

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

MALİYE ANABİLİM DALI

DOKTORA PROGRAMI

**YENİLENEBİLİR ENERJİYE YÖNELİK TEŞVİK POLİTİKALARININ ELEKTRİK
ÜRETİMİNE ETKİSİ: UYGULAMALI BİR ANALİZ**

DOKTORA TEZİ

Hasret KAYA

ŞUBAT – 2023

TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

MALİYE ANABİLİM DALI

DOKTORA PROGRAMI

**YENİLENEBİLİR ENERJİYE YÖNELİK TEŞVİK POLİTİKALARININ ELEKTRİK
ÜRETİMİNE ETKİSİ: UYGULAMALI BİR ANALİZ**

DOKTORA TEZİ

Hasret KAYA

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet TUNÇER

ŞUBAT- 2023

TRABZON

ONAY

Hasret KAYA tarafından hazırlanan “Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvik Politikalarının Elektrik Üretimine Etkisi: Uygulamalı Bir Analiz” adlı bu çalışma 30.03.2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Maliye Anabilim Dalı Doktora Programı’nda **doktora tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesi		Karar		İmza
Unvanı - Adı ve SOYADI	Görevi	Kabul	Ret	
Prof. Dr. Mehmet CURAL	Başkan	☐	☐	
Prof. Dr. Mehmet TUNÇER	Danışman	☐	☐	
Prof. Dr. Levent Yahya ESER	Üye	☐	☐	
Doç. Dr. Muhammed Yunus BİLGİLİ	Üye	☐	☐	
Doç. Dr. Selçuk BUYRUKOĞLU	Üye	☐	☐	

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylarım.

Prof. Dr. Tülay İLHAN NAS
Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca KTÜ - Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yararlanılan kaynakların tümüne eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

Hasret KAYA

09.02.2023

ÖNSÖZ

İklim değışikliğı, günümüzde hızlı bir şekilde çözüme kavuşturulması gereken ciddi bir çevre sorunudur. İklim değışikliğıyle mücadele edebilmek için öncelikle iklim değışikliğinin oluşmasında en büyük paya sahip olan karbon emisyonunun en aza indirilmesi gerekmektedir. Bunun için, karbon emisyonuna neden olan özellikle fosil kaynakların kullanımından vazgeçilerek yeni, yerli ve yenilenebilir kaynakların kullanılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, doğal kaynaklardan elde edilen fosil yakıtların aksine yakın gelecekte tükenme ihtimali olmayan ve karbon emisyonuna neden olmayan veya çok az miktarda karbon salan kaynaklardan oluşmaktadır. Bu bağlamda çalışmada, çevre sorunlarıyla mücadele konusunda önemli bir yere sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek üzere uygulanan düzenleyici ve mali teşvik politikalarının yenilenebilir enerji üzerindeki etkisinin ampirik analiz yardımıyla araştırılması amaçlanmaktadır. Son yıllarda, özellikle çevre sorunlarının aşırı artış göstermesiyle yenilenebilir enerji teşvik politikalarına yönelik teorik birçok çalışma yapılırken ampirik çalışmalar sınırlı kalmıştır. Bu çalışmanın yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikalarına ilişkin ampirik literatüre katkı sağlaması öngörülmektedir.

Çalışma sürecinde, yoğun idari görevlerine rağmen zamanını esirgmeden fikirlerini ve katkılarını sunan ve kendisinden insani ve akademik anlamda çok şey öğrendiğim danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet TUNÇER'e, tez jürisinde yer alan ve değerli fikirleriyle destek sağlayan hocalarım Sayın Prof. Dr. Mehmet CURAL, Sayın Prof. Dr. Levent Yahya ESER, Sayın Doç. Dr. Selçuk BUYRUKOĞLU ve Sayın Doç. Dr. Muhammed Yunus BİLGİLİ'ye, tezin ampirik uygulamasında yardımlarını esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Arş. Gör. Sinan YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım.

Şubat, 2023

Hasret KAYA

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT	IX
TABLolar LİSTESİ.....	X
GRAFİKLER LİSTESİ	XI
KISALTMALAR LİSTESİ	XII
GİRİŞ.....	1
1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE YENİLENEBİLİR ENERJİYE YÖNELİK TEŞVİK POLİTİKALARI.....	4
1.1. Enerji Kavramı.....	4
1.2. İklim Değişikliği Kavramı	5
1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	9
1.3.1. Güneş Enerjisi	10
1.3.2. Rüzgâr Enerjisi	11
1.3.3. Hidroelektrik Enerji.....	12
1.3.4. Jeotermal Enerji.....	14
1.3.5. Biyokütle Enerjisi	15
1.3.6. Deniz Enerjisi	16
1.4. Küresel Yenilenebilir Enerji Üretiminin Görünümü.....	18
1.5. Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvik Politikaları.....	20
1.5.1. Düzenleyici Politikalar	21
1.5.1.1. Tarife Garantisi	21
1.5.1.2. Kota Yükümlülüğü.....	23
1.5.1.3. İhale Yöntemi.....	26
1.5.1.4. Net Ölçüm Sistemi	28

1.5.1.5. Biyoyakıt Kullanma Yükümlülüğü	30
1.5.1.6. Yenilenebilir Isı Yükümlülüğü	32
1.5.2. Mali Teşvikler	34
1.5.2.1. Vergi Muafiyetleri ve İstisnaları	34
1.5.2.2. Vergi Kredileri	36
1.5.2.3. Karbon Fiyatlandırması.....	38
1.5.2.4. Kamu Yatırımları, Krediler, Hibeler, Sermaye Sübvansiyonları veya İndirimleri	39
2. SEÇİLMİŞ ÜLKELERDE YENİLENEBİLİR ENERJİYE YÖNELİK TEŞVİK POLİTİKALARI	43
2.1. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)	43
2.2. Almanya	46
2.3. Çin Halk Cumhuriyeti	48
2.4. Hindista	51
2.5. Fransa	55
2.6. Birleşik Krallık.....	57
2.7. İtalya	60
2.8. İspanya	62
2.9. İsveç	65
2.10. Japonya	68
2.11. Kanada	71
2.12. Norveç	73
2.13. Danimarka	75
2.14. Avustralya	78
2.15. Brezilya	80
2.16. Türkiye	82
2.17. Seçilmiş Ülkelerde Yenilenebilir Enerji ve Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşviklerin Genel Görünümü	86
3. YENİLENEBİLİR ENERJİYE YÖNELİK TEŞVİK POLİTİKALARININ ETKİSİ.....	91
3.1. Literatür Taraması.....	91

3.2. Veri Seti	99
3.3. Yöntem	100
3.4. Bulgular	103
3.4.1. Bağımlı Değişken	104
3.4.2. Bağımsız (Açıklayıcı) Değişken	105
SONUÇ VE ÖNERİLER	115
KAYNAKÇA	119
ÖZGEÇMİŞ	142



ÖZET

Sanayileşme ve beraberinde oluşan hızlı kentleşmeyle meydana gelen enerji ihtiyacındaki artış öncelikli olarak fosil kaynaklarla giderilmektedir. Fosil kaynak kullanımındaki bu artış günümüzde ciddi boyutlara ulaşan çevre kirliliğine ve dolayısıyla iklim değişikliğine neden olmaktadır. Öte yandan fosil kaynakların yakın gelecekte muhtemelen tükenecek olması enerji arz güvenliğini tehdit etmektedir. Birçok devlet, gerek gezegenin geleceğini tehdit eden iklim değişikliğiyle mücadele etmek için gerekse enerji arz güvenliğini sağlamak için kademeli olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya yönelmiştir. Bu devletler, yenilenebilir enerji üretimini artırmak üzere düzenleyici politikalar ve mali teşvik politikaları uygulamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik teşvik politikalarının, yenilenebilir enerji üzerindeki etkisinin araştırılmasıdır. Çalışmada, yenilenebilir enerji potansiyelinin yüksekliğine ve uygulanan teşvik politikalarının yoğunluğuna göre seçilen ülkeler üzerinden teşvik politikalarının geçmişten günümüze uygulama süreci incelenmiştir. Çalışmanın ampirik kısmında, yenilenebilir enerji ile yenilenebilir enerjiye uygulanan teşvik politikaları arasındaki ilişki panel veri yardımıyla analiz edilmiştir. Ampirik analiz, seçilen 16 ülkeye ait 1995-2020 dönemindeki yıllık verilerden sabit etkiler modeli oluşturularak yapılmıştır. Çalışmada, yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik enerjisi bağımlı değişken olarak kullanılırken, tarife garantisi, kota yükümlülüğü, ihale yöntemi ve vergisel teşvikler bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Yapılan ampirik analize göre sayılan teşvik politikalarının her biri ile yenilenebilir enerji arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Yani, sayılan teşvik politikalarından herhangi birindeki bir artış yenilenebilir enerji üretiminin artmasını sağlamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Yenilenebilir Enerji, Teşvik Politikaları, Enerji Politikaları, Panel Veri Modelleri, Sabit Etkiler Modeli

ABSTRACT

The increase in the energy need, resulting from industrialization and rapid urbanization, is primarily met with fossil resources. This increase in the use of fossil resources causes environmental pollution, which has reached serious dimensions today. and therefore, climate change. On the other hand, the probable depletion of fossil resources in the near future threatens energy supply security. Many states have gradually turned to using renewable energy sources both to combat climate change that threatens the future of the planet and to ensure energy supply security. These states implement regulatory and fiscal incentive policies to increase renewable energy production.

The aim of this study is to investigate the effect of incentive policies for renewable energy sources on renewable energy. In this study, the implementation process of incentive policies from the past to the present has been analyzed over the countries selected according to the high renewable energy potential and their willingness to implement incentive policies. In the empirical part of the study, the relationship between renewable energy and incentive policies for renewable energy sources was analyzed using panel data. The empirical analysis was conducted by creating a fixed effects model from the annual data of the selected 16 countries for the 1995-2020 period. In the study, electricity produced from renewable energy is used as the dependent variable, while, feed-in tariff, quota obligation, tendering and tax incentives are used as independent variables. According to the empirical analysis, a positive and significant relationship was found between each of the incentive policies listed and renewable energy. In other words, an increase in any of the incentive policies mentioned, will increase renewable energy production.

Keywords: Renewable Energy, Incentive Policies, Energy Policies, Panel Data Models, Fixed Effects Model

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo Nr.	Tablo Adı	Sayfa Nr.
1	Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvik Politikaları	20
2	2021 İtibariyle Tarife Garantisi Politikası Uygulayan Ülkeler.....	23
3	2021 Yılı İtibariyle Kota Yükümlülüğü Uygulayan Ülkeler	26
4	2021 Yılı İtibariyle İhale Usulü Uygulayan Ülkeler	28
5	2021 Yılı İtibariyle Net Ölçüm Sistemi Uygulayan Ülkeler	30
6	2021 Yılı İtibariyle Biyoyakıt Yükümlülüğü Uygulayan Ülkeler	31
7	2021 Yılı İtibariyle Yenilenebilir Isı Yükümlülüğü Uygulayan Ülkeler.....	34
8	2021 Yılı İtibariyle Vergi Muafiyeti ve İstisnası Uygulayan Ülkeler	36
9	2021 Yılı İtibariyle Vergi Kredisi Uygulayan Ülkeler	37
10	2021 Yılı İtibariyle Karbon Fiyatlandırması Uygulayan Ülkeler	39
11	2021 Yılı İtibariyle Kamu Yatırımı, Kredi, Hibe, Sermaye Sübvansiyonu veya İndirimi Uygulayan Ülkeler	41
12	Yenilenebilir Enerji Politikası Araçları – Güçlü Yönler ve Kısıtlar	41
13	Seçilmiş Ülkelerin Enerji Görünümünün Açıklanmasına İlişkin Veriler (2021).....	87
14	Seçilmiş Ülkelerin Net Sıfır Emisyon Hedefleri ve Yenilenebilir Kaynaklardan Üretilen Elektriğin Toplam Elektrik Üretimi İçerisindeki Payları.....	88
15	1995-2020 Döneminde Ülkeye Göre Kullanılan Teşvik Politikaları	89
16	Bağımlı ve Bağımsız (Açıklayıcı) Değişkenler	104
17	Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler	107
18	Korelasyon Matrisi	107
19	Pesaran CADF Birim Kök Testi Sonuçları.....	108
20	Tesadüfi Etkiler Panel Veri Modeli ve Sabit Etkiler Panel Veri Modeli.....	108
21	Hausman Test İstatistiği Sonuçları	109
22	Yatay Kesit Bağımlılığı Testleri	110
23	Değişken Varyans Testi	110
24	Otokorelasyon Testleri	110
25	Driscoll-Kraay Robust Panel Veri Modeli Tahmin Sonuçları.....	111

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik Nr.	Grafik Adı	Sayfa Nr.
1	2021 Yılı İtibariyle Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Toplam Yenilenebilir Enerji Kapasitesi Payları.....	18
2	2021 Yılı İtibariyle Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Toplam Enerji Üretimi İçerisindeki Payları.....	19
3	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, ABD 1990-2020.....	45
4	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Almanya 1990-2020.....	48
5	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Çin 1990-2020.....	51
6	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Hindistan 1990-2020.....	54
7	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Fransa 1990-2020.....	57
8	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Birleşik Krallık 1990-2020	60
9	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, İtalya 1990-2020	62
10	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, İspanya 1990-2020	65
11	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, İsveç 1990-2020	68
12	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Japonya 1990-2020	71
13	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Kanada 1990-2020	73
14	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Norveç 1990-2020.....	75
15	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Danimarka 1990-2020.....	77
16	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Avustralya 1990-2020.....	79
17	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Brezilya 1990-2020	82
18	Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Türkiye 1990-2020.....	86

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
CfD	: Fark Sözleşmeleri - Contracts for Difference
CSP	: Yoğunlaştırılmış Güneş Termal Gücü - Concentrated Solar Power
ETS	: Emisyon Ticareti Sistemi - Emissions Trading System
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GW	: Gigawatt
GWh	: Gigawatt Saat
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı - International Energy Agency
IEEFA	: Enerji Ekonomisi ve Finansal Analiz Enstitüsü - Institute for Energy Economics and Financial Analysis
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli - Intergovernmental Panel on Climate Change
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı - International Renewable Energy Agency
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt Saat
MNRE	: Geleneksel Olmayan Enerji Kaynakları Bakanlığı - Ministry of New and Renewable Energy
Mt	: Metrik ton
MW	: Megawatt
MWh	: Megawatt Saat
NFFO	: Fosil Olmayan Yakıt Yükümlülüğü - Non-Fossil Fuel Obligation
NSM	: Ulusal Güneş Misyonu - National Solar Mission
PROINFA	: Alternatif Elektrik Kaynakları Teşvik Programı - Alternative Electricity Sources Incentive Programme
PV	: Fotovoltaik – Photovoltaic
TW	: Terawatt
TWh	: Terawatt Saat
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi - United Nations Framework Convention on Climate Change
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü - World Meteorological Organization
YEKA	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

GİRİŞ

Sanayileşme olgusunun gelişmesiyle birlikte üretim süreci yapısal bir dönüşüme uğramıştır. Üretim sürecinde daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulurken kullanılan enerji kaynaklarının yapısı itibarıyla çevre kirliliğinde artış yaşanmıştır. Üretimde kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil kaynakların kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Öte yandan sanayileşmiş ve sanayileşmekte olan ülkelerde yaşanan hızlı ekonomik büyüme kentleşmeyi hızlandırmıştır. Hızla büyüyen kentleşmeyle birlikte kent yaşamında enerji üretimi, ısıtma, soğutma ve pişirme gibi amaçlarla fosil kaynakların kullanımı artmıştır. Fosil kaynakların kullanılmasıyla başta karbondioksit olmak üzere birçok zararlı gaz çevreye salınmaktadır. Zararlı gazların oluşturduğu çevre kirliliği ise küresel ısınmaya, dolayısıyla iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliği, tüm dünyayı ilgilendiren ve süratle çözüm üretilmesi gereken küresel bir çevre problemidir. 1992 yılında, iklim değişikliği ile mücadele etmek için oluşturulan küresel politikaları desteklemek üzere Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanmıştır. Ardından 1997 yılında, Kyoto Protokolü sera gazı emisyonlarını ulusal hedeflere uygun olarak azaltmak veya sınırlandırmak üzere kabul edilmiş ve 2015 yılında, küresel sera gazı emisyonlarını önemli ölçüde azaltmak üzere Paris Anlaşması imzalanmıştır. İklim değişikliğiyle mücadele etmek üzere imzalanan bu protokol ve anlaşmalar, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik hedefler belirlemiştir. Sera gazı emisyonlarını azaltmanın en etkili yolu emisyona neden olan kaynak kullanımının azaltılmasıdır. Üretim ve tüketimde kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil enerji kaynaklarının kullanımını azaltıp yerine güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroenerji, biyoenerji ve deniz enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak sera gazı emisyonları azaltılabilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, kullanım esnasında çevreye herhangi bir sera gazı yaymayan doğal kaynaklardan sürekli olarak sağlanan temiz enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli özelliklerinden bir tanesi yakın gelecekte tükenmesi muhtemel olan fosil yakıtların aksine kendini sürekli yenileyebilen, gelecekte tükenme ihtimali çok az olan, sürdürülebilir kaynaklar olmasıdır.

İklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir role sahip olmasına rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarının, ekonomik nedenlerle toplam enerji üretimindeki payı halen istenilen seviyede değildir. Özellikle yenilenebilir enerji üretim sürecinde kullanılan teknik malzemelerin pahalı olması nedeniyle ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olması yatırımcıları caydırabilmektedir. Yenilenebilir enerji üretiminin cazip hale getirilmesinde devletlere önemli görevler düşmektedir. Buna göre devletler, yenilenebilir enerji kurumlarına ilişkin bürokratik süreçleri kolaylaştırarak

enerji üretimini hızlandırabileceği gibi mali ve düzenleyici teşvikler sağlayarak da yatırımcıları yenilenebilir enerji yatırımlarına çekebilir. Mali teşvikler, yenilenebilir enerjiye ait kurulum ve üretim maliyetlerini yatırımcılar açısından katlanılabilir bir seviyeye çekmek için, maliyetlerin bir kısmının hükümetler tarafından yüklenilmesi ya da kurulum ve üretim sürecinin tamamen hükümetler tarafından gerçekleştirilmesiyle uygulanabilir. Düzenleyici teşvikler ise hükümetler tarafından yatırımcılara, üretilen enerjinin uygun fiyatlarla satılabilmesi şeklinde garantiler verilmesiyle veya üretilen enerjinin kolayca satılabileceği piyasalar oluşturulmasıyla sağlanabilir. Ayrıca devletler, fosil kaynakları vergiler yoluyla daha maliyetli hale getirerek yenilenebilir enerji kaynaklarını fosil kaynaklar karşısında alternatif olarak tercih edilir hale getirebilir.

Bu çalışmada, iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir yere sahip olan yenilenebilir enerji kaynakları ve bu kaynaklardan enerji üretiminin artırılmasına ilişkin düzenleyici ve mali teşvikler ele alınmaktadır. Çalışmanın amacı, yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikalarının yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisinin ölçülmesidir. Bu doğrultuda çalışma üç ana bölümden oluşmuştur. Birinci bölümde, enerji kavramı ve iklim değişikliği temel hatlarıyla açıklanacaktır. Yenilenebilir enerjinin iklim değişikliğiyle mücadeledeki öneminden bahsedilerek sonrasında yenilenebilir enerji kaynakları tanıtılacaktır. Son olarak düzenleyici politikalar ve mali teşvikler olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik teşvik politikaları alt başlıklar halinde tanıtılacaktır.

İkinci bölümde, çalışmanın esasını oluşturan ampirik analizde verilerine başvurulacak olan ülke grubu tanıtılacaktır. Analizde kullanılacak ülke grubu, yenilenebilir enerji potansiyelleri ve teşvik politikası konusundaki isteklilikleri göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Bu bağlamda çalışmada ABD, Almanya, Avustralya, Birleşik Krallık, Brezilya, Çin, Danimarka, Fransa, Hindistan, İspanya, İsveç, İtalya, Japonya, Kanada, Norveç ve Türkiye'ye yer verilmiştir. Sayılan ülkelerin yenilenebilir enerji üretimindeki gelişimleri ve kullandıkları teşvik politikaları alt başlıklar halinde tanıtılacaktır.

Üçüncü bölümde ampirik uygulamaya yer verilmiştir. Ampirik uygulamanın yapılmasındaki amaç, çalışmada ele alınan ülkelerin 1995-2020 dönemine ait yıllık verilerine dayanarak yenilenebilir enerji kaynaklarına uygulanan teşvik politikalarının yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini analiz etmektir. Bu doğrultuda, öncelikle çalışmanın oluşturulmasında faydalanan literatür incelemesi tanıtılacaktır. Sonrasında, ampirik analizde kullanılacak veri seti tanıtılacaktır. Veri setinde, ilgili ülkelerin yenilenebilir elektrik enerjisi üretimleri ile uyguladıkları temel teşvik politikalarına yer verilecektir. Ayrıca analizden elde edilecek sonuçları daha güvenli hale getirmek üzere fosil kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi, karbon emisyonu ve kişi başına düşen gayrisafi milli hasılaya ilişkin veriler kontrol değişkeni olarak analize eklenecektir. Sonrasında veri setine en uygun yöntem olduğu tespit edilen panel veri yöntemi tanıtılarak yapılan analize yer verilecektir. Panel veri yöntemi, belirli bir zaman diliminde ülkelerin yatay kesit verilerini

gözlemleyerek analiz etmektedir. Böylelikle birden çok ülkeye ait en az iki değişken arasındaki ilişkiyi yıllar itibarıyla açıklamaktadır. Çalışma, yapılan analiz sonucunda seçili zaman diliminde ve seçili ülkelerde uygulanan teşvik politikalarının yenilenebilir enerji üretimini artırdığı temel hipotezine dayandırılmaktadır. Ampirik analiz sonucu elde edilen bulguların açıklanması, yorumlanması ve elde edilen bulgulara dayanarak politika önerisinde bulunulmasıyla çalışma sonlandırılacaktır.



BİRİNCİ BÖLÜM

1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI VE YENİLENEBİLİR ENERJİYE YÖNELİK TEŞVİK POLİTİKALARI

İçinde bulunduğumuz yüzyılın en büyük problemlerinden bir tanesi iklim değişikliğidir. İklim değişikliğinin birincil sebebi küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyonlarındaki artıştır. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi yenilenebilir olmayan kaynakların kullanılmasıyla havaya salınan emisyon miktarının azaltılması, hiç şüphesiz iklim değişikliği ile mücadelede başvurulması gereken ilk çözüm yoludur. Sera gazı emisyonlarının azaltılması için bir yandan fosil kaynak kullanımını sınırlayıcı politikalar gerekirken bir yandan da yenilenebilir kaynak kullanımının teşvik edilmesi gerekmektedir. Bu bölümde öncelikle, enerji kavramının kapsamı, yenilenebilir enerjinin önemi ve iklim değişikliği ile mücadele girişimlerine ilişkin bilgi verilecektir. Sonrasında, yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji üretimine yönelik düzenleyici ve mali teşvik politikalarından bahsedilecektir.

1.1. Enerji Kavramı

Enerji, Yunan kökenli bir kelime olup “iç” anlamına gelen “en” ve “iş” anlamına gelen “ergon” kelimelerinden türemiştir (Vocabulary, 2022). Öte yandan 1590’larda Fransızca “énergie” kelimesinden ve Latince “energia” kelimelerinden türemiş olup 16. yüzyılın sonlarından itibaren bugünkü şekliyle kullanılmaya başlamıştır (Oxford Languages, 2022). Türk Dil Kurumu (TDK) ise enerjiyi “maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç, erke” olarak tanımlanmaktadır. Enerjinin tanımı çalışma alanına göre değişmekle birlikte en yaygın kullanımı “fiziki bir kaynağın iş yapma kapasitesi” şeklindedir. Enerji kendisini ısı, ışık, hareket, elektrik, yerçekimi ve kimyasal dönüşüm gibi birçok şekilde göstermektedir (Bhattachartta, 2019:9). Enerjiyi elde etmek ve kullanılabilir bir biçimde tüketicilere ulaştırabilmek için bir dizi fiziksel ve ekonomik faaliyet gerekmektedir. Bu faaliyetler bütünü enerji tedarik sistemi olarak adlandırılmaktadır. Tedarik sistemi enerji arzı, enerji dönüşümü¹ ve enerji tüketimi ile ilgili faaliyetlerin tamamını kapsamaktadır. Tedarik sistemini oluşturan faaliyetlerin önemi ülkedeki kaynakların mevcudiyetine bağlı olarak ülkeden ülkeye hatta kaynak türüne göre değişmektedir. Örneğin, kaynak bakımından zengin bir ülke için enerji arzı açıkça iyi gelişmişken, kaynak bakımından fakir bir ülke için enerji dönüşümü ve nihai enerji tüketimi daha gelişmiş olma eğilimindedir (Bhattachartta, 2019:13).

¹Enerji dönüşümü, tüketiciler açısından kullanım kolaylığı sağlamak için farklı birincil enerji formlarının ikincil enerji formlarına dönüştürülmesidir (Bhattachartta, 2019:13).

Elektrik üretimi ve kişi başına düşen elektrik tüketimi bir ülkede yaşayan insanların yaşam standardının göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bir ülkenin büyümesi, büyük ölçüde enerjiye ulaşılabilirliğiyle ve ülkedeki enerji kaynaklarının çeşitliliğiyle bağlantılıdır. Ülkelerin sanayileşme, küreselleşme ve ticari serbestleşme yoluyla ekonomik büyümeyi sağlamaya çalışmasına bağlı olarak çevre kirliliğine dahası iklim değişikliğine neden olan yenilenemeyen enerji kaynakları ekonomik büyümenin ön koşulunu oluşturmaktadır. Ancak bir yandan ekonomik büyüme sağlanırken bir yandan da enerjinin etkin kullanımı ve sürdürülebilir kalkınma politikalarıyla çevre kalitesini artırmak mümkündür (Anser, 2021:51107). Ayrıca gelişmiş teknolojilerin yardımıyla ekonomik faaliyetlerde kullanılan enerji kaynaklarının doğru seçimiyle de çevre kalitesi iyileştirilebilir.

Enerji kaynakları, birincil-ikincil kaynaklar, geleneksel-geleneksel olmayan kaynaklar ve yenilenebilir-yenilenemeyen kaynaklar şeklinde sınıflandırılmaktadır. Doğada insan eli değmeden ham haliyle bulunan kaynaklar birincil kaynaklar oluştururken, birincil enerji kaynaklarının işlem görmesi sonucu ikincil kaynaklar elde edilmektedir. Geleneksel enerji kaynakları uzun yıllardır kullanılmakta olan ve muhtemelen gelecekte tükenecek olan kaynaklardır. Geleneksel olmayan enerji kaynakları ise geleneksel enerji kaynaklarına alternatif olarak gelecekteki enerji ihtiyacını karşılayacak olan ve geliştirilmesi için modern teknoloji ve eylem gerektiren kaynaklardır. Kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji kaynakları günümüzde enerji ihtiyacının büyük kısmını karşılayan ve yakın gelecekte tükenmesi muhtemel olan geleneksel enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları ise güneş, rüzgâr, hidroelektrik, dalga ve jeotermal gibi kaynaklardan elde edilen, doğa tarafından tekrar tekrar üretilen, üretilmesi ve geliştirilmesi için yeni yöntemler gereken, geleneksel olmayan enerji kaynaklarıdır (Sawhney, 2012:2-3).

1.2. İklim Değişikliği Kavramı

20. yy. boyunca gözlemlenen değişiklikler, hava ve okyanus sıcaklığındaki artışları, yükselen küresel deniz seviyelerini, uzun yıllardır var olan yaygın kar ve buz örtüsünün azalmasını, atmosferik sirkülasyon ve okyanus sirkülasyonu ile mevsimsel yağış koşullarını etkileyen bölgesel hava durumundaki değişiklikleri kapsamaktadır. Bu değişiklikler atmosfere sera gazlarının salınması nedeniyle oluşan fazla ısıdan kaynaklanmaktadır. Bu fazla sera gazları, öncelikle fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğal gaz) yakılması, ormansızlaşma, tarım ve arazi kullanımındaki değişiklikler gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Tüm bu faaliyetler atmosferdeki ısıyı hapseden sera gazlarının miktarını artırmaktadır. Tüm bunların sonucunda, dünyanın iklimi değişmekte ve küresel iklim değişikliğinin 21. yy.da ve sonrasında devam etmesi beklenmektedir. İklim değişikliğinin büyüklüğü, öncelikle küresel olarak salınan sera gazlarının miktarına ve iklimin bu emisyonlara duyarlılığına bağlıdır. Sera gazı emisyonlarındaki önemli azalmalarla, küresel yıllık ortalama sıcaklık artışı 2°C veya daha azı ile sınırlandırılabilir. Ancak, bu emisyonlarda önemli azalmalar olmazsa, sanayi öncesi zamanlara göre yıllık ortalama küresel

sıcaklıklardaki artış, bu yüzyılın sonuna kadar 5°C veya daha fazlasına² ulaşabilir (Worldbank, 2021).

Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadele edebilmenin ilk adımı ilgili bilimsel ve sosyoekonomik verilerin toplanmasıyla atılmıştır. Öte yandan 1972 yılında Stockholm’de gerçekleştirilen “İnsan Çevresine Dair Konferans” ile ilk kez küresel çevre sorunları uluslararası düzeyde ele alınmıştır. Konferansın ardından çevre konulu ilk uluslararası bildiri olan “Stockholm Deklarasyonu” yayınlanmıştır. Ardından Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından çevre sorunlarına çözüm aramak üzere “Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP)” oluşturulmuştur (United Nations, 1973). 1988’de Dünya Meteoroloji Örgütü³ ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı⁴ tarafından insan faaliyetlerinin neden olduğu iklim değişikliğinin risklerini değerlendirmek üzere Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli⁵ (IPCC) kurulmuştur. Küresel ısınma ve iklim değişikliği alanlarında dünyanın önde gelen binlerce bilim adamı ve uzmanı, IPCC kapsamında çalışarak küresel ısınma ve iklim değişikliğinin bilimsel temellerini, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ilişkin temel konuları ve değişen iklime uyum sürecini değerlendirmiştir. IPCC raporlarında oluşturulan bilimsel fikir birliği, iklim değişikliği politikalarının oluşturulmasında en önemli adımlardan biri olmuştur (Mann, 2023). Küresel ölçekte iklim değişikliği politikalarına öncülük eden bazı sözleşme ve anlaşmalar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması’dır.

1992 yılında UNFCCC sekreterliği, iklim değişikliği tehdidiyle mücadele etmek üzere oluşan küresel politikaları desteklemekle görevli Birleşmiş Milletler kuruluşu olarak kurulmuştur. UNFCCC’nin nihai hedefi, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarını, ekosistemlerin doğal olarak uyum sağlamasına ve sürdürülebilir kalkınmaya olanak tanıyan bir zaman diliminde, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insan müdahalesini önleyecek bir seviyede istikrarlı hale getirmektir (UNFCCC, 2023a).

²Küresel veya bölgesel sıcaklık eğilimlerinin on yıldan on yıla geleceğe doğru nasıl gelişeceğine dair tahminler yapılsa da kesin rakamlar vermek imkansızdır. İlk olarak, insan faaliyetlerinin ne kadar CO₂ salacağını kesin olarak tahmin etmek mümkün değildir çünkü bu, küresel ekonominin nasıl geliştiği ve toplumun enerji üretimi ve tüketiminin önümüzdeki yıllarda nasıl değişeceği gibi faktörlere bağlıdır. İkincisi, belirli bir CO₂ emisyon senaryosu için bile bir dizi olası sonuç bulunmaktadır. Ayrıca, yaklaşık on yıllık zaman ölçeklerinde, doğal değişkenlik, sıcaklık artışlarına neden olan faktörlerin etkilerini değiştirebilir. Ancak birlikte ele alındığında, tüm model projeksiyonları, Dünya’nın önümüzdeki birkaç on yıl ile yüzyıllar arasında önemli ölçüde daha fazla ısınmaya devam edeceğini göstermektedir (Royalsociety, 2021).

³Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), 193 üye devlet ve bölgeden oluşan hükümetlerarası bir kuruluştur. Dünya atmosferinin, kara ve okyanuslarla etkileşimi, iklim koşulları sonucunda su kaynaklarının dağılımı konuları üzerinde uluslararası iş birliği ve koordinasyonu konusunda hizmet veren uzmanlaşmış bir kuruluştur (Public.wmo, 2020)

⁴Birleşmiş Milletler Çevre Programı, Birleşmiş Milletler’de sürdürülebilir kalkınmanın çevresel boyutunun tutarlı bir şekilde uygulanmasını destekleyen ve küresel çevre için hizmet veren küresel bir otoritedir (Unep, 2023)

⁵Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, iklim değişikliği ile ilgili bilimsel değerlendirmelerde bulunan Birleşmiş Milletler kuruluşudur (IPCC, 2023).

1997 yılında kabul edilen Kyoto Protokolü, 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Kyoto Protokolü, sanayileşmiş ülkelerin ve geçiş halindeki ekonomilerin sera gazı emisyonlarını kararlaştırılan ulusal hedeflere uygun olarak sınırlama ve azaltma taahhüdünde bulunarak UNFCCC'yi işler hale getirmiştir. 2005'ten beri yürürlükte olan protokol, 2008-2012 yıllarını kapsayan birinci taahhüt döneminde 41 ülke ve Avrupa Birliği'nde, altı sera gazı emisyonunda 1990 seviyelerine kıyasla yaklaşık %5'lik bir azalış hedeflemiştir. 2013-2020'yi kapsayan ikinci taahhüt döneminde ise tarafların emisyonlarını ilk taahhüt döneminden farklı olarak 2020 yılında 1990 yılına göre en az %18 azaltması kararlaştırılmıştır. Protokolün önemli bir unsuru emisyon izinleri ticaretine (the trade of emissions permits) dayanan esnek piyasa mekanizmalarının kurulması olmuştur. Protokol ülkelere, emisyon azaltımı hedeflerine ulaşmak için öncelikle ulusal önlemler alınmasını önermiştir. Bu hedeflere ulaşmak için üye ülkelere, "ulusal emisyon ticareti"⁶, "temiz kalkınma mekanizması"⁷ ve "ortak uygulamalar"⁸ şeklinde piyasaya dayalı üç mekanizma sunulmuştur (UNFCCC, 2023b). Öte yandan, 2020 sonrası iklim rejimini düzenleyen Paris Anlaşması'nın devreye girmesiyle ikinci taahhüt dönemi sadece usulen kabul edilmiştir. Dolayısıyla UNFCCC'nin ilk uygulama aracı olan Kyoto Protokolü işlevini tamamlamıştır (MFA, 2023).

İklim değişikliği konusunda yasal olarak bağlayıcı olan Paris Anlaşması 2016'da yürürlüğe girmiştir. Paris Anlaşması'nın temel amacı, küresel ısınmayı sanayi öncesi seviyelere kıyasla 2 °C ile sınırlamak için küresel sera gazı emisyonlarının önemli ölçüde azaltılması ve tercihen 1,5 °C ile sınırlamak için daha fazla çaba sarf edilmesidir. Bu uzun vadeli sıcaklık hedefine ulaşabilmek için ülkeler, yüzyılın ortasına kadar iklim nötr⁹ bir dünya elde etmek için mümkün olan en kısa sürede sera gazı emisyonlarının azaltılması hususunda küresel anlamda zirveye ulaşmayı hedeflemektedir. Paris Anlaşması, iklim değişikliğiyle mücadele ve etkilerine uyum sağlama konusunda iddialı çabalar üstlenmek için tüm ulusları ortak bir amaçta buluşturan ilk bağlayıcı anlaşma olması sebebiyle çok taraflı iklim değişikliği sürecinde bir dönüm noktasıdır (UN, 2023). Paris Anlaşması ayrıca, iklim finansmanına özellikle vurgu yapmakta ve gelişmiş ülkelerin daha az gelişmiş

⁶Uluslararası emisyon ticareti, Kyoto Protokolü'nün 17. Maddesinde belirtildiği üzere, emisyonlara izin verilmiş ancak "kullanılmamış" emisyon birimleri olan ülkelerin bu fazla kapasiteyi hedeflerinin üzerinde olan ülkelere satmasına olanak tanımaktadır (UNFCCC, 2023d)

⁷Temiz kalkınma mekanizması, Kyoto Protokolü kapsamında emisyon azaltma veya emisyon sınırlama taahhüdü olan bir ülkenin gelişmekte olan ülkelere bir emisyon azaltma projesi uygulamasına izin vermektedir. Bu tür projeler, her biri bir ton CO₂'ye eşdeğer satılabilir, sertifikalı emisyon azaltma kredileri kazanabilmekte ve bu krediler, Kyoto hedeflerini tutturmak için kullanılabilir (UNFCCC, 2023e).

⁸Ortak uygulama, Kyoto Protokolü kapsamında emisyon azaltma veya sınırlandırma taahhüdüne sahip bir ülkenin, başka bir ülkedeki bir emisyon azaltma veya emisyon giderme projesinden, her biri bir ton CO₂'ye eşdeğer olan emisyon azaltma birimleri kazanmasına olanak tanımaktadır ve bu kazanılan birimler Kyoto hedeflerini tutturmak için kullanılabilir (UNFCCC, 2023f).

⁹İklim nötrlüğü, bir şirketin genel emisyon çıktısının ya CO₂ emisyonlarının azaltılması ya da karbon denkleştirme kredileri satın alınması yoluyla net sifıra ulaşması açısından karbon nötrlüğe benzemektedir. Ancak iklim nötrlüğü aynı zamanda metan ve nitroz oksit dahil olmak üzere karbonun ötesindeki diğer zararlı gazların ortadan kaldırılmasını da içermektedir. Karbon nötr, atmosfere salınan karbon miktarının karbon yutakları veya diğer denkleştirme yöntemleri yoluyla dengeye getirilmesidir. Çoğu durumda, karbon nötr olmak iklim değişikliğini yavaşlatacaktır. Karbon nötr olmak, tüm sera gazlarını kapsamamakta ve ayrıca, bazı sektörlerin ısınmaya katkılarını sınırlamak için karbon nötr olması gerekmektedir.

ülkelere mali yardım sağlanması konusunda öncülük etmesi gerektiğini teyit etmektedir (UNFCCC, 2023c). Anlaşma koşullarının uygulanması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılmasında esas teşkil etmektedir.

Paris Anlaşması'ndan hareketle ülkeler, 2050'ye Kadar Net Sıfır Emisyona¹⁰ ulaşma hedefleri belirlemişlerdir. Covid-19 pandemisi, 2020 yılında CO₂ emisyonunda benzeri görülmemiş bir düşüş sağlamıştır. Ancak Aralık 2020 itibariyle CO₂ emisyonları yeniden artmaya başlamıştır. Covid-19 pandemisinin neden olduğu azalma net sıfır emisyon hedeflerine ulaşılması konusunda pozitif etki yaratırken Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), temel piyasa eğilimlerine bakıldığında, net sıfır emisyonu ulaşmak için 2050'ye kadar gereken emisyon tasarruflarının neredeyse yarısının henüz ticari olarak mevcut olmayan teknolojilere dayandığını öne sürmektedir (Jaber vd., 2021:30-33).

İklim değişikliğinin en büyük sebebi olan karbon salımının azaltılabilmesi için bilinen en caydırıcı uygulama karbon ayak izinin hesaplanmasıdır. Karbon ayak izi, bir kişiye veya bir varlığa (örneğin bina, şirket, ülke vb.) ait karbondioksit emisyon miktarıdır. Bu miktar ulaşım, ısıtma, üretim gibi faaliyetler sonucu oluşan karbon emisyonu ve tüketilen elektriğin üretim aşamasındaki karbon emisyonunu kapsamaktadır. Ayrıca karbon ayak izi yalnızca karbondioksit değil aynı zamanda metan, nitroz oksit veya kloroflorokarbonlar gibi diğer sera gazlarının emisyonlarını da içermektedir (Selin, 2022). Karbon ayak izi kurumlar tarafından yasal zorunluluklar, kurumsal sosyal sorumluluk, müşteri veya yatırımcı talepleri, pazarlama ve kurum imajı, zorunlu veya gönüllü sera gazı emisyonu azaltımı ve de emisyon ticaret mekanizmalarına katılım amacıyla hesaplanmaktadır. Örneğin, Kyoto Protokolü taahhüdü altındaki ülkeler bazı işletmelere emisyon salım kotaları koymakta ve kotayı her aşan ton CO₂ için parasal ceza yaptırımları uygulamaktadır. İşletmeler hem bu cezalara maruz kalmamak hem bu tür bir ceza ile prestij ve marka kalitesini kaybetmemek adına emisyonlarını azaltmaya çalışmaktadır (Bekiroğlu, 2011:6-8).

İklim değişikliğinin birincil sebebi olan karbon emisyonunu meydana getiren birçok faaliyet bulunmaktadır. Bu faaliyetleri durdurarak ya da en aza indirerek karbon salımının azaltılması sağlanabilir. İklim değişikliği ile mücadele etmek için alınabilecek en önemli önlemlerden biri fosil yakıt tüketimini olabildiğince azaltmaktır. Endüstriyel kullanım alanlarında, ısıtma ve ulaşım da kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanılması gezegeni ısıtan emisyonların büyük kısmından (yaklaşık %75) sorumludur. İklim değişikliğiyle mücadelede alınabilecek bir diğer önlem enerji verimliliğinin artırılmasıdır. Kullanılan enerji, ister fosil kaynaklardan olsun isterse temiz enerji kaynaklarından, enerji kullanım alanları ne kadar enerji verimli dizayn edilirse enerji tüketimi o kadar azalacaktır. Binalarda ve ulaşım da enerji kullanımının sürdürülebilirliğinin

¹⁰2050'ye Kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosu, küresel enerji sektörünün 2050 yılına kadar net sıfır CO₂ emisyonuna ulaşması ve gelişmiş ekonomilerin diğerlerinden daha önce net sıfır emisyonu ulaşması için yol gösteren bir Uluslararası Enerji Ajansı senaryosudur.

sağlanması alınabilecek bir diğer önlemdir. Ulaşım en önemli sera gazı kaynaklarından biridir ve ulaşımında elektrikli araç kullanımı bu konuda bilinen en iyi çözümdür. Binalarda, aydınlatma, ısıtma, soğutma, pişirme ve cihazların kullanımı için kullanılan enerji büyük miktarda karbon emisyonu yaymaktadır. Binaların enerji verimli şekilde dönüştürülmesiyle karbon kirliliğinin azaltılması sağlanabilir. Son olarak kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıt kullanımından temiz enerjiye geçiş iklim değişimiyle mücadelede önemli bir adımdır. Rüzgâr, güneş, jeotermal, hidroelektrik ve biyokütle enerjisi kaynaklarının ulaşım, ısıtma, soğutma ve özellikle elektrik üretiminde kullanımı karbon salımını büyük ölçüde azaltarak iklim değişikliğinin önüne geçebilir (Turrentine, 2022).

1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Günümüzde meydana gelen çevre sorunları, geçmişten günümüze izlenen kalkınma politikalarının bir sonucudur. Kalkınma politikaları çerçevesinde kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımına sıklıkla başvurulmuştur. Fosil yakıt kullanımından kaynaklanan karbon emisyonları çevreye zarar vererek iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliğinin neden olduğu olumsuz yaşam koşulları ve dünyanın geleceği ile ilgili endişeler ülkeleri iklim değişikliğiyle mücadele edebilecek politikalar üretmeye sevk etmiştir. Bu nedenle insan refahını, ekonomik kalkınmayı ve çevrenin korunmasını sağlayabilecek yenilenebilir enerji kaynakları gibi daha temiz enerji kaynaklarının kullanılmasına dayanan bir sürdürülebilir kalkınma süreci başlamıştır (Elum ve Momodu, 2017:72-74).

Yenilenebilir enerji, güneş ışığı ve rüzgâr gibi tüketildiğinden daha yüksek oranda ve sürekli olarak yenilenen doğal kaynaklardan elde edilen enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynakları fosil kaynakların aksine yakıldığında karbondioksit gibi zararlı sera gazı emisyonlarına ya hiç neden olmamakta ya da çok az miktarda neden olmaktadır (UN, 2022). Yenilenebilir enerji kullanımına yönelmesinde temel olarak üç neden bulunmaktadır. Öncelikle enerji arzının güvenliği ve sürekliliğinin sağlanması bakımından yenilenebilir enerji önem arz etmektedir. Zira sürekli ve hızlı şekilde artan enerji kullanımı karşısında fosil kaynakların aksine gelecekte tükenmeyecek yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasıyla enerji arzında süreklilik sağlanabilir. Aksi durumda fosil kaynakların nüfus artışı ve günlük yaşamda kullanılan enerji miktarının artışı karşısında tükenmesi muhtemeldir. Enerji arz güvenliği basitçe, enerji kaynaklarının çeşitliliği ve bu kaynaklara ulaşabilme kolaylığıdır. Enerji üretimi/tüketimi ile çevre arasındaki etkileşim sonucunda oluşan olumsuz sonuçlar önlenmesi için enerji arz güvenliğinin, kaynak çeşitliliği ve erişilebilirlik yanında enerjinin temiz ve güvenilir olmasını da kapsamı gerekmiştir. Sosyal ve ekonomik nedenlerle de yenilenebilir enerji kullanımı yaygınlaşmaktadır. Yenilenebilir kaynak üretim tesisleri kurulum aşamasında tüm maliyetler dikkate alınarak kurulduğu takdirde ekonomik açıdan avantaj sağlamaktadır. Yine yenilenebilir enerji üretim tesislerinin ekonomik ve sosyal açıdan gelişmemiş bölgelere kurulduğu takdirde bu bölgelerde iş olanaklarını artırmakta ve

ekonomik kalkınmaya katkıda bulunmaktadır. Son olarak çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumlu etkisi nedeniyle de yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilmektedir. Yukarıda da değinildiği üzere fosil kaynakların neden olduğu sera gazı emisyonunun azaltılabilmesi için üretim/tüketim aşamasında herhangi bir sera gazı emisyonuna neden olmayan ya da çok az miktarlarda emisyonu neden olan yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır (MEB, 2012: 3-8).

Yenilenebilir enerji kaynakları temel olarak güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle ve deniz enerjisinden oluşmaktadır. Aşağıda, sayılan yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin açıklamalara yer verilecektir.

1.3.1. Güneş Enerjisi

Elektromanyetik radyasyon olarak da adlandırılan güneş radyasyonu, güneş tarafından yayılan ışıktır. Dünyanın her yeri bir yıl boyunca belli bir miktar güneş ışığı alırken, dünya yüzeyindeki herhangi bir noktaya ulaşan güneş radyasyonu miktarı değişmektedir. Güneş teknolojileri de bu radyasyonu yakalamakta ve onu faydalı enerji biçimlerine dönüştürmektedir. Güneş sistemleri, elektrik üretimi sırasında zararlı sera gazı emisyonuna neden olmadığından temiz enerji sağlamaktadır. Ayrıca, güneş enerjisi doğa tarafından sağlanan, tükenmeyen bir enerji kaynağı olduğundan güneş ışığının olduğu hemen her yerde kullanılabilir hale getirilebilmektedir. Yoğunlaştırılmış güneş-thermal gücü (CSP) ve fotovoltaik (PV) olmak üzere iki ana güneş enerjisi teknolojisi türü bulunmaktadır (Foster vd., 2010:73-151).

CSP, tipik olarak 400 °C ile 1000 °C aralığında yüksek sıcaklıklar elde etmek için güneş radyasyonunu küçük bir alana yoğunlaştırmaya dayanan bir sistemdir. Küçük bir alanda biriken bu güneş radyasyonu, buhar veya gaz türbinleri aracılığıyla elektriğe dönüştürülmektedir (Alalewi, 2014:3). CSP teknolojisi, genellikle büyük tanklarda depolanan erimiş tuzun kullanıldığı termal depolama şeklinde, düşük maliyetli bir depolama seçeneği sunmaktadır. Böylece gün batımından sonra ve güneş ışığının daha az düştüğü dönemlerde bile güneş enerjisi üretmek mümkün olmaktadır. Buna karşın, kurulu kapasitenin henüz seri üretim için yetersiz olması nedeniyle PV güneş sistemleri ile kıyaslandığında CSP güneş sistemleri ile elektrik enerjisi üretmek daha maliyetli olmaktadır (Labariu vd., 2022:2). 2021 yılında, İspanya 2.3 GW kurulu kapasite ile dünyanın en yüksek CSP kurulu kapasitesini gerçekleştirirken Amerika Birleşik Devletleri (ABD) 1.5 GW kurulu kapasite ile ikinci ve Çin 570 MW kurulu kapasite ile üçüncü sırada yer almıştır (Jaganmohan, 2022).

PV güneş sistemleri, 1970'lerin sonunda, elektrik hatları olmayan uzak veya şebeke dışı konumlara elektrik sağlamak üzere kullanılmaya başlanmıştır. PV güneş sistemleri, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürebilmek için paneller üzerine konumlandırılan hücrelerden faydalanmaktadır. Güneş PV panelleri gürültülü çalışmadığından, kentsel alanlar ve konutlar için

iyi bir çözüm olmaktadır. Teknolojik ilerlemeler, düşük maliyetler ve çeşitli mali teşvikler ve hükümet politikaları, 1990'ların ortalarından bu yana PV güneş sistemlerinin kullanımını büyük ölçüde genişletmeye yardımcı olmuştur (Akimoto vd., 2022:241). PV güneş enerjisi üretimi, dünyada 2021 yılında %22'lik rekor bir artışla 1000 TWh'yi aşmıştır. Bu büyüme oranıyla PV güneş enerjisi, 2021'de rüzgâr enerjisinden sonra tüm yenilenebilir teknolojilerin ikinci en büyük mutlak üretim büyümesini gerçekleştirmiştir. Büyük kapasite ilaveleri sayesinde, 2021 yılındaki bu büyümenin yaklaşık %38'i Çin'den, %17'si ABD'den ve %10'u Avrupa Birliği'nden gelmiştir. PV güneş enerjisi, dünyanın çoğu yerinde yeni elektrik üretimi için en düşük maliyetli seçenek haline gelmekte ve bu durumun ilerleyen yıllarda yatırımları hızlandırması beklenmektedir. Ancak, 2050'ye Kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosu'nu gerçekleştirebilmek için 2022-2030 döneminde yıllık ortalama %25'lik üretim artışına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da 2030 yılına kadar yıllık kapasite dağılımında üç kattan fazla artışa tekabül etmektedir. Dolayısıyla şebeke entegrasyonu, politika, düzenleme ve finansman zorluklarının azaltılması alanlarında, özellikle yükselen ve gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere hem kamu hem de özel kesimin yüksek çaba sarf etmesi gerekmektedir (IEA.org, 2021a).

1.3.2. Rüzgâr Enerjisi

Güneşin atmosferi eşit olmayan şekilde ısıtması, dünyanın düzensiz yüzeyleri (dağlar ve vadiler) ve gezegenin güneş etrafındaki dönüşü bir araya gelerek rüzgârı oluşturmaktadır. Dolayısıyla güneş ışınları gezegeni ısıttığı sürece, rüzgâr enerjisi sürdürülebilir bir kaynaktır (Energy.gov, 2022a). Rüzgâr enerjisi üretimi, tarihte ilk olarak yel değirmenlerinin kullanımıyla başlamış olup günümüzde yüksek teknoloji rüzgâr türbinlerinden oluşan rüzgâr çiftliklerine uzanmaktadır. Rüzgâr enerjisinin ilk üretimi 1887 yılında Birleşik Krallık'ta ve 1888 yılında ABD'de gerçekleşmesine rağmen, modern rüzgâr enerjisinin ilk olarak 1891 yılında yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin inşa edildiği ve 1897 yılında 22,8 metrelik bir rüzgâr türbininin faaliyete geçirildiği Danimarka'da geliştirildiği kabul edilmektedir (ETSAP, 2016:6). Rüzgâr enerjisi, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini elektriğe çevirerek elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Modern rüzgâr türbinlerinde rüzgâr enerjisi, kinetik enerjiyi dönme enerjisine dönüştüren rotor kanatlarını döndürmektedir. Bu dönme enerjisi bir mil vasıtasıyla jeneratöre aktarılmakta ve böylece elektrik enerjisi üretilmektedir.

Rüzgâr enerjisi üretiminde karaüstü rüzgâr enerjisi (onshore wind power) ve denizüstü rüzgâr enerjisi (offshore wind power) olmak üzere iki üretim şekli bulunmaktadır. Rüzgâr enerjisi üretiminde ilk esaslı gelişme 2009 yılında 2000 MW kapasiteli karaüstü rüzgâr türbini çiftliklerinin inşa edilmesiyle gerçekleşmiştir. İlk denizüstü rüzgâr türbini ise 1990 yılında İsveç'te kurulmuş olup, 220 kW gücünde tek bir rüzgâr türbininden oluşmuştur. 1991-1998 yılları arasında 450-600 kW gücündeki denizüstü rüzgâr türbinleri kullanılmış ve kıyıdan 4 km'ye kadar mesafeler ve 6 m'ye kadar derinliklere ulaşılmıştır. Bu projeler deneysel amaçlı başlamış olup, kurulum

sonrasında iyi kârlılık ve güvenirlilik endeksleri göstermiştir. Bu deneysel çalışmaların ardından İsveç'te 2000 yılında ilk ticari amaçlı denizüstü rüzgâr enerjisi çiftliklerinin kurulumu başlamıştır (Esteban, 2011:445). Karaüstü rüzgâr enerjisi kurulumu daha düşük maliyetliken, görüntü ve gürültü gibi çevresel nedenlerle sosyal bir dirençle karşı karşıya kalmaktadır. Denizüstü rüzgâr enerjisi kurulumu ise çevresel etkileri daha az olmakla birlikte daha yüksek kurulum ve bakım maliyetlerine neden olmaktadır (Ladenburg vd., 2020:1). Ancak son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler denizüstü rüzgâr enerjisi maliyetlerinde bir miktar iyileştirme sağlamıştır. 2021 yılındaki rüzgâr enerjisi kapasitesi büyümesinin %22'si denizüstü rüzgâr çiftliklerinden sağlanmıştır. Bu oran önceki beş yılın ortalamasının üç katına denk gelmektedir. Denizüstü rüzgâr enerjisi kurulumundaki bu artış özellikle Çin'deki rekor seviyede denizüstü rüzgâr çiftlikleri ilavesinden kaynaklanmıştır (Bojek, 2022a).

Rüzgâr enerjisi üretimi, Ar-Ge destekleri, destekleyici politikalar ve düşen maliyetler sayesinde 2000 yılından bu yana hızla büyümüştür. Küresel kurulu rüzgâr üretim kapasitesi hem karada hem de denizde, son 22 yılda 98 kat artmıştır. Bu artışa rağmen, küresel olarak rüzgâr enerjisi halen hem karada hem de denizde muazzam bir potansiyele sahiptir. 1985 yılında, tipik türbinler 0,05 MW kapasiteye sahipken, günümüzün yeni rüzgâr enerjisi projeleri, karada 3-4 MW ve denizde 8-12 MW aralığında türbin kapasitesine sahiptir. Rüzgârdan elde edilecek enerji miktarının türbin boyutu ve kanat uzunluğuna bağlı olduğu düşünüldüğünde bu ciddi bir kapasite genişlemesidir (Wind Energy, 2020).

2021 yılında rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi bir önceki yıla göre %17'lik bir artışla 273 TWh olarak gerçekleşmiştir. Bu rakam, bir önceki yılda elde edilen büyümeden %55 daha yüksek bir büyümeyi ve tüm yenilenebilir enerji teknolojileri içerisindeki en yüksek büyümeyi ifade etmektedir. 2021 yılında gerçekleşen bu büyüme 2020 yılındaki, 113 GW'lık ek rüzgâr kapasitesi artışı sayesinde olmuştur. 2021 yılındaki toplam 830 GW kurulu rüzgâr kapasitesinin %93'ü karaüstü rüzgâr enerjisi sistemlerinden, kalan %7'si ise denizüstü rüzgâr enerjisi sistemlerinden sağlanmıştır. 2021 yılındaki rüzgâr enerjisi üretimi artışının yaklaşık %70'i Çin, %14'ü ABD ve %7'si Brezilya tarafından sağlanmıştır. 2050'ye Kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosu'na göre 2030 yılında 7900 TWh rüzgâr enerjisi üretimine sahip olunması gerektiği hesaplanmaktadır. Bu da yıllık kapasite artışının yaklaşık 250 GW'a çıkarılması gerektiğini göstermektedir (Bojek, 2022a).

1.3.3. Hidroelektrik Enerji

Hidroelektrik enerji, elektrik üretmek için hareketli suyun doğal akışını kullanan en eski ve en büyük yenilenebilir enerji kaynaklarından birisidir. 1879 yılında Niagara Şelalesi'nde¹¹ ilk hidroelektrik santrali inşa edilmiş ve kısa süre sonra küçük bir şehre güç sağlamak için faaliyete

¹¹Niagara Şelalesi, Kuzey Amerika'nın kuzeydoğusundaki Niagara Nehri üzerindeki şelaledir. Hidroelektrik enerji üretilmesi amacıyla şelalenin üzerindeki su çok büyük bir şekilde yönlendirilmektedir (Britannica, 2022b).

geçmiştir. Hidroelektrik, elektrik jeneratörünün icadıyla ve özellikle 1889 yılından itibaren alternatif akım üreten iletmenin mümkün hale gelmesinden sonra tüm dünyada etkili bir şekilde büyümüştür (Jaganmohan, 2022).

Hidroelektrik enerji üretiminde, su daha yüksek bir alanda toplanır veya depolanır ve büyük borular veya tüneller yoluyla daha alçak bir alana gönderilir. Borulardan geçerek düşen su türbinlerin dönmesini sağlar. Türbinler sırayla, türbinlerin mekanik enerjisini elektriğe çeviren jeneratörleri çalıştırır. Daha sonra jeneratörler için uygun olan bu alternatif voltaj, dönüştürücüler yardımıyla uzun mesafeli iletim için uygun olan daha yüksek bir voltaja dönüştürülür. Türbinleri ve jeneratörleri barındıran, boru ve tüneller aracılığıyla beslenen bu yapıya ise hidroelektrik santral denmektedir (Britannica, 2022a).

Hidroelektrik santraller genellikle boyutlarına ya da kurulu kapasitelerine göre sınıflandırılırken, sınıflandırma seçimi ülkelerin kullanacakları teşvik politikalarına göre değişiklik göstermektedir. Temel olarak nehir tipi, baraj (depolama) ve pompaj depolamalı olmak üzere üç hidroelektrik santral türü vardır (Pandey ve Karki, 2016:1-20). Nehir tipi santraller nehrin akış hızını değiştirmez aksine nehrin akış yönüne uyum sağlarlar. Ancak bu tür santraller çok az depolama kapasitesine sahip olduğundan yıl boyunca sürekli ve değişken bir şekilde çalışır. Bu nedenle ürettikleri enerji, elektrik talebini karşılayacak şekilde yükseltilemez. Baraj tipi santraller dalgalanan enerji talebini karşılamak için su depolayabilir ve tesisin çalışmasını kontrol edebilir. Su, tesisin yukarısındaki bir rezervuarda depolanır. Su depolama kapasitesine bağlı olarak, göllenme mevsimsel, yıllık ve hatta birkaç yıllık olabilir. Pompaj depolamalı santraller, elektrik üretmek üzere daha yüksek bir rezervuara su pompalayarak elektrik enerjisi biriktirmektedir. Pompaj depolamalı santraller, enerji talebine hızlı şekilde cevap verdiği ve herhangi bir karbon emisyonuna neden olmadan büyük miktarlarda enerji üretimine elverişli olduğu için sıklıkla tercih edilmektedir (Iberdrola, 2022).

Hidroelektrik santrallerin belli başlı dezavantajları bulunmaktadır. Bunlardan en bilineni hidroelektrik santrallerin, çevre üzerindeki doğrudan veya dolaylı olarak yıkıcı etkisidir. Hidroelektrik santrallerin ilk kurulumu oldukça maliyetli olduğundan kullanım ömrünün maliyetleri karşılayabilecek ölçüde iyi hesaplanması gerekmektedir. Birden fazla ülke sınırlarını kapsayan nehirler üzerinde kurulacak santraller bir sonraki ülkenin nehir üzerindeki hakkını sınırlandıracağından ülkeler arasında anlaşmazlıklara yol açabilir. Büyük ölçekte inşa edilen barajlar yer yüzeyinde çökmelere neden olabilir. Özellikle baraj tipi santral kurulumu, yöre halkının bölgeden tahliye edilmesiyle ve verimli büyük tarım arazilerinin sular altında kalmasıyla sonuçlanmaktadır. Öte yandan, hidroelektrik santrallerin birçok avantajı da bulunmaktadır. Kurulum maliyetleri yüksek olan hidroelektrik santraller kullanım ömürlerinin uzunluğu sayesinde işletme sürecinde bu maliyeti kolaylıkla tolere edebilmektedir. Tehlikeli taşkınlar ve sel felaketlerinin önlenmesi amacıyla rezervuarlar nehrin akışını kontrol etmek için

kullanılabilmektedir. Özellikle baraj tipi santraller sayesinde yoğun talep dönemlerinde enerji ihtiyacı kolaylıkla karşılanabilmektedir. Bunlara ek olarak hidroelektrik enerji kullanımı sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Kirmani vd., 2021:715-717).

Hidroelektrik enerji, dünya çapındaki toplam kurulu yenilenebilir enerji kapasitesinin üçte birinden fazlasını oluşturmaktadır. 2021 yılında küresel yenilenebilir kurulu güç 3 TW'ı aşarken bunun 2.1 TW'ını hidroelektrik oluşturmuştur (Jaganmohan, 2022). Hidroelektrik enerji üretimi istikrarlı kapasite artışlarına rağmen 2021 yılında, dünyanın birçok yerinde (özellikle Brezilya, ABD, Türkiye, Çin, Hindistan ve Kanada gibi hidroelektrik açısından zengin ülkeler) meydana gelen kuraklık nedeniyle 15 TWh azalmıştır. Ancak buna rağmen, hidroelektrik enerji, diğer tüm yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin toplamından daha fazla enerji üreten en büyük yenilenebilir elektrik kaynağı olmaya devam etmektedir. Ancak bu durum, 2050'ye kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosu'nun hidroelektrik enerji üretim hedefini karşılamamaktadır. 2050 hedefine ulaşabilmek için 2021-2030 yılları arasında yıllık yaklaşık %3'lük üretim artışı gerekmektedir (IEA, 2022a).

1.3.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısı olup su veya buhar yoluyla dünya yüzeyine çıkmaktadır. Dünyanın çekirdeğindeki sıcaklık ile yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı, jeotermal enerjinin dünyanın merkezinden yüzeyine doğru sürekli olarak iletilmesini sağlamaktadır. Jeotermal enerji, temel olarak ısıtma, soğutma sistemlerinde ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Başlangıçta binaların ısıtılması ve yemek pişirme gibi alanlarda kullanılan jeotermal enerji, elektrik üretimi için ilk kez 1904 yılında İtalya'da kullanılmaya başlanmıştır (Gürbüz vd., 2021:4). Jeotermal enerji kaynakları, temelde yüksek, orta ve düşük sıcaklık kaynakları olarak kategorize edilmektedir. Genellikle volkanik ya da tektonik aktiviteye sahip bölgelerde bulunan yüksek ve orta sıcaklıktaki kaynaklar elektrik üretiminde kullanılırken, düşük sıcaklık kaynakları ısıtma ve soğutma sistemlerinde, ısı gerektiren endüstriyel faaliyetlerde ve seracılık gibi diğer uygulamalarda kullanılmaktadır.

Jeotermal enerji santrallerinde, hem su (hidro) hem de ısı (termal) içeren hidrotermal kaynaklar kullanılmakta olup, jeotermal santrallerin enerji üretebilmesi için kuru buhar kuyularından veya sıcak su kuyularından gelen 148 °C ile 370 °C aralığında hidrotermal kaynaklar gerekmektedir (EIA, 2022a). Jeotermal enerji santrali, kuru buhar, flaş buhar ve ikili çevrim enerji santrali şeklinde kategorize edilmektedir. Kuru buhar santralleri, yer altı buhar kaynaklarından yararlanmaktadır. Buhar, doğrudan yer altı kuyularından elektrik santraline aktarılır ve burada bir türbin/jeneratör ünitesine yönlendirilir. En yaygın olarak kullanılan flaş buhar santralleri, 182 °C'den daha yüksek sıcaklıklardaki jeotermal su rezervuarlarını kullanmaktadır. Bu çok sıcak su, kendi basıncı altında yerdeki kuyulardan yukarı doğru çıktıkça basınç düşer ve sıcak suyun bir

kısmı buharlaşarak bir türbine/jeneratöre güç verir. Arta kalan su ve yoğunlaşmış buhar, rezervuara geri püskürtülerek burayı sürdürülebilir bir kaynak haline getirir. İkili çevrim enerji santralleri ise su üzerinde ve yaklaşık 107-182 °C gibi daha düşük sıcaklıklarda çalışmaktadır. İkili çevrim santralleri, genellikle düşük kaynama noktasına sahip organik bir bileşim olan sıvıyı kaynatmak için sıcak sudan gelen ısıyı kullanmaktadır. Kaynatılan bu sıvı buharlaştırılarak enerji üretecek türbinin hareket ettirilmesi için kullanılmaktadır. Su ve türbinleri çalıştıracak olan sıvı tüm bu süreç boyunca ayrı tutulduğundan karbon emisyonu çok az oluşur veya hiç olmaz (NREL, 2022).

Jeotermal enerji, karbon salımı bakımından çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerji, aynı üretim kapasitesinde üretim yapan bir doğal gaz santralının saldıgı karbondioksitin yalnızca altıda birini salmaktadır. Fosil yakıtlarla kıyaslandığında, %80'e varan enerji tasarrufu sağlamaktadır. Güneş ve rüzgâr gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının aksine sürekli¹² kullanılabilir. Ancak, çevre dostu, ucuz ve sürdürülebilir olmasına rağmen jeotermal enerjinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin, jeotermal enerji üretimi, ısı kaynağına yakın alanlarla sınırlıdır. Ayrıca bazı ısı kaynakların uzun süre kullanılması sona soğuma ihtimali vardır. Bir jeotermal enerji santralının maliyeti, kurulduktan sonra ucuz olmasına rağmen kurulum öncesi sondaj ve keşif maliyetleri oldukça yüksektir. Son olarak jeotermal kaynaklar, kötü kukuya neden olan hidrojen sülfat salabileceği gibi bertaraf edilmesi gereken düşük seviyelerde toksik madde de içerebilir (Twi-global, 2022)

Jeotermal enerji kurulu kapasitesi son on yılda dünya çapında kademeli olarak artarak 2021'de yaklaşık 15,6 GW'a ulaşmıştır. ABD, Endonezya ve Filipinler, kurulu jeotermal güç kapasitesi açısından dünyaya liderlik etmektedir. Bununla birlikte, Türkiye, birkaç yeni projeyi tamamladıktan sonra 99 MW'lık ek kapasite ile 2022 yılında, en fazla jeotermal kapasite ekleyen ülke olmuştur (Jaganmohan, 2022). Öte yandan Net Sıfır Emisyon Hedefi doğrultusunda 2030 yılı için jeotermal enerji üretim hedefi 330.0 TWh'dir. Bu senaryoya göre 2030 yılına kadar yıllık ortalama 23,6 TWh jeotermal enerji üretilmesi gerekmekte olup, mevcut üretim artışları bu senaryonun oldukça gerisindedir (Bojek, 2022b).

1.3.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, temel olarak bitkilerden ve hayvanlardan sağlanan yenilenebilir organik bir malzemedir. Biyokütle hammaddesi, enerji üretmek üzere özel olarak üretilen bitkiler, tarımsal ürün kalıntıları, ormancılık kalıntıları, yosunlar, ağaç işleme kalıntıları, belediye atıkları, gıda atığı ve ıslak atıklar (endüstriyel atıklar, ayrıştırılmış belediye atıkları), hayvansal atıklar (mezbaha atıkları, dışkı vb.) gibi malzemeleri kapsamaktadır. Enerji üretmek üzere üretilen bitkiler temelde

¹²Güneş enerjisi üretme kapasitesi güneş panellerinin güneş ışığı aldığı süreyle kısıtlıdır. Aynı şekilde rüzgâr enerjisi üretimi pervanelerin aldığı rüzgâr miktarıyla sınırlıdır. Oysa jeotermal enerji üretimi, yer kabuğunun alt katmanlarından gelen ısınn gelmesine bağlı olarak sürekli devam etmektedir.

otsu (ot, bambu, uzun çayır otu, buğday çimi vb.) ve odunsu (kavak, söğüt, akçaağaç, dişbudak, kara ceviz, sığla, çınar vb.) bitkiler olmak üzere ikiye ayrılmakta olup geleneksel mahsul yetiştirmeye uygun olmayan arazilerde yetiştirilmektedir. Biyokütleden, sıvı yakıtlar üretmek için kimyasal dönüşüm, sıvı ve gaz yakıtlar üretmek için biyolojik dönüşüm ve doğrudan yakma gibi yöntemler kullanılırken, katı, gaz ve sıvı yakıtlar üretmek için termokimyasal dönüşüm yöntemi kullanılmaktadır (EIA, 2022b,). Biyokütleyi oluşturan bu organik maddelerin yukarıda sayılan işlemler sonucu enerjiye dönüştürülmesiyle biyoenerji oluşmaktadır (Hodgson vd., 2022).

Biyokütlenin biyoenerjiye dönüştürülmesiyle üç çeşit yakıt elde edilmektedir. Birincisi, odun rafinerilerinin tipik olarak günlük ahşap endüstrisi işlemlerinin yan ürünlerinden ürettikleri odun paletleri, talaşlar ve odun kömüründen oluşan katı yakıttır. Katı yakıt, dünya çapında biyokütlenin en yaygın kullanılan halidir. İkincisi biyoetanol, biyodizel ve bitkisel yağlardan oluşan sıvı yakıttır. Gıda amaçlı da kullanılabilen enerji bitkilerinden elde edilen biyoyakıtlara birinci nesil biyoyakıtlar denmektedir. Sürdürülebilirliği artırmak için AB, gıda üretimi ile rekabet etmeyen ikinci nesil biyoyakıtların¹³ kullanımını teşvik etmektedir. Sonuncusu ise biyohidrojen, biyogaz¹⁴ ve CO+H₂'den oluşan gaz halindeki yakıtlardır. Gaz halindeki yakıtlar anaerobik (oksijensiz) çürütme ile üretilmektedir. Biyogaz, biyometan¹⁵ dönüştürülebilir ve gaz şebekesine eklenebilir. Hem biyogaz hem de biyometan ısı, ulaşım ve elektrik üretimi için yakıt sağlayabilmektedir (SEAI, 2022).

Biyokütle, bitkiler tarafından fotosentez yoluyla emilen karbon içermektedir. Bu bitkiler enerji üretmek için yakıldığında, karbon salarak basit şekilde atmosfere geri dönmektedir. Bu işlem biyoenerjiyi sıfır emisyonu yakın yenilenebilir bir kaynak yapmaktadır. Yıllık biyoenerji potansiyelinin yenilenebilir enerji potansiyeli içerisindeki payı %55'i bulmakta ve yıllık biyoenerji üretimi küresel enerji arzının %6'sından fazlasını oluşturmaktadır. 2050'ye Kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosu'na göre 2030 yılına kadar yıllık biyoenerji kullanım artışının %10 seviyelerine çıkması gerekmektedir (IEA.org, 2022a).

1.3.6. Deniz Enerjisi

Okyanus enerjisi olarak da bilinen deniz enerjisi, dalgalar, gelgitler, nehir ve okyanus akıntıları dahil olmak üzere suyun doğal hareketinden yararlanılan yenilenebilir bir güç kaynağıdır. Deniz enerjisi teknolojileri, temiz enerji üretmek için dalgaların, akıntıların, gelgitlerin kinetik

¹³İkinci nesil biyoyakıtlar, doğrudan gıda amaçlı olarak kullanılmayan ancak gıdaların artıkları (örneğin kabukları gibi) olan ham maddeler kullanılarak üretilmektedir. Gıda stoğuna zarar vermemek adına artan talebi karşılamak için ikinci nesil biyoyakıtlar üretilmektedir (IEA, 2020a:12).

¹⁴Biyogaz, oksijensiz bir ortamda organik maddenin anaerobik yakılması ile üretilen metan, CO₂ ve az miktarda diğer gazların bir karışımıdır. Biyogazın kesin bileşimi, hammadde tipine ve üretim yoluna bağlıdır (IEA, 2020a: 12).

¹⁵Biyometan, ("yenilenebilir doğal gaz" olarak da bilinir) ya biyogazın "yükseltilmesi" (biyogazda mevcut olan herhangi bir CO₂ ve diğer kirlenimleri ortadan kaldıran bir süreç) ya da katı biyokütlenin gazlaştırılması yoluyla üretilen neredeyse saf bir metan kaynağıdır (IEA, 2020a:12).

enerjisini ve derin soğuk suyun yüzey suyuna dönüşümündeki termal enerjiyi kullanmaktadır (Energy.gov, 2022).

Deniz enerjisi, dalgaların hareketinden yararlanılabilen bir yenilenebilir enerji şekli olduğundan ve dalgalar da rüzgâr etkisiyle üretildiğinden, deniz enerjisinin aslında bir güneş enerjisi biçimi olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Özellikle okyanus dalgaları, dünya yüzeyinin üçte ikisini kaplaması bakımından muazzam bir potansiyele sahiptir. Deniz enerjisine ilişkin ilk Ar-Ge programları İngiltere tarafından 1975 yılında başlatılmış olup ardından Norveç de bir dizi Ar-Ge programı için çalışma başlatmıştır. İlk olarak 1985 yılında Norveç kıyılarında 850 kW'lık bir kıyı prototipi kurulumu başlatılırken, 1991 yılında İskoçya'da 75 kW'lık bir kıyı prototipi kurulmuştur. Yaklaşık aynı tarihlerde Japonya'da 60 kW'lık ve Hindistan'da 125 kW'lık bir prototip kurulmuştur. 1992 yılında Avrupa Komisyonu'nun girişimiyle, Avrupa'daki dalga enerjisi projelerinin finansmanı başlatılmıştır. 2001 yılında IEA tarafından, misyonu okyanus enerjisi araştırma, geliştirme ve koordine etmek olan bir Okyanus Enerji Sistemleri Uygulama Anlaşması oluşturulmuştur (Falcao, 2010:900).

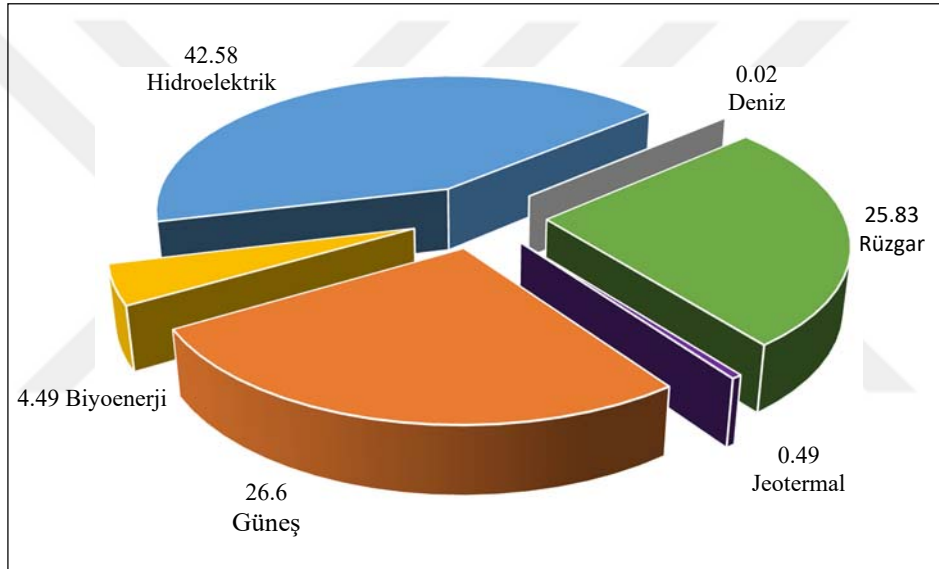
Deniz enerjisi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre oldukça yeni ve küçük bir paya sahip olan bir enerji kaynağıdır. Güneş, rüzgâr ve hidro enerji gibi kaynakların kullanımında geniş arazi gereksinimi nedeniyle tarım arazilerinin kısıtlanması dalga enerjisinin tercih edilmesinde önemli bir faktördür. Öte yandan deniz dalgalarından elde edilen güç, deniz kaynağına yakın olması ve CO₂ salımına ya da çevre kirliliğine neden olmaması nedeniyle tercih edilebilir durumdadır. Ancak bu olumlu yönlerine rağmen, deniz enerjisinin önündeki en büyük engellerden biri, deniz enerjisi sistemlerinin küçük olması dolayısıyla büyük yapılara yeterince güç sağlamak için uygun olmamasıdır. Bir diğer kısıtlayıcı faktör, kullanılabilecek enerji miktarının dalganın yüksekliği, hızı, boyu, yoğunluğu gibi faktörlere bağımlı olması nedeniyle öngörülemez olmasıdır (Justenergy, 2022). Deniz enerjisi üretim payının az olmasının önemli nedenlerinden bir diğeri ise üretim tesisi kurulum maliyetleridir. Bu maliyetler, kurulum öncesi gereken lisans ve izinlere ilişkin prosedür maliyetleri, inşa maliyetleri, operasyonel harcamalar ve ömrü dolan tesislerin hizmetten çıkarılma maliyetlerini kapsamaktadır. Tüm bu maliyetler deniz enerjisine yapılacak yatırımları ekonomik olmadığı gerekçesiyle kısıtlamaktadır (Astariz ve Iglesias, 2015:399).

2021 yılı itibarıyla küresel kurulu deniz enerjisi kapasitesi 524 MW'a ulaşmış olup bu kapasitenin 256 MW'ı Güney Kore ve 212 MW'ı Fransa tarafından gerçekleştirilmiştir. Fransa, 2010 yılından bu yana deniz enerjisi üretiminde sınırları zorlamasına rağmen Fransa'nın 2021 yılındaki deniz enerjisi üretimi gerçek üretim potansiyelinin çok altındadır (Jaganmohan, 2012).

1.4. Küresel Yenilenebilir Enerji Üretiminin Görünümü

Yukarıda, yenilenebilir enerji kaynaklarının neler olduğu açıklanırken, her bir enerji kaynağına ilişkin gerçekleşen üretim miktarı, kapasite eklemesi ve kurulu kapasite miktarları üzerinden yenilenebilir enerjinin, toplam enerji üretimi içerisindeki payı ifade edilmeye çalışılmıştır. Yenilenebilir enerji santrallerine yapılan kapasite eklemeleriyle yenilenebilir enerji üretimi yıldan yıla büyümektedir. Aşağıdaki grafikler, yenilenebilir enerjiye yapılan kapasite eklemesi sonrası 2021 yılı itibariyle yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel yenilenebilir kapasite paylarını ve küresel toplam enerji üretimi içerisindeki paylarını göstermektedir.

Grafik 1: 2021 Yılı İtibariyle Dünya’da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Toplam Yenilenebilir Enerji Kapasitesi Payları

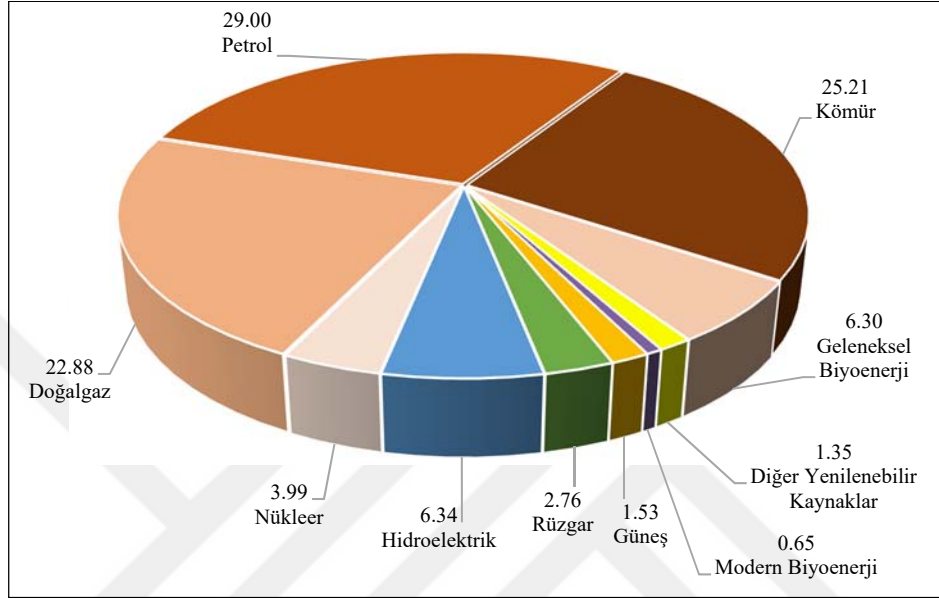


Kaynak: IRENA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Grafik 1’de 2021 yılı itibariyle yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam yenilenebilir enerji kurulu kapasitesi gösterilmektedir. Sırasıyla hidroelektrik %42.58, güneş enerjisi (PV ve CSP toplam) %26.6, rüzgâr (karaüstü ve denizüstü toplam) %25.83, biyoenerji (yalnızca modern biyoyakıtları içermektedir) %4.49, jeotermal %0.49 ve deniz enerjisi (dalga ve gelgit toplam) %0.02’lik bir paya sahip olmuştur. Kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi, özellikle 2010 yılından sonra Ar-Ge destekleri sayesinde rüzgâr türbini kurulumlarında kullanılan teknik ekipmanların geliştirilerek maliyetlerinin düşürülmesiyle ciddi bir artış trendi yakalayarak kurulu güneş enerjisi kapasitesini yakalamıştır. Kurulu deniz enerjisi kapasitesi ise 2021 yılından bu yana ciddi Ar-Ge desteği almasına rağmen yüksek kurulum maliyetleri nedeniyle oldukça sınırlı kalmıştır. Biyoenerji potansiyeli yenilenebilir enerji potansiyelinin yıllık yaklaşık %55’ini karşılayabilecek olmasına rağmen biyoenerjinin karbon salımına neden olmayan yöntemlerle kullanımı henüz yeterince yaygınlaşmadığından yenilenebilir enerji içerisindeki kurulu kapasite payı düşük kalmaktadır. Jeotermal enerji kurulu kapasitesinde son on yılda ciddi bir artış olmasına rağmen hala toplam

kurulu kapasite içerisindeki payı sıfır emisyon hedeflerinin oldukça gerisindedir. Kurulu hidroelektrik kapasitesi ise toplam kurulu yenilenebilir kapasite içerisindeki hakimiyetini korumaya devam etmektedir.

Grafik 2: 2021 Yılı İtibariyle Dünya’da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Toplam Enerji Üretimi İçerisindeki Payları



Kaynak: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Grafik 2’de yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji üretiminin 2021 yılında küresel toplam enerji üretimi içerisindeki payları gösterilmektedir. İklim değişikliği ile mücadele politikaları kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji kaynakları içerisindeki payı arttırılmaya çalışılmaktadır. Bu konuda dünyanın her yerinde belli başlı düzenleyici ve mali teşvikler uygulanmaktadır. Ancak tüm bu çabalara rağmen yenilenebilir enerji üretimin toplam enerji üretimi içerisindeki payı hala oldukça küçüktür. Yenilenebilir enerji üretimi 2021 yılında toplam enerji üretiminin %12,63’ünü oluşturmuştur. 2021 itibariyle küresel enerji üretimde temel fosil kaynaklar olan petrol, kömür ve doğalgaz en büyük paylara sahiptir. Bunun dışında karbon emisyonuna neden olan geleneksel biyoenerji %6.3’lük bir paya sahiptir. Her ne kadar karbon emisyonuna neden olmadığı gerekçesiyle kısmen yenilenebilir bir kaynak olduğunu savunan görüşler olsa da sebep olduğu farklı çevresel problemlere¹⁶ nedeniyle yenilenebilir enerji kaynağı olarak görülmeyen nükleer enerjinin payı %3,99’dur. Yukarıda verilen veriler ışığında, gelecekte tükenmesi muhtemel olan fosil kaynaklarının boyutu dikkate alındığında yüksek nüfus büyümesi

¹⁶Nükleer enerji atom çekirdeğinde meydana gelen reaksiyonlar sonucu elde edilmektedir. Nükleer enerji, uranyum, plütonyum gibi radyoaktif elementlerin çekirdeklerindeki proton ve nötronları tutan enerjinin ortaya çıkarılması esasına dayanır. Öte yandan nükleer enerji santrallerinin çalışma prensibi termik santrallerle aynıdır. Enerji üretimi sırasında nükleer santraller çok fazla kimyasal atık üretirler. Bu atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili henüz bir çözüm üretilmemiştir. Ayrıca nükleer enerjinin de fosil kaynaklar gibi bir limiti bulunduğundan tükenmesi muhtemeldir (Ekolojist, 2018).

ve ekonomik büyüme ile oluşan yüksek enerji talebinin karşılanabilmesi için fosil kaynaklara alternatif olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin artırılması için daha fazla çaba sarf edilmesi gerekmektedir.

1.5. Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvik Politikaları

Kamu politikası, kısaca hükümetlerin yapmayı veya yapmamayı seçtikleri her şey şeklinde tanımlanabilir (Dye, 2013:3). Kamu politikası, toplumsal bir sorunun ya da ihtiyacın çözülmesi için en uygun politikayı ortaya koyarak bu sorunu çözmek ya da ihtiyacı gidermek üzere kamusal aktörlerin karar ve eylemlerinden oluşmaktadır (Gül, 2015:8). Kamu kesiminin yürüttüğü politikalar arasında çevre ve enerjiye ilişkin politikalar da bulunmaktadır. Günümüzde ciddi boyutlara ulaşmış olan iklim değişikliği, kamu politikaları yardımıyla çözülmesi gereken önemli bir sorundur. İklim değişikliğiyle mücadelede, iklim değişikliğinin birincil sorumlusu olan temiz olmayan enerji kullanımının azaltılarak, temiz, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılması ve kullanımının teşvik edilmesi de kamu politikasının görevlerindendir. Bu bağlamda yenilenebilir enerji politikasına değinmek gerekirse, yenilenebilir enerji politikalarının amacı temel olarak yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve yenilenebilir olmayan diğer enerji kaynaklarıyla rekabet edebilir hale getirilmesidir. Bu politikalar yenilenebilir enerjinin üretimi, tüketimi ve geliştirilmesi gibi uygulamaları düzenlemek için gereken kanun ve kuralların uygulanmasının yanı sıra yenilenebilir enerji üretimini ve tüketimini artırmayı hedefleyen teşvik politikalarını da içermektedir. Bu çalışmada, teşvik politikaları literatürdeki en yaygın kullanım şekliyle, düzenleyici politikalar ve mali teşvikler şeklinde iki ana başlık altında açıklanacaktır. Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikaları bir bütün olarak Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1: Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvik Politikaları

Düzenleyici Politikalar	Mali Teşvikler
Tarife Garantisi (Sabit Fiyat Garantisi ve Prim Garantisi)	Vergi Muafiyetleri ve İstisnaları
Kota Yükümlülüğü (Yenilenebilir Portföy Standardı)	Vergi Kredileri (Yatırım Vergisi Kredisi ve Üretim Vergisi Kredisi)
İhale Yöntemi	Karbon Fiyatlandırması
Net Ölçüm Sistemi	Kamu Yatırımları, Krediler, Hibeler, Sermaye Sübvansiyonları veya İndirimleri
Biyoyakıt Kullanma Yükümlülüğü	
Yenilenebilir Isı Yükümlülüğü	

Kaynak: REN21, 2021

1.5.1. Düzenleyici Politikalar

Yenilenebilir enerjiye yönelik düzenleyici politikalar, tarife garantisi, kota yükümlülüğü, ihale yöntemi, net ölçüm sistemi, biyoyakıt yükümlülüğü ve yenilenebilir ısı yükümlülüğünden oluşmaktadır. Aşağıda düzenleyici politikaların her birine ait çalışma prensibi temel hatlarıyla açıklanacaktır. Ayrıca bu politikaların çarpıcı şekilde kullanıldığı ülke örneklerine yer verilerek, 2021 itibarıyla bu politikaların hangi ülkelerde kullanıldığı tablolar halinde sunulacaktır.

1.5.1.1. Tarife Garantisi

Tarife garantisi, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırımları teşvik etmek için tasarlanmış fiyat odaklı bir politika aracıdır. Daha çok, güneş veya rüzgâr enerjisi gibi küçük ölçekli enerji üreticilerini, şebekeye sundukları yenilenebilir elektrik için piyasanın üzerinde bir fiyat garantisi vererek enerji piyasasında oluşabilecek risklerden korumakta ve yenilenebilir enerji yatırımlarını girişimciler için cazip hale getirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen bir birim elektrik için, bir kamu hizmeti sağlayıcısının veya tedarikçinin veya şebeke operatörünün yasal olarak ödemekle yükümlü olduğu fiyat, politika yapıcılar tarafından belirlenmektedir. Bu nedenle tarife oranı, hükümetler tarafından düzenlenmektedir. Tarife garantisi, genellikle yenilenebilir enerji üretimi için ödenen sabit bir miktar para veya yenilenebilir enerji üreticilerine ödenen elektrik piyasası fiyatına ek bir prim şeklindedir (Resch vd., 2007:26). Tarife garantisi uygulamaları genellikle 15 ila 25 yıllık uzun vadeli sözleşmelerden oluşmaktadır. Sözleşme süreleri üretilen elektrik miktarına göre uzatılabilir. Her kWh için sunulan ödeme düzeyleri, gerçek proje maliyetlerini daha iyi yansıtmak için teknoloji türü, proje boyutu, kaynak kalitesi ve proje konumuna göre farklılaştırılabilir (Couture vd., 2010:6). Tarife garantisinden faydalanmaya hak kazananlar ticari amaçla elektrik üreten büyük üreticilerden ziyade ev sahipleri, işletme sahipleri ve çiftçiler gibi daha küçük enerji üreticileridir. Tarife garantisi, yenilenebilir elektrik üreticilerine, ürettikleri her birim elektrik için fiyat garantisi sunulmasının yanında şebekeye erişim garantisi de vermektedir (Vaidya, 2022).

İlk tarife garantisi uygulaması, ABD’de 1978 yılında meydana gelen petrol krizine yanıt olarak uygulanmıştır. O dönemde ABD’nin ulusal enerji yasası olarak bilinen tarife garantisinin uygulanmasıyla, rüzgâr ve güneş enerjisi başta olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilerek enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmıştır. İlerleyen yıllarda, başta ABD, Almanya ve Japonya olmak üzere dünyanın birçok yerinde tarife garantisi uygulanmıştır. 2021 itibarıyla küresel güneş enerjisi üretiminin dörtte üçünün tarife garantisi uygulamasından faydalandırıldığı tahmin edilmektedir (Kenton, 2021).

Tarife garantisi politikası tasarımının zor yanlarından bir tanesi girişimcilere yapılacak ödeme miktarlarının en gerçekçi şekilde nasıl belirleneceğidir. Bu konuda dünya çapında temel olarak dört

farklı yaklaşım bulunmaktadır. Birincisi en yaygın olarak Avrupa ülkelerinde kullanılmakta olan garanti fiyatının, yenilenebilir enerji üretiminin gerçek seviyelendirilmiş maliyetine dayandırıldığı uygulamadır. İkincisi yenilenebilir enerji üretiminin, toplum nezdinde genellikle kaçınılan maliyetler olarak ifade edilen değer üzerinden hesaplandığı uygulamadır. Üçüncü uygulama, seviyelendirilmiş üretim maliyetlerinin ya da kaçınılan maliyetlerin dikkate alınmadan politika yapıcıların piyasa araştırmalarına dayanarak sabit bir fiyat üzerinden hesapladığı tarifedir. Sonuncusu ise doğrudan piyasaya hitap eden bir açık artırma ya da teklif verme süreci sonunda belirlenecek fiyat şeklindedir (Mendonça vd., 2010:26-28).

Tarife garantisi, sabit fiyat garantisi ve prim garantisi olmak üzere iki şekilde uygulanmaktadır. Sabit fiyat garantisi, üretilen ve elektrik şebekesine sunulan her bir birim yenilenebilir enerji için yenilenebilir enerji üreticilerine ödenen sabit bir fiyattan oluşmaktadır. Sabit fiyat garantisi, tarife garantisi politikaları içerisinde en yaygın olarak kullanılan uygulamadır. Sabit fiyat garantisi, kullanılan teknoloji, kurulacak tesisin kapasitesi, kullanılacak yenilenebilir enerji kaynağının kalitesi ve gerçekleşecek üretimin piyasa için ifade ettiği değer gibi kriterlere göre tasarlanmaktadır (Couture vd., 2010:12).

Prim garantisi, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin spot elektrik piyasasında satıldığı ve yenilenebilir enerji üreticilerinin piyasa fiyatı üzerine ilave olarak satışını yaptığı elektrik için kWh başına prim aldığı politika uygulamasıdır. Prim garantisi piyasa fiyatlarından bağımsız sabit bir seviyede ya da piyasa fiyatlarına bağlı olarak değişken bir yapıda olabilmektedir. Sabit prim garantisi, tasarım bakımından daha kolayken piyasa fiyatlarındaki oynaklıklar karşısında telafi riski vardır. Bu riski ortadan kaldırmak için sabit prim garantisi önceden belirlenmiş taban ve tavan fiyatlar ile sınırlandırılmaktadır. Değişken prim garantisi ise belirli bir süre için piyasa fiyatlarının ortalaması ile önceden belirlenmiş bir referans tarife düzeyi arasındaki fark olarak hesaplanmakta ve belirli bir düzen içinde sürekli güncellenmektedir. Eğer piyasa fiyatları referans tarife fiyatından yüksekse prim garantisi ödenmez. Prim garantisi teknolojiye, boyuta veya konuma göre farklılaşabilmektedir. Ayrıca elektrik üreticisine, elektrik piyasasında alım satım yapılırken oluşabilecek ek maliyetler için ek ödemeler yapılabilmektedir (Energypedia, 2022).

Tarife garantisi uygulaması, avantajları bakımından yenilenebilir enerji üreticilerinin yatırım kararı almasında etkili bir politikadır. Tarife garantileri, tarife farklılaştırması yapılarak farklı politika hedeflerine ulaşılabilen, nispeten basit bir politika aracıdır. Hükümet tarafından garanti edilen uzun vadeli sözleşmeler sayesinde, yenilenebilir enerji yatırımcıları ve finansman kuruluşları için şeffaflık, öngörülebilirlik ve güven sağlanır. Tarife garantisi politikası çıktı odaklı olduğundan yenilenebilir enerji üretimini maksimize etmeyi hedefler. Ayrıca tarife garantisi sözleşme sürelerinin uzun oluşu, sürekli ve istikrarlı bir yenilenebilir enerji piyasası gelişimine katkıda bulunur. Öte yandan uygulamada, ne yatırım yapılmasını sağlayacak kadar düşük ne de büyük

kârlar elde etmek için yüksek bir fiyat seviyesi belirlenmemektedir. Uygun bir fiyat seviyesinin belirlenememesi, kamu ve özel sektör arasındaki bilgi asimetrisi ve siyasi baskılardan kaynaklanmaktadır. Bürokratik sorunlar yenilenebilir enerji maliyetlerindeki hızlı değişikliklere uyum sağlanamamasına neden olmaktadır. Son olarak tarife garantileri, yenilenebilir enerji üreticilerine elektrik piyasasının fiyat sinyallerine yanıt vermesi için bir teşvik sağlamadığından, yenilenebilir enerjinin etkin şekilde piyasaya entegre olmasına izin vermemektedir (Energypedia, 2022). Tablo 2’de 2021 yılı itibariyle tarife garantisi politikası uygulayan ülkeler gösterilmektedir.

Tablo 2: 2021 İtibariyle Tarife Garantisi Politikası Uygulayan Ülkeler

Yüksek gelirli ülkeler	ABD, Andora, Avusturalya, Avusturya, Bahreyn, Kanada, Şili, Hırvatistan, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Letonya, Lihtenştayn, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Panama, Polonya, San Marino, Slovakya, İsviçre, Birleşik Krallık, Tayvan
Üst-orta gelirli ülkeler	Arnavutluk, Arjantin, Ermenistan, Belarus, Bosna Hersek, Bulgaristan, Çin, Ekvator, Endonezya, İran, Ürdün, Kazakistan, Kosova, Makedonya, Malezya, Maldivler, Karadağ, Peru, Rusya Federasyonu, Sırbistan, Tayland, Türkiye
Alt-orta gelirli ülkeler	Cezayir, Angola, Bolivya, Mısır, Gana, Honduras, Hindistan, Kenya, Moldova, Moğolistan, Nepal, Nikaragua, Nijerya, Pakistan, Filistin, Filipinler, Senegal, Sri Lanka, Tanzanya, Ukrayna, Vanuatu, Vietnam, Zambiya
Düşük gelirli ülkeler	Ruanda, Suriye, Tacikistan, Uganda

Kaynak: REN21, 2022

1.5.1.2. Kota Yükümlülüğü

Kota yükümlülüğü, yenilenebilir enerji üretimini teşvik etmek amacıyla kullanılan bir politika olup yenilenebilir portföy standardı olarak da bilinmektedir. Kota yükümlülüğü, yapısal olarak yenilenebilir portföy standardını kapsayıcı nitelikte olduğundan çalışmada ana başlık olarak kota yükümlülüğü kullanılmıştır (Connor vd., 2013:5).

Kota yükümlülüğü, geleneksel ve yenilenemeyen kaynaklardan elektrik üretimine alternatif olan yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimini artırmak için geliştirilmiş düzenleyici bir zorunluluktur. Kota politikaları aynı zamanda yetki alanına bağlı olarak “yenilenebilir elektrik standartları”, “yenilenebilir yükümlülükler”, “zorunlu pazar payları”, “ticareti yapılabilir sertifikalar” ya da “yenilenebilir elektrik standardı” olarak da bilinmektedir (REN21, 2022:233). Kota yükümlülükleri ile elektrik tedarik zincirinde kimin yer aldığına bağlı olarak üreticiler, toptancılar, dağıtım şirketleri ya da perakendeciler yenilenebilir enerjiden üretilen elektriğin ilgili

yönetmelikte belirlenen bir oranını satın almakla yükümlü tutulmaktadır (Hardison, 2020:11). Bir başka tanımlamaya göre kota yükümlülüğü, bir hükümet tarafından bir kamu hizmeti şirketine, şirketler grubuna veya tüketicilere kurulu kapasitenin veya üretilen veya satılan elektrik veya ısınn önceden belirlenmiş minimum hedeflenen yenilenebilir payını sağlama veya kullanma yükümlülüğü getirmesidir (REN21, 2022:233). Kota yükümlülüğü, toplam elektrik üretiminin belirli bir yüzdesinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanmasını gerektirdiğinden, yenilenemeyen enerji üreticileri, kotayı karşılamak için yenilenebilir enerji üreticilerinden yenilenebilir enerji sertifikaları almakla yükümlü tutulurlar (Fischer ve Preonas, 2010:5). Kota yükümlülüğü belirli bir enerji miktarı olabileceği gibi belirli bir süre içinde kamu hizmeti kuruluşu tarafından sağlanan tüm enerjinin belirli bir yüzdesi de olabilmektedir. Bu oran sabitlenebilmekte veya zamanla artacak şekilde ayarlanabilmektedir (Connor vd., 2013:6).

Kota yükümlülüğünün çalışma prensibi yükümlülüğün yerine getirildiğinin kanıtlanmasına dayanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından alınması garantilenen belirli bir elektrik enerjisi miktarı (yüzdelik) hükümet tarafından belirlenir. Elektriğin belirli bir yüzdesini yenilenebilir enerji kaynaklarından temin etmekle yükümlü olan taraf ise bu yükümlülüğünü yerine getirdiğini göstermek üzere belirtilen miktarda sertifika göstermek zorundadır. Belirtilen kota miktarınca yenilenebilir enerji almakla yükümlü olanlar, bu sertifikaları üç şekilde elde edebilmektedir (Haas vd., 2009:364);

- Kendi yenilenebilir enerji üretimine sahip olabilirler ve bu tesisler tarafından üretilen her tanımlanmış enerji miktarı (örneğin Hollanda sisteminde 10.000 kWh) bir sertifikayı temsil eder.
- Başka bir yenilenebilir enerji üreticisinden elektrik ve ilgili sertifikaları satın alabilirler.
- Gücün kendisini bir üretim tesisi ya da aracından satın almadan yani gücün kendisinden bağımsız olarak sertifika satın alabilirler.

Burada, kota yükümlülüğünün yerine getirilmesinin ayrılmaz bir parçası olan ticareti yapılabilir sertifikaları kısaca tanımlamak gerekmektedir. Ticareti yapılabilir sertifikalar, yenilenebilir elektrik üretiminin çevresel, sosyal ve diğer güç dışı niteliklerine ilişkin mülkiyet haklarını temsil eden piyasaya dayalı bir araçtır. Bu sertifikalar, yenilenebilir elektrik üretimi ve kullanımına ilişkin muhasebe, takip ve mülkiyet tahsisinde önemli rol oynamaktadır. Ayrıca bu sertifikalar yenilenebilir enerji kullanımının yasal bir delilidir (EPA, 2022). Yenilenebilir elektrik üreticileri, üretimleri için sertifikalar yoluyla sübvansiyon alırken, elektrik tüketicileri, elektrik perakendecilerinin faturalarına sertifika maliyetinin eklenmesi yoluyla vergilendirilmektedir. Ancak ticareti yapılabilir sertifika kotalarının getirilmesi, kısa vadeli marjinal maliyeti düşük olan elektrik arzını artırarak toptan elektrik fiyatlarını düşürmektedir. Böylece vergi yükü tamamen veya kısmen konvansiyonel elektrik üreticilerine yönlendirilmiş olmaktadır (Hustveit vd., 2017:1717).

Kota yükümlülüğünün temel avantajı, rekabetin yenilenebilir enerjiyi sübvansiyet etmede tüketiciye mümkün olan en düşük maliyeti sağlamasıdır¹⁷. Kota yükümlülüğünün bir diğer avantajı, yenilenebilir kaynakları desteklemek için sağladığı sübvansiyonun, yenilenebilir enerji üreticilerinin enerji çıktıları karşılığında aldıkları sertifikalara bağlı olmasıdır. Elektrik ve sertifika ticareti genellikle birlikte gerçekleşirken, sertifikaların kullanımı, yenilenebilir enerjinin çevresel faydalarının parasallaştırılmasını enerjiden etkili bir şekilde ayırmaktadır. Diğer bir avantaj, kotalara yüklenen maliyetin tahmin edilebilir olmasıdır. Maliyetler, yükümlülüklerini yerine getirmeyen taraflar için kota düzeyi ve ilgili para cezası ile etkili bir şekilde sınırlandırılmaktadır (Connor vd., 2013:7).

Kota yükümlülüğünün temel zorluğu, enerji üretimi için bağlayıcı olacak kotayı belirleyebilmektir. Belirlenecek kota, farklı yenilenebilir kaynakların yerel maliyetine ve geleneksel enerji kaynaklarının fiyatına bağlı olarak belirlenmelidir. İdeal kota hedefi, enerji sektörünü temiz çevre hedefine doğru hareket ettirecek kadar büyük olmalı, ancak elektrik fiyatlarında önemli artışa neden olacak kadar büyük olmamalıdır. Ayrıca enerji kaynakları ve kullanılan teknolojiler arasındaki rekabet seviyesini etkileyebilecek boyutta bir kota hedefi belirlenmelidir. Kota uygulanacak kaynakların hangi teknolojiyle üretileceği, kurulum yeri, kapasite büyüklüğü, ithal olup olmaması gibi özellikler bakımından önceden belirlenmiş olması gerekmektedir (Berry ve Jaccard, 2001:264-268). Bir kota yükümlülüğü uygulamasının zorunlu olması ve gereklerine uyulmaması halinde cezai yaptırımlarının olması gerektiğini savunan görüşler karşısında, cezai yaptırımların zorunlu olmadığı uygulamalar da bulunmaktadır. Örneğin, 2021 itibariyle yasal olarak bağlayıcı kota yükümlülüğü hedeflerine sahip 31 ABD eyaleti bulunurken, 7 ABD eyaletinin bağlayıcı olmayan kota yükümlülüğü hedefleri bulunmaktadır (REN21, 2022:87).

Hedef yenilenebilir enerji üretimini genişletmek olduğunda kota yükümlülüğü, tarife garantisi gibi fiyata dayalı politikalardan nispeten daha az maliyetli bulunmaktadır. Tarife garantisi gibi fiyata dayalı politikalar, daha maliyetli teknolojiler için daha yüksek teşvikler sunarken kota yükümlülüğü, yenilenebilir teknolojiler arasındaki rekabeti teşvik ederek maliyetleri düşürmektedir (Fischer ve Preonas, 2010:7). Kota yükümlülüğü uygulaması 2000’li yılların başında gelişmiş ülkeler tarafından başarılı bir şekilde uygulanmaya başlanmış, ilerleyen yıllarda gelişmekte olan ülkelerin de kullandığı bir teşvik politikası türü olmuştur (Chou vd., 2022:9). Tablo 3’te 2021 yılı itibariyle kota yükümlülüğü politikası uygulayan ülkeler gösterilmektedir.

¹⁷Bu temel avantaj teorisinde var olmakla birlikte pratikte ortaya çıkmadığına dair çokça çalışma bulunmaktadır (Butler ve Neuhoﬀ, 2005; Ragwitz vd., 2005; Mitchell vd., 2006; Alagappan vd., 2011).

Tablo 3: 2021 Yılı İtibariyle Kota Yükümlülüğü Uygulayan Ülkeler

Yüksek gelirli ülkeler	Avusturalya, Belçika, Kanada, Şili, Yunanistan, İsrail, Güney Kore, Litvanya, Norveç, Palau, Polonya, Portekiz, Romanya, İsveç, Birleşik Arap Emirlikleri, Birleşik Krallık, ABD
Üst-orta gelirli ülkeler	Arnavutluk, Arjantin, Belarus, Çin, Endonezya, Malezya, Peru, Güney Afrika
Alt-orta gelirli ülkeler	Bolivya, Gana, Hindistan, Kırgızistan, Nijerya, Filipinler, Senegal, Sri Lanka, Vietnam
Düşük gelirli ülkeler	-

Kaynak: REN21, 2022

1.5.1.3. İhale Yöntemi

İhale yöntemi, tipik olarak, yenilenebilir enerji geliştiricilerinin enerji satın alma anlaşmalarına erişim ve/veya hükümet tarafından yönetilen bir fona erişim için yarıştığı, hükümet tarafından yönetilen rekabetçi bir ihale sürecini içermektedir (Linden vd., 2005:11). Yenilenebilir enerji ihaleleri aynı zamanda “talep ihaleleri” veya “tedarik ihaleleri” olarak da bilinmektedir. Hükümet, belirli bir yenilenebilir enerji kurulu kapasitesini veya yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik üretimini tedarik etmek için ihale çağrısında bulunur. İhaleye katılan yenilenebilir proje girişimcileri, genellikle projeyi gerçekleştirebilecekleri elektrik birim fiyatı üzerinden teklif verirler. Teklifler fiyat, bitirme tarihi, verimlilik ve projenin çevre etkisi gibi kriterlere göre değerlendirilir ve ihaleyi kazanan firma ile yenilenebilir proje sözleşmesi imzalanır. İhale yöntemine artan ilgi ihale yönteminin, yenilenebilir elektriğin dağıtımını iyi planlanmış, uygun maliyetli ve şeffaf bir şekilde gerçekleştirebilmesi özelliğinden kaynaklanmaktadır (Ferroukhi vd., 2015:14).

Yenilenebilir enerji ihalelerinin başarılı olması için bazı özelliklere sahip olması gerekmektedir. İlk olarak, rekabet yaratmak ve optimal fiyatlara ulaşmak için ihaleler, yatırımcılar nezdinde yeterince çekici olmalıdır. İkinci olarak ihale tasarımı, teklif verenlerin projeleri zamanında inşa edebilmek için teknik ve mali yeteneğe sahip güvenilir yatırımcılar olmasını sağlamalıdır. Üçüncü olarak ihale tasarımı, istenen sonuçlara ulaşmak için doğru yatırımcı ve üretim miktarı bileşeninin seçilmesini sağlamalıdır (Correia vd., 2020:12).

İhale yönteminin tasarımı esnek yapıya sahip olduğundan enerji dağıtım ve proje geliştirme hedeflerini karşılamak için farklı tasarım unsurlarını birleştirme ve uyarlama olanağı sunmaktadır. Bu esnek yapısı ile ihale yöntemi, ekonomik gelişmişlik düzeyi, enerji sektörlerinin yapısı, enerji piyasalarının olgunluğu ve yenilenebilir enerji dağıtım seviyeleri farklı olan, farklı yargı bölgelerine hitap edebilmektedir. İhale yöntemi, yatırım yapılacak projenin gerçek fiyatının

belirlenmesi konusunda oldukça başarılıdır. İyi tasarlanmış bir ihale, ihaleye konu olan projenin gerçek fiyatını şeffaf ve rekabetçi bir süreçte ortaya çıkarmaktadır. İhaleler, politika yapıcılar, proje geliştiricileri için sağlanan istikrarlı gelir sayesinde üretilen yenilenebilir enerjinin hem fiyatını hem de miktarını kontrol etmelerine olanak tanımaktadır. Aynı zamanda ihale yöntemi, diğer düzenleyici teşvik politikalarına nispeten yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşılmasında daha başarılıdır. Böylelikle hem yatırımcılar hem de politika yapıcılar uygulanacak projenin gelecekte sonucuna ilişkin daha kesin tahminlere sahip olmaktadır. Ayrıca ihaleler, iki taraf arasında her bir tarafın taahhütlerini ve yükümlülüklerini açıkça belirten sözleşmelerle sonuçlandığından gelecekte piyasa ya da politika görünümü değişse bile ücretlerde sorun yaşama olasılığı en aza indirilmektedir. Tüm bu olumlu yönlerine karşın ihaleler hem teklif verenler hem de ihaleyi yöneten kamu idaresi için yüksek işlem maliyetleri, yetersiz altyapı ve gecikme gibi riskler taşımaktadır. İhaleye katılmak için gereken idari prosedürle ilgili nispeten yüksek işlem maliyetleri, özellikle küçük ölçekli ve yeni yatırımcıların ihaleye katılımını engelleyerek rekabeti azaltmaktadır. İhalelerin rekabetçi ortamında agresif teklif verme, teknoloji maliyetleri konusunda aşırı iyimserlik, projenin gecikmesi durumunda oluşacak finansal sonuçların hafife alınması gibi sebeplerle ihale yöntemi gecikme riskleri taşımaktadır. Sayılan güçlü ve zayıf yönlerin herhangi bir ihaleyi ne ölçüde etkileyeceği tasarım şekline, ihale koşullarına ve bu koşulların ilgili ülke bağlamında ne ölçüde uyarlanabildiğine bağlıdır (Ferroukhi vd., 2015:15-16).

Yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesinde kullanılan üç tür ihale yöntemi bulunmaktadır. Kapalı zarf usulü ihale (The Sealed-bid Auction), teklifçinin eş zamanlı olarak fiyat ve miktar teklifi verdiği ve hiçbir teklifçinin diğer teklifçilerin verdiği fiyatı bilmediği ihale usulüdür. İhale çağrısında belirtilen zorunlu şartların tümünü karşılayan teklifler, değerlendirmenin yalnızca fiyata dayalı olması durumunda en düşük fiyattan en yüksek fiyata doğru sıralanmaktadır. En düşük fiyattan başlayarak, teklif ettikleri miktarların toplamı ihale edilen hacmi karşılayıncaya kadar projeler derecelendirilir. Hükümetin önceliklerine göre, projeleri yalnızca fiyata göre değil, aynı zamanda projenin yerel endüstriyel kalkınmaya katkısı, proje geliştiricisinin teknik uzmanlığı vb. gibi daha kapsamlı bir dizi kriteri de dahil etme olasılığı vardır. Bu durumda, seçilen projeler en düşük fiyata sahip olanlar değil, ödemenin karşılığını en iyi veren projeler olmaktadır. İkinci yöntem, azalan saat usulü olup (The Descending Clock Auction) ihale kurulunun hedeflenen yenilenebilir enerji üretimini elde etmek için bir fiyat açıkladığı çok turlu teklifler şeklinde ilerlemektedir. Teklifçiler, arz etmek istedikleri ürünün miktarını ilan edilen geçerli fiyattan temin etme hakkı için teklif verirler. İhale kurulu, teklif edilen miktar tedarik edilecek miktarla eşleşene kadar fiyatı kademeli olarak düşürür. Bu ikinci yöntem, katılımcıların birbirlerinin tekliflerini bildikleri ve sonraki turlarda fiyatlarını ve miktarlarını buna göre ayarladıkları daha dinamik bir ihale yöntemidir. Son olarak karma ihale (The Hybrid Auction) olarak adlandırılan ihale yöntemi iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada teklifçiler azalan saat usulünde olduğu gibi arz etmek istedikleri ürünün miktarını ilan edilen geçerli fiyattan temin etme hakkı için teklif verirler. Böylece fiyat keşfi gerçekleşir. İkinci aşamada kapalı zarf usulünde olduğu gibi az sayıdaki

derecelendirilmiş teklif arasından seçim yapılarak nihai fiyat belirlenir. Böylelikle karma ihale yöntemi her iki ihale yönteminin avantajlarından faydalanmış olmaktadır (Lucas vd., 2013:10-11).

Yenilenebilir enerji teşvik politikaları Covid-19 sürecinde duraksamaya girmiş ancak 2021 itibarıyla artış trendini sürdürmüştür. İhale yöntemi rekabetçi fiyatlandırma stratejisi sayesinde artış trendine öncülük etmiştir. Özellikle, rüzgâr türbini üreticileri mümkün olan en düşük seviyedeki maliyete ulaşmak için teknolojik yeniliklere odaklanmaya devam ederken bir yandan da yenilenebilir enerji ihalelerine geçişi hızlandırmıştır. 2020’de 116 ihale düzenlenirken, 2021 yılında bu sayı 131’e yükselmiştir (REN21, 2022:25-149). Tablo 4’te 2021 yılı itibarıyla ihale usulü politikası uygulayan ülkeler gösterilmektedir.

Tablo 4: 2021 Yılı İtibarıyla İhale Usulü Uygulayan Ülkeler

Yüksek gelirli ülkeler	Andora, Avusturalya, Bahreyn, Kanada, Şili, Hırvatistan, Kıbrıs, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Panama, Polonya, Slovakya, Birleşik Krallık, ABD, Belçika, Kuveyt, Mauritius, Norveç, Umman, Portekiz, Katar, Suudi Arabistan, Seyşeller, Singapur, Slovenya, İspanya, Birleşik Arap Emirlikleri, Uruguay
Üst-orta gelirli ülkeler	Arnavutluk, Arjantin, Ermenistan, Belize, Bosna Hersek, Botswana, Brezilya, Çin, Kolombiya, Kosta Rika, Dominik Cumhuriyeti, Ekvator, Guatemala, Endonezya, Irak, Jamaika, Ürdün, Kazakistan, Lübnan, Malezya, Maldivler, Meksika, Karadağ, Peru, Rusya Federasyonu, Güney Afrika, Surinam, Tonga, Türkiye
Alt-orta gelirli ülkeler	Cezayir, Bangladeş, Benin, Butan, Bolivya, Cape Verde, Kamboçya, Fildişi Sahili, Mısır, El Salvador, Esvatini, Gana, Honduras, Hindistan, Kenya, Lesotho, Moldova, Moğolistan, Fas, Myanmar, Nepal, Nijerya, Filistin, Filipinler, Senegal, Sri Lanka, Tanzanya, Tunus, Özbekistan, Vietnam, Zambiya, Zimbabve
Düşük gelirli ülkeler	Afganistan, Burkina Faso, Etiyopya, Gambiya, Gine-Bissau, Madagaskar, Malavi, Mali, Mozambik, Nijer, Ruanda, Suriye, Uganda

Kaynak: REN21, 2022

1.5.1.4. Net Ölçüm Sistemi

Net faturalandırma olarak da bilinen net ölçüm sistemi, basitçe kendi elektriğinin bir kısmını veya tamamını üreten tüketicilerin bu elektriği, üretildiği zaman yerine istedikleri zaman kullanmalarına olanak sağlayan bir elektrik faturalandırma sistemidir. Örneğin, bir konut sahibinin çatısına kurduğu güneş panelleri, en çok elektriği güneş ışınlarının daha çok olduğu gün ortasında

üretmektedir. Günün ortası genellikle en az miktarda elektrik kullanılan zaman olduğundan, gündüz saatlerinde paneller ihtiyaçtan daha fazla elektrik üretmektedir. Güneş panelleri bir evin kullandığından daha fazla elektrik ürettiğinde, fazla üretim şebekeye gönderilir. Bu aşamada net ölçüm sistemi devreye girmektedir. Evde net sayaç varsa, elektrik sayacı, gece veya evin elektrik kullanımının sistem çıkışını aştığı diğer dönemlerde tüketilen elektriğe karşı bir kredi sağlamak için geriye doğru çalışmaktadır. Güneş panellerinin üretim yapmadığı saatlerde ise şebekeden elektrik kullanılmakta ve sayaç ileriye doğru çalışmaktadır. Böylece müşteriler yalnızca net enerji kullanımları için faturalandırılmaktadır (SEIA, 2022a). Fatura döneminin sonunda, son faturanın belirlenmesi için, şebekeye ne kadar elektrik gönderildiği ile ne kadar elektrik kullanıldığı netleştirilmektedir.

Net ölçüm sistemi kullanmanın en büyük faydası fatura tasarrufu sağlamasıdır. Bir diğer faydası, çatı üstü güneş panelleri kurulum maliyetlerinin, net ölçüm sistemi kullanmayan bölgelere göre daha kısa sürede finanse edilmesini sağlamasıdır. Örneğin, New Jersey’de, bir güneş enerjisi sisteminin, net ölçüm sayesinde 4 ila 5 yıl arasında bir geri ödeme süresine sahip olduğu hesaplanırken, net ölçüm sisteminin kullanılmadığı Güney Dakota’daki bir güneş enerjisi sistemin kendini finanse etme süresi 12 yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, net ölçüm sistemleri, şebeke üzerindeki talep baskısını azaltmaktadır. Güneş enerjisi üreten konut sahiplerinin şebekeden güç kullanmayıp kendi ürettikleri elektriği kullanmasıyla şebekeden doğrudan güç çeken kullanıcı sayısı azalmaktadır. Üretilen fazla güneş enerjisi şebekeye gönderilmekte ve bu gönderilen elektrik, diğer kullanıcılar tarafından kendi enerji taleplerini karşılayabilmeleri için kullanılmaktadır. Böylelikle, elektrik dağıtım şebekelerinin üzerindeki baskı azalmaktadır (Solarreviews, 2023).

Net ölçüm ve tarife garantisi birbirinden farklı politikalar olmasına rağmen birbiriyle sıkça karıştırılmaktadır. Net ölçüm sisteminde, üretilen enerji ile elektrik faturalarının dengelenmesine yardımcı olan krediler sağlanmaktadır. Net ölçüm sistemini tarife garantisinden ayıran en önemli faktör, net ölçümün enerji üreticilerine elektrik için ödedikleri miktara eşit bir kredi sağlamasıdır. Net ölçüm sisteminin aksine tarife garantileri, doğrudan tüketicilerin enerji için ödediği değere sabitlenmemektedir. Yani üretilen her bir kWh enerji için bir kWh değerinde kredi vermek yerine, o enerjinin değerine karşılık gelen parasal bir kredi verilmektedir (DeSilva, 2018).

2021 yılında, 10 ülke yeni net ölçüm politikaları uygulamaya koymuştur. Örneğin Hindistan, 75.000 eve güneş panelleri kurma hedefiyle yeni bir net ölçüm programı başlatmıştır. Böylelikle Hindistan’ın çatı üstü güneş enerjisi piyasası tüm zamanların en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Öte yandan ABD’de bazı eyaletler ya net ölçüm oranlarını düşürmüş ya da net ölçüm programlarını başka uygulamalarla değiştirmiştir (REN21, 2022:25-150). Tablo 5’te 2021 yılı itibarıyla net ölçüm politikası uygulayan ülkeler gösterilmektedir.

Tablo 5: 2021 Yılı İtibariyle Net Ölçüm Sistemi Uygulayan Ülkeler

Yüksek gelirli ülkeler	Avusturalya, Avusturya, Bahreyn, Barbados, Belçika, Kanada, Şili, Kıbrıs, Danimarka, Yunanistan, Macaristan, İsrail, İtalya, Güney Kore, Letonya, Litvanya, Malta, Maurutius, Hollanda, Yeni Zelanda, Panama, Romanya, Suudi Arabistan, Seyşeller, Singapur, Slovenya, İspanya, Birleşik Arap Emirlikleri, ABD, Uruguay
Üst-orta gelirli ülkeler	Arnavutluk, Arjantin, Ermenistan, Botsvana, Brezilya, Kosta Rika, Dominik Cumhuriyeti, Guatemala, Grenada, Jamaika, Ürdün, Lübnan, Malezya, Meksika, Peru, Saint Lucia, Saint Vincent ve Grenadinler, Surinam, Tayland, Türkiye
Alt-orta gelirli ülkeler	Cape Verde, Bolivya, Mısır, Gana, Honduras, Hindistan, Kenya, Lesotho, Mikronezya, Moldova, Fas, Pakistan, Filistin, Filipinler, Senegal, Sri Lanka, Tanzanya, Tunus, Ukrayna, Vietnam, Zimbabve
Düşük gelirli ülkeler	Suriye

Kaynak: REN21, 2022

1.5.1.5. Biyoyakıt Kullanma Yükümlülüğü

Biyoyakıt kullanma yükümlülüğü, ulaşım sektöründe yenilenebilir enerji kullanımını artırmayı hedefleyen bir teşvik mekanizmasıdır. Birçok ülke için biyoyakıt kullanımını artırma politikalarının uygulanmasına yönelik hedefler iklim değişikliğinin yavaşlatılması da dahil olmak üzere çevresel iyileştirme, tarım ürünleri için yeni pazarların veya talebin yaratılması, bölgesel kalkınmayı teşvik etmek ve enerji arzı güvenliğini artırmak şeklindedir (Gorter ve Just, 2009:738-740).

Ulaşımında yenilenebilir enerjiyi destekleyen politikalar karayolu taşımacılığına odaklanırken, demiryolu, havacılık ve deniz taşımacılığı çok daha az ilgi görmektedir. Biyoyakıt destek politikaları ise uzun yıllardır ulaşım sektöründeki en yaygın yenilenebilir enerji politikası türüdür. Genişletilmiş biyoyakıt kullanımının başlıca itici güçleri, biyoyakıt karıştırma gereklilikleri, üreticiler için mali teşvikler, kamu alım programları ve son olarak yakıt doldurma, karıştırma, dağıtım altyapısı için mali destekler şeklindedir. Düşük emisyonlu bölgeler oluşturma, yasak ve kısıtlamalar getirme, şarj altyapısına erişimin iyileştirilmesi ve biyoyakıt karışımli araçlara ayrıcalıklı park yeri gibi uygulamalarla da ulaşımında karbonsuzlaşma hedefi daha geniş bir alana yayılmaya çalışılmaktadır. 2021 yılı sonu itibariyle 270 şehir düşük emisyonlu bölgeler oluştururken, 20 şehirde fosil yakıtlı araçlara ilişkin yasak ve kısıtlamalara geçilmiştir (REN21, 2022:25-33).

Çoğunlukla biyodizel ve etanol olmak üzere biyoyakıtlar, 2020 yılında ulaşım enerjisinin yaklaşık %3.5'ini sağlamıştır. 2021 yılında, Covid-19 salgının neden olduğu ulaşım talebindeki azalma nedeniyle tüketilen biyoyakıt miktarı azalırken, hammadde maliyetlerinin yükselmesi nedeniyle üretilen biyoyakıt miktarı da azalmıştır. Etanol üretimi, 2011 ile 2021 arasında %26 artarken biyodizel üretimi, esas olarak Asya'daki yüksek üretim ve kullanım nedeniyle 2011 ile 2021 arasında ikiye katlanmıştır. Yenilenebilir dizel olarak da bilinen hidrojenle işlenmiş bitkisel yağ üretimi ise 2021 yılında %36 artmıştır. Ulaşım sektöründe, biyoyakıtlara yönelik destek politikalarına sahip ülke sayısı 2017 yılında dünya çapında 65'e yükselmiş ve sonraki yıllarda herhangi bir artış yaşanmamıştır (REN21, 2022:26-102). Biyoyakıt kullanım yükümlülüğü politikalarındaki duraklamanın sebeplerinden biri biyoyakıt fiyatlarındaki artıştır. Biyoyakıt fiyatlarındaki artış, Rusya'nın Ukrayna'yı işgalinden kaynaklanan hammadde ve enerji maliyetlerindeki artışlar ve küresel mahsul üretimindeki diğer aksamaların bir sonucu olarak 2020'den bu yana ikiye katlanmıştır (Keigo vd., 2022:343). Ayrıca, doğrudan yenilenebilir enerji teknolojisi olmasa da elektrikli araç kullanımının teşvik edilmesinin de biyoyakıt destek politikalarındaki duraklama üzerinde etkisi vardır. Biyoyakıt destek politikaları, uzun yıllardır ulaşım sektöründe en yaygın yenilenebilir enerji politikası türü olmasına rağmen ulaşımın, özellikle karayolu taşımacılığının, elektrifikasyonunu amaçlayan politikalar önemli ölçüde artmıştır. Ulaşım da elektrifikasyonun artırılmasını hedefleyen politikalarının çoğu, açıkça yenilenebilir enerji üretimi ile bağlantılı değildir. Bu nedenle elektrifikasyon politikaları, ulaşım sektöründe yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşmasını yalnızca elektrikli ulaşımın yenilenebilir enerji üretimine dayandığı ölçüde artırabilir (REN21, 2022:26-102). Tablo 6'da 2021 yılı itibariyle biyoyakıt yükümlülüğü politikası uygulayan ülkeler gösterilmektedir.

Tablo 6: 2021 Yılı İtibariyle Biyoyakıt Yükümlülüğü Uygulayan Ülkeler

Yüksek gelirli ülkeler	ABD, Avusturalya, Avusturya, Kanada, Hırvatistan, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Panama, Polonya, Slovakya, Birleşik Krallık, Tayvan, Belçika, Güney Kore, Yeni Zelanda, Norveç, Portekiz, Romanya, Slovenya, İspanya, İsveç, Uruguay
Üst-orta gelirli ülkeler	Arnavutluk, Arjantin, Brezilya, Bulgaristan, Çin, Kolombiya, Kosta Rika, Ekvator, Guatemala, Endonezya, Jamaika, Malezya, Meksika, Paraguay, Peru, Güney Afrika, Tayland, Türkiye
Alt-orta gelirli ülkeler	Angola, Honduras, Hindistan, Filipinler, Sri Lanka, Ukrayna, Vietnam, Zimbabve
Düşük gelirli ülkeler	Etiyopya, Malavi, Mozambik, Sudan

Kaynak: REN21, 2022

1.5.1.6. Yenilenebilir Isı Yükümlülüğü

Yenilenebilir ısı yükümlülüğü, biyoyakıt kullanma yükümlülüğünün ulaşım sektöründeki uygulamasına benzer şekilde, ısıtma ve soğutma için kullanılacak yakıtın tedarikçilerine, bu yakıtın belirli bir oranının yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesini sağlamak için yükümlülük getirilmesidir. Böylelikle ısıtma ve soğutma için kullanılan enerjinin karbon yoğunluğu azaltılmış olmaktadır (Department of the Environment, 2021:8). Isıtma ve soğutma için fosil enerji kullanımının azaltılması, enerji geçişinin en büyük zorluklarından biridir. Isıtma ve soğutma ihtiyaçları küresel nihai enerji tüketiminin yaklaşık %50'sini ve karbon salımından sorumlu küresel enerjinin %40'ından fazlasını oluşturmaktadır. Isıtma ve soğutma için enerji kullanımında fosil kaynaklardan yenilenebilir kaynaklara geçilmesi, çevre ve kalkınma hedeflerinin yanı sıra karbondan arındırma konusundaki küresel hedeflere ulaşılmasında önemli bir adım olarak görülmektedir. Öte yandan enerji geçişini ilerletme konusundaki büyük potansiyeline rağmen yenilenebilir enerjinin ısıtma ve soğutma için kullanılması, politika yapıcılar tarafından nispeten az ilgi görmüştür (Duncan vd., 2022:19). Isıtma ve soğutma amacıyla kullanılan enerjinin yaklaşık yarısı endüstriyel süreçlerde tüketilirken, diğer %46'sı konut ve ticari binalarda, ısınma, su ısıtma ve daha az ölçüde pişirme için kullanılmaktadır. Geri kalan yaklaşık %4'lük kısım ise tarımda kullanılmaktadır (IEA, 2019:129). Son yıllarda, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını karşılamak için modern yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, küresel talebin yaklaşık %10'u ile sınırlı kalmıştır. Sürdürülebilir biyoenerji, güneş termal ve jeotermal ısı dahil olmak üzere modern yenilenebilir enerji kaynaklarının doğrudan kullanımı, ısıtma ve soğutma talebinin %8'ini karşılarken, yenilenebilir elektrik %2'lik kısmını karşılamaktadır (Duncan vd., 2022:22).

Isıtma ve soğutmada yenilenebilir kaynak kullanımının bazı avantajları bulunmaktadır. Örneğin ısıtma ve pişirme için fosil yakıtların yakılması hava kirliliğine ve beraberinde sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, her yıl yaklaşık 3,8 milyon ölümün, çoğunlukla kadınları ve çocukları etkileyen, esas olarak içeride yanan biyokütleden kaynaklanan iç mekân hava kirliliğinden kaynaklandığını tahmin etmekte, 4,2 milyon ölümün ise ince partikül maddeye maruz kalma yoluyla ortam havası kirliliğinden kaynaklandığını tahmin etmektedir (WHO, 2020). Yenilenebilir kaynak kullanımı ile oluşan kirliliğin önüne geçmek mümkün olabilir. 2015 Paris İklim Anlaşması ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri kapsamında şart koşulduğu üzere, modern yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, iklim değişikliğini hafifletmek ve küresel sıcaklıklardaki artışı sınırlamak için kilit öneme sahiptir. Yenilenebilir kaynak kullanımının bir diğer avantajı enerji yoksulluğunu azaltmasıdır. Enerji yoksulluğuyla mücadele eden bir hane, belirli bir sosyoekonomik bağlamda temel ihtiyaçlarını karşılamaya yetecek düzeyde ve kalitede evsel enerji hizmetleri sağlayamamaktadır. Ancak mevcut binalardaki enerji verimliliği iyileştirmeleriyle birleştiğinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının konuşlandırılması müşterilerin elektrik faturalarını düşürerek enerji yoksulluğunu azaltabilir. Ayrıca, yenilenebilir enerji,

kullanılan yakıt ve altyapı karışımını çeşitlendirerek ve ithalata bağımlılığı azaltarak ülkelerin enerji güvenliğini ve enerji bağımsızlığını iyileştirebilir (Duncan vd., 2022:24).

2021 yılında binalara yönelik enerji talebinin neredeyse yarısı su ve alan ısıtmak için kullanılmış olup bu tüketim 2450 Mt doğrudan karbon emisyonuna neden olmuştur. Isıtma enerjisi talebinin %60'ını fosil kaynaklar oluştursa da yenilenebilir ve düşük karbonlu ısıtma teknolojilerinin payı artmaya devam etmektedir. Binalarda yenilenebilir enerji kullanımındaki yavaş büyüme ve binalardaki enerji tüketimi nedeniyle oluşan emisyonun büyük payı, hükümetlerin dikkatini yenilenebilir ısıtma ve soğutmaya çekmiştir. Özellikle Rusya'nın Ukrayna'yı işgali ve bununla bağlantılı olarak ısıtma enerjisi güvenliğinin ve temininin risk altında olması, özellikle Avrupa'da fosil yakıtı dayalı ısıtmadan uzaklaşmak için benzeri görülmemiş bir ivme sağlamıştır (Goodson vd., 2022). 2021 yılı boyunca devletlerin yenilenebilir ısıtma ve soğutma politikaları, fiyatlandırma politikaları (ör. karbon fiyatlandırması, emisyon ticareti, vergilendirme), mali destek politikaları (ör. sübvansiyonlar ve indirimler) ve düzenleyici politikalar (ör. hedefler, yükümlülükler, bina kanunları ve yasaklar) olmak üzere üç ana kısımdan oluşmuştur (REN21, 2022:55).

Yenilenebilir ısı yükümlülüğü konusunda öncü ülkelerden bir tanesi Almanya'dır. 2008 yılında yeni yapılan binalarda yenilenebilir ısı yükümlülüğü uygulanmış, 2011 yılına gelindiğinde uygulama tüm kamu binalarını da kapsamıştır (Beerepoot ve Marmion, 2012:27). 2021 yılında ise binalardaki her yeni ısıtma sisteminin en az %65 oranında yenilenebilir enerji kullanması zorunlu kılınmıştır. 2021 yılında başlatılan yeni Birleşik Krallık Isı ve Bina Stratejisi, ev sahiplerine yenilenebilir ısı teknolojileri kurmaları için hibeler sunmakta ve 2035 yılından sonra fosil yakıtlı kazanların satışını kısıtlamayı amaçlamaktadır. 2021 yılında ısı sektöründeki yenilenebilir enerji payı %6.8 olan İrlanda, 2024 yılına kadar ısı sektörüne yenilenebilir ısıyı dahil etme zorunluluğu getirmeye hazırlanmaktadır. İrlanda, 2050'ye Kadar Net Sıfır Emisyon Hedefi'ne ulaşmada bu uygulamanın büyük bir adım olacağını vurgulamaktadır (Caro, 2022). Ancak, her ne kadar ülkelerin binalarda yenilenebilir enerji kullanımına yönelik politikalar geliştirdiği görülse de beraberinde verilen fosil yakıtlı cihazlara yönelik teşvikler, bu politikaların etkinliğini baltalamaktadır (REN21, 2022:54-55). Tablo 7'de 2021 yılı itibarıyla yenilenebilir ısı yükümlülüğü politikası uygulayan ülkeler gösterilmektedir.

Tablo 7: 2021 Yılı İtibariyle Yenilenebilir Isı Yükümlülüğü Uygulayan Ülkeler

Yüksek gelirli ülkeler	Avusturalya, Danimarka, Fransa, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İsrail, Kore, Litvanya, Hollanda, Norveç, Portekiz, İspanya, Birleşik Krallık, Uruguay ABD,
Üst-orta gelirli ülkeler	Çin, Ürdün, Namibya, Güney Afrika, Türkiye
Alt-orta gelirli ülkeler	-
Düşük gelirli ülkeler	Malavi

Kaynak: REN21, 2022

1.5.2. Mali Teşvikler

Vergi teşvikleri birçok ülke tarafından, belirli sektörlerdeki yatırımları artırmak için yatırımların kârlılık seviyesini yükseltme aracı olarak kullanılmaktadır. Enerji geçişini desteklemek için mali araçlar, fosil kaynaklı enerjiye ya da nükleer enerjiye ek bir vergi yükü yükleyerek ve karşılığında yenilenebilir enerji kaynaklarına vergi teşvikleri uygulayarak kullanılmaktadır. Böylelikle yenilenebilir enerji lehine bir kârlılık avantajı sağlamak amaçlanır (Büsching vd., 2020). Mali teşvikler; vergi yükünden muafiyet ve istisna, kamu yatırımları, krediler, hibeler ya da fosil veya nükleer kaynaklara ek vergi yükü yüklenerek negatif çevresel dışsallıkların fiyatlandırılması şeklinde uygulanabilmektedir. Aşağıda, yenilenebilir enerjiye uygulanan mali teşvikler ve kamu finansmanı politikalarının çalışma prensibi temel hatlarıyla açıklanacaktır. Ayrıca bu politikaların kullanıldığı ülke örneklerine yer verilerek, 2021 itibariyle bu politikaların hangi ülkelerde kullanıldığı tablolar halinde sunulacaktır.

1.5.2.1. Vergi Muafiyetleri ve İstisnaları

Vergi muafiyeti ve istisnası dünyanın birçok yerinde yenilenebilir enerji üretimini artırmak için bir mali teşvik türü olarak uygulanmaktadır. Vergilendirilmesi gereken bir vergi ödeme gücünün varlığı durumunda mükellefler ile vergi konularının, vergi yasaları karşısında adil bir şekilde vergilendirilmeleri bakımından vergi kapsamına alınması gerekmektedir. Ancak sosyal, kültürel, ekonomik, mali ve idari nedenlerle bazı kişi ya da kişi grupları ile bir kısım vergi konularının vergilendirilmemesi yoluna gidilmektedir. Vergi kanunlarına göre vergilendirilmesi gereken kişi ya da kişi gruplarının aynı veya başka kanunlarla vergi dışı bırakılmasına vergi muafiyeti denilmektedir. Vergi istisnası ise vergi kanunlarına göre vergilendirilmesi gereken vergi konularının aynı veya başka kanunlarla kısmen ya da tamamen vergi dışı bırakılmasıdır (Akdoğan, 2011:156). Yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimini artırmak için çeşitli ülkelerde gelir vergisi, kurumlar vergisi, katma değer vergisi, özel tüketim vergisi ve emlak vergisi üzerinde vergi muafiyeti ve istisnası uygulamaları mevcuttur. Vergi muafiyeti ve istisnası yenilenebilir enerjinin üretim, dağıtım ve tüketim gibi farklı aşamalarında uygulanabilir. Örneğin, yenilenebilir enerji

kaynaklarından üretilen elektriğin yatırım, üretim veya tüketim bölümleri için vergi indirimi uygulanabilir. Yenilenebilir enerji tüketimini teşvik etmeyi amaçlayan politikalar, yenilenebilir enerji dağıtımının piyasaya girmesini kolaylaştırmak için yenilenebilir ekipmanın satın alınması ve kurulumuna vergi kredileri uygulayabilir (Abolhosseini ve Heshmati, 2014:880). Örneğin, 2002'den bu yana İsveç, ulaşımda biyoyakıt kullanımını artırmak ve fosil yakıt kullanımını azaltmak amacıyla sıvı biyoyakıtları çevre vergisi ve karbon vergisinden muaf tutmaktadır (Tynan, 2021). ABD, güneş enerjisi için eyalet bazında emlak ve satış vergisi muafiyeti uygulamaktadır. Emlak vergisi muafiyeti, işletmelerin ve konut sahiplerinin bir güneş enerjisi sisteminin katma değerini vergilendirme amacıyla mülklerinin değerlendirilmesinden hariç tutmasına olanak tanımaktadır. Böylelikle, bir vergi mükellefinin konut veya ticari bir mülke güneş enerjisi sistemi kurması ekonomik olarak daha uygun hale gelmektedir. Satış vergisi muafiyeti, tipik olarak, bir güneş enerjisi sisteminin satın alınması için eyalet satış vergisinden muafiyet sağlamaktadır. Bu tür bir muafiyet, bir güneş enerjisi kurulumunun ön maliyetlerinin düşürülmesine yardımcı olmaktadır (SEIA, 2022b). Brezilya, 2014 yılından beri rüzgâr türbini kurulumları için satın alınan ekipmanlara vergi istisnası uygulamaktadır (IEA.org, 2015). Türkiye'de, yenilenebilir enerji teşvik programı kapsamında teşvik edilecek unsurlar stratejik, bölgesel, büyük ölçekli ve genel teşvik uygulamaları olmak üzere dört ana başlık altında toplanmıştır. Buna göre, genel teşvik uygulamaları kapsamında desteklenen yatırımlar için, katma değer vergisi istisnası ve gümrük vergisi muafiyeti destekleri sağlanmaktadır (Yılmaz ve Hotunluoğlu, 2015:90).

Yenilenebilir kaynaklara uygulanan bir diğer teşvik yöntemi hızlandırılmış amortismandır. Hızlandırılmış amortisman, firmaların yatırımlarını aktif ettikleri dönemden itibaren yüksek kârlılıklar oluşması durumunda normal amortisman yöntemine göre daha fazla amortisman gideri yazılmasını sağlayarak firmalara vergi avantajı getirmektedir. Böylelikle bahsi geçen dönem için daha az vergi ödendiğinden nakit akışına pozitif katkı sağlanmış olmaktadır (Şen ve Sağbaş, 2016:400). Hızlandırılmış amortisman, vergilendirilebilir geliri ve dolayısıyla vergi yükümlülüğünü azaltarak proje sahibine fayda sağlarken, vergilerin yükseldiği sonraki yıllarda, hükümetin sübvansiyonun bir kısmını geri almasını sağlamaktadır (Shrimali vd., 2017:546). Hızlandırılmış amortisman özellikle ABD ve Hindistan'da yenilenebilir enerji projelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hindistan, 2014 yılından beri güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi üretim sistemleri ile enerji üreten evsel ve tarımsal atık dönüştürme cihazlarına %40 oranında hızlandırılmış amortisman uygulamaktadır (IEA, 2020b:111). ABD güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve jeotermal dahil olmak üzere çeşitli yenilenebilir enerji teknolojileri için vergi matrahının %85'ini düşürmek üzere beş yıllık bir amortisman uygulamaktadır (SEIA, 2022c). Tablo 8'de 2021 yılı itibarıyla yenilenebilir enerji üretimine vergi muafiyet ve istisnası uygulayan ülkeler gösterilmektedir.

Tablo 8: 2021 Yılı İtibariyle Vergi Muafiyeti ve İstisnası Uygulayan Ülkeler

Yüksek gelirli ülkeler	Avusturya, Barbados, Belçika, Kanada, Şili, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Güney Kore, Letonya, Litvanya, Malta, Mauritius, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Panama, Polonya, Portekiz, Seyşeller, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Trinidad ve Tobago, Birleşik Krallık, ABD, Uruguay
Üst-orta gelirli ülkeler	Arnavutluk, Arjantin, Belarus, Botsvana, Brezilya, Çin, Kolombiya, Kosta Rika, Dominik Cumhuriyeti, Ekvator, Fiji, Grenada, Guatemala, Guyana, Endonezya, İran, Jamaika, Ürdün, Lübnan, Libya, Makedonya, Malezya, Marshall Adaları, Meksika, Karadağ, Paraguay, Peru, Güney Afrika, Saint Lucia, Tayland
Alt-orta gelirli ülkeler	Bangladeş, Bolivya, Cape Verde, Kamerun, Fildişi Sahilleri, Mısır, El Salvador, Gana, Honduras, Hindistan, Kenya, Kırgızistan, Lesotho, Moğolistan, Myanmar, Nepal, Nikaragua, Nijerya, Pakistan, Filistin, Filipinler, Solomon Adaları, Tanzanya, Tunus, Ukrayna, Vanuatu, Vietnam, Zambiya, Zimbabve
Düşük gelirli ülkeler	Burkina Faso, Gambiya, Gine, Liberya, Madagaskar, Malavi, Mali, Mozambik, Nijer, Ruanda, Suriye, Tacikistan, Togo, Uganda

Kaynak: REN21, 2022

1.5.2.2. Vergi Kredileri

Vergi kredileri, genellikle ekonomiye ya da çevreye faydalı olduğu düşünülen belirli eylemleri teşvik etmek, ödüllendirmek ya da hükümet tarafından faydalı görülen bu eylemlerin devamlılığını sağlamak üzere tasarlanmıştır. Vergi kredisinin esas çalışma prensibi vergi mükellefinin ödeyeceği vergi miktarını¹⁸ azaltmasıdır. Uygulamaya yenilenebilir enerji açısından bakılacak olursa vergi kredileri, bireylerin ve işletmelerin yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanması için maliyetlerin azalmasına yardımcı olan devlet destekli bir teşviktir (Liberto, 2022). Birçok ülkede yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin yatırım, üretim veya tüketim bölümleri için vergi kredisi uygulanmaktadır. Yenilenebilir enerjiyi teşvik eden politikalar, yenilenebilir enerji üretiminin enerji piyasasına kolayca girebilmesini sağlamak için yenilenebilir santral kurulumu ve ekipman satın alınması aşamalarına vergi kredileri uygulayabilmektedir (Abolhosseini ve Heshmati, 2014:880).

¹⁸Vergi kredileri ile vergi indirimleri uygulama bakımından iki farklı kavramdır. Vergi indirimleri, üzerinden vergi ödenecek gelirin miktarını azaltırken vergi kredisi, ödenecek vergi miktarını azaltmaktadır.

Vergi kredileri, yatırım vergisi kredileri ve üretim vergisi kredileri olarak iki şekilde uygulanmaktadır. Yatırım vergisi kredisi, yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların, bir proje geliştiricisinin, endüstrinin, bina sahibinin vergi yükümlülüklerine veya gelirlerine karşı tamamen veya kısmen kredilendirilmesine izin veren bir mali teşviktir. Üretim vergisi kredisi, nitelikli bir mülkün veya tesisin yatırımcısına veya sahibine, o tesis tarafından üretilen yenilenebilir enerji (elektrik, ısı veya biyoyakıt) miktarına dayalı bir vergi kredisi sağlayan bir mali teşviktir (Jaber vd., 2021:248-250). Yatırım vergisi kredisi, yenilenebilir enerji yatırımcılarının büyük miktarlardaki ilk kurulum maliyetleriyle baş edebilmesi için uygulanmaktayken, üretim vergisi kredisi enerji üretimini ödüllendirerek işletme performansını teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Beck ve Martinot, 2004:11). Örneğin ABD, üretim vergisi kredisi yoluyla yenilenebilir enerji yatırımcılarına kWh elektrik başına 0,025 dolara kadar vergi indirim hakkı verirken, yatırım vergisi kredisi yoluyla da projelere yatırdıkları sermayenin %30'una kadarını geri talep etme hakkı tanımıştır. Vergi kredisi uygulamaları ABD'de 2005'ten 2020 yılına kadar ulusal güneş ve rüzgâr enerjisi üretiminin 18 kat artmasını sağlamıştır. Kanada, 2022 itibariyle net sıfır emisyon hedefine ulaşmada bir adım olarak gördüğü yatırım vergisi kredisi uygulamasının net sıfır teknolojilere, pil depolamaya ve temiz hidrojene yatırım yapan kuruluşlara uygulanacağını açıklamıştır (Knuth, 2022).

Vergi kredilerin bir diğer uygulaması gelir vergisi kredisidir. Bu uygulama, uygun yenilenebilir enerji sistemlerinin ve yenilenebilir yakıtların satın alınması ya da dönüştürülmesi için kullanılmaktadır (Beck ve Martinot, 2004:11). Ülkelerin nihai enerji kullanımı ve sera gazı emisyonlarında konut ve işyeri gibi binaların ağırlığı göz önüne alındığında, mevcut binalarda enerji verimliliği sağlayacak girişimlerin teşvik edilmesi enerji politikasının önemli bir parçasıdır. Bu amaçla, bireyleri binaların enerji verimli şekilde dönüştürmesi için yatırım yaptırmak üzere birçok ülke gelir vergisi kredileri kullanmaktadır. Örneğin 2005 ve 2011 yılları arasında, Fransa'daki 34 milyon konutun 6 milyondan fazlası bu gelir vergisi kredisinden en az bir kez yararlanmıştır (Schneller ve Henning, 2018:7). Tablo 9'da 2021 yılı itibariyle yenilenebilir enerji üretimine vergi kredisi uygulayan ülkeler gösterilmektedir.

Tablo 9: 2021 Yılı İtibariyle Vergi Kredisi Uygulayan Ülkeler

Yüksek gelirli ülkeler	Avusturya, Belçika, Kanada, Şili, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Fransa, Almanya, Yunanistan, İtalya, Güney Kore, Hollanda, Panama, Seyşeller, Slovenya, İspanya, İsveç, Tayvan, Trinidad ve Tobago, ABD
Üst-orta gelirli ülkeler	Arnavutluk, Arjantin, Brezilya, Çin, Kolombiya, Dominik Cumhuriyeti, Fiji, Guatemala, Endonezya, İran, Jamaika, Meksika
Alt-orta gelirli ülkeler	Cape Verde, El Salvador, Honduras, Hindistan, Lesotho, Nepal, Nikaragua, Filipinler, Özbekistan, Vietnam
Düşük gelirli ülkeler	Burkina Faso, Ruanda, Suriye

Kaynak: REN21, 2022

1.5.2.3. Karbon Fiyatlandırması

Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımının caydırılması, sera gazı oluşumunun azaltılması için oldukça önemlidir. Fosil kaynakların kullanılması sonucunda her yıl atmosfere 36 milyar tonun üzerinde karbon salınarak iklim değişikliği tetiklenmektedir. Karbon salımı, sıcaklığın artmasına, deniz seviyesinin yükselmesine, deniz buzunun erimesine, yağış türlerinin değişmesine ve okyanus asitlenmesine¹⁹ neden olmaktadır. Karbon fiyatlandırması, fosil enerji kullanımını azaltmak ve daha temiz yakıt kullanımına geçmek için kapsamlı teşvikler sunmaktadır. Karbon fiyatlandırması, fosil yakıtların karbon içeriğine veya karbon emisyonlarına uygulanan bir karbon vergisi şeklinde olabileceği gibi emisyon ticareti şeklinde de uygulanabilmektedir (Parry vd., 2021:10).

Karbon vergisi, karbon bazlı yakıtların yakılması üzerine uygulanan bir ücrettir. Yüksek karbonlu yakıtların ekonomi genelinde kullanımını azaltmak ve çevreyi aşırı karbondioksit emisyonlarının zararlı etkilerinden korumak için bir teşvik olarak kullanılmaktadır. Kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar yakıldığında karbondioksit salarak iklim değişikliğine neden olur. Firmalar, karbondioksit emisyonları yoluyla çevreye verdiği zararlar nedeniyle toplum üzerinde maliyet olarak adlandırılan negatif bir dışsalılık üretmiş olur. İşte karbon vergisi de firmaların neden olduğu bu maliyeti içselleştirmenin bir yolu olarak görülmektedir. Firmalar, karbon vergisi yoluyla neden oldukları maliyetin bir kısmını ödemek zorunda bırakılarak karbon salımına neden olan üretim şeklinden caydırılmaya çalışılır. Karbon vergisi çevreye salınan karbon emisyonu üzerinden hesaplandığından uygulaması kolay bir yöntemdir (Sarigül ve Topçu, 2021:44).

Emisyon ticareti, firmaların belirli bir miktarda karbondioksit veya diğer sera gazlarını salmasına izin veren kredilerin alım satımı şeklinde tanımlanabilir. Emisyon ticaretinde, emisyonlar için bir üst tavan belirlenmekte ve bu tavan miktarını geçenlere önceden belirlenen caydırıcı bir ceza uygulanmaktadır. Emisyon ticareti uygulaması, kirliliği azaltmak için belirli önlemleri zorunlu kılmak yerine, emisyonlarını azaltan firmaları ödüllendirip, azaltamayanlara mali yükler yüklemektedir (Schmalensee ve Stavins, 2017:3).

Emisyon ticareti için küresel bir pazar bulunmamakla birlikte bazı bölgesel yetki alanları emisyon kredisi değişimi için kendi karbon piyasalarını oluşturmuştur. 2005 yılında kurulan Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Sistemi (ETS), dünyanın ilk büyük karbon piyasasıdır. Öte yandan, ulusal veya alt-ulusal sistemler halihazırda Kanada, Çin²⁰, Japonya, Yeni Zelanda, Güney Kore, İsviçre ve ABD’de çalışmakta veya geliştirilmektedir (Europa.eu, 2022).

¹⁹Okyanuslar atmosferdeki sera gazlarının dörtte birinden fazlasını emerler. Karbondioksit güçlü bir sera gazıdır. Karbondioksit denizlerde çözünerek karbonik aside dönüşür ve bu da denizlerdeki asitlik seviyesini artırır. Bu olayın geniş çapta yaşanmasına okyanus asitlenmesi denir (BOUN, 2022).

²⁰2021’de Çin, ülkenin karbon üretiminin %40’ını temsil eden firmaların emisyon haklarını takas edebilecekleri karbon piyasasını oluşturmuştur. Çin ETS lansmanı, Avrupa Birliği’nin dünyanın ilk uluslararası karbon ticareti piyasasını

Emisyon ticareti ile karbon vergisi arasındaki temel fark emisyonun fiyatından ve toplam emisyon azaltım miktarından kaynaklanmaktadır. Toplam emisyon azaltım miktarı emisyon ticareti uygulaması ile önceden belirlenirken emisyon fiyatı belirlenemez. Aksine, emisyon fiyatı karbon vergisiyle önceden belirlenirken toplam emisyon azaltım miktarı önceden belirlenemez. Emisyon ticareti uygulamasıyla, karbon emisyonları üzerindeki üst sınır keskin bir şekilde belirlenmekte, kullanılmayan krediler diğer firmalarla takas edilebilmekte ve firmalar daha yeşil teknolojilere yatırım yapılması konusunda teşvik edilmektedir. Karbon vergileri ise bir yandan hükümetlere temiz enerji geliştirebilmeleri için gelir sağlarken bir yandan da sosyal, ekonomik ve çevresel faydalar sağlamaktadır. Ayrıca karbon vergileri farklı fosil yakıtlarına farklı oranlarda uygulanabilme açısından da avantaj sağlamaktadır (Smoot, 2022). Tablo 10’da 2021 yılı itibariyle yenilenebilir enerji üretimine karbon fiyatlandırması uygulayan ülkeler gösterilmektedir.

Tablo 10: 2021 Yılı İtibariyle Karbon Fiyatlandırması Uygulayan Ülkeler

Yüksek gelirli ülkeler	Andora, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Finlandiya, Fransa, Japonya, Güney Kore, Hollanda, Panama, İspanya, İsviçre, Birleşik Arap Emirlikleri, Birleşik Krallık, Uruguay
Üst-orta gelirli ülkeler	Arnavutluk, Arjantin, Çin, Endonezya, Tayland
Alt-orta gelirli ülkeler	Cezayir, Bolivya, Cape Verde, El Salvador, Hindistan, Kenya, Lesotho, Filipinler, Sri Lanka, Tanzanya, Tunus, Vietnam
Düşük gelirli ülkeler	Burkina Faso

Kaynak: REN21, 2022

1.5.2.4. Kamu Yatırımları, Krediler, Hibeler, Sermaye Sübvansiyonları veya İndirimleri

Kamu sektörü, politika önlemleri ve programları aracılığıyla yenilenebilir enerjiye yatırım yapılması için elverişli bir ortamın oluşturulmasında kritik bir rol oynamaktadır. Kamu sektörünün bu yönde uyguladığı politikalar, yenilenebilir projelerin risk-getiri profillerini iyileştirerek sektörü özel yatırımcılar için cazip hale getirebilir. Hükümetler, özellikle çok taraflı ve iki taraflı kalkınma finansmanı kurumları, ulusal fonlar ve yeşil yatırım bankaları gibi diğer ulusal finans kurumları aracılığıyla kamu fonlarını yenilenebilir enerji kaynaklarına aktararak özel yatırımları harekete geçirebilir. Kamu kesimine ait finans mekanizmalarının yenilenebilir projelere yatırım yapmasıyla, yenilenebilir enerji sektörüne ve nispeten yeni teknolojilere ilk finansmanın enjekte edilmesine, özel kesim sermaye sağlayıcılarıyla karma finans işlemlerine girilmesine, özel yatırımcıların güvenini artırmak için yatırım risklerinin üstlenilmesine ve finansman maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlanmış olur (Irena.org, 2023a). Kamu kesimi doğrudan yenilenebilir

başlatmasından 15 yıldan fazla bir süre sonra gerçekleşmiştir. Çin’in karbon piyasasının, tam olarak uygulandığında dünyanın en büyük karbon piyasası olacağı tahmin edilmektedir (Nakona ve Kennedy, 2021).

projelere yatırım yapılması dışında krediler ve hibeler yoluyla da yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesini ve yayılmasını desteklemektedir.

Hibeler genellikle, bir yenilenebilir enerji projesinin rekabet gücünü artırarak, üreticilere üretilen enerjiyi satın alma garantisi verebilmek ya da nihai tüketicilerin katlanacağı fiyatları düşürebilmek için proje yatırım maliyetlerinin bir kısmını finanse ederler. Koşulsuz şekilde verilen hibeler, projenin kendisi üzerinde herhangi bir kontrol gücüne sahip olmadığından proje yatırımcısını uygulanabilir bir proje sunmaya teşvik etmese de bir projenin maliyetlerini karşılanabilecek seviyeye indirebilecek finansman yollarından birisi olarak görülmektedir. Hibeler, uygulama ve yönetilme bakımından basit olması nedeniyle avantaj sağlamaktadır. Ancak, hibe verilen projelerin, proje hedeflerini karşılayabilecek şekilde tasarlanıp tasarlanmadığının kontrol edilememesi bakımından dezavantajlıdır. Hibeler genellikle verilirken, belirlenen hedefe ulaşılması koşuluyla geri ödenmez. Bazı durumlarda, hibe verilen proje ticari başarıya ulaştığında, hibeler krediye ya da öz sermayeye dönüştürülebilir (Kalamova vd., 2011:14). Hibe, eğer öz sermaye karşılığında verilirse kamu sektörü projelerin kontrolüne dahil olacağından düşük performansa ve özel sermayenin dışlanmasına neden olur (Energy Absolute Public Company, 2021:13)

Kredi ve özsermaye arasındaki temel fark bu iki finansman yönteminin hangi yenilenebilir projede kullanıldığıyla ilgilidir. Krediler genellikle alışlagelmiş ve daha önceden denenmiş teknolojilere sahip projelere uygulanırken, özsermaye, daha çok yeni ve yenilikçi teknolojilere sahip projelere uygulanmaktadır. Finansman krediler yoluyla gerçekleştiğinde, bankalar proje çıktısı yerine borcun geri ödenmesine odaklandığından proje getirisi diğer finansman yöntemlerine göre daha az olmaktadır (Donastorg vd., 2017:4).

Genel olarak yenilenebilir enerji santrallerinin maliyetlerinin büyük kısmını ilk yatırım maliyetleri oluşturmaktadır. Proje yatırımcıları, bu ilk yatırım maliyetlerini finanse edebilmek için sermaye sübvansiyonlarından faydalanmaktadırlar. Sermaye sübvansiyonu, bir projenin peşin sermaye maliyetini kapsayan bir sübvansiyondur. Bir devlet kurumu ya da devlet bankası tarafından yapılan tek seferlik ödemeler, indirimler ve tüketici hibeleri sermaye sübvansiyonlarına örnek verilebilir (REN21, 2022:230). Tablo 11’de 2021 yılı itibarıyla yenilenebilir enerji üretimine kamu yatırımı, kredi, hibe, sermaye sübvansiyonu veya indirimi uygulayan ülkeler gösterilmektedir.

Tablo 11: 2021 Yılı İtibariyle Kamu Yatırımı, Kredi, Hibe, Sermaye Sübvansiyonu veya İndirimi Uygulayan Ülkeler

Yüksek gelirli ülkeler	Avusturalya, Bahreyn, Kanada, Güney Kore, Şili, Hırvatistan, Kıbrıs, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Polonya, Slovakya, Birleşik Krallık, ABD, Belçika, Mauritius, Norveç, Portekiz, Seyşeller, Singapur, Slovenya, İspanya, Birleşik Arap Emirlikleri, Uruguay, Avusturya, Barbados, Çek Cumhuriyeti, Yeni Zelanda, Romanya, İsveç, İsviçre
Üst-orta gelirli ülkeler	Arnavutluk, Arjantin, Ermenistan, Azerbaycan, Belarus, Botsvana, Brezilya, Bulgaristan, Çin, Kolombiya, Dominik Cumhuriyeti, Ekvator, Gürcistan, Endonezya, İran, Ürdün, Kazakistan, Lübnan, Makedonya, Malezya, Meksika, Peru, Rusya Federasyonu, Sırbistan, Güney Afrika, Tayland, Türkiye
Alt-orta gelirli ülkeler	Cezayir, Angola, Bangladeş, Bolivya, Mısır, El Salvador, Gana, Hindistan, Kenya, Kırgızistan, Lesotho, Moldova, Fas, Nepal, Nikaragua, Nijerya, Pakistan, Filipinler, Sri Lanka, Tanzanya, Tunus, Ukrayna, Vietnam, Zambiya, Zimbabve
Düşük gelirli ülkeler	Haiti, Malavi, Mali, Mozambik, Ruanda, Tacikistan, Uganda

Kaynak: REN21, 2022

Yukarıda yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikalarının her birine ilişkin temel bilgiler sunulmuştur. Tablo 12’de ise uygulanan bu düzenleyici ve mali politikaları daha iyi gözlemlemek adına politikaların güçlü yönleri ve kısıtları, kısa ve net cümlelerle karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

Tablo 12: Yenilenebilir Enerji Politikası Araçları – Güçlü Yönler ve Kısıtlar

Teşvik Türleri	Güçlü Yönler	Sınırlamalar
Kota	-Zorunlu ve bağlayıcı hedeflerin gerçekleşmesinden sorumlu bir kurum oluşturarak bu hedeflerin gerçekleşmesini sağlar. -Düşük bir oran ile başlayıp yıldan yıla artırılabilir.	-Verilen kota hedefine uyum sağlanıp sağlanmadığını kontrol etmek ve gerektiği durumlarda cezalandırmak için bir sistem gerektirir. -Çoğunlukla ticareti yapılabilir sertifika uygulamalarına bağlıdır.

Tablo 12 (Devamı)

Teşvik Türleri	Güçlü Yönler	Sınırlamalar
Tarife Garantisi	-Destek süresi uzundur, (15-25 yıl) -Yatırımcılar için riski azaltır. -Yenilenebilir enerji gelişiminin düşük olduğu piyasalar ve küçük ölçekli projeler için uygundur.	-Tarife miktarını belirlemek karmaşıktır. -Yenilenebilir enerji kaynaklarının payı artıkça piyasa entegrasyonunda sorunlara neden olur.
İhale yöntemi	-İhale tasarımı esnektir ve gerçek fiyatın belirlenmesine ortam sunar.	-Düşük teklif verme ve küçük/yeni yatırımcıları piyasadan çıkarma riski taşımaktadır.
Mali teşvikler (hibeler, vergi kredileri ve yatırım sübvansiyonları)	-Kullanılacak teknolojilerin maliyetlerini karşılanabilir seviyeye indirirler. -Yüksek sermaye maliyetlerinin düşürülmesini sağlayabilir.	-Hükümet değişiklikleri nedeniyle destek miktarı sık sık değişir. -Her zaman üretilen elektrik miktarı ile ilişkilendirilmez.
Net Ölçüm/Net Faturalandırma	-Hem son tüketiciye hem de bir bütün olarak sisteme tasarruf sağlayabilir. -Sistemin iletim ve dağıtım tıkanıklığını ve yüksek talebi azaltmaya yardımcı olur.	-Sistemin maliyetlerini karşılayabilme yetisini tehlikeye atabilir ve kendi üretimini tüketen ve tüketmeyen kullanıcılar arasında çapraz sübvansiyona neden olabilir.

Kaynak: Murdock vd., 2018: 74

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik teşvik politikalarının güçlü ve zayıf yönlerine bakılarak, ülkenin ekonomik gelişmişlik düzeyi, yatırımcı görünümü, enerji kaynaklarının miktarı ve konumu, enerji üretiminde çalıştırılacak işgücü potansiyeli, teknolojik gelişmişlik, üretim tesisi kurulum aşamasında gerekli teçhizatın yerli olup olmadığı, ar-ge yatırımlarının düzeyi vb. kriterlere en uygun olan teşvik politikasının uygulanması yenilenebilir enerji üretiminin iklim değişikliğiyle mücadele sürecinde istenilen seviyelere ulaşılması için oldukça önemlidir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. SEÇİLMİŞ ÜLKELERDE YENİLENEBİLİR ENERJİYE YÖNELİK TEŞVİK POLİTİKALARI

Bu bölümde, çalışmanın uygulama kısmında incelenmesi planlanan ülkelere ait bilgiler sunulacaktır. Çalışmada yer alması planlanan ülkeler, yenilenebilir enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerjiye uyguladıkları teşvik politikasının yoğunluğuna göre seçilmiştir. Bu ülkeler sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Çin Halk Cumhuriyeti, Hindistan, Fransa, Birleşik Krallık, İtalya, İspanya, İsveç, Japonya, Kanada, Norveç, Danimarka, Avustralya, Brezilya ve Türkiye'den oluşmaktadır. Buna göre sayılan her bir ülkenin ayrı ayrı, yenilenebilir enerji politikası, yenilenebilir enerjiye uyguladıkları mali teşvikler, yenilenebilir enerji potansiyelleri ve mevcut yenilenebilir enerji kurulu kapasiteleri ile ürettikleri enerji miktarına ait rakamsal veriler grafikler yardımıyla görsele dökülerek sunulacaktır.

2.1. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)

ABD, Kanada ve Meksika arasında bulunan ve kıtanın orta bölgesinde yer alan 48 bitişik eyaletin yanı sıra, Kuzey Amerika'nın kuzeybatı ucundaki Alaska eyaletini ve Pasifik Okyanusu'nun ortasındaki Hawaii ada eyaletini kapsayan federal anayasal cumhuriyet ile yönetilen bir ülkedir. ABD, 9,8 milyon km² yüzölçümü ile karasal alan bakımından Dünya'nın dördüncü, toplam alan bakımındansa üçüncü en büyük ülkesi ve 336 milyonu aşan nüfusu ile de en kalabalık üçüncü ülkesidir (Gopnik, 2022). 2022 yılı itibarıyla, kişi başına düşen GSYH, 69.287 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022a). 1800'lerin sonlarından günümüze kadar kömür, petrol ve doğalgaz başlıca enerji kaynaklarını oluştururken, hidroelektrik ve biyoyakıt 1990'lardan itibaren en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı olmuştur. 1990'lar itibarıyla ABD, biyoyakıtlar, jeotermal enerji, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinden üretilen elektrik tüketimini arttırmıştır. ABD'nin toplam yenilenebilir enerji üretimi ve tüketimi 2021'de rekor seviyelere ulaşmış olup yenilenebilir enerji, tüm ABD elektriğinin yaklaşık %20'sini karşılamaktadır (EIA, 2022:183-185). ABD, 2030 yılına kadar karbon emisyonlarını %50-52 oranında azaltmayı, 2035 yılına kadar karbonsuz elektriğe ulaşmayı ve 2050 yılına kadar da karbon nötr hale gelmeyi taahhüt etmektedir (Kirschner, 2021).

ABD'de yenilenebilir enerjiyi teşvik etmek için iki federal vergi kredisi kullanılmaktadır. Bu vergi kredilerinden ilki, 1992'de yürürlüğe giren ve 1994 yılında değiştirilen üretim vergisi kredisi

rüzgâr, çöp gazı, jeotermal ve küçük hidroelektrik dahil olmak üzere çeşitli yenilenebilir teknolojiler için geçerli olan bir kurumlar vergisi kredisi şeklinde çıkarılmıştır. Yeni yenilenebilir enerji projelerinin ortaya çıkış tarihinden itibaren 10 yıllık bir süreç için üretilen kWh elektrik başına 2,1 sent vergi kredisi zorunlu kılınmıştır. Aşamalı olarak kaldırılan üretim vergisi kredisi, Aralık 2020 sonunda kredi toplam tutarının %60'ı oranında bir yıl daha uzatılmış ancak 31 Aralık 2021'den sonra inşaatına başlanan tesisler için kredi kullanımına son verilmiştir. İkincisi ise, güneş enerjisiyle sıcak su üretimi, fotovoltaik güneş panelleri ve küçük rüzgâr türbinleri dahil olmak üzere, nitelikli ekipmanların hizmete alınmasıyla kazanılmakta olan yatırım vergisi kredisidir. 2005 yılında yürürlüğe giren yatırım vergisi kredisi, güneş enerjisi ve 100 kW'tan küçük olan rüzgâr enerjisi için %30, ve jeotermal, mikro türbinler, birleşik ısı ve güç üretimi için %10'luk bir vergi kredisini zorunlu kılmıştır (Metcalf, 2016:155). Yatırım vergisi kredisi, 2021'de toplam tutarın %26'sına düşürülürken, 2024'te aşamalı olarak toplam tutarın %10'una düşürülmesi planlanmıştır.

ABD'de en çok kullanılan teşvik türü yenilenebilir portföy standardıdır. 1997'den günümüze değin uygulanmakta olan yenilenebilir portföy standardı bazı eyaletlerde uygulanırken, bazı eyaletler, kıt yenilenebilir enerji kaynakları, elektrik iletiminin federal olarak genişletilmesine muhalefet ve eyaletler arası rekabet gibi nedenlerle yenilenebilir portföy standardı kullanımını zorunlu kılmamıştır. Ayrıca bazı eyaletler, belirli kaynakların gelişimini teşvik etmek için detaylandırılmış teşvikleri (örneğin, portföyün belirli bir yüzdesinin güneş enerjisi gibi belirli bir enerji kaynağından üretilmesinin gerekliliği) de uygulamaktadır. Bunlara ek olarak, ABD'nin bazı eyaletlerinde güneş enerjisi üretimini teşvik etmek için tarife garantisi uygulanmaktadır (Polonsky, 2019:10). Bazı eyaletlerde elektriğin vergilendirilmesinden elde edilen gelirlerin bir kısmı, yenilenebilir enerji projelerinin sübvansiyonunda kullanılan kamu yararı fonu uygulaması için kullanılmaktadır (Nationalacademies, 2022).

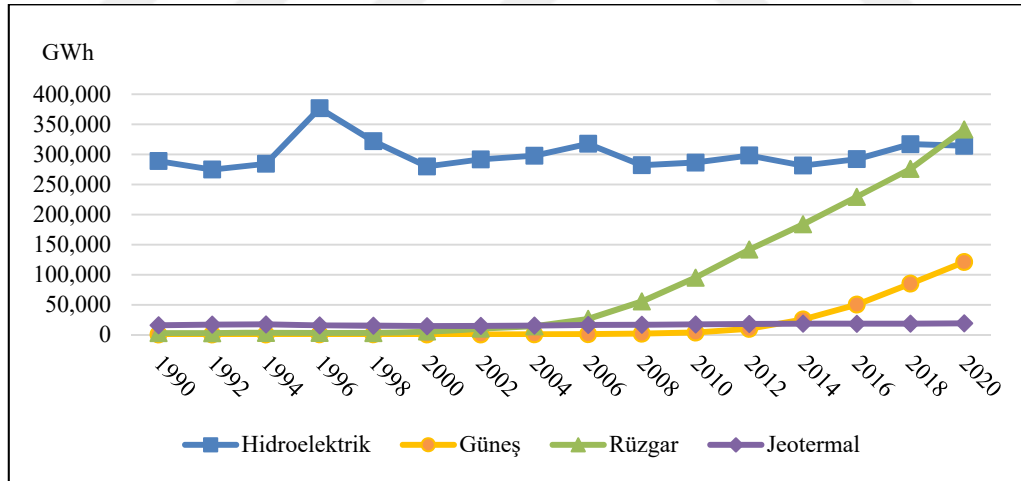
Bazı ABD eyaletlerinde, kendi yenilenebilir enerjisini üreten konut ve ticari müşterilerin ürettikleri fazla elektriği (genellikle perakende fiyatlarında) şebekeye geri satmalarına izin veren net ölçüm yasaları uygulanmaktadır. Net ölçüm yasasının uygulanmasında çatı üstü güneş enerjisi kurulumları önceliklidir ve konut ve ticari uygulamaların genişletilmesi için önemli bir itici güçtür. Zorunlu net ölçüm yasaları, 2017 yılında birçok eyalette yürürlüğe girmiştir (IEA, 2019:95).

Hidroelektrik enerji, ABD'nin en eski yenilenebilir elektrik enerjisi kaynağıdır. ABD'nin toplam kurulu hidroelektrik kapasitesi yaklaşık 103.000 MW'dır. Hidroelektrik enerji üretiminde, köklü bir teknoloji kullanılmasına rağmen, hidroelektrik enerji üretimi hala gerçekleşmemiş bir potansiyele ve büyüme fırsatına sahiptir. Öyle ki, mevcut elektriksiz barajların elektrik üretilebilir hale getirilmesiyle 2050 yılına kadar elektrik şebekesine 4,8 GW güvenilir yenilenebilir elektrik eklenebileceği tahmin edilmektedir (Energy.gov, 2022a).

Rüzgâr enerjisi, 1990'da ABD elektrik üretim kapasitesinin yalnızca %2'sini oluştururken 2022'de ABD elektrik üretim kapasitesinin %10'undan fazlasını oluşturmaktadır. Başta, batısı ve orta kesimlerinde olmak üzere, 2020 ve 2021'de rekor kıran rüzgâr türbini kurulumları, ABD rüzgâr enerjisi üretimini %30 artırmıştır. Ayrıca, belirtilen rüzgâr türbini kurulumlarından sonra, üretim vergisi kredisinin 2021 yılında sona ermesiyle, gelecekteki kurulum oranının düşebileceği tahmin edilmektedir (Conte, 2022). ABD, 2030 yılına kadar 30 GW açık deniz rüzgârı enerjisi ve 2025 yılına kadar en az 25 GW kara rüzgârı enerjisi üretimini hedeflemektedir (Energy.gov, 2021).

2008'de sadece 0,34 GW olan ABD güneş enerjisi kapasitesi 2022 yılı itibarıyla yaklaşık 97 GW'a yükselmiştir. Bu miktar, ortalama 18 milyon haneye yetecek güce eşdeğerdir. Günümüzde, ABD elektriğinin %3'ünden fazlası fotovoltaik güneş panelleri ve yoğunlaştırılmış güneş-termal gücü biçimindeki güneş enerjisinden elde edilmektedir. Güneş enerjisi üretimindeki bu artış, 2014'ten bu yana, güneş fotovoltaik panellerinin ortalama maliyetinin yaklaşık %70 düşmesini sağlayan teşviklerden kaynaklanmaktadır (Energy.gov, 2022b). ABD Enerji Bakanlığı, ABD'nin 2035 yılına kadar ülkenin elektrik arzının %40'ını ve 2050 yılına kadar %45'ini güneş enerjisiyle sağlayabileceğini savunmaktadır (Kirschner, 2021). Grafik 3'te ABD'nin 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 3: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, ABD 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Hidroelektrik ve jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi yıllar içerisinde sabit bir trend izlerken özellikle 2006 yılında, toplam üretim kapasitesi 2.554 MW olan 1.524 adet rüzgâr türbini kurulmasıyla rüzgâr enerjisi üretiminde %20'lik bir artış yaşanmış ve takip eden yıllarda rüzgâr türbini kurulumunda artış devam etmiştir. Güneş enerjisi üretiminde ise 2014 yılı itibarıyla uygulanan teşvikler neticesinde artış trendi yakalanmıştır.

2.2. Almanya

Kuzey Avrupa'nın orta kısmında bulunan Almanya, 357.587 km² yüzölçümüne sahip olup, kuzey kesimde düz bir arazi yapısına sahipken, güneye doğru engebeli hale gelmektedir (Geary, 2022). Ülke oldukça zengin bir akarsu ağına sahiptir. Nüfusu yaklaşık 83.200.000 olup, 2022 yılı itibarıyla kişi başına düşen GSYH'si 50.801 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022b). Almanya'nın genel enerji politikası, son kırk yıllık süreçte kömür ve petrolün enerji arzı hakimiyetinden, daha çeşitli bir enerji sistemine evrilmiştir. Almanya sürdürülebilir bir enerji politikası benimsenirken, yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini, sera gazı emisyonlarının azaltılmasını ve enerji verimliliğinin iyileştirilmesini destekleyen bir yol haritası çizmiştir. Almanya'nın yenilenebilir enerji teknolojisinin gelişimi, 1974'te federal hükümet tarafından rüzgâr türbini geliştirmeye yönelik verilen Ar-Ge destekleri ile başlamış (Runci, 2005:3-9), 1980'li yıllarda Federal Araştırma ve Teknoloji Bakanlığı'nın teşvik programları ile devam etmiştir. Yenilenebilir enerjilerin doğrudan pazara yayılmasını hedefleyen bu programlar, 1989 yılında 250 MW rüzgâr enerjisi kurulumunu gerektiren bir piyasa teşvik programının başlatılmasıyla, yenilenebilir enerjiye yönelik yatırımın önemli miktarda artmasını sağlamıştır. 1995 yılına kadar etkili olan bu program üretilen kWh elektrik başına sabit bir fiyat garantisi etmiştir. Ancak, bu uygulamanın şebekeler arasında bölgesel haksız rekabet durumuna neden olmasıyla uygulamanın geleceği hakkında tartışmalar ortaya çıkmıştır (Ragwitz ve Huber, 2005:3-7). 2000 yılında, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasası (Erneuerbare Energien-Gesetz) tarife garantisinin yerini almıştır. Bu yasa 2010 yılına kadar elektrik üretimindeki yakıt karışımında, yenilenebilir enerjinin payını 1997 yılına oranla iki katına çıkarmayı amaçlamıştır (Runci, 2005:3). Bu yasayla birlikte tarife garantisi 20 yıllık bir süre için tek bir fiyata sabitlemiştir. Yenilenebilir enerjiden elde edilen elektriğin payına ilişkin üst sınır kaldırılarak, toplam garantili geri ödeme miktarının, tüm yüksek voltajlı şebeke operatörleri arasında ve şebekenin bağlı olduğu bölgedeki tüm elektrik tüketicileri arasında eşit olarak dağıtılması kararlaştırılmıştır. Ayrıca, 1 Ocak 2002'den sonra kurulan rüzgâr santrali gibi bazı yenilenebilir enerji santrallerine uygulanan fiyat garantisinin yıllık olarak düşürülmesi kararlaştırılmıştır (Ragwitz ve Huber, 2005:3).

2000 yılında Almanya Hükümeti, Alman enerji şirketleri ile 2022 yılına kadar nükleer enerjiden çıkış konusunda anlaşmaya varmıştır. 2019 yılı itibarıyla ülkede faaliyette olan altı nükleer santral bulunmaktadır. Nükleer enerjinin bu son durumu, Japonya'nın Fukushima kentinde meydana gelen nükleer felaketin ardından, 2011 yılında Alman Federal Meclisi'nde kabul edilen enerji sisteminin hızlandırılmış yeniden düzenlenmesi kararını destekler niteliktedir (Appunn, 2021).

Almanya'daki en önemli ekonomik ve çevresel politikalardan birisi Enerji Dönüşümü (The Energy Transition) projesidir. Enerji Dönüşümü, ülkenin enerji tedarik kaynaklarının fosil yakıtlardan ve nükleer enerjiden yenilenebilir enerjilere doğru yeniden yapılandırılmasını

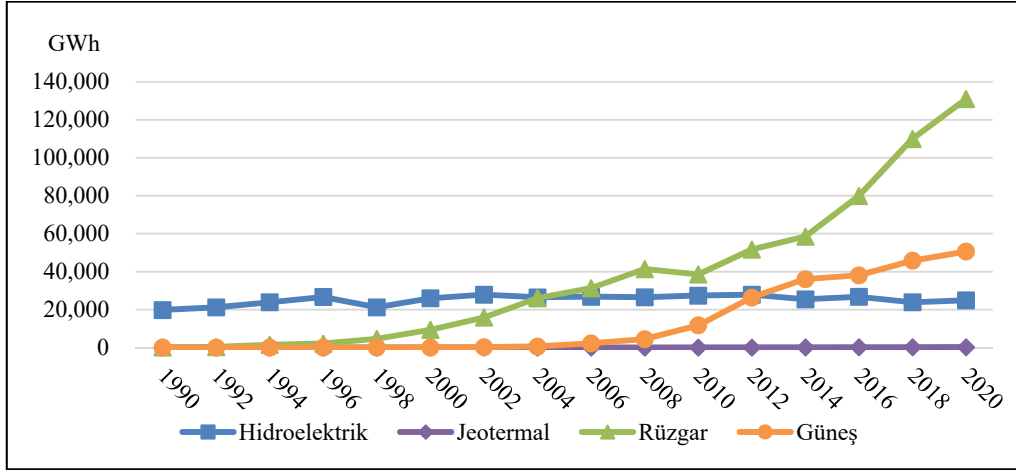
hedeflemektedir. Bu proje yaygın olarak Alman enerji geçişi (Energiewende) olarak bilinmektedir. Enerji Dönüşümü'nün hedefleri, sera gazı emisyonlarının azaltılması, nihai enerji üretimi ve tüketimi içerisinde yenilenebilir enerjinin payının artırılması olarak sıralanmıştır (Hansen vd., 2019:1-2). Bu projeye Almanya, özellikle 2030 yılına kadar elektrik talebinin karşılanması için güneş ve rüzgâr enerjisi çiftliklerinin genişletilmesini planlamaktadır (Schiffer, 2022:1-2).

Almanya hükümeti, Nisan 2022'de yeşil elektriğin yaygınlaşmasını hızlandırmak için tasarlanmış bir yasama paketi olarak tanımladığı, on yılların en büyük enerji politikası değişikliğini onaylamıştır. Bu politikaya göre, Almanya elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payını 2030 yılına kadar iki katına çıkarmayı ve 2035 yılında elektrik üretimini tamamen yeşil enerjiden sağlamayı hedeflemektedir. Bu yeni plan aynı zamanda rüzgâr ve güneş enerjisi gibi farklı yenilenebilir enerji türleri için 2045 yılına kadar özel hedefler de belirlemektedir. Öte yandan, Almanya'nın yenilenebilir enerji üretimini genişletme politikaları, Ukrayna'daki savaş ve hükümetin gaz, petrol ve kömür ithalatı için Rusya'ya olan enerji bağımlılığına yeniden gözden geçirmesiyle ivme kazanmıştır (Appunn ve Wettengel, 2022).

Almanya, rüzgâr enerjisi kapasitesi itibari ile Avrupa'nın lider rüzgâr enerjisi pazarı konumundadır. Rüzgâr enerjisi, karaüstü rüzgâr türbini kurulumundaki yeniden güçlendirme politikaları sayesinde 2021 yılı itibariyle toplan elektrik üretiminin yaklaşık %23'üne ulaşmıştır. Denizüstü rüzgâr enerjisi de 2021 yılı itibariyle toplam elektrik üretimi içerisinde %5'lik bir paya sahiptir (GTAI, 2022). Almanya, 2021 yılı itibariyle kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesini, 2030 yılına kadar iki katına çıkarmayı hedeflemektedir (Wehrmann, 2022).

Almanya, güneşlenme süresinin en az olduğu ülkeler arasında olmasına rağmen, dünyanın en büyük güneş enerjisi üreticilerinden biridir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'na (IRENA) göre, 2021'de yaklaşık 60 GW kurulu güce sahip olan ülke, güneş enerjisi üretiminde dünya çapında 4. sırada yer almıştır. 2008 yılında güneş enerjisi üretimine yönelik teşviklerde azalma olmasına rağmen petrol fiyatlarının artması ve güneş enerjisi panellerinin kurulum maliyetlerinin düşmesi neticesinde güneş enerjisinden elektrik üretimi ülkede artış trendine girmiştir (Park ve Eissel, 2010:327). Grafik 4'te Almanya'nın 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 4: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Almanya 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Hidroelektrik ve jeotermal enerji üretiminde sabit bir trend izleyen Almanya, rüzgâr enerjisi üretiminde artan bir trend izlemektedir. 1990’lı yıllarda özellikle rüzgâr enerjisine gerek yatırım yapılması gerekse teşvik uygulanması, rüzgâr enerjisi üretiminin hızlı şekilde artmasını sağlamıştır. Öte yandan, 2008 yılı itibariyle yerli güneş paneli üretimine bağlı olarak güneş enerjisi santrallerinin kurulum maliyetinin düşmesiyle güneş enerjisi üretimi artış trendine girmiştir.

2.3. Çin Halk Cumhuriyeti

Resmi adı Çin Halk Cumhuriyeti olan Çin, Asya’nın doğusunda yer almaktadır. 9.572.900 km² yüzölçümüne sahip olan Çin, plato ve akarsu kaynakları bakımından oldukça zengindir. Çin nüfusu oldukça kalabalık olup 2022 yılı itibariyle yaklaşık 1.412.952.000’dir. Çin’in büyüklüğüne, kaynaklarının zenginliğine ve dünya nüfusunun yaklaşık beşte birini sınırları içinde barındırmasına rağmen, 20. yüzyılın sonlarına kadar dünya ekonomisindeki rolü nispeten küçük olmuştur (Wilbur, 2022). Bununla birlikte, 1970’lerin sonlarından bu yana Çin, uluslararası ekonomi ile etkileşimini önemli ölçüde artırmış, dünya ticaretinde baskın bir figür haline gelmiştir. Çin’in ayrıca, 2022 yılında kişi başına düşen GSYH’si 12.556 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022c). Çin’in son 30 yıldaki yüksek ekonomik büyümesi karbon emisyon yoğunluğu da dahil olmak üzere çok sayıda çevre kirliliği göstergesinde yıllık artışa neden olmuştur. Mevcut karbon yoğunluğunu azaltmayı hedefleyen Çin, Haziran 2015’te, 2030 yılına kadar karbon emisyon yoğunluğunu 2005 seviyesine göre %60-65 oranında azaltma hedefi benimsemiştir. Eylül 2020’de Çin, Birleşmiş Milletler Genel Kurulu’nda 2060 yılına kadar karbon nötr hedefine ulaşmak için çaba göstereceğini ayrıca belirtmiştir (Zheng vd., 2021:1396).

Uluslararası enerji ajanslarınca yapılan analizler, ülkenin 2022 yılında değişmeden kalacak olan kömüre olan yoğun bağımlılığına rağmen, önümüzdeki beş yıl içinde yenilenebilir enerji kapasitesi büyümesinde küresel lider olmaya devam edeceğini öngörmektedir. Çin’in küresel

yenilenebilir enerji üretim kapasitesi içerisindeki payı 2020 yılında %45 büyümüştür. Bu artışın sebebinin, hükümetin yenilenebilir enerjiye yönelik destekleri aşamalı olarak kaldırmasıyla ilgili olduğu tahmin edilmektedir. Çünkü girişimciler, destekler tamamen kaldırılmadan önce projelerini 2020 yılında aceleyle bitirmeye yönelmiş ve 2020 yılında ilk kez yenilenebilir enerji üretiminde %50'lik bir artış yaşanmıştır. Hükümet, mali teşvikleri yenilenebilir enerji üretimini artıracak bir faktör olarak görmediğinden kaldırma kararı almış, bunun yerine devlete ait büyük kuruluşlar vasıtasıyla güneş ve rüzgâr enerjisi projelerine büyük yatırımlar yapılacağını taahhüt etmiştir (IEA, 2021a:48).

Çin, elektrik üretiminin %60'ından fazlasını kömürden elde etmekte olup halen kömür santralleri inşa etmeye devam etmektedir. Çin ayrıca, dünyanın en büyük ikinci petrol tüketen ülkesi konumundadır. Öte yandan, güneş enerjisi kapasitesini yıldan yıla diğer ülkelere kıyasla arttırmaya devam etmekte ve elektrikli araç pilleri için küresel üretim kapasitesinin %70'ine ev sahipliği yapmaktadır. Çin'in enerji sektöründe oluşturduğu 2060 hedefli yol haritasına (The China Roadmap) göre, 2026 yılına kadar rüzgâr ve güneş enerjisi başta olmak üzere, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin toplam enerji üretimi içerisindeki payının %80'e çıkarılması amaçlanmaktadır. Hidrojen ve karbon yakalama gibi gelişen yenilikçi teknolojilerin rolüyle birlikte, 2060 yılına kadar karbon emisyonlarının %95 oranında azaltılması hedeflenmektedir (IEA, 2021a:48-52).

Çin'in yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikası birkaç adımdan oluşmaktadır. Öncelikle, 1950'ler ve 1960'larda devlet elektrik talebini karşılamak için kırsal alanlarda su koruma çalışmaları yaparak küçük ölçekli hidroelektrik santrallerini destekleyecek fonlar çıkarmıştır. 1970'lerde kırsal alanlara elektrik sağlamak için odun kömür yanında biyogazın yaygınlaştırılması için sübvansiyon taahhüt etmiştir. 1980'li yıllarda kırsal bölgelerin elektrik talebini karşılamak üzere hibe ve kredi miktarlarını artırmış ve sübvansiyon vermeye devam etmiştir. 1990'lı yıllara gelindiğinde ise çevrenin korunması ve sürdürülebilir kalkınmaya verilen önem artmış, hükümet, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve biyokütle enerjisini içerecek şekilde destek paketlerini genişletmiştir. Sayılan destek türlerinin yanı sıra vergi indirimi, vergi muafiyeti, tercihli fiyatlandırma (preferential pricing) ve kredi garantileri de teşvik programlarında yer almıştır (Wallace, 2004:1-2).

2005 yılında çıkartılan Yenilenebilir Enerji Kanunu, Çin'de yenilenebilir enerjiyi teşvik eden ilk büyük kanun olmuştur. Bu kanun, elektrik şebekesi operatörlerinin, yenilenebilir enerji üreticilerin ürettikleri enerjiyi satın almalarını taahhüt etmiştir ve yenilenebilir enerji için imtiyazlı vergi tarifeleri ve indirimli krediler şeklinde mali teşvikler sunmuştur. Yine bu yasayla yenilenebilir enerjinin gelişimini desteklemek adına ulusal bir fon kurulmuştur. 2006 yılında uygulanmaya başlanılan yenilenebilir enerjiye yönelik tarife garantisi, 2009-2011 yılları arasında daha kapsamlı hale getirilmiştir. Uygulanan tarife garantisi sistemi yenilenebilir enerji kapasitesini,

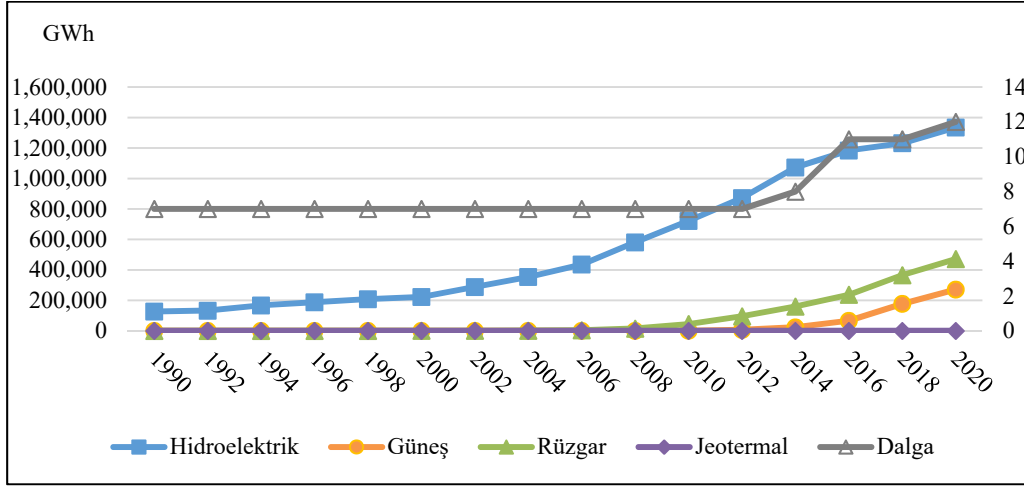
özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi üretimini artırmanın yanı sıra maliyetleri düşüren yerli rüzgâr türbini ve PV panel imalat endüstrisinin geliştirilmesinde oldukça başarılı olmuştur (Keigo vd., 2022:23). Ayrıca, 2015 yılında başlatılan ve halen devam eden enerji piyasası reformları ile elektrik fiyatlandırma mekanizmalarını serbestleştirmek, elektrik fiyatlarını düşürmek, endüstriyel üretim artışını ve ekonomik büyümeyi yenilenebilir kaynaklı enerji kullanımı liderliğinde gerçekleştirmek hedeflenmektedir. Son olarak, ülkenin merkez bankası olan Çin Halk Bankası yenilenebilir enerji, enerji tasarrufu ve karbon azaltma teknolojilerini içeren yeşil projelere verilen krediyi sübvans edebilmek için yeni bir kredi düzenlemesine getirerek bankaların ucuz finansman vermesini sağlamıştır (Xue, 2021).

Çin 2020 yılında, tüm dünyanın bir önceki yıl toplamından daha fazla yeni rüzgâr santrali kapasitesi inşa ederek rüzgâr santrali kurulumlarında yıllık rekor kırmaya rağmen (Keigo vd., 2022:25) 2021 sonu itibariyle açık deniz rüzgâr enerjisi çiftlikleri için uyguladığı tarife garantisini sona erdirmiştir. Bunun yerine, bu çiftliklerin kömürden elde edilen elektrik enerjisi üreticilerinin faydalandığı daha düşük bir tarife üzerinden teşvik edilmesi uygun görülmüştür. Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik unsurunun sonlandırılmasına gerekçe olarak güneş ve rüzgâr projelerinin maliyetlerinin sübvansiyon olmadan finansal olarak uygulanabilir seviyeye ulaştıkları, asıl meselenin yenilenebilir kaynaklardan gelen büyük çıktıları barındıracak şekilde tüm elektrik sisteminin yeniden yapılandırılması olduğu belirtilmiştir (Jaghory, 2022).

Çin, küresel güneş enerjisi kapasitesinin üçte birinden fazlası ile güneş enerjisi üretiminde dünyaya öncülük etmektedir. 2022 yılında eklenen yeni kapasite ile toplam fotovoltaiik güneş enerjisi kapasitesi 340 GW'a ulaşmıştır (Xin, 2022). Ayrıca, ülkenin yenilenebilir enerji kapasitesini 2030 yılına kadar dört kat artırmayı planlayan Çin, Gobi Çölü ve çevresinde tarihin en büyük güneş enerjisi üretim kapasitesini oluşturacak yenilenebilir enerji santralleri kuracağını açıklamıştır (Powertechnology, 2022). Ayrıca Çin, güneş enerjisine uygulanan tarife garantisinin kademeli olarak kaldırılacağını ve yerine rekabetçi ihale sisteminin getirileceğini duyurmuştur (Chinaenergyportal, 2022).

2000'li yıllarda dünyanın en yüksek kapasiteli hidroelektrik santralini kuran Çin, 2010 yılına gelindiğinde kurulu hidroelektrik kapasitesini yaklaşık sekiz katına çıkarmıştır (Liu, 2019a:1313-1314). 2020 yılındaki küresel hidroelektrik kapasite kurulumunun üçte ikisi Çin tarafından gerçekleştirilmiştir. Çin, 2021 itibariyle 380 GW kümülatif hidroelektrik kurulu kapasitesi ile en büyük hidroelektrik enerjisi pazarı konumundadır (International Hydropower Association [IHA], 2021:6-8). Grafik 5'te Çin'in 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 5: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Çin 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: Dalga enerjisi ikincil ekseninde gösterilmiştir.

Hidroelektrik üretiminde dünya lideri olan Çin, 2000'li yıllarda eklediği 22,5 GW'lık kapasite artışıyla hidroelektrik enerji üretimini artış trendine sokmuş ve 2020 yılında 1.335 TWh hidroelektrik enerjisi üretmiştir. 2004 yılında rüzgâr enerjisinin geliştirilmesine yönelik bir vergi reformu politikasının uygulanmasından itibaren rüzgâr enerjisi santrali kurulumu artış trendine girmiştir. Rüzgâr enerjisi üretimi, 2004 yılındaki 1.332 GWh seviyesinden 2020 yılında 471.175 GWh seviyesine yükselmiştir. Son olarak güneş enerjisi üretimi, 2015 yılında teşvik politikasında planlanan değişimin duyurulmasıyla artış trendini yakalamıştır.

2.4. Hindistan

Asya'nın güneyinde yer alan Hindistan, güneydoğuda Bengal Körfezi'ne ve güneybatıda Umman Denizi'ne dayanmaktadır. 3.287.469 km² yüzölçümüne sahip olup akarsu, ova ve platolar bakımından oldukça zengindir. 2022 itibariyle nüfusu 1.357.181.000 olarak gerçekleşmiştir. Hindistan, dünyadaki en büyük ve en çok çeşitliliğe sahip ekonomilerden birine sahip olmasına rağmen muazzam nüfusu nedeniyle, gelir ve kişi başına düşen GSMH açısından dünyadaki en fakir ülkelerden birisidir (Calkins, 2022). 2022 yılında kişi başı GSYH'si 2.277 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022d). Hindistan güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle ve hidroelektrik gibi çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaktadır. Hindistan'da hükümetin mali, kurumsal ve eğitimsel açıdan destekleri sayesinde yenilenebilir enerji özel sektör tarafından oldukça rağbet görmektedir. Enerji Ekonomisi ve Finansal Analiz Enstitüsü'nün (IEEFA) raporuna göre, 2021/22 mali yılında Hindistan'da yenilenebilir enerjiye yapılan yatırım rekor seviyelere ulaşmıştır. Raporda 2021/22 mali yılındaki yatırımın, 2020/21 mali yılına göre %125 ve pandemi öncesi 2019/20 mali yılına göre %72'lik bir artış sağladığı belirtilmektedir. Bununla birlikte, Hindistan'ın 2030 yılı enerji hedeflerine ulaşabilmesi için mevcut yenilenebilir enerji yatırımlarını iki katından fazla artırması gerekmektedir (Garg, 2022:1). Mayıs 2022 itibariyle yenilenebilir

enerji, Hindistan'ın toplam kurulu güç kapasitesinin dörtte birini ve ülkenin elektrik üretiminin %13'ünü oluşturmaktadır (Shah, 2022).

Hindistan'da yenilenebilir enerjinin teşviki, 1981 yılında Bilim ve Teknoloji Bakanlığında Ek Enerji Kaynakları Komisyonunun kurulmasıyla etkin bir şekilde başlatılmıştır. 1987 yılında, yenilenebilir enerji projelerini finanse etmek amacıyla Hindistan Yenilenebilir Enerji Geliştirme Ajansı kurulmuştur (Bhattacharya ve Jana, 2009:982). Bunun yanında, Ulusal Güneş Enerjisi Enstitüsü, Ulusal Rüzgâr Enerjisi Enstitüsü, Ulusal Biyo-Enerji Enstitüsü gibi devlet enstitüleri de yenilenebilir enerjiyi teşvik edici kurumlar arasında yer almaktadır (Shyam ve Kanakasabapathy: 2017:2).

Hindistan, 1985-1990 döneminde özel sektörü rüzgar projeleri kurmaya davet eden pazar odaklı bir strateji benimseyerek rüzgar potansiyelinden yararlanmak için aktifleştirilen hızlandırılmış amortisman, üretilen enerjinin satışında vergi muafiyeti, devlet elektrik kurulları tarafından zorunlu satın alma, büyük ölçekli rüzgar enerjisi üreticileri için endüstri statüsü, serbestleştirilmiş yabancı yatırımlar, gümrük ve tüketim vergisinden muafiyet, üçüncü şahıs satışı, tekerlekli araç satışı gibi teşvikleri içeren ulusal bir program başlatmıştır. 1991 yılına gelindiğinde, hükümet tarafından benimsenen serbestleştirme politikaları, rüzgâr sektöründeki özel yatırımları teşvik etmiş, Hindistan elektrik piyasası yerli ve yabancı özel yatırıma açılmıştır. Bu politikayla beraber yatırımcılar için vergi ve ithalat vergilerinde indirim sağlanmıştır (IEA, 2020b:111-112).

Hindistan, yenilenebilir enerji ile ilgili ilk önemli yasal düzenlemelere 2003 tarihli Elektrik Yasası'nda (National Electricity Policy) yer vermiştir. Bu yasa binlerce küçük şirketin, sivil toplum kuruluşunun ve sosyal işletmenin yenilenebilir enerji ürünleri satmaya ve yenilenebilir enerjiye dayalı enerji üretmeye ve dağıtmaya dahil olduğu geleneksel enerji kaynaklarına alternatif bir enerji piyasasının oluşumunda itici güç konumundadır. Bir diğer itici güç ise eyalet hükümetlerinin çatı üstü güneş enerjisi politikalarıdır (Bhushan, 2014). 2005 yılında yenilenebilir enerji kaynaklı projelerin sermaye maliyetini düşürmeyi hedefleyen "Ulusal Elektrik Politikası 2005" tanıtılmıştır. 2006 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji alımı için sabit bir yüzde alınmasını zorunlu kılan yenilenebilir satın alma yükümlülüğü getirilmiştir. 2007 yılında İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı, güneş enerjisinin enerji kullanımındaki payını artırmayı hedeflemiştir. Planda, yerli güneş teknolojilerinin geliştirilmesi ve güneş PV panellerinin yerli üretiminin gerçekleştirilmesi hedeflerine yer verilmiştir. 2010 yılında ticareti yapılabilir yenilenebilir enerji sertifikaları tanıtılmıştır. 2014 yılında elektrik yasasında yapılan değişiklikle yenilenebilir enerji kaynaklarının genişletilmesi amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra, yine 2014 yılında tanıtılan Entegre Güç Geliştirme Planı; bilgi teknolojisi, net ölçüm yöntemi, güneş panellerinin sağlanması gibi alanları geliştirerek, gelişmiş alanlarda iletim ve dağıtım ağı sisteminin güçlendirilmesini amaçlamıştır (Shyam ve Kanakasabapathy, 2017:3). 2015 Paris İklim Anlaşması kapsamında Hindistan, elektriğinin

%50'sini yenilenebilir kaynaklardan üretmek ve 2030 yılına kadar 450 GW yenilenebilir enerji kapasitesi kurmak için hedefler belirlemiştir (Shah, 2022).

Hindistan, yenilenebilir enerji hedeflerini gerçekleştirmek adına; yenilenebilir satın alma yükümlülüğü beyanı, eyaletler arası iletim sisteminden feragat ücretleri ve Mart 2022'ye kadar devreye alınacak projeler için eyaletler arası güneş ve rüzgar enerjisi satışı için kayıplar, tarifeyle dayalı rekabetçi ihale süreci yoluyla güneş enerjisi tedariki için yönergeler, güneş fotovoltaik sistem ve cihazlarının konuşlandırılması için standartlar, çatı üstü güneş enerjisinin sağlanması ve akıllı şehirlerin geliştirilmesi için yönergeler, zorunlu hükümler için bina yönetmeliğinde değişiklikler, yeni veya daha yüksek inşaatlar için çatı üstü güneş enerjisi kat alanı oranı, güneş enerjisi projeleri için altyapı durumu, vergisiz güneş tahvillerinin artırılması, çok taraflı kuruluşlardan uzun vadeli kredi sağlanması gibi çeşitli politika önlemlerine başvurmuştur (Ministry of Non-conventional Energy Sources, [MNRE]: 2022:52-53). Bunun dışında ülkede yenilenebilir enerji için en sık kullanılan teşvik yöntemleri yenilenebilir portföy standardı, yenilenebilir enerji sertifikaları ve tarife garantileridir. Ancak, son yıllarda rekabetçi ihale mekanizması sayılan teşvik türlerinin önüne geçmiştir. Ayrıca, MNRE bünyesinde kurulan Hindistan Yenilenebilir Enerji Ajansı, düşük faizli kredi, karşı garantiler ve gelecekteki nakit akışlarının menkul kıymetleştirilmesi şeklinde teşvikler sunarak yenilenebilir enerji projelerine finansal destek sunmaktadır (Sarangi, 2018:7).

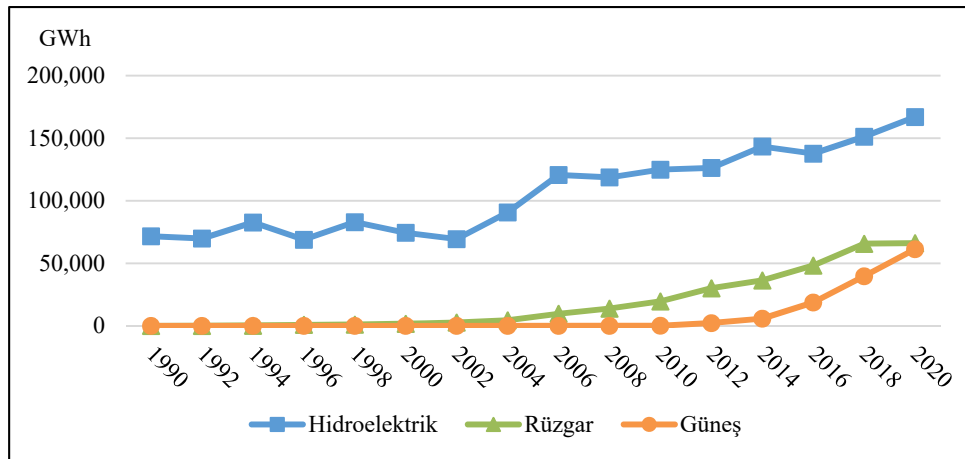
Hindistan büyük bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Son birkaç yılda Hindistan enerji senaryosunda güneş enerjisinin gözle görülür bir etkisi olmuştur. Güneş enerjisi tabanlı merkezi olmayan ve dağıtılmış uygulamalar, Hint köylerinde yemek pişirme, aydınlatma ve diğer enerji ihtiyaçlarını çevre dostu bir şekilde karşılayarak milyonlarca insana fayda sağlamıştır. Güneş enerjisi, 2010 yılında başlatılan Hindistan'ın İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı'nda, Ulusal Güneş Misyonu'nun (NSM) kilit hedeflerinden biri olarak merkezi bir yer edinmiştir. Misyonun amacı, güneş enerjisi teknolojisinin ülke çapında yayılması için politika koşullarını mümkün olan en kısa sürede yaratarak Hindistan'ı güneş enerjisinde küresel bir lider haline getirmektir. NSM, 100 GW'lık şebekeye bağlı güneş enerjisi santrali kurmayı ve 2030 yılına kadar GSYİH'sinin emisyon yoğunluğunu 2005 seviyesine göre %33-35 oranında azaltmayı hedeflemektedir (MNRE, 2022:7-10). MNRE, Aralık 2014'te "Güneş Parkları ve Ultra Mega Güneş Enerjisi Projelerinin Geliştirilmesi" planını uygulamaya koymuştur. Bu güneş parklarının en avantajlı yanı altyapı, depolama ve iletim maliyetlerini azaltmasıdır (Mishra, 2022). En düşük tarife teklifçilerine ihale verilmesini esas alan ters ihale usulünün kullanılması, güneş parkları modelinin oldukça başarılı olmasını sağlamıştır (Shah, 2022).

Hindistan, rüzgâr enerjisi projelerini desteklemek için 2009 yılında hızlandırılmış amortisman uygulamasını tanıtmış ve bu uygulama 2012 yılına kadar rüzgâr projeleri için ana teşvik programı olarak devam etmiştir. Bu uygulama, 2014 yılında yapılan bazı değişikliklerle güneş projelerini de

kapsayacak şekilde yeniden düzenlenmiştir ve günümüzde kullanılmaya devam etmektedir. Hindistan’da rüzgâr enerjisine uygulanan bir diğer teşvik mekanizması olan üretime dayalı teşvik mekanizması yalnızca projeleri desteklemekten ziyade üretimi teşvik etmeye odaklanarak çeşitli bağımsız enerji üreticilerini harekete geçirmeyi hedeflemiştir. Ancak, bu mekanizma yenilenebilir enerji piyasasının hızlı büyümesi nedeniyle termik enerji tarifelerinde büyük bir düşüşe neden olacağı gerekçesiyle geri çekilmiştir. Bunun üzerine, projeleri ticari olarak uygulanabilir kılmak için hükümet tarafından tek seferlik bir hibe şeklinde sağlanan açık finansmanı mekanizmasına geçilmiştir. Rüzgâr enerjisi sektörü 2016/2017 mali yılında 5,5 GW rüzgâr kapasitesi ilavesiyle rekor bir üretim gerçekleştirmiştir. Ancak, bu ilerleme son beş yılda, yıllık ortalama 1,6 GW’a gerilemiştir. Bu gerilemenin sebebi olarak uygulanan politikaların yanlışlığı ifade edilmektedir. Rüzgâr enerjisi geliştirmede ters ihalelerin başarısını tekrarlamak için, 2017 yılında tarife garantisi kaldırılmıştır. Bununla birlikte, maliyetleri düşürme ve türbin teknolojilerini yükseltme baskısı, rüzgâr türbini üreticilerinin kâr marjlarını sürdürülemez seviyelere düşürmüştür (Shah, 2022).

Hindistan’ın elektrik sektörü her ne kadar son yıllarda güneş ve rüzgâr enerjisi büyümesi ile genişliyor olsa da büyüme esasen hidroelektrik enerji santrallerinden sağlanmaktadır. Hindistan kurulu hidroelektrik kapasitesi bakımından dünyada beşinci sırada yer almaktadır (Etenenergyworld, 2020). Hindistan’da hidroelektrik enerji büyümesi ülkedeki hızla artan enerji talebi ve yüksek hidroelektrik potansiyelinden kaynaklanmaktadır. Ancak Hindistan, özellikle hidroelektrik santrallerinin yüksek ilk kurulum maliyetlerinin finansmanı bakımından zorluklar yaşamaktadır. Hindistan’da pompaj depolamalı hidroelektrik potansiyeli 96 GW olarak tahmin edilmesine rağmen, bu potansiyelin yalnızca 3.3 GW’ını kullanılmaktadır. Hidroelektrik kurulumunu genişletmek için Hindistan, 2021 itibariyle pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri için yeni bir tarife garantisi uygulaması başlatmıştır (Ram, 2021:5-8). Uygulamaya koyulan tarife garantisinin hidroelektrik santral kurulumunda ciddi artış sağlaması beklenmektedir. Grafik 6’da Hindistan’ın 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 6: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Hindistan 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yenilenebilir enerji üretiminde en büyük paya sahip olan hidroelektrik özellikle 2003 yılında hükümetin, hidroelektrik gelişimini hızlandırmak için 50.000 MW hidroelektrik girişimini başlatmasıyla artış trendine girmiştir. 2002 yılında 69.420 GWh olan hidroelektrik üretimi 2020 yılında 167.029 GWh olarak gerçekleşmiştir. Güneş enerjisi NSM girişimleri sonucu 2010 yılından itibaren artış trendi izlerken, rüzgâr enerjisi 2004 yılında kurulan rüzgâr türbinleri sayesinde artış trendini yakalamıştır.

2.5. Fransa

Kuzeybatı Avrupa’da yer alan Fransa’nın yüzölçümü 543.941 km² olup ova ve akarsu bakımından oldukça zengindir. Ayrıca, ülke içerisinde Pireneler ve Alpler gibi birçok sıradağ mevcuttur (Wright, 2022). Nüfusu 2022 yılında 65.823.000 olan Fransa’da 2022 yılında kişi başına düşen GSYH 43.518 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022e). Fransa’da elektrik üretimi, kömür, doğalgaz, petrol ve diğer sıvı yakıtlar, nükleer enerji ve yenilenebilir kaynaklar olmak üzere beş temel kaynaktan sağlanmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar yıllık ortalama %2.9 artışla en hızlı büyüyen elektrik enerjisi üretim kaynağıdır. Fransa, Mayıs 2018, Aralık 2018 ve Haziran 2019’da kabul edilen dört direktif ve dört yönetmelikten oluşan "Tüm Avrupalılar için temiz enerji" paketine uymakla yükümlüdür. Fransız yenilenebilir enerji politikasının temelini, enerji geçişi ve yeşil büyüme hakkında 2015-992 sayılı Kanun’a dayana, kamu makamları için bağlayıcı bir operasyonel araç olan Çok Yıllı Enerji Programı oluşturmaktadır. Çok Yıllı Enerji Programı, 2019–2023 ve 2024–2028 olmak üzere iki beş yıllık dönemi kapsamakta ve 2035 yılına kadar toplam enerji üretiminin yarısını yenilenebilir enerjiden elde etmeyi hedeflemektedir. 2019 yılına ait elektrik piyasası raporuna göre Fransa, nükleer enerji üretimini 2035 yılına kadar net üretimin %50’sine indireceğini, yaklaşık 14 nükleer reaktörün hizmet dışı bırakacağını ve nükleer enerjinin yerinin yenilenebilir kaynaklarla doldurulacağını duyurmuştur. Aynı raporda, güneş enerjisi üretiminde 2019-2030 döneminde 24 GW’dan daha büyük bir ilave artış yapılacağı, rüzgâr enerjisi üretiminde 2026 yılına kadar 30 GW’a çıkılacağı ve bu genişlemeyi desteklemek için yenilenebilir enerji bütçesinin iki katına çıkarılacağı duyurulmuştur (IEA, 2021b:12-23).

Fransa’da, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesinin, 2019 Enerji ve İklim Yasası uyarınca nükleer enerjinin 2035 yılına kadar %50 azaltılmasında ve 2050’ye Kadar Net Sıfır Emisyon Hedefi’ne ulaşılmasında etkili olacağı düşünülmektedir. Fransa’nın yenilenebilir enerji konusundaki bir diğer hedefi ise, 2030 yılına kadar yenilenebilir enerjinin toplam enerji tüketimindeki payını %33’e ve elektrik üretimindeki payını %40’a çıkarmaktır (IEA, 2021b:80).

Öte yandan, karbondan arındırma gündeminin erken ve küresel lideri olan Fransa, karbon nötrlüğüne, karbon bütçeli bir enerji ve iklim planlama çerçevesine ve kapsamlı bir karbon vergisine yönelik iddialı sera gazı emisyonlarını azaltma hedeflerini benimseyen ilk ülkeler arasındadır. Fransa, 2015 Enerji Dönüşümü Yasası ile sera gazı emisyonlarını 2030’a kadar 1990

seviyelerinin %40 altına düşürmeye yönelik yerel hedefler belirleyerek, 2050'ye doğru emisyonları dört kat azaltma hedefini taahhüt etmektedir. Bu hedefler, 2019 Enerji ve İklim Yasası'na da dahil edilmiş ve ek olarak yenilenebilir kaynakların geliştirilmesine yönelik prosedürlerin basitleştirilmesi ve 2040 yılına kadar Fransa'nın artık petrol, gaz veya kömür üretmemesi için hidrokarbon araştırmalarının yasaklanması taahhüt edilmiştir. İlk olarak 2015'te geliştirilen, 2018-19'da güncellenen ve Nisan 2020'de yayınlanan Ulusal Düşük Karbon Stratejisi, 2050 yılına kadar emisyonlarda %85 azalmaya paralel olarak tüm sektörlerde net bir sıfır yol haritasını tanımlamaktadır (Res-legal, 2019).

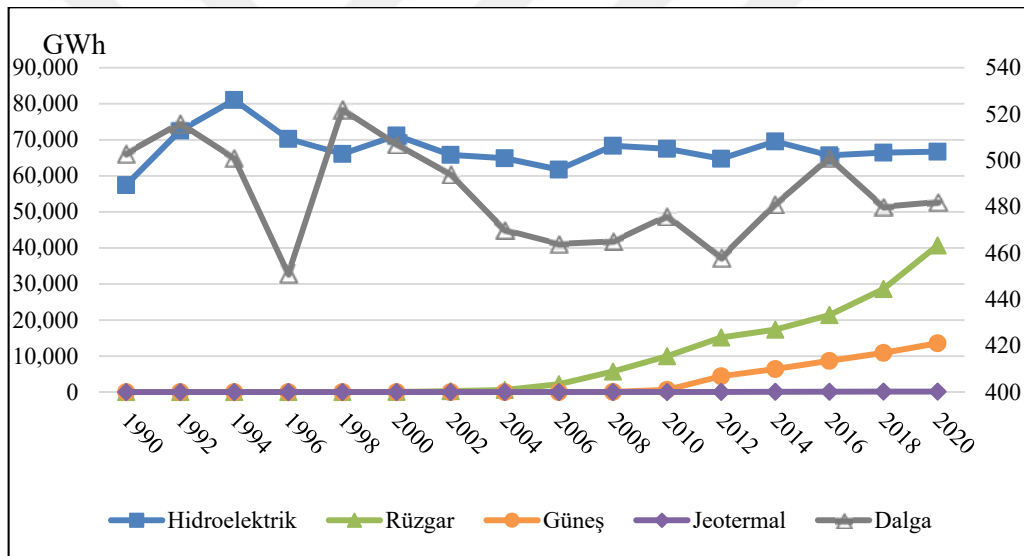
Fransa'da yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisi, tarife garantisi, ihale yöntemi ve vergi avantajları yoluyla teşvik edilmektedir. 2015 tarihli Yeşil Büyüme için Enerji Dönüşümü Yasası, yenilenebilir enerjiler için mevcut destek planlarının kapsamlı bir şekilde yeniden şekillendirilmesini gerekli kılmıştır. Bu amaçla, yasa tarihine kadar ana destek mekanizmasını oluşturan tarife garantisinin, kademeli olarak "tazminat mekanizması" ile değiştirilmesi planlanmıştır. Yine bu yasa ile, Fransa'da elektrik piyasası daha esnek bir yapıya dönüştürülmüş ve yenilenebilir enerji üreticilerinin artık ulusal elektrik tedarikçileri dışındaki tedarikçilere de satış yapabilmesinin önü açılmıştır. Fransa, küçük ölçekli yenilenebilir tesisler için tarife garantisi ve büyük ölçekli tesisler için ihalelerde verilen prim garantisi yoluyla yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisini desteklemektedir. Ayrıca yenilenebilir ısı üretimi için de sermaye sübvansiyonu, vergi indirimi ve sıfır faizli kredi şeklinde teşvikler uygulanmaktadır. Ulaşım için kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarına uygulanan teşvik yöntemi ise kota sistemidir. Bunlara ek olarak, Fransa'da yenilenebilir enerji santrallerinin geliştirilmesi, kurulması ve kullanımına ilişkin eğitim programları, sertifikasyon programları ve Ar-Ge programları gibi çeşitli teşvik politikaları da uygulanmaktadır (Res-legal, 2019). Ayrıca, deniz üstü rüzgâr enerjisi, kara üstü rüzgâr enerjisi, çatı üstü güneş enerjisi ve biyokütle kojenerasyonu projeleri için büyük ölçekli ihaleler düzenlenmektedir. Ayrıca, 2021'de binalarda bulunan küçük güneş enerjisi tesislerinden yenilenebilir elektrik üretimini desteklemek için 5,7 milyar euroluk bir yardım planı onaylanmış ve biyokütle ve doğalgazla çalışan kojenerasyona verilen destek sona ermiştir (IEA, 2021b:85).

Fransa, yetkisi altındaki 11 milyon km² karasuları ve 20.000 km'lik geniş ve bol rüzgârlı bir sahil şeridine sahip olmasına rağmen denizüstü rüzgâr enerjisi üretiminde önemli gecikmeler olmuştur. İlk yatırım kararları ancak 2019 yılında alınmış olup ilk denizüstü rüzgâr çiftliğinin 2022'de hizmete girmesi planlanmıştır. (IEA, 2021b:90). 2022 itibarıyla, Fransız rüzgâr enerjisi tesisleri 19.2 GW kapasiteye sahiptir. Ayrıca uzun vadede Fransa, 2050 yılına kadar yaklaşık 40 GW kurulu güce sahip yaklaşık 50 rüzgâr çiftliği inşa etmeyi hedeflemektedir (Fröding ve Gasne, 2022:23-27).

Fransa’da yenilenebilir enerji kapasitesinin yaklaşık %43’ünü oluşturan hidroelektrik kapasitesi, 2021 yılında düşüş yaşamasına rağmen önde gelen yenilenebilir elektrik enerjisi kaynağıdır. Fransa çok yıllık enerji programı kapsamında hidroelektrik kapasitesini 2028 yılı itibariyle iki katına çıkarmayı hedeflemektedir (Fröding ve Gasne, 2022:29).

Fransa, 2023’ün sonuna kadar güneş enerjisinde kurulu kapasitesinin iki katına çıkarılmasını gerektirecek hedeflere sahiptir. Ancak, arazi uygunluğu, şebeke erişimi ve idari kaynakların eksikliği, düzenleyici engeller ve destek politikalarının sürekli kesintiye uğraması gibi nedenlerle bu hedefe ulaşılmasının güç olduğu düşünülmektedir. Fransa çok yıllık enerji programı kapsamında güneş enerjisi kapasitesini 2028 yılına kadar yaklaşık üç kat artırmayı hedeflemektedir (Fröding ve Gasne, 2022:27). Grafik 7’de Fransa’nın 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 7: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Fransa 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: Dalga enerjisi ikincil eksenle gösterilmiştir.

Fransa’da hidroelektrik enerji üretimdeki en büyük paya sahip olmakla birlikte sabit bir trend izlerken, güneş enerjisi özellikle 2010 yılından itibaren ülkede güneş paneli üretimine ağırlık verilmesiyle artış trendine girmiştir. 2006 yılına kadar sabit bir trend izleyen rüzgâr enerjisi üretimi, 2006 yılındaki 5.694 GWh üretim seviyesinden 2020 yılında 40.704 GWh seviyesine ulaşmıştır.

2.6. Birleşik Krallık

Birleşik Krallık, Avrupa anakarasının kuzeybatı kıyısında yer alan bir ada ülkesi olup İngiltere, Galler ve İskoçya’yı içeren Büyük Britanya Adası’nın tamamını ve İrlanda Adası’nın

kuzey bölümünü kapsamaktadır. 242.500 km² yüzölçümüne sahip olan Birleşik Krallık ovalar ve yaylalar bakımından zengin olmakla birlikte sahil şeridinin uzun olması nedeniyle de rüzgâr enerjisi için oldukça elverişlidir (Frere, 2022). 2022 yılında toplam nüfusu 67.733.000 olup kişi başına düşen GSYH, 2022 yılında 47.334 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022f). Birleşik Krallık'ta 18. yüzyıldan beri kömür, 1960'lardan beri doğalgaz ve 1970'lerden beri petrol gibi yerli enerji kaynaklarına güven duyulması yenilenebilir enerji kullanımını geri planda bırakmıştır (Brennand, 2004:83). Ancak, bir yandan bu yerli fosil kaynakların tükenme olasılığı bir yandan da küresel anlamda artan çevreci girişimler, Birleşik Krallık'ı yenilenebilir enerji kullanımına sevk etmiştir.

Non-Fossil Fuel Obligations (NFFO), 1989 Elektrik Yasası ile ülkenin 12 bölgesindeki elektrik şirketlerine üretimin belirli periyotlarında fosil olmayan enerji kaynaklarından belirli bir miktarda üretme taahhüdü getiren bir uygulama olarak yürürlüğe girmiştir. NFFO, hükümetin yenilenebilir enerji teknolojilerin gelişimini teşvik etmek için mali destek vermesini sağlayan ilk uygulamadır (Brennand, 2004:89). Yenilenebilir enerji üretiminin teşvik edilmesinin ilk yıllarında yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin maliyeti, fosil kaynaklardan elektrik üretim maliyetinden daha fazla olduğundan yenilenebilir enerji üreticilerinin katlanacağı bu ek maliyetlerin hükümet tarafından karşılanması NFFO hükümlerine eklenmiştir. 1989 yasası hükümetin katlanacağı bu ek maliyetin, yenilenebilir olmayan elektrik fiyatına eklenen bir fosil yakıt vergisi yoluyla karşılanacağını taahhüt etmiştir. Başlangıçta NFFO, sadece yenilenebilir enerji projelerine değil bunun yanında nükleer santrallere de mali destek verilmesini amaçlamıştır. Ancak, Avrupa Komisyonu uygulamanın nükleer enerji için 1998'e kadar uygulanmasını ve daha sonra sonlandırılmasını sağlamıştır. NFFO'dan yararlanacak yenilenebilir kaynaklar rüzgâr enerjisi, küçük ölçekli hidroelektrik santraller, çöp gazı yakma ve atık yakma ile elde edilen enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Üretimdeki rekabetin daha faydalı olacağı ve açık erişimin maliyetlerini azaltacağı gerekçesiyle, Mart 1990'da elektrik endüstrisinin özelleştirilmesi sağlanmıştır. Mayıs 1999'da Hükümet, "Daha İyi Bir Yaşam Kalitesi- Birleşik Krallık İçin Sürdürülebilir Kalkınma Stratejisi" adlı belgeyi yayınlamıştır. Bu belge, yenilenebilir enerjiye yönelik devlet desteğinin geleceği üzerinde güçlü bir etkiye sahip olmuştur. 2000 yılında Kyoto müzakerelerine dahil olunarak Birleşik Krallık Kalkınma Komisyonu kurulmuş ve 2001'de komisyon tarafından iklim değişikliği vergisi (Climate Change Levy) uygulamaya koyulmuştur (Richardson ve Chanwai, 2003:45).

2002 yılında NFFO'nun yerini yenilenebilir enerji yükümlülüğü (Renewables Obligation) almıştır. Yenilenebilir enerji yükümlülüğü, elektrik tedarik şirketlerine hükümet hedeflerine göre belirlenen jeneratörlerden satın aldıkları her MWh yenilenebilir elektrik için ticareti yapılabilir yenilenebilir enerji sertifikalarını vermeyi taahhüt etmiştir. Yenilenebilir enerji yükümlülüğü, Birleşik Krallık'taki büyük ölçekli yenilenebilir elektrik projeleri için ana destek mekanizmalarından biri olmuştur. İlk iki yılda yenilenebilir enerji yükümlülüğü, 282 milyon sterlin

(2002–2003) ve 405 milyon sterlin (2003–2004) değerinde destek sağlamıştır. Yenilenebilir enerji yükümlülüğü uygulaması, tarife garantisi uygulayan diğer bazı ülkelerle kıyaslandığında verimsiz olduğu şeklinde eleştirilere maruz kalmıştır. Özellikle, büyük ölçekli projelerde daha verimliyen küçük projelerde maliyeti düşürmediği gerekçesiyle eleştirilmiştir. Tüm bu eleştiriler sonucunda 2017 yılında, yenilenebilir enerji yükümlülüğü uygulaması tüm yeni yenilenebilir üretim tesisleri için sonlandırılmıştır (Elliott, 2009:59-62).

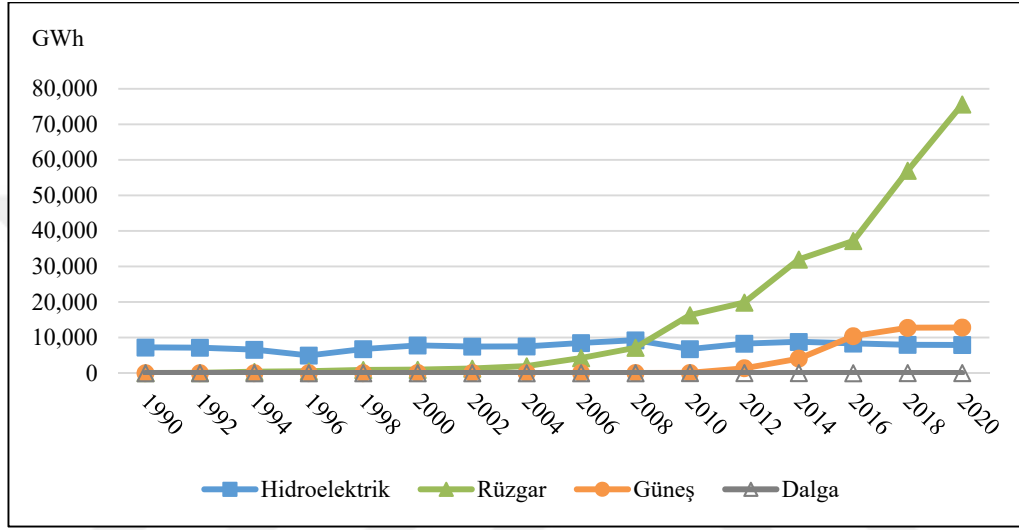
2010 yılında hükümet tarafından yenilenebilir ve düşük karbonlu elektrik üretiminin alımını teşvik etmek için tasarlanan tarife garantisi kabul edilmiştir. Tarife garantisinden beklenti, yıllık yaklaşık %5-8 arasında yatırım getirisi sağlaması ve 2020 yılına kadar kümülatif 6 TWh üretim sağlaması olmuştur. Tarife garantisi uygulaması bazı istisnalar dışında 2019’dan itibaren yeni başvurulara kapatılmıştır (OFGEM, 2021). Nispeten küçük ölçekli projeler tarife garantisi ile teşvik edilirken büyük ölçekli yenilenebilir enerji projeleri yenilenebilir enerji yükümlülüğü ile teşvik edilmektedir. 2017 yılında yenilenebilir enerji yükümlülüğünün ve 2019 yılında tarife garantisinin uygulanmasına son verilmesiyle hükümet, küçük ölçekli yenilenebilir enerji üreticilerine, şebekeye ihraç ettikleri elektrik için ödeme yapılması sağlamak üzere 2020’den itibaren uygulanmakta olan Akıllı İhracat Garantisi (The Smart Export Guarantee) uygulamasını hayata geçirmiştir (Aurelius ve Dewar, 2022:2-4). Ayrıca, 2008 yılında iklim değişikliği yasası aracılığıyla 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarında %80’lik bir azalma hedeflenmiştir (Elliott, 2009:59-62).

Birleşik Krallık’ın, düşük karbonlu elektrik üretimini desteklemeye yönelik ana mekanizmalarından bir diğeri Fark Sözleşmeleri (CfD)’dir. CfD’ler, yüksek kurulum maliyetleri ve üretim ömrü uzun olan projeleri toptan satış fiyatlarının değişken yapısından koruyarak yenilenebilir enerjiye yatırımlarını teşvik etmektedir. Aynı zamanda, yatırım destek maliyetlerinin elektrik fiyatına eklenmesini engelleyerek yenilenebilir enerji kullanıcılarını destek maliyetlerini ödemekten korumaktadır. CfD, yenilenebilir enerji yatırımcıları ile devlete ait bir şirket olan Düşük Karbon Sözleşmeleri Şirketi arasında yapılan özel hukuk sözleşmesine dayanmaktadır (Gov.uk, 2022). Birleşik Krallık 2022’de CfD ile denizüstü rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, karaüstü rüzgâr enerjisi ve gelgit enerjisi dahil olmak üzere bir dizi temiz enerji için 11 GW elektriği güvence altına almıştır (Taşbaşı, 2022). 2022 yılı itibarıyla 13 GW denizüstü rüzgâr enerjisi de dahil olmak üzere yaklaşık 16 GW’lık yeni yenilenebilir enerji kapasitesine CfD uygulanmıştır Bugüne kadar, bir sözleşme için doğrudan birbirleriyle rekabet eden bir dizi farklı yenilenebilir teknolojinin görüldüğü, (2014–15, 2016–17 ve 2018–2019) ihale düzenlenmiş, üç tahsis aşaması tamamlanmış, toplamda elli yenilenebilir enerji projesine ihale verilmiştir (Dalton ve Polito, 2022:8).

Günümüzde, Birleşik Krallık’a güç sağlamak için kullanılan dört ana yenilenebilir enerji kaynağı; rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve biyoenerjidir. 2020 yılı, elektriğin ağırlıklı olarak yenilenebilir enerjiden üretildiği, (elektriğin %43’ü rüzgâr, güneş, biyoenerji ve hidroelektrik kaynaklarının bir karışımından elde edilmiştir) Birleşik Krallık tarihindeki ilk yıl olmuştur. Birleşik

Krallık'ın yenilenebilir enerji konusunda kaydettiği ilerlemeye bakıldığında, son beş yılda üretilen yenilenebilir elektrik enerjisinin, önceki elli yılda üretilen yenilenebilir elektrik enerjisi üretimine denk olduğu görülmektedir. Birleşik Krallık'ın elektrik enerjisi karışımındaki yenilenebilir enerjinin payı 2010'dan günümüze %30 artarken fosil yakıtların payı %40 düşmüştür (Nationalgrid, 2022). Grafik 8'de Birleşik Krallık'ın 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 8: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Birleşik Krallık 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Birleşik Krallık'ta hidroelektrik, güneş ve dalga enerjisi daha sabit bir trend izlerken, rüzgâr enerjisi yüksek potansiyeli nedeniyle daha çok teşvik edilmiştir. Özellikle 2002 yılında artış trendini yakalamış, 2022 yılında 75.610 GWh üretim seviyesine ulaşmıştır.

2.7. İtalya

Güney Avrupa'nın orta kısmında yer alan İtalya, dörtte üçünden fazlası dağlık olan yapısıyla 302.068 km²'lik bir yüzölçümüne sahiptir (Marino, 2022). Nüfusu 2022 yılı için 58.426.000 olarak gerçekleşen İtalya'da kişi başına düşen GSYH 2022 yılı için 35.551 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022g). Enerji ihtiyacının beşte dördünden fazlasının ithal edildiği İtalya'nın, kendi enerjisini üretmesi oldukça önemli bir konudur. İtalya, coğrafi yapısı gereği bir dizi yenilenebilir enerji kaynağının geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Yenilenebilir elektriğin en büyük payı, dağlık kuzeydeki hidroelektrik tesislerden ve ülke genelinde güneşli bölgelerde bulunan güneş santrallerinden sağlanmaktadır. 2021 itibarıyla, ülkenin elektriğinin %41'i yenilenebilir kaynaklardan elde edilmektedir. 2030 Ulusal Enerji ve İklim Planı'nda İtalya, yenilenebilir enerji, emisyon ve enerji verimliliği hedeflerini belirlemiştir. Plan, 2030 yılına kadar elektriğin %55'inin, ulaşımın %22'sinin ve ısıtmanın %33'ünün yenilenebilir enerjiden karşılanmasını amaçlamaktadır.

Bu plan çerçevesinde, yenilenebilir enerji tüketiminin toplam tüketim içerisindeki payının %30 olması hedeflenmektedir. Ayrıca, CO₂ emisyonunda 2005 yılına oranla %33'lük bir azalma hedeflenmektedir (Climate-laws, 2017).

İtalya'da inşa edilen yenilenebilir enerji tesisleri için mevcut teşvik politikalarından bir tanesi, farklı yenilenebilir enerji kaynakları arasında bir ayrıma gidilmeden, rekabetçi ihale yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Teşvikler, yenilenebilir enerji destek programlarının yönetiminden ve ilgili teşviklerin ödenmesinden sorumlu kuruluş olan Enerji Hizmetleri İdaresi (Manager of Energy Services) ile yapılan fark sözleşmelerine dayalı olarak ödenmektedir (Martorana ve Tedeschi, 2022). Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik, katma değer vergisi ve emlak vergisi indirimleri yoluyla da teşvik edilmektedir. Güneş ve rüzgâr enerjisi santralleri, %10'luk (%20 yerine) indirimli katma değer vergisine tabi tutulmaktadır. Ayrıca, emlak vergisi indirimi, yenilenebilir enerji tesisatı ile donatılmış binalar için belediyeler tarafından uygulanmaktadır. Bir diğer teşvik mekanizması da tarife garantisi olup üreticilerin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriği serbest piyasada, "ritiro dedicato" olarak adlandırılan garantili bir minimum fiyatla satabilmesini sağlamaktadır. Tarife garantisi, kurulu kapasitesi 1 MW'ı (rüzgâr çiftlikleri için 200 kW) aşmayan, 2007 yılından sonra faaliyete geçen tesislere talep üzerine 15 yıllık bir süre için verilmektedir (Martorana ve Tedeschi, 2022). Ayrıca, biyoyakıtlar da kota sistemiyle teşvik edilmektedir (Res-legal, 2022a).

Yukarıda sayılan teşvik unsurları dışında İtalya'da hibe şeklinde destekler kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji üreten şirketleri desteklemek için 2021 yılında hükümet tarafından 1,7 milyar euro tahsis edilmiştir. Söz konusu hibe ile 20 kW'ın üzerinde kapasiteye sahip güneş enerjisi sistemlerinin sübvansile edileceği duyurulmuştur. Küçük ve orta ölçekli işletmelerin güneş enerjisi kurulumlarını karşılamasına yardımcı olmak için ise 267 milyon euro tahsis edilmiştir. Ayrıca, İtalyan hükümeti, Covid-19'un patlak vermesinden bu yana yenilenebilir enerjinin büyümesini desteklemek için yaklaşık 48,20 milyar euro destek verileceğini taahhüt etmiştir. Son olarak hükümet, İtalya'da ısıtma ve elektrikten sonra en çok sera gazı emisyonundan sorumlu olan ulaşım sektörü konusunda da önlem almak amacıyla 2021 yılında elektrikli araç alımında 6.000 euro sübvansiyon sağlanacağını duyurmuştur (Hivepower, 2021a).

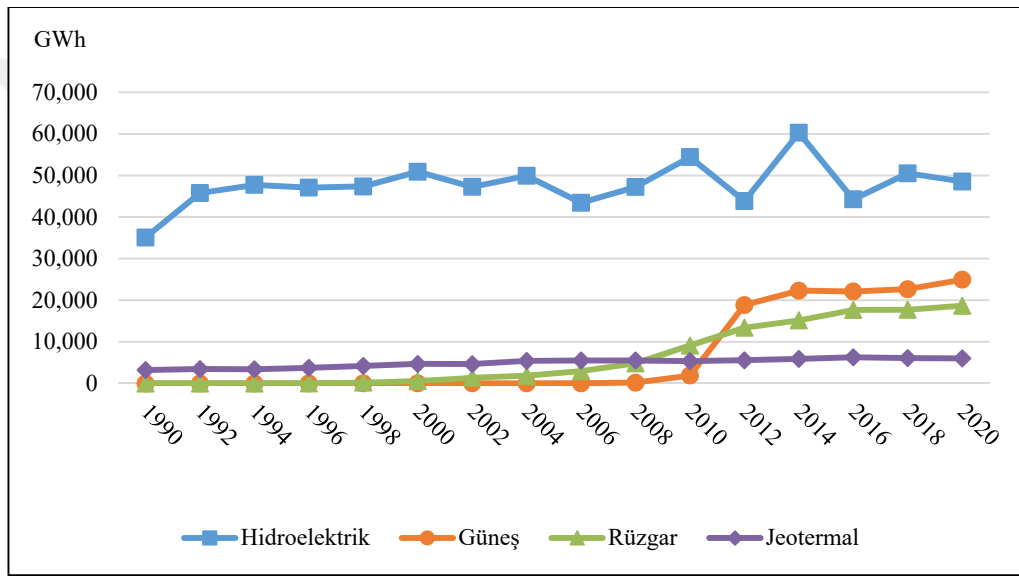
İtalya'nın tarife garantisi politikası, ülke genelindeki güneş fotovoltaik kurulumlarında ciddi bir artış sağlamıştır. İtalya'da güneş fotovoltaik enerjisi 2021 yılında 25.466 GWh'lik üretimle toplam elektrik üretiminin yaklaşık %9'unu karşılamıştır (Statista, 2022). İtalya'da son 10 yılda kurulu güneş enerjisi sistemi sayısı yaklaşık altı kat artmıştır.

İtalya'nın hidroelektrik santralleri ülkenin kuzeyinde yoğunlaşmakta ve yenilenebilir enerjisinin %40'ından fazlasını üretmektedir. Hidroelektrik kaynaklarından 2021 yılında 44.740

GWh'lık üretim gerçekleşmiş olup, bu rakam toplam elektrik üretiminin yaklaşık %16'sını karşılamıştır (Enelgreenpower, 2022).

İtalya'da 2021 yılında rüzgârdan elde edilen elektrik üretimi 20.789 GWh olarak gerçekleşmiş, bu da toplam elektrik üretiminin yaklaşık %7'sine tekabül etmektedir. İtalya'nın yapım aşamasındaki rüzgâr türbinlerinin faaliyete geçmesiyle, üretilen toplam elektriğin %55'inin yenilenebilir kaynaklardan karşılanması yönündeki 2030 hedefine ulaşacağı tahmin edilmektedir (Hivepower, 2021a). Grafik 9'da İtalya'nın 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 9: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, İtalya 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Ülkenin elektrik üretiminin yaklaşık %40'ını üreten hidroelektrik sabit bir trend izlemektedir. Özellikle tarife garantisi uygulamasını takiben 2007 yılından sonra, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi üretimi artış trendini yakalamıştır. 2008 yılında 193 GWh üretilen güneş enerjisi 2020 yılında 24.942 GWh üretim seviyesine ulaşırken, 2008 yılında 4.861 GWh üretilen rüzgâr enerjisi 2020 yılında 18.702 GWh üretim seviyesine ulaşmıştır.

2.8. İspanya

Güneybatı Avrupa'da yer alan İspanya, Avrupa'nın en büyük ülkelerinden biri olup 505.983 km²'lik bir yüzölçümüne sahiptir. Avrupa'nın en uzun nehirlerinden olan Tagus, Ebro ve Douro nehirleri ülkeyi hidroelektrik bakımından zenginleştirmektedir (Carr, 2022). Nüfusu, 2022 yılı itibarıyla 47.323.000 ve kişi başına düşen GSYH'si 2022 yılı itibarıyla 30.115 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022h) İspanya'da kullanılan başlıca enerji kaynakları, fosil yakıtlar,

rüzgâr, güneş, nükleer ve hidroelektrikten oluşmaktadır. Ülke büyük bir kömür madeni rezervine sahip olmasına rağmen özellikle 2006 yılı itibariyle yenilenebilir enerji politikasını benimsemeye başlamıştır. 2010 ve 2020 arasında, İspanya’da fosil yakıt tüketiminde gözle görünür bir düşüş yaşanırken yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketiminde artış gözlenmiştir. 2010 yılı itibariyle İspanya, elektriğinin yaklaşık %33’ünü yenilenebilir kaynaklardan üretmeyi başarmışken, 2021 itibariyle toplam elektriğinin neredeyse yarısını yenilenebilir kaynaklardan üretmiştir (IEA, 2022a:77-93). İspanya, yenilenebilir enerji kapasitesi bakımından Avrupa ülkeleri sıralamasında Almanya’nın arkasında ve Fransa ve İtalya’nın önünde ikinci sırada yer almıştır (RedEIA, 2022:3). İspanya’da yenilenebilir enerji üretiminde en büyük rol rüzgâr enerjisine ait olup ardından sırasıyla hidroelektrik, güneş ve biyokütle gibi diğer yenilenebilir enerji kaynakları gelmektedir (IEA, 2022a:93).

İspanya’nın yenilenebilir enerjisinin büyümesinin teşviki konusunda daha fazla önlem alması için Covid-19 salgınının, ihtiyaç duyduğu itici güç olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Çünkü pandemi, İspanya’da tarife garantisi gibi teşvikleri içeren yasaların oluşturulmasını sağlamıştır. Bu yeni yasalar yenilenebilir enerji sektörünün özelliklerini ele alan elektrik yasası, iklim değişikliği ve enerji geçişiyle ilgili yasa, ulusal enerji ve iklim planı, ulusal geri kazanım ve dayanıklılık planı gibi özel yasaları ve planları da içermektedir (Hivepower, 2021b). İspanya, bu yasalar ve planlarla beraber rekabetçi ihale yöntemi yoluyla sistem gelirleri ve sübvansiyonları tanıtmayı; kömür, doğalgaz ve petrol aramalarının yasaklanması yoluyla karbon emisyonunun azaltılmasını teşvik etmeyi; yenilenebilir enerji sektörünü modernleştirmeyi ve kırsal toplulukları iyileştirmeyi; enerji verimli binalara ve akıllı otomobil ve şarj istasyonlarına yapılan yatırımlar yoluyla temiz enerji geçişini desteklemeyi hedeflemektedir.

1980 yılında, Enerji Tasarrufu Yasası, enerji verimliliğini artırmak ve dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla çıkartılmıştır. İkinci olarak, 1990-2000 Ulusal Enerji Planı, kojenerasyon ve yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi için teşvikler oluşturmuştur. 54/1997 sayılı Elektrik Kanunu ile yenilenebilir elektrik arzının düşük bir fiyattan garanti edilmesiyle İspanyol elektrik endüstrisinin serbestleştirilmesi hedeflenmiştir. 2013 yılına kadar yürürlükte olan mevzuat, yenilenebilir enerji üreticileri için şebekeye erişim garantisi sağlayarak, yenilenebilir enerji ile kombine ısı ve güç için ilk teşvik planını belirlemiştir. Yenilenebilir enerjiye yönelik tarife garantisi programı 2013’te tarife açığına neden olduğu için kaldırılmış ve 2014’ten itibaren yenilenebilir enerji için yeni bir ücretlendirme sistemi yürürlüğe girmiştir. Bu yeni sistem önemli bir değişikliğe uğramadığından, düzenleyici olarak bir istikrar dönemi olarak kabul edilmiştir. 2014 yılında getirilen ücretlendirme sistemi ile teşvik miktarlarının her altı yılda bir güncellenmesiyle yenilenebilir enerji yatırımcıların getiri seviyelerinin artırılması planlanmıştır (Ciarretta vd., 2020:3-4). 436/2004 ve 661/2007 sayılı Kraliyet Kararnamesi, yenilenebilir enerji üreticilerinin fazla elektrik enerjisini, her yıl ortalama veya referans elektrik tarifesinin yüzdesi olarak hesaplanan fiyat garantili tarifeyle eşit bir bedel karşılığında bir dağıtıcıya satmak ya da üretim

fazlasını, katılımları için verilecek teşvik ve sabit bir prim karşılığında elektrik üretim piyasasında ya da üzerinde anlaşılan piyasa fiyatı karşılığında ikili anlaşma yoluyla satmak arasında bir tercih yapma hakkı tanımıştır (Alvarez ve Perez, 2012:53-54). 1/2012 sayılı Kraliyet Kararnamesi ile kojenerasyon, yenilenebilir enerji ve atıklardan yeni elektrik üretimi için ön tahsis prosedürlerinin askıya alınmasını ve ekonomik teşviklerin kaldırılmasını, ayrıca elektrik sistemine yeni maliyetler eklemekten kaçınmak için bu tesislerin inşası için verilen teşviklerin de kaldırılmasını içermektedir (Montoya vd., 2014:520).

İspanya, ayrıca yenilenebilir enerji için vergi indirimi şeklinde teşvik uygulamaktadır. İlk olarak 2011'den itibaren evde yapılan yenilenebilir enerji uygulamaları (elektrik, su, gaz veya diğer tedarik tesisatlarının yenilenebilir enerji ile değiştirilmesi) için kişisel gelir vergisinde %20'lik bir gelir vergisi indirimi uygulanmıştır. 5/2011 sayılı Kraliyet Kararnamesi, özellikle evlerin ihtiyaç duyduğu sıhhi sıcak suyun üretimine katkıda bulunmak için güneş panellerinin kurulumuna dikkat çekmektedir. Ulusal hükümet doğrudan hibeler yolu ile de teşvik uygulamaktadır. Bu hibeler yerel yönetimler aracılığıyla enerji tasarrufu ve verimlilik strateji planlarında belirlenen usul ve miktarlarda verilmektedir. Hibeler güneş enerjisi özelinde verilmekte olup maliyetin %37'sine kadar yararlanılabilmektedir. Mevcut yönetmeliğe göre zorunlu olmayan güneş enerjisi tesisatlarının teşvik edilmesi için yerel düzeyde sübvansiyon ve vergi avantajları da oluşturulmuştur. Yerel yönetimler kamu binaları başta olmak üzere maliyetin %50'sini aşmamak koşuluyla yerel bütçelerinden güneş enerjisi kurulumlarını teşvik edebilmektedir (Romero vd., 2013:204).

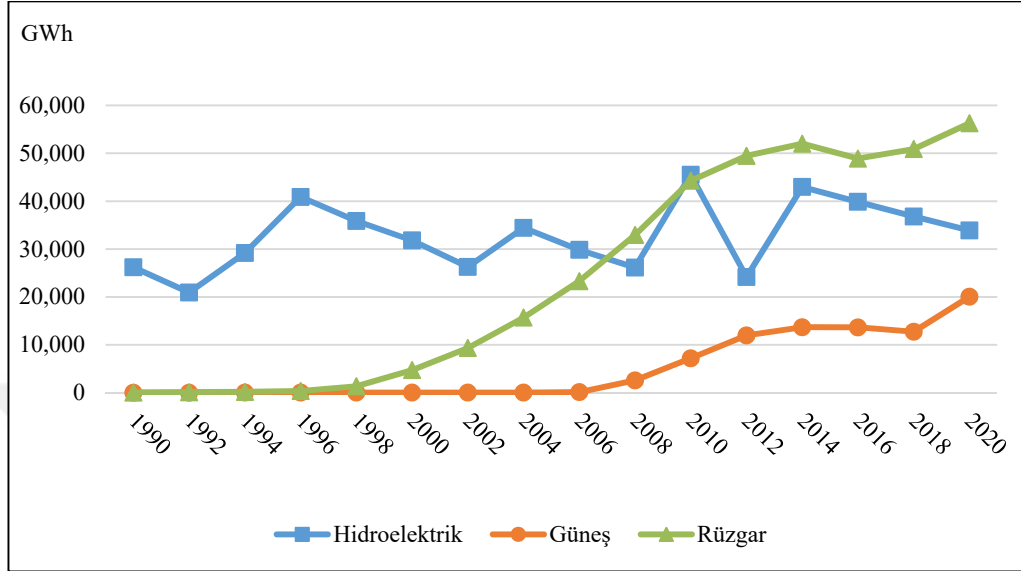
2000'li yılların başında İspanya'da rüzgâr enerjisi büyümeye başlamış ve sadece 12 yıl içinde, rüzgâr enerjisinin toplam enerji üretimine katkısı önemli bir büyüklüğe ulaşmıştır. 2012'nin sonunda rüzgâr enerjisi, zaman zaman aylık taleplerin %60'ını geçerek toplam ulusal elektrik talebinin yaklaşık %18'ini karşılamıştır (Montoya vd., 2014:515). 2021 itibariyle, rüzgâr enerjisinin toplam elektrik üretimindeki %23'lük payının, 2030 yılına kadar iki katına çıkması hedeflenmesine rağmen 2021 yılındaki rüzgâr türbini kurulumu, 2030 hedefine ulaşmak için kurulması gereken yıllık 2,2 GW kapasitenin çok altında kalmıştır (Aeolica, 2022).

İspanya, ülkenin coğrafi yapısı ve çok sayıda baraja sahip olması nedeniyle uzun bir tarihsel hidroelektrik geliştirme geleneğinden kaynaklanan geniş bir hidroelektrik üretim sistemine sahiptir. 2021 yılı itibariyle hidroelektrik kurulu kapasitesi 20.4 GW ve yıllık elektrik üretimi 29.6 TWh olarak gerçekleşmiştir (Fernandez, 2023).

İspanya, güneşlenme süresi sayesinde güneş enerjisi için uygun koşulları taşımaktadır. İspanya, 2006 yılında kapasite kurulumunda 97 MW ile dünya çapında dördüncü sırada yer alırken, 2007 yılında 661/2007 sayılı Kraliyet Kararnamesinin 25 yıllık bir tarife garantisini uygulamaya başlaması sonrasında güneş enerjisi kurulumunda ikinci sıraya yükselmiştir (Montoya vd.,

2014:515). Grafik 10'da İspanya'nın 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 10: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, İspanya 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Coğrafi yapısı gereği uzun bir tarihe sahip olan hidroelektrik enerji, İspanya'da mevsimsel geçişlere bağlı olarak bir miktar iniş çıkış yaşamakla birlikte yıllar içerisinde sabit bir trend izlemiştir. Rüzgâr enerjisi, İspanya'da özellikle 2000'li yılların başında oldukça fazla devlet desteği görmüş ve 1998 yılındaki 1.352 GWh üretim seviyesinden, 2020 yılında 56.273 GWh gibi yüksek bir üretim seviyesine ulaşmıştır. Sabit bir trend izleyen güneş enerjisi, özellikle 2007 yılında tarife garantisi yoluyla desteklenmeye başladıktan sonra artış trendine girmiş ve 2006 yılındaki 125 GWh üretim seviyesinden, 2020'de 20.044 GWh üretim seviyesine ulaşmıştır.

2.9. İsveç

İskandinav Yarımadası'nın doğusunda yer alan İsveç, 447.425 km² yüzölçümüne sahiptir (Weibull, 2022). 2022 yılı için nüfusu 10,495,000 olarak gerçekleşen İsveç'in kişi başına düşen GSYH'si dünyanın en yüksekleri arasında olup, 2022 yılı için 60.239 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022i). Fosil yakıtlar bakımından dışarıya bağımlı olan İsveç, nükleer enerji ve yenilenebilir kaynaklardan enerji ihtiyacını karşılamaktadır. İsveç, zengin bir akarsu ve biyokütle kaynağına sahip olması sebebiyle çoğunlukla elektrik üretiminde hidroelektrik ve ısıtma için biyoenerji olmak üzere temel iki yenilenebilir enerji kaynağı kullanmaktadır. Son yıllarda bu iki enerji kaynağına ek olarak rüzgâr enerjisine olan eğilim artmakla birlikte, elektriğin yaklaşık %45'i hidroelektrik ve %17'sinden fazlası rüzgâr enerjisinden elde edilirken, %8'i biyoyakıttan elde edilmektedir (Sweden.se, 2022).

İsveç'te yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, diğer birçok ülkede olduğu gibi CO₂ politikalarıyla doğrudan ilişkiye sahip değildir. Çünkü, İsveç'in mevcut elektrik tedarik sistemi temelde karbon içermeyen nükleer ve hidro enerjiye dayanmaktadır. 1970'lerin başındaki petrol krizinin ardından İsveç, petrole olan bağımlılığını azaltmak için nükleer enerjiyi hızlı bir şekilde genişletmiştir. 1980'de nükleer enerjinin aşamalı olarak kaldırılması için referanduma gidilmiş ve 2010 yılına kadar tüm reaktörlerin kapatılması konusunda kararlar alınmıştır. 1990'lar boyunca, reaktörlerin kapatılmasıyla ilgili kararlar alınmasına rağmen, yüksek elektrik fiyatlarından kaynaklanabilecek endüstriyel rekabet gücü üzerinde algılanan olumsuz etkiler nedeniyle kararlar iptal edilmiştir (Wang, 2006:1212-1213).

Mevcut İsveç enerji politikasının temel çizgisi, 1991 yılında Parlamento tarafından kabul edilen bir dizi enerji politikası kılavuzundan gelmektedir. Buna göre, enerji sistemi, elektrik arzı ve tüketimi için daha temiz ve daha çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi yoluyla yeniden düzenlenmiştir. Bu politika ile biyoyakıt ve rüzgâr enerjisi için yatırım teşvikleri getirilirken, enerji vergileri de yeniden düzenlenmiştir. Ardından, 1997 yılında küçük ölçekli hidroelektrik enerji santralleri de teşvik programına dahil edilmiştir. 2002 yılında Parlamento tarafından kabul edilen enerji yasasını takiben, 2003 yılında yenilenebilir enerji sertifikaları uygulaması getirilmiştir. Yeni uygulamanın amacı hem yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini teşvik etmek hem de daha verimli enerji kullanımı için yeni ve daha uzun vadeli bir yönelimi teşvik etmek olmuştur (Wang, 2006:1212-1214). Yenilenebilir enerji sertifikaları uygulaması, enerji tedarikçilerini, tedarik ettikleri elektriğin belirli bir kotasının yenilenebilir enerji kaynaklarından üretildiğini kanıtlamakla yükümlü kılmaktadır. Enerji tedarikçileri, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üreticilerine tahsis edilen ticarete konu sertifikaları ibraz ederek bu kanıtı sağlamaktadır (Res-legal, 2022b). 2012 yılında İsveç ve Norveç, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimlerini 2020 yılına kadar 28,4 TWh artırmak için ortak bir elektrik sertifikası piyasasına giriş hedefiyle anlaşmaya varmış, 2017 yılında 2030 yılına kadar 18 TWh daha eklemek amacıyla hedeflerini artırmıştır (Gray, 2018).

Yukarıdaki mali desteklere ek olarak, İsveç'te yenilenebilir enerji, temel olarak yatırım sübvansiyonları, Ar-Ge sübvansiyonları, emisyon vergileri dahil vergi politikaları ve yenilenebilir enerji için vergi indirimi yoluyla teşvik edilmektedir. İsveç Enerji Ajansı, 2040'taki %100 yenilenebilir enerji hedefini gerçekleştirmek için yenilenebilir kaynak bileşenine daha fazla güneş enerjisi dahil edecek stratejiler bulmak üzere görevlendirilmiştir. Ayrıca, İsveç Çevre Koruma Ajansı ve İsveç Enerji Ajansı rüzgâr enerjisinde sürdürülebilirliği sağlamak için ulusal stratejiler geliştirmekle görevlendirilmiştir (Hivepower, 2021c).

İsveç'te yenilenebilir enerji üretimi, esas itibarıyla hidroelektrik enerji, rüzgâr enerjisi ve biyoenerji ile sağlanmaktadır. Her ne kadar kamu ve özel sektör bazında güneş enerjisi üretimi için yatırım desteği sağlansa da güneşlenme süresi ve ortalama alınan güneş ışığının kısıtlı olması

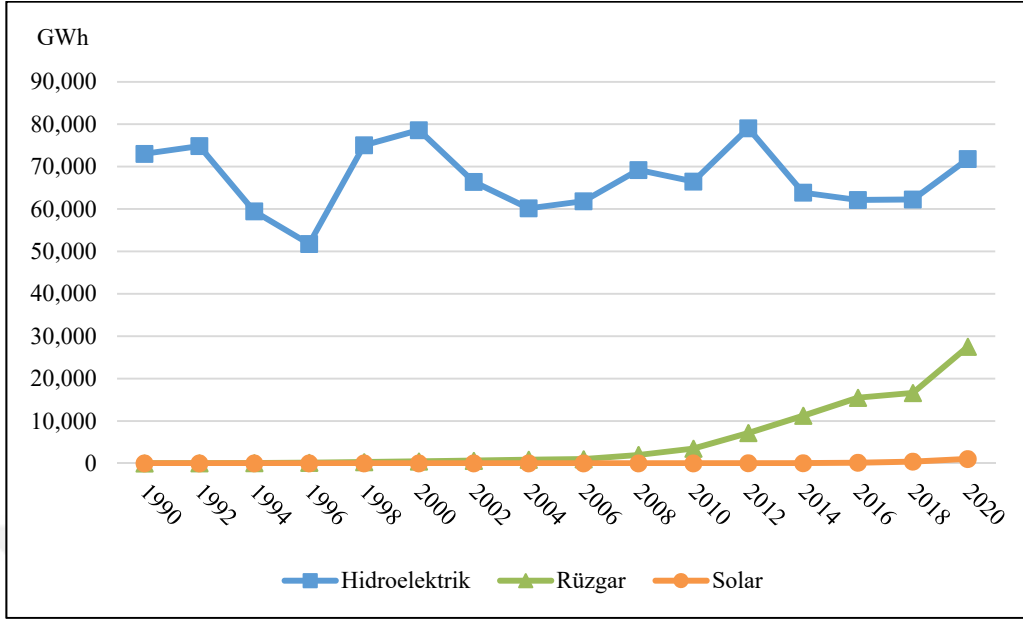
nedeniyle güneş enerjisinin toplam enerji üretimindeki payı oldukça düşüktür (Zhong vd., 2021:813).

Hidroelektrik geleneksel olarak İsveç'teki en büyük enerji kaynaklarından biri olmuştur ve 2020'de İsveç'in toplam enerji üretiminin yaklaşık %45'i hidroelektrik üretimden sağlanmıştır. İsveç'te 700'den fazla büyük hidroelektrik santrali ve yaklaşık 1200 küçük hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Zengin su kaynaklarına sahip olmasına rağmen, kalan birkaç büyük nehrin yasal olarak koruma altında olması nedeniyle İsveç'in hidroelektrik kapasitesi kurulumunu genişletme imkânı sınırlıdır. Ayrıca hidroelektrik sektörünün çok eskiye dayanması nedeniyle, İsveç'teki barajların çoğu, tasarım ömürlerinin önemli bir bölümünde faaliyet göstermiştir. Baraj güvenliği konusundaki endişeler nedeniyle, birçok hidroelektrik santral işletmecisi eski barajların yenilenmesine ve güçlendirilmesine yatırım yapmaktadır. Bu nedenle, yeni büyük ölçekli hidroelektrik projelerinin olmamasına rağmen, mevcut hidroelektrik santrallerinin iyileştirilmesi, yenilenmesi ve genişletilmesi ve hidroelektrik santrallerinde fazla enerji depolaması için pil enerji depolama sistemlerinin entegrasyonunun gerçekleşmesi süresince hidroelektrik enerjinin yenilenebilir enerji piyasasını yönlendirmesi muhtemeldir (Mordorintelligence, 2022)

Rüzgâr enerjisi İsveç'te en hızlı büyüyen yenilenebilir elektrik kaynağıdır. 2009-2019 döneminde rüzgâr enerjisi üretimi 12 kat artış göstermiştir (Zhong vd., 2021:813). 2022 itibariyle İsveç'te 4.000'den fazla kurulu rüzgâr türbini bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmak için İsveç denizüstü rüzgâr enerjisini uygulanabilir bir çözüm olarak belirlemiştir. Ocak 2022'de, takip eden birkaç yıl içinde 120 TWh denizüstü rüzgâr enerjisi geliştirme planlarını açıklamış olup planın tamamını 2024 yılının sonuna kadar gerçekleştirmeyi planlamaktadır (Sweden.se, 2022).

İsveç, düşük nüfus yoğunluğuna ve kişi başına düşen yüksek orman alanına sahiptir. Bu nedenle yüksek bir yerel katı biyokütle potansiyeline sahiptir. Biyoenerjisinin çoğu katı biyokütleden sağlanmaktadır. İsveç'te ısı tedarikinin yaklaşık %70'i (ısı pompaları/elektrikli ısıtma hariç) biyokütle yoluyla sağlanmaktadır. İsveç, hayvansal atıklardan enerji üreten bir biyogaz tesisi inşa etmekte olup, 2024 yılında tamamlanacak olan tesisin, 300.000 ton hayvan atığını yaklaşık 120 GWh sıvı biyogaza dönüştürmesi hedeflenmektedir. Elde edilen bu enerjiyle yerel çiftçileri desteklemek ve uzak topluluklara enerji sağlamak amaçlamaktadır (Pelksman, 2021a:1-16). Grafik 11'de İsveç'in 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 11: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, İsveç 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Güneş enerjisi üretiminde oldukça düşük bir paya sahip olan İsveç, rüzgâr enerjisi üretimine özellikle 2009 yılında ağırlık vermeye başlamış ve bu tarihten sonra artış trendine giren rüzgâr enerjisi üretimi 2020 yılında 27.526 GWh olarak gerçekleşmiştir. Öte yandan uzun yıllardır kapasite kurulum potansiyelinin neredeyse tamamı kullanılan hidroelektrik enerji üretimi, sabit bir trend izlemiştir.

2.10. Japonya

Japonya, Doğu Asya’da bulunan, 377.976 km² yüzölçümüne sahip bir ada ülkesidir. Sıradağlar ülke yüzeyinin beşte dördünü kaplamakta ve bu dağlar yüksek debili akarsularla bölünmektedir (Hijino, 2022). Japonya, özellikle 2. Dünya Savaşı’ndan sonra olağanüstü bir ekonomik büyüme hızıyla dikkat çekmiş ve GSMH bakımından ABD’nin ardından dünyanın ikinci en büyük ekonomisi olmuştur. Ülke nüfusu 2022 yılında 125,816,000 olarak tahmin edilirken, kişi başına düşen GSYH 2022 yılında 39.285 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022j). Bu büyüme fosil kaynak yetersizliği nedeniyle endüstriyel ticarete ağırlık verilmesinden kaynaklanmıştır. Japonya, geçmişten günümüze birkaç büyük enerji geçişi yaşamıştır. Bunlar, 1960’larda karbonsuzlaştırma için kömürden petrole geçiş, 1970’lerde (1973 ve 1979) iki petrol krizini takiben petrolden nükleer enerjiye geçiş ve son olarak 2011 Büyük Doğu Japonya Depremi ve Tsunami sonrası meydana gelen Fukushima Daiichi nükleer felaketinin ardından nükleer enerjinin aşamalı olarak durdurulması şeklinde olmuştur. Depremden sonra, elektriğin yaklaşık %30’unu üreten 54 nükleer santralin tamamının faaliyetleri durdurulmuş ve 2022 itibariyle sadece 10 santral faaliyete geçirilmiştir (Takeuchi vd., 2022:3). 2011 depremi ve Fukushima Daiichi nükleer santraline zarar veren ve Japonya’nın nükleer enerjiye olan önemli bağımlılığının yeniden

düşünülmmesine neden olan tsunamiden sonra Japonya, yenilenebilir enerji alanına yoğunlaşmıştır. Bu olayları takip eden ilk enerji politikası revizyonu, yani 4. Stratejik Enerji Planı (2014), nükleer enerjiye bağımlılığı en aza indirmeyi ve yenilenebilir enerji alımını hızlandırmayı amaçlamıştır (Guadarrama vd., 2021:8). Japonya jeotermal, hidroelektrik, rüzgâr ve güneş enerjisinin yanı sıra biyokütle de dahil olmak üzere çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarına sahiptir. Bununla birlikte, ülkenin yüksek nüfus yoğunluğu ve dağlık coğrafyası, yenilenebilir enerji projelerini geliştirmek için mevcut arazileri kısıtlamakta ve genellikle nüfus merkezlerinden uzak yerlerde daha iyi ve kullanılabilir projeler kurulabilmektedir (IEA, 2021c:92).

Yenilenebilir enerji yatırımlarına yapılan teşvikler ve Japonya'nın nükleer reaktörlerinin çoğunu kapatma kararı alması, yenilenebilir enerji gelişiminin istikrarlı bir şekilde büyümesinin yolunu açmıştır. Japonya'nın yenilenebilir enerji yasalarını ve düzenlemelerini geliştirmekten ve uygulamaktan sorumlu olan Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı, hidroelektrik için %10, güneş enerjisi için %15, rüzgâr enerjisi için %6, biyokütle için %5 ve jeotermal enerji için %1 olmak üzere 2030 yılında toplam enerji karışımı içerisinde yenilenebilir enerjinin payını %36-38 olarak belirlemiştir (Trade.gov, 2022).

Japonya'nın yenilenebilir enerjileri teşvik etmek için kullandığı ilk teşvik yöntemi yenilenebilir portföy standardı olmuştur. 2003 yılında tanıtılan yenilenebilir portföy standardı, yenilenebilir kaynaklar için hedefler belirlemiş olup 2012 yılında sona ermiştir (Guadarrama vd., 2021:9). Japonya'nın, yenilenebilir enerjiyi teşvik etmek için uyguladığı yöntemlerden bir diğeri yenilenebilir enerji sertifikalarıdır. Japonya'da, "Fosil Olmayan Sertifikalar", "Yeşil Elektrik Sertifikaları" ve "J-Kredileri" (yenilenebilir enerji üretimi) olmak üzere üç tür enerji sertifikası vardır. 2009 yılında, Doğal Kaynaklar ve Enerji Ajansı tarafından, yalnızca tarife garantisi kapsamında üretimi yapılan yenilenebilir elektrik için geçerli olan Fosil Olmayan Sertifikaların kapsamı, nükleer enerji de dahil olmak üzere CO₂ salmayan tüm kaynaklardan elde edilen elektriği kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Yeşil Elektrik Sertifikaları ve J-Kredileri, Fosil Olmayan Sertifikalar uygulanmadan önce yenilenebilir enerji kaynakları için elektrik sertifikası olarak kullanılmıştır. Ancak Fosil Olmayan Sertifikalar, Japonya'da elektrik sertifikaları için standart haline geldiğinden, Yeşil Elektrik Sertifikaları ve J-Kredileri, Fosil Olmayan Sertifikaların tamamlayıcısı olarak sunulmaktadır (Ishida, 2022:4-11). Bir diğer teşvik yöntemi olan tarife garantisi, Japonya'da 2009 yılından beri uygulanmaktadır. İlk olarak 2009 yılında şebekeyi besleyen fazla üretilmiş güneş enerjisini ödüllendirmek için çıkarılan tarife garantisinin kapsamı 2012 yılında genişletilerek yalnızca fazla güneş enerjisini değil, tüm güneş enerjisi üretimini ve Japonya'da yenilenebilir olarak kabul edilen 30 MW'ın altındaki tüm kaynakları kapsamıştır (Guadarrama vd., 2021:10). Tarife garantisine ek olarak 2022'den itibaren prim garantisi sistemi uygulamaya koyulmuştur. İlk yıl için güneş, jeotermal, hidro-enerji ve biyokütle projelerinin tarife garantisinden prim garantisine aktarılması planlanmıştır (Trade.gov, 2022). Prim garantisi sistemi ile elektrik üreticileri, 20 yıllık bir süre için elektrik alım sözleşmesi kapsamında satın alma fiyatına

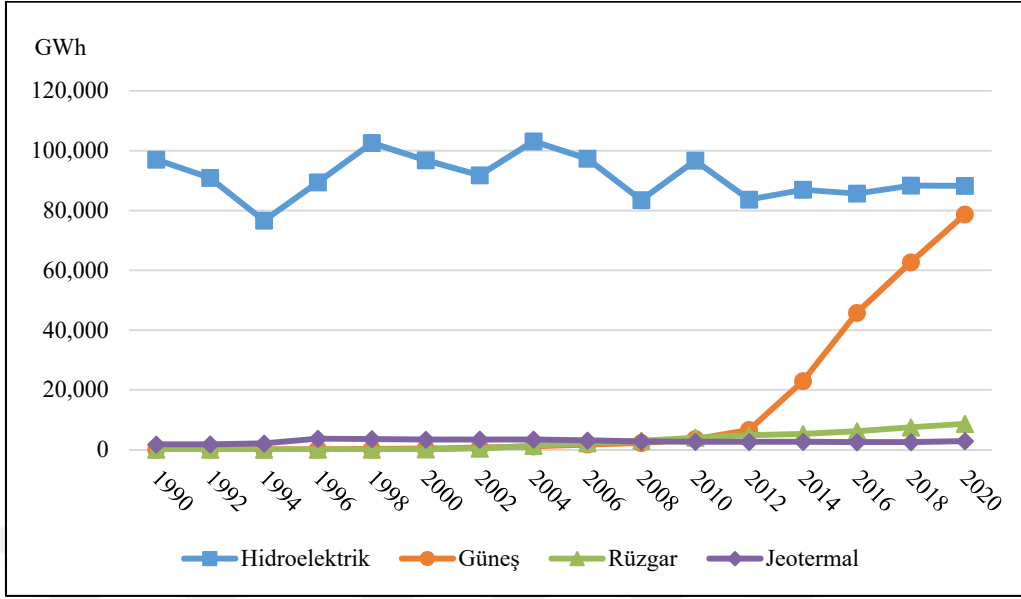
ek olarak belirli bir prim tutarı alma hakkına sahip olacaktır. Teşviklere ek olarak, Japonya, 2017 yılında karbon emisyonlarını azaltmayı hedefleyen Paris Anlaşmasını onaylamış, 2030 yılına kadar karbon emisyonlarını %46 oranında azaltmayı hedeflenmiştir (Matsudaria ve Mori, 2022:58-60).

Ülkenin enerji potansiyeli yüksek olmasına rağmen, Japon yatırımcılar deniz aşırı enerji projelerini desteklemektedir. Bunun başlıca nedeni yüksek proje maliyetleri ve zorlu proje geliştirme prosedürleridir. Bu durum, uygulanmakta olan tarife sisteminin yatırımcılar için cazip olmamasından kaynaklanmaktadır. Hükümet, yatırımları canlandırabilmek için tarife garantisine ek olarak çatı üstü güneş enerjisi için ihale yöntemi oluşturmuş ve elde edilen enerjinin depolanması için pil depolama teknolojileri ve güneş panellerinin geliştirmesi için mali destek vermeyi planlamıştır. Ayrıca, denizüstü rüzgâr enerjisinden elektrik üretmeyi termal enerjiden daha ucuza getirmek de hükümetin planları arasındadır (Tachev, 2021).

Japonya, uzun bir kıyı şeridine ve denizüstü rüzgârı potansiyeline sahip olması nedeniyle özellikle denizüstü rüzgâr enerjisi üretimine yoğunlaşmıştır (Trade.gov, 2022). 2013 yılında, Fukushima'da ilk yüzer rüzgâr çiftliği projesi faaliyete geçmiştir. 2018'de Japonya, denizüstü rüzgâr projeleri için yeni bir ulusal çerçeve sunmak amacıyla Deniz Yenilenebilir Enerji Üretim Tesislerinin Geliştirilmesi için Deniz Alanlarının Kullanımını Teşvik Yasasını onaylamıştır (Guadarrama vd., 2021:91-109). Japonya'da 2021 sonunda yaklaşık 5 GW'a ulaşan kurulu karaüstü rüzgâr kapasitesinin, 2030 yılına kadar yaklaşık üç katına yükselmesi beklenmektedir (Kimura vd., 2022:4).

Toplam yenilenebilir enerji karışımındaki payı %1'in altında olan güneş enerjisi, 2012 yılında uygulanmaya başlanan tarife garantisiyle birlikte büyük bir artış yakalamış ve 2022 itibariyle toplam karışımındaki payı yaklaşık 20 kat artmıştır (Guadarrama vd., 2021:11). 2030 yılında ise toplam enerji karışımındaki payının %12'den fazlasını oluşturacağı tahmin edilmektedir (Tachev, 2021). 2022'de yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Yasası, güneş enerjisi projelerini yatırımcılar için daha cazip hale getirmiştir (Matsudaria ve Mori, 2022:59). Grafik 12'de Japonya'nın 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 12: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Japonya 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Hidroelektrik ve jeotermal enerji üretiminde sabit bir trend izleyen Japonya, nükleer enerjiden çıkma isteğinin de etkisiyle, son yıllarda özellikle rüzgâr ve güneş enerjisi üretimine yoğunlaşmıştır. 2013 sonrası deniz üstü rüzgâr projesi yatırımıyla birlikte rüzgâr enerjisi üretiminde bir miktar artış yaşanmıştır. Güneş enerjisi ise 2012 yılında uygulamaya koyulan tarife garantisi sonrası artış trendini yakalamış, 2012 yılındaki 6.613 GWh'lik üretim seviyesinden 2020 yılında 78.644 GWh'lik üretim seviyesine ulaşmıştır.

2.11. Kanada

Kuzey Amerika'da yer alan Kanada, 9.984.670 km² yüzölçümüne sahiptir (Krueger, 2022). Ülke nüfusu 2022 yılında 37.424.000 olarak gerçekleşmiş olup kişi başına düşen GSYH, 2022 yılında 52.051 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022k). Kanada, geniş kara kütlesi ve verimli coğrafi yapısıyla enerji üretmek için kullanılabilecek önemli yenilenebilir kaynaklara sahip olup bunlar hidroelektrik, rüzgâr, biyokütle, güneş, jeotermal ve okyanus enerjisinden oluşmaktadır. Kanada'da, yenilenebilir enerji kaynakları, toplam birincil enerji arzının yaklaşık %19'unu karşılamaktadır. "Kanada'nın Net-Sıfıra Yolculuğuna Güç Vermek: CanREA'nın 2050 Vizyonu" (Powering Canada's Journey to Net-Zero: CanREA's 2050 Vision), 2050 yılına kadar net sıfır sera gazı emisyonu elde etmeyi hedeflemektedir. Ayrıca, 2030 yılına kadar elektriğin %90'ını emisyon yaymayan kaynaklardan üretmeyi hedeflemektedir (Urban, 2021). Kanada'da, 2020 yılında yenilenebilir elektrik üretiminin toplam elektrik üretimindeki payı %68 olmuştur (IEA, 2022b:115).

Kanada, yenilenebilir enerjinin teşvikine yönelik düzenleyici ve mali önlemler almıştır. 2020’de açıklanan Güçlendirilmiş İklim Planı’nın ve 2021 Bütçesi’nin bir parçası olarak, yenilenebilir enerji ve elektrik üretimini doğrudan veya dolaylı olarak destekleyebilecek bir dizi yatırımın ana hatları çizilmiştir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kullanan veya enerji tasarrufu sağlayan temiz enerji üretim ekipmanlarına yapılan ticari yatırımları teşvik etmek için iki vergisel teşvik uygulanmaktadır. Bunlardan birincisi “Sermaye Maliyeti Ödeneği” olup nitelikli yatırımlar için %30 ve %50 oranlarında sermaye maliyeti ödeneği sağlamaktadır. Bir diğer vergi teşviki olan “Kanada Yenilenebilir ve Koruma Harcamaları” ise sermaye maliyeti ödeneğine uygun projelerle ilgili bazı maddi olmayan başlangıç giderlerinin gerçekleştiği yılda tamamen düşülmesine, gelecek yıllarda kullanılmak üzere süresiz olarak devredilmesine veya hisseler yoluyla yatırımcılara aktarılmasına izin vermektedir (IEA, 2022b:119). Güneş enerjisi özelinde sağlanan ve konut sahiplerine evlerini daha enerji verimli hale getirmeleri için hibe veren Kanada Daha Yeşil Evler Hibesi (The Canada Greener Homes Grant) bir diğer teşvik uygulamasıdır. Güneş enerjisi için ayrıca faizsiz krediler sağlanmaktadır. İklim Eylem Teşvik Fonu (The Climate Action Incentive Fund) uygulaması yenilenebilir enerjiye yatırım yapan küçük ve orta ölçekli işletmeler için proje maliyetinin %25’ine varan indirimler sağlamaktadır. Bu programın finansmanı, federal hükümet tarafından toplanan karbon vergisi gelirinden karşılanmakta olup, toplanan tüm karbon vergisi geliri, çeşitli sübvansiyonlar şeklinde yenilenebilir enerjiye aktarılmaktadır (Solacity, 2022). Ayrıca, jeotermal ve gelgit gibi ticari olarak mevcut olan ancak Kanada’da henüz uygulanmayan yenilenebilir enerji teknolojilerinin dağıtımını destekleyen Gelişen Yenilenebilir Güç Programı’na yatırım yapılmaktadır. Bunlar dışında Kanada’da eyalet düzeyinde de teşvik programları uygulanmakta olup sıklıkla yenilenebilir portföy standardı ve temiz enerji standardı şeklinde uygulamalar bulunmaktadır (Ye, 2022).

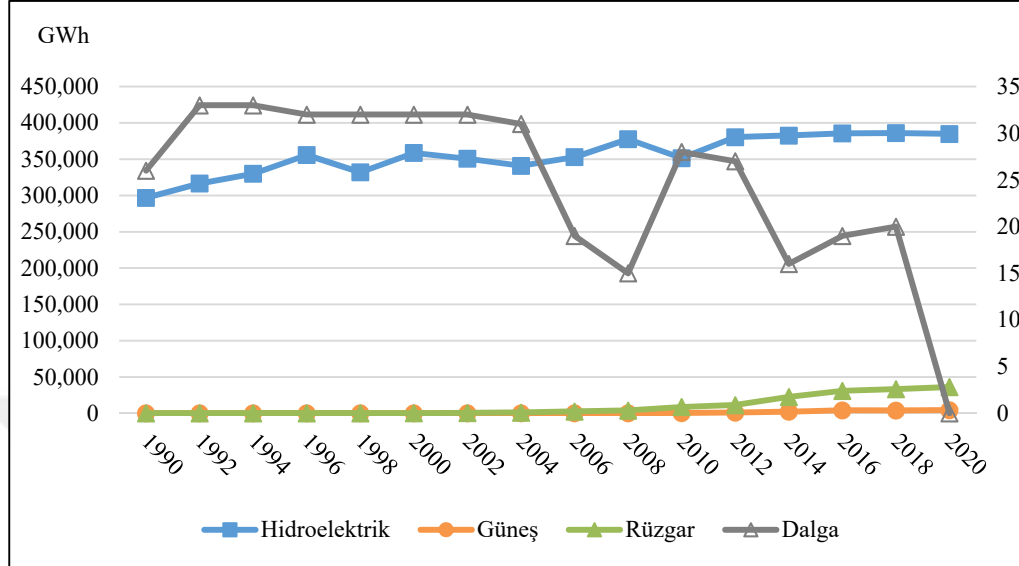
2020’de toplam elektrik üretiminin %60’ını ve toplam yenilenebilir elektrik üretiminin %81’ini oluşturan hidroelektrik, Kanada’daki ana elektrik kaynağıdır. Kanada’da, 2024 yılına kadar hizmete girmesi beklenen birkaç yeni büyük ölçekli hidroelektrik projesi devreye alınmıştır (IEA, 2022c:115). Mevcut kurulu kapasitesiyle Kanada, 2022 yılı itibarıyla dünyanın dördüncü en büyük hidroelektrik üreticisi konumundadır (Waterpower Canada, 2022).

Kanada’daki en önemli ikinci yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi, elektrik üretiminin yaklaşık %6’sını karşılamaktadır. 2022’de faaliyete geçecek 23 yeni rüzgâr çiftliği sayesinde 2022 sonu itibarıyla en az 2.000 MWh rüzgâr enerjisi büyümesi beklenmektedir (Environmentjournal, 2022).

Son on yılda Kanada, büyük güneş enerjisi projeleri sayesinde güneş enerjisi üretiminde önemli bir büyüme kaydetmiştir. Kanada’da konut, ticari ve endüstriyel çatılarda doğrudan bu evlere ve işyerlerine güç sağlayan 43.000’den fazla güneş fotovoltaik enerjisi tesisi bulunmaktadır (Environmentjournal, 2022). Ayrıca, Kanada’nın faaliyete geçmesi beklenen 18 yeni (10 MW ve

üzeri) güneş enerjisi projesi bulunmaktadır (Solarfeeds, 2022). Grafik 13'te Kanada'nın 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 13: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Kanada 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: Dalga enerjisi ikincil eksenle gösterilmiştir.

Kanada'nın ana elektrik üretim kaynağı olan hidroelektrik, 1990 yılındaki 316.489 GWh'lik üretim seviyesinden, 2020 yılında 384.745 GWh'lik üretim seviyesine ulaşmıştır. Hidroelektrikten sonra ikinci büyük yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi özellikle 2004 yılından itibaren, yeni kapasite eklenmesiyle birlikte artış trendine girmiş, 2020 yılında 36.100 GWh üretim seviyesine ulaşmıştır. Güneş enerjisi ise özellikle ev ve işyerlerindeki çatı üstü panellerine sağlanan hibeler sonrasında artış trendini yakalamış ve 2020 yılında 4.280 GWh üretim seviyesine ulaşmıştır.

2.12. Norveç

Norveç, Avrupa'nın kuzeyinde yer alan, 384.486 km² yüzölçümüne sahip bir İskandinav ülkesidir. Güneybatı ve orta kesimlerinde geniş plato bölgeleri olmakla beraber dağlık bir arazi yapısına sahiptir. Yüksek drenajlı nehirleri ve 65.000 gölünün yaklaşık 1.650'sinin deniz seviyesinden 500 m yüksekte yer alması sayesinde muazzam bir hidroelektrik potansiyeline sahiptir (Christensen, 2022). Öte yandan geniş kıta sahanlığı sayesinde 1990'ların ortalarında dünyanın en büyük ikinci petrol ihracatçısı haline gelen Norveç, 1990'ların sonlarında yüksek petrol ihracatına bağlı olarak kişi başı GSYH'sini İskandinavya'daki en yüksek miktara çıkarmıştır (Worldbank, 2022). 2022 yılında nüfusu 5.443.000 olan Norveç, Avrupa nüfusunun yalnızca %1'ine sahip olmasına karşılık Avrupa'daki hidroelektrik kaynaklarının %20'sine, su rezervlerinin %50'sine (hidroelektrik üretimi için depolanan su), doğalgaz kaynaklarının %40'ına ve petrol

kaynaklarının %60'ına sahiptir. Elektrik üretiminin %95'i ülke geneline yayılmış 1600 hidroelektrik santralinden, %3,5'i ise rüzgâr enerjisinden kaynaklanmaktadır (Fornbybarnorge, 2022). Norveç, Paris Anlaşması kapsamında, emisyonları 1990 seviyelerine kıyasla 2030 yılına kadar en az %50-55 ve 2050'ye kadar %90-95 oranında azaltmayı taahhüt etmiştir (IEA, 2022c:3). Norveç, yenilenebilir enerji ile ilgili kapsamlı bir yasal çerçeveye sahiptir. Enerji Yasası, karasuları hariç olmak üzere, elektrik ve termal enerjinin üretimi, dönüştürülmesi, transferi, ticareti, dağıtımı ve kullanımı ile ilgilidir (Grytten vd., 2022:143-155).

Norveç'in yenilenebilir enerjiyi desteklemek için kullandığı temel teşvik yöntemi, yenilenebilir elektrik sertifikaları uygulamasının da dahil olduğu bir kota sistemidir. Elektrik Sertifikaları Yasası, elektrik tedarikçilerini, kendileri tarafından sağlanan elektriğin belirli bir kotasının yenilenebilir kaynaklardan üretildiğini kanıtlamakla yükümlü kılmaktadır. Bu kanıt, yenilenebilir enerji üreticilerine tahsis edilen yenilenebilir elektrik sertifikaları aracılığıyla sağlanmaktadır. Ayrıca Norveç, daha önce İsveç başlığında değinildiği üzere, 2012'de ortak bir elektrik sertifikası piyasasını uygulamaya koymuştur (Res-legal, 2020). Norveç'te yenilenebilir enerji, kota sistemi dışında hibe şeklinde de teşvik edilmektedir. Norveç hükümeti, 2021 yılında yeşil büyümeyi sağlamak ve araştırmacılar ve yeşil enerji projeleri girişimcileri için bir iş topluluğu oluşturmak adına 2021-2023 yıllarını kapsayan "Yeşil Dönüşüm Paketi" adındaki platforma yatırım yapacağını duyurmuştur. 2021 yılına ait ulusal bütçe programında altyapı, hidrojen piyasası ve çevre dostu enerji için bir araştırma merkezi inşa etmek üzere "Hidrojen Araştırması" başlığı altında hibe verilmiştir. Ayrıca, 2021'de Norveç hükümeti, elektrikli araç sahiplerinin katma değer vergisi ödemekten muaf tutulduğunu duyurmuştur (Hivepower, 2021c).

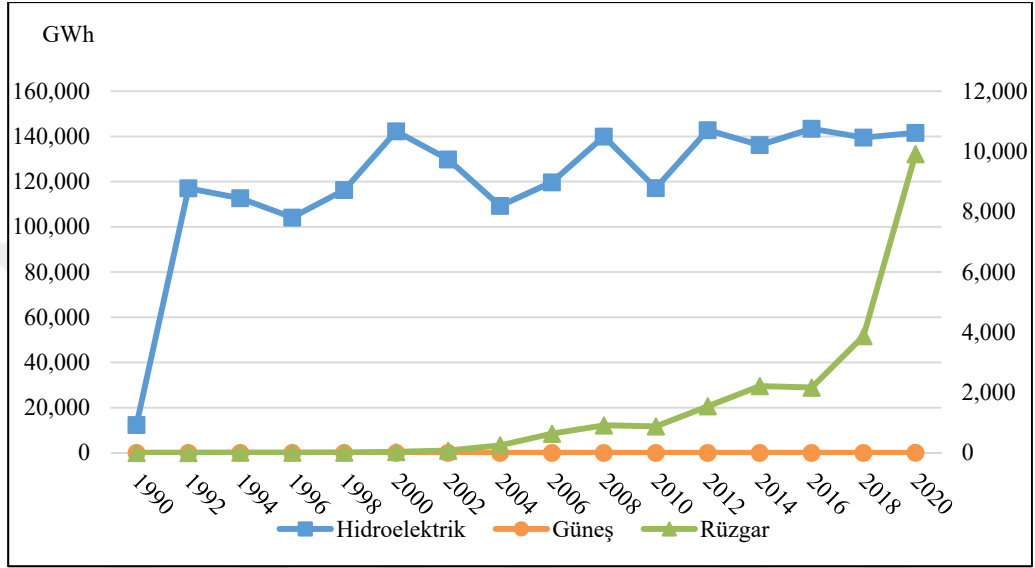
Hidroelektrik, ülkenin elektrik sektörünün bel kemiği olarak kabul edilmektedir. Norveç'in yenilenebilir enerji üretimini artırmanın yolu, mevcut hidroelektrik santrallerini yeniden güçlendirerek ve küçük hidroelektrik santralleri inşa ederek hidroelektriği korumak ve daha da geliştirmektir. 2021 yılında, 30 yılın en yüksek hacmi olan toplam 1.4 TWh yeni hidroelektrik üretimi devreye alınmıştır. Devreye alınan santrallerin yarısı 53 yeni küçük hidroelektrik santralinden oluşmaktadır (Grytten vd., 2022:143-155).

Rüzgâr enerjisi üretimi, Norveç'in yenilenebilir enerji üretiminin sadece küçük bir bölümünü oluştursa da son yıllarda hızlı gelişim göstermiştir. Norveç, 2040 yılına kadar 30 GW denizüstü rüzgâr kapasitesi geliştirme hedefi belirlemiştir. Norveç'in denizüstü rüzgâr enerjisini teşvik etmek için faaliyete geçirdiği rüzgâr çiftliklerinden yılda yaklaşık 460.000 haneye yetecek kadar elektrik üretmesi beklenmektedir (Regjeringen, 2022). Norveç'in kara rüzgârı enerjisi kapasitesi, 2012-2022 yılları arasında yaklaşık iki kat artmıştır (Grytten vd., 2022).

Güneş enerjisi, Norveç'in toplam enerji üretiminin küçük bir bölümünü oluşturmakta olup, 2021 rakamları, Norveç'teki toplam enerji üretiminin binde biri olan, yaklaşık 0.15 TWh'lik yıllık

güneş enerjisi üretimini göstermektedir. Ancak, sektör son yıllarda önemli ölçüde gelişmiş ve Norveç önemli bir güneş enerjisi potansiyeli sunmaktadır (Thommessen, 2022). 2021’de yaklaşık 65 MW yeni kapasite eklemesiyle güneş enerjisi kapasitesi 225 MW’a ulaşmıştır (Bellini, 2022). Grafik 14’te Norveç’in 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 14: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Norveç 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: Rüzgâr enerjisi ikincil eksenle gösterilmiştir.

Norveç’in elektrik enerji üretiminin yaklaşık %95’ini karşılayan hidroelektrik, 1990 tarihli Enerji Yasası’nın enerji sektörünü serbestleştirmesiyle artış trendini yakalamıştır. 1990 yılında 12.382 GWh olarak gerçekleşen üretim, 1992 yılında 117.062 GWh’e ve son yıllarda küçük ölçekli hidroelektrik santrallerin kapasiteye eklenmesiyle, 2020 yılında 141.593 GWh’e ulaşmıştır. Norveç enerji üretiminde çok küçük bir paya sahip olan güneş ve rüzgâr enerjisi, son yıllardaki kapasite artışı ve verilen hibeler sayesinde özellikle 2018 yılından sonra artış eğilimi göstermiştir.

2.13. Danimarka

Danimarka, Kuzey Avrupa’nın orta kısmında yer almaktadır ve Jutland yarımadası ile adanın doğusunda yer alan ve 400’den fazla adadan oluşan bir takımadadır. 42.934 km² yüzölçümüne sahip olan ülke, 7.300 km’lik bir kıyı şeridine sahiptir. Kişi başına düşen GSYH’sı dünyanın en yüksekleri arasında yer alan Danimarka, yüksek bir yaşam standardına sahiptir (Anderson, 2022). 1970’lerin başında enerji ihtiyacının büyük çoğunluğu ithal petrol ile giderilirken, Kuzey Denizi’nde yapılan petrol ve gaz sahalarının keşfiyle, ülke petrol ve doğalgaz konusunda kendi kendine yeter hale gelmiş, 21. yüzyılın başlarında ise ithal ettiğinden daha fazla petrol ve doğalgaz ihraç eder hale gelmiştir. Danimarka, uluslararası alanda bir iklim öncüsü olarak bilinmektedir.

Danimarka 1970'lerde yaşanan küresel enerji krizi sonrasında enerji konusunda yeni arayışlara girmiştir. Başlangıçta nükleer enerji planlaması yapılmasına rağmen halkın nükleer enerji karşısındaki direnişi nedeniyle nükleer enerjiden vazgeçilerek, rüzgâr enerjisinin kullanımı tercih edilmiştir (Hansen ve Enevoldsen, 2022:156). Danimarka'nın düz topolojisi ve denize yakınlığı, enerji üretimi için mükemmel rüzgâr kaynakları sağlamaktadır. Gerek nükleer enerjiye olan toplumsal tepkiler gerekse Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü'nün etkisiyle yeşil büyüme ve sürdürülebilir kalkınmaya öncelik verilerek, rüzgâr enerjisi endüstrisine fayda sağlayacak olan sera gazı azaltımı için planlamalar başlatılmıştır. İklim tarafsızlığı hedefine ulaşmak ve enerji arz güvenliğini artırmak için ülke, rüzgâr çiftlikleri aracılığıyla yenilenebilir elektrik üretimini geliştirmeyi taahhüt etmektedir (Johansen, 2021:100). Danimarka, yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi konusunda oldukça istekli olup, 2050 yılına kadar %100 yenilenebilir enerji kullanma hedefine ulaşmak için enerji karışımını yeniden yapılandırmaya çalışmaktadır.

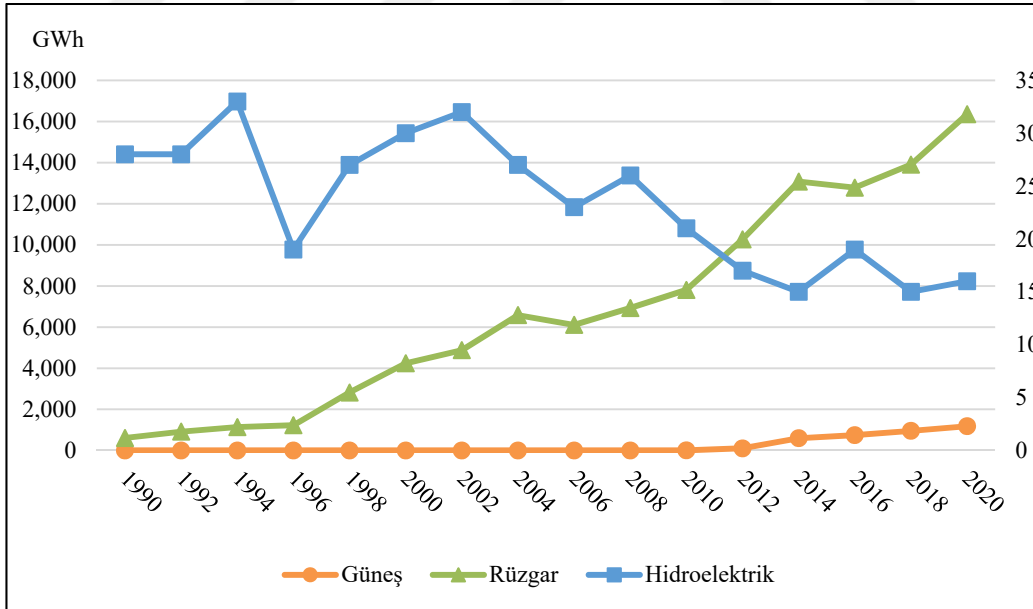
Danimarka, nispeten elektriğin büyük kısmını rüzgâr ve güneş enerjisinden sağlamakla birlikte yaygın olarak biyoenerjiyi de kullanmaktadır (Jaganmohan, 2022). Danimarka, kömür kullanımını aşamalı olarak durdurarak yenilenebilir enerjinin 2030 yılına kadar elektriğin %100'ünü ve toplam tüketimin %55'ini karşılamasını hedefleyen bir siyasi anlaşmaya varmıştır (IEA.org, 2021b). Danimarka, açık deniz rüzgarından üretilen enerji ile Kuzey ve Baltık denizi bölgesindeki enerji sistemleri arasında daha iyi bir bağlantı oluşturacak merkezler olarak inşa edilmesi planlanan enerji adaları projesini taahhüt etmiştir. Enerji adalarının başlangıç kapasitesi 5 GW ve nihai kapasitesi 12 GW olarak planlanmış olup, bu miktar Danimarka'nın ihtiyaç duyduğundan daha fazla elektrik enerjisi anlamına gelmektedir. Üretilen fazla enerjinin komşu ülkelere ihraç edilerek ülke sınırları ötesinde yeşil geçişe katkıda bulunulması planlanmıştır. 2026 yılında inşasına başlanılacak olan enerji adalarının 2030 yılında faaliyete geçmesi planlanmaktadır (Ens.dk, 2022).

Danimarka'da yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler 1978'de Riso Ulusal Laboratuvarı'nda rüzgâr türbinleri için bir test istasyonu kurulmasıyla başlamıştır. Danimarka, 1984-2000 yılları arasında rüzgâr enerjisi kurulumu için şebeke bağlantısının garanti edildiği bir tarife garantisinde bulunmuştur. Kamu sektörünün rüzgâr enerjisinden üretilen elektriği tercihli bir fiyattan (preferential price) alması zorunlu kılınırken rüzgâr enerjisi üreticilerine vergiler hariç yerel perakende elektrik fiyatının %70-85'i arasında tarife garantisi verilmiştir. 1992'de getirilen karbon vergisiyle yenilenebilir enerji fosil yakıtlar karşısında daha tercih edilir hale gelmiştir. 2000 yılında tarife garantisi uygulaması, yenilenebilir enerji sertifikası sistemi ile değiştirilmiştir. Isınma amaçlı kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları, üretim ve kullanım aşamaları için vergiden muaf tutulmuştur. Ulaştırma yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik temel teşvik yöntemi ise kota yöntemidir. Bunların yanında biyogazın kullanımı doğrudan tarife ile desteklenmektedir (ESCAP, 2012:333-334).

1 Ocak 2009’da Danimarka’da Yenilenebilir Enerji Teşviki Yasası yürürlüğe girmiştir. Bu yasa, kara rüzgârı türbinlerinin teşvik edilmesi için, türbin kurulumundan kaynaklı gayrimenkul değer kaybı, vatandaşların rüzgâr türbini hissesi satın alabilmesi, yerel manzara ve rekreasyon değerlerinin geliştirilmesi için yeşil bir plan ve rüzgâr türbinleri sahipleri birliklerince yapılacak ön araştırmaların finansmanını desteklemek üzere bir garanti fonu kurmuştur. Yasa ayrıca rüzgâr, biyokütle, biyogaz ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimi için ayrıntılı prim garantisi tarifeleri sağlamaktadır (IEA.org, 2021b).

Danimarka, ulusal bir politikanın parçası olarak, rüzgâr türbinlerine yatırım yapan ilk ülkelerden biridir ve bu da nihayetinde rüzgâr enerjisi teknolojisinde küresel bir lider olmasını sağlamıştır. Karaüstü rüzgâr enerjisi, 2001 yılında hükümet değişikliğine paralel olarak yenilenebilir enerjiye yönelik teşviklerde kesintiler yaşanması ve karada inşa edilen türbinlere karşı bölge halkının gösterdiği tepkiler şeklinde bazı zorluklarla karşılaşmıştır. Karaüstü rüzgâr çiftlikleri muhalefetle karşılaştıkça denizüstü rüzgâr türbinleri olgunlaşmış ve denizüstü rüzgâr endüstrisi büyümeye devam etmiştir. Danimarka’nın aktif rüzgâr türbinlerinin kapasitesi 2010-2021 yılları arasında yaklaşık iki kat artmıştır (Johansen, 2021:102). Grafik 15’te Danimarka’nın, 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 15: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Danimarka 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: Hidroelektrik enerji ikincil eksenle gösterilmiştir.

Esas yenilenebilir enerji kaynağı rüzgâr enerjisi olan Danimarka’da hidroelektrik ve güneş enerjisi oldukça küçük bir paya sahiptir. Dünya çapında en yaygın yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik, 2015 yılında Danimarka’nın toplam elektrik üretiminin yalnızca %0,1’ine katkıda bulunmuştur (Keller, 2016). Güneş enerjisi ise 2009 yılında çıkarılan yenilenebilir enerjinin

teşvik edilmesini sağlayan yasa sonrasında, bir miktar artış eğilimi göstererek 2020 yılında 1.118 GWh üretim seviyesine ulaşmıştır.

2.14. Avustralya

Avustralya, Pasifik ve Hint okyanusları arasında yer alan, Dünya üzerindeki en küçük kıta ve 7.688.126 km² yüzölçümüyle altıncı en büyük ülkedir. (Powell, 2022). Avustralya nüfusu 2022 yılında 25,801,000 ve kişi başı GSYH'si 2022 yılında 59.934 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022m). Ülke esasen kömür ve petrol kaynakları bakımından zengindir. Dünyadaki dokuzuncu büyük enerji üreticisi olan Avustralya, aynı zamanda Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü üyeleri arasında üç net enerji ihracatçısından biridir. Genel enerji yapısına bakıldığında her ne kadar fosil enerji kaynaklarının hâkim olduğu görülse de Avustralya'nın yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını en üst seviyeye çıkaracak fiziki koşullara sahip olduğu bilinmektedir (Li vd., 2022:144). Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroelektrik, deniz enerjisi, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji ve biyoenerji sayılabilir.

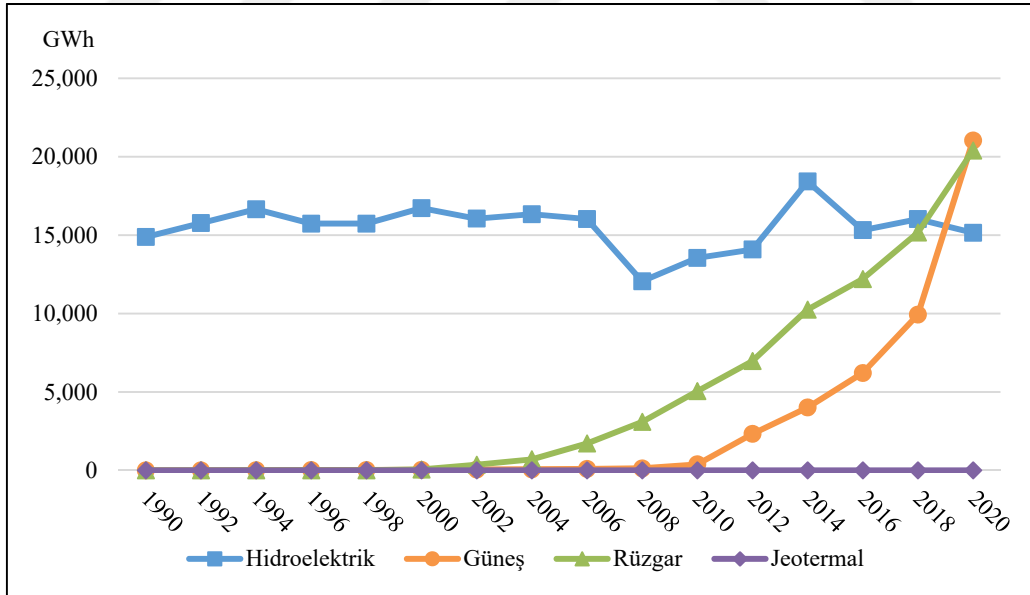
Ülkenin hidroelektrik kaynakları büyük ölçüde Yeni Güney Galler, Victoria ve Tazmania eyaletlerinde yoğunlaşmıştır. Hem Yeni Güney Galler hem de Victoria'yı kapsayan Snowy Mountains Hidro-Elektrik Planı, toplam 4.100 MW kapasiteli 16 büyük baraj ve dokuz elektrik santralinden oluşan Avustralya'nın en büyük hidroelektrik planıdır. Dünyanın dördüncü en büyük hidroelektrik üreticisi olan Avustralya'da hidroelektrik, elektrik enerjisi üretiminin en büyük yenilenebilir enerji kaynağıdır (Thornton, 2022:20-39). Ortalamanın üzerinde güneş radyasyonu aldığı bilinen Avustralya her yıl yayılan yaklaşık 58 milyon petajoule güneş radyasyonu ile çok büyük bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Öte yandan yüksek güneş enerjisi potansiyeline rağmen rüzgâr enerjisi Avustralya'da en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji kaynağıdır (Li vd., 2020:4). Avustralya'nın genel temiz enerji politikası öncelikle 2050 yılına kadar net sıfır emisyon hedefi olup, Avustralya'da her bir eyaletin yenilenebilir enerjinin geliştirilmesine ilişkin kendi politikası bulunmaktadır (Thornton, 2022:20-39).

Avustralya yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesi için bazı politikalar belirlemiştir. Bunlardan en bilinenleri, ulusal ve her eyalet için ayrı ayrı yenilenebilir enerji hedefleri, tarife garantisi ve Ar-Ge programları şeklindedir. Yenilenebilir enerji hedefleri kapsamında büyük ölçekli yenilenebilir tesisler ve küçük ölçekli yenilenebilir tesisler için ayrı hedefler belirlenmiştir. Büyük ölçekli yenilenebilir enerji hedefleri kapsamında doğrudan bir tedarikçiden (genellikle elektrik perakendecileri) toptan elektrik alımı yapan kuruluşlar, satın aldıkları toplam miktarın sabit bir yüzdesine dayalı olarak hükümetin çıkardığı büyük ölçekli üretim sertifikalarından almak ve ibraz etmekle yükümlüdür. Küçük ölçekli yenilenebilir enerji hedefleri kapsamında, çatılara kurulan güneş enerjisi panelleri ve ısı pompaları vb. gibi küçük yenilenebilir sistemlerini kuran bireyleri ve işletmeleri, sistemin üretim kapasitesine dayalı olarak satın alma sırasında verilen küçük ölçekli

teknoloji sertifikaları aracılığıyla etkin bir şekilde sübvans e etmektedir (Li vd., 2020:11). Bir diğ er teşvik unsuru olan tarife garantisi ise Avustralya’da daha çok çatı üzeri güneş enerjisi sistemlerinde uygulanmaktadır. Yapılan bazı çalışmalar güneş enerjisi panellerinin teşvik edilmesinde tarife garantisi yönteminin yenilenebilir enerji sertifikalarından daha verimli olduğunu tespit etmiştir (Chapman vd., 2016:1266-1267).

2021 yılında yenilenebilir enerji endüstrisi, 2020’ye kıyasla yaklaşık %5’lik bir artışla Avustralya’nın toplam elektrik üretiminin %32,5’ini oluşturmuştur. 2021’de Avustralya’da yenilenebilir enerjinin büyümesine küçük ölçekli güneş enerjisi öncülük ederek Avustralya’nın rüzgârdan sonraki en büyük ikinci temiz enerji teknolojisi olmuştur. Büyük ölçekli güneş enerjisi, ülkenin en büyük üç güneş enerjisi çiftliği ve en büyük üç rüzgâr çiftliğinden ikisini içeren Avustralya’nın en büyük rüzgâr ve güneş projelerinden bazılarının 2021’de tamamlanmış olmasıyla ciddi bir kapasite artışı yaşamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kendi içinde dağılımı ise %35,9 rüzgâr enerjisi, %38,3 büyük ve küçük ölçekli olmak üzere güneş enerjisi, %21,6 hidroelektrik enerjisi ve %4,3 biyoenerji şeklindedir (Hydropower, 2017). Grafik 16’da Avustralya’nın, 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 16: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Avustralya 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Avustralya’nın yenilenebilir enerji bileşeninde en büyük paya sahip olan hidroelektrik, yıllar içerisinde konumunu korumuş ve sabit bir trend izlemiştir. 2000’li yıllardan sonra uygulanan teşvik politikaları rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu kapasitesinin büyütülmesini sağlamıştır. Bu sayede rüzgâr ve güneş enerjisi 2020 yılı itibarıyla hidroelektrik enerji üretiminin önüne geçmiştir. 2002 yılından itibaren artış trendine giren rüzgâr enerjisi, 2020 yılında 20.396 GWh üretim seviyesine

ulaşmıştır. 2010 yılından itibaren artış trendini yakalayan güneş enerjisi ise 2020 yılında 21.033 GWh üretim gerçekleştirmiştir.

2.15. Brezilya

Brezilya Güney Amerika kıtasının yarısını kaplayan 8.502.728 km² yüzölçümüyle dünyanın en büyük beşinci ülkesidir. 7.400 km'lik kıyı şeridi Atlantik Okyanusu boyunca uzanmaktadır. Ayrıca, dünyanın en büyük nehir sistemi ve en geniş bakir yağmur ormanlarına sahip olan Amazon Nehri havzasının çoğunu sınırları içerisinde barındırmaktadır. Son derece zengin mineral madenlerine sahip olan Brezilya, düşük kaliteli kömür rezervlerine ve güneydoğusundaki açık denizlerde büyük petrol ve doğalgaz rezervlerine sahiptir (Momsen, 2022). Latin Amerika nüfusunun üçte birini kapsayan Brezilya dünyanın en kalabalık beşinci ülkesi olup 2022 yılında nüfusu 214.891.000 olarak ve 2022 yılında kişi başına düşen GSYH'si 7.518 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022n). Yenilenebilir enerji üretme kapasitesi %84 ile dünya ortalaması olan %38'in üzerinde olan Brezilya, dünyanın en büyük sekizinci elektrik üreticisidir (Casimo vd., 2021:1286). Brezilya'da yenilenebilir enerji üretimi bakımından hidroelektrik, rüzgâr ve güneş enerjisi ilk üç sırada yer almaktadır. Brezilya, ülkenin elektrik altyapısını genişletebilmek için öncelikli olarak hidroelektrikten yararlanmaktadır. 1990'ların sonlarına kadar ülkedeki elektrik enerjisi potansiyelinin %90'ını karşılayan hidroelektrik enerji yerini 2000 ve 2002 yılları arasında yaşanan su kriziyle birlikte farklı kaynaklara bırakmıştır (Lima vd., 2020:7).

15 Nisan 2002 tarih ve 10.438 sayılı Kanunla, Alternatif Elektrik Kaynakları Teşvik Programı (PROINFA) oluşturulmuştur. Bu program sonrasında Brezilya, termoelektrik üretimini genişletmek için bir ölçüm planı oluşturmuş ve bu termal genişlemeye paralel olarak rüzgâr endüstrisi ve enerji kojenerasyonu (esas olarak şeker kamışı küspesi biyokütlesi yoluyla) büyümeye başlamıştır. 2012 ve 2015 yılları arasında ülke hidroelektrik enerji üretimini etkileyen ikinci bir su krizi yaşamıştır. Bu dönemde, Brezilya su krizinin negatif etkilerini azaltabilecek geniş termoelektrik santrallerine sahipti. Ancak, bu santraller doğalgaz kullanımı nedeniyle elektrik üretiminin maliyetini arttırmıştır. Yani, ilk hidroelektrik krizinde (2000–2002), ülke bir termoelektrik parkı uygulamaya koymuş ve 2012'den bu yana özellikle su üretiminin güçlü bir şekilde azaldığı bölgelerde bu tür santralleri işletmeye karar vermiştir. Ancak, termoelektrik santraller CO₂ salınımı ve tüketiciler üzerine yüklenen yüksek maliyet neden olan doğalgaz ile çalıştığından dolayı, tekrardan alternatif kaynak arayışına girilmiştir. Brezilya termoelektrik enerjiye alternatif olarak rüzgâr endüstrisini teşvik etmek için kamu politikaları düzenlemiş ve 2014'ten itibaren rüzgâr enerjisi yatırımları ve üretiminde artışlar yaşanmıştır. Ayrıca, Brezilya 2003 yılında biyodizel entegrasyon politikası oluşturmaya yönelik çalışmalar başlatmıştır. 2004 yılında, biyodizel üretimi ve ulusal olarak pazarlama standartlarını kurumsallaştırarak, küçük üreticilerin biyoyakıt üretimini teşvik etmek ve böylece bölgesel, sosyal ve ekonomik kalkınmayı

teşvik etmek için Ulusal Biyodizel Üretimi ve Kullanımı Programı başlatılmıştır (Pelkmans, 2021b:4-10).

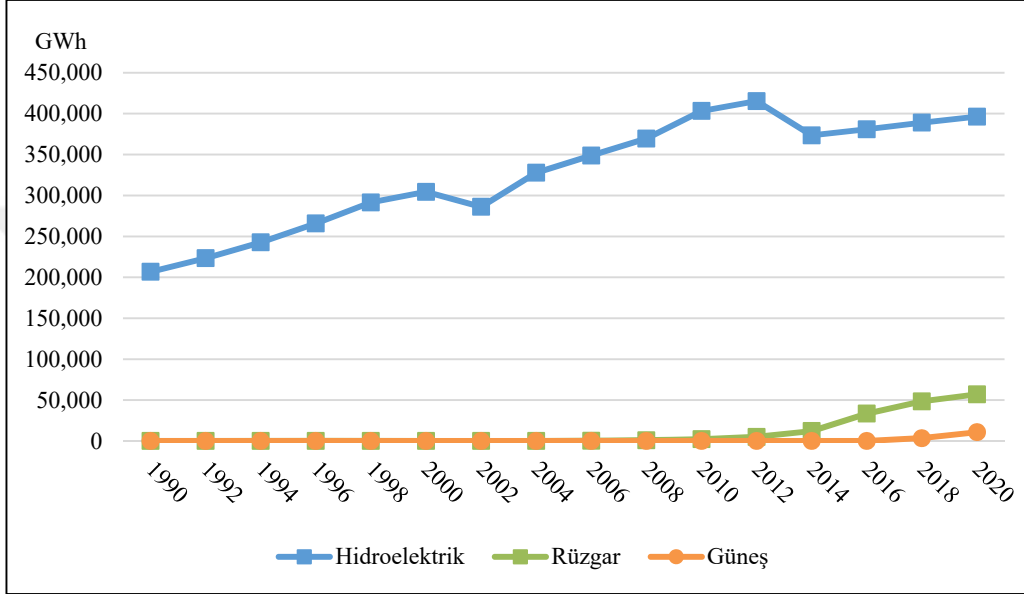
Brezilya, başta rüzgâr enerjisi olmak üzere elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının artmasına önemli ölçüde katkıda bulunan bir program olan PROINFA'nın oluşturulmasıyla, 2002 yılından bu yana yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek için hükümet politikalarını kullanmaktadır. Brezilya, rüzgâr ve güneş kaynaklı yenilenebilir enerji teknolojileri için özel enerji ihaleleri düzenleyerek fosil enerji kaynaklarıyla rekabeti ortadan kaldırmayı hedeflemektedir (Lima vd., 2020:9). Brezilya'nın uyguladığı bir diğer kamu politikası, güç, teknoloji ve enerji kaynağından bağımsız olarak tüketicilerin yakınında yapılan elektrik üretimi olarak adlandırılan dağıtılmış üretim (distributed generation) uygulamasının teşvik edilmesidir. Bunun için, güneş ve rüzgâr enerjisi üretiminde kullanılacak ekipman ve bileşenlerle yapılan işlemler için mal vergisinden 2021 yılına kadar geçerli bir muafiyet tanınmıştır (Neves, 2022). 2010 yılında ev tipi üretim yapan sektörlerle, sanayileşmiş ürünler vergisi için muafiyet getirilmiştir. Brezilya, özel sermayeyi enerji sektörüne çekebilmek için 2004 yılında enerji arz güvenliğini garanti altına alan 10848 sayılı kanunu onaylamıştır. Bu kanunla, arz güvenliğinin ve tarifelerin adillığının sağlanmasında, ihale yönteminin birincil teşvik yöntemi olarak kullanılması kararlaştırılmıştır (Viscidi ve Yopez, 2020). 2004-2019 yılları arasında yenilenebilir enerji projeleri için 82 ihale gerçekleşmiştir (Mauricio vd., 2021:1-3).

Brezilya dünyadaki en büyük rüzgâr enerjisi kapasitesine sahip ülkeler arasında dokuzuncu sırada yer almaktadır. Ulusal elektrik üretimine yaklaşık %7'lik bir katkı sağlayan 400 rüzgâr çiftliği işletilmektedir (Wwindea, 2016). 2014 yılındaki On Yıllık Enerji Planı'nda rüzgâr enerjisinin 2024 yılına kadar 20 GW elektrik üretimine ulaşması hedeflenmiştir (Ministério de Minas e Energia, 2014). Ancak, rüzgâr enerjisi yalnızca 2021'de yapılan 3 GW'tan fazla kapasite kurulumu sayesinde 20 GW kurulu kapasiteye ulaşmıştır. 2022 itibarıyla rüzgâr enerjisi, elektrik karışımının %11'ini oluşturarak ülkedeki en büyük ikinci elektrik üretim kaynağı olmuştur. Rüzgâr enerjisi üretimindeki bu büyüme, yasal düzenlemelerle ihale sürecinin kolaylaştırılması ve yeterli türbin üretme kapasitesine sahip sağlam bir rüzgâr sanayinin finanse edilmesiyle gerçekleşmiştir (Solaun vd., 2022:129).

Brezilya, 2012 yılından bu yana güneş enerjisi üretiminin teşvik edilmesi için net ölçüm yöntemini kullanmaktadır (Barbosa vd., 2020:1686). Ayrıca, 2014-2018 yılları arasında güneş enerjisi üretimi için beş ihale gerçekleşmiştir. İhale sürecinde, gelecekte yapılabilecek olan güneş enerjisi yatırımlarını çekebilmek için sözleşmesiz bir ihale süreci tercih edilmiştir. Ancak ihale sürecinde ilk kurulumda gerekli ithal ekipman için tahmin edilen maliyetler yüksek döviz kuru nedeniyle tahmin edilenin üzerine çıkmıştır. Döviz kuru risklerinin iyi değerlendirilememesi sonucunda bazı santrallerin kurulumunda gecikme yaşanırken bazıları ise hiç kurulmamıştır (Barbosa vd., 2020:1685). 2021'de, güneş enerjisi 16.4 GW kurulu güce ulaşarak, Brezilya elektrik

bileşiminin üçüncü en büyük kaynağı olmuştur. Üretilen güneş enerjisinin %70'i evlerin, işyerlerinin ve kırsal mülklerin çatılarına kurulan küçük sistemlerden gelmektedir. Güneş Enerjisi için Yeni Yasal Çerçeve sayesinde 2022'de fotovoltaik üretimine katılanlar, 2045'e kadar vergi ödemeyecek olup Ulusal Kalkınma Bankası tarafından ulusal güneş enerjisi ekipmanı üreticilerine finansman sağlanacaktır (Gov.br, 2014). Grafik 17'de Brezilya'nın, 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 17: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Brezilya 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

En yüksek yenilenebilir enerji üretim payına sahip olan hidroelektrik üretiminde, 2000 ve 2012 yıllarında yaşanan su krizi nedeniyle düşüşler yaşansa da hidroelektrik enerji üretimi genel olarak artış trendi izlemiştir. Güneş enerjisi üretimi özellikle ihale yöntemiyle desteklendikten sonra artış trendine geçerek, 2016 yılındaki 85 GWh üretim seviyesinden, 2020 yılında 10.750 GWh üretim seviyesine yükselmiştir. 2010 yılında vergi indirimleri uygulaması rüzgâr enerjisi üretiminde bir miktar artış yaratırken, esas artış 2014 yılında rüzgâr enerjisi özelinde getirilen teşvik politikalarıyla gerçekleşmiştir. Rüzgâr enerjisi üretimi 2014 yılındaki 12.211 GWh üretim seviyesinden, 2020 yılında 57.051 GWh üretim seviyesine ulaşmıştır.

2.16. Türkiye

Türkiye, Batı Asya ile Güneydoğu Avrupa'da yer alan, 769.604 km² yüzölçümüne sahip ağırlıklı olarak dağlık coğrafyaya sahip bir ülkedir. Ülke, önemli kömür yataklarına sahip olup petrol ve doğalgaz bakımından dışarıya bağımlıdır. Elektrik üretiminde kömür ve petrol kullanılmakla beraber, çok sayıdaki göl ve nehirleri sayesinde hidroelektrik kaynakları da yoğun şekilde kullanılmaktadır (Yapp, 2022). Ülke nüfusu, 2022 yılında 85,217,000 olarak ve 2022

yılında kişi başına düşen GSYH'sı 10,655 dolar olarak gerçekleşmiştir (Worldbank, 2022o). Son yirmi yılda, hızlı ekonomik büyüme ve nüfus artışı, yalnızca Türkiye'nin enerji talebindeki güçlü büyümeyi değil, aynı zamanda özellikle petrol ve doğalgazda dışarıya bağımlılığını arttırmıştır. Enerjide dışa bağımlılığı en aza indirmek için yerli ve yenilenebilir enerji üretimi, Türkiye'nin enerji politikasının temel hedefi olmuştur. 2019'da Türkiye, Avrupa'da en yüksek beşinci yeni yenilenebilir kapasite ilavesine ve dünyanın en yüksek on beşinci yenilenebilir enerji üretimi seviyesine sahip olmuştur. Türkiye'de yenilenebilir enerji üretimi, 2000'de 0,3 TWh olup, 2020'ye kıyasla %22'lik bir büyümeyle 2021'de yaklaşık 63 TWh ile zirveye ulaşan bir büyüme trendi sunmuştur (Dierks, 2022).

Türkiye'nin son on yılda yaşadığı güçlü yenilenebilir enerji büyümesi göz önüne alındığında, yakın zamanda, On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) kapsamında Türkiye, 2023 sonuna kadar elektrik üretiminde yenilenebilir enerji hedefini yaklaşık %39'a çıkarmıştır. Bu çabaların bir parçası olarak, Türkiye, 2017-2027 döneminde her biri 10 GW kapasiteli güneş ve rüzgâr enerjisi santrallerini devreye almayı planlamaktadır. Rüzgâr ve güneş enerjisi için hedeflerin, önemli bir kısmı halihazırda gerçekleştirildiği için genişleme hedefleri ülkenin potansiyeline kıyasla nispeten düşük hacimleri temsil etmektedir (IEA, 2021d:78).

Türkiye'de yenilenebilir enerjiye ilişkin ilk yasal düzenleme, 10.05.2005 tarih ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'dur. Türkiye, tarife garantisi, rekabetçi ihaleler ve çatı güneş enerjisi tazminatı (aylık net ölçüm şeklinde) dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kapasitesinin genişletilmesini teşvik etmek için çeşitli destek mekanizmaları sunmaktadır. Elektrik Piyasası Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) kapsamında Türkiye, 2011'den beri yenilenebilir enerji santralleri için tarife garantisi sunmaktadır. Tarife garantisi, on yıl geçerli olmak koşuluyla güneş enerjisi ve biyokütle için kWh başına 0.133, jeotermal için 0.105 dolar, rüzgâr ve hidroelektrik santraller için 0.073 dolar olarak belirlenmiş olup yatırımcıları kur riskinden korumak için dolar cinsinden sabitlemiştir. Tarife garantisi, 1 Ocak 2016 ile 31 Aralık 2020 tarihleri arasında hizmete giren hem lisanslı hem de lisanssız tesislere verilmektedir. Ödemeler, üretim tesislerine piyasa işleticisi aracılığıyla ödenmekte ve daha sonra maliyetleri elektrik faturaları aracılığıyla tüketicilere aktarılmaktadır. Ancak, 26 Mart 2020 tarihinde 5346 sayılı Kanunda değişiklik yapılarak ileride yapılacak tüm yenilenebilir enerji ihalelerinin dolar yerine Türk Lirası üzerinden yapılmasına karar verilmiştir. 30/01/2021 tarih ve 31380 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Kararı uyarınca, 01/07/2021 tarihinden 31/12/2025 tarihine kadar işletmeye girecek yenilenebilir enerji kaynağı belgeli, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesisleri için uygulanacak fiyatlar ve süreler güncellenmiştir. Bu düzenlemeyle, jeotermal için 54 TL/kWh, güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi için 32 TL/kWh, hidroelektrik için 40 TL/kWh ve biyokütle için türüne göre 32/50/54 TL/kWh olarak belirlenmiştir (Cumhurbaşkanlığı Kararı, 01.07.2021, 2021/3453).

Yatırımlarda Devlet Yardımı Kararı'na göre, tarife garantisine ek olarak, yenilenebilir enerji yatırımları, katma değer vergisi muafiyeti ve bazı gümrük vergilerinden muafiyetler de dahil olmak üzere genel bir teşvik sisteminden de yararlanabilmektedir. 2016 yılında Türkiye, kaynak potansiyeline ve iletim sistemi bağlanabilirliğine dayalı olarak en uygun görülen yenilenebilir enerji bölgelerinde yenilenebilir enerji üretimini sağlamak için bir ihale süreci olan Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) stratejisini uygulamaya koymuştur. YEKA özellikle daha büyük yenilenebilir enerji projelerinin kurulumunu desteklemeyi amaçlamaktadır. YEKA süreci, yatırım yapılacak yenilenebilir enerji bölgesinde, geliştiricilerin yerel işletmeleri dahil etmelerini, yerli fabrikalar kurmalarını, yerel işgücü için istihdam yaratmalarını ve Ar-Ge'ye yatırım yapmalarını zorunlu kılmaktadır. YEKA kapsamında bugüne kadar üç ihale gerçekleştirilmiştir. Birinci proje, Mart 2017'de 15 yıl boyunca 0,0699 dolar/kWh kazanan bir teklifle 1 GW'lık bir güneş fotovoltaik santralidir. İkinci proje, Ağustos 2017'de 15 yıllık bir süre için 0.0348 dolar/kWh kazanan bir teklifle verilen, 1 GW'lık bir karaüstü rüzgâr santralidir. Üçüncü proje, Mayıs 2019'da 15 yıllık bir süre için 0,0353 dolar/kWh ile 0,0456dolar/kWh arasında değişen kazanan tekliflerle verilen 1 GW karaüstü rüzgâr santrali içindir (Çağatay, 2022a).

2013 yılından itibaren lisanssız elektrik üretimine²¹ ilişkin şartların Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği ile düzenlenmesinden sonra, Türkiye genelinde yere monte elektrik ölçekli güneş enerjisi kurulumlarında büyüme olmuştur. Lisanssız tesislerin büyümesini sınırlamak için Türkiye, yakın zamanda üretilen fazla gücü şebekeye geri satma ve buna göre tazmin edilme koşullarını net ölçüm yöntemi ile düzenlemiştir (IEA, 2021d:75). Net ölçüm yönteminin uygulanması ile 'tüketim kadar üretim' hedefinden sapan, mühendislik bilimine ve teknik gerçeklere aykırı olarak kurulu gücünü orantısız şekilde artıran, gerçek tüketicilerin lisanssız üretim tesisi kurabilmeleri imkanını ortadan kaldıran, tüketim olmadan üretim yapmaya çalışan tesislerin satışa konu edilebilecek üretim miktarını belirlenmektedir. Böylelikle, ihtiyaç fazlası üretilen elektrik satışının düzenlenmesi ve lisanssız üretim santrali olsun ya da olmasın gerçek elektrik tüketicilerinin korunması hedeflenmiştir (Çağatay, 2022b)

Ülkedeki en yaygın yenilenebilir kaynak olan hidroelektrik, tek başına Türkiye'nin enerji üretiminin yaklaşık beşte birini oluşturmaktadır. Türkiye, 2023 sonuna kadar hidroelektrik potansiyelini en üst düzeye çıkarmayı hedeflemektedir. Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli 433 TWh, teknik olarak kullanılabilir potansiyeli 216 TWh ve ekonomik potansiyeli 160 TWh/yıl olarak tahmin edilmektedir. 2019'da hidroelektrik enerji üretiminin yaklaşık 89 TWh olduğu göz

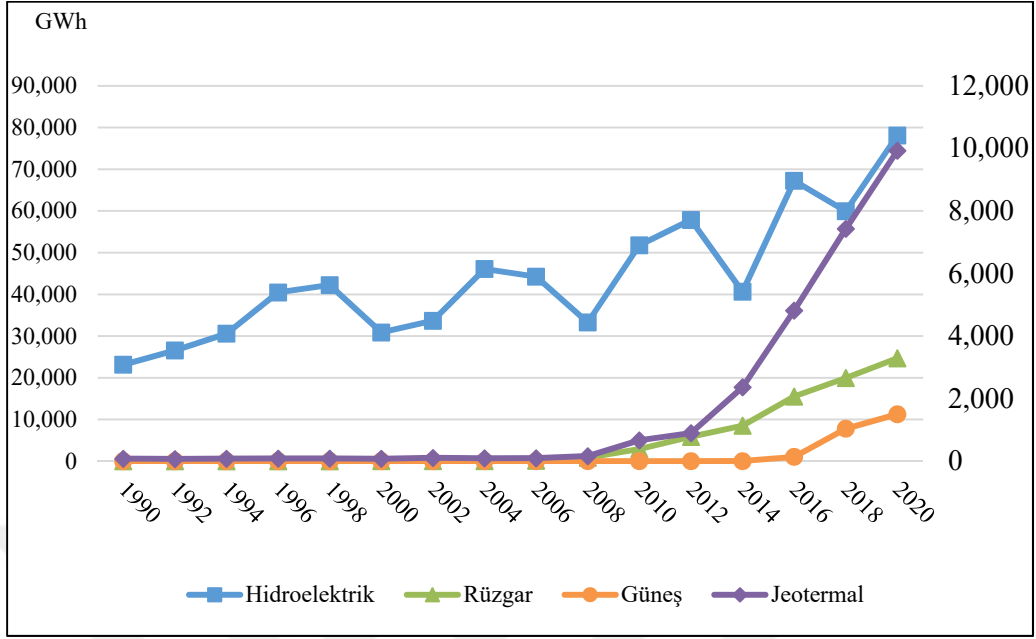
²¹Lisanssız elektrik üretimi, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği ile düzenlenen faaliyet türünde elektrik enerjisi üretebilecek, gerçek veya tüzel kişilerin lisans almadan ve şirket kurmadan elektrik üretmesidir. Lisanssız üretim modeli ile tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarını tüketim noktasına en yakın kendi üretim tesisinden karşılaması, arz güvenliğinin sağlanmasında küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisine kazandırılması ve elektrik şebekesinde iletim/dağıtım maliyetleri ile kayıp miktarlarının düşürülmesi amaçlanmaktadır. Lisanslı elektrik üretimi, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile piyasada elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan veya perakende satışı, elektrik ithalat ve ihracatı ve piyasa işletim faaliyetleri için lisans almanın zorunlu kılındığı uygulamadır. Bu kapsamda piyasada faaliyet göstermek isteyen ve kurulu gücü 5 MW'tan büyük olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim santrallerinin Enerji Piyasası Düzenleme Kurumun (EPDK)'dan üretim lisansı alması zorunludur (Enerji.gov.tr, 2022)

önüne alındığında, Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi potansiyelinin önemli bir kısmının halihazırda gerçekleşmediği görülmektedir (Dierks, 2022). Yapım aşamasında olan projelere göre hidroelektrik enerji kurulu kapasitesinin 2023 yılı sonuna kadar 32 GW'a ulaşacağı öngörülmekte olup, bu da o zamana kadar önemli bir ekonomik potansiyelin gerçekleşmiş olacağını göstermektedir. Bu nedenle, ilave hidroelektrik üretimi, 2023'ten sonra yenilenebilir enerji gelişiminde sınırlı bir rol oynayacaktır (IEA, 2021d:78). Ülkenin kaynak potansiyelini değerlendirmek üzere, Gökçekaya Pompaj Depolu Hidroelektrik Santrali (1.400 MW) ve Altınkaya Pompaj Depolu Hidroelektrik Santrali (1.800 MW) konsept tasarımı yapılmıştır. Alt rezervuarları Gökçekaya Barajı'ndan (1.400 MW kapasiteli) çekilecek olan Eskişehir projesi için Türkiye'nin ilk pompaj depolamalı hidroelektrik santralının yatırımı Elektrik Üretim Anonim Şirketi tarafından üstlenilecek olup, Eğirdir Gölü'nde (Isparta) özel sektör tarafından tasarlanan 1.000 MW'lık pompaj depolamalı hidroelektrik santrali planlanmaktadır (IEA, 2021d:79).

Rüzgâr enerjisi potansiyelini optimize etmek ve iletim ve dağıtım sistemine sorunsuz bir şekilde bağlamak için pompalı depolama sistemine entegre edilecek bir rüzgâr santrali projesi için Türkiye'de "Yahyalı Hibrit Projesi" başlıklı bir fizibilite raporu hazırlanmıştır. Rüzgâr türbini kurulumlarına odaklanması, 2021'de Türkiye'de, rüzgâr enerjisi üretiminin 31 TWh'in üzerine çıkmasını sağlamış olup, bu 2008'e kıyasla 30,3 TWh'lik bir artıştır (Dierks, 2022). Türkiye'de bulunan rüzgâr enerjisi santrallerinin toplam kurulu gücü 10.930 MW'dır. Devreye alınan 284 santralin bir kısmı henüz tam kapasite güce erişmemiş olup kurulumu devam etmektedir. Bu kapsamda bir kısmı devreye alınan santrallerin de tam kapasite devreye girmesi ile 1.157 MW kapasiteli ilave rüzgâr türbini devreye girmiş olacak ve kurulu güç 12.087 MW kapasiteye ulaşacaktır (Enerjiatlası, 2021).

Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat olup ortalama yıllık toplam ışıınım değeri 1.527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır (Enerji.gov.tr, 2022). Türkiye'de bulunan Güneş Enerji Santrallerinin toplam kurulu gücü 8.3 GW olup, 2021 yılında Güneş Enerji Santralleri ile 13.294. GWh elektrik üretimi yapılmıştır (Enerjiatlası, 2021). Grafik 18'de Türkiye'nin, 1990-2020 yılları arasında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik üretimi gösterilmektedir.

Grafik 18: Kaynağa Göre Yenilenebilir Elektrik Üretimi, Türkiye 1990-2020



Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: Jeotermal enerji ikincil ekseninde gösterilmiştir.

Yenilenebilir elektrik üretiminde en büyük paya sahip olan hidroelektrik enerji, özellikle 2000’li yıllarda ekonomik genişlemeye paralel olarak artış trendine girmiştir. 2000 yılında 30.879 GWh üretim seviyesinde olan hidroelektrik enerji, 2020 yılında 78.119 GWh üretim seviyesine ulaşmıştır. 2011 yılından itibaren uygulamaya koyulan tarife garantisinin etkisiyle, güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji üretimi de artış trendini yakalamıştır. 2020 yılında sırasıyla, güneş enerjisi üretimi 11.265 GWh, rüzgâr enerjisi üretimi 24.703 GWh ve jeotermal enerji üretimi 9.929 GWh olarak gerçekleşmiştir.

2.17. Seçilmiş Ülkelerde Yenilenebilir Enerji ve Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşviklerin Genel Görünümü

Yukarıda, seçilmiş ülkelere ait yenilenebilir enerji kaynakları ve bu kaynaklara uygulanan yenilenebilir teşvik politikalarına değinilmiştir. Her bir ülkenin yenilenebilir enerji çeşitliliği, kapasitesi ve üretimine ilişkin bilgilere yer verilirken yine her ülkede uygulanan teşvik politikalarının da tarihi süreç içerisindeki gelişimi anlatılmaya çalışılmıştır. Çalışmada ele alınan ülkelerin enerji tüketim miktarı, enerji tüketim neticesinde oluşan karbon salımı miktarı ve karbon salımına neden olan enerji tüketiminin yenilenebilir kaynaklarla ne ölçüde karşılanabileceğini incelemek üzere Tablo 13’te ilgili ülkelere ilişkin yüzölçümü, nüfus, kişi başına düşen GSYH, CO₂ emisyonu, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen toplam elektrik üretimi, toplam elektrik tüketimi ve yenilenebilir elektrik üretiminin toplam elektrik tüketimini karşılama yüzdesi 2021 yılı için verilmiştir.

Tablo 13: Seçilmiş Ülkelerin Enerji Görünümünün Açıklanmasına İlişkin Veriler (2021)

	Nüfus (Milyon)	Kişi Başı GSYH (Dolar)	Coğrafi Büyüklük (km ²)	Toplam CO ₂ Emisyonu (Mt)	Toplam Yenilenebilir Elektrik Üretimi (TWh)	Toplam Elektrik Tüketimi (TWh)	Yenilenebilir Elektrik Üretiminin Toplam Elektrik Tüketimini Karşılama Oranı (%)
ABD	336,0	69.287	9.800.000	4.483,3	796,2	4.212,1	%18,9
Almanya	83,2	50.801	357.587	622,0	188,7	550,7	%34,3
Çin	1.412,9	12.556	9.572.900	10.081,3*	2.083,9*	7.425,0*	%28,1
Hindistan	1.357,1	2.277	3.287.469	2.075,0*	289,6*	1.280,7*	%22,6
Fransa	65,8	43.518	543.941	286,5	115,9	474,0	%24,5
Birleşik Krallık	67,7	47.334	242.500	333,5	83,7	308,1	%27,2
İtalya	58,4	35.551	302.068	296,7	98,6	312,3	%31,6
İspanya	47,3	30.115	505.983	210,8	121,9	249,4	%48,8
İsveç	10,5	60.239	447.425	33,6	99,7	134,4	%74,2
Japonya	125,8	39.285	377.976	1.006,6	190,5	963,0	%11,4
Kanada	37,42	52.051	9.984.670	528,9	421,7	562,8	%74,9
Norveç	5,5	89.154	384.486	39,6	156,3	131,5	%118,8
Danimarka	5,9	68.007	42.934	28,5	147,1	36,9	%398,6
Avustralya	25,8	59.934	7.688.126	378,5	67,5	254,4	%26,5
Brezilya	214,9	7.518	8.502.728	388,8*	464,1*	540,2*	%85,9
Türkiye	85,2	9.586	769.604	391,2	110,9	300,3	%36,9

Kaynak: IEA ve Dünya Bankası verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: * işaretli sayılar, 2021 yılı verilerinin olmaması nedeniyle 2020 verileri belirtmektedir.

Tablo 13'e bakıldığında, özellikle İsveç, Norveç, Danimarka, Kanada ve Brezilya'nın toplam yenilenebilir elektrik üretiminin toplam elektrik tüketimini karşılayabilme oranının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Sırasıyla İsveç %74, Norveç %118, Danimarka %398 ve Kanada %74, Brezilya %85 oranında elektrik tüketimini yenilenebilir elektrikten karşılayabilme gücüne sahiptir. Elbette bu durumda sayılan ülkelerin nüfusuna bağlı olarak elektrik tüketim miktarının az

olmasının etkisi oldukça fazladır. Öte yandan bu oranlar gerçek üretim tüketim dengesini göstermemektedir. Zira, yukarıda sayılan ülkeler, enerji ihraç edilmesine bağlı olarak üretilen elektriğin tamamını kendi tüketimlerine harcamamaktadır. Ülkelerin tamamına bakıldığında nüfus miktarına bağlı olarak CO₂ emisyonu miktarı da değişmektedir. Diğer değişkenlerin sabit olduğu varsayıldığında her bir ülke için CO₂ emisyon miktarı azaldıkça elektrik tüketiminin yenilenebilir elektrikten karşılanma oranının da arttığı söylenebilir. Ancak bu konuda kesin bir yargıda bulunmak imkansızdır. Çünkü her bir ülkenin üretim yapısı, gelişmişlik düzeyi, nüfus yoğunluğu ile kirlilik arasındaki ilişkisi, elektrik enerjisinin yenilenebilir enerji dışındaki hangi kaynaklardan hangi oranda elde edildiği gibi birçok değişkene bağlı olarak yukarıdaki değişkenler arasındaki ilişki de değişebilmektedir.

Tablo 14'te seçilmiş ülkelere ait net sıfır emisyon hedefleri ile bazı yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin toplam elektrik enerjisi içerisindeki payları verilmiştir.

Tablo 14: Seçilmiş Ülkelerin Net Sıfır Emisyon Hedefleri ve Yenilenebilir Kaynaklardan Üretilen Elektriğin Toplam Elektrik Üretimi İçerisindeki Payları

	Net Sıfır Emisyon Hedefi	2005	2015	2021
Avustralya	2050	%8,9	%13,3	%26,7
Almanya	2045	%11,3	%30	%41,5
ABD	2050	%9,1	%13,6	%20,5
Japonya	2050	%9,6	%14,2	%22,3
Hindistan	2070	%16,9	%15,3	%20,4
Türkiye	2053	%24,5	%32	%35,2
Çin	2060	%16,2	%24,1	%28,8
Fransa	2050	%10,6	%16,7	%22,6
Brezilya	2050	%87,1	%74,1	%78,4
Danimarka	2050	%26,8	%45,7	%74,1
İngiltere	2050	%5	%25,6	%40,7
İspanya	2050	%15,9	%35,7	%47,1
İsveç	2045	%51,3	%63,3	%67
İtalya	2050	%18,2	%39	%41,4
Kanada	2050	%59,8	%64	%68,8
Norveç	2050*	%99,5	%97,7	%99

Kaynak: IEA ve Enerdata verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Not: * ile gösterilen hücre Norveç'in net sıfır emisyon hedefini göstermek üzere hazırlanmış olup Norveç, net sıfır emisyon hedefi belirtmemiştir. Norveç'in 2050 hedefi, emisyon salımını 1990 seviyelerinin %90-95 altına düşürmektir.

Tablo 14'e bakıldığında Almanya ve İsveç'in net sıfır emisyon hedeflerini Paris Anlaşması üzerine kabul gören 2050 yılından daha önce gerçekleştirmeyi planladıkları görülürken, Hindistan,

ABD ve Türkiye'nin net sıfır emisyon hedeflerini 2050 yılından sonraki yıllara erteledikleri görülmektedir. Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması içerik olarak iklim değişikliği ile mücadele etmek üzere karbon emisyonunu sınırlamak üzere ulusları çaba sarfetmeye teşvik eden yapılarıdır. Bu nedenle tabloda, Kyoto Protokolü'nün kabul edildiği 2005 yılı, Paris Anlaşmasının kabul edildiği 2015 yılı ve son olarak tüm ülkeler için en güncel verilere ulaşılabilen 2021 yılı itibariyle ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarından ürettikleri elektriğin toplam elektrik üretimi içerisindeki payları gösterilmiştir. Hindistan, ABD ve Türkiye'nin net sıfır emisyon hedeflerini erteleme kararları ile uyumlu olarak yıllar içerisinde yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi artışı durağan bir seyir izlemektedir. Öte yandan Almanya ve İsveç ise yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi artış oranı ile net sıfır emisyon hedeflerinin öne çekilmesi örtüşmektedir. 2050 yılında net sıfır emisyonu ulaşmayı hedefleyen diğer ülkelerde ise yenilenebilir elektrik üretiminin yıllar içerisinde durağan bir trend izlediği veya yıllar içerisinde düzenli bir artış trendi izlediği görülmektedir. Tablo 15'te söz konusu ülkelerin teşvik politikası konusundaki tercihleri hakkında genel bir fikir oluşturmak amacıyla, çalışmanın zaman kısıtı olan 1995-2020 yılları arasında uygulanmış olan teşvik politikalarının bir özeti sunulmaktadır.

Tablo 15: 1995-2020 Döneminde Ülkeye Göre Kullanılan Teşvik Politikaları

	Vergisel Teşvikler	Kota Sistemi	Tarife Garantisi	İhale Yöntemi
ABD	✓	✓		
Almanya			✓	
Avustralya	✓		✓	
Birleşik Krallık	✓	✓	✓	
Brezilya	✓			✓
Çin	✓		✓	
Danimarka	✓	✓	✓	
Fransa	✓		✓	✓
Hindistan	✓	✓		✓
İspanya			✓	✓
İsveç	✓	✓		
İtalya	✓	✓	✓	✓
Japonya	✓	✓	✓	✓
Kanada		✓		
Norveç		✓		
Türkiye	✓		✓	✓

Kaynak: IEA verilerine dayanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 15'e bakıldığında vergisel teşvikler, kota sistemi ve tarife garantisinin daha çok tercih edildiği görülürken ihale yönteminin nispeten az tercih edildiği görülmektedir. Vergisel teşvik

yöntemleri, yenilenebilir enerji üretilmeye başladığı ilk yıllardan itibaren kullanılmakta olup, içerisinde birçok teşvik kalemini barındırmaktadır. Öte yandan yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinde önemli bir role sahip olan tarife garantisi kullanımı son yıllarda azalmakta olup, yerine daha fazla piyasa odaklı ve yenilenebilir enerji arzı üzerinde daha fazla kontrol gücüne sahip olunabilecek teşvik yöntemleri tercih edilmektedir. Kota sistemi ise üretim miktarının devlet tarafından belirlendiği ve üretim şekli ve maliyet kararlarının piyasaya bırakıldığı bir teşvik yöntemi olup, yapısı gereği daha çok gelişmiş ülkeler tarafından tercih edilmektedir. İhale yöntemi, yenilenebilir enerji piyasasında kullanılan diğer teşvik yöntemlerine nazaran yeni bir teşvik yöntemi olup, tarihi son on yıla dayanmaktadır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. YENİLENEBİLİR ENERJİYE YÖNELİK TEŞVİK POLİTİKALARININ ETKİSİ

Bu çalışmada, şimdiye kadar yenilenebilir enerji kaynaklarının neler olduğuna ve bu kaynaklara yönelik uygulanan teşvik yöntemlerine ilişkin tanımlayıcı bilgiler verilmiş ve ülke uygulamalarında, hangi politika unsurlarından faydalandığına dair açıklamalarda bulunulmuştur. Bu bölümde ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasını teşvik etmek amacıyla uygulanan bu politikaların etkileri değerlendirilmeye çalışılacaktır. Öncelikle yenilenebilir enerjiye uygulanan teşvik politikalarının etkileri üzerinde literatür incelemesine yer verilecektir. Ardından bu çalışmada kullanılan veri seti ve yöntem tanıtılacaktır. Çalışmada kullanılacak ampirik model tanıtılarak, bağımlı ve açıklayıcı değişkenlerin ayrıntılı olarak açıklaması yapılacaktır. Son olarak kullanılan ampirik analizin bulguları açıklanarak tartışmaya sunulacaktır.

3.1. Literatür Taraması

Yenilenebilir enerji kaynaklarına uygulanan teşvikler, özellikle 2000'li yılların başında üzerinde durulan bir araştırma konusu olmuş ve 2005 yılı sonrasında bu konuda yapılan ampirik çalışma sayısı artış göstermiştir. Burada, yenilenebilir enerji teşvik politikaları, yenilenebilir enerji üzerindeki etkilerine göre bir ayrıma tabi tutularak, bu alanda yapılan çalışmaların bir özeti sunulacaktır. Yapılan ampirik çalışmalar çoğunlukla yenilenebilir enerji ile uygulanan teşvik politikaları arasında pozitif ilişkiler bulmakla birlikte, negatif ilişkilerin bulunduğu çalışmalar da mevcuttur. Ayrıca, teşvik politikaları yenilenebilir enerji arasındaki ilişkinin yenilenebilir enerji kaynaklarının türüne göre farklılık gösterdiği çalışmalar da bulunmaktadır. İlk olarak yenilenebilir enerji teşvik politikalarının, yenilenebilir enerji üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucunu elde eden çalışmalar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

Yin ve Powers (2010) yapmış oldukları çalışmada 50 ABD eyaletinde, 1993-2006 yıllarına ait verilerle yenilenebilir portföy standardının, yenilenebilir enerjinin gelişimindeki etkisini incelemek üzere bir panel veri analizi oluşturmuştur. Ancak bu çalışmada takip eden çalışmalardan farklı olarak bir teşvik politikasının tasarım farklılıklarının farklı etkiler doğurabileceği fikrinden hareketle yenilenebilir portföy standardının tasarımı üzerinde durulmuştur. Bulgular yenilenebilir portföy standardının yenilenebilir enerjinin gelişimi üzerinde önemli ve pozitif etkisi olduğu yönündedir. Ancak çalışmada yenilenebilir portföy standardı mekanizmasının farklı tasarımlarında

bu etkinin pozitif veya negatif yönde değişebileceği vurgulanmıştır. Bir diğer bulgu, enerji sertifikalarının serbest ticaretine izin verilmesi halinde yenilenebilir portföy standardı mekanizmasının etkisinin önemli ölçüde azalacağı şeklindedir.

Groba vd. (2011), yapmış oldukları çalışmada 26 AB ülkesinde 1992-2008 yıllarına ait verileri kullanarak güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisini teşvik etmede tarife garantisi politikalarının etkinliğini belirleyebilmek için panel veri analizi kullanmıştır. Analizde tarife garantisinin etkinliğini ölçebilmek için tarife miktarı, sözleşme süresi, sapma oranı, elektrik fiyatı ve elektrik üretim maliyetindeki değişkenliği yakalayabilecek bir gösterge üretilmiştir. Bulgular tarife garantisi politikalarının güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisinin artırılmasında etkili olduğunu göstermiştir.

Dong (2012), çalışmasında 53 ülke için 2005-2009 yılları arasındaki yıllık verileri kullanarak panel veri analizi oluşturmuştur. Bu analizle tarife garantisi ve yenilenebilir portföy standardının, rüzgâr enerjisi kapasitesinin gelişimine etkisi incelenmiştir. Çalışma tarife garantisinin yenilenebilir portföy standardına göre toplam rüzgâr kapasitesini ortalama olarak en az 1800 MW daha fazla artırdığı sonucunu elde etmiştir. Ayrıca rüzgâr enerjisindeki gelişmenin yüksek elektrik talebine ve yüksek petrol bağımlılığına cevap verdiği de elde edilen bir diğer sonuçtur.

Garcia vd., (2012) yapmış oldukları çalışmada yenilenebilir enerji kapasitesine yapılan yatırımı artırmayı amaçlayan tarife garantisi ve yenilenebilir portföy standardını analiz etmişlerdir. Çalışmada, geleneksel enerjinin marjinal maliyetlerini aşan bir tarife garantisi, sosyal açıdan değerli projelere yatırım yapılmasının önüne geçen projelerin aşırı gelişimini teşvik ettiğinden, tek bir tarife fiyatı uygulanmasının optimal yatırımı sağlamada başarısız olduğu sonucu elde edilmiştir. Ayrıca, yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımları teşvik eden yenilenebilir portföy standardı uygulamasının, geleneksel enerjiye yetersiz yatırım yapılmasına neden olacağı sonucu elde edilmiştir. Bu sonuçlar, geleneksel enerji kapasitesini etkilemeden doğru miktarda yenilenebilir enerji kapasitesini destekleyen bir teşvik politikası tasarımının zorlu olduğunu ortaya koymuştur.

Zhao vd., (2013) yapmış oldukları çalışmada Poisson sözde maksimum olabilirlik tahmin tekniğini kullanarak, 1980–2010 döneminde 122 ülkeyi kapsayan geniş bir panel veri seti kullanarak yenilenebilir enerji teşvik politikalarının yenilenebilir elektrik üretimi üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Yenilenebilir enerji politikalarının, yenilenebilir elektrik üretimini teşvik etmede çok önemli bir rol oynadığı, ancak politikaların sayısı arttıkça etkinliklerinin azalan getirilere tabi olduğu sonucu elde edilmiştir. Ayrıca, politika etkinliğinin yenilenebilir enerji politikasının türüne ve enerji kaynağına göre değiştiği, çalışmada kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesini teşvik etmede yalnızca yatırım teşvikleri ve tarife garantilerinin etkili olduğu bulunmuştur.

Bolkesjø vd., (2014), Avrupa'nın beş büyük elektrik tüketen ülkesi (İspanya, Fransa, Almanya, İtalya ve Birleşik Krallık) için 1990-2012 yıllarını kapsayan yıllık verilerle, tarife garantisi, kota sistemi ve ihale yönteminin yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini, sabit etkiler panel veri analizi yardımıyla analiz etmiştir. Tarife garantisinin, rüzgâr ve güneş enerjisi üzerinde artırıcı etkisi bulunurken, kota sisteminin, biyoenerjinin geliştirilmesinde önemli bir rolünün olduğu ve ihale yönteminin ise karaüstü rüzgâr enerjisi üretimi üzerinde önemli derecede artırıcı rolünün olduğu bulunmuştur.

Schaffer ve Bernauer (2014) yapılan çalışmada 26 sanayileşmiş ülke için 1990-2010 arasındaki yıllık verileri kullanarak panel veri analizini uygulamış ve tarife garantisi ve yenilenebilir enerji sertifikaları mekanizmalarının hem iç itici güçlerini hem de uluslararası belirleyicilerini incelemişlerdir. Bulgular, ülkeleri piyasa temelli destek sistemlerine itmede üç faktörün özellikle önemli rol oynadığını göstermiştir. Bunlar; mevcut enerji arz sisteminin özellikleri, siyasi sistemin federalist yapısı ve AB üyeliğidir. Ayrıca fosil ve nükleer enerjinin ulusal enerji arzı içindeki payının daha yüksek olmasının ve daha yüksek CO₂ yoğunluğunun beklendiği gibi yenilenebilir enerjiyi destekleme politikaları önünde engel teşkil etmediği, aksine bir ülkenin bu tür politikaları benimseme olasılığını artırdığı belirtilmiştir.

Cucchiella vd., (2015) yapmış oldukları çalışmada, İtalya örneği üzerinden, net bugünkü değer metodolojisini uygulayarak küçük, orta ve büyük yenilenebilir elektrik enerjisi tesislerindeki potansiyel yatırımların kârlılığını analiz etmiştir. Önerilen mali analiz, mevcut kaynaklar ve tesis büyüklükleri arasından bir enerji portföyünün stratejik seçimine izin vermektedir. Devlet, teşvik planlarının finansal sonuçlardaki rolünü tanımlamakta ve kritik değişkenlerdeki (sübvansiyonlar, elektrik satış fiyatı, yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve eşdeğer çalışma saatleri) varyasyonun net bugünkü değer tahmini üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. Yapılan analiz sonucunda yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların, düşük risk seviyeleri ile güvenilir ve sağlıklı uzun vadeli finansal getirilere izin verdiği ve aslında gelecekteki gelirlerin garantilerinin, sübvansiyonlar tarafından belirlendiği tespit edilmiştir. Analiz, tarife garantisinin, özellikle fotovoltaiik santrallerde üretilen enerjiden elde edilen gelirden %59-65'lik bir payı temsil ettiğini ve sübvansiyonların, rüzgâr ve hidroelektrikten elde edilen gelirden %17-20'lik, biyokütle enerjisinden elde edilen gelirden %13-14'lük bir payı temsil ettiği sonucunu vermiştir.

Pereira vd., (2015) yapmış oldukları çalışmada Brezilya'nın yenilenebilir enerji teşvik politikasını daha etkin hale getirebilecek bir ekonomik model önerisi sunmuştur. Çalışmada teşvik politikalarının eksik yönü olarak vergi teşviklerinden kaynaklanan sorunlar ve ekipman alımı için kredi limitlerinin yetersizliği ele alınmıştır. Brezilya'da tarot olarak adlandırılan elektrik piyasası modeli kullanılarak örnek bir model geliştirilmiş ve modelde enerji üretici ve tüketicileri için vergi muafiyeti politikası benimsenmiştir. Çalışma, benimsenen teşvik politikasının yenilenebilir enerji

üretimini iyileştirerek sosyoekonomik refahı artırırken, devlet gelirlerini azalttığı sonucunu elde etmiştir.

Polzin vd. (2015), yapılan çalışmada OECD ülkelerine ait 2000-2011 dönemi verileri ile bir panel veri analizi modeli oluşturmuş ve yenilenebilir enerjiye yönelik kamu politikası önlemlerinin elektrik üretim kapasitesine yapılan yenilenebilir yatırımlar üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmada gerçek piyasa koşulları ile teknolojiye özel politikaların gerekliliği vurgulanmıştır. Yenilenebilir yatırımların koşullarını iyileştirmek için özellikle daha az olgun teknolojiler için tarife garantisi olmak üzere ekonomik ve mali teşvikler içeren politikalar önerilmiştir. Yine olgun teknolojiler için de emisyon ticareti gibi piyasaya dayalı araçlar önerilmiştir.

Kılınç-Ata (2016) çalışmasında, yenilenebilir enerji politikalarının yenilenebilir enerji kapasitesinin artırılmasına etkisini araştırmak üzere, 27 AB ülkesi ve 50 ABD eyaletinde, tarife garantisi, kota yükümlülüğü, ihale yöntemi ve vergisel teşviklerin ekonometrik analizini 1990-2008 yılları arasındaki yıllık verileri kullanarak yapmıştır. Çalışma sonucunda tarife garantisi, ihale yöntemi ve vergisel teşvikler yenilenebilir enerji kapasitesinin genişletilmesinde etkin politika araçları olarak bulunurken, kota yükümlülüğünün artırıcı bir etkisi bulunamamıştır.

Nicolini ve Massimo (2017) yapmış oldukları çalışmada yenilenebilir enerji politikalarının, yenilenebilir enerjiyi ne derece teşvik ettiğini araştırmak üzere 2000-2010 yıllarına ait verilerle 5 büyük Avrupa ülkesi (Fransa, Almanya, İtalya, İspanya ve Birleşik Krallık) için panel veri analizi kullanmıştır. Çalışmada hem vergisel teşvikleri hem de tarife garantileri veri olarak kullanılmış ve teşvikler ile teşvik edilen enerji üretimi ve kurulu güç kapasitesi arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Yenilenebilir enerji teşvik mekanizması kısa dönemde enerji üretimini pozitif etkilerken uzun dönemde kurulu güç kapasitesini artırıcı etki yapmaktadır.

Şimşek vd., (2018) yapmış oldukları çalışmada Şili'deki güneş enerjisi projeleri için en iyi teşvik kombinasyonlarını ortaya koymayı amaçlamışlardır. Çalışmada, farklı koşullar altında güneş enerjisi teknolojilerini teşvik ederken, vergi kredisi veya nakit teşvik konusunda karar vermeleri için kanun koyuculara sonuçlar sunmak hedeflenmiştir. Analize dahil edilen teşvik unsurları yatırım vergisi kredisi, üretim vergisi kredisi, üretime dayalı teşvikler, yatırıma dayalı teşvikler ve satış vergisi indiriminden oluşmaktadır. Yapılan analizler sonucunda güneş enerjisi teknolojilerinin yaygınlaştırılmasının projelerin finansal maliyetlerine, destek mekanizmalarına ve diğer geliştirilen teknolojilerin kurulum maliyetlerine yüksek oranda bağımlı olduğu tespit edilmiştir. Hükümet, bazı vergi veya nakit teşvikler vererek güneş enerjisi projelerini destekleyebilir. Ancak bu kararın kesin olarak devlet maliyeti dikkate alınarak yapılması gerekmektedir. Güneş enerjisi projelerini desteklemenin en iyi yolu, hükümet maliyetlerini düşürmek ve elektrik maliyeti azaltımını en üst düzeye çıkarmaktır.

Liu vd., (2019b) yapmış oldukları çalışmada Kyoto Protokolü imzalayan AB ve OECD üyesi 29 ülkenin 2000-2015 dönemindeki verilerine dayanarak yenilenebilir enerji politikalarının etkinliğini ölçmek üzere sabit etkiler modeli oluşturmuştur. Çalışmaya dahil edilen teşvik unsurları, mali teşvikler, tarife garantisi, hibe ve sübvansiyonlar, vergi, CO₂ izinleri, yeşil sertifikalar, doğrudan yatırımlar, yerel yönetimlere ve altyapı yatırımlarına sağlanan fonlar, politika desteği, yenilenebilir kota ve standartlar, yenilenebilir kurulum konusunda bilgi ve öğretim ile Ar-Ge desteği olarak sıralanmıştır. Ampirik sonuçlar, mali teşvikler, tarife garantisi, politika desteği ve Ar-Ge uygulamalarının yenilenebilir enerji kapasitesini artırmada etkili olduğunu göstermiştir.

Bersalli vd., (2020) yapmış oldukları çalışmada 20 Latin Amerika ve 30 Avrupa ülkesi için 1995 ve 2014 yılları arasındaki yıllık verileri kullanarak yenilenebilir enerji politikalarının etkinliğini değerlendirmek üzere ekonometrik bir analiz önermişlerdir. Analize göre tarife garantisi ve ihale yöntemi gibi teşvik politikaları yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik etmede etkiliyken, vergi teşviklerinin bu konuda tek başına yeterli olmadığı sonucu elde edilmiştir.

Kersey vd., (2021) yapmış oldukları çalışmada 31 Karayip Adası'na ait 2000-2018 dönemindeki yıllık verileri kullanarak, yatırım teşvikleri, vergi teşvikleri, tarife garantisi, net ölçüm ve net faturalandırma programları ve bağımsız enerji üreticilerinin piyasaya girişine izin veren yeniden yapılandırma gibi teşvik politikalarının yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması üzerindeki etkisini panel veri analizi kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada, özellikle tarife garantisi ve net ölçüm politikalarının yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması konusunda etkin olduğu, bununla birlikte net ölçüm ve net faturalandırma politikalarının diğer yenilenebilir kaynaklardan ziyade güneş enerjisi projeleri üzerinde daha etkin sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Yang vd., (2021) yapmış oldukları çalışmada iki aşamalı bir model aracılığıyla, belirsizlik altında gelişmekte olan yenilenebilir enerji endüstrisinde tarife garantisi ve yenilenebilir portföy standardının etkilerini karşılaştırmıştır. Tarife garantisi politikası ile yenilenebilir portföy standardı politikasının karşılaştırmasını analiz etmek için teorik bir model oluşturulmuştur. Modeli basitleştirmek için, yenilenebilir enerji ve fosil enerji üretebilen tekel bir şirket olduğunu varsayılmış ve yenilenebilir enerji işletmelerindeki üretimin, aşırı hava koşullarının değişmesinden ve güneş enerjisi üretimi için bulutlu günler ve hidroelektrik enerji üretimi için kurak mevsimler gibi diğer faktörlerden etkilenmeyeceği varsayılmıştır. Araştırma sonucunda, tarife garantisinin daha yüksek beklenen çıktı ve kâra ve daha düşük piyasa fiyatlarına sahip olduğu, buna karşılık, yenilenebilir portföy standardının üretimi ve kârı nispeten daha istikrarlı kıldığı sonucu elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yenilenebilir enerjinin maliyetinin yüksek olduğu dönemde, tarife garantisi kapsamındaki politikalarla yatırım sağlam temellere oturtulurken, maliyetlerin azaldığı ilerleyen dönemlerde, yenilenebilir portföy standardı kapsamındaki politikalarla yüksek çıktı ve kâr elde edileceği söylenebilir.

Zheng vd., (2021) yapılan çalışmada 2005-2017 yıllarını kapsayan ve Çin’de bulunan 30 şehre ait yenilenebilir enerji üretimi ve yenilenebilir enerji teknolojileri verilerine dayanarak mekânsal panel veri analizi uygulamıştır. Analiz sonucunda, yenilenebilir enerji teknolojilerinde %1’lik bir artışın yenilenebilir enerji üretiminde doğrudan %0.4’lük bir artış sağladığı ve teknoloji yayılımı yoluyla da çevre illerde yaklaşık %3’lük bir artış sağladığı sonucu elde edilmiştir.

Bölük ve Kaplan (2022) yapmış oldukları çalışmada yenilenebilir enerjiye yönelik teşviklerin yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini AB ülkeleri ve Türkiye için 2000-2018 yılları arasındaki verilere dayanarak panel veri analizi yoluyla araştırmıştır. Analiz sonucunda hibe, Ar-Ge, vergi, sertifikasyon ve politika desteğinin yenilenebilir enerji kapasitesi üzerinde olumlu ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunurken, doğrudan yatırımlar, kredi ve net ölçüm araçlarının yenilenebilir enerji kapasitesi üzerinde teşvik edici bir etkisi bulunamamıştır.

Teşvik politikalarının, yenilenebilir enerji kurulumunu, kapasitesini ya da üretimini artırdığını iddia eden çalışmalar yanında teşvik edici bir etkisinin olmadığını savunan ampirik çalışmalar da bulunmaktadır. Yenilenebilir enerji teşvik politikalarının, yenilenebilir enerji üzerinde negatif etkiye sahip olduğunu savunan bu çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Guzowski ve Recalde (2008) yapmış oldukları çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji arzına katkısının teşvik politikalarından etkilenip etkilenmediğini Arjantin için araştırmışlardır. Çalışma Arjantin’in, 1992-2004 tarihlerini kapsayan dönemde yeni bir teşvik mekanizması geliştirmeye başlamış olduğunu ancak politika sonuçlarının beklendiği kadar iyi olmadığını işaret etmiştir.

Carley (2009), çalışmasında 48 ABD eyaleti için 1998-2006 dönemine ait yıllık verilerle sabit etkiler modeli kullanmıştır. Bu çalışma, eyaletlerin yenilenebilir portföy standardı uygulaması ile eyaletler arasında yenilenebilir enerji elektrik üretiminin payı arasındaki ilişkinin varlığını araştırarak, bu eyaletlerde uygulanan yenilenebilir enerji politikalarının etkinliğini değerlendirmiştir. Elde edilen bulgular, yenilenebilir portföy standardının toplam elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin payını önemli ölçüde etkilemediğini ancak uygulandığı her bir yeni yıl için yenilenebilir enerji üretiminin toplam miktarını artırdığı şeklindedir.

Aguire ve Ibikunle (2014) yapmış oldukları çalışmada 1990-2010 yıllarını kapsayan yıllık verileri kullanarak Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika’da yenilenebilir enerjiyi destekleyici hükümet politikalarının, yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini sabit etkiler panel veri analizi kullanarak araştırmıştır. Çalışmada kullanılan analiz sonuçlarına göre hükümet politikalarının yenilenebilir enerji üzerinde artırıcı etkisinin olmadığı aksine politikalardaki belirsizlik ve süreksizlik gibi nedenlerle yenilenebilir enerji yatırımlarını engellediği savunulmuştur.

Yu vd., (2016) yapmış oldukları çalışmada 2009-2014 dönemine ait yıllık verileri kullanarak 47 Çinli yenilenebilir enerji kuruluşundan oluşan bir panel veri seti oluşturmuş ve yenilenebilir enerji teşviklerinin yenilenebilir enerji kuruluşları üzerindeki etkisini incelemiştir. Analiz sonucunda yenilenebilir enerji teşviklerinin kuruluşlar üzerinde teşvik edici bir etkisinin olmadığı bulunmuştur. Ayrıca, teşviklerin devlete ait kuruluşların Ar-Ge yatırımları üzerinde dikkate değer bir teşvik edici etkisi bulunurken, özel yenilenebilir enerji kuruluşlarının Ar-Ge yatırımları üzerinde dışlayıcı bir etkisi bulunmuştur.

Yenilenebilir enerji politikaları konusunda yapılan bir diğer çalışma şekli, yenilenebilir enerji kaynağının türü özelinde politika etkisinin incelenmesidir. Bu tür ampirik çalışmalar yenilenebilir enerji teşvik politikasının, seçilmiş bir yenilenebilir enerji kaynağı (güneş, rüzgâr, hidroelektrik biyoenerji vb.) üzerindeki etkisine odaklanmaktadır. Aşağıda bu tür çalışmalar özetlenmiştir.

Menz ve Vachon'un (2006) 39 ABD eyaleti için 1998-2002 yıllarındaki verilere dayanarak yaptıkları çalışma, yenilenebilir enerji politikalarının yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki etkisini inceleyen ilk çalışmalardan birisi olup, özellikle rüzgâr enerjisi üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışmada yenilenebilir portföy standardı, kamu yararı fonu, yakıt üretimine yönelik kurallar, yeşil enerji yükümlülüğü ve perakende satış seçeneği olmak üzere 5 adet yenilenebilir enerji politika aracı kullanılmıştır. Yeşil enerji yükümlülüğü ile rüzgâr enerjisi arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunurken yine rüzgâr enerjisi ile perakende satış seçeneği arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

Haščić vd. (2010), çalışmada 25 OECD ülkesine ait 1978-2003 yıllık verilerini kullanarak oluşturdukları panel veri analizi yoluyla yenilenebilir enerji özelinde çevresel politikaların teknolojik yenilikler üzerindeki etkisini incelemiştir. Teknolojik yenilikleri temsilen patent sayıları kullanılmıştır. Çevresel politikaların, rüzgâr ve okyanus enerjisi patent faaliyetlerinde hızlı bir büyümeyi sağladığı, güneş enerjisinde nispeten daha düşük bir büyümenin gerçekleştiği son olarak biyokütle ve jeotermal enerjide çok az bir büyümeyi sağladığı gözlemlenmiştir. Çalışmada farklı türdeki politika araçlarının farklı yenilenebilir enerji kaynaklarını etkilediği ifade edilmiştir. Tarife garantisi güneş enerjisi üzerinde olumlu ve önemli bir etkide bulunurken, kota sistemi rüzgâr enerjisi üzerinde önemli ölçüde ve olumlu yönde etki yapmaktadır.

Shrimali ve Kniefel (2011) yapmış oldukları çalışmada 50 ABD eyaletinin 1991-2007 yıllarına ait yıllık verilerini kullanarak hükümet politikalarının yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini incelemek amacıyla sabit zaman eğilimli her bir eyalete özgü sabit etkiler modeli kullanmıştır. Çalışma bulguları yenilenebilir portföy standardının her türlü yenilenebilir enerji kaynağı üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu bulurken, bu etkinin rüzgâr ve biyokütle için negatif, jeotermal ve güneş için pozitif bir etki olarak değişken olduğu görülmüştür. Bir diğer çıkarım temiz enerji fonları ve yeşil enerji seçeneklerine gereksinimin de her türlü yenilenebilir

enerjinin etkinliğini artırdığı olmuştur. Son olarak modele eklenen elektrik fiyatı, doğal gaz fiyatı, GSYH gibi ekonomik değişkenler ile kömürden üretilen elektriğin payı gibi yapısal değişkenlerin önemsiz olduğu bulunmuştur.

Jenner vd., (2013), 26 AB ülkesinde 1992-2008 dönemine ait yıllık verileri kullanarak tarife garantisi sisteminin rüzgâr ve güneş enerjisi üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Kurulan sabit etkiler panel veri modeli sonucunda, tarife garantisi yönteminin rüzgâr enerjisi üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi bulunurken, güneş enerjisi üzerinde herhangi bir etkisi bulunamamıştır. Ancak modele Yin ve Powers (2009) tarafından geliştirilen "artan yüzde gereksinimi" değişkeni dahil edilmiş ve bu kez tarife garantisinin hem rüzgâr hem de güneş enerjisi üzerinde pozitif etkisinin olduğu bulunmuştur.

Son olarak, yukarıda sayılan üç tür çalışma prensibinin dışında, teşvik türlerinin kıyaslandığı, ikame enerji kaynakları, CO₂ emisyonu, GSYH gibi değişkenlerin veya siyasi, sosyo-ekonomik faktörlerin yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini inceleyen ampirik çalışmalar aşağıdaki gibidir.

Sadorsky (2009) çalışmasında, G7 ülkeleri (Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Birleşik Krallık ve ABD) için 1980-2005 dönemini kapsayan yıllık verilerle, panel eş-bütünleşme yöntemi kullanarak ampirik bir yenilenebilir enerji tüketimi modeli oluşturmuştur. Modelde elde edilen bulgulara göre uzun vadede, kişi başına düşen reel GSYİH ve kişi başına düşen CO₂ emisyonlarındaki artışların bireyleri daha ucuz ve daha temiz enerji tüketmeye yöneltmesiyle, kişi başına düşen yenilenebilir enerji tüketimini artırdığı sonucu elde edilmiştir.

Marques vd. (2010) yapmış oldukları çalışmada 24 AB ülkesine ait 1990-2006 yıllarındaki verileri kullanarak yapılan panel veri analiziyle, yenilenebilir enerji politikalarının yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Elde edilen bulgular geleneksel enerji kaynaklarının (petrol, kömür ve doğalgaz) ve CO₂ emisyonlarının yenilenebilir enerji faaliyetlerini kısıtladığını göstermiştir. Öte yandan daha yüksek bir enerji bağımlılığı ve enerji tüketiminin ise yenilenebilir enerji faaliyetlerini olumlu yönde etkilediği sonucu elde edilmiştir.

Boomsma vd., (2012) yapmış oldukları çalışmada farklı yenilenebilir enerji teşvik politikalarında yenilenebilir enerji yatırımları seçimini değerlendirmek için vaka çalışmaları yapmıştır. Çalışmalar rüzgâr enerjisi özelinde İskandinav ülkelerinde gerçekleştirilmiş olup, tarife garantisi politikasının, yenilenebilir enerji sertifikaları ticaretine göre yenilenebilir enerji yatırımlarını destekleme konusunda daha başarılı olduğu sonucu elde edilmiştir.

Fowler ve Breen (2014) yapmış oldukları çalışmada 1975-2005 yılları arasındaki yıllık verileri kullanarak zaman serisi analizi kullanmıştır. ABD'deki hükümetlerin, yenilenebilir enerjiye yönelik mali teşviklerin benimsenmesi konusunda siyasi ve ekonomik etkileri analiz edilmiş,

vergisel teşvikleri etkileyen unsurun siyasi kültür olduğu ve hibe, kredi programlarının kültür yapısı tarafından etkilendiği sonucu elde edilmiştir.

Hafeznia vd., (2017) yapmış oldukları çalışmada enerji politikalarının her bölgenin yerel koşullarına göre kodlanmasının bu tür politikaların daha verimli olmasına neden olup olmayacağını araştırmışlardır. Çalışmada, hükümetlerin yenilenebilir enerjiden yararlanmaya yönelik destekleyici politikalarının etkinliği, sosyo-ekonomik, iklimsel ve teknik yönere bağlıdır hipotezini test etmek amacıyla İran için, uzmanlarla yapılan görüşmelerden elde edilen veriler kullanılmıştır. Bunun dışında güneş enerjisine uygulanan tarife garantisi için de bir politika simülasyonu oluşturulmuştur. Her iki uygulama da yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikalarının bölgeye göre düzenlenmesi durumunda etkinliğinin arttığını desteklemiştir.

Alves vd., (2019) çalışmalarında yenilenebilir enerji politikası uygulamalarının gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde farklı olup olmadığını analiz etmişlerdir. 2005-2015 yılları arasında 102 gelişmiş ülke ve 194 gelişmekte olan ülkenin verilerinden faydalanarak, yenilenebilir enerji politikası yayılımında politika yayılım mekanizmalarının rolünü test eden bir Poisson regresyon modeli tahmin etmişlerdir. Gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerji politikalarının yayılımı daha çok özelleştirmeden etkilenmekteyken gelişmekte olan ülkelerde uluslararası düzeyde sosyalleşme ve öğrenmeden etkilenmektedir. Ayrıca ekonomik gelişmişlik düzeyi de farklı yayılım düzeylerine neden olmaktadır.

Anton ve Nucu (2020) yapmış oldukları çalışmada 1990-2015 döneminde 28 AB ülkesinin panel verilerini kullanarak finansal gelişmenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yenilenebilir enerji tüketiminin gelir, enerji fiyatları, finansal gelişme ve doğrudan yabancı yatırımların bir fonksiyonu olarak verildiği bir panel sabit etkiler modeli oluşturulmuş ve finansal gelişmenin üç farklı boyutunun (bankacılık sektörü, tahvil piyasası ve sermaye piyasası) yenilenebilir enerji tüketiminin payı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu sonucu elde edilmiştir. Ek olarak, sermaye piyasası gelişiminin yeni AB üye devletlerinde yenilenebilir enerji tüketimini etkilemediği sonucu elde edilmiştir.

3.2. Veri Seti

Bu çalışmada, yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikalarının yenilenebilir elektrik enerjisi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada, 16 ülkeye (ABD, Almanya, Avustralya, Birleşik Krallık, Brezilya, Çin, Danimarka, Fransa, Hindistan, İspanya, İsveç, İtalya, Japonya, Kanada, Norveç, Türkiye) ait verilerden faydalanılmıştır. 1995-2020 yıllarını kapsayan yıllık verilerle, ülke düzeyinde bir panel sabit etkiler modeli kurulmuştur. Analizde kullanılacak veriler, öncelikle IEA ve Dünya Bankası veri tabanından alınmıştır. Buna ek olarak, yenilenebilir enerji teşvik

politikalarını analize katmak üzere kullanılacak kukla değişkenler çalışmaya dahil edilen her bir ülke için IEA yıllık enerji gelişim raporlarından derlenmiştir.

Bu çalışmaya konu olan ülke grubunun oluşturulmasında iki kriterden faydalanılmıştır. İlk olarak ülkelerin yenilenebilir enerji potansiyelinin yüksekliği göz önünde bulundurulmuştur. Çalışmaya dahil edilen ülkeler yalnızca kurulu güç değil aynı zamanda henüz devreye alınmamış yenilenebilir enerji potansiyeli bakımından da dünya sıralamasında başlarda yer alan ülkelerdir. İkinci olarak potansiyel bakımından dünya sıralamasında ilk sırada olan bu ülkelerden yenilenebilir enerji kurulu güç kapasitesinin artırmak üzere yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikalarına ağırlık veren ülkeler seçilmiştir. Böylelikle oluşturulan ülke grubunun uygulamış olduğu politikalar nezdinde yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikalarına daha geniş bir açıyla bakma imkânı oluşacaktır.

Çalışmada, yukarıda sayılan ülkelerde yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılması amacıyla en sık uygulanmakta olan dört teşvik politikası; tarife garantisi, kota yükümlüğü, ihale yöntemi ve vergisel teşvikler kullanılmıştır. Oluşturulan ekonometrik modelle, en çok kullanılan bu dört teşvik politikasının, politik araç olarak etkisini değerlendirmek ve yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini görmek amacıyla 1995-2020 yıllarını kapsayan panel veri seti kullanılmıştır. Öte yandan oluşturulacak modele kontrol değişkenler olarak fosil enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi, CO₂ emisyonu ve kişi başına düşen GSYH dahil edilmiştir.

3.3. Yöntem

Ekonometrik analizlerde “zaman serisi”, “yatay kesit veri” ve “panel veri” olmak üzere üç farklı veri türü bulunmaktadır. Bu üç veriyi kısaca tanımlamak gerekirse; zaman serisi verisi, değişkenlere ait değerlerin gün, ay, yıl gibi zaman birimlerine göre değişimini içerirken, yatay kesit veri, zamanın belli bir noktasında farklı birimlerden toplanan verilerdir. Son olarak panel veri, yatay kesit verilerin belli bir dönem aralığında bir araya getirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Tatoğlu, 2018:1). Başka bir ifadeyle, “panel veri analizi hane halkı, firma, şehir ya da ülkelerin yatay kesit verilerinin belirlenmiş bir zaman diliminde gözlemlenmesiyle oluşan veridir” denilebilir (Baltagi, 2005:4).

Panel veri N sayıda birim ve her bir birime karşılık gelen T sayıda gözlemden oluşmaktadır. Panel verinin ortaya çıkışı, ekonometrik analizlerde yatay kesit ve zaman serisi verilerinin boyutlarının yetersiz kalmasıyla başlamıştır. Panel verileri kullanarak oluşturulan panel veri modelleri, birim ve zaman boyutunun büyüklüğüne ve modelde oluşturulan varsayımların sağlanabilme durumuna göre çeşitli yöntemlerle tahmin edilebilmektedir (Tatoğlu, 2018:2). Panel veri modeli, eğer her bir birim tüm zamanlar boyunca gözlemlenmişse “dengeli panel veri modeli”, bazı birimler için bazı dönemlere ait veriler kayıpsa “dengesiz panel veri modeli” olarak

adlandırılmaktadır (Tatoğlu, 2018:15). Panel verilerin kullanımı ile her bir birimde gözlenemeyen birim etkiler²² ortaya çıkabilmektedir. Eğer bu etkilere hata terimi gibi tesadüfi bir değişken olarak davranılıyorsa tesadüfi etkiler, her bir yatay kesit gözlem için tahmin edilen bir parametre olarak davranılıyorsa sabit etkiler söz konusu olmaktadır.

Genel olarak panel veri modeli;

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{it}X_{it} + \mu_{it} \quad i = 1, \dots, N ; t = 1, \dots, T \quad (1)$$

şeklinde yazılabilmektedir. Denklem 1’de, Y: bağımlı değişken, X: bağımsız değişken, α : sabit parametre, β : eğim parametreleri, μ : hata terimidir. i alt indisi, birimleri (birey, firma, ülke, şehir vb.) ve t alt indisi, zamanı (gün, ay, yıl vb.) ifade etmektedir (Tatoğlu, 2018:4).

Panel veriler zaman serisi ve yatay kesit verisine göre önemli avantajlara sahiptir. Öncelikle panel verinin birim değişkenliği (heterojenliği) kontrol edilebilmektedir. Panel veriler bireylerin, firmaların, devletlerin ve ülkelerin heterojen olduğunu savunmaktadır. Zaman serisi ve yatay kesit verileri heterojenliği kontrol edemediğinden sapmalı (biased) sonuçlar elde edilebilmektedir. Ancak panel veri bütünüyle zaman veya kesit serilerinden daha kompleks davranış modellerinin oluşmasına ve test edilmesine imkân sağlamaktadır. Dışlanan değişkenler, yatay kesit verisi ya da zaman serisi kullanılarak yapılan tahmin sonuçlarında sapmalara neden olurken, dışlanan değişkenler ya da değişkenin zamana ya da birimlere göre sabit değişkenler olması durumunda, panel veri kullanılması sapmaların kontrol edilmesini sağlamaktadır (Baltagi, 2005:5). Panel veriler daha fazla bilgilendirici veri, daha fazla değişkenlik, değişkenler arasında daha yüksek serbestlik derecesi daha düşük çoklu doğrusal bağlantı ve daha etkin ekonometrik tahminler sağlar. Hem zaman hem de yatay kesit birimlerinin bir arada analiziyle sağlanan veri sayısındaki artış, serbestlik derecesini artırmanın yanında birimler arası farklılıklar sayesinde açıklayıcı değişkenler arasındaki çoklu doğrusal bağlantıyı azaltması bakımından oldukça önem kazanmaktadır (Hsiao, 2003:3). Yatay kesit veriler, uyum dinamikleri hakkında pek bir şey söylemezken panel veri, uyum dinamiklerinin daha iyi incelenmesini sağlamaktadır. İktisadi olayların incelenmesinde birimlerin dinamik tepkilerine ilişkin bilgi önemlidir. Eğer panel veri yeterince uzun bir dönemi kapsıyorsa, politika değişikliklerine hızlıca uyum sağlanmasını ve gerekli düzenlemelerin yapılmasını sağlayabilir (Baltagi, 2005:6). Bir yatay kesit verisinde konu edilen birimlerin davranışlarını etkileyen birçok ölçülemeyen açıklayıcı değişken vardır. Bu değişkenlerin analizden dışlanması sapmalı sonuçlara ulaşılmasına neden olur. Aynı şekilde zaman serisi verisi de birimlerin davranışlarını hep aynı yönde ancak her bir zaman diliminde farklı yönde etkileyen değişkenlerin dışlanmasına yol açar. Oysa panel veri zaman serisi ve yatay kesit veriden daha karmaşık modeller oluşturarak dışlama probleminin önüne geçer (Baltagi, 2005:6).

²²Birim Etki: Panel veri birçok birimin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Her bir birimin kendisine has özellikleri bulunmaktadır. Birimlerin özelliklerini yansıtan değişkenlere birim etki denmektedir. Birim etki, birimlere göre değişen ve zamana göre sabit bir değişkendir (Tatoğlu, 2018 5).

Öte yandan bir araştırmayı panel veri ile yapmanın avantajları yanında bazı kısıtları da bulunmaktadır. Kısaca değinmek gerekirse, panel veri çalışmalarında yaşanan sorunlardan başta geleni veri toplama konusunda yaşanmaktadır. Her zaman veriler tam olarak bulunamayabilir, verilerin birim ya da zaman boyutunda eksikler olabilir. Verilerdeki eksiklik panel verinin boyutlarını daraltabilir ya da panel verinin kullanımından tamamen vazgeçilebilir. Panel verilerde genel olarak birim boyutu çok olmasına karşılık zaman boyutu kısadır. Bu durum asimptotik tahmin sorunlarına neden olabilmektedir. Son olarak panel veriler birimlerin yatay kesit verileri ve bunların zaman boyutlarıyla ilgili olduğundan birimlerde heterojenlik olabilmektedir (Güriş ve Tuna, 2015:9).

Bu çalışmada, sabit etkiler modeli çalışıldığı için kısaca bu yöntemi tanıtmak yerinde olacaktır. Sabit etkiler modeli, sabit terimin birimler boyunca değişen doğrusal bir regresyon modelidir (Verbeek, 2004:345). Sabit etkiler regresyon modelinin her mevcut birim için bir tane olmak üzere n tane farklı sabit terimi vardır. Bu sabit terimler gösterge değişkenleri ile temsil edilebilir. Bu gösterge değişkenleri bir birimden diğerine değişen, ancak zaman içinde sabit olan dışlanan bütün değişkenlerin etkilerini içine almaktadır (Stock ve Watson, 2010:356).

Öte yandan bir modeli seçerken yapılacak testin seçimi oldukça önemlidir. Bu çalışmada sabit etkiler modeline karar verilmeden önce Hausman testi kullanılmıştır. Birim veya birim ve zaman farklılıklarını temsil eden katsayıların yani tesadüfi etkili modelin hata terimi bileşenlerinin modeldeki bağımsız değişkenlerden ilişkisiz olduğu hipotezinin geçerliliği, Hausman (1978) tarafından önerilen test istatistiği ile incelenebilmektedir (Greene, 2003:301). Hangi modelin seçileceğine karar vermek için sabit etkili modeli parametre tahmincileri ile tesadüfi etkili modelin parametre tahmincileri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının incelenmesi gerekmektedir. Temel hipotez; “ H_0 : Açıklayıcı değişkenler ve birim (spesifik) etki arasında korelasyon yoktur.” şeklindedir. Alternatif hipotez; “ H_1 : Açıklayıcı değişkenler ile birim (spesifik) etki arasında korelasyon vardır.” şeklindedir. H_0 hipotezinin kabul edildiği durumda tahminciler arasındaki fark oldukça küçük olacağından tesadüfi etkiler modelinin kullanımı seçilecektir. H_1 hipotezinin kabul edildiği durumda ise tahminciler arasındaki fark büyük olacağından sabit etkiler modelinin tercihi daha uygun olacaktır (Uluyol ve Türk, 2013:377).

Değişen varyans, bir regresyon modelinde hata teriminin varyansının büyük ölçüde değiştiği durumu ifade etmektedir. Bu durum modelin yeterince tanımlanamamasına neden olmaktadır. Regresyon modellerinde karşılaşılan bir diğer sorun, hata terimleri arasında ilişki olduğu anlamına gelen otokorelasyondur. Regresyon modellerinin temel varsayımlarından bir tanesi hata terimleri arasında ilişki olmaması gerektiridir (Yavuz, 2009:129). Regresyon modellerinde temel varsayımlardan bir diğeri, hata terimlerinin birimlere göre bağımsız olduğudur. Ancak genellikle yatay kesit birimler boyunca hataların eşzamanlı korelasyona sahip olması görülebilmektedir. Bu

durum, değişen varyans ve otokorelasyonda olduğu gibi korelasyon matrisinin birim matris olmasını engellemektedir. Yukarıda sayılan değişen varyans, otokorelasyon veya birimler arası korelasyondan en az bir tanesinin varlığı durumunda modelin etkinliği etkilenmektedir. Diğer bir deyişle, varyanslar ve dolayısıyla standart hataların, t ve F istatistiklerinin, R^2 'nin ve güven aralıklarının geçerliliğini etkilemektedir. Dolayısıyla modelde sayılan problemlerden en az biri varsa, parametre tahminlerine dokunmadan standart hatalar düzeltilmeli ya da probleme uygun yöntemlerle yeniden tahminler yapılmalıdır (Tatoğlu, 2018:251-252).

Bu çalışmada, kurulan regresyon modelinde değişen varyans, otokorelasyon ve birimler arası otokorelasyon tespit edilmiştir. Tespit edilen bu standart hataları dirençli hale getirmek üzere Driscoll-Kraay Tahmincisi kullanılmıştır. Driscoll ve Kraay (1998), modelin parametrelerini tanımlayan dikeylik koşullarının basit bir dönüşümünün, zaman boyutu büyüdükçe çok genel uzamsal ve zamansal bağımlılık biçimlerine dayanıklı bir kovaryans matris tahmincisi oluşturulmasına izin verdiğini göstermiştir. Driscoll-Kraay Tahmincisi ile düzeltilmiş standart hata tahminleri, yatay kesit birimden bağımsız olarak ($N \rightarrow \infty$ bile) kovaryans matris tahmincilerinin tutarlılığını garanti etmektedir.

3.4. Bulgular

Çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarına uygulanan teşvik politikaları ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişkiyi incelemek üzere panel veri analizinden yararlanılmıştır. Sabit ve tesadüfi etkili modelleri kurulmuş ve uygun modelin hangisi olduğunu belirlemek üzere Hausman testinden faydalanılmıştır. Sıfır hipotezi reddedildiği için sabit etkili modelin kullanılmasının uygun olduğuna karar verilmiştir. Daha sonra uygun model için değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı testleri uygulanarak sonuçlar yorumlanmıştır. Kurulacak panel veri modeli aşağıdaki gibidir.

$$\ln_yenit = \beta_0 + \beta_1 tarifeit + \beta_2 kotait + \beta_3 ihaleit + \beta_4 vergiit + \beta_5 komurit + \beta_6 petrolit + \beta_7 gazit + \beta_8 nükleerit + \beta_9 log_co2it + \beta_{10} gsyhit + \epsilon_i$$

Modelde yer alan bağımlı ve açıklayıcı değişkenler Tablo 16'da verilmiştir;

Tablo 16: Bağımlı ve Bağımsız (Açıklayıcı) Değişkenler

Bağımlı Değişken	
ln_yenit:	Yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi (GWh)
Bağımsız (Açıklayıcı) Değişkenler	
tarife:	Yenilenebilir elektrik üretimi için uygulanan tarife garantisi teşvik mekanizması
kota:	Yenilenebilir elektrik üretimi için uygulanan kota yükümlülüğü teşvik mekanizması
ihale:	Yenilenebilir elektrik üretimi için uygulanan ihale teşvik mekanizması
vergi:	Yenilenebilir elektrik üretimi için uygulanan vergisel teşvik mekanizması
ln_komur:	Kömürden üretilen elektrik enerjisi (GWh)
ln_petrol:	Petrolde üretilen elektrik enerjisi (GWh)
log_gaz:	Doğal gazdan üretilen elektrik enerjisi (GWh)
ln_nukleer:	Nükleer enerjiden üretilen elektrik enerjisi (GWh)
ln_co2:	CO ₂ emisyonunun logaritması (Mt)
ln_gsyh:	Kişi başına düşen GSYH (Dolar)

3.4.1. Bağımlı Değişken

Analizde bağımlı değişken olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi miktarının logaritmik değeri alınmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin payı hesaplanırken hidroelektrik, jeotermal, güneş, gelgitler ve dalga, rüzgâr, biyokütle ve biyoyakıt üretim miktarlarının toplamından faydalanılmıştır. Çalışmada ele alınan ülkeler yukarıda sayılan yenilenebilir enerji kaynaklarının hangilerinden faydalanmışsa bunların tamamının toplamı bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Bağımlı değişkenin değeri GWh cinsinden hesaplanmıştır. Literatürde yenilenebilir enerjiyi temsil eden bağımlı değişken farklı şekillerde kullanılmıştır. (Dong 2012), Bolkesjø vd. (2014), Liu vd. (2019b), Menz ve Vachon (2006) ve Polzin vd. (2015) kurulu yenilenebilir enerji kapasitesini kullanırken, Carley (2009), Aguirre ve Ibikunle (2014), Marques vd. (2010) ve Marques ve Fuinhas (2011) yenilenebilir enerjinin toplam enerji arzı içerisindeki payını kullanmıştır. Kilinc-Ata (2016) ve Shrimali ve Kniefel (2011) yenilenebilir enerjinin toplam enerji kapasitesi içindeki payını, Jenner vd. (2013) ve Zhang (2013) ek enerji üretim kapasitesini ve son olarak Carley (2009) ve Nicolini ve Tavoni (2017) yenilenebilir enerji üretim miktarını kullanmıştır. Bu çalışmada, literatürden hareketle yenilenebilir enerji üretim miktarının kullanılması tercih edilmiştir. Ayrıca yıl bazında en güncel veri setinin yenilenebilir enerji üretim miktarına ait olması da bu kararı etkilemiştir.

Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikaları temel olarak üç alanda kullanılmaktadır. Bunlar elektrik enerjisi, ulaşım ve ısıtmadan oluşmaktadır. Teşvik politikaları esasen ilk olarak

elektrik enerjisi üretimi için başlatılmış olup ulaşım ve ısıtma alanında teşvik uygulamaları çok daha yakın tarihlerde uygulanmaya başlanmıştır. Yenilenebilir ısı ve ulaşımaya yönelik teşvik politikaları özellikle Birleşik Krallık'ta daha yaygın görülmekle birlikte bu konuda birçok ülke henüz ciddi bir girişimde bulunmamıştır. Dünya genelinde, devletlerin yenilenebilir teşvik politikalarına öncelikli olarak elektrik üretimi üzerinden başlaması nedeniyle, günümüzde halen teşvik politikalarındaki ağırlık elektrik enerjisi üretimi üzerindedir. Bu nedenle çalışmada bağımlı değişken yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik enerjisi miktarı olarak alınmıştır. Bu veri, IEA veri tabanından elde edilmiş ve doğal logaritması alınarak analize eklenmiştir.

3.4.2. Bağımsız (Açıklayıcı) Değişken

Çalışmada yer alan temel açıklayıcı değişkenler; dört yenilenebilir enerji teşvik mekanizması olan tarife garantisi, kota sistemi, ihale yöntemi ve vergisel teşviklerdir. Analizde, tarife garantisi, kota yükümlülüğü, ihale yöntemi ve vergisel teşvikleri kullanabilmek için kukla değişkenler oluşturulmuş ve her bir teşvik mekanizması kukla değişkenle gösterilmiştir. Seçilen teşvik mekanizması ilgili yılda ilgili ülkenin ana teşvik mekanizması ise 1, değilse 0 değerini almıştır. Eğer ilgili ülkede bir yılda birden fazla ana teşvik mekanizması kullanılmışsa, her bir ana teşvik mekanizmasını temsil eden ilgili kukla değişkenler 1 olarak kodlanmıştır. Modelde kullanılacak olan teşvik yöntemlerine ilişkin veri seti her bir ülkenin enerji gelişim raporlarından yıllık olarak derlenmiştir.

Yukarıda sayılan temel açıklayıcı değişkenler yanında, kontrol değişkeni olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına alternatif olan ikame enerji kaynakları da modele eklenmiştir. Bu açıklayıcı değişkenler nükleer ve termik (kömür, doğalgaz ve petrol) enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Çalışmada, kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji kaynaklarından elektrik üretim miktarlarının doğal logaritması alınarak kontrol değişkeni olarak modele dahil edilmiştir. Ancak nükleer enerjinin çalışmada ele alınan bazı ülkelerde olmaması nedeniyle veri setinde sıfır değerini alması, kurulan modelde dengesizliğe neden olduğundan nükleer enerjinin kontrol değişkeni olarak kullanılmasından vazgeçilmiştir. Literatürde, fosil yakıt tüketiminin yüksek olması nedeniyle, ülkelerin fosil yakıtların neden olduğu iklim değişikliği, hava kirliliği gibi önemli çevre sorunlarının önüne geçmek için yenilenebilir kaynak kullanımına yöneleceği varsayılmaktadır (Carley, 2009; Marques ve Fuinhas, 2011; Marques vd., 2010; Kılınç-Ata, 2016). Bu nedenle termik kaynaklar, yenilenebilir enerji üzerinde olumlu etkisi olacağı düşünülerek çalışmaya dahil edilmiştir. Termik kaynaklara ilişkin veriler IEA veri tabanından elde edilmiştir.

Modele çevresel bir açıklayıcı değişken olarak dahil edilen bir diğer kontrol değişkeni CO₂ emisyonudur. Yıllık metrik ton (Mt) cinsinden CO₂ emisyonunun logaritması alınarak modele eklenmiştir. CO₂ emisyonun yenilenebilir enerji kapasitesi üzerindeki etkisinin pozitif olması beklenmektedir. Çünkü daha yüksek CO₂ seviyeleri, çevre sorunları ve sürdürülebilirlik konusunda

siyasi otoriteler üzerinde baskı oluşturmaktadır. Gerek karbon emisyonlarını azaltma ihtiyacı gerekse küresel ısınmayla mücadele çabaları göz önüne alındığında, ülkelerin, havaya CO₂ salmayan ya da başka atık ürünler üretmeyen yenilenebilir kaynaklara yönelmesi beklenmektedir (Kılınç-Ata, 2016:86). CO₂ emisyonunun yenilenebilir enerji üzerinde pozitif bir etkiye sahip olacağı varsayımı Kılınç Ata (2016), Marques ve Fuinhas (2011), Marques vd. (2010) ve Sadorsky'nin (2009) çalışmaları ile uyumludur. CO₂ emisyonuna ilişkin veriler IEA veri tabanından elde edilmiştir.

Ekonomik bir kontrol değişkeni olarak gelirin yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini incelemek üzere GSYH analize dahil edilmiştir. GSYH'nin yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki etkisi literatürde yaygın olarak test edilmekte olup (Carley, 2009; Marques vd., 2010; Marques ve Fuinhas, 2011; Shrimali ve Kniefel, 2011; Dong, 2012; Jenner vd., 2013; Zhao vd., 2013; Kılınç-Ata, 2016; Kersey vd., 2021), GSYH çalışmalarda genellikle GSYH'deki büyüme ya da kişi başına düşen GSYH olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır. Kişi başı GSYH bir nüfusun yaşam standardı ile ilgiliyken, GSYH'deki büyüme mutlak ekonomik büyüme ile ilgilidir. Bu çalışmada elektrik kullanımı ile yaşam standardı arasındaki ilişkiden hareketle kişi başına düşen GSYH kullanılmıştır. GSYH veri seti 2015 sabit fiyatlı dolar cinsinden, Dünya Bankası veri tabanından alınmıştır. Bu varsayım iki nedenden dolayı tercih edilmiştir. Birincisi, daha yüksek bir gelir düzeyi, yüksek düzenleyici maliyetlere katlanmak için daha büyük bir potansiyel anlamına gelir (hem daha yüksek fiyatlara hem de vergiler gibi maliyetlere neden olabilir); ve ikincisi, daha fazla gelir, sürdürülebilir çevresel alternatifleri uygulamak ve teşvik etmek için daha fazla kaynak ve daha fazla yenilenebilir enerji kullanımı anlamına gelir (Marquez, 2010:6879).

Panel veri modelinde yer alması planlanan nükleer enerji değişkeni, kurulan modelde dengesizliğe neden olduğundan modelden çıkarılmış ve model aşağıdaki şekilde son halini almıştır.

$$\ln_yenit = \beta_0 + \beta_1tarifeit + \beta_2kotait + \beta_3ihaleit + \beta_4vergiit + \beta_5komurit + \beta_6petrolit + \beta_7gazit + \beta_8log_co2it + \beta_9gsyhit + \epsilon_i$$

Kurulan modele ilişkin panel veri analizi süreci aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

Tablo 17: Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Gözlem Sayısı:416 Grup Sayısı:16				
Değişken	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maximum
InYEN	11.526	1.196	7.659	14.605
InKomur	11.197	2.432	4.277	15.425
InPetrol	9.130	1.925	1.946	12.227
InGaz	10.897	2.018	4.682	14.328
InCo2	5.949	1.450	3.243	9.198
InGSYH	10.464	1.119	6.427	11.239

Tablo 17’de çalışmada kullanılan değişkenlere ait tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler kapsamında değişkenlere ait ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerler yer almaktadır. Çalışmada yer alan teşvik yöntemlerine ait veri seti 0 ve 1’den oluşan kukla değişkenlerden oluştuğu için tabloda bu değişkenlere ait tanımlayıcı istatistiklere yer verilmemiştir. Çalışmada kullanılan tüm birimler için zaman ve gözlem boyutu aynı olduğundan dengeli panel veri modeli tercih edilmiştir.

Tablo 18: Korelasyon Matrisi

	Kota	Tarife	İhale	Vergi	Kömür	Petrol	Doğalgaz	CO ₂	GSYH
Kota	1.000								
Tarife	-0.362	1.000							
İhale	-0.139	0.180	1.000						
Vergi	-0.167	-0.072	0.145	1.000					
Kömür	-0.182	0.193	-0.121	0.212	1.000				
Petrol	-0.118	0.027	0.203	0.218	0.733	1.000			
Doğalgaz	0.008	0.181	0.086	0.044	0.762	0.712	1.000		
CO₂	-0.073	0.051	-0.021	0.224	0.904	0.726	0.754	1.000	
GSYH	0.276	0.211	-0.134	-0.306	-0.382	-0.301	-0.106	-0.392	1.000

Korelasyon matrisi, değişkenlerin birbiriyle olan ilişkilerini ortaya koymaktadır. Korelasyon matrisinde her bir ikili vektör ilişkisi için -1 ile 1 arasında değer verilmektedir. Bu değer 1’e yakınsa korelasyonuna bakılan iki veri vektörü arasında güçlü bir doğru orantı, -1’ e yakınsa güçlü bir ters orantı vardır denilmektedir. Eğer korelasyon değeri 0’ a yakın ise veriler arasında lineer bir ilişkiden söz edilmemektedir. Bağımsız değişkenler arasında ortaya çıkacak güçlü bir ilişki çoklu

doğrusallık sorununa neden olmaktadır. Değişkenlere ilişkin korelasyon matrisinin verildiği Tablo 18'e göre bağımsız değişkenler arasındaki ilişki zayıf olarak gözükmektedir. Ayrıca, CO₂ ile kömür, petrol ve doğalgaz arasında beklendiği gibi doğru orantı olduğu görülmektedir.

Tablo 19: Pesaran CADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Düzy		Fark	
	İstatistik	Olasılık	İstatistik	Olasılık
lnYEN	-2,505	0,001***	-	-
lnKomur	-0,943	1,000	-3,305	0,000***
lnPetrol	-1,307	0,966	-3,517	0,000***
lnDgaz	-2,199	0,032**	-	-
lnCco2	-1,394	0,929	-3,0059	0,001***
lnGSYH	-1,473	1,000	-2.822	0.014**

Not: *, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerin ifade etmektedir. Gecikme uzunlukları Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir.

Birim kök zaman serisindeki stokastik bir eğilim olup durağan bir süreçteki fark olarak da adlandırılmaktadır. Bir zaman serisinin birim kökü varsa sahte regresyon gibi öngörülemeyen sistematik bir yapı göstereceğinden birim kök testleri yoluyla seri içerisindeki durağanlık test edilmektedir. Tablo 19'da çalışmada kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenlere ilişkin panel birim kök testi sonuçları verilmektedir. Çalışmada yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testi olan, Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF (Cross-sectional Augmented Dickey Fuller) Birim Kök Testi uygulanmış, gecikme uzunlukları Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. Yenilenebilir enerji ve doğalgaza ilişkin veriler düzeyinde durağan bulunurken, kömür, petrol, CO₂ ve GSYH'ye ilişkin veriler birinci farkında durağan bulunmuştur.

Tablo 20: Tesadüfi Etkiler Panel Veri Modeli ve Sabit Etkiler Panel Veri Modeli

Bağımlı Değişken: lnYEN		Gözlem Sayısı: 400							
		Tesadüfi Etkiler Modeli				Sabit Etkiler Modeli			
Değişkenler	Katsayılar	Std.			P> t	Std.			P> t
		Hata	T			Hata	T		
Sabit Terim	9.485	0.354	26.79	0.000		9.467	0.292	32.45	0.000
Kota	0.288	0.083	3.46	0.001		0.282	0.082	3.42	0.001
Tarife	0.500	0.068	7.33	0.000		0.530	0.067	7.91	0.000

Tablo 20 (Devamı)

Tesadüfi Etkiler Modeli					Sabit Etkiler Modeli			
Değişkenler	Katsayılar	Std.			Katsayılar	Std.		
		Hata	T	P> t		Hata	T	P> t
İhale	0.553	0.097	5.72	0.000	0.562	0.099	5.86	0.000
Vergi	0.180	0.089	2.02	0.044	0.184	0.089	2.07	0.039
Petrol	0.001	0.081	0.02	0.986	0.001	0.079	0.01	0.989
Kömür	-0.570	0.121	-4.70	0.000	-0.575	0.118	-4.87	0.000
Doğalgaz	0.140	0.028	4.98	0.000	0.141	0.028	4.97	0.000
CO ₂	-0.010	0.121	-0.09	0.931	-0.010	0.118	-0.09	0.929
GSYH	-1.958	0.824	-2.38	0.017	-2.083	0.804	-2.59	0.010
R ² : 0.3803					R ² : 0.3806			

Yukarıda verilen sabit etkiler ve tesadüfi etkiler panel veri modellerinden, hangi regresyon modelinin seçileceğini belirlemek üzere Hausman Testi kullanılmıştır. Hausman test istatistik sonuçlarına göre regresyon modelinin sabit mi yoksa tesadüfi mi olacağına karar verilmektedir. Hausman test istatistiği hipotezleri aşağıdaki şekildedir.

H0: Tesadüfi etkiler modeli uygundur.

H1: Sabit etkiler modeli uygundur.

Tablo 21: Hausman Test İstatistiği Sonuçları

Test	Ki Kare	Ki Kare S. D.	Olasılık Değeri
Hausman Testi	30.789	9	0.000

Tablo 21'e göre Hausman test istatistiği olasılık değerinin 0.000 olduğu görülmektedir. Olasılık değeri 0,05'ten küçük olduğundan tüm anlamlılık düzeyleri için H0 hipotezi reddedilmektedir. Dolayısıyla, yapılan analizler sonucunda uygun modelin sabit etkiler modeli olacağına karar verilmiştir.

Sabit etkiler modelinden elde edilen sonuçların sapmasız ve tutarlı olabilmesi için yatay kesit bağımlılığı, değişen varyans ve otokorelasyonun test edilmesi ve düzeltilmesi gerekmektedir. Modelin bu üç unsuru taşıması halinde regresyon değerleri gerçek değerleri göstermeyecektir. Sayılan bu üç unsurun tespiti için aşağıda uygun bulunan testler uygulanmıştır.

Tablo 22: Yatay Kesit Bağımlılığı Testleri

Test	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Breusch-Pagan Test	646.879	0,000
Pesaran CD Test	12.003	0,000
Friedman Test	98.617	0,000

Hausman Testi sonucu uygun bulunan sabit etkiler modelinde, yatay kesit bağımlılığının var olup olmadığı test edilmiş olup, sonuçlar Tablo 22’de gösterilmiştir. Ampirik bir analizde, değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığı bulunması durumunda elde edilen sonuçlar etkilenmektedir. Çalışmada yatay kesit bağımlılığını test etmek üzere Breusch-Pagan Testi, Pesaran CD Testi ve Friedman Testi uygulanmış olup, testlere ait olasılık değerlerinin %5’ten küçük olması modelde yatay kesit bağımlılığı olduğunu göstermektedir.

Tablo 23: Değişen Varyans Testi

Test	Ki Kare	Ki Kare S. D.	Olasılık Değeri
Wald Test	339.56	16	0.000

Sabit etkiler modelinde değişen varyans probleminin tespiti için Değiştirilmiş Wald Testi kullanılmıştır. Tablo 23’e göre 0.000 olarak verilen olasılık değeri 0.01’den küçük olduğundan modelde değişen varyans sorunu bulunmaktadır.

Tablo 24: Otokorelasyon Testleri

Test	Test İstatistiği
Durbin-Watson Testi	0.350
Baltagi-Wu LBI Testi	0.497

Son olarak, sabit etkiler modelinde otokorelasyon sorununun olup olmadığını test etmek üzere Durbin-Watson Testi ve Baltagi-Wu LBI Testi uygulanmıştır. Tablo 24’e göre yapılan testler sonucunda bulunan test istatistiği değerleri 0.350 ve 0.497 olup, 2’den küçük olduğundan 1.derece pozitif otokorelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Yukarıda yapılan testler sonucunda kurulan sabit etkiler modelinde yatay kesit bağımlılığı, değişen varyans ve otokorelasyon sorunu olduğu bulunmuştur. Bu durumda, yapılan testin güvenilirliği azalmakta ve tahmin sonuçları hatalı olabilmektedir. Tahmin edilen panel veri modelinde yatay kesit bağımlılığı, değişen varyans veya otokorelasyondan en az biri varsa, parametre tahminlerine dokunulmadan standart hatalar düzeltilmeli diğer bir deyişle dirençli standart hatalar elde edilmeli ya da varlıkları halinde uygun yöntemlerle tahmin yapılmalıdır

(Tatoğlu, 2012:241) Bu çalışmada, kurulan sabit etkiler modelini yatay kesit bağımlılığı, değişen varyans ve otokorelasyon sorunlarından arındırmak üzere Driscoll – Kraay dirençli standart hatalar modeli kullanılmıştır.

Tablo 25: Driscoll-Kraay Robust Panel Veri Modeli Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: lnYEN				F (9,15) = 28.02		
Gözlem Sayısı: 400				Prob> F = 0,0000		
Değişkenler	Katsayılar	Drisc/Kraay Std. Hata	T	P> t	%95 Güven Aralığı	
Sabit Terim	9.420	0.233	40.41	0.000	8.923	9.917
Kota	0.352*	0.115	3.08	0.008	0.108	0.596
Tarife	0.539*	0.079	6.84	0.000	0.371	0.706
İhale	0.552*	0.077	7.16	0.000	0.388	0.717
Vergi	0.240*	0.064	3.74	0.002	0.103	0.377
Petrol	0.0797	0.086	0.93	0.368	-0.103	0.263
Kömür	-0.429**	0.217	-1.97	0.067	-0.893	0.034
Doğalgaz	0.1375*	0.023	5.86	0.000	0.087	0.187
CO ₂	-0.023	0.105	-0.22	0.829	-0.246	0.200
GSYH	-2.396	1.602	-1.50	0.156	-5.811	1.019
R ² : 0.3838						

Not: * ve ** sırasıyla %5 ve %10 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 25'te Driscoll-Kraay tahmincisi yardımıyla tahmin edilen sabit etkiler modeline ait tahmin sonuçları verilmektedir. F istatistiğine ait olasılık değeri 0.000 olup, modelin bütün olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Tablo geneline bakıldığında, çalışmada seçilen yenilenebilir enerji potansiyeli ve kurulu gücü yüksek 16 ülkeye ait 1995-2020 yılları arasındaki verileri kullanarak oluşturulan modelde yer alan kota yükümlülüğü, tarife garantisi, ihale yöntemi, vergisel teşvikler, kömür üretimi ve doğalgaz üretimi değişkenlerine ve model sabitine ait katsayıların %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan R² değerine bakıldığında bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkeni yaklaşık %38 oranında açıkladığı görülmektedir.

Tabloda verilen katsayılar, bağımsız değişkenlerden her birinin diğer değişkenler sabitken, bağımlı değişken olan yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik enerjisini açıklama düzeyini göstermektedir. Öncelikle, temel açıklayıcı değişkenler olan kota yükümlülüğü, tarife garantisi, ihale yöntemi ve vergisel teşvikler ile yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik enerjisi arasındaki ilişki şu şekildedir. Yenilenebilir enerjiye uygulanan teşvik politikalarından **kota yükümlülüğünde** %1'lik bir artış meydana geldiğinde yenilenebilir elektrik üretimini yaklaşık %35 artırmaktadır. Kota yükümlülüğü değişkenine ait olasılık değeri 0.008 olduğundan kota yükümlülüğü ile

yenilenebilir elektrik üretimi arasındaki bu doğrusal ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir. **Tarife garantisinde** %1’lik bir artış olduğunda yenilenebilir elektrik üretimi yaklaşık %54 artmaktadır. Tarife garantisi değişkenine ait olasılık değeri 0.000 olduğundan tarife garantisi ile yenilenebilir elektrik üretimi arasındaki doğrusal ilişki de istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır. **İhale yönteminde** meydana gelen %1’lik bir artış, yenilenebilir elektrik üretimini yaklaşık %55 artırmaktadır. İhale yöntemi değişkenine ait olasılık değeri 0.000 olup ihale yöntemi ile yenilenebilir elektrik üretimi arasındaki doğrusal ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır. Aynı şekilde **vergisel teşviklerde** meydana gelen %1’lik bir artış, yenilenebilir elektrik üretimini yaklaşık %24 artırmaktadır. Vergisel teşvik değişkenine ait olasılık değeri 0.002 olduğundan vergisel teşvikler ile yenilenebilir elektrik üretimi arasındaki doğrusal ilişki istatistiksel olarak anlamlı olmaktadır.

Model kurulurken, modele ikame değişkenler olarak eklenen nükleer, kömür, petrol ve doğalgazdan elektrik üretimi ile yenilenebilir enerjiden üretilen elektrik enerjisi arasındaki ilişkinin negatif yönlü olduğu varsayımından hareket edilmiştir. Diğer bir deyişle yenilenebilir enerji kullanımındaki artışın sayılan bu dört yenilenemeyen enerji kaynağının kullanımını azaltacağı varsayılmıştır. Çalışmada ele alınan ülkelerin bazılarında nükleer enerji kullanılmamaktadır. Veri seti oluştururken bu ülkelerde nükleer enerji sıfır değerini almış ve kurulan modelde dengesizliğe neden olmuştur. Bu nedenle nükleer enerji modelden çıkarılmış, ikame değişken olarak kömür, petrol ve doğalgaz ile devam edilmiştir. Tablo 24’e göre kömürden elektrik üretimindeki %1’lik bir artışın yenilenebilir elektrik üretimini yaklaşık %43 azalttığı görülmektedir. Kömür değişkenine ait olasılık değeri 0.067 olup %10’dan küçük olduğundan kömürden üretilen elektrik ile yenilenebilir elektrik üretimi arasında negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Petrolden elektrik üretimindeki %1’lik bir artışın yenilenebilir elektrik üretimini yaklaşık %0,8 artırdığı görülmektedir. Ancak, petrol değişkenine ait olasılık değeri %5’ten büyük olduğundan petrol değişkeninin etkisi istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu nedenle petrolün yenilenebilir enerji üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Öte yandan doğalgazdan elektrik üretimindeki %1’lik bir artışın yenilenebilir elektrik üretimini yaklaşık %14 artırdığı gözlemlenmektedir. Elde edilen bu etki doğalgaza ait 0.000 olasılık değeri nedeniyle istatistiksel olarak anlamlı gözükmemektedir. Literatürde fosil enerji kaynaklarından bir tanesi olması nedeniyle, doğalgaz ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişkinin negatif yönlü olması beklenmektedir. Ancak doğalgaz, esas olarak, petrol ve kömüre kıyasla, yakıldığında daha az miktarda²³ karbondioksit ve azot oksitler, kükürt dioksit ve partiküller gibi diğer zararlı maddeleri yayan metan gazından oluşmaktadır. Ayrıca, kömür ve petrol gibi diğer fosil kaynaklara göre rekabet gücü ve

²³Doğalgazla elektrik üretiminin başlıca çevresel endişelerinden biri, önemli miktarda CO₂ üretmesidir. Bununla birlikte, CO₂ emisyonu, geleneksel doğalgaz yakma türbinlerinin, doğal gaz kombine çevrim santralleri, yakıt hücreleri, mikro türbinler ve hibrit yakıt hücresi/ısı motoru tesisleri gibi en son teknoloji gelişmiş doğalgaz enerji üretim teknolojileriyle değiştirilmesiyle azaltılabilir (Mac Kinnon vd., 2018). Güç üretiminde düşük karbon ve yenilenebilir enerjiyle birlikte gelişmiş doğal gaz dönüştürme teknolojileri ve ayrıca karbon yakalama ve depolama teknolojisi CO₂ emisyonunu daha da azaltabilecektir (Bui vd., 2018).

yenilenebilir enerjinin entegrasyonunu desteklemesi nedeniyle hangi ülke olursa olsun, sürdürülebilir bir yenilenebilir enerji geçişi için en uygun alternatif enerji kaynağıdır (Mohammad vd., 2021:3). Öte yandan, yenilenebilir enerjinin yanında doğalgazın da 2015'te kabul edilen Paris Anlaşması uyarınca sürdürülebilir bir enerji sistemine geçişte sera gazının önemli ölçüde azaltılmasına katkıda bulunduğu bilinmektedir. Elektrik üretimi için kömürün doğrudan doğalgazla değiştirilmesinin sera gazı emisyonlarını muazzam ölçüde azalttığına ilişkin çalışmalar mevcuttur (Mac Kinnon vd., 2018; Tong vd., 2015). Güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının dalgalı üretim yapısı karşısında doğalgaz, enerji talebindeki dalgalanmalara hızlıca cevap verebilecek esnek yapısı sayesinde yenilenebilir enerjinin entegrasyon sürecini kolaylaştırmaktadır (Huang vd., 2019). Sürdürülebilir bir yenilenebilir enerji entegrasyonunda doğalgaz literatürdeki beklentinin aksine pozitif etki yapmaktadır. Bu nedenle çalışmada elde edilen doğalgaz ile yenilenebilir elektrik üretimi arasındaki pozitif ve anlamlı ilişkisi güncel çalışmalar ile uyumludur.

Modele çevre değişkeni olarak eklenen CO₂ emisyonu ile yenilenebilir arasındaki ilişkinin pozitif ve anlamlı olacağı hipotezinden hareket edilmiştir. Zira literatürde CO₂ emisyonundaki artışa bağlı olarak, karbon miktarını azaltmak üzere yenilenebilir enerji üretiminin artırıldığı şeklinde çalışmalar bulunmaktadır. Ancak analizden elde edilen bulgulara göre, CO₂ emisyonundaki %1'lik bir artışın yenilenebilir elektrik üretimini yaklaşık %23 azalttığı gözlemlenmesine rağmen olasılık değerinin 0.829 olması nedeniyle bu ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Son olarak modele ekonomi değişkeni olarak kişi başına düşen GSYH eklenmiştir. Literatürde GSYH'nin yenilenebilir enerji üzerindeki etkisini, pozitif veya negatif bulan çalışmalar bulunmaktadır. Bir kısım çalışmalarda ise GSYH'nin yenilenebilir enerji üzerinde herhangi bir etkisi bulunamamıştır. Bu çalışmada GSYH'nin yenilenebilir enerji üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisinin olması beklenmiştir ancak 0.156 olasılık değeri nedeniyle istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Yenilenebilir enerjiye yönelik düzenleyici ve mali teşviklerin etkinliğini ölçmek üzere yapılan bu ekonometrik analizde, çalışmaya başlarken oluşturulan hipoteze uygun olarak teşvik politikalarının, yenilenebilir enerjiyi pozitif yönde etkilediği sonucu elde edilmiştir. Diğer bir deyişle, yenilenebilir enerjiye uygulanan teşvik politikaları yenilenebilir enerji üretimini artırmaktadır. Ne var ki, uygulanan düzenleyici teşvik politikalarının mali teşvik politikalarına kıyasla daha etkili olduğu sonucu elde edilmiştir. Analize konu olan ülkelerin her biri ele alınan dönem içerisinde yenilenebilir enerjiye vergi muafiyeti veya istisnası, hibeler, vergi kredileri ve sermaye sübvansiyonları gibi birçok şekilde mali teşvik uygulamıştır. Ancak, sayılan bu mali teşviklerin hiçbiri yenilenebilir enerjiye özel bir uygulama değildir. Yenilenebilir enerji yatırımı/üretimi de sayılan ülkelerdeki diğer yatırım/üretim faaliyetleriyle aynı mali teşviklerden faydalandırılmıştır. Oysa, yenilenebilir enerji kaynaklarının iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolü

göz önünde bulundurulduğunda yenilenebilir enerjiye yönelik mali teşviklerin daha özenli ve spesifik olması yerinde olacaktır.

Ampirik analize göre seçilen ülkelerde uygulanan vergisel teşviklerin yenilenebilir enerjiyi etkileme gücü %24 oranındadır. Öte yandan, ihale yöntemi %55, tarife garantisi %54 ve kota yükümlülüğü %35 oranında yenilenebilir enerji yatırımlarını/üretimini artırmaktadır. Sayılan teşvik yöntemlerinin etkili olabilmesi için öncelikle yatırımcıları yatırım konusunda cesaretlendirmesi gerekmektedir. İhale yönteminin son yıllarda çokça tercih edilir olması gerek yatırımcılar tarafından yüksek kârlar elde etmesini sağlayacak gerekse yenilenebilir enerji üretimini artıracak rekabetçi ortamı sağlamasından kaynaklanmaktadır. Tarife garantisi politikaları her ne kadar eskiden beri uygulanmakta olsa da yeterli üretimi ve geliri garanti edebilecek doğru tarife fiyatının belirlenmesinde yaşanan güçlükler nedeniyle yenilenebilir yatırım kararlarını etkilemede yetersizdir. Bu nedenle bazı ülkeler tarife garantisi politikalarına aşamalı olarak son vermektedirler. Aynı şekilde yenilenebilir enerji üretimini teşvik edebilecek doğru kota miktarının belirlenmesinde yaşanan sorunlar nedeniyle, kota yükümlülüğü politikası yenilenebilir enerji yatırımlarını/üretimini etkilemekte yetersizdir.

Çalışmada ele alınan ülkelerde iklim değişikliğiyle mücadele etmek üzere karbon emisyonlarının azaltılması, hatta 2050 yılına kadar karbon emisyonunun tamamen sıfırlanması üzerine hedefler koyulmuştur. Bu hedeflere ulaşırken karbon emisyonuna neden olan yakıtların kullanımından vazgeçilerek çevreye karbon yaymayan temiz kaynakların kullanılması birincil çözüm yoludur. Bu durumda sıfır karbon emisyonu hedefine ulaşabilmek için toplam enerji tüketiminin yenilenebilir enerji kaynaklarıyla giderilmesi gerekmektedir. Bu konuda ulusal ve uluslararası kuruluşlara düşen görev, yenilenebilir enerji üretimini ve tüketimini hızlı şekilde artıracak daha etkili politikaların üretilmesi ve uygulanmasıdır. Aynı şekilde, devletlere düşen görev vergilendirme yetkisini en iyi şekilde kullanarak yenilenebilir enerjiyi daha etkin şekilde teşvik edecek yenilenebilir enerji özelinde vergisel teşvik politikalarının uygulamaya koyulmasıdır. Devletlerin vergilendirme yetkisini kullanarak temiz enerji özelinde vergisel muafiyet ve istisnalar getirerek yenilenebilir enerji üretimini hızlandırması yerinde olacaktır. Ayrıca ülkede uygulanan teşvik politikalarından hangisinin daha etkili olduğunun tespit edilmesi ve etkin teşvik politikasının geliştirilmesi de devletlere düşen bir diğer görevdir. Etkili olmayan teşvik politikalarının ise neden etkin olmadığı araştırılarak bu konudaki eksiklerin giderilmesiyle de politikalar yenilenebilir enerji üretiminin/tüketiminin artırılması konusunda daha verimli hale getirilebilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Geçmişten günümüze özellikle sanayileşmeyle birlikte insan yaşamının neredeyse her alanını etkileyen enerji, politika yapıcılarının önemle üzerinde durması gereken bir konudur. Küresel nüfus artışı ve hızlı ekonomik büyüme, üretim ve tüketim amaçlı enerji talebinin de hızlı şekilde artmasına neden olmaktadır. İçinde bulunduğumuz çağın standartlarına uygun yaşamak üzere ulaşım, ısıtma, soğutma, pişirme, aydınlatma ve sıcak su ihtiyacını karşılama gibi gereksinimlerle yoğun şekilde enerji tüketilmektedir. Öte yandan sanayi sektörü ve elektrik sektöründe de enerji kullanımı çok yüksek miktardadır. Bahsedilen bu alanlarda kullanılan enerji genellikle kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil kaynaklardan elde edilmektedir. Ancak, ulusal ve uluslararası bazı kuruluşlar, bir yandan çeşitli nedenlerle fosil kaynak kullanımını azaltmayı hedeflerken bir yandan da enerji talebini karşılayacak farklı enerji kaynakları arayışına girmiştir. Fosil kaynaklar gezegende sınırlı miktarda var olduğundan yakın gelecekte tükenmesi muhtemel enerji kaynaklarıdır. Öte yandan fosil kaynaklar, kullanımı esnasında başta karbondioksit olmak üzere bünyesinde bulundurduğu çeşitli zararlı gazları çevreye salmaktadır. Salınan bu zehirli gazlar çağımızın en büyük çevre problemi olan küresel ısınmaya dolayısıyla da iklim değişikliğine neden olmaktadır. Ayrıca, yakın geçmişte yaşanan fosil kaynakların neden olduğu felaketler nedeniyle birçok ülke yönetimi, derhal fosil yakıt kullanımını azaltarak insan sağlığını tehdit eden felaketlere neden olmayacak alternatif enerji kaynaklarına yönelme kararı almıştır. Bahsedilen problemlere çözüm olarak enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir kaynaklara başvurulmuştur.

Yenilenebilir enerji güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidroenerji ve deniz enerjisi gibi doğada kendiliğinden var olan kaynaklardan elde edilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları fosil kaynakların aksine zamanla tükenmemekte ve sera gazı yaymamakta veya çok az miktarda sera gazı emisyonuna neden olmaktadır. Her ne kadar fosil kaynakların neden olduğu olumsuzluklarla baş etmek üzere alternatif olarak yenilenebilir enerji kullanımı tercih edilse de yenilenebilir enerjinin telafi edici etkisini görmek henüz mümkün değildir. Zira, yenilenebilir enerji kullanımı henüz yakın tarihlere dayanmaktadır. Öyle ki, çevre sorunlarıyla mücadele amacıyla yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılmasına ilişkin bilinen ilk uluslararası çalışma 1992 yılında imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile gerçekleşmiştir.

Yenilenebilir enerji kullanımında geç kalınmasına neden olan birincil faktör mali zorluklardır. Çünkü, girişimciler için herhangi bir yenilenebilir kaynak tesisini kurmanın maliyetleri oldukça yüksektir. Böyle yüksek bir maliyete katlanıp tesis kurulsa bile projenin kendini finanse etmesi garanti edilemediğinden yatırım kararları olumsuz olmuştur. Bu noktada

yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik etmek üzere politika yapıcılara büyük görevler düşmektedir. Buna göre, yenilenebilir enerji üretimini teşvik etmek için birçok ülke çeşitli düzenleyici ve mali teşvikler uygulamaktadır. Bu politikalar kurulum maliyetlerini azaltıcı nitelikteki vergisel teşvikler veya hibeler olabileceği gibi doğrudan devlet yatırımı şeklinde de olabilmektedir. Ayrıca, üretilen enerjinin en uygun fiyatla satılmasını garanti eden veya enerjinin satılması için enerji piyasaları oluşturan teşvikler de bulunmaktadır.

Çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik teşvik politikalarının yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Böylelikle, iklim değişikliğiyle mücadele konusunda önemli bir role sahip olan yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminin ve/veya tüketiminin güvenli bir şekilde artırılabilmesinde teşvik politikalarının mevcut durumu tespit edilerek, teşvik politikalarını iyileştirici yönde önerilerde bulunulabilir. Öte yandan yenilenebilir enerjiyi teşvik politikaları konusunda literatürde hem teorik hem de uygulamalı benzer çalışmalar bulunmakla birlikte bu çalışma, seçilen örneklem ve yöntem bakımından uygulamalı çalışmalar içerisinde yer almaktadır.

Çalışmada, yenilenebilir enerjiye yönelik teşviklerin, yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi üzerindeki etkisini incelemek üzere tarife garantisi, kota yükümlülüğü, ihale yöntemi ve vergisel teşviklere ait veriler kullanılarak tahmin edilen sabit etkiler modeline ait tahmin sonuçlarına göre sayılan dört teşvik politikasının yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi bulunmuştur. Diğer bir deyişle, sayılan teşvik politikalarından herhangi birisi veya birkaçı yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik ettiğinde yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi artmaktadır. Yapılan analize göre sayılan 16 ülkede, %55'lik bir etkiyle en başarılı teşvik politikası ihale yöntemi olmuştur. İhale yöntemini sırasıyla %54'lük etkiyle tarife garantisi, %35'lik etkiyle kota yükümlülüğü ve %24'lik etkiyle vergisel teşvikler izlemiştir.

Birçok ülke son yıllarda, teşvik politikası tercihinde ihale yöntemine öncelik vermeye başlamıştır. İhale yöntemi, rekabet ortamı sağlanarak en düşük maliyetle en yüksek çıktıyı projenin seçilmesine ortam hazırlanması bakımından politikacılar için diğer teşvik politikalarına kıyasla daha tercih edilir olmuştur. Kota yükümlülüğü ve vergisel teşviklere nazaran daha çok tercih edilen bir diğer teşvik politikası ise tarife garantisi olmuştur. Tarife garantisi politikası, ihale yöntemine göre daha eski ve daha yaygın olarak kullanılan bir teşvik politikasıdır. Ancak uygulamada, siyasi ve bürokratik zorluklar sebebiyle yatırım kararı alıracak uygun tarife fiyatları belirlenememektedir. Bu nedenle tarife garantisi uygulamasına bazı ülkeler kademeli olarak son vermektedir. Aynı şekilde kota yükümlülüğü politikalarında da kota miktarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Elektrik üretimini yenilenebilir hedeflere yöneltirken aynı zamanda elektrik fiyatlarını önemli ölçüde arttırmayacak bir kota miktarının belirlenmesi yerel maliyetler, geleneksel enerji kaynaklarının fiyatları ve teknolojik gelişmeler gibi birçok faktöre bağlı olduğundan oldukça güçtür. Uygulamada, belirlenen kota miktarları zaman zaman elektrik tedarik zincirinde yer alan

üreticilerin maliyetlerinin artmasına ve üreticiler arasındaki rekabet dengesinin bozulmasına neden olmuştur. Bu nedenle kota yükümlülüğü, her ne kadar tarife garantisi politikalarına göre uygulama bakımından daha az maliyetli olsa da uygun kota miktarının belirlenmesinde yaşanan sorunlar nedeniyle yenilenebilir enerjiyi teşvik etmesi bakımından tarife garantisine göre daha başarısız olduğu söylenebilir. Vergisel teşvikler, gerek yenilenebilir enerji üretimine sağlanan muafiyet ve istisnalarla, gerekse geleneksel enerji kaynaklarına vergileme yoluyla maliyet yükleyerek yenilenebilir enerji kaynaklarına rekabet üstünlüğü sağlamaktadır. Vergiler yoluyla yenilenebilir enerji üretiminde kullanılacak teknolojilerin maliyetleri düşürülerek yüksek kurulum maliyetleri iyileştirilmektedir. Ancak vergisel teşvikler, yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesi konusunda diğer teşvik politikalarına göre daha az başarılı olmuştur. Vergisel teşvik miktarı hükümet değişikliklerine bağlı olarak sık sık değiştiğinden yatırımcılar açısından güven sorununa neden olmaktadır. Öte yandan uygulanan vergisel teşvikler genellikle üretilen elektrik miktarına bağlı olarak belirlenmediğinden yatırım kararı alınmasında itici bir güç oluşturmamaktadır. Vergisel teşviklerle ilgili ciddi sıkıntılardan bir diğeri ise sadece yenilenebilir enerjiye özel bir vergi uygulamasının bulunmamasıdır. Aksine, yenilenebilir enerji kaynakları da diğer tüm yatırımlar gibi gelir vergisi, gümrük vergisi ve katma değer vergisi muafiyet ve istisnaları gibi genel vergi uygulamalarına tabi olmaktadır. Bu nedenle, vergisel teşviklerin yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesinde düzenleyici teşvik politikaları kadar etkili olmadığı söylenebilir.

Çalışmada ayrıca, kurulan modele kontrol değişkeni olarak eklenen fosil kaynakların yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Model bulguları, kömür ve doğalgazdan üretilen elektrik enerjisi ile yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi arasında beklenildiği gibi anlamlı bir ilişki bulmuştur. Kömür havaya en fazla karbon salan fosil kaynak olduğundan, yenilenebilir enerji kullanımına geçişte öncelikli olarak kullanımından vazgeçilmesi gereken enerji kaynağıdır. Bu nedenle yapılan analizde elde edilen kömür kullanımının yenilenebilir enerji üzerindeki %43'lük azalış etkisi gerçekte örtüşmektedir. Literatürde doğalgazdan elektrik üretimindeki artışın yenilenebilir elektrik üretimini azaltacağına ilişkin beklenti bulunmakla birlikte, yapılan güncel çalışmalar bunun aksini söylemektedir. Yapılan güncel çalışmalara göre doğalgaz, petrol ve kömürle kıyaslandığında çok daha az karbon emisyonuna neden olmaktadır. Net sıfır emisyon hedeflerini gerçekleştirirken enerji arzının devamlılığını en temiz kaynaklarla sağlamak üzere doğalgaz, yenilenebilir enerjiye geçişte köprü görevi görmektedir. Yani enerji arzını kesintiye uğratmadan, yenilenebilir enerji kurulumları %100 gerçekleşene kadar kömür ve petrol yerine daha az karbon yayan doğalgaz kullanılarak sürdürülebilir enerji geçişi sağlanabilir. Analizde elde edilen doğalgaz kullanımının yenilenebilir elektrik üretimi üzerindeki %14'lük pozitif etkisi güncel çalışmalarla örtüşmektedir.

Yapılan bazı ampirik çalışmalarda seçilen ülke gruplarına bağlı olarak teşvik politikalarının yenilenebilir enerji üretimi/tüketimi üzerinde etkisi olmadığı bulunurken, bazı çalışmalarda teşvik politikaların yenilenebilir enerji üretimi/tüketimi üzerinde itici güç olduğu sonucu elde edilmiştir.

Bu çalışma, seçilen ülke grubu itibarıyla teşvik politikalarının yenilenebilir enerji üretimi/tüketimi üzerinde etkili olduğunu öne süren çalışmalar arasında yer almaktadır.

Çalışmanın teorik altyapısını oluştururken yapılan literatür taraması sonrasında, yenilenebilir enerji özelinde herhangi bir vergisel teşvik olmadığı tespit edilmiştir. Aksine yenilenebilir enerji yatırımları da diğer tüm yatırım araçlarının faydalandırıldığı vergisel teşviklerden faydalandırılmaktadır. Oysa yenilenebilir enerji kaynaklarının, çağımızın en büyük problemi olan iklim değişikliği ile mücadeledeki görevi göz önünde bulundurulduğunda mali teşvik politikalarının süratle çoğaltılması gerekmektedir. Özellikle, yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarının faydalandırılabilceği bir vergisel teşvik politikası tasarlanabilir ve bu politika ülkelerin gelişmişlik seviyelerine göre kademelendirilerek uygulanabilir. Öte yandan yapılan ampirik analiz, seçilen ülke grubu açısından düzenleyici teşviklerin mali teşviklere kıyasla daha etkili olduğunu göstermiştir. Bu durum, ülkelerin yenilenebilir enerjinin teşvik edilmesinde düzenleyici politikalara mali politikalardan daha çok önem vermesinden kaynaklanmaktadır. Yapılan bu ampirik çalışmanın sonuçlarından hareketle denilebilir ki, iklim değişikliğiyle mücadele etmek üzere karbon nötr hedefler belirlenirken bunların aynı zamanda sağlam politikalara dayandırılması gerekmektedir. Çalışmada ele alınan bazı ülkelerin karbon nötr hedeflerin oldukça gerisinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle hükümetler, öncelikle düzenleyici teşvik politikalarını yeniden gözden geçirebilir ve uygulanan tarife garantilerini ve kota miktarlarını maksimum yenilenebilir enerji üretimi sağlayacak şekilde güncelleyebilirler. Zira uygulanan tarife fiyatları yenilenebilir enerji yatırımcılarının beklentisinin çok altında olabilmektedir. Aynı şekilde belirlenen kota miktarları üretici açısından ekstra maliyetlere neden olabilmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarına uygulanan teşvik politikalarının yenilenebilir enerji üretimini artıracak hipotezine dayanarak ekonometrik bir model oluşturulmuştur. Yapılan analiz neticesinde teşvik politikalarının yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu sonucu elde edilmiştir. Bu sonuç oluşturulan hipotez ile örtüşmektedir. Bu sonucun elde edilmesinde elbette seçilen ülke grubunun etkisi büyüktür. Çünkü seçilen ülke grubu gerek kurulu yenilenebilir enerji kapasitesi bakımından gerekse iklim değişikliği konusunda gösterilen çaba sayesinde teşvik politikalarına özen gösterilmesi bakımından başarılı ülkelere dönüşmektedir. Ülkelerin teşvik politikaları konusunda başarılı olmasının bir diğer sebebi de seçilen ülke grubunun gelişmişlik seviyesi bakımından genel olarak yüksek gelirli ülkeler ve üst-orta gelirli ülkelere dönüşmesidir. Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvik politikalarının inceleneceği yeni çalışmalarda, alt-orta gelirli ülkeler ya da düşük gelirli ülkeler gibi tamamen farklı bir gelir grubu seçilerek teşvik politikalarının yenilenebilir enerji üzerindeki etkisi ölçülebilir veya iki farklı gelir grubu seçilip, uygulanan teşvik politikalarının etkisi bakımından kıyaslanarak etkili politikalara sahip olmayan ülkeler için politikalar üretilir. Uygulanacak teşvik politikasının türü ve yenilenebilir enerjinin kaynağı bakımından veri setini farklılaştırarak da literatüre katkı yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Abolhosseini, Shahrouz ve Heshmati, Almas (2014), “The Main Support Mechanisms to Finance Renewable Energy Development”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 40(1), 876-885.
- Aguirre, Mariana ve Ibikunle, Gbenga (2014), “Determinants of Renewable Energy Growth: A Global Sample Analysis”, **Energy Policy**, 69(1), 374-384.
- Akdoğan, Abdurrahman (2011), **Kamu Maliyesi**, 14. B., Gazi Kitabevi, Ankara.
- Akimoto, Keigo (2022), **World Energy Outlook**, International Energy Agency, Paris.
- Alagappan, Lakshmi, Ren Orans ve Woo Chikeung (2011), “What Drives Renewable Energy Development?”, **Energy Policy**, 39(9), 5099-5104.
- Alalewi, Ahmad (2014), “Concentrated Solar Power”, **Higher Institute for Applied Science and Technology**, 1-37.
- Alvarez, Maria Teresa García ve Perez, Rosa María Mariz (2012), “Analysis of the Success of Feed-in Tariff for Renewable Energy Promotion Mechanism in the EU: Lessons from Germany and Spain”, **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, 65(1), 52-57.
- Alves, Elia Elisa Cia, Andrea Steiner, Marcelo de Almeida Medeiros ve Marcelo Eduardo Alves da Silva(2019), “From a Breeze to the Four Winds: A Panel Analysis of the International Diffusion of Renewable Energy Incentive Policies (2005–2015)”, **Energy Policy**, 125(1), 317-329.
- Anderson, V. Stanley (2022), “Denmark”, <https://www.britannica.com/place/Denmark> (05.10.2022).
- Anser, Khalid Muhammad, Muhammad Usman, Danish Iqbal Godil, Malik Shahzad Shabbir, Arshian Sharif, Mosab I. Tabash ve Lydia Bares Lopez (2021), “Does Globalization Affect the Green Economy and Environment? The Relationship between Energy Consumption, Carbon Dioxide Emissions, and Economic Growth, **Environmental Science and Pollution Research**, 28(1), 51105–51118.
- Anton, Sorin Gabriel ve Nucu, Anca Elena Afloarei (2020), “The Effect of Financial Development on Renewable Energy Consumption. A Panel Data Approach”, **Renewable Energy**, 147(1), 330-338.
- Appunn, Kerstine (2021), “The History behind Germany’s Nuclear Phase-out”, <https://www.cleaneenergywire.org/factsheets/history-behind-germanys-nuclear-phase-out> (12.10.2022).

- Appunn, Kerstine ve Wettengel, Julian (2022), “Easter Package: Germany’s Biggest Energy Policy Reform in Decades”, <https://www.nenergybusiness.com/features/easter-package-germany-energy-policy-reform/> (19.10.2022).
- Astariz, Sharay ve Iglesias, Gregorio (2015), “The Economics of Wave Energy: A Review”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 45(1), 397-408.
- Aurelius, James ve Dewar, John (2022), “Renewable Energy: Global Overview”, Milbank LLP, <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=b026878f-077d-4d9a-ab5c-d1ff981f95d8> (16.10.2022).
- Baltagi, Badi (2005), **Econometric Analysis of Panel Data**, 3rd e., John Wiley & Sons Inc., New York.
- Barbosa, Juliana (2020), “When is the Sun Going to Shine for the Brazilian Energy Sector? A Story of How Modelling Affects Solar Electricity”, **Renewable Energy**, 162(1), 1684-1702.
- Beck, Fred ve Martinot, Eric (2004), “Renewable Energy Policies and Barriers”, **Encyclopedia of Energy**, 365-383.
- Beerepoot, Milou ve Marmion, Ada (2012), **Policies for Renewable Heat: An Integrated Approach**, International Energy Agency, Paris.
- Bekiroğlu, Ozan (2011), “Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi”, **II. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi**, 5-9.
- Bellini, Emiliano (2022), “Norway Increases Support for Residential PV”, <https://www.pv-magazine.com/2022/02/02/norway-increases-support-for-residential-pv/> (12.06.2022).
- Berry, Trent ve Jaccard, Mark (2001), “The Renewable Portfolio Standard: Design Considerations and an Implementation Survey”, **Energy policy**, 29(4), 263-277.
- Bersalli, German, Philippe Menanteau ve Jonathan El-Methni (2020), “Renewable Energy Policy Effectiveness: A Panel Data Analysis across Europe and Latin America”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 133(1), 1-11.
- Bhattacharya, Sribas ve Jana, Chinmoy (2009), “Renewable Energy in India: Historical Developments and Prospects”, **Energy**, 34(8), 981-991.
- Bhattacharya, C. Subhes (2019), **Energy Economics**, 2nd e., Springer, Leicester.
- Bhushan, Chandra (2014), “Growth of Renewable Energy in India”, <https://www.downtoearth.org.in/news/growth-of-renewable-energy-in-india-43605> (15.10.2022).
- Bojek, Piotr (2022a), “Wind Electricity”, <https://www.iea.org/reports/wind-electricity> (11.08.2022).
- Bojek, Piotr (2022b), “Solar PW”, <https://www.iea.org/reports/solar-pv> (02.09.2022).

- Bolkesjø, Torjus Folsland, Petter Thørring Eltvig ve Erik Nygaard (2014), “An Econometric Analysis of Support Scheme Effects on Renewable Energy Investments in Europe”, **Energy Procedia**, 58(1), 2-8.
- Boomsma, Trine Krogh, Nigel Meade ve Stein-Erik Fleten (2012), “Renewable Energy Investments under Different Support Schemes: A Real Options Approach”, **European Journal of Operational Research**, 220(1), 225-237.
- Bouckaert, Stéphanie, Araceli Fernandez Pales, Christophe McGlade, Uwe Remme , Brent Wanner, Laszlo Varro, Chief Economist, Davide D’Ambrosio ve Thomas Spencer. (2021), **Net Zero by 2050**, International Energy Agency, Paris.
- BOUN (2022), “Okyanus Asidifikasyonu”, <http://climatechange.boun.edu.tr/okyanus-asidifikasyonu/#:~:text=Okyanuslar%20atmosferdeki%20sera%20gazlar%C4%B1n%C4%B1n%20d%C3%B6rtte,%C3%A7apta%20ya%C5%9Fanmas%C4%B1na%20okyanus%20asidifikasyonu%20denir> (08.09.2022).
- Bölük, Gülden ve Kaplan, Ramazan (2022), “Effectiveness of Renewable Energy Incentives on Sustainability: Evidence from Dynamic Panel Data Analysis for the EU Countries and Turkey”, **Environmental Science and Pollution Research**, 26(1), 26613-26630.
- Brennand, Timothy (2004), “Renewable Energy in the United Kingdom: Policies and Prospects”, **Energy for Sustainable Development**, 8(1), 82-92.
- Bui, Mai, Paul Tait, Mathieu Lucquiaud ve Niall Mac Dowell (2018), “Dynamic Operation and Modelling of Amine-Based CO₂ Capture at Pilot Scale”, **International Journal of Greenhouse Gas Control**, 79(1), 134-153.
- BURL, “What is Kyoto Protocol?” (2023), https://unfccc.int/kyoto_protocol (08.01.2023).
- Butler, Lucy ve Neuhoff, Karsten (2005), “Comparison of Feed in Tariff, Quota and Auction Mechanisms to Support Wind Power Development”, **Cambridge Working Papers in Economics**, 1-35.
- Büsching, Heino, Diego de Miguel, Céline Cloché-Dubois ve Carlo Gnetti (2020), “Tax Incentives and Measures”, <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-renewable-energy/tax-incentives-and-measures> (23.07.2022).
- Calkins, B. Philip (2022), “India”, <https://www.britannica.com/place/India> (21.10.2022).
- Carley, Sanya (2009), “State Renewable Energy Electricity Policies: An Empirical Evaluation Of Effectiveness”, **Energy Policy**, 37(1), 3071-3081.
- Carr, Raymond (2022), “Spain”, <https://www.britannica.com/place/Spain> (29.10.2022).

- Chapman, Andrew, Benjamin McLellan ve Tetsuo Tezuka (2016), “Residential Solar PV Policy: An Analysis of Impacts, Successes and Failures in the Australian Case”, **Renewable Energy**, 86(1), 1265-1279.
- Chou, Cheng-Chih, Liang-Rui Chen ve Kuo-Chen Wu (2022), “A Study on Regulations Mandating Obligation on Renewable Energy in Taiwan”, **Energies**, 15(1), 1-23.
- Christensen, Jan (2022), “Norway”, <https://www.britannica.com/place/Norway> (01.11.2022).
- Ciaretta, Aitor, Cristina Pizarro-Irizar ve Ainhoa Zarraga (2020), “Renewable Energy Regulation and Structural Breaks: An Empirical Analysis of Spanish Electricity Price Volatility”, **Energy Economics**, 88(1), 1-11.
- Connor, Peter, Veit Bürger, Luuk Beurskens, Karin Ericsson ve Christiane Egger (2013), “Devising Renewable Heat Policy: Overview of Support Options”, **Energy Policy**, 59(1), 3-16.
- Conte, Niccolo (2022), “Which US State Generates the Most Wind Power? There’s A Clear Winner”, <https://www.weforum.org/agenda/2022/04/us-wind-electricity-generation-renewable-energy/> (17.10.2022).
- Correia, Tiago de Barros, Mauricio Tolmasquim ve Michelle Hallack (2020), **Guide for Designing Contracts for Renewable Energy Procured by Auctions**, Inter-American Development Bank, Washington.
- Cosimo, Magazzino, Marco Mele ve Giovanna Morelli (2021), “The Relationship between Renewable Energy and Economic Growth in a Time of Covid-19: A Machine Learning Experiment on the Brazilian Economy”, **Sustainability**, 13(3), 1285-1297.
- Couture, Toby, Karlynn Cory, Claire Kreycik ve Emily Williams (2010), **A Policymaker’s Guide to Feed-in Tariff Policy Design**, National Renewable Energy Laboratory, California.
- Cucchiella, Federica, Idiano D’Adamo ve Massimo Gastaldi (2014), “Financial Analysis for Investment and Policy Decisions in the Renewable Energy Sector”, **Clean Technologies and Environmental Policies**, 17(4), 887-904.
- Cumhurbaşkanı Kararı (2021), **T. C. Resmi Gazete**, 3453, (01.07.2021).
- Çağatay, Gülşen (11.08.2022b), “EPDK’dan Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği Değişikliğine İlişkin Açıklama”, **Anadolu Ajansı**, <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/epdkden-lisanssiz-elektrik-uretim-yonetmeligi-degisikligine-iliskin-aciklama/2659099> (22.09.2022).
- Çağatay, Gülşen (22.06.2022a), “YEKA Projeleri Türkiye’nin Yeşil Enerji Kapasitesini Artırmada "Can Suyu" Oluyor”, **Anadolu Ajansı**, <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/yeka-projeleri-turkiyenin-yesil-enerji-kapasitesini-artirmada-can-suyu-oluyor/2619603> (03.11.2022).

- Dalton, Louise ve Polito, Sabrina (2022), “The Renewable Energy Law Review: United Kingdom”, Munir Hassan (Ed.), **The Renewable Energy Law Review**, 5th e. içinde (219-230), The Law Reviews, London.
- Department of the Environment, Climate and Communications (2021), **Consultation on the Introduction of a Renewable Heat Obligation**, Department of the Environment, Dublin.
- DeSilva, Nina (2018), “What is the Difference Between Net Metering and Feed-in Tariffs?”, <https://blog.solstice.us/solstice-blog/difference-net-metering-feed-in-tariffs/> (19.08.2022).
- Dierks, Zeynep (2022), “Renewable Energy Generation in Turkey 2000-2021”, <https://www.statista.com/statistics/893494/renewable-energy-generation-turkey/> (18.07.2022).
- Donastorg, Angelines ve Suresh Renukappan (2017), “Financing Renewable Energy Projects in Developing Countries: A Critical Review”, **Earth and Environmental Science**, 83(1), 1-9.
- Dong, Changgui (2012), “Feed-in Tariff vs. Renewable Portfolio Standard: An Empirical Test of Their Relative Effectiveness in Promoting Wind Capacity Development”, **Energy Policy**, 42(1), 476-485.
- Driscoll, John ve Kraay, Aart (1998), “Consistent Covariance Matrix Estimation with Spatially Dependent Data”, **Review of Economics and Statistics**, 80(1), 549-560.
- Dye, R. Thomas (2013), **Understanding Public Policy**, 14th e., Pearson Education Inc, Upper Saddle River.
- EIA (2022)), **Renewable Energy**, Energy Information Administration, Washington.
- Ekolojist (2018), “Nükleer Enerji Yenilenebilir Olabilir Mi?”, <https://ekolojist.net/nukleer-enerji-yenilenebilir-olabilir-mi/> (11.08.2022).
- Elliott, David (2009), “Renewables Without Boundaries - The Supergrid”, **International Journal of Ambient Energy**, 30(2), 59-62.
- Elum, Zelda ve Momodu, Suleiman (2017), “Climate Change Mitigation and Renewable Energy for Sustainable Development in Nigeria: A Discourse Approach”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 76(1), 72-80.
- Energy Absolute Public Company (2021), **Environmental and Social Monitoring Report**, 54268-001, Asian Development Bank, Mandaluyong.
- Energy.gov (2021), “Energy Secretary Granholm Announces Ambitious New 30GW Offshore Wind Deployment Target by 2030”, <https://www.energy.gov/articles/energy-secretary-granholm-announces-ambitious-new-30gw-offshore-wind-deployment-target> (13.10.2022).
- Energy.gov (2022a), “Hydropower Program”, <https://www.energy.gov/eere/water/hydropower-program> (12.10.2022).

- Energy.gov (2022a), “Wind Energy Basics”, <https://www.energy.gov/eere/wind/wind-energy-basics> (15.08.2022).
- Energy.gov (2022b), “Marine Energy Basics”, <https://www.energy.gov/eere/water/marine-energy-basics> (11.08.2022).
- Energy.gov (2022b), “Solar Energy in the United States”, <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-energy-united-states> (17.10.2022).
- Enerji.gov.tr (2022), “Güneş”, <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes> (05.11.2022).
- Enerji.gov.tr (2023), “Lisanssız Elektrik Üretimi”, <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-uretim-faaliyetleri-lisanssiz-elektrik-uretimi> (11.01.2023).
- Ens.dk (2022), “Denmark’s Energy Islands”, <https://ens.dk/en/our-responsibilities/energy-islands/denmarks-energy-islands> (28.06.2022).
- ESCAP (2021), **Low Carbon Green Growth Roadmap for Asia and the Pacific : Turning Resource Constraints and the Climate Crisis into Economic Growth Opportunities**, Korca Intelligence Corporation Agency, Bangkok.
- Esteban, Dolores, J Javier Diez, Jose Santos Lopez-Gutierrez ve Vicente Negro (2011), “Why Offshore Wind Energy?”, **Renewable Energy**, 36(1), 444-450.
- Eteneryworld (2020), “India Overtakes Japan with Fifth-Largest Hydropower Capacity in the World”, <https://energy.economictimes.indiatimes.com/news/power/india-overtakes-japan-with-fifth-largest-hydropower-capacity-in-the-world/76095023?redirect=1> (13.11.2022).
- ETSAP (2016), **Wind Power Technology Brief**, Energy Technology Systems Analysis Programme, International Energy Agency, Paris.
- Europa.eu (2022), “EU Emissions Trading Systems”, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en (16.09.2022).
- Falcao, Antonio (2010), “Wave Energy Utilization: A Review of the Technologies”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 14(1), 899-918.
- Fernandez, Lucia (2023), “Cumulative Hydropower Capacity in Spain from 2010 to 2022”, <https://www.statista.com/statistics/1003340/installed-hydropower-capacity-in-spain/> (25.01.2023).
- Ferroukhi, Rabia, Diala Hawila, Salvatore Vinci ve Divyam Nagpa (2015), **Renewable Energy Auctions A Guide To Design**, International Renewable Energy Agency, Paris.
- Ferroukhi, Rabia, Paolo ve Rana Adib (2022), **Renewable Energy Policies in a Time of Transition: Heating and Cooling**, International Renewable Energy Agency, Paris.

- Fischer, Carolyn ve Preonas, Louis (2010), “Combining Policies for Renewable Energy: Is the Whole Less than the Sum of its Parts?”, **Resource for the Future Discussion Paper**, 10(19), 1-41.
- Foster, Robert, Majid Ghassemi ve Alma Cota (2010), **Renewable Energy and Environment**, CRC Press, London.
- Fowler, Luke ve Breen, Joseph (2014), “Political Influences and Financial Incentives for Renewable Energy”, **The Electricity Journal**, 27(1), 74-84.
- Fowler, Luke ve Breen, Joseph (2014), “Political Influences and Financial Incentives for Renewable Energy”, **The Electricity Journal**, 27(1), 74-84.
- Frere, Sunderland Sheppard (2012), “United Kingdom”, <https://www.britannica.com/place/United-Kingdom> (24.10.2022).
- Fröding, Véronique ve Gasne, Stéphane (2022), “France”, Mhairi Main Garcia (Ed.), **Practical Cross-border Insights into Renewable Energy Law**, 2nd e. içinde (23-31), International Comparative Legal Guides, London.
- Garcia, Alfredo, Juan Manuel Alzate ve Jorge Ignacio Barrera (2012), “Regulatory Design and Incentives for Renewable Energy”, **Journal of Regulatory Economics**, 41(1), 315-336.
- Garg, Vibhuti (2022), **Renewable Energy Investment Surges in India**, Institute for Energy Economics and Financial Analysis, Lakewood.
- Geary, J. Patrick (2022), “Germany”, <https://www.britannica.com/place/Germany> (14.10.2022).
- Goodson, Timothy, Francois Briens, Clara Camarasa, Chiara Delmastro, Leonie Staas ve Ksenia Petrichenko (2022), “Heating”, <https://www.iea.org/reports/heating> (19.08.2022).
- Gopnik, Adam (2022), “United States”, <https://www.britannica.com/place/United-States> (12.09.2022).
- Gorter, Harry ve Just, David (2022), “The Economics Of A Blend Mandate For Biofuels”, **American Journal of Agricultural Economics**, 91(3), 738-750.
- Gov.uk (2022), “Contracts for Difference”, <https://www.gov.uk/government/publications/contracts-for-difference/contract-for-difference> (28.10.2022).
- Gönül, Gürbüz, Amjad Abdulla, Michelle Ramirez, Jack Kiruja, Christiaan Gischler ve Javier García (2021), **Geothermal: The Solution Underneath**, International Renewable Energy Agency, Paris.
- Gray, Alex (2018), “Sweden to Reach Its 2030 Renewable Energy Target This Year”, <https://www.weforum.org/agenda/2018/07/sweden-to-reach-its-2030-renewable-energy-target-this-year> (11.06.2022).

- Greene, H. Willian (2003), **Econometric Analysis**, 5th e., Prentice Hall, New Jersey.
- Groba, Felix, Felix Groba ve Joe Indvik (2011), “Assessing the Strength and Effectiveness of Renewable Electricity Feed-in Tariffs in European Union Countries”, **DIW Berlin Discussion Paper No. 1176**, 1-39.
- Grytten, Camilla, Dag Thomas Hansson, Kenneth Høgevold, Rebekka Asbjørnsen ve Maria Stokseth Hurlen (2022), “The Renewable Energy Law Review: Norway”, Munir Hassan (Ed.), **The Renewable Energy Law Review**, 5th e. içinde (143-155), The Law Reviews, London.
- Guadarrama, Carlos, Febin Kachirayil ve Abdullah Abou Ali (2021), **Renewable Energy Auctions in Japan: Context, Design and Results**, Irena Publications, Abu Dabhi.
- Guzowski, Carina ve Recalde, Marina Yesica (2008), “Renewable Energy in Argentina: Energy Policy Analysis and Perspectives”, **International Journal of Hydrogen Energy**, 33(13), 3592-3595.
- Gül, Hüseyin (2015), “Kamu Politikası Analizi, Yöntemleri ve Teknikleri”, **Yasama Dergisi**, 29(5), 5-31.
- Güriş, Selahattin ve Tuna, Elif (2015), “Çevresel Kuznets Eğrisi’nin Geçerliliğinin Panel Veri Modelleriyle Analizi”, **Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 13(2), 173-190.
- Haas, Reinhard, Nanna N. Sagbauer ve Gustav Resch (2009), “What Can We Learn from Tradable Green Certificate Markets for Trading White Certificates?”, **Energy Economics Group**, 1-8.
- Hafeznia, Hamed, Alireza Aslani, Sohail Anwar ve Mahdis Yousefjamali (2017), “Analysis of the Effectiveness of National Renewable Energy Policies: A Case of Photovoltaic Policies”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 79(1), 669-680.
- Hansen, Karsten ve Enevoldsen, Peter (2022), “Climate Politics and Renewable Energy in Denmark 1975–2020”, Peter Triantfillou (Ed.), **Public Governance in Denmark**, içinde (149-167), Emerald Publishing Limited, Bingley.
- Hansen, Kenneth, Brian Vad Mathiesen ve Iva Ridjan Skov (2019), “Full Energy System Transition towards 100% Renewable Energy in Germany in 2050”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 102(1), 1-13.
- Hardison, Rob (2020), **Voluntary Renewable Energy Procurement Programs in Regulated Utility Markets**, National Renewable Energy Laboratory, Denver.
- Haščić, Ivan, Nick Johnstonei, Fleur Watsoni ve Christopher Kaminkeri (2010), “Climate Policy and Technological Innovation and Transfer: An Overview of Trends and Recent Empirical Results”, **OECD Environment Working Papers No. 30**, 1-65.

- Hausman, A. Jerry (1978), “Specification Tests in Econometrics”, **Econometrica**, 46(6), 1251-1271.
- Hijino, Shigeki (2022), “Japan”, <https://www.britannica.com/place/Japan> (29.10.2022).
- Hodgson, David Hodgson, Praveen Bains ve Jeremy Moorhouse (2022), “Bioenergy”, <https://www.iea.org/reports/bioenergy> (01.07.2022).
- Hsiao, Cheng (2003), **Analysis of Panel Data**, 2nd e., Cambridge University Press, Cambridge.
- Huang, Yu Wen, Noah Kittner ve Daniel M. Kammen (2019), “ASEAN Grid Flexibility: Preparedness for Grid Integration of Renewable Energy”, **Energy Policy**, 128(1), 711-726.
- Hustveit, Magne, Jens Sveen Frogner ve Stein-Erik Fleten (2017), “Tradable Green Certificates for Renewable Support: The Role of Expectations and Uncertainty”, **Energy**, 141(1), 1717-1727.
- IEA (2019), **Renewables 2019: Analysis and Forecast to 2024**, International Energy Agency, Paris,
- IEA (2020a), **Global EV Outlook 2020**, International Energy Agency Publications, Paris.
- IEA (2020b), **India 2020 Energy Policy Review**, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2021a), **An Energy Sector Roadmap to Carbon Neutrality in China**, International Energy Agency Publications, Paris.
- IEA (2021b), **France 2021 Energy Policy Review**, International Energy Agency Publications, Paris.
- IEA (2021c), **Japan 2021 Energy policy Review**, International Energy Agency Publications, Paris.
- IEA (2021d), **Turkey 2021 Energy Policy Review**, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2022a), **Spain 2021 Energy policy Review**, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2022b), **Canada 2020: Energy Policy Review**, International Energy Agency, Paris.
- IEA (2022c), **Norway 2022 Energy Policy Review**, International Energy Agency, Paris.
- IEA.org (2015), “Wind Turbine Component Tax Exemption”, <https://www.iea.org/policies/5751-wind-turbine-component-tax-exemption-executive-decree-656?s=1> (11.07.2012).
- IEA.org (2021a), “Promotion of Renewable Energy Act”, <https://www.iea.org/policies/4887-promotion-of-renewable-energy-act> (25.05.2022).
- IEA.org (2021b), “Denmark”, <https://www.iea.org/countries/denmark> (21.05.2022).
- IHA (2021), **Hydropower Status Report**, International Hydropower Association Publications, London.

- Irena.org (2022), “Geothermal”, <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Geothermal-energy> (26.08.2022).
- Ishida, Masaya (2022), **Electricity Certificates for Renewables: Comparison of Japanese and International Systems**, Renewable Energy Institute, London.
- Jaganmohan, Madhumitha (2022), “Renewable Energy in Denmark - Statistics & Facts”, https://www.statista.com/topics/8722/renewable-energy-in-denmark/#topicHeader_wrapper (19.05.2022).
- Jaghory, Dillion (2022), “Chinese Cleantech: 2022 Marks Year of Transition for Wind and Solar Policy”, <https://www.globalxetfs.com/chinese-cleantech-2022-marks-year-of-transition-for-wind-and-solar-policy/> (21.10.2022).
- Jenner, Steffen, Felix Groba ve Joe Indvik (2013), “Assessing the Strength and Effectiveness of Renewable Electricity Feed-in Tariffs in European Union Countries”, **Energy Policy**, 52(1), 385-401.
- Johansen, Katinka (2021), “Wind Energy in Denmark: A Short History”, **IEE Power and Energy Maganize**, 19(3), 94-102.
- Johansen, Katinka (2021), “Wind Energy in Denmark: A Short History”, **IEE Power and Energy Maganize**, 19(3), 94-102.
- Kalamova, Margarita, Christopher Kaminkeri ve Nick Johnstone (2011), “Sources of Finance, Investment Policies and Plant Entry in the Renewable Energy Sector”, **OECD Environment Working Papers**, 1-45.
- Keller, Soren (2016), “Facts about Wave Power and Hydropower”, <https://ens.dk/en/our-responsibilities/wave-hydropower/facts-about-wave-power-and-hydropower> (22.05.2022).
- Kenton, Will (2021), “What Is a Feed-In Tariff (FIT)?”, [https://www.investopedia.com/terms/f/feed-in-tariff.asp#:~:text=A%20feed%2Din%20tariff%20\(FIT\)%20is%20a%20policy%20designed,notably%20in%20Germany%20and%20Japan](https://www.investopedia.com/terms/f/feed-in-tariff.asp#:~:text=A%20feed%2Din%20tariff%20(FIT)%20is%20a%20policy%20designed,notably%20in%20Germany%20and%20Japan) (28.12.2022).
- Kersey, Jessica, Philipp Blechinger ve Rebekah Shirley (2021), “A Panel Data Analysis of Policy Effectiveness for Renewable Energy Expansion on Caribbean Islands”, **Energy Policy**, 155(1), 1-17.
- Kılınç-Ata, Nurcan (2016), “The Evaluation of Renewable Energy Policies across EU Countries and US States: An Econometric Approach”, **Energy for Sustainable Development**, 31(1), 83-90.

- Kimura, Kenji, Tomofumi Shibata, Yuji Matsuo ve Tomoko Murakami (2022), “Quantitative Analysis of Economic Value of Nuclear Power Generation under High Penetration of Renewable Energy”, **Nippon Genshiryoku Gakkai Wabun Ronbunshi**, 21(1), 15-26.
- Kirmani, Fahim, Anubhav Pal, Anurag Mudgal, Anvesh Shrestha ve Arafat Siddiqui (2021), Advantages and Disadvantages of Hydroelectric Power Plant”, **International Journal of Innovative Science and Research Technology**, 6(7), 715-718.
- Kirschner, Noelani (2021), “U.S. Solar Farms Harvest Clean Energy and Jobs”, <https://share.america.gov/us-solar-farms-harvest-clean-energy-and-jobs/> (13.10.2022)
- Knuth, Sarah (2022), “Renewable energy: US Tax Credits for Wind and Solar Mostly Benefit Big Banks”, <https://theconversation.com/renewable-energy-us-tax-credits-for-wind-and-solar-mostly-benefit-big-banks-173965> (03.08.2022).
- Krueger, R. Ralph (2022), “Canada”, <https://www.britannica.com/place/Canada> (30.10.2022).
- Labariu, Javier Iñigo, Jürgen Dersch ve Luca Schomaker (2012), “Integration of CSP and PV Power Plants: Investigations about Synergies by Close Coupling”, **Energies**, 15(1), 1-17.
- Ladenburg, Pablo Hevia-Koch, Stefan Petrović ve Lauren Knapp (2020), “The Offshore-Onshore Conundrum: Preferences for Wind Energy Considering Spatial Data in Denmark”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 121(1), 1-16.
- Lee, Joyce ve Feng Zhao (2022), **Gwec Global Wind Report 2022**, Global Wind Energy Council, Brussels.
- Li, Li, Jian Lin, Nianyuan Wu, Shan Xie, Chao Meng, Yanan Zheng, Xiaonan Wang ve Yingru Zhao (2020), “Review and Outlook on the International Renewable Energy Development”, **Energy and Built Environment**, 3(1), 139-157.
- Liberto, Daniel (2022), “Energy Tax Credit”, <https://www.investopedia.com/terms/e/energy-tax-credit.asp> (18.08.2022).
- Lima, Marcenilda Amorim, L.F.R. Mendes, G.A. Mothé, F.G. Linhares, M.P.P. de Castro, M.G. da Silva ve M.S. Sthel (2020), “Renewable Energy in Reducing Greenhouse Gas Emissions: Reaching the Goals of the Paris Agreement in Brazil”, **Environmental Development**, 33(1), 1-13.
- Linden, N.H ven Der, M.A. Uytendinck, C. Vrolijk, L.J. Nilsson, J. Khan, K. Åstrand, K. Ericsson ve R. Wise (2005), **Review Of International Experience With Renewable Energy Obligation Support Mechanisms**, Energy Research Centre of the Netherlands, Schagen.
- Liu, Hailang (2019a), “The Role of Hydropower, Storage and Transmission in the Decarbonization of the Chinese Power System”, **Applied Energy**, 239(1), 1308-1321.

- Liu, Wenfeng, Xingping Zhang ve Sida Feng (2019b), “Does Renewable Energy Policy Work? Evidence from a Panel Data Analysis”, **Renewable Energy**, 135(1), 635-642.
- Lucas, Hugo, Pablo del Río ve Luisa F. Cabeza (2013), **Renewable Energy Auctions in Developing Countries**, International Renewable Energy Agency, Paris.
- Mac Kinnon, A. Micheal (2018), “The Role of Natural Gas and Its Infrastructure in Mitigating Greenhouse Gas Emissions, Improving Regional Air Quality, and Renewable Resource Integration”, **Progress in Energy and Combustion Science**, 64(1), 62-92.
- Mann, E. Micheal (2023), “Global Warming”, <https://www.britannica.com/science/global-warming> (07.01.2023).
- Marino, A. John (2022), “France”, <https://www.britannica.com/place/Italy> (21.12.2022).
- Mario, Ragwitz ve Karlsruhe Fraunhofer (2005), **Analysis of the EU Renewable Energy Sources’ Evolution up to 2020: (FORRES 2020)**, Fraunhofer-IRB-Verl., Stuttgart.
- Marques, Antonio Cardoso ve Fuinhas, Jose Alberto (2011), “Drivers Promoting Renewable Energy: A Dynamic Panel Approach”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 15(3), 1601-1608.
- Marques, Antonio, José A. Fuinhas ve J.R. Pires Manso (2010), “Motivations Driving Renewable Energy in European Countries: A Panel Data Approach”, **Energy policy**, 38(11), 6877-6885.
- Martorana, Cristina ve Tedeschi, Alberto (2022), “The Renewable Energy Law Review: Italy”, <https://thelawreviews.co.uk/title/the-renewable-energy-law-review/italy> (09.05.2022).
- Matsudaira, Sadayuki ve Mori, Nobuaki (2022), “Japan”, Mhairi Main Garcia (Ed.), **Practical Cross-Border Insights into Renewable Energy Law**, 2nd e. içinde (54-61), International Comparative Legal Guides, London.
- Mauricio, Tolmasquim, Tiago de Barros Correia, Natália Addas Porto ve Wikus Kruger (2021), “Electricity Market Design and Renewable Energy Auctions: The Case of Brazil”, **Energy Policy**, 158(1), 1-15.
- Mendonça, Miguel, David Jacobs ve Benjamin K. Sovacool (2010), **Powering the Green Economy: The Feed-in Tariff Handbook**, Earthscan Publishing, London.
- Menz, Fredric ve Vachon, Stephan (2006), “The Effectiveness of Different Policy Regimes for Promoting Wind Power: Experiences from the States”, **Energy Policy**, 34(1), 1786-1796.
- Metcalf, Gilbert (2016), “Federal Tax Policy Towards Energy”, **Tax Policy and the Economy**, 21(1), 133-184.
- Mfa.gov.tr (2023), “Kyoto Protokolü”, <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa> (09.01.2023).

- Ministério de Minas e Energia (2014), “Plano Decenal de Energia”, <http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/Plano%20Decenal%20de%20Energia%20%E2%80%93%20PDE/MME.aspx> (15.05.2022).
- Mishra, Gourav (2022), “Significant Developments in India’s Energy Storage Sector in 2022 | Mercom India”, <https://mercomindia.com/significant-developments-in-indias-energy-in-2022/> (08.10.2022).
- Mitchell, Catherine, D. Bauknecht ve P.M. Connor (2006), “Effectiveness Through Risk Reduction: a Comparison of the Renewable Obligation in England and Wales and the Feed-in System in Germany”, **Energy Policy**, 34(3), 297-305.
- Mohammad, Norsyahida, Waznatol Widad Mohamad Ishak, Siti indati Mustapa ve Bamidele Victor Ayodele. (2021), “Natural Gas as a Key Alternative Energy Source in Sustainable Renewable Energy Transition: A Mini Review”, **Frontiers in Energy Research**, 9(1), 1-6.
- Momsen, P. Richard (2022), “Brazil”, <https://www.britannica.com/place/Brazil> (26.11.2022).
- Montoya, Francisco, Maria J. Aguilera ve Francisco Manzano-Agugliaro (2014), “Renewable Energy Production in Spain: A Review”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 33(1), 509-531.
- MRNE (2022), **Annual Report**, Government of India Ministry of New and Renewable Energy, Delhi.
- Murdock, Hannah, Ute Collie, Rana Adib, Diala Hawila, Emanuele Bianco ve Simon Müller (2018), **Renewable Energy Policies in a Time of Transition**, International Renewable Energy Agency, Paris.
- Nakona, Jane ve Kennedy, Scott (2021), “China’s New National Carbon Trading Market: Between Promise and Pessimism”, <https://www.csis.org/analysis/chinas-new-national-carbon-trading-market-between-promise-and-pessimism> (29.07.2022).
- Neves, Livia (2022), “Brazil Introduces New Rules for Distributed Generation, Net Metering”, <https://www.pv-magazine.com/2022/01/10/brazil-introduces-new-rules-for-distributed-generation-net-metering/> (11.01.2023).
- Nicolini, Marcella ve Massimo, Tavoni (2017), “Are Renewable Energy Subsidies Effective? Evidence from Europe”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 74(1), 412-423.
- Pandey, Bikash ve Karki, Ajoy (2016), **Hydroelectric Energy: Renewable Energy and the Environment**, CRC Press, Florida.
- Park, Sang-Chul ve Eissel, Dieter (2010), “Alternative Energy Policies in Germany with Particular Reference to Solar Energy”, **Journal of Contemporary European Studies**, 18(3), 323-339.

- Parry, Ian, Simon Black ve Karlygash Zhunussova (2022), **Carbon Taxes or Emissions Trading Systems? Instrument Choice and Design**, International Monetary Fund, Washington.
- Pelkmans, Luc (2021a), **Implementation of Bioenergy in Sweden – 2021 Update**, IEA Bioenergy, Paris.
- Pereira, Ligia Cintra, Sergio Augusto Dos Santos Lusvarghi, Lucas Gustavo Arango, Hector Arango ve Benedito Donizeti Bonatto (2015), “Socioeconomic Analysis of Incentive Public Policies for the Use of Renewable Energy Per Consumer Class in Brazil”, **Isgt Latam**, 1(1), 57-62.
- Pesaran, Hashem (2007), “A simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-section Dependence”, **Journal of Applied Econometrics**, 22(2), 265-312.
- Polonsky, Pete (2019), **Politics and Solar Energy in America: Getting Beyond the Economics of Solar Deployment**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Duke University
- Polzin, Friedemann, Michael Migendt, Florian A. Täube, Paschen von Flotow (2015), “Public Policy Influence on Renewable Energy Investments—A Panel Data Study Across OECD Countries”, **Energy Policy**, 80(1), 98-111.
- Powell, Lydia, Akhilesh Sativmod ve Kumar Tomar (2022), “Hydropower in India: Balancing Global Carbon Benefits with Local Environmental Costs”, <https://www.orfonline.org/expert-speak/hydropower-in-india/> (13.08.2022).
- Powell, M. Joseph (2022), “Australia”, <https://www.britannica.com/place/Australia> (12.11.2022).
- Ragwitz, Mario ve Huber, Claus (2005), “Feed-In Systems in Germany and Spain and a Comparison”, **Institute Systems and Innovation Research**, Karlsruhe, 1-27.
- Ram, Regdu (2021), **Pricing Mechanism of Pumped-Hydro Storage in India**, Sustainable Energy Foundation, New Delhi.
- RedEIA (2022), The Spanish Renewable Energy Report and the Spanish Electricity System Report, Red Electrica, Madrid.
- REN21 (2022), **Renewables 2022 Global Status Report**, Renewables Now, Paris
- Resch, Gultas, Mario Ragwitz, Anne Held ve Thomas Faber (2007), Feed-In Tariffs Andquotas For Renewable Energy In Europe, **CESifo DICE Report**, 5(4), 26-32.
- Richardson, Benjamin ve Chanwai, Kiri (2013), “The UK’s Climate Change Levy: Is it Working?”, **Journal of Environmental Law**, 15(1), 39-58.
- Romero, Maria Pablo, A. Sánchez-Braza ve M. Pérez (2013), “Incentives to Promote Solar Thermal Energy in Spain”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 22(3), 198-208.

- Runci, Paul (2005), “Energy R&D Investment Patterns in IEA Countries: An Update”, **Pacific Northwest National Laboratory/Joint Global Change Research Institute Technical Paper PNWD-3581**, 1-17.
- Sadorsky, Perry (2009), “Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions and Oil Prices in the G7 Countries”, **Energy Economics**, 31(3), 456-462.
- Sarangi, G. Kopal (2018), **Green Energy Finance In India: Challenges And Solutions**, Asian Development Bank Institute, 863, Tokyo.
- Sarigül, Sevgi ve Topçu, Betül (2021), “The Impact of Environmental Taxes on Carbon Dioxide Emissions in Turkey”, **International Journal of Business & Economic Studies**, 3(1), 43-54.
- Schaffer, Lena Maria ve Bernauer, Thomas (2014), “Explaining Government Choices for Promoting Renewable Energy”, **Energy Policy**, 68(1), 15-27.
- Schiffer, Hans-Wilhelm, Maira Kusch ve Jann Keller (2022), “Europe Germany: Country Commentaries”, 1-2, https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Issues_Monitor_2022_Germany_commentary.pdf (17.10.2022).
- Schmalensee, Richard ve Stavins, Robert (2017), “Lessons Learned from Three Decades of Experience with Cap and Trade”, **Review of Environmental Economics and Policy**, 11(1), 1-26.
- Schneller, Andreas ve Hennig, Carmen (2018), **The Energy Transition Tax Credit in France**, Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), Paris.
- SEIA (2022a), “Net Metering”, <https://www.seia.org/initiatives/net-metering> (19.07.2022).
- Selin, Noelle Eckley (2022), “Carbon Footprint”, <https://www.britannica.com/science/carbon-footprint> (19.09.2022).
- Shah, Kashish (25.05.2022), “India’s Renewable Energy Journey: Two Steps Forward, One Step Back”, The Economic Times, <https://economictimes.indiatimes.com/industry/renewables/indias-renewable-energy-journey-two-steps-forward-one-stepback/articleshow/91790588.cms> (19.10.2022).
- Shawhney, S. Gurpreet (2012), **Non-Conventional Energy Resources**, PHI Learning Private Limited, New Delhi.
- Shrimali, Gireesh ve Kniefel, Joshua (2011), “Are Government Policies Effective in Promoting Deployment of Renewable Electricity Resources?”, **Energy Policy**, 39(1), 4726-2741.

- Shrimali, Gireesh, Sandhya Srinivasan, Shobhit Goel ve David Nelson (2017), “The Effectiveness of Federal Renewable Policies in India”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 70(1), 538-550.
- Shyam, Bhimaraju ve Kanakasabapathy, Ponnusamy (2017), “Renewable Energy Utilization in India Policies, Opportunities and Challenges”, **TAP Energy**, 1-6.
- Smoot, Grace (2022), “Carbon Emissions Trading vs Carbon Taxes: What’s the Difference?”, <https://impactful.ninja/carbon-emissions-trading-vs-carbon-taxes-differences/#:~:text=Carbon%20emissions%20trading%20sets%20an,a%20switch%20to%20green%20energy>. (25.08.2022).
- Stock, James ve Watson, Mark (2010), “Modeling Inflation after the Crisis”, **National Bureau of Economic Research**, 1-51.
- Sweden.se (2022), “Energy Use in Sweden”, <https://sweden.se/climate/sustainability/energy-use-in-sweden> (28.09.2022).
- Şen, Hüseyin ve Sağbaş, İsa (2016), **Vergi Teorisi ve Politikası**, Barış Arıkan Yayınları, Ankara.
- Şimşek, Yeliz, Carlos Mata-Torres, Amador M. Guzmán, Jose M. Cardemil ve Rodrigo Escobar (2018), “Sensitivity and Effectiveness Analysis of Incentives for Concentrated Solar Power Projects in Chile”, **Renewable Energy**, 129(1), 214-224.
- Tachev, Victor (2021), “Potential of Renewable Energy in Japan”, <https://energytracker.asia/potential-of-renewable-energy-in-japan/> (03.10.2022).
- Takeuchi, Norifumi, Wataru Higuchi ve Natsuko Yoshida (2022), “The Renewable Energy Law Review: Japan”, Munir Hassan (Ed.), **The Renewable Energy Law Review**, 5th e. içinde, The Law Reviews, London.
- Taşbaşı, Didem (2022), “Birleşik Krallık 11 GW’lık Yeni Yenilenebilir Enerji Kapasitesini Güvence Altına Aldı”, <https://temizenerji.org/2022/07/12/birlesik-krallik-11-gwlik-yeni-yenilenebilir-enerji-kapasitesini-guvence-altina-aldi/> (29.10.2022).
- Tatoğlu, Ferda Yerdelen (2012), **İleri Panel Veri Analizi**, 1. b., Beta Bası Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Tatoğlu, Ferda Yerdelen (2018), **Panel Zaman Serileri Analizi Stata Uygulamalı**, 4. b., Beta Bası Yayım Dağıtım, İstanbul.
- Thornton, Kane (2022), **Clean Energy Australia Report**, Clean Energy Council, Sydney.
- Tong, Fan, Paulina Jaramillo ve Ines Avezedo (2015), “Comparison of Life Cycle Greenhouse Gases from Natural Gas Pathways for Medium and Heavy-Duty Vehicles”, **Environmental and Scientific Technology**, 49(12), 7123-7133.

Turrentine, Jeff (2022), “What Are the Solutions to Climate Change?”, <https://www.nrdc.org/stories/what-are-solutions-climate-change#fossil-fuels> (24.08.2022).

Tynan, Delrdre (06.10.2022), “One-year Prolongation of Tax Exemption for Biofuels in Sweden”, EuroWeekly News, <https://euroweeklynnews.com/2021/09/06/one-year-prolongation-of-tax-exemption-for-biofuels-in-sweden/> (05.08.2022).

Uluyol, Osman ve Türk, Veysek Eren (2013), “Finansal Rasyoların Firma Değerine Etkisi: Borsa İstanbul (Bist)’da Bir Uygulama, **Afyon Kocatepe Üniversitesi İİBF Dergisi**, 15(2), 365-384.

UN.org (2023), “The Paris Agreement”, <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement> (11.01.2023).

Urban, Rylan (2021), “Clean Energy Targets Canada (Updated 2021), <https://www.energyhub.org/targets/> (12.06.2022).

URL , “Wind Energy” (2020), <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Wind-energy> (19.08.2022).

URL “About the IPCC” (2023), <https://www.ipcc.ch/about/> (05.01.2023).

URL “France” (2022e), <https://data.worldbank.org/country/france> (25.10.2022).

URL “United States” (2022a), <https://data.worldbank.org/country/united-states> (12.09.2022).

URL, “About the Secreteriat” (2023a), <https://unfccc.int/about-us/about-the-secretariat> (11.08.2022).

URL, “About UN Environmental Programme” (2023), <https://www.unep.org/about-un-environment> (13.01.2023).

URL, “About us” (2023), <https://public.wmo.int/en/about-us> (21.01.2023).

URL, “Accelerating Decarbonization of the U.S. Energy System” (2021), <https://nap.nationalacademies.org/resource/25932/decarbonization-policy-table.pdf> (12.10.2022).

URL, “Australia” (2022m), <https://data.worldbank.org/country/AU> (12.11.2022).

URL, “Biogas Boilers” (2022), <https://www.seai.ie/business-and-public-sector/renewable-heating/systems/biogas-boilers/> (26.09.2022).

URL, “Biomass Explained” (2022b), <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/> (26.09.2022).

URL, “Brazil” (2022n), <https://www.worldbank.org/en/country/brazil> (26.11.2022).

URL, “Canada installed almost 1 GW of wind and solar energy in 2021” (2022), <https://environmentjournal.ca/canada-installed-almost-1-gw-of-wind-and-solar-energy-in-2021/> (30.09.2022).

URL, “Canada” (2022k), <https://www.worldbank.org/en/country/Canada> (30.10.2022).

URL, “China plans to Build 450GW of Renewable Capacity in Deserts” (2021), <https://www.power-technology.com/news/china-renewable-capacity/> (22.10.2022).

URL, “China” (2022c), <https://data.worldbank.org/country/china> (19.10.2022).

URL, “Country Profile Australia” (2017), <https://www.hydropower.org/country-profiles/australia> (14.11.2022).

URL, “Depreciation of Solar Energy Property in MACRS” (2022), <https://www.seia.org/initiatives/depreciation-solar-energy-property-macrs> (11.10.2022).

URL, “Depreciation of Solar Energy Property in MACRS” (2022c), <https://www.seia.org/initiatives/depreciation-solar-energy-property-macrs> (28.08.2022).

URL, “Electricity Production Volume from Solar Photovoltaic Power in Italy from 2012 to 2021” (2022), <https://www.statista.com/statistics/497554/electricity-production-from-solar-in-italy/> (20.10.2022).

URL, “Emissions Trading” (2023), <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/emissions-trading> (02.01.2023).

URL, “Energy Explained” (2022), <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/how-much-uks-energy-renewable> (30.11.2022).

URL, “Energy Norway” (2022), <https://www.fornybarnorge.no/om-oss/in-english/> (18.07.2022).

URL, “Energy” (2022), <https://www.vocabulary.com/dictionary/energy> (17.08.2022).

URL, “Feed-in Premiums” (2022), [https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Premiums_\(FIP\)](https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Premiums_(FIP)) (22.08.2022).

URL, “France: Overall Summary” (2019), <http://www.res-legal.eu/search-by-country/france> (18.07.2022).

URL, “Geothermal Electricity Production Basics” (2022), <https://www.nrel.gov/research/re-geo-elec-production.html#:~:text=There%20are%20three%20types%20of,flash%20steam%2C%20and%20binary%20cycle> (19.08.2022).

URL, “Geothermal Explained” (2022a), <https://www.eia.gov/energyexplained/geothermal/geothermal-power-plants.php> (21.08.2022).

URL, “Germany’s Wind Energy Industry - Opportunities in a Sustainable Business Environment” (2022), <https://www.gtai.de/en/invest/industries/energy/wind-energy#:~:text=Germany%20is%20Europe’s%20leading%20wind,to%2013%20percent%20in%202021> (17.10.2022).

URL, “Germany” (2022b), <https://data.worldbank.org/country/germany> (14.10.2023).

URL, “Güneş Enerjisi Santralleri” (2021), <https://www.enerjiatlasi.com/gunes/> (03.11.2022).

URL, “Hydroelectric Power” (2022a), <https://www.britannica.com/science/hydroelectric-power> (12.09.2022).

URL, “Hydroelectricity” (2022a), <https://www.iea.org/reports/hydroelectricity> (11.08.2022).

URL, “India” (2022d), <https://data.worldbank.org/country/IN> (21.10.2022)

URL, “Italy: Overall Summary” (2022a), <http://www.res-legal.eu/search-by-country/italy/> (28.10.2022).

URL, “Italy” (2022g), <https://www.worldbank.org/en/country/Italy> (22.12.2022).

URL, “Japan Renewable Energy” (2022), <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/japan-renewable-energy> (30.09.2022).

URL, “Japan” (2022j), <https://data.worldbank.org/country/JP> (30.10.2022).

URL, “Joint Implementation” (2023), <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms/joint-implementation> (02.01.2023).

URL, “Major Initiative to Promote Offshore Wind Power” (2022), <https://www.regieringen.no/en/aktuelt/major-initiative-to-promote-offshore-wind-power/id2900436/> (17.07.2022).

URL, “Motion of the Ocean” (2022), <https://justenergy.com/blog/motion-of-the-ocean-introduction-to-wave-energy/> (15.08.2022).

URL, “National Energy Strategy” (2017), <https://www.climate-laws.org/geographies/italy/policies/national-energy-strategy> (12.10.2022).

URL, “Niagara Falls” (2022b), <https://www.britannica.com/place/Niagara-Falls-waterfall-North-America> (13.09.2022).

URL, “Norway” (2022l), <https://www.worldbank.org/en/country/norway> (01.11.2022).<

URL, “Promotion in Norway” (2020), <http://www.res-legal.eu/search-by-country/norway/tools-list/c/norway/s/res-e/t/promotion/sum/378/lpid/379/> (18.07.2022).

URL, “Renewable Energy Certificates” (2022), <https://www.epa.gov/green-power-markets/renewable-energy-certificates-recs> (11.07.2022).

URL, “Renewable Energy in Italy: What You Should know” (2021a), <https://www.hivepower.tech/blog/renewable-energy-in-italy-what-you-should-know> (20.10.2022).

- URL, “Renewable Energy in Norway: What You Should Know” (2022), <https://www.hivepower.tech/blog/renewable-energy-in-norway-what-you-should-know> (11.06.2022).
- URL, “Renewable Energy in Spain: What You Should know” (2021b), <https://www.hivepower.tech/blog/renewable-energy-in-spain-what-you-should-know> (20.09.2022).
- URL, “Renewable Energy in Sweden: What You Should Know” (2021c), <https://www.hivepower.tech/blog/renewable-energy-in-sweden-what-you-should-know> (28.09.2022).
- URL, “Renewable Heat” (2022), <https://www.caro.ie/news/government-agrees-to-the-introduction-of-an-obliga> (25.07.2022).
- URL, “Solar Energy Becomes the Third Largest Source in Brazil” (2022), <https://www.gov.br/en/government-of-brazil/latest-news/solar-energy-becomes-the-third-largest-source-in-brazil> (29.11.2022).
- URL, “Solar Incentives and Rebates in Canada” (2022), <https://www.solacity.com/solar-rebates-and-incentives-in-canada/#:~:text=The%20Climate%20Action%20Incentive%20Fund&text=This%20goes%20by%20the%20name,hydro%2C%20and%20wind%20power%20generation> (30.09.2022).
- URL, “Solar Investment Tax Credit” (2022b), <https://www.seia.org/initiatives/solar-investment-tax-credit-itc> (27.08.2022).
- URL, “Solar Power Statistics in Canada” (2022), <https://www.solarfeeds.com/mag/solar-power-statistics-in-canada-2021/#:~:text=By%20the%20end%20of%2021,in%202021%20increased%20by%2013.6%25> (30.09.2022).
- URL, “Spain” (2022h), <https://www.worldbank.org/en/country/Spain> (29.10.2022).
- URL, “Sweden Renewable Energy Market-Growth, Trends, Covid-19 Impact, And Forecasts” (2022), <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/sweden-renewable-energy-market> (29.09.2022).
- URL, “Sweden: Overall Summary” (2022b), <http://www.res-legal.eu/search-by-country/sweden/> (28.09.2022).
- URL, “Sweden” (2022i), <https://www.worldbank.org/en/country/sweden> (29.10.2022).
- URL, “Tariff Guarantee Applications” (2021), <https://www.ofgem.gov.uk/publications/tariff-guarantee-applications> (27.10.2022).
- URL, “The Basics of Climate Change” (2021), <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/climate-change-evidence-causes/basics-of-climate-change/> (19.08.2021).

- URL, “The Clean Development Mechanism” (2023), <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/mechanisms-under-the-kyoto-protocol/the-clean-development-mechanism> (02.01.2023).
- URL, “The Paris Agreement” (2023), <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> (02.01.2023).
- URL, “The Solar Power Potential in Norway” (2022), <https://www.thommessen.no/en/news/the-solar-power-potential-in-norway> (17.07.2022).
- URL, “Tracking China’s Transition to Sustainable Energy” (2022), <https://chinaenergyportal.org/en/14th-five-year-plan-for-renewable-energy-development/#> (22.10.2022).
- URL, “Trends” (2023a), <https://www.irena.org/Energy-Transition/Finance-and-investment/Investment> (04.01.2023).
- URL, “Türkiye” (2022o), <https://data.worldbank.org/country/TR> (15.11.2022).
- URL, “United Kingdom” (2022f), <https://data.worldbank.org/country/GB> (22.10.2022).
- URL, “Waterpower Canada” (2022), <https://waterpowercanada.ca/> (12.05.2022).
- URL, “What is Climate Change?” (2021), <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/overview> (19.08.2021).
- URL, “What is Geothermal Energy? How Does it Work” (2022), <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/geothermal-energy> (22.08.2022).
- URL, “What is Hydropower?” (2022), <https://www.iberdrola.com/about-us/what-we-do/hydroelectric-power> (22.08.2022).
- URL, “What is Net Metering and How does It Work?” (2023), <https://www.solarreviews.com/blog/what-is-net-metering-and-how-does-it-work> (19.07.2022).
- URL, “Wind Energy in Spain” (2022), <https://aeeolica.org/en/about-wind-energy/wind-energy-in-spain/> (21.09.2022).
- URL, “Wind Power in Italy” (2022), <https://www.enelgreenpower.com/learning-hub/renewable-energies/wind-energy/wind-power-italy> (21.10.1022).
- URL, “WWEA Half-year Report: Worldwind Wind Capacity Reached 456 GW” (2016), <http://wwindea.org/wwea-half-year-report-worldwind-wind-capacity-reached-456-gw/> (15.05.2022).
- Vaidya, Dheeraj (2022), “Feed-In Tariff”, <https://www.wallstreetmojo.com/feed-in-tariff/#h-how-does-feed-in-tariff-work> (15.07.2022).
- Verbeek, Varno (2021), **Panel Methods for Finance**, 1st e., De Gruyter, Berlin.

- Viscidi, Lisa ve Yepez Ariel (2020), **Clean Energy Auctions in Latin America**, Inter-American Development Bank, Washington.
- Wallace, William (2004), **Renewable Energy Policy in China: Financial Incentives**, National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Wang, Yan (2006), “Renewable Electricity in Sweden: an Analysis of Policy and Regulations”, **Energy Policy**, 34(1), 1209-1220
- Wehrmann, Benjamin (2022), “Solar PV Overtakes Wind Power Capacity in Germany in 2021 – Media”, <https://www.cleanenergywire.org/news/solar-pv-overtakes-wind-power-capacity-germany-2021-media> (19.10.2022).
- Weibull, Jörgen (2022), “Sweden”, <https://www.britannica.com/place/Sweden> (29.10.2022).
- WHO (2020), **World Health Statistics 2020**, World Health Organisation, Geneva.
- Wilbur, C. Martin (2022), “China”, <https://www.britannica.com/place/China> (19.10.2022).
- Wright, Gordon (2022), “France”, <https://www.britannica.com/place/France> (23.10.2022).
- Xin, Zheng (2022), “Solar Power Climbs toward Record High”, <http://global.chinadaily.com.cn/a/202207/28/WS62e1ca41a310fd2b29e6ec8f.html> (21.10.2022).
- Xue, Yuije (2021), “Cheap Green Loans Funded by China’s Central Bank Could Accelerate Clean, Energy Saving Projects, Analysts Say”, <https://www.scmp.com/business/article/3155733/cheap-green-loans-funded-chinas-central-bank-could-accelerate-clean-energy> (20.10.2022).
- Yang, Dong-xiao, Ya-qiang Jing, Chan Wang, Pu-yan Nie ve Peng Sun (2021), “Analysis of Renewable Energy Subsidy in China Under Uncertainty: Feed-in Tariff vs. Renewable Portfolio Standard”, **Energy Strategy Reviews**, 34(1), 1-11.
- Yapp, E. Malcolm (2022), “Türkiye”, <https://data.worldbank.org/country/TR> (15.11.2022).
- Yavuz, Selahattin (2009), “Hataları Ardışık Bağımlı (Otokorelasyonlu) Olan Regresyon Modellerinin Tahmin Edilmesi”, **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 23(3), 123-140.
- Ye, Jason (2022), “Canadian Provincial Renewable Energy Standards”, <https://www.c2es.org/document/canadian-provincial-renewable-energy-standards/> 10.05.2022).
- Yılmaz, Olcay ve Hotunluoğlu, Hakan (2015), “Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye”, **Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 2(2), 74-97.
- Yin, Haitao ve Powers, Nicholas (2010), “Do State Renewable Portfolio Standards Promote in-State Renewable Generation”, **Energy Policy**, 38(2), 1140-1149.

- Yu, Feifei, Yue Guo, Khuong Le-Nguyen, Stuart J. Barnes ve Weiting Zhang (2016), “The Impact of Government Subsidies and Enterprises’ R&D Investment: A Panel Data Study from Renewable Energy in China”, **Energy Policy**, 89(1), 106-113.
- Zhao, Yong, Kam Ki Tang ve Li-li Wang (2013), “Do Renewable Electricity Policies Promote Renewable Electricity Generation? Evidence From Panel Data”, **Energy Policy**, 62(1), 887-897.
- Zheng, Shuhong, Juan Yang ve Shiwei Yu (2021), “How Renewable Energy Technological Innovation Promotes Renewable Power Generation: Evidence from China’s Provincial Panel Data”, **Renewable Energy**, 177(1), 1394-1407.
- Zhong, Jin, Math Bollen ve Sarah Rönnberg (2021), “Towards a 100% Renewable Energy Electricity Generation System in Sweden”, **Renewable Energy**, 171(1), 812-824.

ÖZGEÇMİŞ

Hasret KAYA, 1999 yılında Zonguldak Yenimahalle İlkokulu'nu; 2002 yılında Zonguldak Kapuz Ortaokulu'nu; 2006 yılında Zonguldak Hasan Ali Yücel Lisesi'ni; 2012 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi – İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü'nü bitirdi. 2015 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi - Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programını bitirdi. 2016 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi - Sosyal Bilimler Enstitüsü, Maliye Anabilim Dalı'nda doktora programına başladı. 2014 yılından itibaren Karadeniz Teknik Üniversitesi – İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.

KAYA, evli ve bir kız annesi olup, İngilizce bilmektedir.