Türkiye’de GES kurularak en verimli üretimin yapılacağı yerler; Karaman’ın kuzeyi ile Konya’nın güneydoğu kısmı, Muğla’nın Datça kıyılarına yakın kısmı, Şanlıurfa ve Diyarbakır arasındaki bölge ile Burdur ve Antalya arasındaki bölgelerdir.

Türkiye’nin sahip olduğu güneş enerji potansiyelinin 87,5 MTEP değerinde olduğu ve bunun 26,5 MTEP’i ısı üretimine, 8,75 MTEP’i ise elektrik üretimine elverişli olduğu belirtilmektedir (MMO, 2009). Güneş kolektörleri kullanılarak elde edilen ısı üretimi 2005’te 385 bin TEP iken 2015’te 795 bin TEP miktarına ulaşmıştır (ETKB, 2016c). Günümüze kadar sahip olunan güneş enerji potansiyeli ağırlıklı olarak ısı üretimi için kullanılırken, son yıllarda kurulan GES’ler ile elektrik üretiminde önemli artışlar olmuştur. Bu artışın ne ölçüde olduğunu Şekil 1.9 yardımı ile görmek mümkündür.



Şekil 1.9. Türkiye'nin GES Kurulu Gücü (ETKB, 2022)

Şekil 1.9 incelendiğinde Türkiye'nin 2014'e gelene kadar GES kurulu gücünün çok düşük olduğu ancak 2014 yılından sonra sektördeki yatırımların hızlandığı görülmektedir. Buna ek olarak 2016 yılının bile 2015 kurulu güç miktarının üçe katlanması sektörün kazandığı ivmeyi göstermektedir. Ayrıca Konya-Karapınar'da 1.000 MW kurulu güce sahip GES kurulumu için 2017 yılı içerisinde ihale yapılmıştır. 2016 yılından sonra kurulu gücün giderek arttığı gözlemlenmektedir. Son dönemde özel sektör teşebbüslerinin yatırımları GES yatırımlarının artmasını sağlamıştır.

1.3.3. Jeotermal Enerji

Türkiye'nin, Alp-Himalaya dağ kuşağında yer alan genç oluşumlu bir kara parçası üzerinde olması sebebiyle aktif kırıklar (faylar), volkanlar, hidrotermal bölgeler çok sayıda bulunmaktadır. Bu alanlarda 1.500 adet dolayında sıcak ve mineralli kaynağın bulunması, Türkiye'nin önemli bir jeotermal enerji kaynağına sahip olduğunu göstermektedir (Erkul, 2012). Türkiye'nin jeotermal potansiyeli, MTA tarafından 31.500 MWt olarak hesaplanmıştır. Ancak daha sonrasında yapılan çalışmalarda bu potansiyelin 60.000 MWt seviyesine ulaşabileceği görülmüştür. 60.000 MWt potansiyel ile 7,5 milyon konutun veya 300 bin dönüm seranın ısıtma ihtiyacı karşılanarak, 60 milyar m³/yıl doğalgaza eşdeğer bir enerji açığa çıkarılabilmektedir. Ancak bu potansiyelin büyük bir

kısmı düşük ve orta sıcaklık değerlerine sahiptir. Elektrik üretimi için uygun olan yüksek sıcaklık değerine sahip alanlar daha kısıtlıdır (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2015).



Şekil 1.10. Türkiye'nin Jeotermal Kaynaklarının Dağılım Haritası (MTA, 2022)

Şekil 1.10 da görüldüğü üzere, Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinde jeotermal kaynak bulunmaktadır. Bu kaynakların bölgelere göre dağılımına bakılacak olursa, jeotermal kaynakların %79'unun Ege Bölgesinde, %8,5'inin İç Anadolu Bölgesinde, %7,5'inin Marmara Bölgesinde, %4,5'inin Doğu Anadolu Bölgesinde ve %0,5'inin diğer bölgelerde olduğu görülmektedir. Jeotermal kaynakların %94'ü düşük ve orta sıcaklık değerlerine sahip olduğu için ısıtma, termal turizm gibi uygulamalara daha uygun iken, %6'lık kısmı elektrik enerjisi üretmeye elverişlidir (ETKB, 2017).

Türkiye'de jeotermal enerji ile ısınmanın ekonomik boyutunun ortaya konması için yapılan bir çalışmaya göre, Türkiye'de 1 milyon konutun ısınmasını, 250 bin konutun ısınmasına eşdeğer de termal tesis ve sera ısıtması sağlayan teknik ve ekonomik potansiyel bulunmaktadır. Bu potansiyelin tamamının kullanılması durumunda, büyük bir kısmı ithal edilen doğalgazdan yıllık 2,7 milyar ABD doları kadar tasarruf edilmiş olacaktır. Bahsi edilen 1 milyon konutun bulunduğu yerleşim yerleri Şekil 1.11'de gösterilmektedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2015).

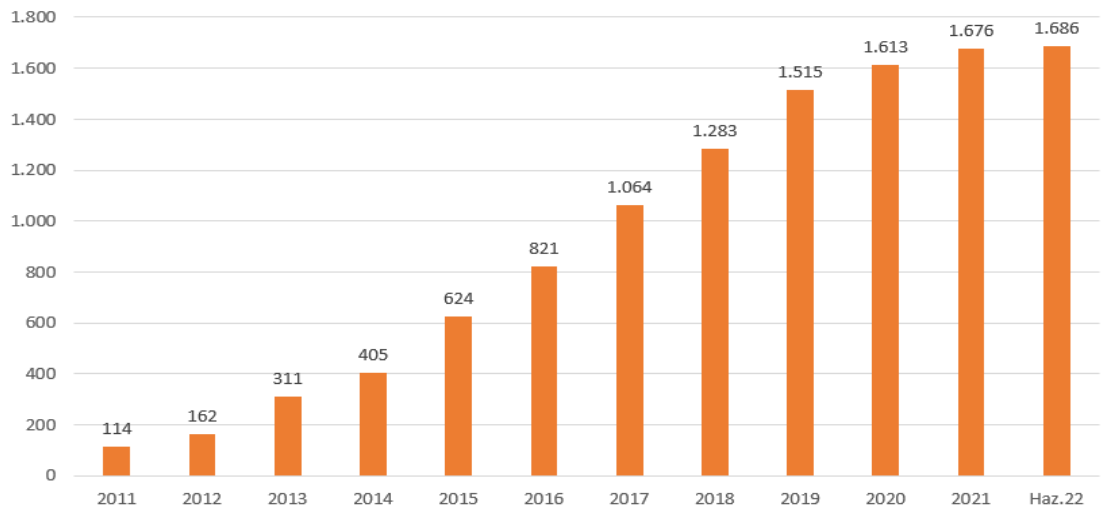
Tablo 1.3. Türkiye’de Jeotermal ile Isıtılabilecek Potansiyel Yerleşim Birimleri (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2015)

Yerleşim Yeri		
İzmir (+Soğutma)	240.000	Konut
Denizli ve Civarı (+Soğutma)	120.000	Konut
Aydın ve Civarı (+Soğutma)	120.000	Konut
Bursa ve Civarı (+Soğutma)	75.000	Konut
Balıkesir ve Civarı	25.000	Konut
Afyonkarahisar ve Civarı	50.000	Konut
Manisa+Turgutlu	40.000	Konut
Kütahya ve Civarı	25.000	Konut
Çanakkale ve Civarı	15.000	Konut
Sakarya+Akyazı+Kuzuluk	30.000	Konut
Salihli (+Soğutma)	30.000	Konut
Bolu ve Civarı	10.000	Konut
Yozgat ve Civarı	25.000	Konut
Nazilli	25.000	Konut
Erzurum	10.000	Konut
Şanlıurfa	20.000	Konut
Kırşehir	20.000	Konut
Dikili+Bergama (İzmir)	25.000	Konut
Alaşehir (Manisa)	15.000	Konut
Aliğa (İzmir)	15.000	Konut
Sivas	20.000	Konut
Bingöl	20.000	Konut
Diğer Yerleşim Birimleri	25.000	Konut

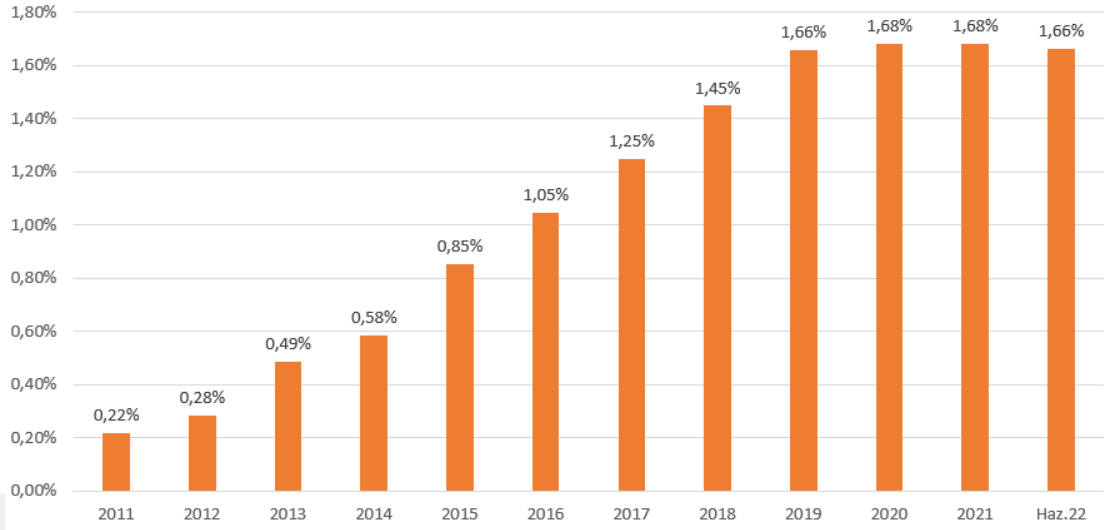
Tablo 1.2 de gösterilen potansiyelden yıllarca yararlanılamamasının nedeni olarak 2007 yılından önce başvuranların aynı kaynaktan yararlanma durumu dikkate alınmadan jeotermal kaynak arama ve işletme ruhsatları verilmesi gösterilmektedir. Bu durum birbirine yakın açılan kuyuların birbirlerinin basınç ve akış debilerini etkilemesine neden olarak israflara dolayısıyla kaynak kullanımında etkinsizliğe neden olmaktadır. Bu durumu önlemek ve jeotermal kaynaklardan daha etkin bir şekilde yararlanmak için 2007 yılında “Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunun” ile Kanunun Uygulama Yönetmeliği çıkarılmıştır. Ancak Kanun ve Uygulama Yönetmeliğinin sonrasında da ruhsat verilirken önceki uygulamaların devam etmesi ve mevzuattaki yetersizlikler nedeniyle istenilen sonuç alınamamıştır. Bu yüzden 2013 ve 2014 yıllarında Uygulama Yönetmeliğinde değişiklikler yapılarak bu sorun aşılmaya çalışılmıştır (TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2015).

Bakanlıkça arama ruhsat başvurusunun uygun olmadığının değerlendirilmesi halinde idarece arama ruhsatı verilemez. Birbirine karşılıklı en yakın kenarları arasındaki mesafe 1000 metreden az olan alanlara ruhsat verilemez. İdare, Bakanlık tarafından aramalara açık olduğu belirlenen alan için arama ruhsatı verilmesine ilişkin kararını en geç onbeş gün içinde verir ve sonuç ile ilgili olarak müracaat sahibine yazılı tebligat yapar (https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/03/20210311-16.htm).

JEOTERMAL ENERJİ KAYNAKLI KURULU GÜÇ (MW)



TOPLAM KURULU GÜÇ İÇERİSİNDEKİ ORANI



Şekil 1.11. Türkiye'nin Jeotermal Enerji Santrali Kurulu Gücü ve Kurulu Güç İçindeki Oranı (ETKB, 2022)

Şekil 1.11 de yıllar itibarı ile jeotermal enerji santrali kurulu gücü ve kurulu güç ile yapılan enerji üretimi gösterilmektedir. Türkiye'de son yıllarda jeotermal enerji yatırımlarının hızlandığı ve buna paralel olarak artan enerji üretim miktarı ile toplam elektrik tüketiminin içindeki payının arttığı görülmektedir. Özellikle yukarıda bahsi edilen 2013 ve 2014 yıllarında uygulama yönetmeliğinde yapılan değişikliklerin etkisini gösterdiğini tabloya bakarak söylemek de mümkündür.

Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) dönemi sonunda jeotermal enerji alanında; jeotermal elektrik üretiminde 750 MW (6 milyar kWh), ısıtmada 500.000 konut eşdeğeri (4.000 MWt), sera ısıtmada 6.000 dönüm alan (2040 MWt), kurutmada (500 MWt), termal turizmde 400 kaplıca (1.100 MWt), soğutmada 50.000 konut eşdeğeri (300 MWt), balıkçılık ve diğer kullanımlar için (400 MWt) gibi hedefler ortaya konulmuştur. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi için gerekli olan kaynaklar toplamı 5,53 milyar USD olarak öngörülmektedir. Bu hedeflere ulaşılması takdirde yaratılacak ekonomik değer için ise yıllık 32 milyar USD öngörülmüştür (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2015).

Tablo 1.4. Jeotermal Enerjinin Türkiye’de Kullanım Alanları

Kullanım Alanları	Kurulu Kapasite (MWT)	%	Yıllık Kullanım (TL/Yıl)	%
Kaplıca	1.005	34,81	19.106	42,25
Konut Isıtması	805	27,88	8.885	19,65
Sera Isıtması	612	21,20	11.580	25,61
Ortam (Otel, Devre Mülk vb.) Isıtması	420	14,15	4.635	10,25
Jeotermal Isı Pompaları	43	1,49	960	2,12
Tarımsal Kurutma	2	0,07	50	0,12
Toplam	2.887	100.00	45.216	100

Jeotermal enerjinin Türkiye’de kullanım alanları Tablo 1.3 de verilmiştir. Konut ısıtmada ve tarımsal üretimde seraların ısıtmasında kurulu gücün payı %49,08 olarak tabloda verilmiştir. Kullanım alanlarında en fazla pay %34,81 ile kaplıcalar yer almaktadır (<https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/Projeler/Jeotermal+Seracilik+Fizibilite+Raporu+ve+Yatirimci+Rehberi.pdf>).

Jeotermal enerji genel olarak sağlık turizmi açısından daha yaygın kullanım alanına sahip iken konut ısınması ve kamu kurumlarının ısınmasında yeterli düzeyde kullanıma sahip değildir. Bu nedenle çalışmada kamu kurumlarının enerji ihtiyaçlarının karşılanması için kullanılacak alternatif enerji kaynağı olarak jeotermal enerji dikkate alınmamıştır.

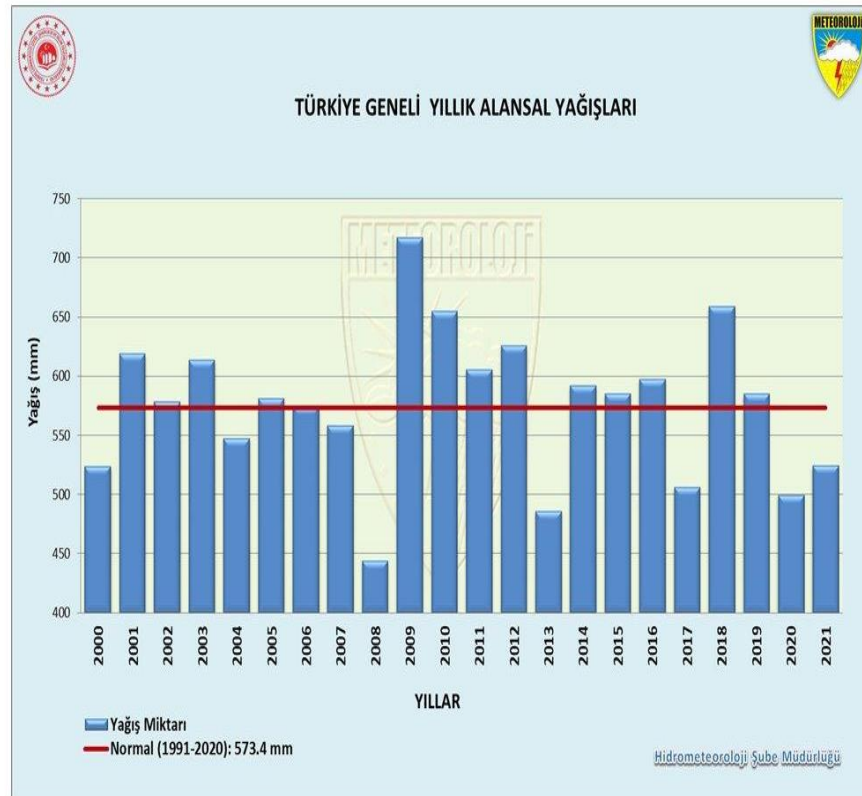
1.3.4. Hidroelektrik Enerji

Türkiye diğer alternatif enerji kaynaklarında olduğu gibi hidroelektrik enerji potansiyeli açısından da zengin bir ülkedir. Hidroelektrik enerjiden yararlanma diğer alternatif enerji kaynaklarına göre daha eski geçmişe sahiptir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, bu potansiyelden yararlanmak adına barajların ve hidroelektrik santrallerin yapımında en başından beri çok önemli bir rol üstlenirken, son yıllarda özel sektör yatırımlarının da arttığı görülmektedir.

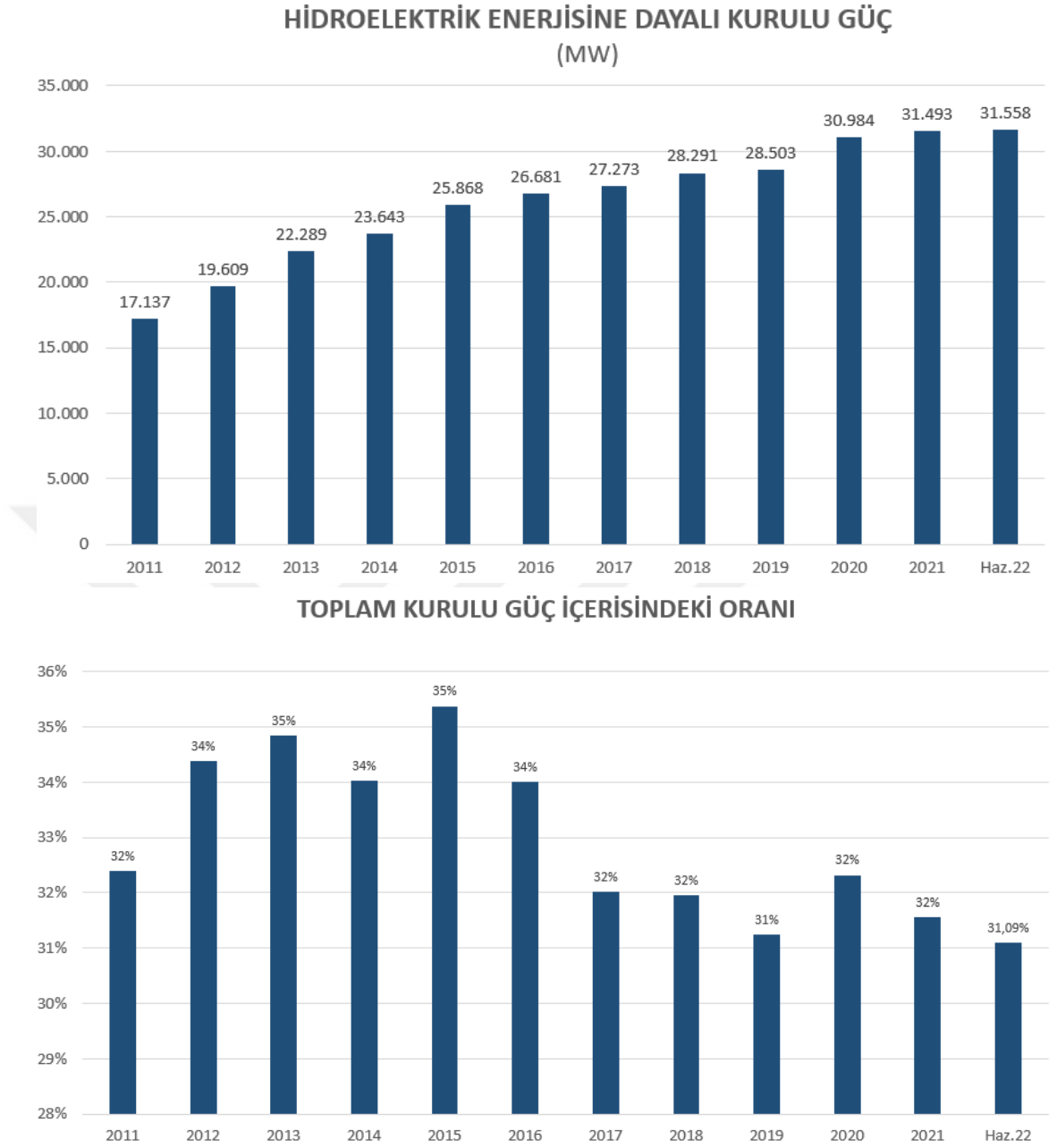
Türkiye yılda ortalama 465 milyar m³ yağış almakta olup, 274 milyar m³’ü buharlaşarak atmosfere geri dönmektedir. Ayrıca yılda ortalama 7 milyar m³ su komşu ülkelerden ülkemize gelmektedir. Buna göre Türkiye’nin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 183 milyar m³ olarak hesaplanmaktadır. Ancak bu potansiyelin 94 milyar m³’lük kısmı, günümüz teknik ve ekonomik şartlara uygun olarak değerlendirilebilir bulunmaktadır (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü [DSİ], 2021).

Türkiye bu potansiyel ile Avrupa ülkeleri içerisinde Rusya'dan sonra en büyük potansiyele sahip ikinci ülke konumunda olmasına rağmen, potansiyelinin gelişim oranı açısından iyi bir konumda değildir (DSİ, 2021).

Türkiye'nin ilk barajı 1930 yılında inşasına başlanan ve 1936 yılında açılışı yapılan Çubuk Barajıdır. Bu baraj; içme, kullanma, sanayi suyu temini ve taşkın kontrolü amacıyla yapılmıştır. 1963 yılında ilk dev baraj olan Keban Barajı ve hidroelektrik santrali inşası başlamış ve 1975 yılında işletmeye açılmıştır. 1.300 MW kurulu gücünde olan Keban Barajının ilk yılında ürettiği elektrik miktarı, o yıl üretilen toplam elektrik miktarının %25'ini oluşturması, barajın ilk yıllarda ne denli önemli olduğunu anlamak için yeterlidir. Daha sonra 1983 yılında Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali inşasına başlanmıştır. 1990 yılında su tutulmaya ve 1993 yılında elektrik üretilmeye başlanmıştır. 2.400 MW kurulu gücünde kurulan Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali hala Türkiye'nin ve Avrupa'nın birinci, Dünyanın beşinci en büyük barajı ünvanını taşımaktadır.



Şekil 1.12. Türkiye Geneli Yıllık Alansal Yağışları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], 2022)



Şekil 1.13. Türkiye'nin Yıllar İtibari ile HES Kurulu Gücü, Kurulu Güç İçerisindeki Oranı (ETKB, 2022)

Şekil 1.13 incelendiğinde Türkiye'nin hidroelektrik kurulu gücü yıllar itibarı ile sürekli artmıştır. Ancak üretim ve tüketim miktarlarının bazı yıllarda düşüş gösterdiği görülmektedir.

2017 yılında kurulu güç artarak 27.273 MW olmuştur. Ayrıca kurulumu devam eden santrallerin de bitmesi ile 6.862 MW'lık ilave kurulu güç eklenecektir. Öte yandan, proje aşamasında veya lisans alan 9.734 MW gücündeki santrallerin; 3.446 MW'lık kısmı

üretim lisansı, 3.748 MW'lık kısmı önlisans alırken, 2.540 MW'lık kısmı proje aşamasında bulunmaktadır. Bunların devreye girmesi ile beraber kurulu güç artışının devam edeceği görülmektedir (Enerji Atlası, 2017). Son yıllarda kurulu güç oranının arttığı, toplam kurulu güç oranı içindeki payın ise artış ve azalış gösterdiği anlaşılmaktadır.

Barajların elektrik üretimi dışında iki önemli fonksiyonu daha bulunmaktadır. Bunların ilki, can ve mal kayıplarına neden olan, tarım arazilerine zarar veren taşkınları önlemesidir. Barajların ikinci önemli fonksiyonu ise artan nüfusun ihtiyacı olan suyun karşılanmasıdır. TÜİK verilerine göre 2030 yılında Türkiye'nin nüfusu 100 milyon olacağı tahmin edilmektedir. Artan nüfusla birlikte suya olan toplam ihtiyaç miktarı da artacaktır. Kurulan barajlar ile gelecekteki nüfus artışının su ihtiyacının belirli oranda karşılanması beklenmektedir.

1.3.5. Nükleer Enerji

Türkiye'de nükleer enerji santrallerinin yakıtı olan uranyum ve toryum yatakları illere dağılmış bulunmaktadır. 1990'lı yıllara kadar yapılan araştırmalar sonucunda, Türkiye'de 9.129 ton görünür uranyum rezervi, 380.000 ton da görünür toryum rezervi bulunmuştur.



Şekil 1.14. Türkiye'nin Uranyum ve Toryum Yatakları (Nükleer Akademi, 2022)

Türkiye’de nükleer enerji çalışmaları İstanbul Teknik Üniversitesi ve İstanbul Üniversitesi tarafından yürütülen akademik çalışmalarla başlamıştır. Daha sonra bu çalışmaların devlet eliyle devam ettirilmesi düşünüldükçe 1956 yılında Atom Enerji Komisyonu (AEK) kurulmuştur. Yine 1956 yılında ABD ile “Barış İçin Atom” programı çerçevesinde ikili bir anlaşma imzalanması, Türkiye’nin nükleer alanındaki ilk faaliyeti olmuştur. 1957 yılına gelindiğinde Türkiye, Birleşmiş Milletler’in bir kuruluşu olan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı’na üye olmuştur (TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, 2013).

1956 yılında araştırma reaktörü kurulması kararlaştırılmış ve bunun için devlet bütçesinde 760.000 TL (~ 270.000 \$) ödenek ayrılmıştır. 1957 yılında nükleer bilimlere ait deneysel çalışmalar yapmak amacıyla “American Machine Foundary” şirketine ihale edilen TR-1 Reaktörü 1962 yılında işletmeye açılmıştır. Küçükçekmece Gölü kenarında kurulan projeye ise “Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi” adı verilmiştir. 1967 yılında da Ankara Nükleer Araştırma Merkezi işlemeye başlamıştır (TAEK, 2017).

Türkiye’de nükleer santral ile elektrik üretmek amacıyla yapılan ilk fizibilite çalışmaları 1960’lı yılların sonlarında başlamıştır. 1977 yılında bitirilmesi planlanan santralin 300-400 MW gücünde olması ve doğal uranyum yakıtla çalışması düşünülmüştür. Ancak 1970’li yılların başındaki ekonomik ve politik sıkıntılar nedeniyle projeye devam edilememiştir (DEK-TMK, 2012).

1970 yılında kurulan Türkiye Elektrik Kurumu bünyesinde 1972 yılında Nükleer Santraller Dairesi kurulmuştur. Kurum tarafından ilk iş olarak nükleer santraller için yer seçimi yapılmış, Mersin-Akkuyu ile Karadeniz kıyısındaki Sinop en elverişli yerler olarak tespit edilmiştir. 1976 yılında Akkuyu için yer lisansı alınmış ve 1977 yılında ihaleye çıkmıştır. İhaleyi İsveç ve Fransız firmaların oluşturduğu konsorsiyum kazanmış ve TEK ile anlaşma görüşmelerine başlamıştır. Ancak 12 Eylül 1980 sonrası %51 hisseye sahip olan İsveç firmasının, İsveç Hükümeti’nin politik kararı ve ekonomik nedenlerle ihaleyi iptal etmesiyle proje gerçekleştirilememiştir (DEK-TMK, 2012).

1.3.5.1. Akkuyu Nükleer Güç Santrali

Akkuyu Nükleer Güç Santrali her biri 1.200 MW kurulu güce sahip 4 reaktörden oluşmaktadır. Toplam 4.800 MW kurulu güce sahip olacak projeden yılda 400 milyar

kWh elektrik üretilecektir. Bu proje, 8 milyar m³'lük doğalgaz ithalatını azaltacak ve buna bağlı olarak 3,6 milyar ABD doları tutarında ithalat kaleminde azalma olacaktır (ETKB, 2022).

Akkuyu NGS projesinin, 4 aşamalı bir programla gerçekleştirilmesi öngörülmüştür. Gerekli lisanslar ve izinlerin alınmasından itibaren 7 yıl içerisinde ilk reaktörün devreye alınması ve geriye kalan 3 reaktörün ise birer yıl arayla devreye alınması planlanmaktadır. Birinci aşama olan Hazırlık Aşamasında, Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş.'nin kurulması, proje için gerekli arazinin proje şirketine tahsisinin gerçekleştirilmesi, mühendislik etütlerinin yürütülmesi, halkın projeye katılımının sağlanması ve bütün gerekli lisans ve izinlerin alınarak ön hazırlık çalışmalarının yapılması planlanmıştır. İkinci aşamada Akkuyu NGS'nin inşaatı, üçüncü aşamada Akkuyu NGS'nin işletilmesi ve teknik destek sağlanması, dördüncü aşamada ise nükleer santralin işletmeden çıkarılması şeklinde planlanmıştır (Akkuyu Nükleer A.Ş, 2017).

Akkuyu NGS'nin, Cumhuriyet tarihinin "tek kalemdeki" en büyük yatırımı olduğuna dikkati çeken Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanı Fatih Dönmez, aşağıdaki şekilde bir açıklama yapmıştır.

“Tamamlandığında 4 reaktör elektrik talebimizin neredeyse yüzde 10'unu tek başına karşılayabilecek durumda olacak. Aslında Akkuyu'da tek santral değil 4 santral yapıyoruz gibi de düşünebiliriz. Bu 4 reaktör 60 yıl boyunca kar kış, gece gündüz demeden 7 gün 24 saat aralıksız çalışacak. Eğer Akkuyu NGS'nin ürettiği kadar elektrik üretecek bir doğal gaz santrali yapsaydık büyüklüğü 6 bin 400 megavat olacaktı. Bu santral ortalama 30 yıl işletmede kalacağı için 30'uncu yılın sonunda aynı büyüklükte ikinci bir doğal gaz santrali daha inşa etmek zorunda kalacaktık. Çünkü doğal gaz santrallerinin teknik ömrü sınırlı. Bu işin inşaat maliyeti. Santralde kullanılacak doğal gazın maliyetine gelince, böylesi bir santral için yıllık 7 milyar metreküp ilave doğal gaz kullanacaktık. Akkuyu'nun 60 yıl boyunca işletmede kalacağı düşünüldüğünde, Akkuyu ile aynı büyüklükteki bir doğal gaz santrali için toplamda 420 milyar metreküp gazı ithal etmek durumunda kalacaktık. Bu mevcut doğal gaz ihtiyacımızın neredeyse 8 katından daha fazla bir rakam demek.” (<https://www.trthaber.com/haber/gundem/turkiyenin-ilk-nukleer-santralinde-son-reaktorun-temeli-atildi-696190.html>).

1.3.5.2. Sinop Nükleer Güç Santrali

Türkiye’de ikinci bir nükleer santralin kurulmasına yönelik olarak, 3 Mayıs 2013’te Japonya ile Sinop’ta nükleer santral kurulmasına ilişkin “Türkiye Cumhuriyeti’nde Nükleer Güç Santrallerinin ve Nükleer Güç Sanayisinin Geliştirilmesi Alanında İşbirliğine İlişkin Anlaşma” imzalanmıştır. Söz konusu anlaşma ile anlaşmanın ekinde yer alan Ev Sahibi Ülke Anlaşması 10 Nisan 2015 tarihinde anlaşmanın onaylanmasının uygun bulunduğu Kanun ile TBMM’ce onaylanmış, 23 Mayıs 2015 tarihinde Resmi Gazete’de yayımlanmış ve 31 Temmuz 2015 tarihi itibarıyla yürürlüğe girmiştir. Proje Şirketi kurulmasına yönelik çalışmalar sürmektedir (ETKB, 2016).

Sinop Nükleer Santrali için söz konusu anlaşma uyarınca, 4.480 MW kurulu güce sahip olacak santral 4 ünite reaktöre sahip olacaktır. Santralin her bir reaktörünün işletme ömrünün 60 yıl olacağı öngörülmektedir. Projenin ilk iki ünitesinin 2023 ve 2024 yıllarında, son iki ünitesinin 2027 ve 2028 yıllarında işletmeye açılması planlanmaktadır (ETKB, 2022).

1.3.6. Biyokütle Enerji

Biyokütle; yaşayan ya da yakın zamanda yaşamış canlılardan elde edilen fosilleşmemiş tüm biyolojik malzemenin genel adıdır. Burada önemli olan yaşayan ya da yaşamış olması ve fosilleşmemiş olmasıdır. Ağaçlar, mısır, buğday gibi bitkilerin atıkları, evlerden atılan meyve ve sebze gibi tüm organik çöpler ve hayvan dışkısı biyokütle olarak örneklendirilebilmektedir.

Türkiye’de giderek artan biyokütle enerji kullanımı genel olarak ısınma ve pişirmede kullanılmaktadır. Hala daha diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran kullanımı çok yaygın değildir. 2016 yılsonu itibarıyla Türkiye’nin biyokütle enerjisi kurulu gücü yaklaşık 467 MW seviyelerinde bulunmaktadır (Karagöl, E., T., ve İ., Kavaz 2017).

Son dönemlerde toplanan atıklar yakılarak elde edilen buhar gücünden elektrik üretilmeye başlanmıştır. Evsel atıkların kullanımıyla bio enerji üretildiği gibi sebze, meyve ve bitkisel atıkların posası tarımsal üretimde gübre olarak kullanılmaya başlanmış, ülke ekonomisine katkı sağlamaya başlamıştır.

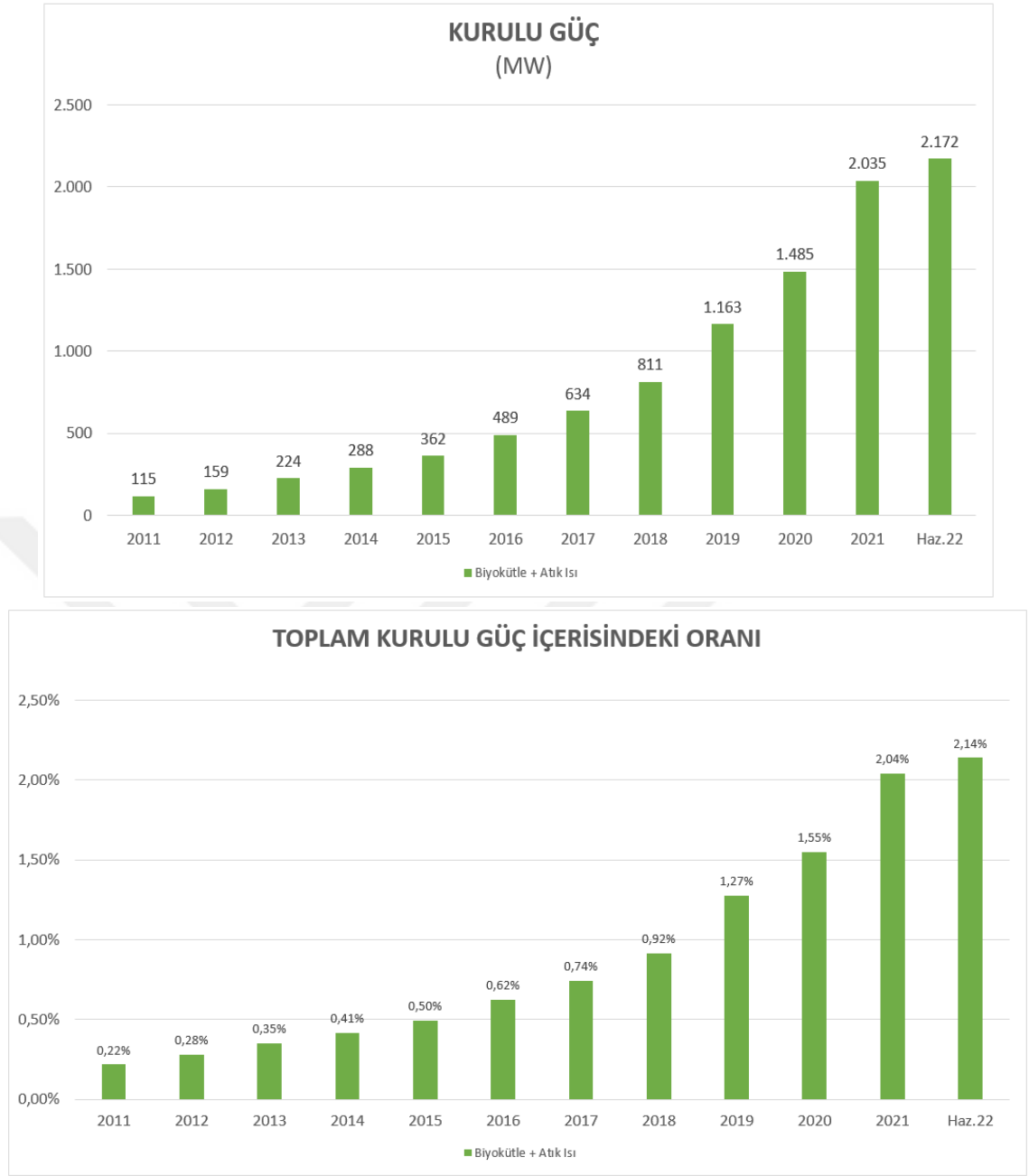
2013 yılında Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye'nin ilk Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) oluşturulmuştur. BEPA ile Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli belirlenmiştir.

Tablo 1.5. Türkiye'nin Biyokütle Enerji Potansiyeli (BEPA, 2022)

Hayvansal Atık Miktarı	193.878.079
Hayvansal Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/Yıl)	4.385.371
Bitkisel Üretim Miktarı (Ton/Yıl)	171.399.002
Bitkisel Atık Miktarı (Ton/Yıl)	62.206.754
Bitkisel Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/Yıl)	25.384.268
Belediye Atık Miktarı (Ton/Yıl)	32.170.975
Belediye Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/Yıl)	3.373.011
Orman Varlığı Atıklarının Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/Yıl)	859.899
Atıkların Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/Yıl)	34.002.549
Biyodizel İşletme Lisansı Sahibi Firma	8
Biyometanol İşletme Lisansı Sahibi Firma	5
Toplam	422.832.374

Tabloya genel olarak bakıldığında, Türkiye'nin farklı kaynak türlerinden yararlanmak suretiyle biyokütle enerjisi elde edebildiği görülmektedir. BEPA'ya göre Türkiye'nin toplam biyokütle enerji potansiyeli 34,0 MTEP olarak görülmektedir.

Hayvansal ve bitkisel yağlar biyodizel enerji olarak adlandırılırken, mısır, şeker pancarı gibi selüloz bazlı çeşitli tarım ürünlerinden üretilen yakıtlar biyometanol olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 1.15. Türkiye’de Biyokütle Kurulu Güç ve Kurulu Güç İçindeki Oranı (ETKB, 2022)

Şekil 1.15 incelendiğinde Türkiye’nin biyokütle kurulu gücünün yıllar itibarı ile sürekli arttığı görülmektedir. Özellikle Yenilenebilir Enerji Kanununun yürürlüğe girmesinden sonra özel sektör yatırımlarının artması ile birlikte sektör hızla gelişmeye başlamıştır.

Türkiye’de biyodizel sektörü 2000’li yılların başlarında gelişmeye başlamıştır. Söz konusu sektör kurulan tesisler ile 1,5 milyon ton civarında kapasiteye sahip olmuştur.

Ancak yerli hammadde bulunamaması, 25 Şubat 2011 tarih ve 27857 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile Oto Biyodizel ve Yakıt Biyodizeline 0,9100 TL/Lt ÖTV uygulaması getirilmesi ve motorine harmanlama zorunluluğunun kaldırılması ile sektör büyük yarar almış ve tesislerin çoğu ya lisanslarını iptal etmiş ya da üretimi durdurma kararı almıştır (DEK-TMK, 2014).

Türkiye’de biyoetanol sektöründe faaliyet gösteren 5 firma bulunmaktadır. Kurulu biyoetanol üretim kapasitesi ise 171 milyon litredir.



İKİNCİ BÖLÜM

MERKEZİ YÖNETİM BÜTÇESİ AÇISINDAN ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Enerji ihtiyacı, günümüzün en temel ihtiyaçlarından biridir. Ulaşımı sağlayan motorlu araçların kullanımında, üretim yapılan fabrikaların çalışmasında, gelişen teknolojiye dayanarak enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Günlük yaşamda bireylerin, özel kurumların ve kuruluşların enerjiye ihtiyacı olduğu gibi kamu kurumlarının da kamu hizmetlerini yerine getirmeleri için enerjiye ihtiyacı vardır. Kamu kurumlarının enerji ihtiyaçlarını karşılamak için her yıl bütçelerinde ödenek öngörülmektedir. Söz konusu ödenekler cari nitelikte olup, Merkezi Yönetim Bütçesinin mal ve hizmet alımları kaleminin yaklaşık %11'ini oluşturmaktadır. Bu kapsamda yapılan harcama ise mal ve hizmet alım harcamalarının %8'ini oluşturmaktadır. Söz konusu harcama, her yıl hem bütçe giderlerini artırmakta hem de ithalatı artırarak cari açığın artmasına neden olmaktadır. Artan cari açık ise döviz ihtiyacını körükleyerek Türkiye'nin dışa bağımlılığını artırmaktadır. Bu durumların ortadan kaldırılmasına katkıda bulunmak ve enerji çeşitliliği sağlamak adına kamu kurumlarında alternatif enerji kaynaklarından yararlanılması önem arz etmektedir. Böylece, hem bütçe açığı ve cari açık, hem de yerli kaynak kullanılması ile birlikte dışa bağımlılık azalacaktır.

Alternatif enerji kaynakları kullanılarak enerji üretmek, yerli kaynakların kullanılması bakımından dışa bağımlılığı azaltarak enerji arz güvenliği sağlamaktadır. Aynı zamanda bu durum ülkeler için stratejik öneme sahiptir. Özellikle Türkiye gibi ihtiyacı olan enerjinin büyük bir kısmını ithal eden ülkeler için alternatif enerji kaynakları çok daha önemlidir. Son yıllarda Türkiye'nin enerji ithalatında, petrol ve doğalgaz fiyatlarındaki düşüşlerin yanında, alternatif enerji kaynaklarına yapılan yatırımların da etkisiyle %28,2 azalma meydana gelmiştir.

Türkiye alternatif enerji kaynakları olarak nitelendirilen; rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerji, biyokütle enerji ve nükleer enerji bakımından zengin bir ülkedir. Bu kaynakların potansiyelinden yararlanılmak suretiyle yerli enerji kaynakları ortaya çıkarılabilecektir. Türkiye'deki alternatif enerji kaynağı potansiyeli; (MTA, TEMSAN, EİGM, 2022)

- Toplam rüzgâr enerji potansiyeli 48.000 MW,
- Toplam güneş enerji potansiyeli 152 MTEP,
- Hidroelektrik enerjinin ekonomik (uygulanabilir) potansiyeli 216 milyar kWh,
- Görünür uranyum rezervi 9.310 ton, görünür toryum rezervi 380.000 ton,
- Biyokütle enerji potansiyeli 34,0 MTEP, olarak hesaplanmaktadır.

Türkiye, alternatif enerji kaynaklarından en çok hidroelektrik enerjiden yararlanmaktadır. Diğer kaynakların kullanımı için son dönemlerde yatırımlar hızlanmış olsa da hala istenilen seviyeye gelememiştir. Özel sektör eliyle yapılan yatırımların yanında kamunun da hiç değilse kendi ihtiyacını karşılayacak kadar üretim yapması, Türkiye'nin sahip olduğu potansiyelden yararlanma konusundaki amaçlarına ulaşmada çok önemli etkisi olacaktır.

Merkezî yönetim kapsamındaki kamu idareleri; 5018 sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanununa ekli (I) sayılı Cetvelde yer alan Genel Bütçeli İdareleri, (II) sayılı Cetvelde yer alan Özel Bütçeli İdareleri ve (III) sayılı Cetvelde yer alan Düzenleyici ve Denetleyici Kurumları ifade etmektedir.

Bu bölümde Merkezi Yönetim Kapsamındaki kamu idarelerinin elektrik ve ısınma ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılabilecek alternatif enerji kaynakları incelenecektir. Bu kapsamda elektrik ihtiyaçları için rüzgâr ve güneş enerjisinden, ısınma ihtiyaçları için jeotermal enerjiden faydalanma üzerinde durulacak olup, söz konusu kaynakların yoğun olduğu illere odaklanılarak ve münhasıran bu illere ilişkin değerlendirme yapılacaktır.

Bir diğer önemli husus, değerlendirmesi yapılan illerdeki santrallerin kurulumu için gerekli olan sermaye yatırımlarının finansmanıdır. Söz konusu yatırımların finansmanı için kamunun tamamen kendi finansman yöntemleriyle temin etme seçeneğinin yanında kamu-özel iş birliği gibi alternatif finansman seçeneği de bulunmaktadır. Kamunun tamamen kendi finansman yöntemleriyle bu santralleri kurması durumunda ödenecek sermaye maliyeti, Merkezi Yönetim Bütçesine ilave yük getirerek bütçe açığını artıracaktır. Söz konusu açığı kapatmak için Hazine Müsteşarlığı tarafından borçlanılması yoluna gidilmesi ise yatırım maliyetine faiz yükü getirecektir. Bu durum göz önüne alınarak, borçlanmanın beş yıl gibi orta vadeli bir ödeme planıyla olacağı varsayılmıştır. Ayrıca tezin kapsamının kamunun ihtiyacı olan enerjiyi kendi üretmesi ve özel sektörün verilen teşviklerle desteklenmesi gibi nedenlerle, tez kapsamına kamu-özel işbirliği

finansman seçeneği dahil edilmemiş, kamu kaynakları ile finansman seçeneği üzerinde değerlendirme yapılmıştır.

2.1. RÜZGÂR ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Rüzgârın sahip olduğu kinetik enerjiyi potansiyel enerjiye dönüştürmek için başlarda yel değirmenleri kullanılmaktaydı. İnsanlık yel değirmenlerini temel ihtiyaçları olan suyu kuyulardan çekmek ve unu değirmenler yardımıyla sağlamak için kullanmıştır. Ancak zamanla yel değirmenleri geliştirilerek daha modern ve daha güçlü türbinler şeklinde kullanılmıştır. Gelişen teknolojik türbinler vasıtasıyla günümüzün en temel ihtiyaçlarından biri olan elektrik enerjisi elde edilmektedir. Rüzgâr türbinleri için farklı üretim yöntemleri ve teknolojiler geliştirilmiştir. Söz konusu teknolojileri içinde barındıran rüzgâr türbin çeşitleri aşağıda anlatılmaktadır.

2.1.1. Rüzgâr Türbin Çeşitleri

Rüzgâr türbin çeşitleri dönme eksenlerine göre üç başlık altında toplanmaktadır. Bunlar;

- Yatay eksenli rüzgâr türbinleri
- Dikey eksenli rüzgâr türbinleri
- Eğik eksenli rüzgâr türbinleri

2.1.1.1. Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri

Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin çalışma mantığı, dönme eksenleri rüzgâr yönüne paralel ve kanatları rüzgârın geliş yönüne dik bir şekildedir. Günümüzde çoğunlukla tercih edilen rüzgâr türbin şekli yatay eksenli rüzgâr türbinleridir. Sistem sahip olduğu kanat sayısı bakımından; tek kanatlı rotor, iki kanatlı rotor, üç kanatlı rotor ve çok kanatlı rotor olmak üzere farklılık göstermektedir.

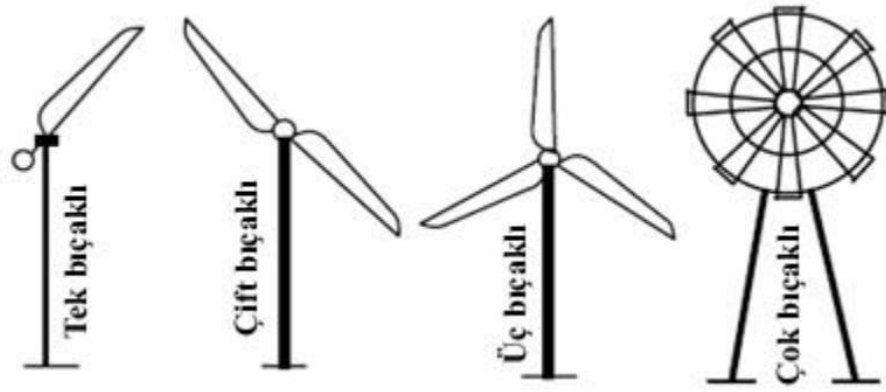
Tek kanatlı rüzgâr türbinlerinin kullanım amacı pervanelere etkiyen yüksek rotasyonel hızın düşürülmesidir. Türbinin kanat sayısının az, dönme hızının yüksek olması türbin kütlesi ve rotorun dönme momentini azaltmaktadır. Tek kanatlı rüzgâr türbinlerinin kanat uç hızı, üç kanatlı rüzgâr türbinine kıyasla iki kat daha hızlı

olmasından dolayı tek kanatlı rüzgâr türbinleri daha gürültülü çalışmaktadır. Ayrıca aerodinamik olarak dengesiz olması istenmeyen bazı yükler getirerek göbek kısmına ek yapılar yapmayı gerektirmektedir. Bu durum da sistemin ekonomik anlamda önünde bulunan önemli bir engeldir (Elibüyük, U. ve Üçgül, İ., 2014).

Çift kanatlı rüzgâr türbin fikri, üç kanatlı türbinlere göre rotor maliyetinin azaltılması amacıyla ortaya çıkmıştır. 10 ile 100 metre rotor çapına sahip rüzgâr türbinleri tasarlandıktan sonra Avrupa ve ABD’de kullanılmaya başlanmış, ancak prototipi yapılan rüzgâr türbinlerinin sadece birkaç tanesi seri üretime geçebilmiştir. Tek kanatlı rüzgâr türbinlerine kıyasla çift kanatlı rüzgâr türbinin rotor balansı daha iyidir. Fakat çift kanatlı rotorun sebep olduğu dinamik hareketleri önlemek için ilave teknik güce ihtiyaç duyulması maliyetin artmasına neden olmaktadır. Üç kanatlı rüzgâr türbine göre kanat uç hızlarının yüksek olması en büyük avantajı olurken, gürültü seviyesinin yüksek olması sistemin önündeki en önemli engel olarak görülmektedir (Nurbay, N. ve Çınar, A., 2014).

Üç kanatlı rüzgâr türbinleri, modern rüzgâr türbinleri arasında günümüzde en çok tercih edilen rüzgâr türbinidir. Türbinlerde oluşan döndürme momentinin kanatlara eşit olarak dağılması, pervanenin tüm hızlarda sabit atalet momenti ile çalışmasını sağlamaktadır. Bu avantajından dolayı üç kanatlı rüzgâr türbinleri üzerinde ek bir yük bulunmamaktadır (Elibüyük, U. ve Üçgül, İ., 2014).

Çok kanatlı rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerjisinden su pompalamak ve yel değirmenlerinde kullanmak üzere tasarlanmış rüzgâr türbin modellerinin ilk örnekleridir. Çok kanatlı olarak üretilmelerinin nedeni bu tür işlerde yüksek moment değerlerine ihtiyaç olmasıdır. Kanat profilleri, pervane orta noktasından kanat uçlarına ilerledikçe kanat genişlikleri artmaktadır. Yüksek rüzgâr hızlarında çalışan bu tip türbinlerde kanat sayısı arttıkça verim artmaktadır (Çelikdemir, S. Özdemir, 2014).



Şekil 2.1. Kanat Sayılarına Göre Rüzgâr Türbinleri (Durdyev, S., 2010)

Farklı rotor kanadına sahip olan yatay eksenli rüzgâr türbinleri, rüzgârı arkadan veya önden almalarına göre farklılık göstermektedir.

Rüzgârı önden alan türbinlerde rotor yüzü rüzgâra dönüktür. Bu sistemde rüzgâr kuleye eğilerek geldiği için kulenin oluşturduğu rüzgâr gölgeleme etkisi çok az olmaktadır. Rüzgar çekilmesinden dolayı verimin çok fazla düşmemesi için kanatların sert yapılması ve kuleden uzakta olmaması gerekmektedir (Nurbay, N., ve Çınar, A., 2014).

Rüzgârı arkadan alan türbinlerin rotorları kulenin arkasında bulunmaktadır. Bu türbinlerin önemli özelliği yawl mekanizmasına ihtiyaç duymaması olarak gösterilmektedir. Kanatlarının esnek yapıda olması hem ağırlık hem de güç dinamiği açısından türbine önemli üstünlük sağlamıştır. Bu özelliği de rüzgârı önden alan türbinlere kıyasla daha hafif olmasını sağlamaktadır (Elibüyük, U. ve Üçgül, İ., 2014).

2.1.1.2. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri

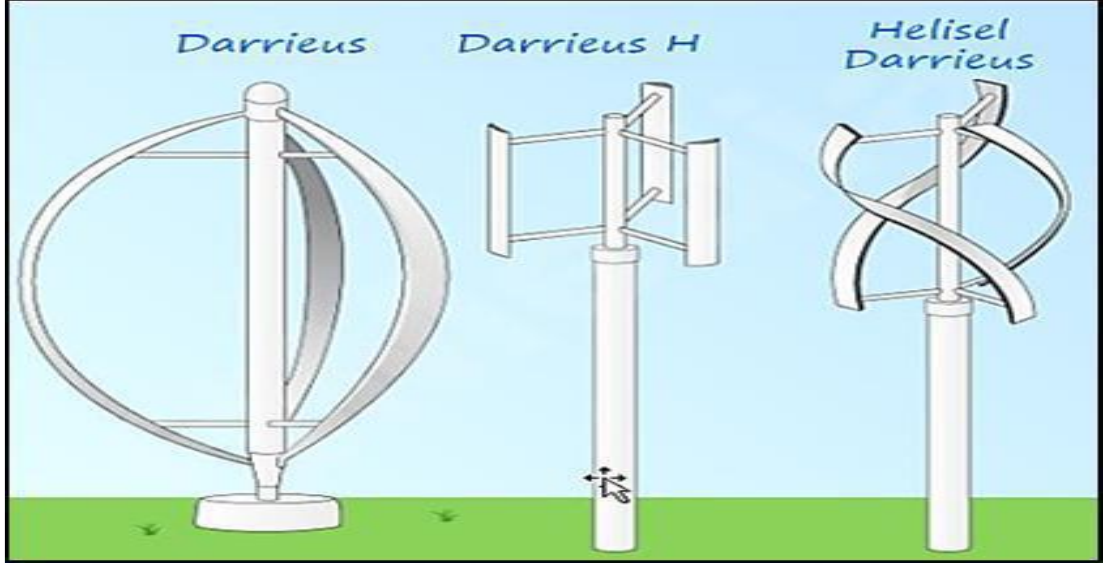
Dikey eksenli rüzgâr türbinleri, düşey kanatlara sahip ve dönme eksenleri rüzgâr yönüne dik vaziyette olan türbin şeklinde tasarlanmıştır. Her yönden esen rüzgârın türbini döndürmesi ve üreteç ile vites kutusunun yer seviyesinde kurulabildiğinden kuleye ihtiyaç duymaması sistemin önemli üstünlükleri olarak görülmektedir. Türbini yere sabitlemek için çelik halatlara gerek duyulması ve kanat sayısının artmasının malzeme ağırlığına neden olmasından dolayı yüksek rüzgar hızlarında verimsiz çalışması sistemin önündeki önemli engeller olarak görülmektedir (Nurbay, N. ve Çınar, A., 2017).

Dikey eksenli rüzgâr türbinleri; savonious rüzgâr türbinleri, darrieus rüzgâr türbinleri, h-darrieus rüzgâr türbinleri şeklinde üç farklı şekilde tasarlanmıştır.

Darrieus rüzgâr türbinlerinde düşey şekilde yerleştirilmiş iki veya üç kanat bulunmaktadır. Kanatların içbükey ve dışbükey yüzeyleri arasındaki çekme kuvveti farkı nedeniyle dönme hareketi gerçekleşmektedir. Türbinin en önemli özelliği devir başına iki kere en yüksek tork elde etmesidir (Elibüyük, U. ve Üçgül, İ.,2014).

Savonious rüzgâr türbinleri, iki yatay disk arasına yerleştirilmiş ve merkezleri birbirine göre simetrik olarak kaydırılmış, kanat adı verilen iki yarım silindirden oluşmaktadır. Belirli bir hızla gelen rüzgârın etkisiyle, çarkı oluşturan silindirin iç kısmında pozitif ve dış kısmında negatif bir momentin olmaktadır. Pozitif moment, negatif momentten daha büyük olduğundan, dönme hareketi pozitif moment yönünde sağlanmaktadır. Düşük rüzgâr hızlarında iyi başlangıç karakteristiklerine sahip olması, yapımının kolay ve ucuz olması, rüzgârın yönünden bağımsız olması ve ilk harekete kendi kendine başlaması gibi birçok üstünlüklere sahip olan savonius rüzgâr türbinlerinin, aerodinamik performansı düşük olduğu için ilk uygulama alanları; havalandırma ve su pompalama gibi kısıtlı alanlar olmuştur. Savonius rüzgar türbinlerinin birçok üstünlüğü bulunmasına rağmen, aerodinamik performanslarının düşüklüğü nedeniyle kullanılmamaktadır (Nurbay, N. ve Çınar, A., 2014).

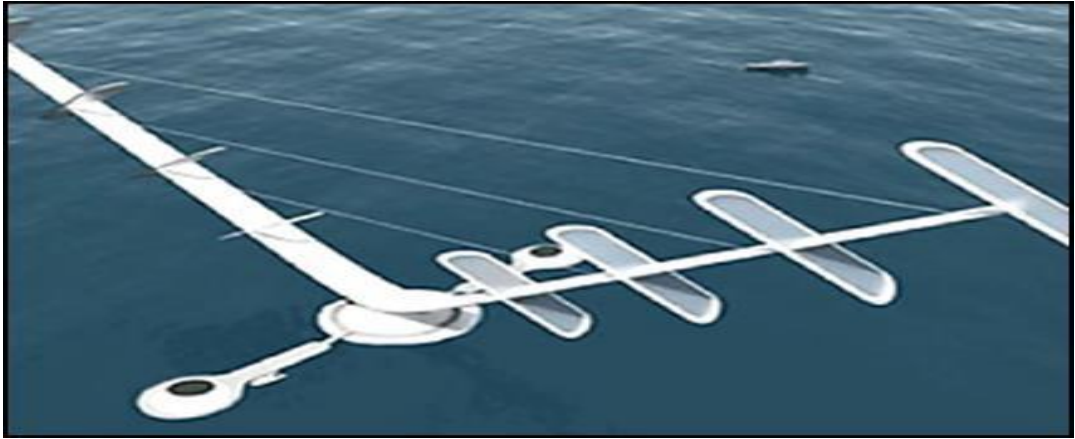
H-Darrieus rüzgâr türbinleri, Darrieus rüzgâr türbinleri gibi dikey eksenli rüzgâr türbinidir. Ancak aerodinamik profili düz olması ve kanatlara pitch kontrol uygulanması bakımından, Darrieus rüzgâr türbinlerinden ayrılmaktadır (Nurbay ve Çınar, 2014).



Şekil 2.2. Dikey Eksenli Rüzgâr Türbin Çeşitleri (Elibüyük ve Üçgül, 2014)

2.1.1.3. Eğik Eksenli Rüzgâr Türbinleri

Dönme eksenleri rüzgâr ile belli bir açıya konumlandırılmış rüzgâr türbinleridir. Pervaneler ile dönme eksenini arasında belli bir açı vardır. Kullanım alanları çok kısıtlıdır (Uyar, F., 2016).



Şekil 2.3. Eğik Eksenli Rüzgâr Türbini (Elibüyük ve Üçgül, 2014)

Tablo 2.1. Kanat Çeşitlerine Göre Türbinlerin Karşılaştırılması (Elibüyük ve Üçgül, 2014)

	Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri				Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri	
	Tek Kanatlı	Çift Kanatlı	Üç Kanatlı	Çok Kanatlı	Savonius	Darrieus
Maliyet	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Estetik Görünüm	Kötü	Kötü	İyi	İyi	İyi	İyi
Gürültü	Yüksek	Yüksek	Düşük	Az	Az	Az
Çalışma Hızı	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
Kule İhtiyacı	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
Kullanım Amacı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Az elektrik ve su pompalaması	Az elektrik ve su pompalaması	Az elektrik ve su pompalaması
Günümüzde Kullanımı	Yok	Yok	Var	Var	Az	Az
Rotorun Dönmesi İçin Rüzgârı	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır ve sürükler	Kaldırır ve sürükler	Kaldırır ve sürükler

Pervane, havadaki rüzgârı yakalayarak hareket etmeye başlayan ve bunu pervane göbeğine aktaran rüzgâr türbin bileşenidir. Pervane yapımında alüminyum, titan, çelik, plastik kullanılmaktadır (Avcı, B., 2012).

2.1.2. Rüzgâr Enerji Santrali Maliyet Analizi

Merkezi yönetim kapsamındaki kamu idarelerinden, rüzgâr enerji potansiyeli yüksek olan illerde bulunanların elektrik ihtiyaçlarını karşılamak üzere, rüzgâr enerji santrali kurulması durumunda katlanılacak maliyetleri tespit etmek üzere yapılan maliyet analizi aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

2.1.2.1. Sermaye Maliyetleri

Santralin işletmeye açılmasına kadar geçen süreçte yapılan makine-teçhizat, bina alımları ile sigorta, etüt çalışması gibi harcamalarının hepsi sermaye maliyeti olarak değerlendirilmektedir. Tablo 2.2’de, 1 MW kurulu gücünde kurulacak rüzgâr enerji santralinin hangi bileşenlerden oluştuğu ve bunların maliyetlerine ilişkin veriler gösterilmektedir.

Tablo 2.2. 1 MW Kurulu Güce Sahip Rüzgâr Enerji Santrali İçin Sermaye Maliyeti (Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı [KUZKA], 2021)

YATIRIM UNSURLARI	TUTAR (USD)
Etüt ve Proje Giderleri	40.000
İnşaat Harcamaları	150.800
Makine ve Teçhizat Giderleri	1.260.248
Taşıma ve Sigorta Giderleri	30.000
İşletmeye Alma Giderleri	20.000
Genel Giderler	20.000
Beklenebilecek Farklar	20.000
TOPLAM YATIRIM TUTARI	1.541.048

Tablo 2.2 incelendiğinde, 1 MW kurulu gücünde rüzgar enerji santrali kurulum maliyetinin 1.541.048 USD olduğu görülmektedir. Söz konusu maliyetin yaklaşık %80'ini makine ve teçhizat alımları oluşturmaktadır. Santrallerin kamu arazilerine inşa edileceği varsayıldığı için arsa ve arazi giderleri, maliyet kalemleri arasına dahil edilmemiştir. Söz konusu sermaye maliyetine karşılık santrallerden 25 yıl boyunca elektrik enerjisi sağlanacaktır.

2.1.2.2. İşletme Maliyetleri

Rüzgâr enerji santralinin kurulma aşamasından sonra santralin işletilmesi sürecinde yapılacak giderler işletme maliyeti olarak tanımlanmaktadır. İşletme maliyeti; personel giderleri, bakım-onarım giderleri gibi giderlerden oluşmaktadır.

1 MW kurulu güce sahip rüzgar enerji santralinin işletilmesi sürecinde yıllık maliyet 48.000 USD'dir. Maliyetlerin yarısından fazlasının bakım ve onarım ile işçi ve personel kalemlerinden oluşmakta olup, bu durumun sektörde istihdam ve katma değer oluşturacağı değerlendirilmektedir (KUZKA,2021)

2.1.2.3. Merkezi Yönetim Kapsamındaki Kamu İdareleri İçin Rüzgâr Enerji Santralinin Maliyet Analizi

Rüzgâr enerji santrali için yapılacak maliyet analizinde öncelikle toplam yatırım maliyeti hesaplanacaktır. Daha sonra santrallerin devreye girmesiyle bütçeden yapılmayacak elektrik harcamalarının, yatırım maliyetini kaç yılda amorti edeceği bulunacaktır. Söz konusu hesaplamalar aşağıda aşama aşama anlatılmaktadır.

REPA kullanılarak belirlenen potansiyeli en yüksek illerin 2021 yılı elektrik harcamaları Tablo 2.3 de gösterilmektedir. Ayrıca Tablo 2.3’de yer alan harcama tutarlarının kWh cinsinden değeri bulunarak, rüzgâr enerji santrali kurulu gücünün tespitinde kullanılacaktır. Bu amaçla yapılacak hesaplama ise ilgili ilin TL cinsindeki harcama tutarının, 1 kWh elektriğin TL cinsindeki değerine oranlanmasıyla bulunmaktadır. Söz konusu hesaplamaların yapıldığı tablo aşağıda yer almaktadır.

Tablo 2.3. Merkezi Yönetim Kapsamındaki Kamu İdarelerinin 2021 Yılı Elektrik İhtiyacının kWh Cinsinden İllere Göre Dağılımı (MUHASEBAT, Strateji Geliştirme Başkanlığı [SGB], 2021)

	Balıkesir	Bursa	Çanakkale	Mersin	İstanbul	İzmir	Manisa	Muğla	Tekirdağ	TOPLAM
Yıllık Elektrik Tüketimi (TL)	74.969.864,72	107.428.602,28	45.790.391,39	136.031.089,98	632.194.886,80	306.861.543,41	61.848.125,89	78.018.511,76	50.531.041,73	1.493.674.057,95
Yıllık Elektrik İhtiyacı (kWh)	81.889.530	117.344.186	50.016.812	148.586.663	690.546.026	335.184.646	67.556.664	85.219.565	55.195.021	1.631.539.113
Not: 1 kWh elektrik tutarı: 0,9155 TL olarak alınmıştır.										

Tablo 2.3 incelendiğinde belirlenen dokuz ilin elektrik ihtiyacının 1.631.539.113 kWh olduğu ve bunun için 2021 yılında 1.493.674.057,95 TL harcama yapıldığı görülmektedir. Söz konusu illerin elektrik ihtiyacını şebekeden satın almak yerine rüzgâr enerjisi ile karşılayabilmesi için gerekli olan kurulu güç, ilgili ilin elektrik ihtiyacının 1 MW kurulu güç ile üretilebilecek elektrik miktarına oranlanmasıyla bulunmaktadır. Bu çerçevede, elektrik ihtiyacını karşılamak üzere ne kadar kurulu güç gerektiği Tablo 2.4’de gösterilmektedir.

Tablo 2.4. İllerin İhtiyaç Duydukları Elektriği Karşılacak RES Kurulu Güç Miktarı

	Balıkesir	Bursa	Çanakkale	Mersin	İstanbul	İzmir	Manisa	Muğla	Tekirdağ	TOPLAM
Yıllık Elektrik İhtiyacı (kWh)	81.889.530	117.344.186	50.016.812	148.586.663	690.546.026	335.184.646	67.556.664	85.219.565	55.195.021	1.631.539.113
Yıllık Üretim (kWh)	1.345.000	299.000	843.000	226.000	789.000	1.749.000	702.000	210.000	183.000	6.346.000
Kurulu Güç Miktarı (MW)	61	392	59	657	875	192	96	406	302	3.041

Tablo 2.4 incelendiğinde illerin 1.631.539.113 kWh’lik enerji ihtiyacının toplam 3041 MW kurulu güçle karşılanabileceği görülmektedir. İller arasındaki yıllık üretim farkının nedeni illerdeki rüzgâr gücündeki farklılardan kaynaklanmaktadır. Tablodan da görüldüğü üzere birim kurulu güçle en fazla elektrik üretilebilecek il Çanakkale iken, en fazla kurulu güç gerektiren il İstanbul’dur. İl bazında bulunan rüzgâr kurulu güç miktarının sermaye maliyetleri; kurulu güç miktarı, 1 MW kurulu güç maliyeti ve dolar kurunun çarpılması sonucu bulunmaktadır. Söz konusu hesaplamaların yapıldığı toplam sermaye maliyeti tablosu aşağıda yer almaktadır.

Tablo 2.5. İllerde Kurulacak RES'lerin Toplam Sermaye Maliyetleri

	Balıkesir	Bursa	Çanakkale	Mersin	İstanbul	İzmir	Manisa	Muğla	Tekirdağ	TOPLAM
Kurulu Güç Miktarı (MW)	61	392	59	657	875	192	96	406	302	3.040
Toplam Sermaye Maliyeti (TL)	784.932.799	5.044.158.314	759.197.297	8.454.112.276	11.259.281.950	2.470.608.154	1.235.304.077	5.224.306.825	3.886.060.742	39.117.962.432
Not: 1 MWh kurulu güç maliyeti: 1.541.048 \$, dolar kuru 8,35 olarak alınmıştır.										

Tabloda iller için hesaplanan sermaye maliyetlerinin toplamı 39.117.962.432 TL olarak hesaplanmıştır.

İllerde kurulacak rüzgâr enerji santrallerinin yukarıda hesaplanan sermaye maliyetinin yanında santralin işletilmesi sürecinde her yıl yapılması gereken işletme maliyetleri de bulunmaktadır. Söz konusu yıllık işletme maliyetleri ise; ilin ihtiyaç duyduğu kurulu güç miktarı, 1 MW kurulu güç için hesaplanan yıllık işletme maliyeti ve dolar kurunun çarpılması sonucu bulunmaktadır. Söz konusu hesaplamanın yapıldığı tablo aşağıda yer almaktadır.

Tablo 2.6. İllerde Kurulacak RES'lerin Toplam İşletme Maliyetleri

	Balıkesir	Bursa	Çanakkale	Mersin	İstanbul	İzmir	Manisa	Muğla	Tekirdağ	TOPLAM
Kurulu Güç Miktarı (MW)	61	392	59	657	875	192	96	406	302	3.040
Toplam İşletme Maliyeti (TL)	24.448.800	157.113.600	23.647.200	263.325.600	350.700.000	76.953.600	38.476.800	162.724.800	121.041.600	1.218.432.000
Not: 1 MWh kurulu güç maliyeti: 48.000 \$, dolar kuru 8,35 olarak alınmıştır.										

Tablo 2.6 da iller için hesaplanan işletme maliyetleri toplamı 1.218.432.000 TL'dir. Söz konusu tutar santraller için yıllık yapılacak giderleri göstermekte olup, nakit akış tablosunda birinci yılın nakit çıkış kısmında yer almaktadır. Nakit çıkışları kısmında ilk yıldan sonraki yıllarda yer alan tutarlar da işletme maliyetini ifade etmektedir. Ancak işletme maliyetleri de yıllar itibarıyla sektörde yer alan fiyat ve ücret artışlarından etkileneceği için, bu durumlar göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan 39.117.962.432 TL'lik sermaye maliyeti ile 1.218.432.000 TL işletme maliyetinin 25 yıllık değerinin (69.578.762.432) toplamı, illerin toplam elektrik ihtiyaçları için hesaplanan 1.631.539.113 kWh enerjinin 25 yıllık değerine (40.778.477.825) oranlanmasıyla rüzgâr enerjisinden 1 kWh elektrik üretmenin birim maliyeti 1,706 TL olarak bulunmaktadır.

Rüzgâr enerji santralinin maliyet analizi yapılırken hesaplamalarda kullanılan kriterler aşağıda yer almaktadır.

Tablo 2.7. Rüzgâr Enerjisi İçin Kabul Edilen Parametreler

Parametre	Değer
Para Birimi	TL
Sistem Ömrü(1)	25 yıl
Enflasyon Oranı(2)	18,94%
İşletim ve bakım maliyetleri yıllık artış oranı(1)	3,00%
Elektrik fiyatlarının yıllık artış oranı(3)	11%
Dolar Kuru(4)	8,35
Yıllık Faiz Oranı(5)	14%
Panellerin Yıllık Verim Kaybı	0.4%

1-Kurumlarda şifahen görüşülerek alınan parametreler

2-2017-2021 yılları arasındaki TÜFE oranı kullanılarak elde edilmiştir.

3- Maliye Bakanlığının temenni ettiği elektriğin son 5 yıldaki ortalama fiyat artış oranı

4- 07.09.2021 tarihi sonundaki TCMB kuru

5- Hazine Müsteşarlığından alınmıştır.

Santrallerde üretilen enerjilerin iç tüketimde kullanımı sonucu vergi doğmadığı için, yapılacak maliyet analizinde vergiden arındırılmış birim maliyet esas alınarak hesaplama yapılacaktır. Nakit girişi kısmında birinci yıldan sonraki yıllarda yer alan tutarlar da santrallerin getirisini ifade etmektedir. Ancak elektrik fiyatlarının yıllık artışları dikkate alındığı için sonraki yıllarda yer alan tutarlar önceki yıl veya yıllara kıyasla farklı olmaktadır. Yukarıdaki hesaplamalar ve parametreler kullanılarak hazırlanan nakit akışı tablo 2.8.'de yer almaktadır.

Tablo 2.8. Rüzgâr Enerji Santrali Kurulu Gücünün Nakit Akış Tablosu

Yıl	Nakit Girişi	Nakit Çıkışı	Net	Kümülatif Toplam
0	0	39.117.962.432	-39.117.962.432	-39.117.962.432
1	1.265.825.473	1.218.432.000	47.393.473	-39.070.568.959
2	2.160.438.633	1.254.984.960	905.453.673	-38.165.115.286
3	4.385.690.425	1.292.634.509	3.093.055.916	-35.072.059.370
4	8.902.951.563	1.331.413.544	7.571.538.019	-27.500.521.351
5	18.072.991.673	1.371.355.950	16.701.635.723	-10.798.885.628
6	36.688.173.096	1.412.496.629	35.275.676.467	24.476.790.839
7	74.476.991.385	1.454.871.528	73.022.119.858	97.498.910.697
8	151.188.292.512	1.498.517.674	149.689.774.839	247.188.685.536
9	306.912.233.800	1.543.473.204	305.368.760.596	552.557.446.132
10	623.031.834.615	1.589.777.400	621.442.057.215	1.173.999.503.347
11	1.264.754.624.268	1.637.470.722	1.263.117.153.546	2.437.116.656.893
12	2.567.451.887.263	1.686.594.844	2.565.765.292.420	5.002.881.949.312
13	5.211.927.331.144	1.737.192.689	5.210.190.138.455	10.213.072.087.768
14	10.580.212.482.223	1.789.308.470	10.578.423.173.753	20.791.495.261.521
15	21.477.831.338.912	1.842.987.724	21.475.988.351.188	42.267.483.612.709
16	43.599.997.617.991	1.898.277.355	43.598.099.340.636	85.865.582.953.345
17	88.507.995.164.522	1.955.225.676	88.506.039.938.846	174.371.622.892.191
18	179.671.230.183.980	2.013.882.446	179.669.216.301.534	354.040.839.193.725
19	740.407.172.465.164	2.074.298.920	740.405.098.166.244	1.094.445.937.359.970
20	740.407.172.465.164	2.136.527.887	740.405.035.937.277	1.834.850.973.297.250
21	1.503.026.560.104.280	2.200.623.724	1.503.024.359.480.560	3.337.875.332.777.800
22	3.051.143.917.011.690	2.266.642.436	3.051.141.650.369.260	6.389.016.983.147.060
23	6.193.822.151.533.740	2.334.641.709	6.193.819.816.892.030	12.582.836.800.039.100
24	12.573.458.967.613.500	2.404.680.960	12.573.456.562.932.500	25.156.293.362.971.600
25	25.524.121.704.255.400	2.476.821.389	25.524.119.227.434.000	50.680.412.590.405.600
Toplam	50.680.496.131.502.400	83.541.096.778	50.680.412.590.405.600	

Tablo 2.8 incelendiğinde 25 yıl boyunca toplam 50.680.496.131.502.400 TL'lik elektrik alımı için bütçeden harcama yapılmadığı, ancak santralin toplam maliyetinin (sermaye ve işletme maliyeleri toplamı) 40.336.394.432 TL olarak gerçekleştiği görülmekte olup, santralin ekonomik ömrünü tamamladığı 25. yılın sonunda 50.680.412.590.405.600 TL'lik net tasarruf sağladığı görülmektedir. Sermaye maliyeti olarak hesaplanan 39.117.962.432 TL'nin ise 5 ila 6. yılında kendini amorti ettiği görülmektedir. Tablodaki tutarlar, cari değerler esas alınarak hesaplanmıştır. Ancak bir yatırımın karlılığı hesaplanırken, nakit akışlarının bugünkü değerlerine indirgeyerek

değerlendirilmesi daha doğru bir sonuç verecektir. Bu çerçevede aşağıdaki tabloda yer alan tutarlar net bugünkü değer¹ formülü ile hesaplanmıştır.

Tablo 2.9. Rüzgâr Kurulu Gücünün Nakit Giriş ve Çıkışlarının Net Bugünkü Değerleri

Yıl	Nakit Girişi	Nakit Çıkışı	Net	Kümülatif Net
0	0	39.117.962.432	-39.117.962.432	-39.117.962.432
1	1.064.255.484	1.024.408.946	39.846.538	-39.078.115.894
2	894.783.491	861.282.114	33.501.377	-39.044.614.517
3	752.298.210	724.131.590	28.166.619	-39.016.447.897
4	632.502.278	608.820.910	23.681.368	-38.992.766.529
5	567.775.833	511.872.297	55.903.536	-38.936.862.993
6	477.363.236	430.361.777	47.001.460	-38.889.861.533
7	401.347.937	361.830.988	39.516.950	-38.850.344.583
8	337.437.310	304.213.038	33.224.272	-38.817.120.311
9	283.703.809	255.770.168	27.933.641	-38.789.186.670
10	238.526.828	215.041.339	23.485.489	-38.765.701.181
11	200.543.827	180.798.166	19.745.661	-38.745.955.520
12	168.609.237	152.007.875	16.601.363	-38.729.354.157
13	141.759.910	127.802.148	13.957.763	-38.715.396.394
14	119.186.069	107.450.940	11.735.129	-38.703.661.265
15	100.206.885	90.340.457	9.866.428	-38.693.794.838
16	84.249.945	75.954.647	8.295.298	-38.685.499.539
17	70.833.988	63.859.633	6.974.355	-38.678.525.184
18	59.554.387	53.690.628	5.863.759	-38.672.661.425
19	50.070.949	45.140.935	4.930.015	-38.667.731.410
20	42.097.654	37.952.694	4.144.959	-38.663.586.451
21	35.394.025	31.909.109	3.484.916	-38.660.101.535
22	29.757.882	26.827.904	2.929.978	-38.657.171.556
23	25.019.239	22.555.830	2.463.409	-38.654.708.148
24	21.035.176	18.964.041	2.071.136	-38.652.637.012
25	17.685.536	15.944.208	1.741.328	-38.650.895.684
Toplam	6.815.999.128	45.466.894.812	-38.650.895.684	

Not: Nakit Girişi ve Nakit Çıkışı kısmındaki değerler, 2017-2021 yılları arasındaki ortalama yıllık TÜFE oranı kullanılarak elde edilmiştir. (%18,94)

Net bugünkü değerlerin yer aldığı Tablo 2.9'a göre santrallerin sermaye yatırımlarını amorti etmediği görülmektedir.

¹ NBD= $C_n / (1+i)^n$ formülü ile bulunmaktadır.

NBD: Net Bugünkü Değer, C_n: n yılındaki para giriş veya çıkış tutarı, İ: İskonto (enflasyon) oranı

2.2. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ

İnsanoğlu Güneşten gelen ışınların sahip olduğu enerjiyi günümüze kadar farklı şekillerde kullanmıştır. Günümüzde en yaygın kullanım şekilleri arasında elektrik üretimi ve su ısıtma yer almaktadır. Bu bölümde güneş enerjisinden elektrik üretimi üzerinde durulacak ve merkezi yönetim kapsamındaki kamu idarelerinin elektrik ihtiyaçları için kurulacak güneş enerji santrallerinin maliyet analizi yapılacaktır.

2.2.1. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretme Teknolojisi

Güneş enerjisinden elektrik üretme yöntem ve teknolojilerinden olan güneş pili sistemleri (fotovoltaik) ve yoğunlaştırıcı güneş sistemleri aşağıda detaylı olarak incelenmektedir.

2.2.1.1. Güneş Pili (Fotovoltaik–PV) Sistemleri

Fotovoltaik hücrelerin yüzeylerine gelen güneş ışığı uçlarında elektrik gerilimi oluşturmaktadır. Oluşan elektrik gerilimi başka bir işleme gerek kalmadan elektrik enerjisine dönüşmektedir. Fotovoltaik hücreler yapılarına bağlı olarak %5 ile %30 arasında bir verimle çalışmaktadır. Güneş hücreleri birbirine bağlanarak oluşturduğu modüle fotovoltaik modül adı verilmektedir. Bu modüller, ihtiyaç duyulan güç miktarına göre bağlanarak GES’ler kurulmaktadır (Mevlana Kalkınma Ajansı [MEVKA], 2010).

Fotovoltaik sistemlerin kurulmasının ve kullanılmasının kolay olması, işletme ve bakım maliyetlerinin düşük olmasını sağlamaktadır. Ayrıca güvenli, ekonomik, atık çıkarmayan ve kolaylıkla bulunabilen kaynak sağlaması sistemin öne çıkan en önemli avantajları olmaktadır (DEK_TMK, 2009).

2.2.1.2. Yoğunlaştırıcı Güneş Sistemleri (CSP)

Yoğunlaştırıcı güneş sisteminde, güneşten gelen ışık çeşitli yöntemlerle ısıya çevrilerek elektrik üretilmektedir. Güneş ışığını ısıya çeviren sistemler aşağıda işlenmektedir.

- Parabolik Oluk Sistemleri

Yoğunlaştırıcı güneş enerji sistemleri içinde en yaygın kullanılan güneş enerji sistemi parabolik oluk sistemidir. Sistem, kolektörün odağında bulunan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban borunun üzerine güneş ışınlarının odaklanması şeklinde çalışmaktadır. Siyah boruda toplanan ısı, yağ veya su dolaştırılarak enerji santraline gönderilmekte ve böylece elektrik üretilmektedir. Bu sistem yüksek yoğunlaştırma yaptığı için 350-400°C sıcaklığa ulaşabilmektedir (YEGM, 2021).

- Parabolik Çanak Sistemleri

Parabolik çanak kolektörleri, bünyesinde bulunan aynalar aracılığıyla güneş ışınlarını noktasal olarak odaklarında toplamaktadır. Sistemin odak noktasında stirling motoru bulunmaktadır. Stirling motoru, üzerinde toplanan ısı enerjisini elektrik üretimi için gerekli olan mekanik enerjiye dönüştürmektedir. Bu sistem elektrik üretimi dışında buhar ve sıcak hava üretimi için kullanılmaktadır (Güçlüer, D., 2010).

Parabolik çanak sisteminin diğer yoğunlaştırıcı sistemlere kıyasla ısı kaybının olmaması, güneş yoğunlaştırma oranının daha yüksek olması sistemin öne çıkan avantajları olarak kabul edilmektedir. Kullanılan stirling motorunun az üretilmesi ve 10 kW'lık kurulu güç için 1 milyon Euro gerektirmesi sistemin yaygın olarak kullanılması önündeki engeller olarak görülmektedir (YEGM, 2021).

- Güç Kulesi

Güç kulesi sisteminde güneşten gelen ışınlar, heliostat adı verilen aynalar yardımıyla kule üzerindeki bir toplayıcının üzerine yoğunlaştırılır. Kuledeki toplayıcının topladığı sıcaklık, içinde dolaştırılan tuzlu eriyiğe aktarılmaktadır. Bu yolla tuzlu eriyikte oluşan ısı enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülmek üzere buhar türbini veya jeneratör sistemine gönderilmektedir. Böylece elektrik üretimi gerçekleşmiş olacaktır. Sistemin öne çıkan özelliği, ısıyı uzun süre elektrik enerjisi üretmeden muhafaza edebilmesidir (DEK-TMK, 2009).

2.2.2. Güneş Enerji Santrali Maliyet Analizi

Merkezi yönetim kapsamındaki kamu idarelerinden, güneş enerji potansiyeli yüksek olan illerde bulunanların elektrik ihtiyaçlarını karşılamak üzere, güneş enerji

santrali kurulması durumunda katlanılacak maliyetleri tespit etmek üzere yapılan maliyet analizi aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

2.2.2.1. Sermaye Maliyetleri

Santralin işletmeye açılmasına kadar geçen süreçte yapılan makine-teçhizat, bina alımları ile sigorta, etüt çalışması gibi harcamalarının hepsi sermaye maliyeti olarak nitelendirilmektedir. Tablo 2.10'da fotovoltaik teknolojiye sahip ve 1 MW kurulu gücünde kurulacak güneş enerji santrali maliyetlerinin hangi bileşenlerden oluştuğu ve bunların maliyetlerine ilişkin veriler gösterilmektedir.

Tablo 2.10. 1 MW Kurulu Güce Sahip Güneş Enerji Santrali İçin Sermaye Maliyeti (KUZKA, 2021)

YATIRIM UNSURLARI	TUTAR (USD)
Etüt ve Proje Giderleri	10.500
İnşaat Harcamaları	200.000
Makine ve Teçhizat Giderleri	1.186.000
İşletmeye Alma Giderleri	10.000
Genel Giderler	10.000
Beklenebilecek Farklar	10.000
TOPLAM YATIRIM TUTARI	1.426.500

Tablo incelendiğinde, 1 MW kurulu gücünde güneş enerji santrali kurulum maliyetinin 1.426.500 USD olduğu görülmektedir. Söz konusu maliyetin yaklaşık %83'ünü makine ve teçhizat alımları oluşturmaktadır. Santrallerin kamu arazilerine inşa edileceği varsayıldığı için 20 dönüm arsa ve arazi giderleri, maliyet kalemleri arasına dahil edilmemiştir. Söz konusu sermaye maliyetine karşılık santrallerden 25 yıl boyunca elektrik enerjisi sağlanacaktır.

2.2.2.2. İşletme Maliyetleri

Güneş enerji santrali kurulduktan sonra santralin işletilmesi sürecinde yapılacak giderler işletme maliyeti olarak nitelendirilmektedir. Bu giderler arasında personel ücret ödemeleri, bakım-onarım giderleri gibi harcama kalemleri yer almaktadır. Aşağıdaki tabloda, 1 MW kurulu güce sahip güneş enerji santrali için yapılacak işletme giderlerinin nelerden oluştuğu ve bunların yıllık tutarlarına ilişkin veriler gösterilmektedir.

Tablo 2.11. 1 MW Kurulu Güce Sahip Güneş Enerji Santrali İçin Yıllık İşletme Maliyeti (KUZKA, 2021)

GİDER UNSURLARI	TUTAR (USD)
Sistem kullanım Bedeli	6.202
Sistem İşletim Bedeli	210
Sigorta	3.500
İşçilik ve Personel	7.500
Bakım-Onarım	5.000
Genel Giderler	2.500
Beklenebilecek Farklar	5.000
TOPLAM	29.912

Tablo incelendiğinde 1 MW kurulu güce sahip güneş enerji santralinin işletilmesi sürecinde yıllık maliyet 29.912 USD'dir. Maliyetlerin %43'ünün bakım ve onarım ile işçi ve personel kalemlerinden oluştuğu görülmekte olup, bu durumun sektörde istihdam ve katma değer oluşturacağı değerlendirilmektedir.

2.2.2.3. Merkezi Yönetim Kapsamındaki Kamu İdareleri İçin Güneş Enerji Santralinin Maliyet Analizi

Güneş enerji santrali için yapılacak maliyet analizinde öncelikle toplam yatırım maliyeti bulunacaktır. Daha sonra santrallerin devreye girmesiyle bütçeden yapılmayacak elektrik harcamalarının, yatırım maliyetini kaç yılda amorti edeceği bulunacaktır. Söz konusu hesaplamalar aşağıda aşama aşama anlatılmaktadır.

GEPA ve Türkiye'de GES kurulabilecek alanlar haritası kullanılarak belirlenen illerde yer alan merkezi yönetim kapsamındaki kamu idarelerinin 2021 yılı elektrik harcamaları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Ayrıca aşağıdaki tabloda yer alan harcama tutarlarının kWh cinsinden değeri bulunarak, güneş enerji santrali kurulu gücünün tespitinde kullanılacaktır. Bu amaçla yapılacak hesaplama ise ilgili ilin TL cinsindeki harcama tutarının, 1 kWh elektriğin TL cinsindeki değerine oranlanmasıyla bulunmaktadır. Söz konusu hesaplamaların yapıldığı tablo aşağıda yer almaktadır.

Tablo 2.12. Merkezi Yönetim Kapsamındaki Kamu İdarelerinin 2021 Yılı Elektrik İhtiyacının kWh Cinsinden İllere Göre Dağılımı (MUHASEBAT, SGB, 2021)

	Diyarbakır	Gaziantep	Konya	Mardin	Nevşehir	Şanlıurfa	Aksaray	Karaman	TOPLAM
Yıllık Elektrik İhtiyacı (kWh)	155.666.577	86.874.023	101.591.155	56.850.100	16.867.344	198.337.296	14.378.802	12.676.069	643.241.366
Yıllık Üretim (kWh)	170.034.491	94.892.434	110.967.946	62.097.324	18.424.188	216.643.688	15.705.955	13.846.061	702.612.087

Not: 1 kWh elektrik tutarı 0,9155 TL olarak alınmıştır.

Tablo 2.12 incelendiğinde belirlenen dokuz ilin elektrik ihtiyacının 702.612.087 kWh olduğu ve bunun için 2021 yılında 643.241.366 TL harcama yapıldığı görülmektedir. Söz konusu illerin elektrik ihtiyacını şebekeden satın almak yerine güneş enerjisi ile karşılayabilmesi için gerekli olan kurulu güç, ilgili ilin elektrik ihtiyacının 1 MW kurulu güç ile üretilebilecek elektrik miktarına oranlanmasıyla bulunmaktadır. Bu çerçevede, elektrik ihtiyacını karşılamak üzere ne kadar kurulu güç gerektiği aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 2.13. İllerin İhtiyaç Duydukları Elektrik Karşılacak GES Kurulu Güç Miktarı

	Diyarbakır	Gaziantep	Konya	Mardin	Nevşehir	Şanlıurfa	Aksaray	Karaman	TOPLAM
Yıllık Elektrik İhtiyacı (kWh)	170.034.491	94.892.434	110.967.946	62.097.324	18.424.188	216.643.688	15.705.955	13.846.061	702.612.087
Yıllık Üretim (kWh)	106.000	261.000	1.408.000	33.000	135.000	384.000	96.000	102.000	2.525.000
Kurulu Güç Miktarı (MW)	1.604	364	79	1.882	136	564	164	136	4.928

Tablo 2.13 incelendiğinde illerin 702.612.087 kWh'lik enerji ihtiyacının toplam 4.928 MW kurulu güçle karşılanabileceği görülmektedir. İller arasındaki yıllık üretim farkının nedeni illerdeki yıllık güneşlenme saati ve güneşten gelen radyasyonların atmosferde tutulma farklarından kaynaklanmaktadır. Tabloda görüldüğü üzere birim kurulu güçle en fazla elektrik üretilebilecek il Konya iken, en fazla kurulu güç gerektiren il Şanlıurfa'dır. İl bazında bulunan güneş kurulu güç miktarının sermaye maliyeti; kurulu güç miktarı, 1 MW kurulu güç maliyeti ve dolar kurunun çarpılması sonucu bulunmaktadır. Söz konusu hesaplamaların yapıldığı toplam sermaye maliyeti tablosu aşağıda yer almaktadır.

Tablo 2.14. İllerde Kurulacak GES'lerin Toplam Sermaye Maliyetleri

	Diyarbakır	Gaziantep	Konya	Mardin	Nevşehir	Şanlıurfa	Aksaray	Karaman	TOPLAM
Kurulu Güç Miktarı (MW)	106	261	1.408	33	135	384	96	102	2.525
Toplam Sermaye Maliyeti	1.262.595.150	3.108.842.775	16.771.075.200	393.072.075	1.608.022.125	4.573.929.600	1.143.482.400	1.214.950.050	30.075.969.375

Not: 1MW kurulu güç sermaye maliyeti 1.426.500 \$, dolar kuru 8,35 TL olarak alınmıştır.

Tabloda iller için hesaplanan sermaye maliyetlerinin toplamı 30.075.969.375 TL olarak hesaplanmıştır.

İllerde kurulacak güneş enerji santrallerinin yukarıda hesaplanan sermaye maliyetinin yanında santralin işletilmesi sürecinde her yıl yapılması gereken işletme maliyetleri de bulunmaktadır. Söz konusu yıllık işletme maliyetleri ise; ilin ihtiyaç duyduğu kurulu güç miktarı, 1 MW kurulu güç için hesaplanan yıllık işletme maliyeti ile dolar kurunun çarpılması sonucu bulunmaktadır. Söz konusu hesaplamanın yapıldığı tablo aşağıda yer almaktadır.

Tablo 2.15. İllerde Kurulacak GES'lerin Toplam İşletme Maliyetleri

	Diyarbakır	Gaziantep	Konya	Mardin	Nevşehir	Şanlıurfa	Aksaray	Karaman	TOPLAM
Kurulu Güç Miktarı (MW)	106	261	1.408	33	135	384	96	102	2.525
Toplam İşletme Maliyeti	26.475.111	65.188.717	351.669.402	8.242.252	33.718.302	95.909.837	23.977.459	25.476.050	630.657.130

Not: 1MW kurulu güç sermaye maliyeti 29.912 \$, dolar kuru 8,35 TL olarak alınmıştır.

Tabloda iller için hesaplanan işletme maliyetleri toplamı 630.657.130 TL olmaktadır. Söz konusu tutar santraller için yıllık yapılacak giderleri göstermekte olup, nakit akış tablosunda birinci yılın nakit çıkış kısmında yer almaktadır. Nakit çıkışları kısmında ilk yıldan sonraki yıllarda yer alan tutarlar da işletme maliyetini ifade etmektedir. Ancak işletme maliyetleri de yıllar itibariyle sektörde yer alan fiyat ve ücret artışlarından etkileneceği için, bu durumlar göz önüne alınarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan 30.075.969.375 TL'lik sermaye maliyeti ile 630.657.130 TL işletme maliyetinin 25 yıllık değerinin (15.766.428.250) toplamı, illerin toplam elektrik ihtiyaçları için hesaplanan 702.612.087 kWh enerjinin 25 yıllık değerine (17.565.302.175) oranlanmasıyla rüzgâr enerjisinden 1 kWh elektrik üretmenin birim maliyeti 2,609 TL olarak bulunmaktadır.

Güneş enerji santralının maliyet analizi yapılırken hesaplamalarda kullanılan kriterler aşağıda yer almaktadır.

Tablo 2.16. Güneş Enerjisi İçin Kabul Edilen Parametreler

Parametre	Değer
Para Birimi	TL
Sistem Ömrü(1)	25 yıl
Enflasyon Oranı(2)	18,94%
İşletim ve bakım maliyetleri yıllık artış oranı(1)	3,00%
Elektrik fiyatlarının yıllık artış oranı(3)	23.4%
Dolar Kuru(4)	8,35
Yıllık Faiz Oranı(5)	14%
Panellerin Yıllık Verim Kaybı	0.4%
1-Kurumlarda şifahen görüşülerek alınan parametreler	
2-2017-2021 yılları arasındaki TÜFE oranı kullanılarak elde edilmiştir.	
3- 2021 yılı elektriğin fiyat artış oranı	
4- 07.09.2021 tarihi sonundaki TCMB kuru	
5- Hazine Müsteşarlığından alınmıştır.	

Santrallerde üretilen enerjilerin iç tüketimde kullanımı sonucu vergi doğmadığı için, yapılacak maliyet analizinde vergiden arındırılmış birim maliyet esas alınarak hesaplama yapılacaktır. Nakit girişi kısmında birinci yıldan sonraki yıllarda yer alan tutarlar da santrallerin getirisini ifade etmektedir. Ancak yıllık fiyat artışları dikkate alındığı için sonraki yıllarda yer alan tutarlar önceki yıl veya yıllara kıyasla farklı olmaktadır. Nakit çıkışı kısmında ise yıllık verim kaybı hesaplamalara dahil edilmiştir. Yukarıdaki hesaplamalar ve parametreler kullanılarak hazırlanan nakit akış tablosu aşağıda yer almaktadır.

Tablo 2.17. Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücünün Nakit Akış Tablosu

Yıl	Nakit Girişi	Nakit Çıkışı	Net	Kümülatif Toplam
0	0	30.075.969.375	-30.075.969.375	-30.075.969.375
1	545.119.802	630.657.130	-85.537.328	-30.161.506.703
2	670.497.356	649.576.844	20.920.513	-30.140.586.190
3	824.711.748	669.064.149	155.647.599	-29.984.938.591
4	1.014.395.451	689.136.074	325.259.377	-29.659.679.214
5	1.247.706.404	709.810.156	537.896.248	-29.121.782.966
6	1.534.678.877	731.104.461	803.574.417	-28.318.208.549
7	1.887.655.019	753.037.594	1.134.617.425	-27.183.591.125
8	2.321.815.673	775.628.722	1.546.186.951	-25.637.404.174
9	2.855.833.278	798.897.584	2.056.935.694	-23.580.468.479
10	3.512.674.932	822.864.511	2.689.810.421	-20.890.658.059
11	4.320.590.167	847.550.447	3.473.039.720	-17.417.618.339
12	5.314.325.905	872.976.960	4.441.348.945	-12.976.269.394
13	6.536.620.863	899.166.269	5.637.454.594	-7.338.814.800
14	8.040.043.661	926.141.257	7.113.902.404	-224.912.396
15	9.889.253.704	953.925.495	8.935.328.209	8.710.415.813
16	12.163.782.055	982.543.260	11.181.238.796	19.891.654.609
17	14.961.451.928	1.012.019.557	13.949.432.371	33.841.086.980
18	18.402.585.872	1.042.380.144	17.360.205.728	51.201.292.707
19	22.635.180.622	1.073.651.548	21.561.529.074	72.762.821.781
20	27.841.272.165	1.105.861.095	26.735.411.070	99.498.232.851
21	34.244.764.763	1.139.036.928	33.105.727.835	132.603.960.686
22	42.121.060.659	1.173.208.036	40.947.852.623	173.551.813.310
23	51.808.904.610	1.208.404.277	50.600.500.334	224.152.313.643
24	63.724.952.671	1.244.656.405	62.480.296.266	286.632.609.909
25	78.381.691.785	1.281.996.097	77.099.695.688	363.732.305.596
Toplam	416.801.569.970	53.069.264.374	363.732.305.596	

Not: Elektrik fiyatlarındaki artış bir önceki yıl (2020) esas alınarak tablo hazırlanmıştır. TÜFE (%23)

Tablo 2.17 incelendiğinde 25 yıl boyunca toplam 416.801.569.970 TL’lik elektrik alımı için bütçeden harcama yapılmadığı, ancak santralin toplam maliyetinin (sermaye ve işletme maliyeleri toplamı) 30.706.626.505 TL olarak gerçekleştiği görülmekte olup, santralin ekonomik ömrünün tamamladığı 25. yılın sonunda net tasarruf sağladığı görülmektedir. Sermaye maliyeti olarak hesaplanan 30.075.969.375 TL’nin ise 14 ila 15. yıl arasında kendini amorti ettiği görülmektedir. Tablodaki tutarlar, cari değerler esas alınarak hesaplanmıştır. Ancak bir yatırımın karlılığı hesaplanırken, nakit akışlarının bugünkü değerlerine indirgeyerek değerlendirilmesi daha doğru bir sonuç verecektir. Bu çerçevede aşağıdaki tabloda yer alan tutarlar net bugünkü değer formülü ile hesaplanmıştır.

Tablo 2.18. Güneş Enerji Santrali Kurulu Gücünün Nakit Giriş ve Çıkışlarının Net Bugünkü Değerleri

Yıl	Nakit Girişi	Nakit Çıkışı	Net	Kümülatif Toplam
0	0	30.075.969.375	-30.075.969.375	-30.075.969.375
1	545.119.802	553.208.008	-8.088.206	-30.084.057.581
2	441.750.245	461.753.848	-20.003.603	-30.104.061.184
3	357.982.370	385.418.528	-27.436.158	-30.131.497.342
4	290.099.165	321.702.661	-31.603.496	-30.163.100.837
5	235.088.465	268.520.049	-33.431.585	-30.196.532.422
6	190.509.291	224.129.377	-33.620.086	-30.230.152.508
7	154.383.542	187.077.194	-32.693.653	-30.262.846.160
8	125.108.219	156.150.332	-31.042.114	-30.293.888.274
9	101.384.294	130.336.177	-28.951.883	-30.322.840.157
10	82.159.071	108.789.516	-26.630.444	-30.349.470.602
11	66.579.474	90.804.863	-24.225.389	-30.373.695.990
12	53.954.193	75.793.362	-21.839.169	-30.395.535.160
13	43.723.009	63.263.503	-19.540.494	-30.415.075.654
14	35.431.936	52.805.031	-17.373.095	-30.432.448.749
15	28.713.076	44.075.512	-15.362.436	-30.447.811.185
16	23.268.295	36.789.123	-13.520.828	-30.461.332.013
17	18.855.993	30.707.291	-11.851.298	-30.473.183.311
18	15.280.383	25.630.883	-10.350.500	-30.483.533.810
19	12.382.806	21.393.687	-9.010.880	-30.492.544.691
20	10.034.689	17.856.967	-7.822.278	-30.500.366.968
21	8.131.839	14.904.924	-6.773.085	-30.507.140.053
22	6.589.821	12.440.901	-5.851.080	-30.512.991.133
23	5.340.211	10.384.220	-5.044.009	-30.518.035.142
24	4.327.562	8.667.542	-4.339.980	-30.522.375.122
25	3.506.938	7.234.658	-3.727.720	-30.526.102.842
Toplam	2.859.704.690	33.385.807.531	-30.526.102.842	
Not: Nakit Giriş ve Çıkış kısmındaki değerler bir önceki yıl (2020) TÜFE oranı kullanarak elde edilmiştir. (%23,4)				

Net bugünkü değerlerin yer aldığı yukarıdaki tabloya göre santrallerin sermaye yatırımlarını amorti etmediği görülmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ ÖNEMİ

Çalışmanın bu bölümünde, yenilenebilir enerji kaynaklarının sosyo-ekonomik ve çevresel öneminden bahsedilmiştir. Ayrıca Türkiye'nin son dönem yenilenebilir enerji politikaları kısaca açıklanmış ve yenilenebilir enerji kullanımının avantajları ve dezavantajları açıklanmıştır.

3.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINA YÖNELİŞ NEDENLERİ

Enerji, 21. yy'da gelişmişlik aracı olarak görülmekte ve en önemli tüketim maddelerinden biri haline gelmiştir. Gelişmiş ülkelerdeki enerji tüketimi, sürekli artmakta ve gelecekte de enerji tüketimi giderek artacaktır. Bugün artan teknolojik gelişmelerin devam etmesi için enerji tüketimi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Günümüzde tüketilen enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların gelecekte tükenebileceği ve çevreye vermiş oldukları zararlardan dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artırmıştır.

Yeryüzünde fosil yakıtların neden olduğu sera gazlarının çevreye vermiş oldukları zarar ve küresel ısınmadan kaynaklı iklim değişikliklerine neden olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini artırmıştır. Çevreyi korumak ve doğal dengeyi sağlamak ve artan talep karşısında enerji arzının sürekliliğini sağlayabilmek adına yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının işlenmesi ve kullanılmasının önemi giderek artmaktadır (Ağaçbiçer, G., 2010). İklim değişikliğinin yol açacağı tahribat insanlarda geleceğe yönelik kaygıyı artırmış, gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakabilmek adına çevreci hassasiyet artırmıştır. Fosil kaynakların yakın gelecekte tükenbilme ihtimaline karşın enerjiyi sürekli, güvenilir, daha az maliyetle ve farklı kaynaklardan sağlayabilmek, verimli ve etkin kullanmak daha önenli hale gelmiştir.

Alternatif enerji kaynaklarını, yenilenebilir enerji kaynakları ile nükleer enerji oluşturmaktadır. Nükleer enerji aslında yenilenemez enerji kaynakları gibi tükenir kaynaklardan biri olmasına rağmen bu gruba dahil edilme nedeni, nükleer güç santrallerinin gerekli önlemler alınarak işletilmesi durumunda, yenilenebilir enerji kaynakları gibi havayı ve çevreyi kirletmemesidir.

Yenilenemez enerji kaynaklarından biri olan kömür; katı, koyu renkli ve karbon bakımından zengin bir kayaç olup, başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmaktadır. Dünya kanıtlanmış kömür rezervleri toplamı 891.531 milyar tondur.

Diğer bir yenilenemez enerji kaynağı ve petrol türevi olan doğalgaz; yanıcı, havadan hafif, renksiz ve kokusuz bir gazdır. Diğer bir kaynak olan petrolün ise oluşumu milyonlarca yıl sürmektedir. Petrolün 80 bine yakın kullanım alanının bulunması petrolün insan yaşamındaki önemini artırmaktadır.

Görüldüğü gibi yenilenemez enerji kaynaklarının rezervlerinin gelecekte tükeneceği aşîkârdır. Bu durum birincil enerji tüketimi içinde %86'lık gibi yüksek kullanıma sahip olan bu kaynakların yerine rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerji, biyokütle enerji, dalga enerjisi ve nükleer enerji gibi alternatif kaynaklarının kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Alternatif enerji kaynaklarından biri olan rüzgâr enerjisi, kaynağını güneşin yer yüzeyini ve atmosferi eşit ısıtmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından oluşan hava akımının yer değıştirmesi ile meydana gelen rüzgârdan almaktadır. Rüzgârdan önceleri yelkenli gemileri hareket ettirmek için yararlanılırken, zamanla yel değirmenlerinin ortaya çıkmasıyla birlikte buğday gibi tahılların öğütölmesinde kullanılmıştır. Günümüzde ise rüzgâr enerjisinden gelişmiş türbinler vasıtasıyla elektrik elde edilmektedir.

Rüzgâr santralinden elektrik üretmenin önemli avantajlarından biri, işletilirken yakıt maliyetinin olmaması ve buna bağılı olarak işletme maliyetlerinin yok denecek kadar az olmasıdır. Yerli bir kaynak olması nedeniyle enerjide dışa bağımlılığı azaltmaktadır. Karbon emisyon salınımı olmadığı için sera etkisi yaratmamaktadır. Söz konusu avantajlar rüzgâr enerjisini önemli alternatif enerji kaynaklarından biri haline getirmektedir. Avantajları olduğı gibi görsel ve estetik kirliliğe neden olması, gürültü yapması, kuş öölmlerine neden olması, radyo ve televizyon alıcılarında parazitler oluşturması ve enerji üretiminin rüzgârın esmesine bağılı olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

Öte yandan, yenilenebilir enerji sektöründe en fazla istihdam alanı güneş enerji sektöründe bulunmaktadır. Uluslararası yenilenebilir enerji ajansının (IRENA) verilerine

göre dünya genelinde güneş enerjisinden elektrik üretimi, 3,1 milyon kişiye istihdam sağlamakta olup, en fazla istihdamın sağlandığı ülkeler sırasıyla Çin (1.962.000), ABD (241.900), Hindistan (120.900)'dır. Türkiye'de ise güneş enerjisi ile ısıtma ve soğutma sektöründe 16.600 kişiye, fotovoltaik alanında 12.700 kişiye iş imkânı sunulmaktadır.

Hidroelektrik enerji, belirli yükseklikte ve hızda oluşan suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi sonucu oluşmaktadır. Hidroelektriğin kaynağı olan su, dünya üzerinde 1,4 milyar km³ bulunmaktadır. Türkiye'nin ise toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 183 milyar m³ olarak hesaplanmaktadır. Ancak bu potansiyelin 94 milyar m³'lük kısmı, günümüz teknik ve ekonomik şartlara uygun olarak değerlendirilebilir durumdadır. Söz konusu su potansiyeli ile Türkiye'nin brüt teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh, teknik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyeli 216 milyar kWh, ekonomik potansiyeli ise 158 milyar kWh/yıl olarak hesaplanmaktadır. Türkiye'nin teknik olarak değerlendirilebilir hidroelektrik potansiyeli dünya teorik potansiyelinin %1,5'i, Avrupa potansiyelinin ise %17,6'sıdır. Bu veriler ışığında Türkiye'nin su kaynağının ve potansiyelinin yüksek olduğu söylenebilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında kurulu gücü en yüksek olan ve buna bağlı olarak en fazla enerji üretilen sektör hidroelektriktir. Hidroelektrik enerjinin daha fazla ilgi çekmesinin öne çıkan nedenleri; santrallerde tutulan suyun istenildiğinde bırakılarak elektrik üretilmesi sayesinde enerji arz ve talebinin uyumlaştırılabilmesi, santralden elde edilen verimin %90 ila %95 oranında yüksek olması ve ayrıca taşkın koruması, kuraklık yönetimi, sulama gibi makroekonomik faydalar sağlaması şeklinde özetlenebilir. Ancak yapımı için büyük sermayeler gerektirmesi, doğal yaşamı yok etmesi, yeraltı sularını azaltması, doğal gölleri kurutması ve santralin yapılacağı yer yerleşim yeri olması durumunda bölgede yaşayan insanların yer değiştirmesine neden olması veya tarımsal faaliyetlerin sürdürüldüğü yer olması durumunda ekonomik kayıplara neden olması hidroelektrikten daha fazla yararlanmanın önündeki engeller olarak gösterilmektedir.

Hidroelektrik santrali için kurulan barajların elektrik üretimi dışında taşkınların önlenmesi ile artan nüfusun su ihtiyacının karşılanması gibi iki önemli fonksiyonu daha bulunmaktadır. Türkiye'de kurulan 68 baraj ile 477.550 hektarlık alan taşkınlardan korunmaktadır. Ayrıca Türkiye'de kurulan barajlar ile 2030 yılında 100 milyon olacağı tahmin edilen ülke nüfusunun artan su ihtiyaçları da karşılanmış olacaktır.

Alternatif enerji kaynaklarından bir diğeri olan nükleer enerji ise, ağır atom çekirdeklerinin parçalanması (filyon) ve yüksek sıcaklıkta birleşmesi (füzyon) sonucu oluşan büyük miktardaki enerjidir. Yirminci yüzyılın başlarında başlayan nükleer bilimsel çalışmaları, 1951'de ABD'de ilk defa elektrik üretim amacıyla kullanılmaya başlanmıştır.

Alternatif enerji kaynakları arasında yer alan nükleer enerjinin kaynağını tükenir kaynaklardan alması, yenilenebilir enerji kaynaklarından ayrılmasına neden olmaktadır. Ancak diğeri tükenir kaynaklara kıyasla yüksek enerji yoğunluğuna sahip olması güçlü bir enerji kaynağı olduğunu göstermektedir. 1 kg uranyum ile elde edilecek enerjiyi sağlamak için 15 ton petrol veya 14 ton likit doğalgaz gerekmesi, gücünün büyüklüğünü göstermektedir.

Nükleer enerji diğeri alternatif enerji kaynaklarına kıyasla daha az alana ihtiyaç duymaktadır. Örneğin; 900 MW kurulu güce sahip bir nükleer enerji santralinin bir yılda ürettiği elektriği üretmek için güneş enerji panelleri için 70 km²'lik alana ihtiyaç duyulurken, rüzgâr enerjisi için binlerce rüzgâr türbinine ihtiyaç duyulmaktadır.

Nükleer enerjinin önündeki en büyük engel, geçmişte yaşanan nükleer kazaların toplumlarda nükleere karşı bir korku oluşturmastır. Ancak Nisan 2016 itibarıyla dünyada 444 tane nükleer santral işletilmekte iken, 64 tane nükleer santralin de inşaat aşamasında bulunması ülkelerin birçoğunun gelişen teknolojiler ile bu sorunu aştığını göstermektedir. Aktif olarak işletilen santraller dünya elektrik üretiminin %11'ini oluşturmaktadır. Bu üretim ise 583,2 MTEP eşdeğeridir. En fazla santrale ve dolayısıyla en fazla üretime sahip olan ülke ABD'dir. Ancak ülkenin elektrik üretimi içinde nükleer enerji payının en fazla olduğu ülke Fransa'dır.

Türkiye'nin 9.129 ton görünür uranyum, 380.000 ton da görünür toryum rezervlerine sahip olması bu alanda potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak birçok girişimde bulunulmasına rağmen, henüz nükleer enerjiden enerji üretebilen santral kurulamamıştır. Günümüzde imzaları atılan Sinop Nükleer Güç Santrali ile Akkuyu Nükleer Güç santrali projeleri bulunmaktadır.

Akkuyu Nükleer Güç Santrali projesi için Türkiye ile Rusya arasında 2010 tarihinde anlaşma yapılmıştır. Bu anlaşma gereği %100 Rus sermaye ile kurulacak santralin ürettiği elektrik için Türkiye 15 yıl alım garantisi vermiştir. Toplam 4.800 MW kurulu güce sahip

olacak projeden yılda 40 milyar kWh elektrik üretilerek, 8 milyar m³'lük doğalgaz ithalatı azaltılacaktır. Sinop Nükleer Güç Santrali projesi için ise Türkiye ile Japonya arasında 2013 yılında anlaşma yapılmıştır. Bu anlaşma gereği özsermayenin %51'i Japon tarafı, %49'unu Türk tarafı nakit olarak karşılayacaktır. Toplam 4.480 MW kurulu güce sahip olarak kurulacak santralin 60 yıl ömrünün olacağı öngörülmüştür.

Nükleer enerjinin sağladığı yoğun miktarda güçlü enerjiye ek olarak istenildiği zaman enerji üretebilmesi önemli özellikleri olarak görülmektedir. Ayrıca nükleer teknolojinin enerji sektörü dışında tıpta, tarımda, sanayide, gıda güvenliğinde kullanımı gibi çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Bu özellikler nükleer teknolojinin stratejik önemini göstermektedir.

Biyokütle enerji; kentsel atıklar, bitkisel yağ ve tarımsal hasat atıkları dahil olmak üzere tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünler ile atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynakları ve sanayi atık çamurları ile arıtma çamurlarını ifade etmektedir. Başlarda sadece ısınmak için kullanılan biyokütle enerji, günümüzde biyodizel, biyoetanol ve biyogaz gibi biyoyakıtlara dönüştürülerek de kullanılmaktadır.

Biyokütle enerji kullanımı sonucu karbon salınımı gerçekleşmesine rağmen, bu kaynağın yenilenebilir enerji olarak nitelendirilmesinin nedeni doğada kısa zamanda gerçekleşen döngüye sahip olması ile sürekli olarak tedarik edilebilmesidir. Örneğin; fotosentez yapan bir bitki karbondioksit emerek havada tutulan karbonu azaltmaktadır. Daha sonra bitkinin yakılarak enerjiye dönüşmesi sonucu daha önce atmosferden alınan karbondioksit tekrar atmosfere dönecektir. 34,0 MTEP biyokütle enerji potansiyeli olan Türkiye biyokütle kaynağından yararlanarak hem havasındaki doğal sürecin korunmasını sağlayacak hem de enerji ithalatını azaltabilecektir.

Ülkemizin stratejik konumuna bakıldığında yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla istifade edilmeye başlandığı görülmektedir. Son dönemlerde yenilenebilir enerji alanlarındaki yatırımlar sayesinde enerji üretimi artmakla birlikte, enerji şirketlerinin teknolojik altyapılarının da gelişmesine katkı sunmaktadır.

3.1.1. Enerji Arzının Sürekliliği

Fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar ve arzının kısıtlı olmasından dolayı hem sağlık sorunlarına hem de enerji de dışa bağımlılığa neden olacaktır. Fosil yakıtların gelecekte tükenme gibi bir sorunla karşı karşıya kalma ihtimali de yüksektir. Bu sorun gelecekte enerjiye ulaşmada insanlar için olumsuz bir durum olarak ortaya çıkacaktır. Enerjiye olan talebin artması özellikle gelişmiş ülkelerde enerjiye olan ihtiyacı artıracaktır. Mevcut kaynakların gelecekteki nüfusa artışı göz önüne aldığımızda talebi karşılamada yetersiz kalacağı ve bundan dolayı da alternatif enerji kaynaklarına yönelmede devletleri zorunlu kılacaktır.

Enerji ithalatının önüne geçilmesi veya gelecekte yaşanabilecek enerji arzındaki sıkıntıların önüne geçebilmek adına bazı önlemler alınmalı ve enerji çeşitliliği artırılmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıyla:

- İthalata bağımlılık azalacak,
- Yerli kaynaklara öncelik verilecek,
- İstihdam artacak,
- Büyüme ve gelişme sağlanacak,
- Enerjinin arz güvenliği artacak,
- Enerji talebini karşılamada sağlanan güvenlik ile enerjiyi kullanan sektörleri olumlu yönde etkileyecek ve yatırım yapmalarını teşvik edecek,
- Üretimde ve tüketimde sağlanan güven ortamı ile istikrar artacak,
- Refah artacaktır.

3.1.2. Sosyal ve Ekonomik Nedenler

Yenilenebilir kaynaklarının üretiminin ve kullanımının artması, istihdamı artıracaktır. Bu tesislerin kurulmasında ve üretim faaliyetlerinde işgücüne ihtiyaç doğacağından, personel istihdamı sayesinde o bölgede işsizlik oranı düşecektir. Böylelikle bölgeler arasındaki ekonomik eşitsizlikte azalmasına katkı sağlayacaktır (Savrul, M., Y.L. Tezi 2010).

Fosil yakıtların aksine çevreye karşı daha doğal olan yenilenebilir enerji kaynakları vatandaşlar tarafından desteklenmeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımın

yaygınlaştırılması sağlanmalıdır. Bundan dolayı da yararlarının insanlar tarafından bilinmesi gerekir (Gedik, Ö., 2015).

3.1.3. Çevresel Nedenler

Fosil kaynaklar iklim değişikliğinden kaynaklı birçok çevre sorununa yol açacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları temiz, sürekli ve yerlidir. Temiz ve sürekli olması nedeniye fosil yakıtların yerini almaya başlamıştır. Gelecek nesillere daha yaşanabilir bir çevre bırakabilmek adına yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlar artırılmadır (Ataman, A.,R., 2007).

3.2. TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKASI

Türkiye, 1970’li yılların sonundan itibaren klasik yenilenebilir enerji kaynaklarının dışındaki kaynaklara yönelik politikalar oluşturulmaya başlanmıştır. Son dönemde Petrol fiyatlarının yükselmesi ve fosil kaynakların çevreye verdiği zararların anlaşılması ile birlikte Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarına (jeotermal, güneş ve rüzgâr enerjileri) yönelik yatırımları desteklemek amacıyla birlikte hareket etmiştir. Bu anlayış doğrultusunda, 1983 yılında “2872 sayılı Çevre Kanunu” da yürürlüğe sokularak, çevrenin korunmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin birtakım önlemlerin alınması hedeflenmiştir (Gülay, A.N., 2008).

Son yıllarda çevrenin korunması enerjinin sürekliliği gibi nedenlerden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlar artmaya başlamıştır. Devlet teşviklerinin ve alım garantilerinin verilmesi özel sektör yatırımlarının artmasına neden olmuştur. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından yapılan yasal düzenlemeler sayesinde istikrarlı bir devlet politikasının oluşmasını sağlamaktadır. Son dönemde yapılan hidroelektrik santralleri, Güneş Enerji Sistemleri (GES) ve Rüzgâr Enerji Sistemleri (RES) Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarına verdiği önemi göstermektedir.

3.3. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Enerji kaynaklarını günümüzde en çok fosil kaynaklar kullanarak karşılanmaktadır. Gelecek yıllarda artan nüfusu da düşünürsek fosil kaynaklardan ziyade enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamak durumunda kalınacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına ulaşmanın ve bu anlamda sürdürülebilirliğin sağlanmasının fosil kaynaklara nazaran daha kolay olacağı bilinmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları fosil kaynaklara nazaran doğada yeterli miktarda bulunmaktadır. Dan Chiras, “The Homeowner’s Guide to Renewable Energy” isimli eserine göre yenilenebilir kaynakların avantajlı olduğu yönler aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Chiras, D., 2006).

- Kullanıldıktan sonra tekrar eski haline dönüştüğünden tekrar kullanmak mümkündür. Arzı kısıtlı değildir. Bundan dolayı da fosil kaynakların aksine yenilenebilir enerji kaynaklarında sınırsız faydalanmak mümkündür.
- Birilerinin ya da şirketlerin tekelinde ya da kartelinde olan bir kaynak değildir. Kaynak doğada kendiliğinden bulunduğundan kaynağa ulaşmak bedelsiz bir şekilde ulaşmak mümkündür.
- Birilerinin ya da şirketlerin tekelinde ya da kartelinde olan bir kaynak değildir. Kaynak doğada kendiliğinden bulunduğundan kaynağa ulaşmak bedelsiz bir şekilde ulaşmak mümkündür.
- Doğada bulunduğu için temiz bir enerji kaynağıdır. Emisyon salınımı açısından kirliliğe sebep olmaz.
- Enerjinin elde edilebilmesi açısından teknolojik alt yapının büyük kısmı günümüzde mevcuttur. Yatırımların yeterli miktarda yapılması durumunda maliyetler azalacak, enerji üretimi daha kolay elde edilebilecektir.
- Yenilenebilir enerji teknolojilerinin bazıları, fosil yakıtlara göre daha rekabetçidir. Daha çok kırsal ve gelişme seviyesi düşük olan yerlerde yaygın olan güneş ve rüzgâr gibi kaynakların kullanımı sayesinde hem maliyetler düşmekte hem de gelir dağılımındaki eşitsizlik azalmaktadır.

Bu enerji kaynaklarından optimum şekilde faydalanmak gerekir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi coğrafi ve finansal nedenlerden kaynaklı sınırlamalara maruz

kalmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının dezavantajlarını da aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Altyapı yatırımlarının pahalı olmasından dolayı büyük miktarda enerji üretimin karşılanmasının yüksek maliyetler gerektirmesi,
- Halen daha kaynakları kullanabilecek uzmanlığa sahip olunmaması,
- Bu kaynaklardan enerji üretimi için kullanılan teknoloji pahalı olduğundan fosil kaynaklarla rekabet edebilecek durumda değildir. Rekabetçi bir kaynak olabilmek için, bio-yakıt fiyatlarının uluslararası piyasalarda petrol fiyatları ile eşitlenmesi gerekmektedir.

Rüzgâr ve güneş gibi enerji kaynaklarına günün belli saatlerinde ulaşıldığından tekrar kullanabilmek için depolanması gerekir (Yılmaz, S., S., 2018).

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İş yapabilme yeteneği olarak tanımlanan enerji, önceleri temel ihtiyaçların karşılanması amacıyla kullanılırken, günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte temel ihtiyaçların yanında pek çok ihtiyacın da karşılanmasında önemli bir hale gelmiştir. Artan ihtiyaçlara paralel olarak kullanım alanı sürekli genişleyen enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Bu durum, özellikle ihtiyacı olan enerjiyi ülke dışından temin eden ülkelerde döviz kaynaklarının ülke dışına çıkmasına, dolayısıyla ülkenin dışa bağımlılığının artmasına neden olmaktadır.

Her geçen gün enerjinin insan yaşamındaki öneminin artması, enerjinin sürekli ve güvenli olarak temin edilmesi olarak nitelendirilen enerji arz güvenliği konusunu ülkelerin gündemine getirmiştir. Günümüzde ihtiyaç duyulan enerjinin büyük kısmı petrol, doğalgaz, kömür gibi yenilenemez enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Bu durum, söz konusu kaynakların rezervleri bakımından fakir olan ülkeler için enerji arz güvenliğinin sağlanması hususunda darboğazlar meydana getirmektedir. Buna örnek olarak, Rusya'nın siyasal baskı hissettiği dönemlerde doğalgazı kesme yönünde ülkelere yaptığı tehditler gösterilebilmektedir.

Diğer taraftan, fosil yakıtların gelecekte tükeneyeceği göz önünde bulundurulduğunda enerji arz güvenliğinin sağlanması noktasında mevcut kullanımın yetersiz olacağı görülmektedir. Bu durumu göz önüne alan ülkeler enerji arz güvenliğinin sağlanması için alternatif enerji kaynaklarından daha fazla yararlanmak amacıyla çalışmalarını artırmışlardır.

Türkiye'nin ise rüzgar enerjisi için 2023 hedefi 20.000 MW kurulu güce ulaşmaktır. Bu çalışmada rüzgâr enerjisi potansiyelinden daha fazla yararlanmak ve kamunun cari harcamalarını azaltmak adına maliyet analizi çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda merkezi yönetim kapsamındaki kamu idarelerinin elektrik ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla rüzgâr enerji potansiyel atlası (REPA) kullanılarak, potansiyeli en yüksek olan 9 il belirlenmiştir. Santrallerin amorti sürelerinin, cari değerlerle 5 ila 6 yıl arasında, net bugünkü değer yöntemiyle indirgenmiş değerlerle ise 6 ila 7 yıl arasında olduğu hesaplanmıştır. Günümüz teknolojisi ile bu santrallerin ekonomik ömürlerinin 25 yıl

olacağı düşünüldüğünde, kamunun 19-20 yıl bu illerde elektrik giderlerinden kurtulacağı görülmektedir. Bu durum bütçe imkânlarıyla yapılması koşuluyla gerçekleşecektir.

Alternatif enerji kaynaklarından bir diğeri olan güneş enerjisi ise, güneşten yeryüzüne gelen ısıma enerjisinin dönüştürülmesiyle kullanılmaktadır. Dünya'ya güneşten gelen enerjinin, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katı olduğu düşünülmektedir.

Güneş enerjisi; bol, tükenmeyen ve havayı kirletmeyen temiz bir enerji kaynağıdır. Enerjiye ihtiyaç duyulan hemen hemen her yerde yararlanılabilmesi, dış kaynaklara bağlı olmadığından siyasi ve ekonomik istikrarsızlıklardan etkilenmemesi, sistem işletim maliyetlerinin az olması, boş olan çatıların işlev kazanarak enerji üretimine katkı sağlaması gibi unsurlar güneş enerjisinin öne çıkan avantajları olarak görülmektedir. Ancak birim alana düşen güneş enerjisi düşük olması sebebiyle büyük alanlara ihtiyaç duyulması, günün her anında enerji sağlanamamasından dolayı depolamayı gerektirmesi güneş enerjisinin en önemli dezavantajları olarak görülmektedir.

Rüzgâr enerjisi gibi güneş enerjisi santrallerinde de dünya genelinde son on yılda çok büyük artışlar olmuştur.

Türkiye'nin 2023 hedeflerinde ise güneş enerjisi santrali kurulu gücü 3.000 MW olarak belirlenmiştir.

Güneş enerjisi potansiyelinden daha fazla yararlanmak ve kamunun cari harcamalarını azaltmak adına rüzgâr enerjisinde olduğu gibi güneş enerjisi için de maliyet analizi çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda merkezi yönetim kapsamındaki kamu idarelerinin elektrik ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla güneş enerji potansiyel atlası (GEPA) ile Türkiye'de güneş enerji potansiyeli yüksek ve santralin kurulması için alanı en çok olan 8 il belirlenmiştir. Santrallerin amorti sürelerinin cari değerlerle 14 ila 15 yıl arasında, net bugünkü değer yöntemiyle indirgenmiş değerlerle yatırımın kendini amorti etmediği hesaplanmıştır. Günümüz teknolojisi ile ekonomik ömürlerinin 25 yıl olacağı düşünüldüğünde kamunun cari değerlerle 10-11 yıl bu illerde elektrik giderlerinden kurtulacağı görülmektedir. Bu durum bütçe imkânlarıyla yapılması koşuluyla gerçekleşecektir.

Yenilenemez enerji kaynaklarının rezervleri sınırlı bulunduğu ve gelecekte tükeneceği düşünüldüğünde, ülkelerin ihtiyaç duydukları enerji için alternatif kaynaklara

yönelmesi zorunlu hale gelmektedir. Bu sebeple birçok ülke gelecekte enerji arz sıkıntısı çekmemek adına alternatif enerji kaynaklarına yönelmeye başlamıştır. Özellikle Çin, ABD, Almanya, Fransa gibi ülkeler alternatif enerji sektörüne en çok yönelen ve bunun sonucu olarak sektörde en çok paya sahip olan ülkelerdir. Söz konusu ülkelerle kıyaslandığında Türkiye'nin alternatif enerji sektöründe geride kaldığı görülmektedir. Buna neden olarak, alternatif enerji kaynakları için kurulacak santrallerin kurulumunda gerekli olan araç-gereçleri üretecek teknolojinin Türkiye'de henüz bulunmaması gösterilmektedir. Türkiye'nin alternatif enerji kaynaklarından daha fazla yararlanmak için bu alanda AR-GE çalışmalarını artırması veya dışarıdan teknoloji transferi gerçekleştirmesi, sektördeki küresel gelişim trendini yakalaması adına elzem görülmektedir.

Öte yandan, kamu kurumlarının hüküm ve tasarrufunda bulunan araziler gözden geçirilerek buralarda rüzgâr, güneş, jeotermal gibi kaynakların kullanılabilirliği değerlendirilmelidir. Merkezi yönetim kapsamındaki kamu idarelerinin birçok ilde elektrik ve ısınma ihtiyaçlarını bu kaynaklardan sağlayabilecek potansiyel bulunmaktadır. Bu durumdan yararlanmak için Enerji Bakanlığı bünyesinde bir birim oluşturulup, alternatif enerji ile ilgili muhtemel yatırımların değerlendirilmesi, hayata geçen yatırımların enerji getirisinden azami düzeyde yararlanılmasının sağlanması, çıkabilecek sorunların hızlı bir şekilde çözülmesi gibi görevler verilmesi gerekmektedir. Türkiye'de bu görevleri yürütebilecek birim için en uygun teşkilat ise kurulduğu yıldan beri Türkiye'deki yenilenebilir enerji potansiyeli üzerine çalışmalar yürüten Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğüdür (YEGM). YEGM bünyesinde bir birim kurularak, santraller için belirlenecek tüm faaliyetlerin yürütülmesi görevinin verilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Yenilenebilir enerjiye yatırım yapacak şahıs ve firmaların yatırımlarını artırmak için, sektör gelişene kadar yatırım maliyetlerini artıran KDV'nin düşürülmesi önemli bir teşvik aracı olacaktır. Sektör geliştikten sonra üretim maliyetleri de azalmaya başlayacağı için KDV'nin tekrar yükseltilmesi için marj oluşacaktır. Uygulanacak bu politika başlarda vergi kaybı gibi görülse de zamanla sektör büyüyeceği için vergilendirme hacmi artacak, enerji ithalatı azalacaktır.

Türkiye’de yenilenebilir enerji santrali kuran yatırımcılara yerli üretim desteği verilmektedir. Ancak bu teşviğin kapsamına yerli parçalar üreterek santrallerin kurulmasını sağlayan üreticiler girmemektedir. Üretim sektörünün de geliştirilmesi adına teşvik kapsamına alınması sektörün önünü açarak, yapılacak AR-GE çalışmalarının hayata geçirilme imkânını artıracaktır.

Alternatif enerji kaynaklarının enerji sağlama fonksiyonu dışında bir diğer önemli fonksiyonu da istihdam sağlamasıdır. Türkiye alternatif enerji kaynakları potansiyelinden daha fazla yararlanmak amacıyla yatırımlarını artırmaya başlamasıyla birlikte yalnızca enerji arzı sağlamakla kalmayıp, işsizlik sorununun çözülmesine de katkı sağlayacaktır. Ayrıca merkezi yönetim kapsamındaki kamu idarelerinin elektrik ve ısınma ihtiyaçlarını karşılamak için yapılacak güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve jeotermal bölge ısıtma sistemlerinin enerji sağlamasının yanında istihdam alanı yaratması, ülkemizdeki işsizlik sorununun çözülmesine bir nebze katkıda bulunacaktır.

Nükleer enerji ile hidroelektrik dışında kalan alternatif enerji kaynaklarının en büyük sorunu enerji arz ve talebinin çoğu zaman uyumlaştırılamamasıdır. Bu sorun, günümüzde aynı yerde birden fazla enerji kaynağından yararlanmak suretiyle çözülmeye çalışılmaktadır. Ancak bu yöntem her zaman uygulanması zor olmakla birlikte, ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Söz konusu yöntem yerine enerji depolama teknolojisi üzerine AR-GE çalışmaları desteklenerek, gelişmiş bataryalar yardımıyla sorun daha kolay ve daha uygulanabilir bir şekilde çözülebilecektir. Ayrıca gelecekte fosil yakıtların tükenmesi durumuna karşın, fosil yakıtla çalışan araç-gereçlerin yerini elektrikle çalışan sistemlere bırakacağı düşünülürse, Türkiye bu alanda yapacağı AR-GE çalışmaları ile önemli bir teknolojiye de sahip olabilecektir.

Günümüzde gelişen rüzgâr türbinleri sayesinde, üretilen elektrik miktarında önemli artışlar olmasının getirdiği maliyet avantajları, rüzgâr enerjisini geleneksel enerji kaynaklarıyla yarışabilir hale getirmiştir. Buna örnek olarak, tezde rüzgâr enerjisi için maliyet analizi yapılarak 1 kWh elektrik maliyeti 1,706 TL bulunması verilebilmektedir. Elektrik ihtiyacı için kamunun yapacağı yatırımlarda, maliyeti düşük olan bu enerji kaynağına öncelik sağlanmalıdır. Böylece yatırımın daha kısa sürede kendini amorti etmesi sağlanacak olup, bu sayede elde edilen tasarruflarla diğer alternatif enerji kaynaklarına fon sağlanmış olacaktır.

Lisanslama aşamasında rüzgâr ve güneş enerjisi santralleri için belirli bir süre kadar ölçüm şartı getirilmiştir. Rüzgâr enerjisi sisteminde kısa mesafelerde rüzgârın şiddeti değişebildiği için bu ölçüm şartı uygun bulunmaktadır. Ancak güneş enerjisi sisteminde, güneş potansiyeli kısa mesafelerde değişmemektedir. Bu yüzden yasal düzenlemenin tekrar gözden geçirilerek, güneş enerji sisteminin kurulacağı yerin kabul edilebilir bir mesafede daha önce ölçüm yapılmış olması durumunda ölçüm süresinin kısa tutulmasına yönelik ek düzenleme yapılması, yatırımcıların yatırım iştahını artıran önemli bir uygulama olacaktır. Türkiye’de güneş enerjisinden sıcak su ihtiyacını karşılamak üzere kullanılan güneş enerji kolektörleri için herhangi bir izin şartı bulunmaması sebebiyle sektör hızla gelişmiştir. Güneş kolektörü serbestisi sonucu, Türkiye dünyada en çok güneş kolektörü üreten ve en çok kullanan ülkelerden biri olmuştur. Güneş enerjisinden elektrik üretme konusunda ise aynı serbesti bulunmaması, sektörün istenilen gelişmeyi gösterememesindeki önemli engellerden biri olarak gösterilmektedir. Türkiye’de güneş enerjisinden daha fazla elektrik üretilebilmesi için yasal düzenlemeler gözden geçirilerek, daha kolay ve uygulanabilir düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

Öte yandan, konutların çatısına kurulan güneşten elektrik üreten sistemlerin kurulum maliyetleri içinde bataryalar önemli yer tutmaktadır. Elektriğin üretilmesi ile tüketilmesi zamanını uyumlaştırmak için gerekli olan bataryalar yerine, tüketimin üzerinde gerçekleşen elektriğin şebekeye verilip üretimin tüketimi karşılamadığı zamanda şebekeden kullanılan elektrik ile mahsuplaşma yönteminin yasal düzenlemelerle kolaylaştırılması, ilk yatırım maliyetlerini azaltacağı için güneşten elektrik üreten sistemlerin daha çok tercih edilmesini sağlayacaktır.

Ayrıca yeni yapılacak kamu binalarının çatılarının güneş paneli yerleştirilmesi için gerekli olan yönlendirme ve eğime sahip olması sağlanarak, binaların ihtiyaç duyduğu elektriğin bir kısmı veya tamamı bu yolla sağlanabilecektir.

Jeotermal enerjiden; ısınma, elektrik üretimi, termal turizm, seracılık, tarımsal ve endüstriyel kurutma, ticari değeri olan değerli bileşik ve minerallerin üretilmesi gibi çok çeşitli alanlarda yararlanılmaktadır. Söz konusu alanların ayrı bir ekonomik getirisi bulunmaktadır. Bu yüzden jeotermal kaynakların hangi alanda veya alanlarda verimli ve getirisi yüksek olduğu tespit edilerek, kaynağın o alan veya alanlarda kullanılması, ülkeye sağlayacağı faydanın en yüksek olmasını sağlayacaktır.

Türkiye’de jeotermal bölge ısıtma sistemi (JBIS) çoğunlukla belediyeler ile valiliklerin birlikte kurduğu şirketler tarafından kurulup işletilmektedir. Kurulan şirketlerden JBIS’ni başarılı bir şekilde uygulayanlar olduğu gibi başarısız olanlar da bulunmaktadır. Başarılı olanlar ile başarısız olanlar birlikte incelenerek, sistemin doğru çalışmasını sağlayan faktörler bulunmalıdır. Daha sonra bulunan faktörler belirli standartlara bağlanmalı, yeni kurulacak tesislerin de bu standartlara uyması sağlanmalıdır. Böylece kurulması düşünülen yeni tesislerin hem yol haritası çıkarılmış olacak hem de başarısız olma riski azaltılacaktır.

Alternatif enerji kaynaklarından biri olan nükleer enerjiden istifade etmek adına ülkemizde nükleer güç santralleri kurulmaya başlayacaktır. Kurulacak santraller için uranyum rezervimiz bulunmasına rağmen yeterli görülmemektedir. Gelecekte yakıt bulma sıkıntısı yaşamamak adına uranyum aramaları hızlandırılmalıdır. Ayrıca Türkiye nükleer enerji kaynakları arasında bulunan toryum rezervi bakımından zengin bir ülkedir. Günümüz teknolojisinde nükleer güç santrallerinde kullanılamayan bu kaynak için AR-GE çalışmaları desteklenerek nükleer santrallerin yakıtı olması sağlanmalıdır.

Kamunun ihtiyaç duyduğu enerjiyi alternatif enerji kaynaklarından sağlamak için potansiyellerin gözden geçirilmesi gerekmektedir. Örneğin; belediyelerin çöpleri toplama görevinin bulunması sonucu büyük bir çöp potansiyeli oluşmaktadır. Toplanan çöpler yakma veya gömme yöntemleriyle yok edilmektedir. Bu yöntemden vazgeçilerek, çöp potansiyeli yüksek olan illerde il bazında, çöp potansiyeli düşük olan illerde birden fazla ili kapsayacak merkezi yerler seçilerek bölgesel santraller kurularak toplanan çöplerden çöp gazı üretimi yapılabilir. Böylece belediyeler ihtiyaç duydukları enerjinin bir kısmını karşılamış olacaktır.

Dalga enerjisi, bugüne kadar yapılan enerji politikalarımızdan hiçbirinde yer bulmamıştır. Alternatif enerji kaynaklarından biri olan dalga enerjisinin enerji politikalarının içinde yer alması, dünya genelinde yeni gelişme gösteren bu alandaki teknolojiye Türkiye’nin önde gelen ülkeler arasında yer almasını sağlayacaktır. Elde edilecek teknoloji ile yalnızca dalga enerjisi potansiyelinden yararlanmakla kalmayıp, yurtdışında dalga enerjisi potansiyelinden yararlanmak isteyen ülkelere bu teknoloji pazarlanarak, ülkeye döviz girdisi sağlanacaktır

KAYNAKÇA

- Ağaçbiçer, G. (2010). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan Swot Analizler*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale: 18 Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Akkuyu Nükleer A.Ş. (2013). Akkuyu Nükleer A.Ş. Veritabanı. Eylül 2017. <http://www.akkunpp.com/akkuyu-nukleer-as-elektrik-uretim-lisans-aldi/update>.
- Akkuyu Nükleer A.Ş. (2017). Akkuyu Nükleer A.Ş. Veritabanı. 19 Nisan 2017. <http://www.akkunpp.com/proje-asamaları>.
- Ataman, A., R. (2007). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Avcı, B. (2012). *Rüzgâr Türbini Kanat Tasarımı ve Analizi*. (Bitirme Ödevi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü.
- Avcı, B. Yılmaz, T. B. (2012). *Rüzgâr Türbini Kanat Tasarımı ve Analizi*. (Bitirme Projesi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- British Petroleum (2015). *BP Statistical Review of World Energy 2015*. London: BP Publishing.
- British Petroleum (2016). *BP Statistical Review of World Energy 2016*. London: BP Publishing.
- Bütçe ve Mali Kontrol Genel Müdürlüğü (2017). *2018-2020 Dönemi Bütçe Hazırlık Dokümanları*. Ankara: T.C. Maliye Bakanlığı.
- Chiras, D. (2006). *The Homeowner's Guide to Renewable Energy, Achieving Energy Independence Through Solar*. Wind: Biomass and Hydropower.
- Çalışkan, M. (2011). *Türkiye Rüzgâr ve Güneş Enerjisi Potansiyeli*. 22 Mart 2017. http://www.ttmd.org.tr/userfiles/file/TTMD_calistay_mcaliskan.pdf
- Çelikdemir, S. Özdemir, M. (2014). *Rüzgâr Türbin Sistemlerinin Karşılaştırılması*. 11 Temmuz 2017. www.ursi.org.tr/2014-Kongre/bildiriler/TAM_107.pdf
- Demir, M. (2013). “Enerji İthalatı Cari Açık İlişkisi, VAR Analizi ile Türkiye Üzerine Bir İnceleme”. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, Yıl 5, Sayı 9, 2-27.

- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (2016a). *Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu*. Ankara.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (2017). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Veritabanı. 24 Şubat 2017. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2016b). “Türkiye’nin Barajları”. *Su Dünyası Dergisi*, 2016, (158), 17-20.
- DPT (Devlet Planlama Teşkilatı) (2000). *Uzun Vadeli Strateji ve Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 2001-2005*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı.
- Durdyev, S. (2010). *Rüzgâr Enerjisinde Uygun Türbin Seçimi*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Durmayaz, A., Söğüt, O. S. (2006). “Influence of Cooling Water Temperature on the Efficiency of a Pressurized-Water Reactor Nuclear-Power Plant”, *International Journal of Energy Research*, 30(10), 799-810.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2007). *Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu Biyokütle Enerjisi Alt Çalışma Grubu Raporu*. Ankara: DEKTMK.
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2009). *Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi*. Ankara: DEKTMK.
- Dünya Enerji konseyi Türk Milli Komitesi (2012). *Enerji Raporu 2012*. Ankara: DEKTMK
- Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi (2014). *Enerji Raporu 2013*. Ankara: DEKTMK.
- Elibüyük, U. Üçgül, İ. (2014). “Rüzgâr Türbinleri, Çeşitleri Ve Rüzgâr Enerjisi Depolama Yöntemleri”, *YEKARUM e-DERGI*, 2, (3), 4-8, 10 Temmuz 2017. <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/yekarum/article/view/1089004966/1089003982>.
- Enerji Atlası (2017). *Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi*, Mart 2017. <http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi/gunes>
- Enerji Atlası (2017). *Hidroelektrik Santralleri Kurulu Güç ve Proje Kapasiteleri*. Nisan 2017. <http://www.enerjiatlasi.com/hidroelektrik/>

- Enerji Atlası. (2017). *Jeotermal Elektrik Üretimi İstatistikleri*, Nisan 2017.
<http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/jeotermal>
- Enerji Haber. (2016). *Rüzgâr Türbinleri İle Elektrik Enerjisi Elde Etmek*. Şubat 2017.
<http://www.enerjihaber.com/ruzgar-turbinleri-ile-elektrik-enerjisi-elde-etmek/2131/>
- Enerji Haber. (2016). *Rüzgâr ve Hidroelektriğin Eksikliği Gidermede Çözümü*. Şubat 2017.
<http://www.enerjihaber.com/ruzgar-ve-hidroelektrigin-eksikligi-gidermede-cozum/3840/>
- Enerji Haber. (2016a). *Rüzgâr Türbinleri ile Elektrik Enerjisi Elde Etmek*. Şubat 2017.
<http://www.enerjihaber.com/ruzgar-turbinleri-ile-elektrik-enerjisi-elde-etmek/2131/>
- Gedik, Ö. (2015). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri*, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gelgeç, A. (2018). *Türkiye’nin Enerji Politikaları: 1980-2014 Dönemi Analizi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Manisa: Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Güçlüer, D. (2010). *Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS - Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi İle Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gülay, A., N. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği Ve Avrupa Birliği İle Karşılaştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Karagöl, E. T. Kavaz, İ. (2017). “Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji”. *Analiz Dergisi*, (197), 25.
- Koç, E. Genel, M. (2013). “Dünyada ve Türkiye’de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme”, *Mühendis ve Makine*, 54(639), 32-44.
- Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı (2016). *Güneş Enerji Santrali (GES) Ön Fizibilite Raporu*. Kastamonu: KUZKA.

- Kuzey Anadolu Kalkınma Ajansı (2016). *Rüzgâr Enerji Santrali (RES) Ön Fizibilite Raporu*. Kastamonu: KUZKA.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (2017). *Jeotermal Kaynaklar ve Volkanik Alanlar Haritası*. MTA Genel Müdürlüğü Veritabanı. Mart 2016. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2017). Meteoroloji Genel Müdürlüğü Veritabanı. 17 Nisan 2017. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx>.
- Mevlana Kalkınma Ajansı (2010). *Konya İli Karapınar İlçesi'nde Güneş Enerjisine Dayalı Elektrik Üretim Tesisi Yatırımları İçin Enerji İhtisas Endüstri Bölgesi Kurulmasına Yönelik Fizibilite Çalışması Raporu*. Konya: MEVKA.
- Milli Rüzgâr Enerji Sistemleri Geliştirilmesi ve Prototip Türbin Üretimi Projesi (17 Mart 2017). MİLRES. <http://www.milres.org.tr/?q=node/1>
- Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği (1996). *Türkiye'nin 2000'li yıllarda Enerji Politikası*. Ankara: MÜSİAD.
- Müstakil Sanayici ve İşadamları Derneği (2006). *Türkiye'nin Enerji Ekonomisi ve Petrolün Geleceği*. Ankara: MÜSİAD.
- Nurbay, N., Çınar, A. (Ankara). *Rüzgâr Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması*. 10/07/2017. www.emo.org.tr/ekler/4986d86a17424ee_ek.pdf
- Nükleer Akademi. (2017). *Türkiye Uranyum ve Toryum Yatakları*. Ağustos 2017. <http://nukleerakademi.org/turkiye-uranyum-ve-toryum-yataklari/>
- Nükleer Enerji Dünyası (2017). *Nükleer Teknolojinin Kullanım Alanları*. Şubat 2017. http://www.nukleer.web.tr/temel_konular/faydalar.html
- Nükleer Mühendisler Derneği (2016). “Uluslararası Nükleer Santraller Zirvesi Bildiri Kitapçığı”. *III. Uluslararası Nükleer Santraller Zirvesi*, (3), 8-9 Mart 2016, İstanbul
- Özdal, H., Özertem, H. S., Has, K., Demirtepe, M. T., (2013). “Türkiye Rusya İlişkileri: Rekabetten Çok Yönlü İşbirliğine”, *USAK Avrasya Araştırmalar Merkezi Raporu*. Ankara.

- Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (2016). *İstatistikler. PİGM Veritabanı*. Şubat 2017. <http://www.pigm.gov.tr/index.php/istatistikler>.
- Savrul, M. (2010). *AB İlişkileri Çerçevesinde Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının İktisadi Açından Değerlendirilmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2022). *Kalkınma Planları 1979-2023*. <https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/> Ankara.
- T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2017). Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Veritabanı. 24 Nisan 2017. <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Elektrik/Lisanslar>
- T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2017). *EPDK Veritabanı*. 20 Haziran 2017. www.epdk.org.tr/TR/Dokuman/5220
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2016). *Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı Veritabanı*. Şubat 2017. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Enerji-ve-Tabii-Kaynaklar-Gorunumleri>
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2016). *Mavi Kitap*. Ankara.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2017). Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı Veritabanı. 22 Mart 2017. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2016). *Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı Veritabanı*. Şubat 2017. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz>.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı Veritabanı. 16 Mart 2017. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/EIGM-Raporlari>
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). *Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı Veritabanı*. 29 Mart 2017. <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2017). Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı Veritabanı. 19 Nisan 2017. <http://nepud.enerji.gov.tr/tr-TR/Bilgi-Bankasi/Akkuyu-Nukleer-Guc-Santrali-Projesi-ile-Rusyaya-Bagimlilikimiz-Artar-mi>

- TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası (2013). *Nükleer Enerji Raporu 2013*. Ankara: Elektrik Mühendisleri Odası
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası (2003). *Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri Temelleri ve Tasarımı*. Ankara: Makina Mühendisleri Odası.
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası (2015). *Türkiye’de Aynı Jeotermal Kaynaktan Yararlanma Anlaşmazlıkları ve Yönetmelikte Birimleştirme Önerisine İlişkin Değişiklikler*. Ankara: Makina Mühendisleri Odası.
- Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği (1998). *21. Yüzyıla Girerken Türkiye’nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi*. TÜSİAD.
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (2010). *Günümüzde Nükleer Enerji*. Ankara: TAEK.
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (2017). *2017 Yılı Kurumsal Mali Durum ve Beklentiler Raporu*. Ankara: TAEK
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (2017). *Tarihçe. TAEK Veritabanı*. 10 Nisan 2016. <http://www.taek.gov.tr/kurumsal/tarihce.html>.
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (2017). *Türkiye Elektrik İletim A.Ş Veritabanı*. 31 Mart 2017. <https://teias.gov.tr/sites/default/files/2017-03/kuruluguc.xls>
- Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (2017). *Türkiye Elektrik İletim A.Ş Veritabanı*. 1 Mayıs 2017. <https://teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri/2015>
- Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği. (2017). *Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu*. Ankara: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TUREB)
- Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (2014). *Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu*. Ankara: TUREB
- Uyar, F. (6 Mayıs 2016). Rüzgâr Enerjisi Nedir? Rüzgâr Türbini Çeşitleri Nelerdir? <http://www.enerjibes.com/ruzgar-enerjisi-nedir-ruzgar-turbini-cesitleri-nelerdir/>
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (2017). *Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Veritabanı*. 22 Nisan 2017. <http://bepa.yegm.gov.tr/>
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (2017a). *Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Veri tabanı*. 14 Şubat 2017. http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx

Yılmaz, B. (2014). *Yenilenebilir Enerji (Rüzgâr Enerjisi) Üreten İşletmelerin Türkiye Muhasebe Standartları Açısından Değerlendirilmesi*. (Doktora Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yılmaz, S. (2018). *Türkiye’de ve Dünya’da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu*. (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi) İstanbul: Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı ve Soyadı	Çağlar TEKİN
Doğum Yeri ve Yılı	
Eğitim Durumu	
Lisans Öğrenimi	
Önlisans Öğrenimi	
Yabancı Dil	
İş Deneyimi	
Kaymakam	
İletişim	
Email	